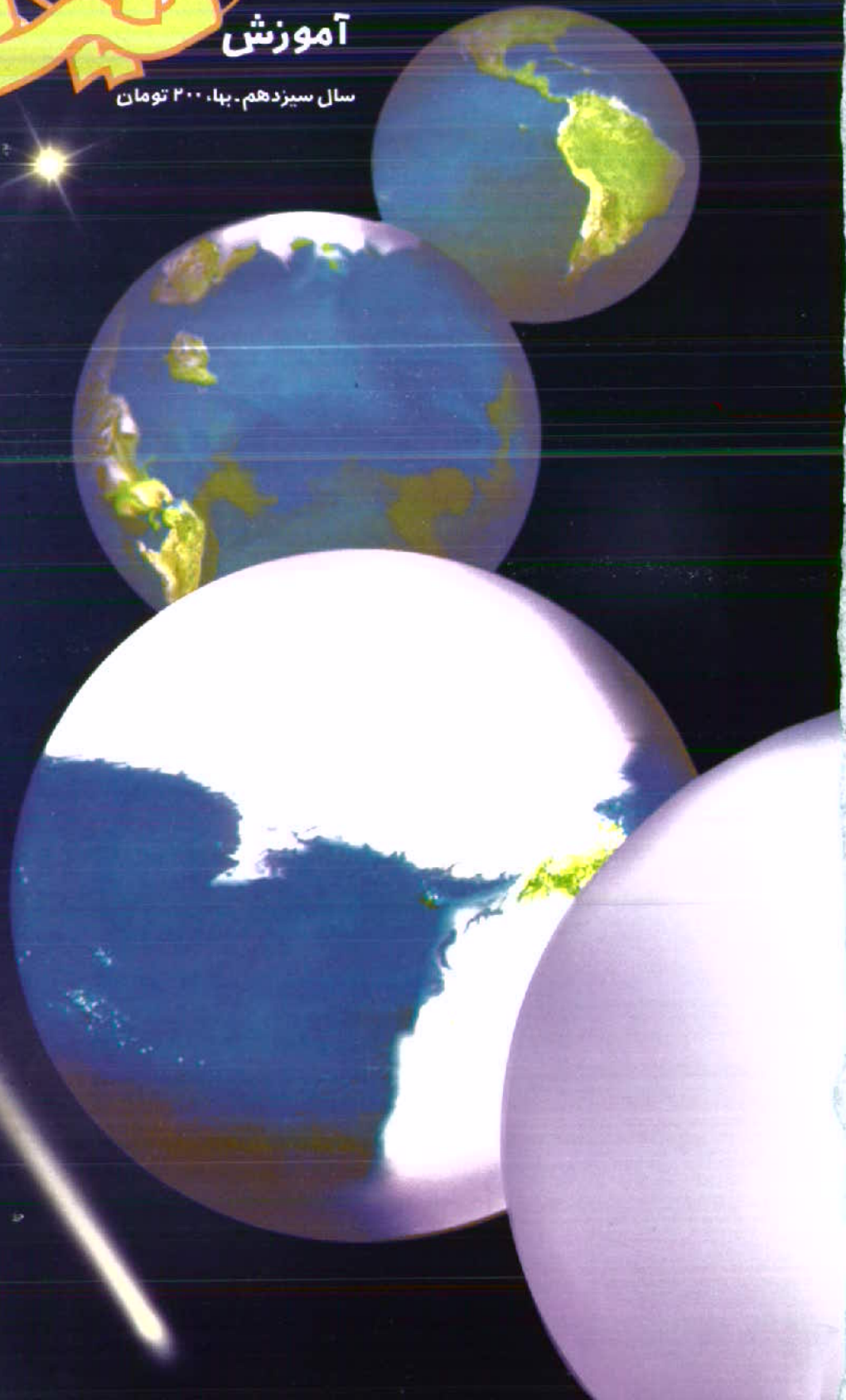




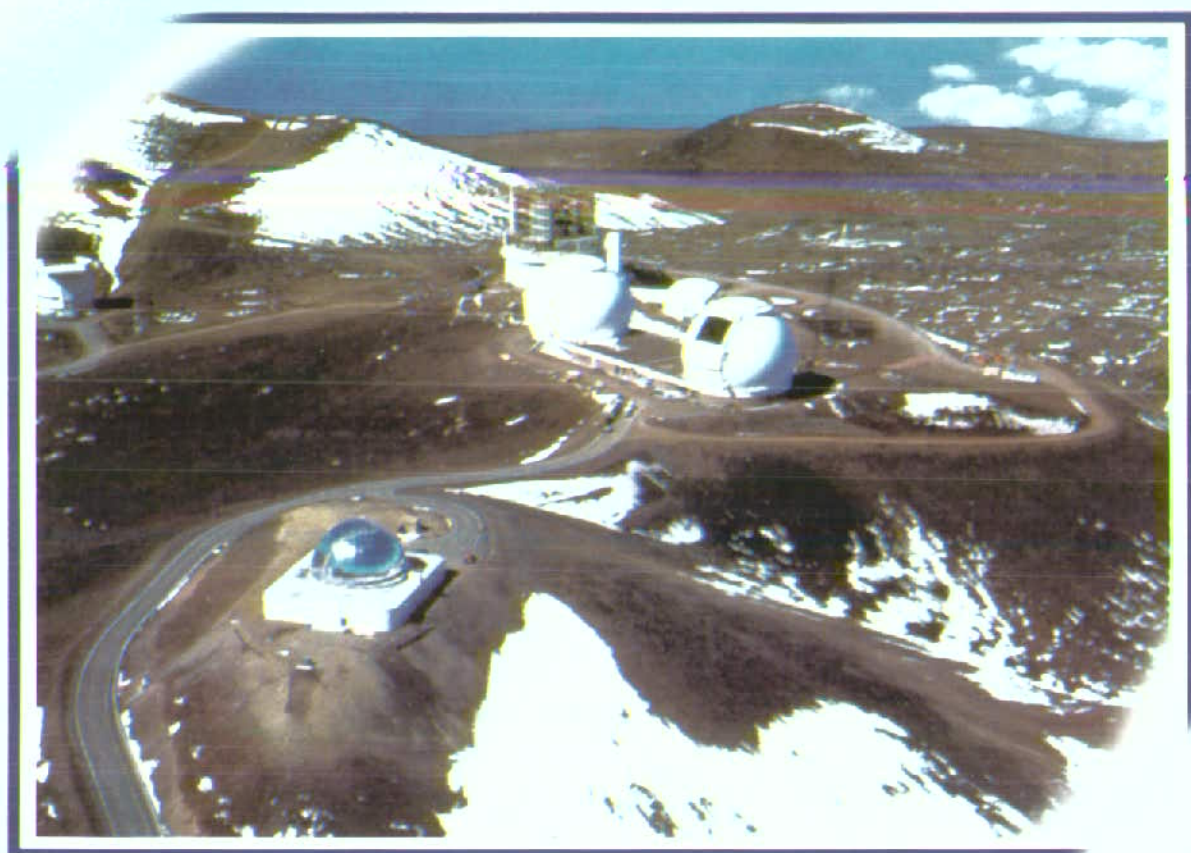
فرمان

آموزش

سال سیزدهم، بهار، ۲۰۰ تومان



قلهٔ مونتاکتا در مکزیک



▲ این رصدخانه که در ارتفاع ۴۰۲۵ متر از سطح دریا قرار دارد، بهترین محل برای رصد است. در زیر دو گنبد بزرگ، بزرگ‌ترین تلسکوپ‌های اپتیکی متحرک جهان قرار گرفته‌اند.



آموزش



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی
دوره انتشار: زمستان ۱۳۸۰

- پیش گفتار عالم بزرگ ترین آزمایشگاه فیزیک است ♦ ۲
نجوم؛ شناخت آسمان ها ♦ منیژه رهبر ♦ ۳
گزارش اولین سمینار بین المللی ارتقا، تفکر منطقی در فیزیک ♦ احمد احمدی- روح اله خلیلی ♦ ۱۲
آشوب ♦ ۲۳

- چگونه همه آب تبخیر می شود. ♦ ۲۶
عدد آورگادرو و نظریه جنبشی گازها ♦ رونالد بریان ♦ ۳۰
شما چه فکر می کنید؟ ♦ حسن قلمی باویل علیایی ♦ ۳۵
آزمایش حرکت دایره ای غیر یکنواخت ♦ اسmondان بینی ♦ ۳۷
مقایسه فرآیندهای تکدما و بی درو گاز کامل ♦ جهانگیر ریاضی ♦ ۴۱
میدان الکتریکی یک دو قطبی الکتریکی ♦ حسن قلمی باویل علیایی ♦ ۴۷
استفاده از فیلم آدیسه ♦ جیمز بورک رالد- سرژ شرایز ♦ ۵۰
مواد شفاف و کدر ♦ پائول جی. هویف ♦ ۵۵
تجسم رابطه عدسی های نازک ♦ سومبا کاکراواری و پی بی نیکل ♦ ۵۸
سی و دومین المپیاد بین المللی فیزیک ♦ ۷۰

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

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

مدیر مسؤول: علیرضا حاجیان زاده

سرمدبیر: دکتر منیژه رهبر

مدیر داخلی: احمد احمدی

طراح گرافیک: پروانه هادی پور

هیأت تحریریه:

احمد احمدی، روح اله خلیلی، بروجنی،

منیژه رهبر، سید جعفر مبرداد.

Roshd_Office @yahoo.com

نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵

تلفن امور مشترکین: ۸۸۳۹۱۸۶

تلفن دفتر مجله: ۸۸۳۱۱۶۱-۹ داخلی: ۲۷۱

چاپ: شرکت افست (سهامی عام)

تیراژ: ۸۰۰۰ نسخه

☞ مجله رشد آموزش فیزیک نوشته ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، بویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشد، می پذیرد. ☞ مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان تایپ شود. ☞ شکل قرار گرفتن جدولها، نمودارها و تصاویر ضمیمه باید در حاشیه 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 مبدول گردد. ☞ مقاله های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته باشد و متن اصلی نیز ضمیمه مقاله باشد. ☞ در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادله های 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 صفحه 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.

عالم

بزرگ ترین آزمایشگاه فیزیک است

برای اغلب افراد از جمله دانش آموزان، فیزیک موضوعی خشک، انتزاعی، و دشوار است که یاد گرفتن آن پیش از آنکه موجب انبساط خاطر، بالا رفتن معلومات، و به دست آوردن شناختی از طبیعت و امکان بهره برداری از آن باشد، موجب دردسر است. این درس را باید به گونه ای برای گرفتن مدرک و پیمودن مدارج مختلف تحصیلی به سختی حفظ کرد و با کمک معلم خصوصی، کتاب های مختلف کمک آموزشی و آموزشگاه های مختلف از سد آزمون های مختلف گذشت. کمتر کسی است که متوجه ارتباط آنچه در درس فیزیک مطرح می شود با چیزی که در پیرامون ما می گذرد، بشود. البته، در این مورد تقصیری متوجه آن ها نیست. چرا که در آموزش کمتر به این موضوع توجه می شود. نتیجه این وضع آن است که اگرچه علوم به طور اعم و فیزیک به طور خاص در سطوح مختلف تدریس می شود و شاگردان وقت زیادی را صرف آموختن آن می کنند، اما بازده آن با توجه به زمان و انرژی ای که در این راه مصرف می شود، بسیار کم است و کمتر پیش آمده است که افراد بتوانند با استفاده از آموخته های خود گرهی را از مشکلات بگشایند.

اما، آنچه در اطراف ما می گذرد و بسیاری از آن ها موضوع هایی است که همواره حتی در اخبار رسانه ها مطرح و به آگاهی عموم رسانده می شود، می تواند نقطه آغازی برای آموزش واقعی فیزیک باشد.

یکی از زمینه هایی که همواره توجه بشر را به خود جلب کرده است و امروزه نیز با گسترش امکانات پژوهشی و فرستادن ماهواره ها و تلسکوپ ها به فضا رشد شگفت انگیزی یافته، نجوم است.

منظره ی آسمان پر ستاره، یکی از شگفت انگیزترین تجربه هایی است که هر فرد در طی زندگی خود با آن روبه رو می شود. اگر در هنگام شب در محلی تاریک که از روشنایی های مصنوعی شهر به دور است به آسمان نگاه کنید، هزاران ستاره را خواهید دید که از افق تا افق پراکنده شده اند. تابش از راه شیری مسیر درخشانی را در آسمان به وجود می آورد. با گذشت زمان این منظره به آرامی از شرق به غرب حرکت می کند. هیچ فیلم، نمایش در افلاک نما، یا سخنان شاعرانه ای نمی تواند این چشم انداز بی نظیر را به درستی توصیف کند.

بشر در طی هزاران سال که از زمان پیدایش انسان بر روی کره زمین می گذرد، با نگرستن به آسمان درباره ی اسرار عالم تأمل کرده است. برای ما نیز چون نیاکانمان نگاه کردن به آسمان پرسش های بسیاری را مطرح می کند. سؤال هایی از این دست که عالم چگونه به وجود آمده است؟ خورشید، ماه، و زمین از کجا آمده اند؟ ستارگان و سیارات از چه ساخته شده اند؟ ما در کجای این عالم قرار داریم؟ سرنوشت عالم به کجا خواهد انجامید؟

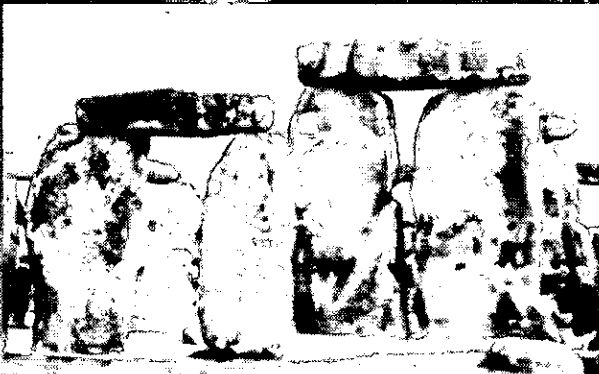
اندیشیدن درباره ی عالم یکی از تلاش های مهم بشری است. تمایل بشر به جستجو و اکتشاف، و مهم تر از همه قابلیت استدلال درباره ی آنچه کشف کرده ایم، کیفیتی است که ما را از حیوانات متمایز می سازد. مطالعه ی نجوم فراسوی مرزهای فرهنگ، جغرافیا، و سیاست است. این علم امروزه یک موضوع جهانی است که با مطالعه ی آن نه تنها می توان به سیر در بزرگ مقیاس پرداخت، بلکه اکنون معلوم شده است که آنچه در آسمان ها می گذرد، با چیزی که در کوچک مقیاس و در ابعاد زیر اتمی در جریان است ارتباطی تنگاتنگ دارد. با مطالعه ی آنچه در آسمان ها می گذرد می توان به اسرار کل عالم پی برد. و در این راه کل عالم برای ما به صورت یک آزمایشگاه بینهایت بزرگ در می آید که امکانات خود را در اختیار همه افراد علاقه مند گذاشته است.

از این پس، بخشی مخصوص نجوم را در شماره های آتی مجله خواهیم داشت. از همه ی خوانندگان درخواست می شود که با اظهار نظر در مورد آنچه مورد علاقه ی آن هاست و مشارکت در این بخش، با ارسال کارهایی در این زمینه در جهت پر بار کردن مباحث ما را یاری دهند.

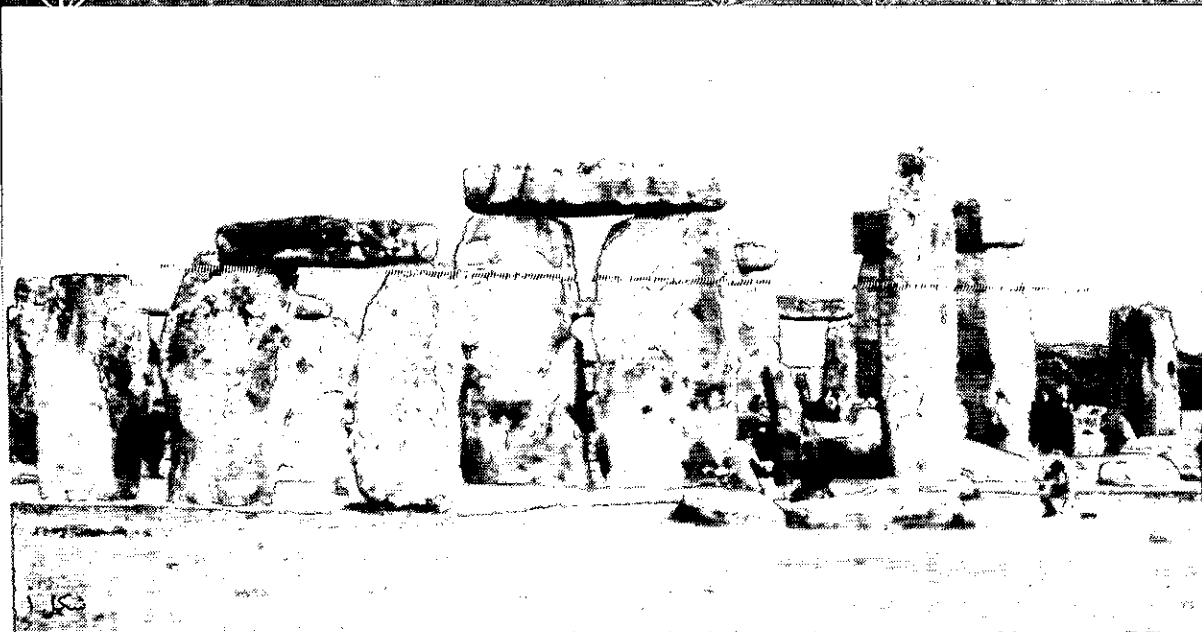


شناخت آسمان‌ها

مجله رهبر

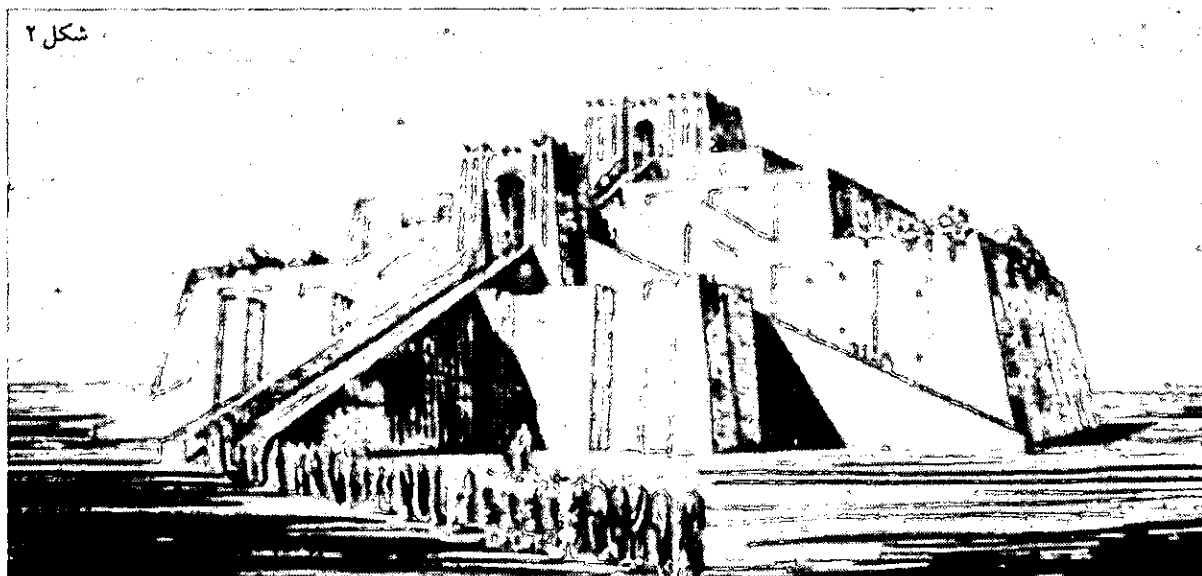


علم نجوم شاید یکی از کهن‌ترین علوم باشد. آثار باقیمانده از دوران باستان در سراسر زمین نشان می‌دهد که تا پیش از میلاد مسیح، ساکنان جزیره بریتانیا ساختارهای سنگی مستطین‌استون‌هنج (شکل ۱) را برای آشنایی با نشان‌های آسمان بنا کرده‌اند. در آسمان‌های کهنه، توجه دانشمندان به دوران گذشته، به شکل‌های در آسمان‌ها که به گونه‌ای است که نشان می‌دهد هر روزهای کالیبندی سال خورشیدی در کجا طلوع و کجا غروب می‌کرده است.



شکل ۲ - زیگورات شهر اور که از روی خرابه‌های موجود آن به صورت تخیلی بازسازی شده است ساختمان‌های مشابهی مانند آنچه در ویرانه شهر تیهواناکو در بولیوی مشاهده می‌شود، در تمدن‌های ازتک و مایاها نیز وجود داشته است. در این شهر معبد خورشید با دقت بهتر از ۱ درجه در جهت شمال - جنوب، شرق - غرب قرار گرفته است. همین‌طور هرم بزرگ مصر، که در حوالی سال ۳۰۰۰ قبل از میلاد با دقتی قابل ملاحظه در جهت شمال - جنوب، شرق - غرب قرار دارد. ▼

▲ شکل ۱ - استون هنج، یک بنای مذهبی اواخر دوران نوسنگی، پیچیده‌ترین بنای سنگی دایره‌ای شکل است. سومریان مخترع برج‌های آجری به نام زیگورات بودند که از ترکیب چند بنا که حجم آنها به ترتیب کوچک‌تر می‌شد تشکیل یافته بود. افراد از پله‌های مارپیچی اطراف آن بالا می‌رفتند و خود را به بالای برج می‌رساندند. این برج‌ها، علاوه بر اهداف مذهبی برای مقاصد نجومی نیز مورد استفاده قرار می‌گرفتند. زیگورات چغازنبیل در شوش یکی از همین بناهاست.



شکل ۲

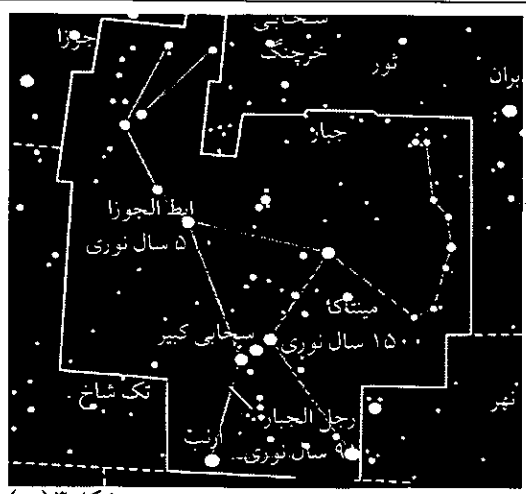
به چشم غیرمسلح انسان فقط می‌تواند ۶۰۰۰ ستاره را مشاهده کند، چون نیمی از آسمان در هر زمان زیر افق قرار گرفته

تقریباً ۱۰۰۰۰ ستاره قابل مشاهده است. وقتی مردمان در روزگار قدیم به این ستارگان می‌نگریستند، تصور می‌کردند که گروه‌بندی ستارگان تصاویر خاصی را در آسمان به وجود می‌آورند.

صورت‌های فلکی در آسمان

با نگاه کردن به آسمان در یک شب تاریک و صاف، شاید فکر کنید که می‌توانید میلیون‌ها ستاره را ببینید. در واقع، چشم غیرمسلح انسان فقط می‌تواند ۶۰۰۰ ستاره را مشاهده کند، چون نیمی از آسمان در هر زمان زیر افق قرار گرفته

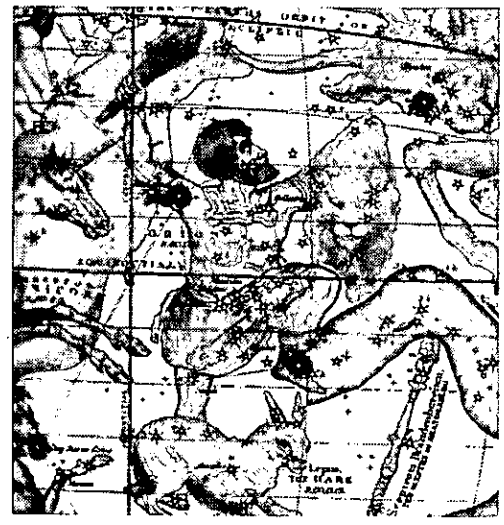
منحطان هنوز به این گروه‌بندی ارجاع می‌دهند و آنها را صورت‌های فلکی می‌نامند. حتماً شما با بعضی از این تصاویر یا طرح‌ها در آسمان مانند دب‌اکبر آشنا هستید. بسیاری از صورت‌های فلکی، مانند جبار^۳، نام‌هایی دارند که از افسانه‌های باستان گرفته شده است.



شکل ۳ (ب)



شکل ۳ (الف)



شکل ۳ (ج)

شکل ۳- سه تصویر از صورت فلکی جبار. (الف) این تصویر با نوردهی چهار دقیقه‌ای جبار را نشان می‌دهد که ستارگان آن به رنگ‌های مختلف‌اند، بعضی از آنها سرخ و دیگران آبی هستند. این رنگ‌ها را می‌توان با چشم غیرمسلح دید؛ با نگاه کردن به آسمان از طریق تلسکوپ رنگ‌ها بارزتر می‌شوند. (ب) بخشی از اطلس جدید ستارگان نام ستارگان پرنور در صورت فلکی جبار را همراه با فاصله آنها بر حسب سال نوری نشان می‌دهد. خطوط مرز میان جبار و صورت‌های فلکی همسایه آن هستند. جبار و صورت‌های فلکی مجاور آن با حروف بزرگ مشخص شده‌اند. تمام آسمان به ۸۸ صورت فلکی به شکل‌ها و اندازه‌های مختلف تقسیم شده است. (ج) این نقاشی خیالی مربوط به اطلسی از ستارگان است که در سال ۱۸۳۵ چاپ شده است و شکارچی جبار را همراه با سایر موجودات نشان می‌دهد.

هوایما در فاصله چند کیلومتری را یا ستاره‌ای که فاصله‌اش تریلیون‌ها بار بیشتر است اشتباه بگیرید.

نام این ستارگان از عربی گرفته شده است. مثلاً ابط الجوزا^۱ به معنی «زیر بغل» است که وقتی به تصویر ۲- ج بنگرید مفهوم آن را از روی یادید. نام گذارانی‌های دیگری نیز برای ستارگان به کار می‌رود. به عنوان مثال، ابط الجوزا را α ی جبار و HD ۳۹۸۰۱ نیز می‌نامند. مفهوم این نام‌ها را در بخش بعد بررسی می‌کنیم.

نام‌ها و فهرست‌های ستارگان

سنت نام‌گذاری ستارگان در طی سده‌ها تغییر کرده است. بسیاری از ستارگان پرنور آسمان دارای نام‌های عربی هستند که مربوط به قرون وسطی است، زیرا در آن روزگار نجوم در بین ملل مسلمان رونق بسیار داشت. شکل ۴ تصویر دب اکبر با ستارگان مختلف آن را نشان می‌دهد. به ستاره قطبی نام لاتین پولوریس^۲ وقتی اختصاص یافت که منجمان اروپایی به این علم پرداختند. همان‌طور که فکر می‌کنید، به خاطر سپردن نام‌های

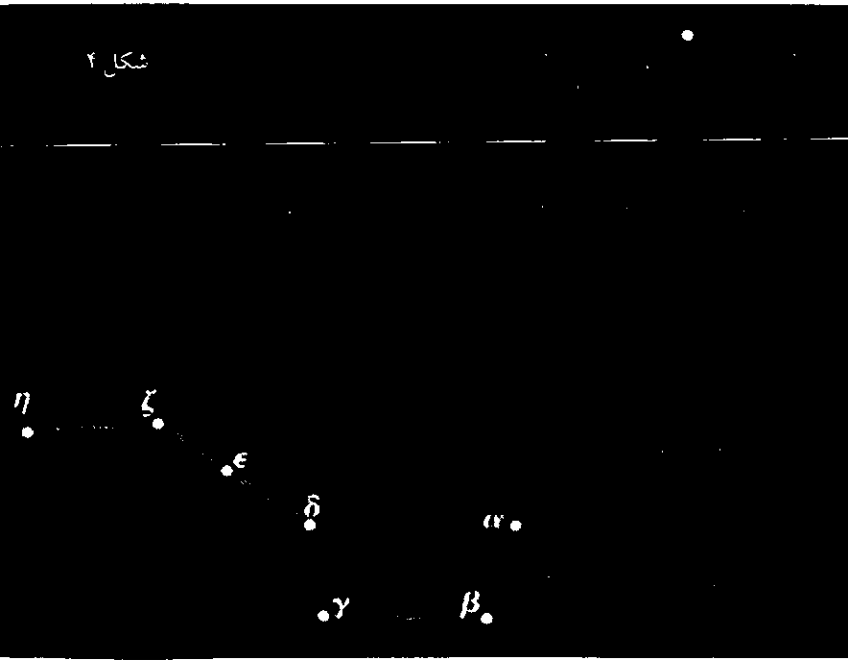
اگرچه برخی از این گروه ستارگان شباهت مبهمی با اشکالی دارند که تصور می‌رود نشاتگر آن باشند، ولی اغلب آنها این گونه نیستند. اصطلاح «صورت فلکی» در نجوم فعلی تعریف گسترده‌تری دارد. در نقشه‌های جدید ستارگان، تمام آسمان به ۸۸ منطقه تقسیم شده است که هر یک از آنها یک صورت فلکی خوانده می‌شود. به عنوان مثال، صورت فلکی جبار اکنون بخشی از آسمان است که مرزهای آن در شکل ۳- ب نشان داده شده است. وقتی منجمان به سحابی M ۲۴ در صورت فلکی جبار ارجاع می‌دهند، منظور آنها این است که با رصد از زمین به نظر می‌رسد که این سحابی در بخش مربوط به جبار از آسمان قرار دارد.

برخی از صورت‌های فلکی منطقه وسیعی از آسمان را می‌پوشانند، (دب اکبری از بزرگ‌ترین آنهاست)، و برخی (مانند صلیب) بسیار کوچک‌اند. اما، چون صورت‌های فلکی جدید سراسر آسمان را در بر می‌گیرند، هر ستاره بالاخره در یک صورت فلکی قرار می‌گیرد.

شاید وقتی به طرح ستارگان در یک صورت فلکی می‌نگریم، به این فکر بیفتیم که گروهی از ستارگان را می‌بینیم که نسبتاً به هم نزدیک‌اند. در واقع، اغلب این ستارگان اصلاً نزدیک به هم نیستند. به عنوان مثال، در شکل ۲- ب که فاصله ستارگان بر حسب سال نوری نشان داده شده است. اگرچه بلاتریکس^۱ و میتاکا^۲ نزدیک هم به نظر می‌رسند، اما در واقع در حدود هزار سال نوری از هم فاصله دارند. آنها صرفاً بدین لحاظ نزدیک به هم به نظر می‌رسند که وقتی از زمین به آنها نگاه می‌کنیم تقریباً در یک جهت قرار دارند. همین توهم وقتی به نور چراغ هوایماها در شب نگاه می‌کنید به وجود می‌آید. تعیین فاصله یک نور درخشان به تنهایی مشکل است. به همین دلیل ممکن است چراغ یک



شکل ۴



عجیب برای بسیاری از منجمان راحت نیست. بنابراین بوهان بلیر^۴ در سال ۱۶۰۳ سیستم ساده‌تری را ابداع کرد که بر مبنای استفاده از صور فلکی و ۲۴ حرف الفبای لاتین بود.^۵ برای نام‌گذاری یک ستاره از یک حرف لاتین همراه با نام صورت فلکی که ستاره در آن قرار دارد استفاده می‌شود. در اغلب موارد، پرنورترین ستاره صورت فلکی α ، ستاره پرنور بعدی β ، و بعدی γ خوانده می‌شود و الی آخر. مثلاً، درخشان‌ترین ستاره در صورت فلکی میزان α می‌زان نامیده می‌شود. این نام از اسم عربی ذوبن الجنوبی^۶ اطلاعات بیشتری در اختیار ما می‌گذارد، اما البته به اندازه آن خوش‌آهنگ نیست.

نام عربی دوازده صورت فلکی دایرة البروج همراه با معادل انگلیسی و لاتین آنها به قرار زیر است.

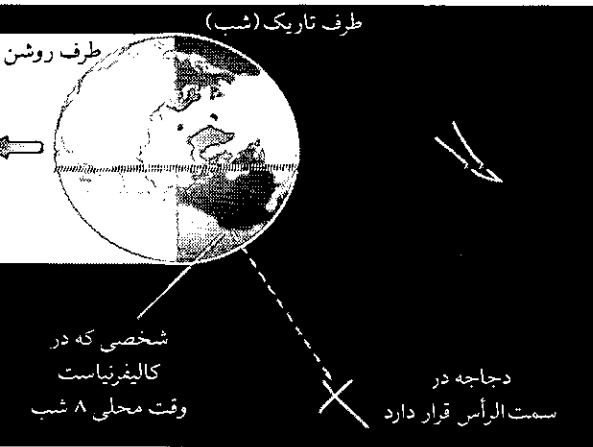
عربی	انگلیسی	لاتین
حمل	Aries	Arietis
ثور	Taurus	Tauri
جوزا	Gemini	Geminorum
سرطان	Cancer	Cancri
اسد	Leo	Leonis
سنبله	Virgo	Virginis
میزان	Libra	Librae
عقرب	Scorpius	Scorpii
قوس	Sagittarius	Sagittarii
جدی	Capricornus	Capricornii
دلو	Aquarius	Aquarii
حوت	Pisces	Piscium

در سیستم بلیر، فقط می‌توان ۲۴ ستاره پرنور صورت فلکی را نام‌گذاری کرد. اما، اغلب منجمان به ستاره‌های کم‌نور هم علاقه مند هستند. بسیاری از این ستارگان به اندازه‌ای کم‌فروغ‌اند که نمی‌توان آنها را با چشم غیرمسلح دید. منجمان با استفاده از نام‌های فهرست استاندارد ستارگان به آنها ارجاع می‌دهند.

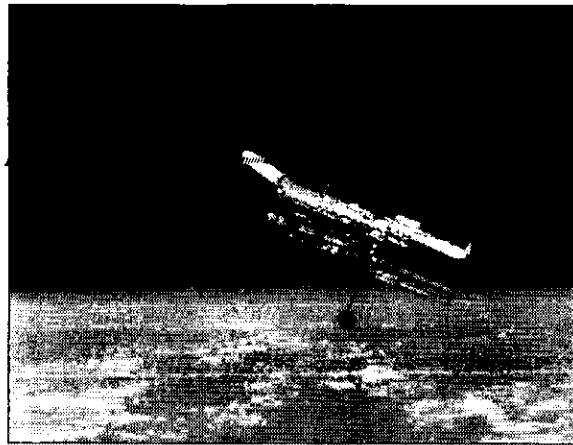
یکی از مهم‌ترین این فهرست‌ها بررسی جامع بن Bonner Durchmusterung است که در اواسط سال‌های ۱۸۰۰ توسط ف. و. آرگلدنر^۹ در رصدخانه بن ابداع شد. در این فهرست نام ۳۲۴۱۸۸ ستاره آمده است که هر یک دارای یک نام BD هستند. مثلاً، ستاره ۱۶۶۸^{۰۰} BD یک ستاره کم‌نور در صورت فلکی تک شاخ^{۱۰} است. یک فهرست متداول دیگر عبارت است از فهرست هنری دراپر^{۱۱} که در بین سال‌های ۱۹۱۱ و ۱۹۱۵ در ایالات متحده تدوین شد. (این فهرست نام یک پزشک و منجم آماتور پرشور را دارد که بیوه او منابع مالی این طرح را تأمین کرد). در این فهرست ۲۲۵۳۰۰ ستاره نام‌گذاری شده‌اند که به صورت HD همراه با یک شماره مشخص می‌شدند، مثلاً ۹۷۹۰۱ HD ستاره α ی اسد است. اما، جامع‌ترین فهرستی که تاکنون تدوین شده است، فهرست راهنمای ستارگان تلسکوپ فضایی هابل است. این سیاهه عظیم حاوی ۱۵/۱۶۹/۸۳۷ ستاره است که همه آنها به اندازه‌ای کم‌نورند که نمی‌توان آنها را با چشم غیرمسلح دید و از مکان آنها برای جهت‌دهی تلسکوپ فضایی هابل (شکل ۵). ستارگان در این فهرست به صورت GSC همراه با یک شماره مشخص می‌شوند، مانند ۱۲۳۴۱۱۳۲ GSC در صورت فلکی ثور. بر خلاف سایر فهرست‌های ستارگان، این فهرست فقط به صورت الکترونیکی (روی دو CD-ROM) موجود است؛ اگر قرار بود آن را چاپ کنند صدها هزار صفحه می‌شد.

فهرست‌های متعددی از ستارگان وجود دارد. در نتیجه یک ستاره می‌تواند نام‌های بسیاری داشته باشد. به عنوان مثال، ستاره درخشان وگا^{۱۱} در صورت فلکی چنگ^{۱۲} دارای نام‌های α ی چنگ، ۳۳۸⁺ BD، HD ۱۷۱۲۶۷، ۳ ی چنگ، ۲۵۴۶۶، GC، SAO ۶۷۱۷۴، ADS ۱۱۵۱۰ و HRV ۰۰۱ است.





شکل ۶ (الف) - زمین به صورتی که از بالای قطب شمال دیده می شود

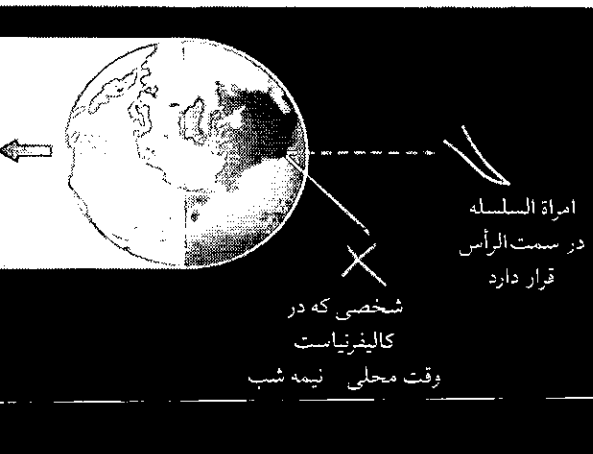


شکل ۵

▲ شکل ۵ - تلسکوپ فضایی هابل در ارتفاع بسیار زیاد از سطح زمین در خلأ قرار دارد. این تلسکوپ نه تنها نور مرئی را آشکار می سازد، بلکه به نور فرابنفش و فرورسوخ نزدیک نیز حساس است. این نورهای نامرئی را جو زمین جذب می کند و آشکارسازی آنها در سطح زمین با تلسکوپ های معمولی دشوار یا غیرممکن است.

منظره آسمان در طول شب و در شب های مختلف سال تغییر می کند

پس از غروب آفتاب در نقطه ای دور از روشنایی زیاد بیرون بروید و در آسمان شب به طرح ستارگان توجه کنید، همین کار را چند ساعت بعد تکرار کنید. متوجه خواهید شد که طرح کلی ستارگان (و ماه اگر مرئی باشد) تغییر کرده و محل آنها جابه جا شده است. صورت های فلکی تازه ای در طرف شرق طلوع کرده اند، و برخی از آنها در سمت غرب افق غروب کرده اند. اگر دوباره قبل از سپیده دم به آسمان بنگرید، خواهید دید ستارگانی که در هنگام غروب در شرق طلوع کرده بودند، اکنون در غرب در حال غروب کردن اند. حرکت روزانه ستارگان در شکل ۶ که با نوردی طولانی گرفته شده است مشاهده می شود. در هر لحظه از روز، خورشید نیمی از زمین را روشن می کند و در طرف دیگر زمین شب است. زمین از غرب به شرق می چرخد و در هر ۲۴ ساعت یک دور کامل می زند. به علت این دوران، به نظر می رسد که ستارگان، همانند خورشید و ماه، در شرق طلوع و در غرب غروب می کنند.



شکل ۶ - (ب) چهار ساعت بعد

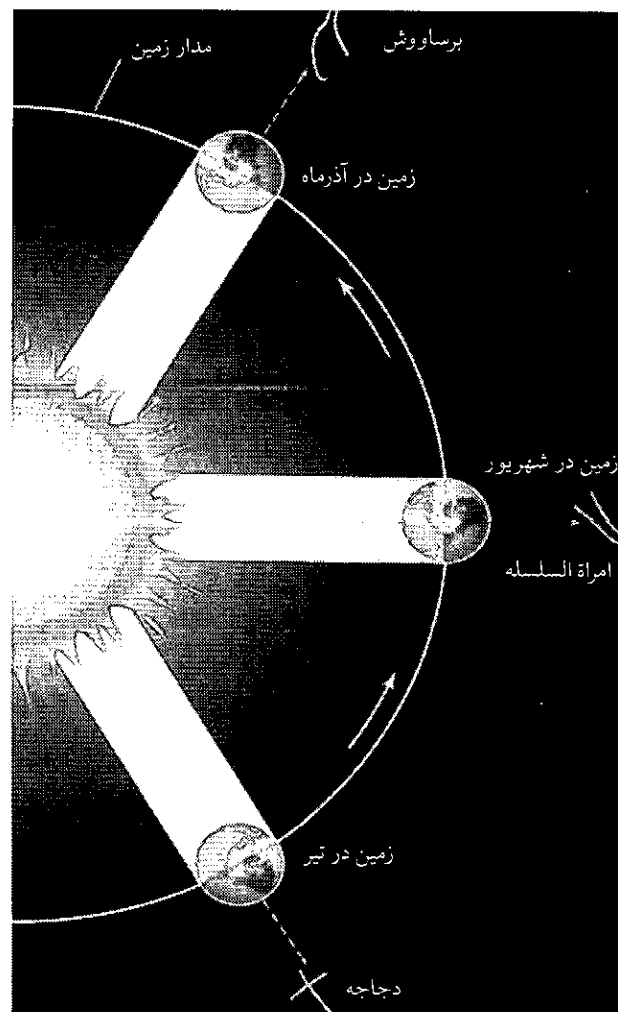
▲ شکل ۶ - حرکت روزانه ستارگان، خورشید و ماه پیامد دوران زمین است. (الف) این تصویر منظره زمین را از نقطه ای بالای قطب شمال نشان می دهد. بخش روشن قسمتی از زمین است که خورشید به آن می تابد و بخش تاریک قسمتی است که خورشید به آن نمی تابد. در زمانی که در تصویر نشان داده شده است در کالیفرنیا شب و صورت فلکی دجاجة در سمت الرأس است (ب) چهار ساعت بعد، زمین یک ششم دور زده است؛ از دید ناظر روی زمین خورشید یک ششم دور به طرف غرب چرخیده است. اکنون نیمه شب و صورت فلکی امراة السلسله در سمت الرأس است.



شکل ۶ تصویری از زمین را از نقطه‌ای بالای قطب شمالی نشان می‌دهد. در زمانی که در شکل ۶- الف نشان داده شده است در آسیا روز و در اغلب بخش‌های آمریکای شمالی و اروپا شب است. شکل ۶- ب چهار ساعت بعد را نشان می‌دهد. چهار ساعت برابر با یک ششم دور است. بنابراین، بین دو تصویر یک ششم دور فاصله است. اکنون اروپا روشن شده است (خورشید در آن طلوع کرده است)، در حالی که الاسکا از بخش روشن به تاریک منتقل شده است (خورشید در آن غروب کرده است). در شکل ۶- الف در کالیفرنیا ساعت ۸ شب است و صورت فلکی دجاجة^{۱۴} در سمت الرأس قرار دارد. چهار ساعت بعد صورت فلکی امراة المسلسله^{۱۵} روی کالیفرنیاست. چون زمین از غرب به شرق می‌چرخد، از نظر ما که در روی زمین هستیم تمام آسمان اطراف در جهت مخالف، یعنی از شرق به غرب در گردش است.

علاوه بر حرکت روزانه آسمان، صورت‌های فلکی مرئی در آسمان، در طول سال هم تغییر می‌کنند. این تغییر به واسطه حرکت مداری زمین یا گردش آن به دور خورشید است (شکل ۷). در طول سال زمین یک دور کامل می‌زند و بخش تاریک آن به تدریج در مقابل قسمت‌های مختلف آسمان قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، در نیمکره شمالی در نیمه شب اوایل مرداد صورت فلکی دجاجة نزدیک سمت الرأس است؛ در نیمه شب اوایل مهر صورت فلکی امراة المسلسله جایگزین آن می‌شود؛ و در نیمه شب اوایل آذر صورت فلکی پرساووش^{۱۶} (به نام یک قهرمان اساطیری) در سمت الرأس قرار می‌گیرد. اگر یک ستاره بخصوص را در شب‌های متوالی دنبال کنید، درمی‌یابید که این ستاره هر شب تقریباً ۴ دقیقه زودتر طلوع می‌کند، که در هر ماه ۲ ساعت می‌شود.

صورت‌های فلکی به شما کمک می‌کنند تا راه خود را در آسمان پیدا کنید. به عنوان مثال، در نیمکره شمالی می‌توان با استفاده از دب اکبر جهت شمال را با رسم یک خط راست از میان دو ستاره موجود در قسمت جلویی پیکاله آن یافت (شکل ۸). اولین ستاره درخشانی که به آن برخورد می‌کنید



شکل ۷- ستارگانی را که شما در آسمان شب می‌بینید در زمان‌های مختلف در طول سال متفاوت‌اند. این موضوع پیامد حرکت مداری زمین به گرد خورشید است، با گردش به دور خورشید، بخش شب زمین به تدریج در مقابل قسمت‌های مختلف آسمان قرار می‌گیرد. این تصویر نشان می‌دهد که در نیمه شب به وقت محلی، وقتی خورشید در طرف مقابل محل شما در روی زمین است، کدام صورت فلکی در سمت الرأس قرار دارد. در عرض‌های جغرافیایی میانی، اگر بخواهید صورت فلکی امراة المسلسله را مشاهده کنید، بهترین موقع اوایل مهر است که این صورت فلکی در سمت الرأس قرار دارد.

در آسمان مشاهده می کنید. بسیاری از آنها در حوالی مثلث زمستانی قرار دارند که ستارگان درخشان صورت های فلکی جبار (شکارچی)، کلب اکبر^{۱۱} (سگ بزرگ)، و کلب اصغر^{۱۲} (سگ کوچک) را مطابق شکل ۹ به هم وصل می کند. مثلث زمستانی در نیمه شب اواسط زمستان در بالای افق جنوبی قرار دارد.

طرح مشابه «مثلث تابستانی، آسمان تابستان را در نیمکره شمالی مزین می سازد. این مثلث ستارگان درخشان صورت های فلکی چنگ، دجاج، و عقاب^{۱۳} را به هم متصل می کند. بخش بزرگی از راه شیری، زمینه زیبایی را برای این صورت فلکی به وجود می آورد که در نیمه شب نیمه تابستان در بالای سر ما قرار دارند (شکل ۱۰)

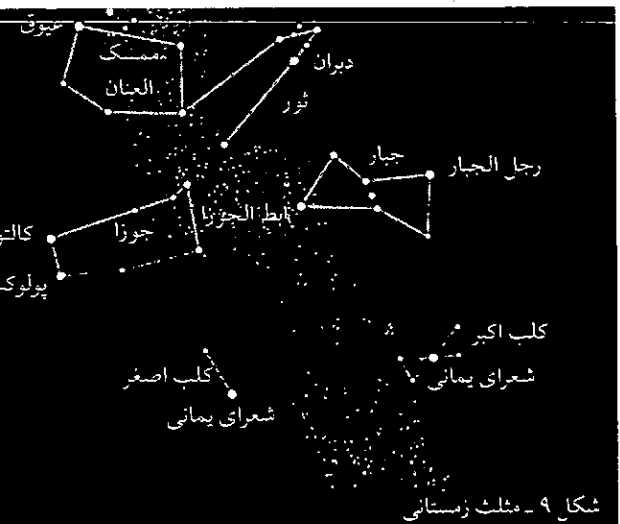
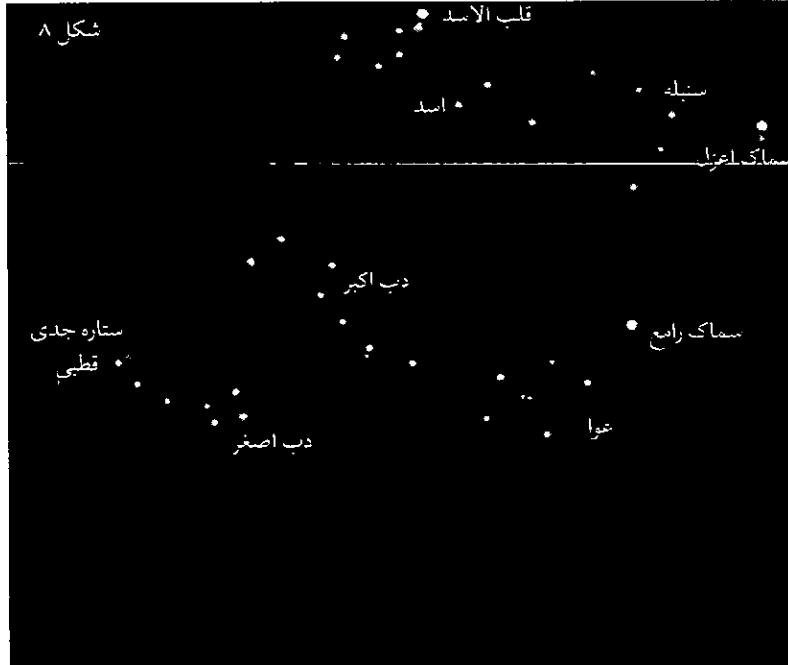
شکل ۹ - این شکل ستارگان آسمان شرقی را در یک شب زمستانی (حدود ساعت ۱۰ شب در ۱۰ آذر، ۹ شب ۱۱ دی، ۸ شب ۱۲ بهمن) نشان می دهد. سه تا از ستارگان درخشان «مثلث زمستانی» را تشکیل می دهد. در این شکل علاوه بر صورت های فلکی مربوط به مثلث، صورت های فلکی جوزا، ابره ران^{۱۴}، و ثور نیز نشان داده شده اند.

مهر. درین هم خورشید می شود. اگر از ستاره قطبی خط راستی به افق رسم کنید جهت شمال را خواهید یافت.

با رسم یک خط از میان دو ستاره موجود در عقب پیکاله دب اکبر، به صورت فلکی اسد (شیر) می رسید. همان طور که در شکل ۸ مشاهده می شود، این خط به طرف رگولوس^{۱۷} درخشان ترین ستاره در «داس» است که به پال شیر می رسد. با دنبال کردن دسته ملاقه دب اکبر می توانید محل یک ستاره سرخ درخشان را تعیین کنید که ستاره آرکتوروس^{۱۸} در صورت فلکی عوا^{۱۹} (چوپان) است، همین طور ستاره بارز آبی اسپیکا^{۲۰} را در صورت فلکی سنبله.

شکل ۸ - ستاره قطبی را می توان در نیمکره شمالی در تمام شب های سال دید. نقشه ستارگان نشان می دهد که چگونه می توان از دب اکبر برای تعیین جهت شمال و نیز درخشان ترین ستارگان در صورت های فلکی دیگر استفاده کرد. این تصویر آسمان را در حدود ساعت ۱۰ شب (زمان استاندارد) ۱۰ اسفند، ۹ شب ۱۲ فروردین، یا ۸ شب ۱۱ اردیبهشت نشان می دهد. به علت حرکت دوران زمین و حرکت مداری آن به دور خورشید، این منظره در شب های مختلف و در طول شب فرق می کند، اما مواضع نسبی یکسان است.

۹۰



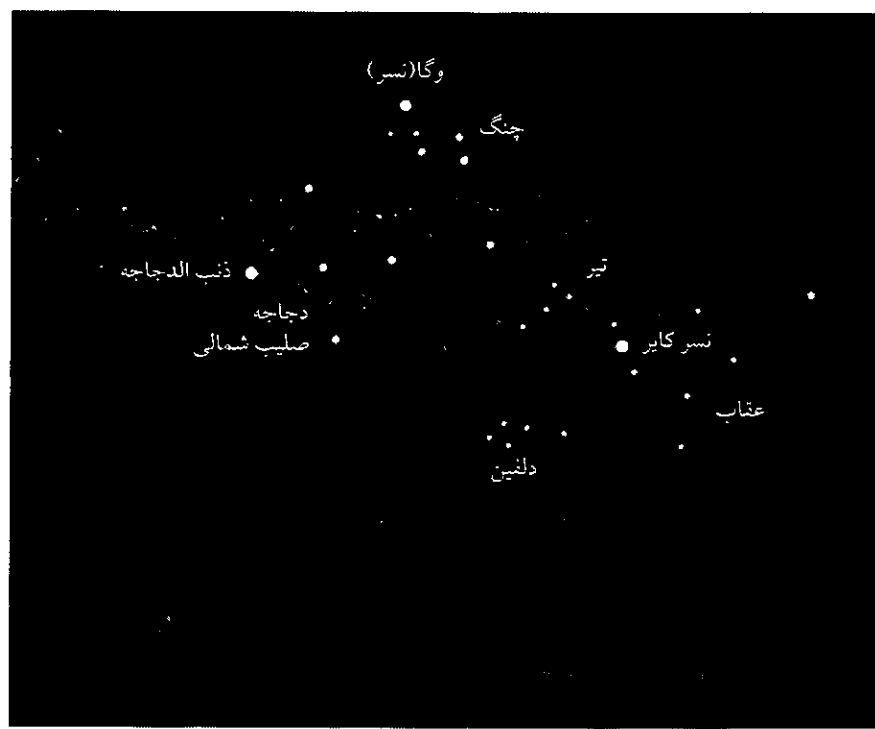
Simon and Schuster Company
New York, 1999.

2. G. Sarton, "A History of science" Harvard university Press, 1952.

3. New Caxton Encyclopeida, Caxton Publishing Company, 1968.

..... زیر نویس ها

1. Stonehenge
2. Ziggurat
3. Orion
4. Bellatrix
5. Mintaka
6. Betelgeuse
7. Polaris
8. Johann Bayer
9. Zubenelgenubi
10. Argelander
11. Unicorn
12. Henry Draper Catalogue
13. Vega
14. Lyra
15. Cygnus
16. Andromeda
17. Perseus
18. Regulus
19. Arcturus
20. Boötes
21. Spica
22. Canis major
23. Canis minor
24. Auriga
25. Aquila
26. Sagitta
27. Delphinus



۱۰ - مثلث زمستانی

▲ شکل ۱۰ - «مثلث تابستانی» نقشه ستارگان آسمان شرقی را در یک شب تابستانی در نیمکره شمالی (حدود ۱۱ شب ۱۱ خرداد، ۱۰ شب ۱۰ تیر و ۹ شب ۱۰ مرداد) نشان می دهد. علاوه بر سه صورت فلکی مثلث، صورت فلکی کم نور تیر^{۲۲} و دولفین^{۲۵} نیز نشان داده شده اند.



شکل ۱۱ - این تصویر با نوردهی طولانی که در سایدینگ اسپرینگ مانتین استرالیا گرفته شده است و به طرف قطب جنوب سماوی است، دوران آسمان را نشان می دهد. ساختمان موجود در شکل تلسکوپ انگلیسی - استرالیایی است که یکی از بزرگ ترین تلسکوپ های در نیمکره جنوبی است. در طول عکسبرداری دو نفر با چراغ قوه یکی روی گره رو در خارج گنبد و دیگری در سطح زمین حرکت کرده اند و تصاویر موج دار را به وجود آورده اند. ◀

گزارش

اولین سمینار بین المللی

ارتقاء تفکر منطقی

در فیزیک



University of Udine
Interdepartmental Centre for
Research in Education (CIRD)
Physics Department

گزارشگران: احمد احمدی، روح اله خلیلی بروجنی

اولین سمینار بین المللی ارتقاء تفکر منطقی در فیزیک^۱ در تاریخ یازدهم الی شانزدهم شهریورماه سال جاری (2-7 Sep. 2001) توسط گروه بین المللی پژوهش و آموزش فیزیک^۲ و با همکاری دانشگاه اودینه^۳ در ایتالیا برگزار شد. در این سمینار استادان آموزش فیزیک، محققان و برنامه ریزان فیزیک گرد هم آمده بودند تا دیدگاههای منطقی را در فیزیک ارتقاء بخشند و آن را تا اتخاذ راهبردهای آموزشی، تسری دهند. از ایران نیز ۴ نفر در این سمینار شرکت کرده بودند.



مقدمه

همگان قرار می دهد، زیرا برای درک و فهم آن باید از پل ریاضیات عبور کرد.

هدف های سمینار

- ۱- همگانی کردن درک و فهم فیزیک با حفظ محتوای علمی آن.
- ۲- پی ریزی برنامه ی درسی بر اساس برانگیختن حس کنجکاوی و تفکر منطقی که از آن بتوان به مدل های ریاضی رسید.
- ۳- کاربرد فناوری های جدید و رایانه در آموزش فیزیک.
- ۴- بررسی نقش معلمان به منزله ی یک پژوهشگر در مدرسه.
- ۵- ارائه ی نتایج پروژه های تحقیقاتی اجرا شده در مدارس و بررسی نتایج آنها.

هم اکنون در ارایه ی نظریه های فیزیکی از زبان و مدل های ریاضی استفاده ی گسترده ای می شود. هرچند ابزار ریاضی در کشف معادله ها و رابطه های موجود بین پدیده ها بسیار قدرتمند است و درک این مفاهیم را برای ما بسیار جالب می کند، ولی تضمینی وجود ندارد که دانش آموزان هم به این درک زیبا برسند.

از آنجایی که فیزیک یکی از دروس پایه برای بسیاری از رشته ها از جمله مهندسی و پزشکی است و سهم آن در رشد و توسعه ی صنعت و فناوری انکارناپذیر است، لیکن گسترش و ارتقاء آموزش فیزیک اجتناب ناپذیر است.

یادگیری ریاضیات و کاربرد آن در فیزیک مستلزم صرف انرژی و وقت زیاد است و این امر فیزیک را دور از دسترس

محل برگزاری سمینار (بنای این ساختمان متعلق به دوره رنسانس است.)

بخشهای مختلف فیزیک در آمریکا چه در سطح متوسطه و در چه در سطح دانشگاه با درخواست‌های زیادی مبنی بر تغییر برنامه درسی مواجه‌اند. به طوری

که در دانشگاهی که من فعالیت می‌کنم از ما خواسته شد در برنامه درسی به واقعیت‌های محیطی نیز توجه شود. در این سخنرانی پس از نگاهی گذرا به زندگی رابرت کارپلاس^۱ - فیزیکدان و مربی بی‌نظیر آموزش علوم دانشگاه برکلی - کار و فعالیت‌های او در زمینه‌ی آموزش علوم و دلایل او برای تغییر و اصلاح فیزیک دوره‌ی دانشگاه مورد بحث قرار گرفت. همچنین علاقه رابرت کارپلاس به نوع استدلال دانش‌آموزان دوره راهنمایی و متوسطه بحث گردید.

۳- اسباب بازیهای جهنده: موضوعی برای اثر متقابل بین نظریه و تجربه^۱

ارایه‌دهنده: کریستین اوکه

اسباب بازیهای کوچک و ارزانی وجود دارد که به نام اسباب بازیهای جهنده (پرشی) معروف‌اند. این اسباب بازیها به شکلهای مختلفی ساخته می‌شوند. معمولاً این اسباب بازیها، از یک بدنه‌ی پلاستیکی که بر روی یک فنر نصب شده، تشکیل می‌شوند.



محتوای علمی سمینار

در مجموع، سمینار شامل هشت سخنرانی عمومی^۱ و هفت کارگاه آموزشی^۲ بود، که در ادامه عنوان سخنرانی‌های عمومی و کارگاه‌های آموزشی با شرح مختصری می‌آید.

سخنرانی‌های عمومی

۱- تخیل و تفکر منطقی: عبور از ابزار به سوی فرآیندها و بازگشت دوباره^۱

ارایه‌دهنده: منفرد اولر

اگرچه عموماً بر این باورند که بدون تخیل و تجسم ذهنی، درک روشنی از مسائل به دست نمی‌آید، اما نقش تخیل و تفکر منطقی در یادگیری ریاضیات و فیزیک به طور مناسب مورد توجه قرار نمی‌گیرد. به دلیل توجه ناکافی در کتاب‌های درسی به عامل ذکر شده، شاهد بازدهی پایینی در فرآیند یاددهی - یادگیری فیزیک هستیم.

در این سخنرانی شواهدی از زمینه‌های مختلفی مورد بحث قرار گرفت که نشان می‌داد رابطه‌ی نزدیکی میان تخیل ذهنی و استدلال علمی وجود دارد، همچنین از مباحث مختلف فیزیک نمونه‌هایی از قبیل مکانیک، آکوستیک و... ارائه شد. این نمونه‌ها نقش رابطه‌ی نزدیک بین تخیل و استدلال علمی را نشان می‌دادند.

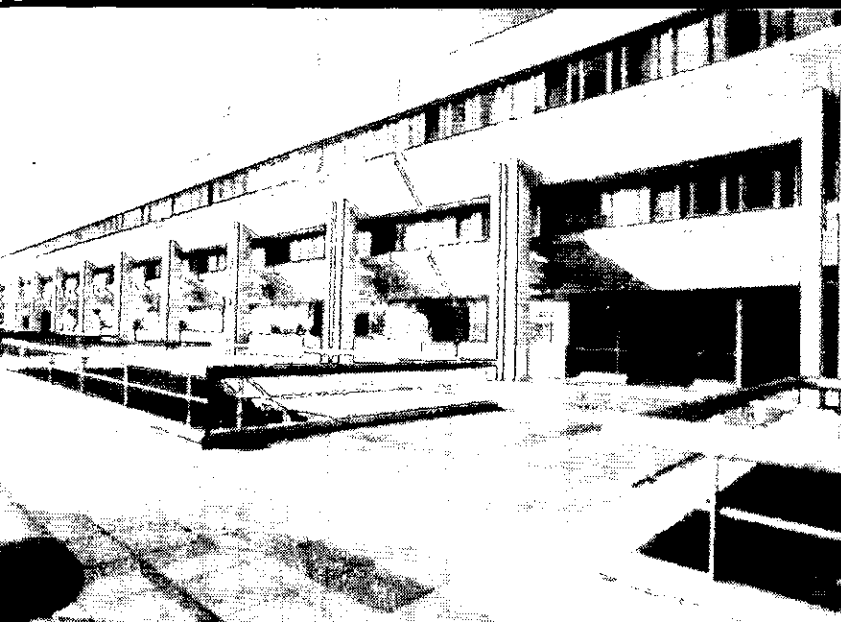
در ضمن، جنبه‌های فرانتپری و علمی روش فوق مورد بحث قرار گرفت.

۲- اصلاح و بازنگری در برنامه‌ی درسی

فیزیک: چگونه می‌توانیم آن را انجام دهیم؟^۲

ارایه‌دهنده: رابرت جی فولر

نمایی از دانشگاه اودینه



وقتی که فتر فشرده می شود، پس از مدتی اسباب بازی حدود ۱ متر بالا خواهد پرید. از نظر تئوری با این مبحث در سطح مقدماتی و پیشرفته می توان برخورد کرد. با استفاده از این آزمایش های مکانیکی ساده می توان انگیزه ی زیادی در دانش آموزان ایجاد کرد. همچنین این امکان پیش می آید که حرکت اسباب بازی را با حرکت و ارتفاع پرش حیوانات و انسانها مقایسه کنیم. همچنین برای نمایش حرکت آرام اسباب بازی می توان از دوربین های دیجیتال با سرعت بالا استفاده کرد و با فیلمبرداری و نمایش حرکت اسباب به نکات واقعاً شگفت انگیزی دست یافت. این مبحث برای معلمان جالب خواهد بود. بدین ترتیب می توانند اثر متقابل آزمایش و نظریه را مورد بحث قرار دهند و ارتباط بین فیزیک و دیگر رشته ها را پیدا کنند.

۴- رهیافت های مناسب در ارتقاء تفکر منطقی در

فیزیک^۱

ارایه دهنده: الناساسی

از میان مؤثرترین تازه های آموزشی که توسط ICT معرفی شده است رهیافت هایی مبتنی بر تجربیات و تصورات مناسب وجود دارد.

روشهای مذکور، مطالعه پدیده های پیچیده را که با توجه به دانش پایه ی دانش آموزان برای آنها کاملاً شناخته شده بود در آموزش علوم و فیزیک به همراه داشت. در ضمن، این روشها چگونگی ارتباط بین تفکر منطقی و فعالیت های تجربی

▼ در حاشیه سمینار، بازدیدی از سینکروترون که در نزدیکی شهر تریست واقع بود، به عمل آمد.

را شامل می شد.

همچنین روشهای مذکور این امکان را به وجود می آورد که به جای پرداختن به موارد آرمانی و انتزاعی به بررسی پدیده های آشنا، ولی پیچیده پرداخته شود. اگرچه روش مذکور با توجه به نیاز روزافزون دانش آموزان، توانسته تأثیرات مثبتی در کمک به دانش آموزان در بهبود تفکر منطقی و چگونگی ارتباط زبان ریاضی با فیزیک داشته باشد، ولی استفاده از آن گسترش نیافته است.

در این سخنرانی دلایل ظاهراً موجهی که بر علیه ادامه روش مذکور ارائه شده است مورد بحث قرار گرفت و توصیه های لازم برای آموزش این روش به معلمان داده شد.

۵- تفاوت بین استفاده از ماهیت ریاضی در فیزیک و ریاضیات و اهمیت محیط مناسب در یادگیری علوم و ریاضیات^{۱۱}

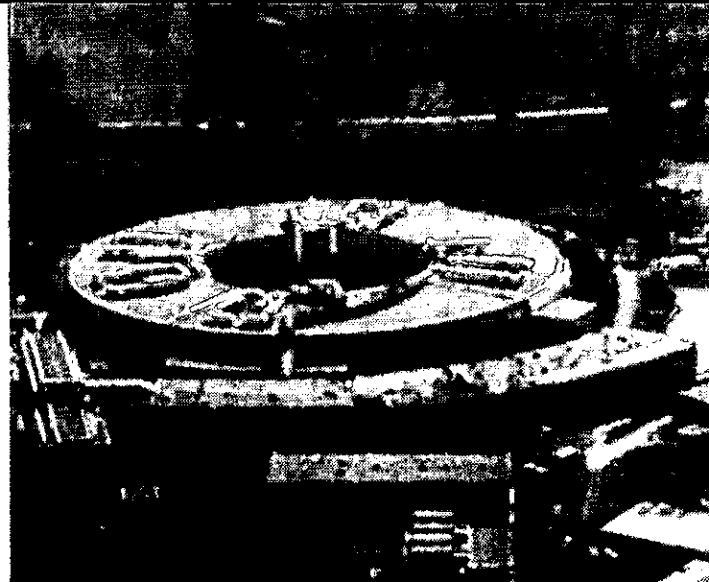
ارایه دهندگان: تون الیمیجر و آندره هک

از یک محیط مناسب برای آموزش ریاضیات و علوم انتظار می رود که دانش آموزان و معلمان بتوانند:

- از ابزارهای مختلف برای بیان مفاهیم علوم و ریاضیات به طور واقعی استفاده کنند.

- به بررسی مفاهیم از وجوه مختلف بپردازند.

- از علل استفاده از ابزار و روش خاصی در بررسی یک مفهوم آگاهی یابند. در این سخنرانی تفاوت های بین استفاده از توابع و متغیرها در ریاضی و فیزیک بحث گردید. همچنین به اهمیت محیط مناسب در یادگیری علوم و ریاضیات نیز پرداخته شد.





۶ - یک چارچوب عملی برای کار آزمایشگاهی^{۱۲}

ارایه دهنده: مایلده ویسن تینی
در این سخنرانی یک چارچوب عملی برای کارهای آزمایشگاهی که از فعالیت‌های دانشمندان به دست آمده است، ارائه گردید تا معلمان و مربیان آموزشی بتوانند از آنها در ارزشیابی از فعالیت‌های تجربی دانش آموز استفاده کنند.

به جهت پیچیدگی موضوع، این سخنرانی از سه زاویه، این مهم را مورد بررسی قرار داد و جنبه‌های مختلف مسئله را در نظر گرفت.

سازماندهی و گسترش دانش علمی، تجربه و آزمایش، ساختار دانش علمی، سه وجهی هستند که با توجه به آنها به بررسی موضوع پرداخته شد. در پایان، هر سه وجه با یکدیگر مقایسه گردید.

۷ - آیا تفکر منطقی در همه‌ی شرایط سودمند است؟^{۱۳} ارایه دهنده: ستا آبک

به اعتقاد بسیاری از دانش آموزان، روابط ریاضی در فیزیک، با زندگی روزمره ارتباطی ندارد و صرفاً مربوط به مدرسه است.

به همین جهت یکی از هدف‌های مهم آموزش علوم به خصوص فیزیک ارتقاء دانش و بینش دانش آموزان است به طوری که با کسب مهارت‌های مختلف بتواند پدیده‌های مختلفی را که در زندگی روزمره با آنها مواجه‌اند با دانسته‌های خود توجیه کنند و دانسته‌های خود را به گونه‌ای در زندگی روزمره به کار گیرند.

در تدریس سنتی فیزیک، بیشتر تکیه بر حفظ تعاریف، مفاهیم و روابط ریاضی است. اما آنچه به صورت یک پرسش جدی مطرح است این موضوع مهم است که کمتر فیزیکدان‌ها از خود می‌پرسند که آیا افراد عادی نیز قادر به درک روابط متنوع ریاضی در فیزیک هستند. و یا چگونه دانش آموزان می‌توانند قوانین مختلف را با زندگی روزمره‌ی خود مرتبط سازند. در سال ۱۹۶۹ اریک راجرز پیشنهاد کرد اگر معلمان تعاریف مرسوم قانونهای نیوتون را به دانش آموزان ارایه دهند و از آنها توضیح بخواهند، معلمان از جواب‌های مختلف دانش آموزان متعجب خواهند شد.

تحلیل عملکرد دانش آموزانی که در اسلورونی رشته فیزیک را به عنوان رشته اصلی خود انتخاب کرده‌اند و با استفاده از ابزارهای ریاضی موفق به حل مسائل مختلفی شده‌اند، نشان می‌دهد که این دانش آموزان به ندرت توانسته‌اند به پرسشهای ساده‌تر پاسخ دهند. به عنوان مثال دانش آموزان مذکور به راحتی توانسته‌اند دوره‌ی تناوب و سرعت گردش ماهواره را به دور زمین به دست آورند، ولی در پاسخ به این پرسش مفهومی که چرا ماهواره به طرف زمین سقوط نمی‌کند؟ عاجزند!

بنابراین مشاهده می‌شود که میان روابط ریاضی فیزیک و درک مفهومی یک پدیده فاصله‌ی بسیار زیادی وجود دارد. در کشور اسلورونی از حدود چهار دهه‌ی قبل با شناسایی این مشکلات، کوشش‌های زیادی در جهت تغییر رویکردهای آموزش فیزیک و تمرکز بر روی درک مفهوم یک پدیده به جای روابط ریاضی حاکم بر آن انجام شده است. اما سؤال مهمی که اکنون مطرح است این است که چرا در طی این ۴۰ سال شرایط به طور چشمگیری تغییر نکرده است؟ هرچند روش‌ها و رویکردهای جدید تا حدود زیادی نتیجه بخش بوده‌اند اما این روش‌ها در موارد بسیار محدود و صرفاً توسط مریبان علاقمند بکار برده شده‌اند. برای بسیاری از معلمان و دانش آموزان، روشهای سنتی تدریس هنوز آسانترین راه برای رسیدن به هدف، یعنی گرفتن مدرک می‌باشد. از آنجائیکه تعداد دانش آموزان افزایش یافته و معلمان نیز ناگزیر به تدریس کلیه سرفصل‌ها در یک زمان مشخصی هستند، بنابراین فرصت کمتری برای مباحثه که تنها راه درک مطلب است، باقی می‌ماند.

در اسلورونی، تمام مسائل مطرح شده در امتحانات بسیار

مهم تلقی می‌شوند، در صورتی که تنها پانزده درصد دانش‌آموزان درس فیزیک را به عنوان رشته‌ی اصلی خود انتخاب می‌کنند.

تغییر در روش‌های تدریس فیزیک صرفاً یک مسئله آموزشی نیست، بلکه از نظر روانشناسی و اجتماعی نیز مهم است. شیوه‌های مستهجن و ارزش‌یابی کم‌کم شایستگی هر عرصه بهتر فیزیک فراهم می‌کند. به طوری که شاید بتوان گفت ارزشیابی یکی از مهمترین ارکان در آموزش محسوب می‌شود. همچنین وجود یک معلم خوب نیز عامل بسیار مهمی در ارتقاء وضعیت دانش و بینش دانش‌آموزان نسبت به فیزیک است.

از آنجایی که در بسیاری از کشورها معلم مجرب به اندازه‌ی کافی وجود ندارد، ضرورت دارد در مراکز آموزش معلمان، کارگاه‌هایی تشکیل شود تا معلمان در ضمن آن به بحث، تبادل اندیشه و تجربه بپردازند و موجبات ارتقاء وضعیت خود را فراهم سازند.

۸- دلایل منطقی مکانیک کوانتومی: چگونه می‌توانیم آن را عینی کنیم؟^{۱۱}

ارایه‌دهنده: دین زولمان

در این سخنرانی به بررسی روش‌هایی پرداخته شد که مکانیک کوانتوم را برای دانش‌آموزانی که توانایی‌های نسبتاً زیادی دارند قابل دسترسی و استفاده نماید. زیرا دانش‌آموزانی که مهارت‌های لازم را دارا هستند، بیشتر به ذات انتزاعی آن توجه دارند و کمتر به معنی و مفهوم آن توجه می‌کنند. فعالیت‌های پیشنهادی و آموزش مناسب دانش‌آموزان، سبب می‌شود تا آنان بتوانند با بهره‌گیری از مهارت استدلال، به درک جنبه‌های مختلف مکانیک کوانتوم بپردازند.

کارگاه‌های آموزشی

کارگاه‌های آموزشی یکی از بخش‌های مهم و اصلی سمینار بود که نتایج بسیار حائز اهمیتی را به دنبال داشت. در این کارگاه‌ها که از قبل موضوع آنها مشخص شده بود، هر شرکت‌کننده با توجه به علاقه و زمینه پژوهشی خود در یکی از آن‌ها شرکت می‌کرد. برای هر کارگاه سرپرستی در نظر گرفته شده بود که در زمینه‌ی موضوع کارگاه از تخصص کافی برخوردار بود. نقش سرپرست، ساماندهی بحث‌ها و در نهایت نتیجه‌گیری از پیشنهادها شده بود. همچنین در

▶ در حاشیه سمینار، بازدید از مرکز بین‌المللی عبدالسلام برای فیزیک نظری به عمل آمد. در این بازدید با آقای دکتر سیف‌اله رنجبر که یکی از فیزیکدانان برجسته در سطح جهان هستند، گفتگویی به عمل آمد. ایشان از سال ۱۹۸۱ در این مرکز مشغول به فعالیت بوده و در زمینه نظریه ریسمانها صاحب نظریه‌های معتبری هستند.





▲ به ترتیب از چپ به راست: آقایان دکتر سیف‌اله رنجبر، حسن علیایی، روح‌اله خلیلی، احمد احمدی

گروهی که از ایران در این سمینار شرکت کرده بود، هر کدام در یکی از کارگاه‌ها شرکت کردند. در ادامه به معرفی هر کارگاه خواهیم پرداخت.

کارگاه‌های آموزشی

۱- اثر متقابل نظریه و آزمایش^{۱۵}

ارایه‌دهنده گان: آن‌ده آمروسیس و جی سفینارنیادو
در این کارگاه به بحث در مورد چگونگی استفاده از اثر متقابل نظریه و آزمایش پرداخته شد به طوری که راهکارهای مناسب برای اینکه فیزیک را برای طیف وسیعی از دانش‌آموزان- از ابتدایی تا دبیرستان- قابل دسترسی و جالب توجه کنیم، مطرح گردید. همچنین در این کارگاه حول مباحث زیر نیز بحث شد:

- ایجاد نگرش مثبت در جوانان نسبت به علم فیزیک.
- نزدیکی زبان فیزیک با زبان روزمره.
- ارتباط میان ریاضیات و فیزیک.

روز ارائه گزارش کارگاه‌ها، سرپرستان هر کارگاه، باید گزارشی از نتایج بحث‌های انجام شده را ارائه می‌دادند. بحث‌های انجام شده در هر کارگاه حول چهار محور زیر بود:
۱- در ابتدا هر شرکت‌کننده نظرات و عقاید اولیه‌ی خود را به صورت کلی در خصوص موضوع مطرح شده ارائه می‌کرد.
۲- در این مرحله با گروه‌بندی اعضای شرکت‌کننده در کارگاه، نظرات هر گروه حول موضوع به بحث و تبادل نظر می‌پرداختند.

۳- هر گروه با بحث پیرامون جنبه‌های خاص و پراهمیت موضوع، بینش و نگرش عمیق‌تری نسبت به آن به دست می‌آورد.
۴- هر گروه باید نتیجه‌ای از بحث‌های انجام شده را به سرپرست کارگاه ارائه می‌داد.

موارد ۱ و ۲ در اولین بعدازظهر و موارد ۳ و ۴ در دومین بعدازظهری که به کارگاه‌ها اختصاص یافته بود، انجام گردید. به جهت اهمیت بحث‌هایی که در کارگاه‌ها انجام می‌شد، و به جهت بهره‌گیری بیشتر از نتایج سمینار اعضای



- تا چه حد مرتبط کردن تئوری با آزمایش های ساده ی فیزیکی که در زندگی روزمره انجام می دهیم ، امکان پذیر است؟
- آیا انجام آزمایش هایی که جنبه تاریخی دارند ، برای درک بهتر مفاهیم خاص فیزیک سودمندند؟
- آیا آزمایش های ساده ای وجود دارد که نشان دهد قوانین فیزیکی برای کمک به ایجاد یک نگرش مثبت نسبت به فیزیک و زندگی روزمره سودمند است؟
- آیا می توان از رایانه به عنوان یک آزمایشگاه استفاده کرد؟ چگونه این موضوع به درک بهتر ما از فیزیک کمک می کند؟
- هریک از مباحث بالا در هر گروه مورد بحث و بررسی قرار گرفت و نتیجه آن در حضور سرپرست کارگاه برای دیگر گروه ها تشریح گردید.

۲- آموزش فیزیک به روش ساختن مدل^{۱۶}
 ارایه دهند: آر . ام اسپراندو . مینو
 اخیراً در کمیته ی آموزش علوم ایتالیا ، تمایل زیادی نسبت به ترویج استدلال بر مبنای مدل در تمامی سطوح مدرسه پیدا شده است . به علاوه پیرو گزارشات پروژه های تحقیقاتی در زمینه ی تغییر آموزش علوم ، توصیه ی اکیدی مبنی بر استفاده از مدل در آموزش علوم شده است .

مدل سازی به معنای روند ساخت و استفاده از مدل ها است . آموزش از طریق مدل سازی به دانش آموزان می آموزد که چگونه به تجربیات فیزیکی خود معنا دهند و چگونه داده های دریافت شده را پردازش و ارزیابی کنند . بسیاری از انسان ها از مدل ها برای مقاصد مختلفی استفاده می کنند . زیرا بدین طریق می توانند به تجربیاتشان معنا ببخشند .
 به منظور درک بهتر و ارایه ی تعریف جامعی از مدل ، نیاز به مرزبندی زمینه های تجربی مورد علاقه ی خود داریم . در تحقیقات علمی ، عموماً مدل به عنوان بیان ساده شده ای از سیستم های واقعی در نظر گرفته می شود . بنابراین مدل تلویحاً نشان دهنده ی بیان یک واقعیت بوده ، اما اغلب به شکل ساده تری است که با خود نظم و ساختاری را به همراه دارد . مدل ها معمولاً به چهار صورت موضوعی ، تجسمی ،

شفاهی و نمادین ارایه می شوند . استفاده از هر روش ، توانایی های نمایشی آن مدل را مشخص کرده و تعریف خاصی از آن ارایه می دهد .

آیا مدل سازی به فیزیک مربوط می شود؟ و به آموزش فیزیک کمک می کند؟

عموماً بر این باورند که هدف کلی علم فیزیک تفسیر و تعبیر پدیده های دنیای پیرامون است . تفسیر و تعبیر مدل ها باعث درک دنیای فیزیک می شود . مدل ، تقلید از یک پدیده نیست ، بلکه فقط تعدادی از ویژگی های واقعی آن را نمایش می دهد .

تحقیقات بسیاری در زمینه نسبت میان مدل و آموزش فیزیک انجام شده و نتیجه بیشتر این تحقیقات نشان داده

است که روش مدل سازی روش مناسبی برای نظم بخشیدن و مرتبط ساختن موضوع با دنیای واقعی دانش آموز در فرایند یاددهی-یادگیری است.

شکل زیر (پیکان دوسر)، دو راه ممکن برای چگونگی آموزش فیزیک را نشان می دهد.

چارچوب نظری

اصول منطقی
مدلهای توضیحی
قوانین تجربی
مشاهدات

چارچوب تجربی

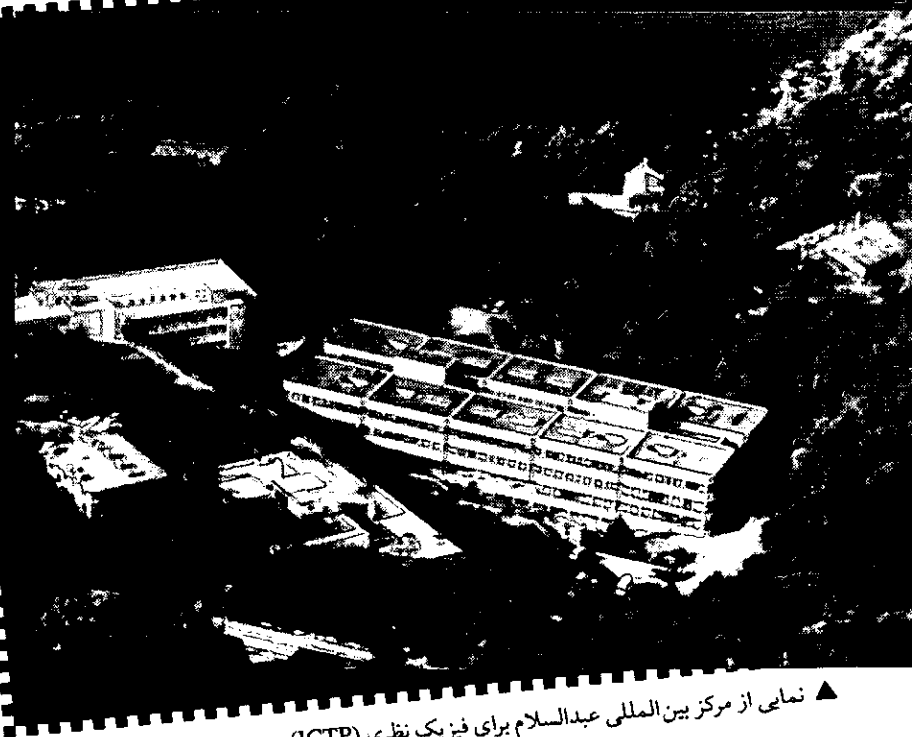
آموزش فیزیک اولاً، به عنوان یک فرایند استدلال قیاسی^{۱۷} (شامل اصول کلی و پیش بینی های تجربی خاص) است، ثانیاً

به عنوان یک فرایند ساخت دانش علمی توسط مدل (که شامل تمامی سطوح انتزاعی فیزیک می شود)، مبتنی بر تجربیات ماست. رهیافت نخست معمولاً در تدریس سنتی استفاده می شود. بدین صورت که تمامی مباحث و مفاهیم خاص (که قبلاً فرمول بندی شده و یا به راحتی قابل تبدیل به فرمول هستند) در ابتدا به صورت رابطه ارائه می شوند و سپس با پدیده های موجود در دنیای واقعی مقایسه می شوند. برعکس، روش مدل سازی بر روی دنیای واقعی تمرکز می کند، یعنی جایی که دانش آموزان زندگی می کنند و تجربیات آن ها نقطه ی شروع شکل دهی دانش علمی، در نظر گرفته می شود. این روش، مسائل مختلفی در فرایند یاددهی-یادگیری دربردارد که نیاز به بحث و تحقیق دارد.

مدل های علمی و دیدگاه های شخصی

مدل های علمی معمولاً از مدل هایی که دانش آموزان معمولاً در ذهن خود پرورش می دهند، متفاوت هستند. به همین جهت برای کم کردن این فاصله لازم است در مدل های علمی یک سری تغییراتی ایجاد شود و در نتیجه سازگاری دانش آموزان با مدل های علمی به تدریج به وجود خواهد آمد. این روش تلویحاً بیان

می کند که در آموزش مفاهیم فیزیک صرفاً و اساساً نباید به علم فیزیک تکیه کرد بلکه می بایست نکات آموزشی و نظریات دانش آموزان را در نظر گرفت. نتایج برخی مطالعات نشان می دهند که یک مفهوم خاص فیزیک تنها از یک طریق قابل آرایه نیست، بلکه برحسب موقعیت های مختلف می توان مفاهیم دیگری را نیز با آن بیان کرد.



▲ نمایی از مرکز بین المللی عبدالسلام برای فیزیک نظری (ICTP)

ساخته می‌شوند، استفاده می‌کنند. استدلال علمی نه تنها مشاهدات و تفسیر مطالب را شامل می‌شود، بلکه استدلال براساس مدل‌های تبیینی را نیز دربرمی‌گیرد. و از آنجایی که این نوع مدل‌ها قابل مشاهده نیستند، در نتیجه ماهیت و ساختار آنها از طریق مقایسه کردن مشاهدات و یا فعالیت‌های آزمایشگاهی نیز قابل دسترسی نیست. هرچند آزمایش‌هایی می‌تواند انجام شود که به منزله‌ی فعالیت‌هایی برای تفسیر و سنجش مدل‌های تبیینی به حساب آیند.

مدل‌سازی و ابزارهای آموزشی^{۱۹}

به منظور ترویج واقعی علوم در تمامی مقاطع تحصیلی، لازم است روش‌هایی برای رواج مدل‌سازی و انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی بیابیم. روشن است که استفاده از فناوری و آزمایشگاه‌های مجازی کامپیوتری نتایج مطلوبی را در پی داشته و موجب افزایش علاقه‌ی دانش‌آموزان در یادگیری شده است.

در ضمن کامپیوترها می‌توانند نقش مطلوبی در کمک به دانش‌آموزان برای فراگیری مدل‌سازی و آزمایش آنها ایفاء کنند. فناوری اطلاعاتی می‌تواند به استفاده، سازماندهی و ساخت مدل‌هایی که براساس دانش (عمومی و یا علمی) ساخته می‌شوند، کمک مؤثری کند.

- این کمک می‌تواند به صورت‌های زیر تعبیر شود
- تجسم، ساختار مدل‌ها و سنجش آنها را میسر می‌سازد.
 - مشخص کردن مدل‌هایی که فیزیک را قابل دسترسی می‌کند.
 - تمرکز بر روی استدلال کیفی مدل‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد.

۳- مدل‌سازی برای دانش‌آموزان نوجوان^{۲۰}

ارایه‌دهنده: یان لارنس
در انگلیس، مدل‌سازی در بسیاری از سطوح دبیرستانی و مقاطع لیسانس عمیقاً ریشه کرده است. مدل‌هایی که در اینجا ساخته می‌شوند، عموماً مبتنی بر داده‌ها است. همچنین در این مدل‌ها استفاده نسبتاً زیادی از ریاضی می‌شود. در این کارگاه درخصوص امکان استفاده از رایانه و ابزارهای دیگری که در انجام مراحل مدل‌سازی برای گروه‌های سنی دبیرستان



در ضمن نظرات و مدل‌هایی که دانش‌آموزان در ذهن خود دارند، بر تفسیر آنها نسبت به هریک از مفاهیم تأثیر می‌گذارد.

به هر حال، بسیاری از مسائل آموزشی نیاز به درک عمیقی دارند و در این زمینه سؤال‌های بسیاری مطرح است. بازسازی مفاهیم فیزیک چه مشکلات آموزشی را دربردارد؟ آیا این مشکلات صرفاً به سطوح مدرسه مرتبط می‌شود؟ رایانه‌ها چگونه در ساخت مدل‌های موردنظر، دانش‌آموزان را یاری می‌دهند؟ رایانه‌ها با به تصویر کشیدن مدل‌های مختلف چه نقشی در یادگیری دانش‌آموزان ایفا می‌کنند؟

قوانین تجربی و مدل‌های تبیینی^{۱۸}

بسیاری از روش‌های نوین برای آموزش فیزیک مهم‌ترین هدف خود را آگاه ساختن دانش‌آموزان از روش‌های علمی دانسته و از مدل‌هایی که براساس اطلاعات به دست آمده

مناسب است، به بحث پرداخته شد.

۴- اسباب بازی‌ها برای یادگیری فیزیک^{۲۱}

ارایه دهنده: کریستین یوکه

در سمینار بحث زیادی درخصوص جنبه‌های کمی، کیفی و نظم درونی اسباب بازی‌ها شد. در اولین گام شرکت‌کنندگان به توصیف تجارب شخصی خود پرداختند.

نقش مؤسسه‌های مختلف از قبیل مدرسه‌ها، موزه‌ها، نمایشگاه‌ها، فروشگاه‌های لوازم آزمایشگاهی و غیره را در فرایند یاددهی یادگیری فیزیک مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این کارگاه شرکت‌کنندگان با آوردن اسباب بازی‌های مختلف، کاتولوگ‌ها و کتاب‌های مختلفی به بررسی پیرامون جنبه‌های متفاوت آنها موجبات غنی‌تر شدن کارگاه را فراهم نمودند.

۵- شروع زود هنگام در فهم فیزیک: چرا، چه موقع، چگونه^{۲۲}

ارایه دهنده: پاولو گیودونی

بسیاری از گروه‌های تحقیقاتی بر این باورند که درک پدیده‌های دنیای پیرامون و تعبیر آنها از یک سو از منظر ذهنیات کودکان قابل بحث هستند و از سوی دیگر از منظر قوانین و تجربیات علمی.

در دو دهه‌ی اخیر روش‌های بسیاری درخصوص موضوع تحقیقاتی مذکور به دست آمده است. هدف این کارگاه بیشتر بحث پیرامون نتایج این روش‌ها و تحقیقات بود، به طوری که در پایان توصیه‌ها و پیشنهادهایی جهت رشد و توسعه‌ی دانش فیزیکی دانش‌آموزان ارایه شد.

۶- فناوری‌های جدید و رایانه در یادگیری فیزیک^{۲۳}

ارایه دهنده: لارنس دوگرس

در این کارگاه روش‌های استفاده از فناوری‌های جدید در آموزش فیزیک در کشورهای مختلف با یکدیگر مقایسه شد. همچنین به نقش مهم مهارت‌های آموزشی معلمان و تأثیر مثبت آنها بر یادگیری دانش‌آموزان تأکید گردید. شرکت‌کنندگان

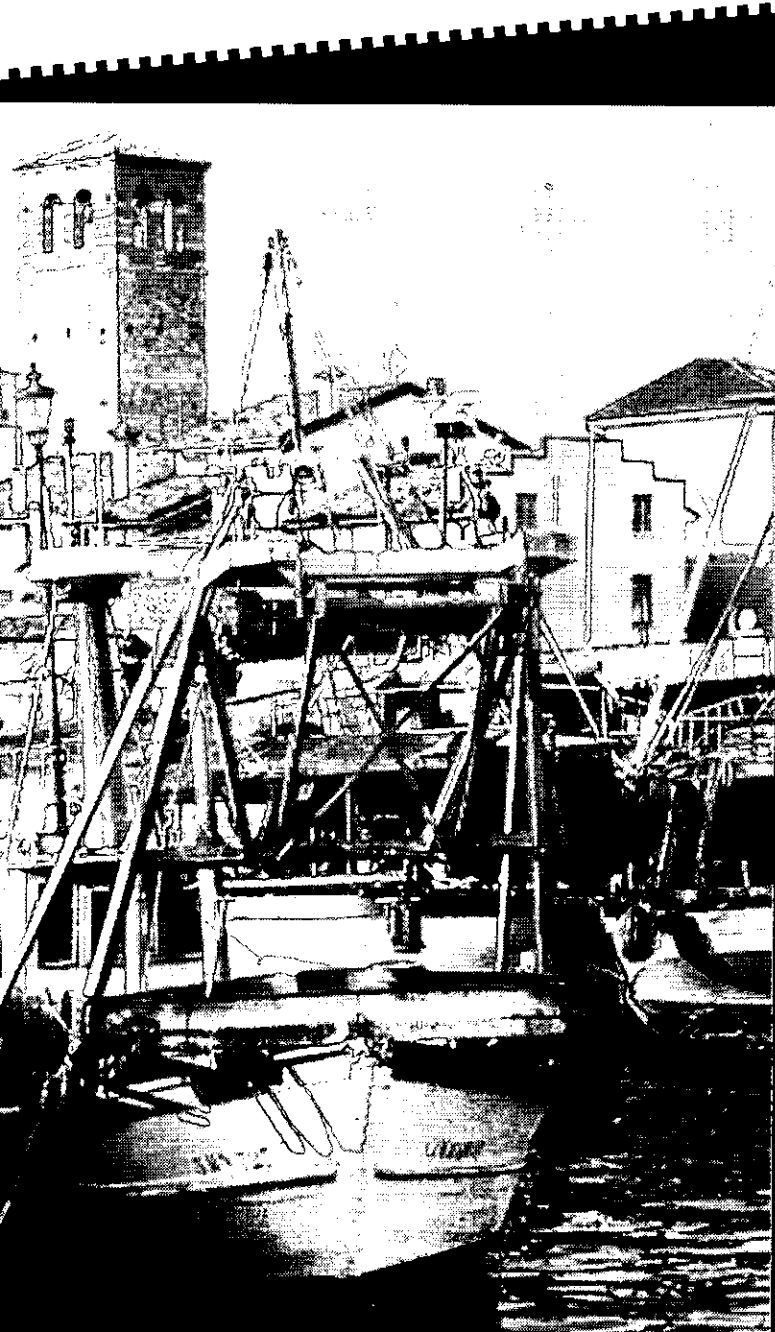
در این کارگاه با اظهارنظر در مورد موضوع به بیان دیدگاه‌های خود و به بحث و تبادل نظر پیرامون سؤال‌های زیر پرداختند.

● چگونه معلمان از فناوری‌های جدید در آموزش فیزیک استفاده کنند؟

● چگونه با استفاده از فناوری‌های جدید، می‌توانیم بهتر به اهداف آموزشی نائل شویم؟

● دانش‌آموزان چگونه از فناوری‌های جدید در یادگیری فیزیک استفاده کنند؟

● تأثیر فناوری‌های جدید بر فرآیند یاددهی-یادگیری به چه صورت است؟



TWEEN THEORY AND EXPERIMENTS

Christian Ucke, Physics Department E 20, Technical University Munich, 85747 Munich, Germany

10. REAL-TIME APPROACHES IN THE DEVELOPMENT OF FORMAL THINKING IN PHYSICS Elena Sassi, Dipartimento Scienze Fisiche, Università "Federico II" Napoli, Italy

11. DIFFERENCES BETWEEN THE USE OF MATHEMATICAL ENTITIES IN MATHEMATICS AND PHYSICS AND THE CONSEQUENCES FOR AN INTEGRATED MATH AND SCIENCE LEARNING ENVIRONMENT

Ton Ellermeijer and Andre Heck, AMSTEL Institute, University of Amsterdam, (ellermei@science.uva.nl)

12. AN EPISTEMOLOGICAL FRAMEWORK FOR LABORATORY WORK

Matiilde Vicentini Dept. of Physics-Univ. "La Sapienza"-Rome, Italy

13. IS FORMAL THINKING HELPFUL IN EVERYDAY SITUATIONS?

Seta Oblak, Ljubljana, Slovenia

14. THE FORMAL REASONING OF QUANTUM MECHANICS: CAN WE MAKE IT CONCRETE? SHOULD WE?

Dean Zollmann, Kansas State University, US

15. INTERPLAY OF THEORY AND EXPERIMENT

Anna De Ambrosis, Physics Department, University of Pavia, Italy,

Giuseppina Rinaudo, Department of Experimental Physics, University of Torino, Italy

16. LEARNING PHYSICS VIA MODEL CONSTRUCTION

R.M. Sperandeo- Mineo Department of Physical and Astronomical Sciences, Università di Palermo, Italy

17. Deductive reasoning

18. Empirical laws and explanatory models

19. Modelling and Pedagogical tools

20. MODELLING FOR YOUNGER LEARNERS

Ian Lawrence, School of Education, The University of Birmingham, UK

21. TOYS FOR LEARNING PHYSICS

Christian Ucke, Germany

22. EARLY START IN PHYSICS' UNDERSTANDING: WHY, WHEN, HOW A TWO-SESSIONS WORKSHOP ABOUT EARLY UNDERSTANDING OF PHYSICAL WAYS-TO-LOOK-AT

WORLD'S PHENOMENA AND INTERPRETATIONS Paolo Guidoni Dipartimento di Scienze Fisiche, Università di Napoli Federico II

(P. guidoni @ quipo. it, guidoni @ na. infn. it)

23. NEW TECHNOLOGY AND COMPUTERS IN PHYSICS LEARNING

Laurence Rogers, School of education, University of Leicester, UK

New technology and computers in physics learning

24. TEXTBOOKS AS AN IMAGE OF PHILOSOPHY OF TEACHING

Zofia Golab- Meyer, Institute of physics Department, Jagellonian University

25. Millenia

۷- کتاب های درسی به منزله تجسمی از فلسفه آموزش^{۲۲}

ارابه دهنده: زوفیا گلاب- میسر

نگاهی به کتاب درسی- میلیتیا^{۲۳} فرصت مناسبی برای تأمل بر روی تغییرات به وجود آمده در آموزش فیزیک و روش های جدید موجود در آن می باشد.

با بررسی کتاب های درسی به این نتیجه می رسیم که چگونه می توان هدف ها را در داخل فعالیت ها، تمرین ها و مباحث مختلف دنبال کرد. ارتباط موضوع با زندگی روزمره یک واژه ی کلیدی در آموزش فیزیک است و به جای استفاده از زبان محض علمی، استفاده از زبانی که دانش آموز در زندگی روزمره از آن استفاده می کند، توصیه می شود.

همانطور که بیشتر ما می دانیم، روش آموزش به طریق سستی به جز در موارد خاص با شکست مواجه شده و روش ها و ایده های جدید جایگزین آنها شده و در این کارگاه کتاب های درسی جدید از نقطه نظرات زیر مورد بررسی قرار گرفت

● روش های جدید در آموزش فیزیک چگونه در کتاب های درسی منعکس می شود؟

● مخاطب اصلی کتاب های درسی چه کسی است؟ دانش آموزان یا معلمان؟

● آیا نظرات و عقاید دانش آموزان برای ما شناخته شده است؟

● آیا فرصت مناسب برای رسیدن به اهداف جدید آموزش فیزیک در اختیار داریم؟

● آیا فرصتی برای برآورده کردن انتظارات اجتماعی وجود دارد؟

زیر نویس ها :

1. Developing Formal Thinking in Physics

2. Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique (GIREP)

3. Udine

4. General Talks (GT)

5. Workshops

6. IMAGERY AND FORMAL THINKING: FROM THINGS TO PROCESSES AND BACK AGAIN

Manfred Euler, IPN-Institute for Science Education at the

University of Kiel

Olshausenstr. 62 24098 Kiel, Germany (euler@ipn.uni-kiel.de)

7. PHYSICS CURRICULUM REFORM: HOW CAN WE DO IT?

Robert G. Fuller, Department of Physics and Astronomy, University of Nebraska-Lincoln, US

8. Robert karplus

9. JUMPING TOYS: A TOPIC FOR INTERPLAY BE-



آشوب

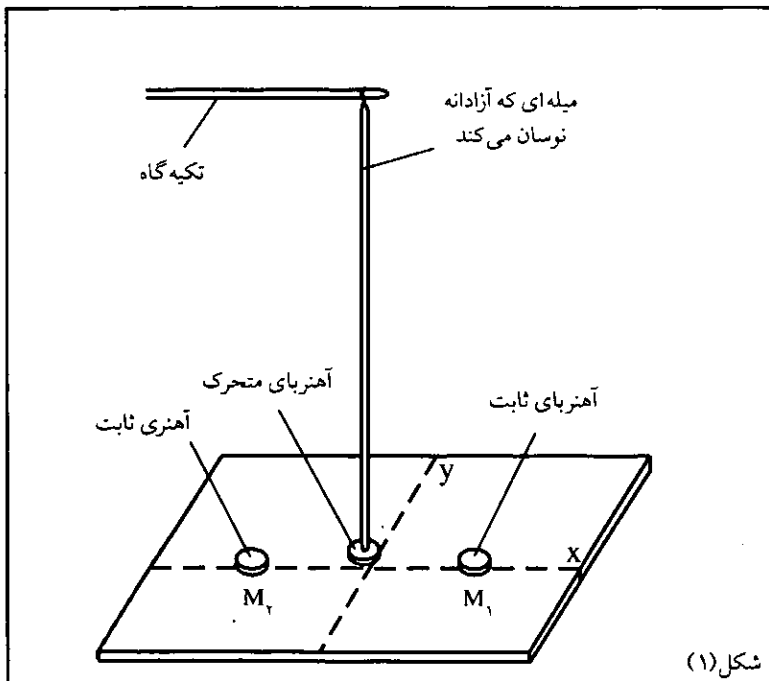
مترجم: احمد توحیدی

برخی آشوب را پس از نسبیت و فیزیک کوانتومی سومین انقلاب فیزیک در سده بیستم نامیده‌اند. نمونه‌هایی از پدیده‌ی آشوب، در سیستم‌ها و موقعیت‌های بی‌شماری مشاهده شده است. آشوب چیست و چه پیامدهایی دارد؟

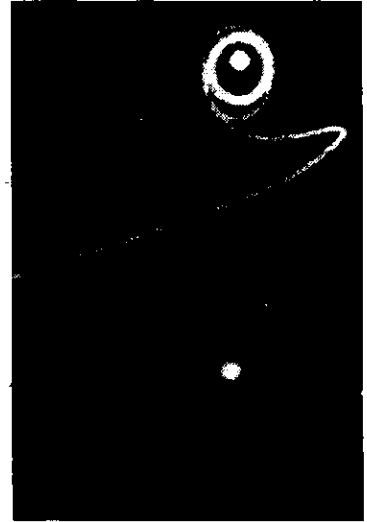
کشیده‌ایم و با رها کردن، آن را به حرکت درآورده‌ایم. حرکت آونگ بسیار پیچیده است زیرا نیروی مغناطیسی شدیداً به مکان‌های نسبی هریک از آهنرباها بستگی دارد. به علت میرایی، سیستم انرژی مکانیکی خود را از دست می‌دهد، در نتیجه در یکی از وضعیت‌های تعادلی خود متوقف می‌شود. یک طرح ممکن برای مسیر حرکت نوک آونگ در شکل (۲-الف) رسم شده است. در این مورد آونگ نزدیک آهنربای M_1 متوقف می‌شود. اگر آونگ از نقطه‌ی دیگری شروع به حرکت

مثالی از آشوب

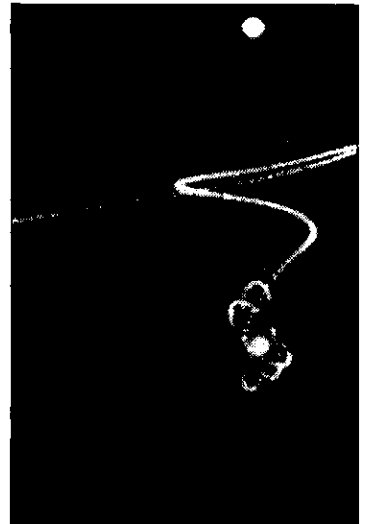
شکل (۱) سیستم ساده‌ای را نشان می‌دهد که می‌تواند آشوب را به نمایش بگذارد. در انتهای میله‌ی باریکی یک آهنربا به شکل واشر نصب شده است. این مجموعه می‌تواند مانند یک آونگ نوسان کند. دو آهنربای دیگر به طور ثابت در یک صفحه‌ی افقی زیر آونگ نوسان‌کننده قرار گرفته‌اند. آهنرباها طوری قرار گرفته‌اند که هرکدام می‌توانند آهنربای انتهایی میله را جذب کنند و تنها دو حالت تعادل پایدار برای این سیستم وجود دارد. آهنربای انتهایی میله می‌تواند فقط در مکانی بالای یکی از آهنرباها به حالت تعادل درآیند. فرض کنید آونگ را به یک طرف



شکل (۱)



▲ شکل ۲-الف



▲ شکل ۲-ب

کند، ممکن است در نزدیک آهنربای M_2 متوقف شود که طرح واره‌ی آن در شکل (۲-ب) نشان داده شده است.

تا اینجا، هیچ چیز تعجب‌آوری در مورد این سیستم وجود ندارد. پس آشوب از کجاست؟

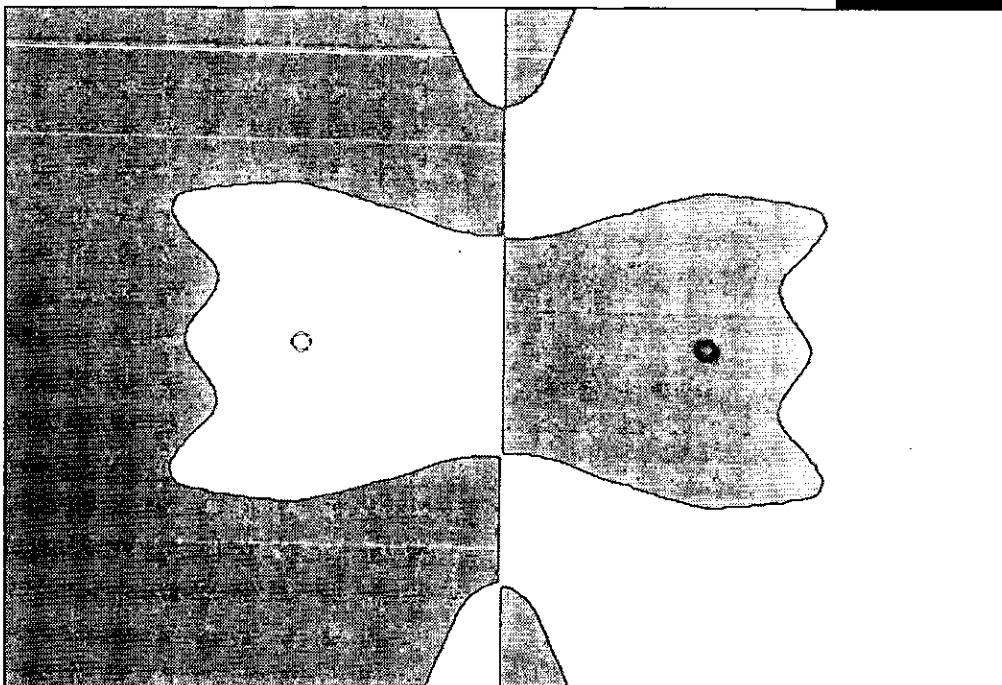
به طور کلی همیشه سیستم در یکی از دو وضعیت تعادل متوقف می‌شود. اما کدامیک؟ واضح است که این موضوع به چگونگی آغاز حرکت آونگ بستگی دارد. یعنی تابع شرایط اولیه است. فرض کنید که آونگ همیشه از حالت سکون رها شود. بنابراین شرایط اولیه‌ی دیگر با توجه به مکان‌های اولیه آونگ تعیین می‌شوند. آنها می‌توانند با مختصات x و y تصویر نوک آونگ روی صفحه‌ای که شامل آهنرباها است مشخص شوند.

شکل (۳) چگونگی تقسیم قسمتی از صفحه به دو بخش مشخص را نشان می‌دهد. بخش‌های تیره نقاط اولیه‌ی رهایی آونگ را که نقطه توقف آن‌ها بالای آهنربای M_2 است، نشان می‌دهند. یعنی هر رنگ نماینده‌ی «حوضه‌ی - ربایش» برای هر آهنرباست. اگرچه حدود میان‌نواحی تیره

و روشن کاملاً صاف و مشخص به نظر می‌رسد اما منظره‌ی بزرگ شده‌ی حدود، نشان‌دهنده‌ی ساختاری است که آن را «فراکتال - برخال» می‌نامند. هر فراکتال ساختار فوق‌العاده پیچیده‌ای دارد. شکل (۴) نمونه‌ای از ساختار فراکتالی برای سیستم نوسانی دیگری است که برای تشخیص سه حوضه‌ی - ربایش آن از سه رنگ استفاده شده است.

ساختار فراکتالی به وضوح نشان می‌دهد آن نواحی که به طور عمده سفید رنگ به نظر می‌رسند، شامل نقاطی با رنگ‌های دیگر نیز هستند. بزرگنمایی این ناحیه نشان می‌دهد که ساختار همانند ساختار اولیه با دیگر رنگ‌ها مخلوط و پیچ‌وتاب خورده است. این «نخود همانندی» ویژه‌ی یک ساختار فراکتالی است. این پیچیدگی در همه‌ی ترازهای بزرگ‌نمایی ادامه دارد.

اکنون می‌توانیم سرشت آشوب را برای سیستم آهنربای مغناطیسی درک کنیم. جزئی‌ترین تغییر در نقطه اولیه‌ی رها سازی می‌تواند به حالت پایانی بسیار متفاوتی بینجامد و نوک آونگ به جای توقف در بالای M_1 در بالای M_2 قرار گیرد. یک



◀ شکل ۳



شکل ۴

مانند جو زمین، و برهم کنش های جو زمین باخورشید و سطح زمین نیز غیرخطی اند. اگر این سیستم - جو زمین و برهم کنش های آن - یک نظام آشوبناک باشد پیامدهای آن بیش از حد است. یعنی افت وخیز کوچکی شاید سقوط بزرگی از درختی، در پایان نتیجه اش گردباد عظیمی باشد که اگر در آن روز برگ روی درخت بود اتفاق نمی افتاد. پیش بینی دراز مدت وضعیت هوا محال است که در واقع پیش بینی قابل اطمینان متأثر از برهم کنش ما با محیط اطرافمان است

* Chaos

که در آن $\sin\theta$ یک جمله ی غیرخطی است. برای نوسان های کوچک $\sin\theta \approx \theta$ و معادله تقریباً خطی است. اما تقریب بعد $\sin\theta \approx \theta - \frac{\theta^3}{6}$ کاملاً غیرخطی است. در معادله ی قبل I گشتاور لختی آونگی به جرم m است که مرکز جرم آن به فاصله ی l از محور قرارداد، ثابت میرایی و τ اندازه ی بیشینه ی گشتاور خارجی است که با بسامد زاویه ای Ω به طور سینوسی تغییر می کند. برای ترکیب های معینی از ضرایب ثابت میرایی و واداشتگی، آونگ حرکت آشوبناک دارد. یعنی حرکت آن اساساً قابل پیش بینی نیست.

بیشتر سیستم هایی که در دنیای واقعی با آنها مواجه می شویم، غیرخطی اند و تحت شرایط مناسب، پدیده ی آشوب را به نمایش می گذارند. نمونه های دیگر عبارت اند از نوسانگرهای الکتریکی و مکانیکی، جریان شاره ها و سینتیک جمعیت، سیستم های پیچیده ی دیگر،

سیستم مکانیکی که هنوز حرکتش قطعیت دارد زیرا اصولاً می توان با شناخت مکان اولیه ی آن، حرکت را تعیین کرد. اگرچه، در عمل تعیین مکان اولیه ی رها سازی آونگ با دقت کامل و یا پیش بینی اینکه کدامیک از آهنرباها سرانجام، نوک آونگ را می ربایند امکان ندارد.

آشوب و غیرخطی بودن

نوسانگرهایی که معمولاً با آن سروکار داریم نوسانگرهای ساده ی میرایی واداشته اند. همه ی این نوسانگرها خطی اند. یعنی معادله ی حرکت برای یک نوسانگر خطی فقط شامل مختصات x ، سرعت v_x و شتاب a_x از درجه ی اول است. نوسانگرها و سیستم های خطی عرصه کننده ی آشوب نیستند. سیستم هایی که آشوب از خود نشان می دهند، باید غیرخطی باشند. یک آونگ میرایی واداشته نمونه ای از یک نوسانگر غیرخطی است که معادله ی حرکت آن عبارت است از:

$$I\alpha_x = -b\omega_x - mgl \sin\theta + t \cdot \cos\Omega t$$

مرجع: Physics: classical And Modern/ Frederick J. Keller/ W.Edward Gettys/ Malcolm J. Sove/ 1993/ MC Graw-Hill,inc.

پرسش

اگر مولکول‌های آب مثلاً در دمای 25°C تبخیر بشوند، لازم است که مولکول‌ها نوعاً معادل همان انرژی جنبشی مولکول‌های آب در دمای 100°C را دارا باشند. می‌دانیم که به علت توزیع سرعت مولکول‌ها، بعضی از آنها برای ترک مایع انرژی کافی دارند. اما چرا سرانجام همه مولکول‌ها تبخیر می‌شوند؟

پاسخ

واقعاً آب یک بشقاب در دمای معمولی کاملاً تبخیر و در شرایط عادی به شکل بخار در می‌آید، مولکول‌های تبخیر شده آنهایی هستند که در سطح مایع واقعند و انرژی جنبشی کافی برای غلبه بر نیروی ربایشی و اندروالسی مولکول‌های مجاور خود در مایع را دارند. حرکت مولکولی حاصل برخورد کاتوره‌ای مولکول‌ها است. در این برخوردها بعضی از آنها سرعت‌هایی معادل سرعت مولکول‌ها در دماهای آبر گرم به دست می‌آورند و بعضی دیگر چنان به حد توقف می‌رسند که انرژی جنبشی آنها معادل سرعت مولکول‌های نزدیک به دمای صفر مطلق است. به علت اینکه برخوردها پیوسته باز توزیع می‌شود، ممکن است مولکول‌هایی با حداکثر انرژی در یک لحظه، در لحظه دیگر حداقل انرژی را به دست آورند.

در شکل زیر توزیع انرژی جنبشی مولکول‌ها در دمای ویژه نشان داده شده است. محور γ ها تعداد مولکول‌ها در واحد انرژی $n(E)$ و محور X ها انرژی جنبشی مولکول‌ها را بر حسب KT نشان می‌دهند. انرژی جنبشی متوسط مولکول‌ها $(\frac{2}{3}KT)$ در این گستره پهن از انرژی دمای آب را معین می‌کند. سرعت متوسط مولکول‌ها در دمای 25°C به حدی نیست که با این مقدار انرژی جنبشی، مولکول‌ها بتوانند سطح مایع را ترک کنند. زیرا تحرک مولکول‌ها با این مقدار انرژی جنبشی در مقایسه با انرژی جنبشی آنها در دمای 100°C

چگونه همه

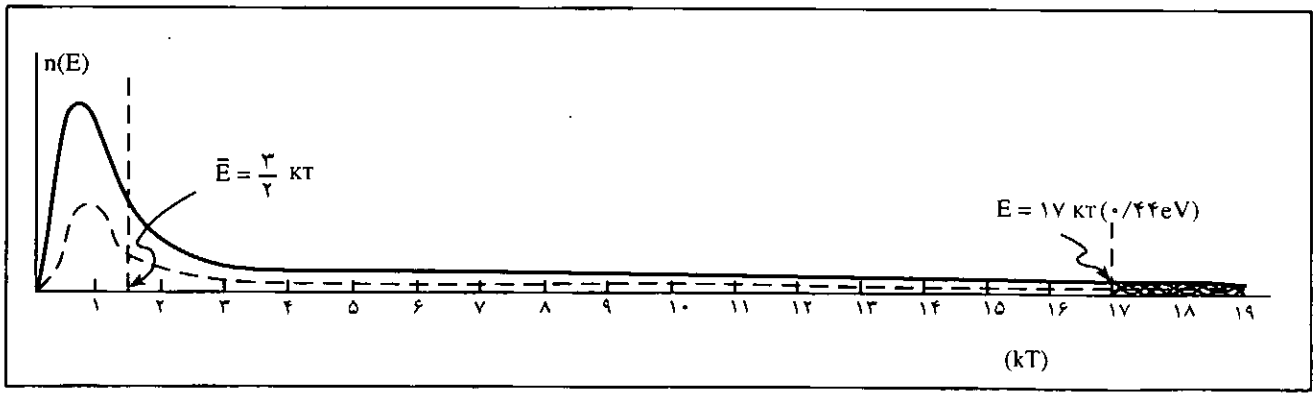
آب

تبخیر

می‌شود؟

مترجم: احمد توحیدی

۶۶



بسیار کم است. آن دسته از مولکول‌ها می‌توانند تبخیر شوند که انرژی جنبشی آنها متناظر با دمای بالاتر از 340 K باشد! چرا؟ زیرا مولکول‌ها باید بر «تابع تبخیری» بالای آب غلبه کنند. گرمای ویژه نهان تبخیر آب در دمای 100°C برابر با $10^5 \times 22/6$ ژول بر کیلوگرم (540 کالری بر گرم) و در دمای 25°C کمی از این مقدار بیشتر است. این مقدار در دماهای بالا در حدود $0/4 \text{ eV}$ برای هر مولکول آب و برای آب در دمای 25°C کمی بیش از 1 VKT است که این مقدار در انتهای منحنی توزیع انرژی قرار دارد. بنابراین، تنها تعداد بسیار کمی از مولکول‌ها که دارای انرژی بیش از 1 VKT هستند می‌توانند تبخیر شوند. جای هیچ شگفتی نیست که تبخیر بسیار آهسته صورت می‌گیرد.

با ادامه تبخیر، دمای مایع کاهش می‌یابد. زیرا مولکول‌های پر انرژی بخار می‌شوند و مایع را ترک می‌کنند و آنها که باقی می‌مانند انرژی کمی دارد. اگر سرد شدن ادامه پیدا کند، منحنی توزیع انرژی به سوی انرژی‌های کمتر جابه‌جا می‌شود و آهنگ تبخیر هم با همین قیاس کاهش می‌یابد. اما چون بشقاب عایق گرمایی نیست، این اتفاق روی نمی‌دهد. زیرا گرما از محیط به آب کمی سرد شده می‌رسد. بنابراین مولکول‌هایی از توزیع اولیه جای مولکول‌های تبخیر شده را می‌گیرند. در نتیجه اساساً گستره توزیع انرژی در هنگام فرآیند ثابت باقی می‌ماند. منحنی نقطه چین مشخص کننده توزیع مولکول‌ها هنگامی است که نیمی از مقدار آب تبخیر شده است. با کاهش منبع تأمین کننده انرژی برای بقیه مایع تعداد کمی از مولکول‌هایی که انرژی‌های بزرگ‌تر از KT دارند باقی می‌مانند. حتی چند تا مولکول‌های آخری هم به حالت بخار در می‌آیند و انرژی لازم اضافی برای غلبه بر نیروی ربایشی متقابلشان را از محیط تأمین می‌کنند.

آنچه را که ما فرآیند تبخیر می‌نامیم، در واقع اثر خالص دو فرآیند است. در همان زمان که مولکول‌ها از سطح مایع بیرون می‌آیند، دیگر مولکول‌هایی آب که در بخار بالای سطح مایع هستند، به داخل مایع کشیده می‌شوند. این مبادله پیوسته است. هنگامی که آهنگ مولکول‌هایی که از مایع بخار می‌شوند، با آهنگ مولکول‌هایی از بخار که به مایع برمی‌گردند برابر شود، حالت تعادل برقرار می‌شود. اگر چگالی بخار را کم کنیم، میعان کاهش می‌یابد و حالت تعادل از بین می‌رود. اثر خالص این رویداد رفتن مولکول‌های بیشتری از مایع به حالت بخار است. اگر به

منحنی تشکیل بخار، سریعاً برداشته شود به طوری که حالت میعان کاملاً از بین رود، بیشینه آهنگ تبخیر را برای یک دمای ویژه به دست می‌آوریم.

بر پایه نکته‌های بالا است که برای سرد کردن یک فنجان چای، آن را فوت می‌کنیم. با خروج بخار آب از هوای بالای فنجان چای، تبخیر سریع‌تر انجام می‌شود. اگر به فوت کردن ادامه دهیم زمان رسیدن دمای چای به دمای معمولی بسیار کوتاه‌تر می‌شود. اما نمی‌توان این روش را برای سرد کردن چای به طور نامحدود ادامه داد. زیرا گرمای محیط مانع تلاش ما خواهد شد. اما اگر به فوت کردن خود ادامه دهیم چای سریعتر از زمانی که فوت نمی‌کنیم، تبخیر می‌شود.

* How is it that all the water evaporates?

مرجع:
The Physics Teacher, October 1981, P. 492-493

به نام خدا

با سلام خدمت پدیدآورندگان نشریه وزین رشد فیزیک

امیدوارم در راه اعتلای فرهنگ علمی در کشور بیش از پیش موفق باشید. از اینکه مقاله اینجانب تحت عنوان جهان از دیدگاه فیزیک را در شماره‌های قبل به چاپ رساندید، سپاسگزارم. حال به من ثابت شد که نشریه رشد آموزش فیزیک به تمام دبیران و دانش‌پژوهان فیزیک تعلق دارد نه فقط تعداد خاصی که در مرکز هستند یا تعدادی از سفارش‌شدگان، که در هر شماره باید مقاله‌ای (یا ترجمه‌ای) از آنها به چاپ برسد. امیدوارم از انتقاد این برادر حقیر نرنجیده باشید. همراه این نامه مقاله دیگری را برای شما بزرگواران ارسال می‌دارم. امیدوارم لطف شما بازهم شامل حال اینجانب گردد.

با تشکر:

سید محمد سهرابی

دبیر فیزیک زرین شهر اصفهان



تجربه های آموزشی

اسدالله ذکری

اگر دانش آموزان مشاهدات و آزمایش های مقدماتی دوره ابتدائی و دوره راهنمایی و دوره متوسطه را در درس علوم تجربی (فیزیک و شیمی و زیست شناسی و غیره) انجام نداده باشند و اندیشه و دست آنان با آزمایش و آزمایشگاه آشنا نشده باشد، چگونه می خواهیم در دانشگاه محقق و مخترع داشته باشیم! مگر تحقیق و محقق خلق السابغه است!

آیا دانش آموزان رشته ریاضی فیزیک که پس از ۱۲ سال تحصیل «از ۶ سالگی تا دیپلم ۱۸ سالگی در بهترین سنین عمر (که باید کلیه استعداد های ذاتی آنان شکوفا شود، اما فقط مشغول محفوظات هستند...)» در دانشکده های فنی پذیرفته می شوند، کار با کولیس ساده ترین ابزار علمی صنعتی را می دانند! با اینکه در کلاس های متوسطه در درس فیزیک توضیح کافی توأم با شکل آن و کار با آن داده شده است، اما فقط شکل و توضیح آن را حفظ می کنند و اغلب حتی دست به کولیس نزده اند! چرا! زیرا امتحانات و مسابقات علمی و کنکور سراسری دانشگاهها فقط محفوظات علوم تجربی را می خواهد.

مثال: عنایت بفرمائید فعلاً در نتیجه، روش و امتحانات دستگاه ساده خازن الکتریکی که اساس علمی و عملی الکترونیک و غیره است، از نظر دانش آموزان سوم و چهارم متوسطه ریاضی فیزیک و تجربی «دو خط موازی مساوی» بر روی صفحه کاغذ کتاب و یا در سؤال های امتحانی و یا در برگه سؤال تست کنکور دانشگاه است! نظیر این شکل (II-) و با اینکه مسائل مشکلی در مورد خازن های الکتریکی حل می کنند، اما اصلاً دستگاه ساده خازن را ندیده اند!

«این روش کنکور دانشگاهها و امتحانات نهائی و کلیه مسابقات علمی، تمام هدف های تعلیم و تربیت را تحت الشعاع خود قرار داده است»

مثالهای دیگر تحقیق بفرمائید در درس حرارت متوسطه (دماسنج) را که اساس اندازه گیری دما و حرارت است اغلب شاگردان ندیده اند و مورد آزمایش و بررسی قرار نداده اند (مگر درجه

تجربه های آموزشی نوشته هایی است که دبیران گرامی برای اطلاع دیگر همکاران در اختیار رشد آموزش فیزیک قرار داده اند. امیدواریم با کوشش دبیران علاقه مند و مشتاق مجموعه ای گرانقدر برای فرهنگ آموزش علوم در ایران فراهم آوریم.

«چگونگی روشن تدریس و نحوه امتحان علوم تجربی» به قلم دبیر فیزیک بازنشسته جناب آقای اسدالله ذکری به نظر خوانندگان محترم می رسد. از دبیران گرامی دعوت می کنیم که در ارائه تجربه های آموزشی خود، همت و علاقمندی بیشتری مبذول فرمایند.

در کلاس متوسطه در درس شیمی، دبیر مربوطه از شاگردان مثلاً چنین سؤالی می کند: هلیانترین (ماده و معرف شیمیایی) چیست و چگونه به دست می آورند؟ دانش آموزان (یعنی آنهایی که با صرف وقت زیاد مطالب درسی را فقط حفظ کرده اند) جواب می دهند: هلیانترین را از ترکیب محلول دی ازوئیک اسید سولفانلیک با محلول دی متیل انیلین در مجاورت سود به دست می آورند و با این جواب شاگرد و معلم غرق شادی می شوند! اما نتیجه: هیچ! هیچ! چرا! زیرا فقط این اسامی را حفظ کرده اند و نمی دانند این محلول ها چیست و چگونه عملاً تهیه می شود و خواص و مصارف آنها کدام است نه با این مواد آزمایش کرده اند! و نه آنها را دیده اند و نه اینکه آزمایشهای ساده تری را در این درس انجام داده اند، حتی اغلب دست به لوله آزمایش در آزمایشگاه شیمی نگذاشته اند! زیرا علوم تجربی را بصورت مطالب حفظی و حرفی و داستانی درآورده ایم. دیگران با روش علمی، تحقیقات عملی آزمایشگاهی می کنند و ما کتابهای آنها را ترجمه کرده و از حفظ می کنیم و برای یکدیگر تعریف می کنیم!

ملاحظه بفرمائید وقتی که روش علمی در فیزیک به طور عملی پیاده شد، رشته های دیگر علمی از این روش مطمئن و مترقی یعنی: «مشاهده دقیق و بیان فرضیه و آزمایش و ارائه قانون و نظریه» پیروی کردند. حتی روانشناسی (علم النفس) پایه و اساس نظریات و مطالعات و نتایج کار خود را بر روش علمی تجربی بنا نهاد و روانشناسی تجربی امروزی مطرح شد.

تب سنج پزشکی را آن هم در هنگام مریضی به صورت ظاهری نه علمی) بالاتر و واضح تر: آیا دانش آموزان تا به حال آزمایش کاملی با فنر و تعیین ضریب سختی آن با اینکه درس آن در فیزیک سال اول و یا چهارم متوسط است انجام داده اند! و رابطه ضریب سختی فنر با جنس و قطر سیم آن و قطر حلقه ها و فاصله آنها و غیره به دست آورده اند! اما دیگران مراحل تجارب ابتدائی و مقدماتی و عالی آن را انجام داده اند و بهترین فنر را برای محل نشستن دوچرخه (زین) و یا فنر کوک ساعت و غیره تهیه کرده اند و به قیمت گران می فروشند و... (معلوم نیست چرا به این قسمت آموزش مهم جوانان در بهترین سنین عمر آموزشی که باید مقدمات علمی و عملی و تحقیقاتی دانشگاهی آنان پی ریزی شود و شروع آن بعد از ۱۲ سال که به تحصیل محفوظات عادت کرده اند بسیار دیر شده است قبلاً توجه لازم و کامل مبذول نشده است) زیرا «هر سخن جانی و هر نکته مقامی دارد» و در نتیجه ممکن است تئوری اندیشه و دست و عمل جوانان در راه کاملاً صحیح و لازم قرار نگیرد. آیا محققان کشورهای دیگر مدت ۱۲ سال اولیه عمر خویش فقط مشغول حفظ مطالب علمی هستند و یک مرتبه در دانشگاه محقق می شوند! (مباحث ساز و کارهای دفاعی روانی را از کتاب های روانشناسی مطالعه بفرمائید تا مشخص شود که چگونه فرد و یا جامعه از روش صحیح منحرف می شود و خود را گول زده و قانع می سازد) مثلاً به جای مشاهده و آزمایش علمی به سرگرمی های و حل مسایل درسی مشکل که عملاً وجود ندارد می پردازد برای مثال: اگر بینهایت مقاومت الکتریکی به طریق مخصوصی به هم متصل کنیم، مقاومت معادل آنها چقدر می شود. در حالی که عملاً دو سیم مقاومت دار را در مدار الکتریکی بهم متصل نکرده است!!!

راه حل: چه باید کرد: علاوه بر امتحانات داخلی لازم است در کلیه امتحانات نهایی و کنکور دانشگاهها و سایر مسابقات علمی از قبولشدگان نظری امتحان عملیات آزمایشگاهی مربوطه و متناسب به عمل آید. در این صورت است که کلیه دانش آموزان همانطوری که انواع کتاب های تست گران قیمت را حتی در بازار سیاه فریبکاری با قیمت های خیلی زیاد تهیه می کنند و در کلاس های نظری و تست با شهریه های بالا شرکت می نمایند، شروع به تهیه وسایل آزمایشگاهی و عملیات علمی می کنند و کلیه آزمایشگاه های مدارس کاملاً فعال می شود و حتی آزمایشگاه های آزاد برای تعلیم عملی آزمایش های دروس تجربی دایر می شود و محققان نوجوان امروزی برای فردا تربیت می شدند.

امتحان بفرمائید اگر مثلاً اعلان شود که از قبول شدگان رشته های صنعتی دانشگاه در بدو ورود امتحان عملی ابزار ساده

کولیس و کاربرد آن به عمل می آید، در این صورت ملاحظه خواهید فرمود که دانش آموزان رشته ریاضی فیزیک یک کولیس در جیب خود خواهند داشت و با آن تمرین می کنند!

یادآوری مهم: در نظام جدید آموزش و پرورش خوشبختانه علمیات آزمایشگاهی (فیزیک و شیمی و زیست شناسی) با تأکید زیاد همراه با دروس به حساب آمده است و می توان بطور عملی امتحان کرد و اگر در امتحانات داخلی و نهائی پیش دانشگاهی (دوره یکساله آن در رشته های علوم تجربی و ریاضی فیزیک) و همچنین کنکور ورودی دانشگاهها و مسابقات علمی، دروس و امتحان آزمایشگاهی باشد در این صورت آزمایشهای علمی اهمیت اصلی خود را خواهد داشت، ولی اگر امتحان آزمایش نباشد مانند نظام گذشته آزمایش بی اهمیت می شود و مجدداً بازار کاذب تست و سؤال و هزاران سوءاستفاده راه های انحرافی آموزشی رونق می گیرد و اصول تعلیم و تربیت فراموش می شود و کار معلم و شاگرد محفوظات و تست می شود زیرا دبیران، شاگردان را برای موفقیت در امتحانات آماده می سازند و در نتیجه دانش آموزان ما تعلیمات علمی و عملی کامل و لازم را به خصوص در علوم تجربی فراموشی می گیرند و فاصله زیادی با کاروان علمی و صنعتی جهان پیدا می کنیم. امید است با اهمیت دادن به علم و عمل و علوم تجربی و آزمایش و آزمایشگاه و همچنین عنایت مخصوص به دبیران آزمایشگاه و تشویق و تقدیر آنان، و در نتیجه تعلیم و تربیت مقدماتی محققان در دوره متوسطه و بالاخره دانشجویان مبتکر و مفید و مؤثرتر از قبل و فارغ التحصیلان ماهر و مجرب علمی و عملی، بیشتر منابع و معادن و ذخایر کشور به صورت خام از دست ما نرود و در آینده ان شاء الله به طور کامل وابستگی های علمی و صنعتی و اقتصادی و غیره نداشته باشیم.

«فعلاً در دوره یکساله پیش دانشگاهی نظام جدید آموزش و پرورش در رشته های علوم تجربی و ریاضی فیزیک و امتحانات آن و همچنین کلیه مسابقات و امتحانات ورودی دانشگاهها و کنکورهای مربوطه اسمی از آزمایش و آزمایشگاه (حتی از پذیرفته شدگان در امتحانات نظری و محفوظات) نیست و لذا این بعد مهم علمی و عملی یعنی اساس و پایه صنعت و فناوری امروزی بی اهمیت تلقی می شود و کلیه استعداد های دانش آموزان در این قسمت فوق العاده مهم معطل می ماند!!!» خلاصه مطلب: لازم است اولاً دروس علوم توأم با آزمایش در تمام سطوح از ابتدائی تا دانشگاه تدریس شود، و ثانیاً علاوه بر امتحانات داخلی تمام امتحانات علوم تجربی نهائی و کنکور دانشگاهها و مسابقات علمی در دروس فیزیک و شیمی و زیست شناسی و غیره هم بصورت نظری و هم تجربی (عملی) باشد.

عدد

آر و گادرو

و نظریه

جیبشی

گازها

مجموعه
۱۰۱
ج

یک، گالن حلبی (تقریباً چهارلیتری) «خالی» را مطابق شکل (۱) در نظر بگیرید. سطح بالایی این گالن حلبی می‌تواند ستونی از هوا را که تا ارتفاع تقریباً ۱۰۰۰۰ فوت (۳۰ کیلومتر) به سوی بالا امتداد یافته تحمل کند. از آنجا که جو در سطح دریا، فشاری معادل $P = 1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 14.7 \text{ lb/in}^2$ ایجاد می‌کند، هو اینچ مربع از سطح این گالن ستونی از هوا به وزن ۱۴٫۷ پوند را تحمل می‌کند. بنابراین، یک گالن حلبی به حجم (۱)

$$V = 0.108 \text{ m} \times 0.165 \text{ m} \times 0.235 \text{ m} = 4.19 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

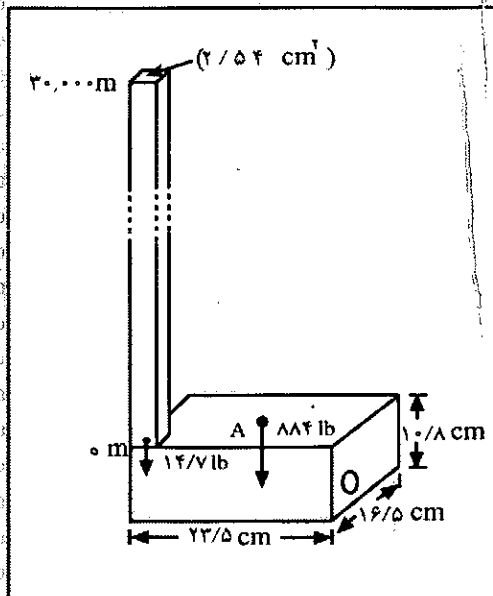
که مساحت سطح بالایی آن برابر

$$A = 0.165 \text{ m} \times 0.235 \text{ m} = 0.0388 \text{ m}^2 \\ = 6/5 \text{ in} \times 9/25 \text{ in} = 60/11 \text{ in}^2$$

است و زنی معادل (۲)

$$W = P \cdot A = (1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2) (0.0388 \text{ m}^2) \\ = 3920 \text{ N} = 884 \text{ lb}$$

را تحمل می‌کند.



شکل ۱- یک گالن حلبی در هوایی با فشار $P = 1 \text{ atm}$ و دمای $T = 72^\circ \text{F} = 22^\circ \text{C}$. جو بالا به هر اینچ مربع از سطح بالای محفظه نیرویی معادل ۱۴٫۷ پوند و به تمام سطح نیرویی معادل ۸۸۴ پوند وارد می‌کند.

رونالد بریان، استاد فیزیک
دانشگاه تگزاس

مترجم: عبدالحسن بصیره، عضو
هیأت علمی دانشگاه کردستان

چه عاملی مانع از آن می شود ۸۸۴ پوند وزن، قوطی حلبی را خرد کند؟

می دانیم که این عامل، هوای درون قوطی است. بانگامی سطحی، به نظر نمی رسد که هوا بتواند چنین کاری انجام دهد. واضح است که مسئله تنها این نیست، هرچند، اگر ما بایک پمپ تخلیه، هوای درون قوطی را خالی کنیم دیواره های قوطی در هم فرو می ریزند و ما حتی صدای فروریختن آنها را خواهیم شنید. یک محاسبه ساده نشان می دهد هوایی که ۸۸۴ پوند «وزن» را در بالا نگه داشته فقط ۵ گرم است. این در حدود وزن یک سکه است. حال چگونه این ماده مختصر توانسته ۸۸۴ پوند را نگه دارد؟

نیوتون (۱۶۴۲-۱۷۲۷) هوا را به صورت گلوله های کوچک کرکی در نظر می گرفت که در مقابل تراکم مقاومت می کنند. در سال ۱۷۳۷، دانیل برنولی پیشنهاد کرد که هوا متشکل از ذرات ریزی است که با سرعت زیادی در حرکت اند. در حدود ۹۰ سال پیش متوجه شدیم که برنولی اساساً درست گفته بود. هوا در دما و فشار متعارفی ابداعی چیزی نیست، جز برای حجم بسیار کوچکی از مولکول ها که با سرعت بسیار زیاد در حرکت اند.

چگونه این مولکول ها می توانند چنین فشار زیادی را بر دیواره های محفظه وارد کنند. با برخورد کشسان با دیواره ها و بازگشت از آنها. برای به دست آوردن فرمولی که رابطه ی این فشار را با سرعت مولکول ها بیان کند، ابتدا فرض می کنیم که گاز فقط از یک ذره ی تنها به جرم $M = 5gr$ تشکیل شده است که در یک قوطی فلزی یک گالنی در جهت x ها در حرکت است. این ذره شاید گلوله ی فوق العاده ای باشد. همان طور که در شکل (۲) نشان می دهد، این ذره با سرعت

۷ به دیواره ی سمت راست قوطی برخورد می کند. فرض کنید که ذره، برخورد کاملاً کشسان با دیواره می کند، سپس با سرعت $-v$ در جهت x بازمی گردد. در این برخورد، تغییر تکانه خطی ذره برابر خواهد شد با:

$$\Delta P = -Mv - (Mv) = -2Mv$$

بنابراین قانون سوم نیوتون، دیواره نیز همزمان تغییر تکانه ای معادل $+2Mv$ اعمال می کند که در شکل (۲) نشان داده شده است. ذره به حرکت خود در جهت x ادامه می دهد تا اینکه به دیواره سمت چپ اصابت کند. سپس به طور کشسان با سرعت v در جهت x برمی گردد. وقتی دوباره به دیواره ی سمت راست می رسد، کل زمان سپری شده در این مسیر رفت و برگشت برابر خواهد شد با:

$$\frac{2l}{v} = \Delta t \quad (3)$$

این گلوله فوق العاده کوچک، در محفظه به جلو و عقب می رود و بارها و بارها به دیواره ی سمت راست اصابت می کند. نیروی متوسط اعمال شده بر دیواره (از سوی گلوله) در این کار عبارت است از:

$$F = \frac{\text{تغییر اندازه حرکت}}{\text{بازه ی زمانی}} = \frac{2Mv}{2l/v} = 2Mv \left(\frac{v}{2l} \right) = \frac{Mv^2}{l} \quad (4)$$

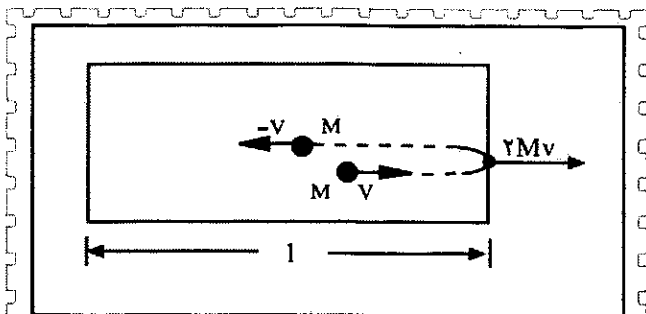
رابطه ی کلی تغییر تکانه $F = \frac{\text{تغییر تکانه}}{\text{بازه ی زمانی}}$ همان قانون دوم

است که به صورت $F = Ma$ نوشته می شود. متقابلاً، می توان نیرو را همچون ضربه ای تصور کرد که حاصل ضرب $2Mv$ در $\left(\frac{v}{2l} \right)$ در یک ثانیه است. ما فرض خواهیم کرد که جهت اولیه ی ذرات کاملاً موازی دیواره ی جانبی قوطی نیست، لذا در یک نقطه یکسان و معین به دیواره اصابت نمی کنند.

اگر دیواره سمت راست، مطابق شکل (۳) دارای مساحت $ab = A'$ باشد، آنگاه، فشار متوسطی که ذره بر دیواره ی اعمال می کند برابر خواهد شد با:

$$P = \frac{F}{A'} = \frac{Mv^2}{lA'} = \frac{Mv^2}{V} \quad (5)$$

که V حجم محفظه است. البته ذره نیز همان فشار را



شکل ۲ - ذره ای به جرم M و سرعت v با وارد کردن تکانه ای برابر $2Mv$ به محفظه، از دیواره محفظه بازمی گردد.

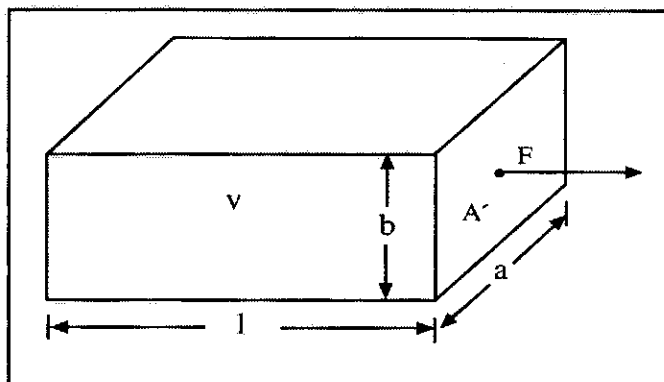
بر دیواره‌ی سمت چپ اعمال می‌کند، لذا محفظه ثابت می‌ماند. بنابراین راز مسئله، که چرا فقط پنج گرم هوا می‌تواند ستونی از هوا به وزن ۸۸۴ پوند را نگه دارد، در معادله‌ی (۵) است. فشاری که پنج گرم هوا اعمال می‌کند متناسب با مربع سرعت آن است. یعنی، ضربه‌ای که این گلوله‌ی فوق‌العاده کوچک بر دیواره اعمال می‌کند متناسب با v است، همین‌طور تعداد برخوردهای گلوله بادیواره در یک ثانیه نیز با v متناسب است. *گدازه می‌کنید که گلوله باید بر آنچه سرستی*

می‌کند، همان‌طور که شکل (۴) نشان می‌دهد هر ذره‌ی i بر دیواره‌ی سمت راست فشاری معادل مقدار زیر وارد می‌کند.

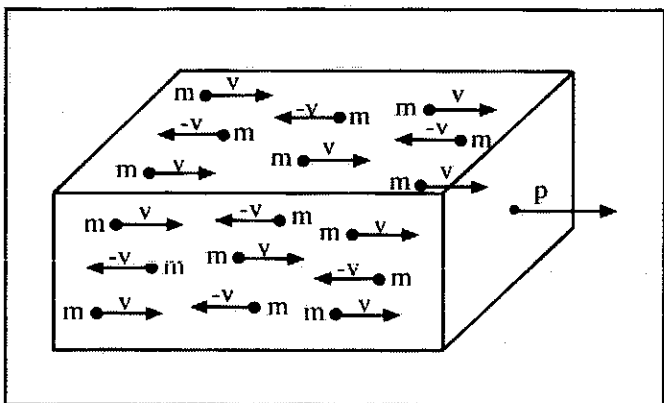
$$P_i = \frac{mv_i^2}{V} \quad \text{و} \quad i=1,2,3,\dots,N \quad (7)$$

به طوری که N ذره، فشار کل زیر را بر دیواره‌ی سمت راست اعمال می‌کنند:

$$P = \sum_{i=1}^N P_i = Nm \frac{v^2}{V} = \frac{Mv^2}{V} \quad (8)$$



شکل ۳- محفظه‌ای به حجم V و بادیواره سمت راست به مساحت A' ، نیروی F و فشار $P = \frac{F}{A'}$ را در اثر برخورد داخلی



شکل ۴- N ذره هر یک به جرم $m = M/N$ با سرعت $\pm v$ در جهت $\pm x$ در حرکتند و فشار P را بر دیواره سمت راست محفظه اعمال می‌کنند.

فشاری که N ذره اعمال می‌کنند معادل فشاری است که یک گلوله‌ی ۵ گرمی اعمال می‌کند. (البته تمام ذرات می‌توانند با هم حرکت کنند!). تا آنجا که به فشار مربوط است، نظریه‌ی جنبشی نمی‌تواند به ما بگوید که جرم ۵ گرم به چند ذره تقسیم شده است. به این دلیل است که برای دانشمندان این قدر طول کشید تا عدد آووگادرو را تعیین کنند. اینک حالت کلی را در نظر می‌گیریم، که N ذره با سرعت‌های مختلف v_i در تمام جهت‌ها حرکت می‌کنند. به طریق استاندارد (برای مثال به مراجع ۲ و ۳ رجوع کنید)،

حرکت کند تا میانگین فشاری که بر دیواره‌ی سمت راست وارد می‌کند یک‌جو باشد؟ البته گاز فقط از یک گلوله تشکیل نشده است، لذا فرض کنید که گلوله را به N قطعه‌ی مشابه تقسیم کرده‌ایم. جرم هر قطعه برابر است با:

$$\frac{M}{N} = m \quad (6)$$

فرض کنید که تمام قطعات در جهت $+x$ به سمت راست با سرعت v و در جهت $-x$ به سمت چپ با سرعت $-v$ حرکت

می توانیم نشان دهیم که :

$$P = \frac{1}{3} \frac{M}{V} \bar{v}^2 \quad (9)$$

که :

$$\bar{v}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2 \quad (10)$$

میانگین مربع سرعت ذرات متحرک با سرعت های مختلف در تمام جهت های ممکن است. مشاهده می شود که فشار با ضریب $\frac{1}{3}$ کوچکتر شده است چون مولکول ها می توانند در سه جهت حرکت کنند. معادله ی (9) نشان می دهد فشاری که گاز اعمال می کند با میانگین مربع سرعت مولکول ها متناسب است. یکبار دیگر به این نتیجه رسیدیم که فشار مستقل از تعداد ذراتی است که از جرم M حاصل شده اند.

اینک می توانیم تعیین کنیم که ذرات به طور متوسط باید با چه سرعتی حرکت کنند تا فشار یک جو را بر دیواره ی سمت راست به وجود آورند. معادله ی (9) را به سادگی برای جذر میانگین مربعی سرعت (v_{rms}) حل می کنیم. از حل این معادله، چنین به دست می آید که :

$$(\bar{v}^2)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{3PV}{M} \right)^{\frac{1}{2}} = v_{rms} \quad (11)$$

حال اگر $P = 1/0.1 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 14.7 \text{ lb/in}^2$ و $V = 419.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ و $M = 5 \times 10^{-3} \text{ kg}$ باشد، آنگاه خواهیم داشت⁵ :

$$v_{rms} = 504 \text{ m/s} = 1650 \text{ ft/s} = 1130 \text{ mi/hr} \quad (12)$$

همان طور که در بالا اشاره شد، این سرعت (v_{rms}) مستقل از تعداد ذرات N است. به همین دلیل (v_{rms}) برای نیوتون و برنولی شناخته شده بود، هرچند آن ها عدد آووگادرو را نمی دانستند. در زمان آن ها، چنین سرعت بالایی غیرمنطقی بود، یک دلیل عمده که نظریه ی جنبشی مورد قبول قرار نگرفت همین بود.⁵

از سوی دیگر، چرا کسی باید باور کند که هوا شامل ذراتی با حجم بسیار کوچکی است که با سرعت بیش از هزار مایل در ساعت در حرکت اند؟

پرسش های زیر مطرح می شود. ممکن است پرسش های دیگری نیز برای شما مطرح شود.

۱- چرا نمی توانیم صدای برخورد این ذرات را با دیواره های محفظه بشنویم؟

پنج گرم ذرات شن (در حدود ۱۰۰۰۰۰ دانه ی شن) که با سرعت بیش از هزار مایل در ساعت حرکت می کنند صدای رعدآسایی تولید می کنند.

۲- چرا وقتی دستمان را در محفظه می گذاریم نمی توانیم وجود ذرات را حس کنیم؟ وجود ذرات شن را در یک گردها به خوبی روی پوست تمان احساس می کنیم و نیاز نیست که سرعت این ذرات بیش از 100 mi/hr باشد.

۳- چرا نمی توانیم بوی یک گاز بودار مثلاً بخار آمونیاک را که در گوشه ی مقابل اتاق بزرگی رها شده، بلافاصله استشمام کنیم؟ اگر هوا آرام باشد، باید یک دقیقه یا بیشتر صبر کنیم تا بو به مشام ما برسد. اما اگر نظریه ی جنبشی صحیح باشد، که در آن صورت بوی مولکول های گاز که هزار مایل را در یک ساعت می پیمایند، باید در چند صدم ثانیه به هر گوشه ی اتاق برسد.

۴- اصلاً چرا باید ذرات بخواهند با سرعت هزار مایل در ساعت حرکت کنند. اگر ما 100000 دانه شن را در یک قوطی تخلیه شده بریزیم، دانه های شن در ته قوطی جای می گیرند. حتی اگر ما شن را به صورت پودر بسیار نرمی آسیاب کنیم باز هم در ته محفظه قرار می گیرد.

تمام این موارد به عامل منحصر به فردی برمی گردد که همان عدد آووگادرو، مول/ذره $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ است.

در اواسط سال های ۱۸۰۰، دانشمندان متوجه شدند که عدد آووگادرو عدد بسیار بزرگی است^۶. (آووگادرو خودش نمی دانست که این عدد چقدر بزرگ است!). تخمین هایی زده شد، تا بالاخره در سال ۱۹۰۸، پرن با مجموعه ای از آزمایش های متقاعدکننده که شامل اندازه گیری حرکت براونی^۷ نیز بود، این عدد را اندازه گرفت. برای یافتن توصیفی زیبا از اندازه گیری پرن از N_A به مرجع (۸) اثر «وهر» مراجعه کنید. از آنجا که متوسط جرم اتمی هوا ۲۹ گرم است، عدد آووگادرو به ما می گوید که پنج گرم هوا در محفظه شامل

$$10^{23} \approx (6.02 \times 10^{23}) \times \left(\frac{5 \text{ gr}}{29 \text{ gr}} \right) \text{ مولکول است!}$$

این عدد بسیار بزرگ و باور نکردنی است. برای مثال، اگر ما این پنج گرم مولکول های هوای درون محفظه را به رنگ «سرخ» درآوریم و آنها را در جو زمین رها سازیم به طوری که به صورت یکنواختی به گرد زمین بچرخند، و اگر ۲۰ سال بعد در قوطی تخلیه شده را در نیوزیلند باز کنیم، در حدود ۸۰ مولکول سرخ را در هوای بینیم که به درون قوطی وارد می شوند. اینک می توانیم به ایرادهای (۱ تا ۴) برعلیه نظریه ی

جنبشی گازها پاسخ دهیم:

۱- ما نمی‌توانیم صدای 10^{22} ذره‌ی بسیار کوچک را که تأثیر اندکی بر دیواره‌ها دارند بشنویم. همچنین بسامد برخورد‌های آنها در حدود ۲۰ برابر بالاتر از بالاترین بسامد آستانه گستره‌ی شنوایی ماست.

۲- ما نمی‌توانیم 10^{22} ذره را حس کنیم چون بسیار کوچک هستند. آنها در واقع در پوست نفوذ می‌کنند.

۳- حدود یک دقیقه طول می‌کشد تا بوی گاز در هوای آرام از آن گوشه‌ی اتاق به مشام ما برسد، چون تعداد زیادی مولکول هوا در سرراش قرار دارند. هر مولکول گاز بودار قبل از برخورد با یک مولکول هوا و منحرف شدن، به طور متوسط کمتر از $1/10$ میکرون حرکت می‌کند.

۴- مولکول‌های هوا بسیار سریع حرکت می‌کنند چون هم اندازه‌ی اتم‌های سازنده‌ی دیواره‌های محفظه هستند. اتم‌های این دیواره‌ها به دلیل اغتشاش گرمایی با بسامد بسیار زیاد و غیرقابل‌تصویری نوسان می‌کنند. وقتی مولکول‌های هوا در تماس با اتم‌های نوسان‌کننده‌ی دیواره‌ها قرار می‌گیرند مانند گلوله‌ای که در یک ماشین نخریسی لگد می‌خورد، از اتم‌های دیواره‌ها «لگد» می‌خورند. اگر مولکول‌های هوا بسیار بزرگ‌تر می‌بودند، بسیاری از نوسانگرهای دیواره‌ها را به یکباره پوشش می‌دادند و ضربه‌ی خالص کمتری را احساس می‌کردند.^{۱۰}

شاید جالب باشد بدانید که این مولکول‌های متحرک با چه دمایی (کلوین) متناظرند. این مسئله را می‌توان در شکل استاندارد و به وسیله حل PV در معادله (۹) و آزمایش تجربی قانون گاز کامل تعیین کرد:

$$PV = nRT \quad (13)$$

نتیجه می‌گیریم که:

$$\frac{1}{3} M \bar{v}^2 = nRT \quad (14)$$

که n تعداد مول‌های گاز، و $R = 8/31 \text{ J/mol.k}$ ثابت عمومی گازهاست. حال جرم کل $M = Nm$ و تعداد مول‌ها $n = \frac{N}{N_A}$ است. بنابراین:

$$\frac{1}{3} Nm \bar{v}^2 = \frac{N}{N_A} RT \quad (15)$$

با تقسیم کردن معادله‌ی بالا بر N خواهیم داشت:

$$\frac{1}{3} m \bar{v}^2 = \frac{R}{N_A} T \quad (16)$$

درحالی‌که

$$\frac{R}{N_A} = \frac{8/31 \text{ J/mol.k}}{6/02 \times 10^{23} / \text{mol}} = 1/28 \times 10^{-23} \text{ J/k} = k \quad (17)$$

که ثابت بولتزمن نامیده می‌شود. بنابراین به معادله‌ی زیر می‌رسیم:

$$\frac{1}{3} m \bar{v}^2 = kT \quad (18)$$

یا

$$T = \frac{m \bar{v}^2}{3k} = \frac{m \bar{v}^2}{3kN} \quad (19)$$

حال اگر ۵ گرم جرم M تنها فقط به چند قطعه تقسیم می‌شد، در آن صورت دمای لازم برای ایجاد یک جو فشار، بینهایت زیاد و در حدود 10^{22} کلوین می‌شد. درحالی‌که اگر N به مقدار طبیعی مشاهده شده (تقریباً 10^{23}) افزایش یابد، دما تدمای اتاق (یعنی تقریباً 300 کلوین) کاهش خواهد یافت.

به عنوان تمرین در معادله‌ی (۱۸)، آن را برای جذر میانگین مربعی سرعت مولکول‌ها (v_{rms}) در دمای $T = 295k$ حل می‌کنیم. v_{rms} را چنین بدست خواهیم آورد:

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \quad (20)$$

برای مولکول‌های O_2 ، جرم هر مولکول برابر است با:

$$m = (O_2 \text{ جرم مولی}) / N_A \\ = (32 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}) / 6/02 \times 10^{23} / \text{mol} \\ = 5/32 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

و مقدار v_{rms} آنها خواهد شد:

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3(1/28 \times 10^{-23} \text{ J/k}) \times (295k)}{5/32 \times 10^{-26} \text{ kg}}} \\ = 479 \text{ m/s} = 1070 \text{ mi/hr}$$

این جواب با سرعتی که در معادله (۱۲) برای مخلوط نیتروژن، اکسیژن و آرگون که ۹۹/۹۷ درصد جو زمین را تشکیل می‌دهند پیش‌بینی کردیم، سازگاری دارد.

شما چه فکر می کنید؟

پارادوکس آینه

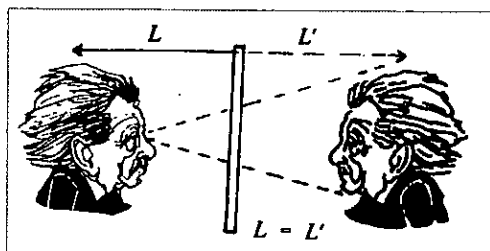
حسن قلمی باویل علیایی

وسایل مورد نیاز:

۱- آینه

۲- یک تکه صابون

در مقابل آینه بایستید و به کمک یک تکه صابون خطوط اصلی صورت خود را به روی آینه رسم کنید. ارتفاع (و یا پهنای) بیضی ای که می کشید، چه رابطه ای با ارتفاع (و یا پهنای) صورت واقعی شما خواهد داشت؟ پاسخ شگفت انگیز آن است که ارتفاع تصویر نصف ارتفاع صورت شماست. برخلاف حس شهودی، این نسبت بدون توجه به فاصله از آینه ثابت است. اگر در فاصله ۹ متری از آینه بایستید و خطوط اصلی صورت خود را به کمک یک قطعه صابون در انتهای یک چوب ۹ متری رسم کنید، بیضی درست نصف اندازه صورت شما خواهد بود! یک تمرین دلپذیر اثبات این مقدار ثابت با هندسه مسطحه است.



پانویس ها و مراجع:

۱- در دمای اتاق $T = 22^\circ C = 72^\circ F$ ، چگالی هوا برابر است

با $\rho = 0.00120 \frac{kg}{m^3}$ لذا گاز درون قوطی جرمی برابر

$M = \rho V = (0.00120 \frac{kg}{m^3})(4190 \text{ cm}^3) = 5.03 \text{ gr}$ خواهد

داشت.

۲- سرز، زیمانسکی، یانگ، کتاب "college physics" چاپ هفتم، ادیسون و سلی، نیویورک ۱۹۹۱، صفحه ۴۵۷.

۳- هالیدی، رزنیک، واکر، کتاب «مبانی فیزیک» چاپ چهارم، جان دابلی، نیویورک ۱۹۹۳، صفحه ۵۷۹.

۴- ژول v_{rms} را برای جرم معینی از هیدروژن دقیقاً با استفاده از این فرمول در سال ۱۸۴۸ محاسبه کرد. ژول خود اظهار داشته که نمی دانست جرم به چند ذره تقسیم شده بود.

۵- این باید بسیار وسوسه انگیز باشد که بدانیم این سرعت از مرتبه ی بزرگی سرعت صوت بود.

۶- یک برآورد اجمالی از عدد آووگادرو (مول/مولکول $N_A = 10^{23}$) در سال ۱۸۷۱ به دست آمده بود، که با استفاده از مسافت آزاد میانگین مولکولهای گاز (از اندازه گیری پخش)، و کسری از حجم اشغال شده توسط مولکولها (اندازه گیری شده بوسیله متراکم کردن گاز به مایع) تعیین شده بود [می توانید به مقاله «ساختار ماده و وحدت علم» نوشته تامسون (لرد کلوین) مراجعه کنید].

۷- پرن، اساساً از قانون جو استفاده کرد که بیان می کند چگالی مولکولهایی به جرم m در دمای معین T کلونین با افزایش ارتفاع h

، با عامل $e^{-\frac{mgh}{kT}}$ کاهش می یابد. که $k = \frac{R}{N_A}$ ثابت بولتزمن است. این مطلب برای هر ترکیبی از گاز صادق است. با بسط این فرمول به گلوله های کروی بسیار ریز صمغ معلق در آب، پرن متوجه شد که چگالی ذرات با افزایش ارتفاع کاهش می یابد و آن را با در نظر گرفتن نیروی ارشمیدس در آب اندازه گرفت. او سپس با دانستن تمام ثابتهای دیگر فرمول توانست N_A را بدست آورد. چون جرم اتمی این ذرات معلق تقریباً 10^6 بود، او مجبور بود که ارتفاع آن ها و چگالی تعدادشان را با میکروسکوپ اندازه بگیرد! پرن همچنین حرکت براونی ذرات صمغ معلق در آب را اندازه گرفت، و فرمولی جدا و مستقل از فرمول فون اسمولر-چوفسکی و اینشتین به دست آورد.

۸- وهر، ریچاردز، آدایر، کتاب "Physics of The Atom" چاپ چهارم، ادیسون و سلی، نیویورک ۱۹۸۴، بخش ۱-۱۲.

۹- تبدیل انرژی گرمایی دیواره ها به انرژی جنبشی مولکولها، ابتدا در سال ۱۸۴۸ به وسیله آزمایش معادل مکانیکی گرما که توسط ژول انجام شد، پیش بینی شد.

۱۰- در حقیقت، ماده ی محبوس شده در یک گالن حلبی از قانون جو، که در پانویس (۷) توصیف شده، پیروی می کند. دمای فوق العاده زیادی لازم است تا پودر طلق به طور محسوسی از ته قوطی به بالا صعود کند.

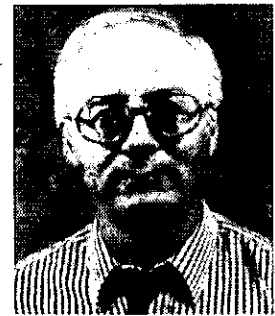
آزمایش حرکت دایره‌ای غیر یکنواخت

دایره عمودی در حال چرخش است که در آن کشش نخ در بالای دایره صفر است .

روال تجربی

آزمایش به وسایل زیر نیاز دارد : نخ ، یک وزنه کوچک ، یک متر ، یک گیره مانند آنچه که معمولاً در مدارهای الکتریکی به کار می‌رود و یک کرنومتر .
روال آزمایش به قرار زیر است :
۱- نخ را به وزنه کوچک ببندید و طول آن را تا مرکز جرم اندازه بگیرید . راحت تر است که نخ را در فاصله‌های ۲۰ ، ۳۰ ، ۴۰ ، ... ، ۱۹۰ و ۲۰۰ سانتی متر علامت بزنید .

۲- به منظور کاهش اثر اصطکاک حاصل از تماس انگشتان خود با نخ ، گیره را روی علامتی دلخواه از نخ وصل کنید . این عمل در بهتر مشخص کردن و بیشتر شعاع وزنه به کار می‌آید . و با کم کردن اصطکاک در ضمن ثبات و سرعت چرخش بهتری را میسر می‌سازد . استفاده از گیره دقت و صحت آزمایش را افزایش می‌دهد .
۳- وزنه را در یک دایره قائم بچرخانید . با تمرین و ممارست می‌توانید کاهش کشش را به طور محسوس احساس کنید . (در بالای دایره) . [استفاده از یک دسته کلید با چندین کلید به جای جرم بهتر از وزنه یک آونگ نمادی کار می‌کند . آنها وقتی کشش در بالای مسیر صفر می‌شود ، صدای محسوسی ایجاد می‌کنند .]
۴- دوره‌ی چرخش را اندازه بگیرید .



دسموند ان. پنی
مترجم: صمد غلامی

اخیراً آزمایشی را طرح کرده‌ام که یکی از معادله‌های عمودی و سودمند فیزیک یعنی : مطالعه‌ی کار-انرژی را برای تحلیل حرکت دورانی تحت تأثیر گرانی به کار می‌گیرد . در این مقاله ، من دو روش برای گسترش نظریه‌ی این آزمایش نشان خواهم داد . اولین روش محتاج به سطحی از ریاضیات است که با مقداری راهنمایی ، در محدوده‌ی توانایی دانش‌آموزانی است که یک یا دو درس ریاضی خوانده‌اند . این روش به نحو بسیار شایسته‌ای مدلی برای داده‌ها فراهم می‌سازد . دومین روش ، یک روش تقریبی است که کاربرد مستقیم معادله کار-انرژی و جبر در سطوح ساده در آن دخیل است .
مسئله اساسی تجربه در آزمایشگاه ، بسط و گسترش معادله‌ای برای دوره‌ی جرمی است که در انتهای یک نخ در یک

۴۶

جدول ۱- اندازه‌گیری دوره‌ی T برای هر شعاع R

T (S)	میانگین زمان‌ها (S)	زمان ۲۰ دور چرخش (S)					R (M)
		آزمون ۵	آزمون ۴	آزمون ۳	آزمون ۲	آزمون ۱	
۰/۵۸	۱۱/۵۱	۱۱/۳۴	۱۱/۴۶	۱۱/۴۲	۱۱/۳۵	۱۲/۰۰	۰/۲۰
۰/۷۳	۱۴/۵۲	۱۴/۲۹	۱۳/۹۱	۱۵/۲۰	۱۵/۱۷	۱۴/۰۴	۰/۳۰
۰/۸۳	۱۶/۶۰	۱۶/۵۰	۱۶/۹۴	۱۷/۰۵	۱۵/۸۵	۱۶/۶۶	۰/۴۰
۰/۹۲	۱۸/۳۷	۱۸/۶۳	۱۸/۱۸	۱۸/۵۴	۱۸/۳۲	۱۸/۲۰	۰/۵۰

❖ داده‌ها:

دانش‌آموزانم زمان کل ۲۰ چرخش را معلوم کردند و آنگاه آن را بر ۲۰ تقسیم کردند تا زمان چرخش یک دور را بیابند. ۵ آزمایش برای هر شعاع انجام شد و میانگین محاسبه شد. مقداری از این داده‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. به منظور اطمینان از پوشش مناسب گستره‌ی مناسبی از شعاع‌ها، ما به هر گروه از دانش‌آموزان گفتیم هر گروه باید داده‌های مربوط به یک شعاع خاص را گردآوری کنند. جدول مبنای نمودار نشان داده شده در شکل ۳ است که نمودار دوره‌ی میانگین T برحسب R است که از ستون‌های ۸ و ۱ از جدول شماره ۱ گرفته شده‌اند، ستون‌های خطا در شکل ۳ پیشینه و کمینه‌ی دوره‌ی ثبت شده برای آن شعاع‌ها را نشان می‌دهد.

رسم داده‌ها را می‌توان به راحتی با هر برنامه کامپیوتری معمولی انجام داد. اگر برنامه به راحتی و سهولت ستون‌های خطا را روی کاغذ چاپ نشان ندهد می‌توان بعداً با دست آن‌ها را روی هر نقطه مشخص کرد. برای این کار از برنامه $Mathematica$ رسم داده‌ها استفاده کردم. که در شکل ۳ نشان داده شده است. از $Mathematica$ عمدتاً به این خاطر استفاده کردم که به راحتی روی هر نقطه‌ی داده، ستون‌های خطا را نشان می‌دهد.

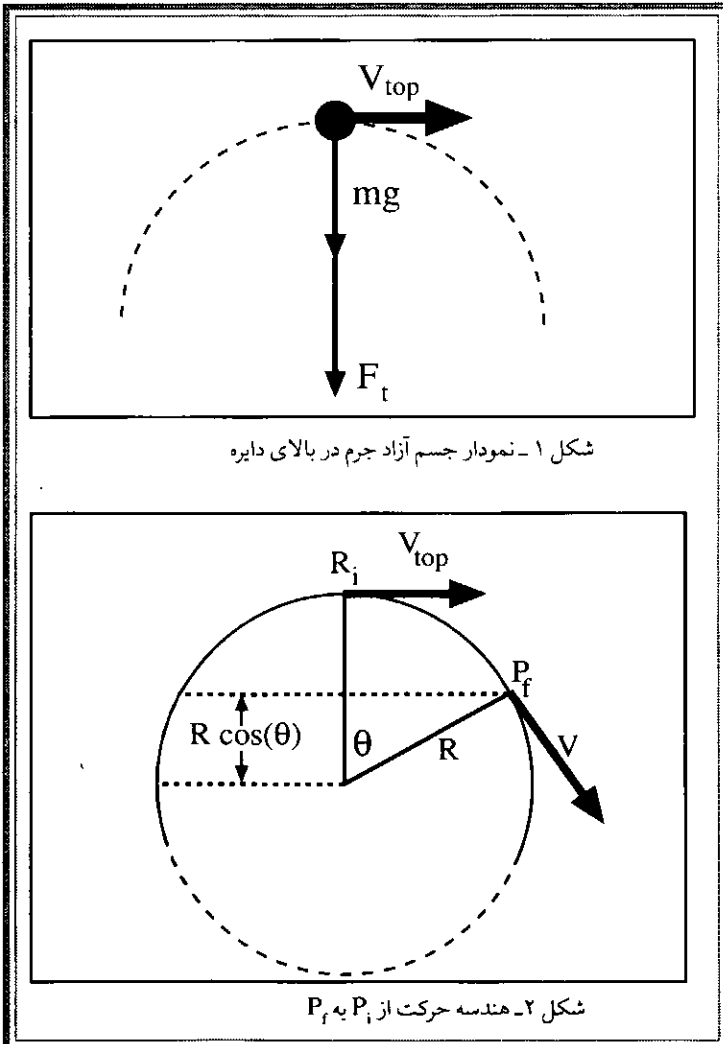
عوامل زیادی باعث این خطاها در آزمایش می‌شوند. یکی از این عوامل مشکل ثابت نگهداشتن آهنگ دوران است. کمی کردن اثر این خطا بسیار دشوار است. اما، من با تمرین و ممارست، دریافتم که می‌توان کشش در نخ را که در بالای آن ضعیف می‌شود احساس کرد. منبع دیگر ایجاد خطا مربوط به حرکت آهسته مرکز دایره به علت لرزش‌های کم دست آزمایش‌کننده است. بالاخره، اینکه عدم قطعیتی در مشخص کردن زمان‌گیری دوره وجود دارد. تکرارپذیری مطلوب و هم‌چنین سازگاری عالی زمان‌های اندازه‌گیری شده با مقادیر پیش‌بینی شده توسط مولی که در بخش بعد آمده است، نشان می‌دهد که ترکیب این خطاها بسیار کوچک و جزئی است.

❖ مدل مبنای حسابان

سه مرحله در این تجزیه و تحلیل وجود دارد. اول یافتن رابطه‌ای برای سرعت جرم در بالای دایره در هنگامی است که کشش نخ صفر است. دوم به کار بردن معادله‌ی کار-انرژی یافتن رابطه‌ای جهت سرعت جرم در هر نقطه حرکت است. سومین و آخرین گام کاربرد این رابطه‌ها برای یافتن دوره‌ی دوران است. فقط آخرین گام است که نیاز به حسابان دارد.

مرحله اول: پیدا کردن سرعت در بالای دایره

به نمودار جسم آزاد وزنه در بالای دایره در شکل ۱ توجه کنید. با به کار بردن قانون دوم نیوتون داریم:



۱۰۱

توجه کنید که در معادله ۳، Δy منفی است. چون وزنه از P_1 به P_2 به طرف پایین حرکت می کند. تغییر در انرژی جنبشی برابر است با

$$\Delta K = K_f - K_i = \frac{1}{2} m (V^2 - V_{top}^2) \quad (4)$$

با استفاده از قضیه کار و انرژی داریم

$$\Delta PE + \Delta KE = 0 \quad (5)$$

که نتیجه می دهد:

$$0 = \frac{1}{2} m (V^2 - V_{top}^2) + mgR(\cos\theta - 1) \quad (6)$$

با قرار دادن V_{top} از معادله ۲ و برای به دست آوردن V داریم:

$$V = \sqrt{2Rg[1 - \cos(\theta)] + V_{top}^2} = \sqrt{Rg} \sqrt{2 - 2\cos(\theta)} \quad (7)$$

اثر اصطکاک و حرکت های جزئی شدت آزمایش کننده که قبلاً بحث کردیم، باعث می شود که مقادیر واقعی V به میزان بسیار کمی از آنچه در معادله ۷ آمده تفاوت داشته باشد. سرعت واقعی برای نیمی از دایره (هنگامی که جرم به طرف بالا حرکت می کند) اندکی بزرگ تر، و سرعت واقعی برای نیمی از دایره کمی کوچک تر (هنگامی که وزنه به طرف پایین حرکت می کند) اندکی کوچک تر خواهد بود. انتظار داریم که وقتی روی یک مدار کامل انستگرال می گیریم تا دوره را به دست آوریم، این اثرها یکدیگر را خنثی کنند.

*** مرحله سوم: پیدا کردن دوره حرکت**

این قسمت از تجزیه و تحلیل نیاز به محاسبات انتگرالی دارد. کمی راهنمایی و توضیح برای عده ای از دانش آموزان لازم است. با مراجعه به شکل ۲ اگر S طول کمان از P_1 به P_2 باشد، آنگاه:

(۸)

$$S = R\theta$$

به صورت دیفرانسیلی، برای R ثابت، داریم:

(۹)

$$ds = Rd\theta$$

که می دهد:

(۱۰)

$$\frac{ds}{dt} dt = v dt = Rd\theta$$

اگر بخواهیم dt را حساب کنیم، داریم:

(۱۱)

$$dt = \frac{R}{v} d\theta$$

$$F_c + mg = m \frac{V_{top}^2}{R} \quad (1)$$

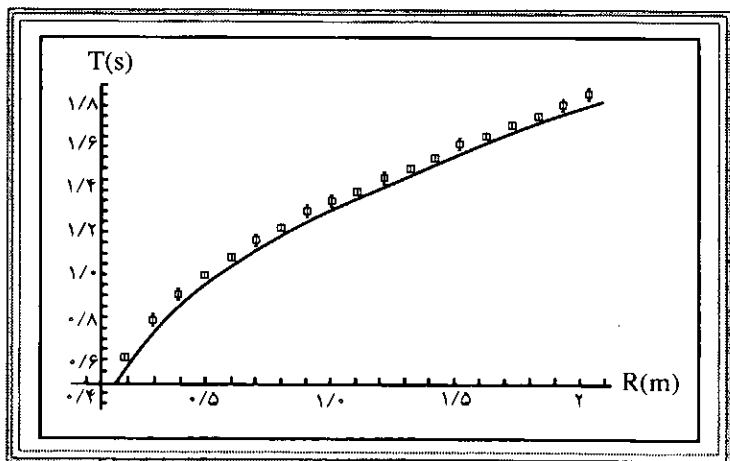
که F_c کشش نخ و V_{top} سرعت وزنه m در بالای دایره به شعاع R است. در این آزمایش ما فرض می کنیم که در بالای دایره $F_c \rightarrow 0$. بنابراین می توانیم معادله ۱ را برای V_{top} به کار ببریم. آنگاه داریم:

$$V_{top} = \sqrt{Rg} \quad (2)$$

*** مرحله دوم: پیدا کردن سرعت در هر نقطه روی دایره**

با توجه به شکل ۲، نقطه آغاز حرکت را P_1 بگیرد که در نقطه بالای دایره قرار دارد و هر نقطه دیگر در حرکت را P_2 بگیرد. شعاع دایره است و θ زاویه مربوطه برحسب رادیان. در نقطه آغاز حرکت P_1 ، $V = V_{top}$ است. می خواهیم رابطه ای برای سرعت در نقطه P_2 بیابیم. تنها نیروهای مؤثر بر جرم m بین P_1 و P_2 از این قرارند: کشش F_c ، وزن جسم، و نیروهای اصطکاک هوا. اگر در هر دو حرکت در بالاترین نقطه $V = V_{top}$ باشد، آنگاه کار منفی که اصطکاک انجام می دهد در طول دوران، باید با مقدار کار مثبت انجام شده توسط شخص آزمایش کننده، متوازن شود. این کار در حوالی پایین هر دور هنگامی صورت می گیرد که آزمایش کننده یک ضربه جزئی رو به بالا برای افزایش انرژی جرم دریافت می کند. چون گرانی یک نیروی پایستار است، کاری که انجام شده را می توان از طریق تغییر در انرژی پتانسیل محاسبه کرد:

$$\Delta PE = mg\Delta y = mg(R\cos\theta - R) = mgR(\cos\theta - 1) \quad (3)$$



شکل ۳ - مقایسه نظریه با آزمایش

اگر از معادله v مقدار v را جایگزین کنیم، داریم:

$$dt = \frac{Rd\theta}{\sqrt{Rg\sqrt{3-2\cos\theta}}} \quad (12)$$

به منظور پیدا کردن دوره T حرکت، از دو طرف این معادله در طول یک دور کامل انتگرال می‌گیریم. نتیجه این است:

$$T = \sqrt{\frac{R}{g}} \int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{\sqrt{3-2\cos\theta}} \quad (13)$$

از این انتگرال می‌توان در روال‌های عددی بسیاری از قبیل قاعده‌ی سیمپسون استفاده کرد. یا در یک برنامه کامپیوتری از قبیل Mathematica بهره برد.

در هر صورت نتیجه همان است:

$$(14)$$

$$T = (4/0.378) \sqrt{\frac{R}{g}}$$

به شباهت این معادله با معادله دوره‌ی آونگ ساده توجه کنید:

$$(15)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

که در آن L طول آونگ است. جالب توجه است که دوره‌ی چرخش یک دایره کامل تحت کشش صفر در بالای حرکت در حدود دو سوم آونگ ساده با همان طول است.

* مقایسه نظریه با آزمایش

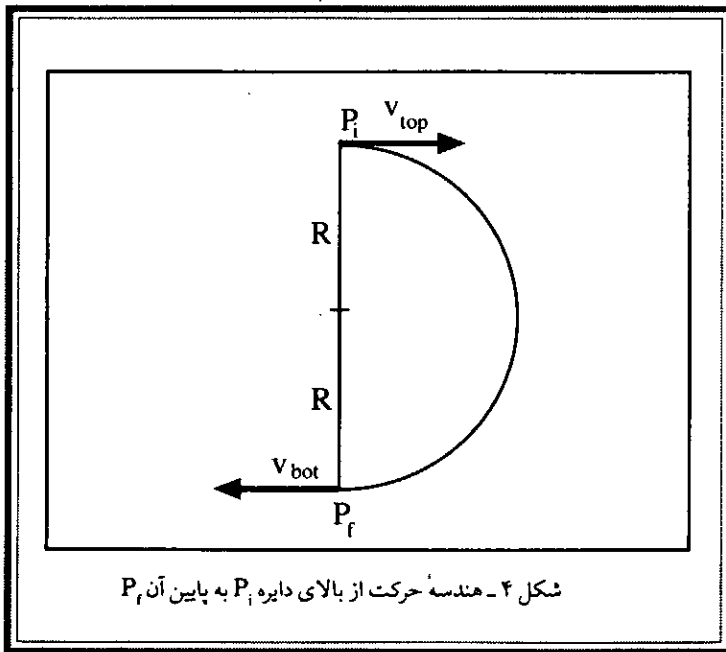
اکنون هنگام آزمون نظریه است. این نظریه تا چه اندازه با نتایج آزمایشگاهی قابل مقایسه است؟ $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ با استفاده از

مقدار من معادله نظری 14 را روی داده‌های تجربی قرار داده‌ام. (به شکل 3 نگاه کنید). خط پر در شکل 3 منحنی نظری معادله 14 است. داده‌ها با مربع‌های کوچک مشخص شده‌اند و ستون‌های خطاها نیز تعیین شده‌اند. دوره‌ی میانگین برای هر شعاع R نشان داده شده است. ستون‌های خطا نشانگر بیشینه و کمینه زمان ثبت شده برای هر شعاع است.

* مدل (تقریبی) بر مبنای جبر

برای دانش‌آموزانی که حسابان را نمی‌دانند، می‌توان مدل ساده‌تری ارائه کرد که برای کار مدل دادن به داده‌های کافی است. یک جلسه‌ی عالی با دانش‌آموزان با مطرح کردن اینکه کجا سرعت جرم حداقل است؟ کجا سرعت حداکثر است؟ چگونه می‌توانیم دوره‌ی حرکت را با تجزیه و تحلیل پیدا کنیم؟ آغاز می‌شود. اگر داده‌های مرحله‌ی 1 را در اختیار دانش‌آموزان قرار دهیم، آنها به سرعت تشخیص می‌دهند که سرعت در بالا کمینه و در پایین بیشینه است. آنها همچنین متوجه می‌شوند که ما به راحتی می‌توانیم این سرعت‌ها را با داشتن شعاع‌های دوران به دست آوریم. دوره‌ی حرکت را می‌توان از این معادله به دست آورد.

$$V_{av} = \frac{2\pi R}{T} \quad (16)$$

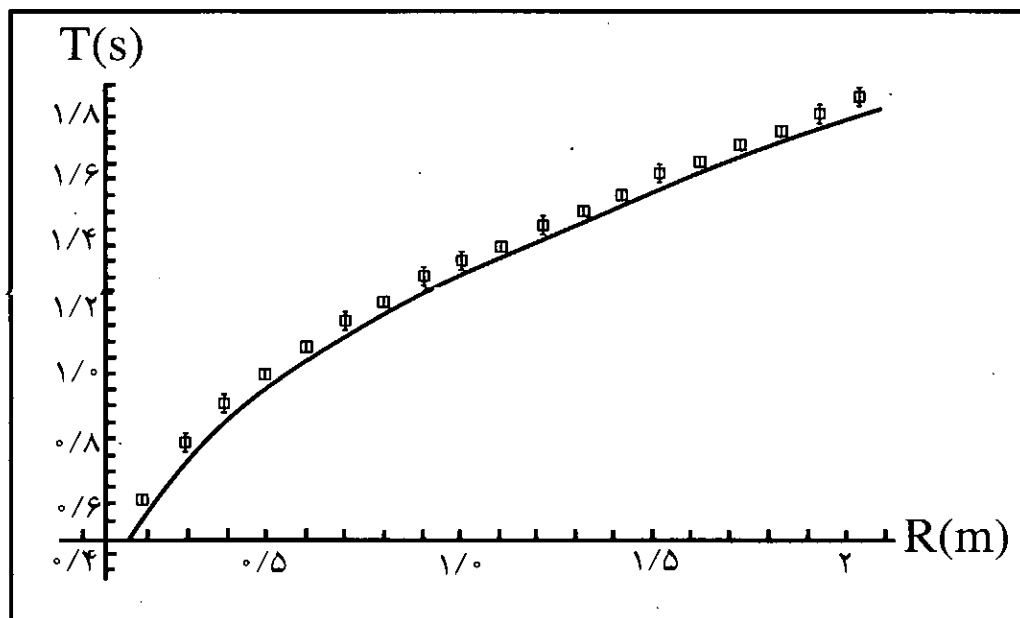


شکل 4 - هندسه حرکت از بالای دایره P_i به پایین آن P_f

که در آن V_{av} سرعت متوسط وزنه است. اگر بخواهیم دوره‌ی T را از معادله به دست آوریم، داریم:

$$T = \frac{2\pi R}{V_{av}} \quad (17)$$

آنگاه می‌توانیم برآوردی از دوره با یافتن میانگین سرعت با استفاده از معادله‌ی زیر به دست آوریم:



شکل ۵- مقایسه مدل تقریبی با آزمایش

کاملاً قابل قبول باشد، برای به دست آوردن سازگاری بهتر می توان مدل را بهبود بخشید. این امر را نه تنها می توان با محاسبه V_{av} با استفاده از V_{top} و V_{bot} به دست آورد، بلکه می توان سرعت ها را در تعدادی از نقاط میانی حساب کرد و برای آنها هم V_{av} را حساب کرد. محاسبات لازم را می توان با استفاده از معادله ۷ و یک محاسبه ساده کامپیوتری انجام داد.

$$V_{av} = \frac{V_{top} + V_{bot}}{2} \quad (18)$$

که مانند قبل V_{top} سرعت وزنه در نقطه بالا و V_{bot} سرعت جرم در پایین است. آنگاه می توانیم معادله ۱۷ را برای پیدا کردن زمان به کار ببریم. به منظور کامل کردن پیشرفت این مدل تنها نشان دادن مشتق V_{bot} باقی می ماند.

* نتیجه گیری

ما این آزمایش را برای دانش آموزان با محاسبات انتگرالی و ریاضیات با زمینه ی جبری انجام دادیم و دریافتیم که آزمایشگاه بسیار مفید است. و به طور گسترده و خوبی به دانش آموزان در جمع آوری داده ها کمک می کند. و آنها داده ها را گردآوری کردند، برنامه کامپیوتری را به کار گرفتند و یک مدل نظری برای مقایسه و آزمایش با نظریه به دست آوردند. سازگاری با نظریه براساس محاسبه و داده های تجربی برای مدلی که اساس آن حسابان است، کافی و شایان توجه است و برای مدلی که اساس آن جبر می باشد هم کافی است. دانش آموزان نتیجه می گیرند که حتی با استفاده از وسیله ای بسیار ساده می توانند نتایج عالی به دست آورند.

* پیدا کردن سرعت در پایین دایره

در شکل ۴ هندسه ی حرکت وزنه از بالا را می بینیم، P_1 از بالا به پایین به سمت P_2 حرکت می کند. و همچون قبل با استفاده از تحلیل کار-انرژی داریم:

$$V_{bot} = \sqrt{5Rg} \quad (19)$$

جانشین کردن معادله ۱۹ و معادله ۲ در معادله ۱۷ می دهد:

$$V_{av} = \left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)\sqrt{Rg} \quad (20)$$

جایگزین کردن آن در معادله ۱۷ می دهد:

$$T = \left(\frac{4\pi}{1+\sqrt{5}}\right)\sqrt{\frac{R}{g}} = (3/8822)\sqrt{\frac{R}{g}} \quad (21)$$

در شکل ۵ این مدل با داده های تجربی مقایسه شده است. توجه کنید که منحنی نظری حاصل از معادله ۲۱ به طور قابل توجهی پایین تر از داده های تجربی است. درحالی که این می تواند

مرجع:



«مقایسه فرآیندهای تک دما و بی دررو گاز کامل»

جهانگیر ریاضی

چکیده:

تغییرات: دما، فشار و انرژی داخلی حجم معینی گاز کامل را در دو فرآیند آرمانی تکدما و بی دررو بررسی، سپس رابطه بین پارامترهای ترمودینامیکی دستگاه را در فرآیند بی دررو محاسبه شده است و بر اساس روابط به دست آمده، نمودار تغییرات $P-V$ و $V-T$ دو فرآیند برای تغییر حجم یکسان مقایسه شده است.

$$P_2' = \left(\frac{T_2}{T_1}\right) \cdot P_1$$

از دو معادله بالا نتیجه می گیریم:
 P_2 فشار ثانویه در فرآیند تک دما و P_2' فشار ثانویه در فرآیند بی دررو است.
 الف) در انبساط بی دررو

$$T_2 < T_1 \rightarrow \frac{T_2}{T_1} < 1 \rightarrow P_2' < P_2$$

یعنی به ازاء تغییر حجم یکسان در دو فرآیند، کاهش فشار در فرآیند بی دررو بیش از تک دماست.
 ب) در تراکم بی دررو

$$T_2 > T_1 \rightarrow \frac{T_2}{T_1} > 1 \rightarrow P_2' > P_2$$

یعنی به ازاء تغییر حجم یکسان در دو فرآیند، افزایش فشار در تراکم بی دررو بیش از تراکم تکدماست.

۳) محاسبه رابطه بین پارامترهای ترمودینامیکی گاز کامل در فرآیند بی دررو:

کار انجام شده و تغییر انرژی داخلی n مول گاز کامل تک اتمی به صورت زیر تعریف می شوند:

$$\text{و } dw = -Pdv \text{ : کار}$$

$$du = \frac{3}{2} nRdT = nC_{Mv}dT$$

طبق قانون اول ترمودینامیک: $du = dw + dQ$ که در فرآیند بی دررو $dQ = 0 \rightarrow du = dw$ (تغییر انرژی داخلی فقط ناشی از کار انجام شده است).

$$\left. \begin{aligned} nC_{mv}dT &= -PdV \\ PV &= nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \end{aligned} \right\} \Rightarrow nC_{mv}dT = -\frac{nRT}{V}dV \Rightarrow$$

$$\frac{dT}{T} + \frac{R}{C_{mv}} \frac{dV}{V} = 0$$

$$\frac{R}{C_{mv}} = \frac{C_{mP} - C_{mv}}{C_{mv}} = \frac{C_{mp}}{C_{mv}} - 1 \Rightarrow \frac{R}{C_{mv}} = \gamma - 1$$

$$\frac{dT}{T} + (\gamma - 1) \frac{dV}{V} = 0 \Rightarrow \ln T + (\gamma - 1) \ln V = \text{constant} \Rightarrow$$

۱) مقایسه فرآیندهای تک دما و بی دررو گاز کامل از دیدگاه تغییرات دما و انرژی داخلی

الف) انبساط تک دما و بی دررو گاز کامل:

در فرآیند انبساط تک دمای گاز کامل، برای ثابت ماندن دما، دستگاه از محیط خارج گرما دریافت می کند. (توجه می شود که انبساط با کاهش دما همراه است). ولی در انبساط بی دررو چون طبق تعریف، هیچ گونه گرمایی بین دستگاه و محیط مبادله نمی شود و ضمن فرآیند دستگاه بر محیط کار انجام می دهد، پس انرژی داخلی و دمای دستگاه کاهش می یابد.

پس به اختصار نتیجه می گیریم: در انبساط تک دما: انرژی داخلی و دمای گاز در طی فرآیند ثابت می مانند.
 در انبساط بی دررو: انرژی داخلی و دمای گاز طی فرآیند کاهش می یابند.

ب) تراکم تک دما و بی دررو گاز کامل

در تراکم تک دما: دستگاه طی فرآیند گرما از دست می دهد تا دما ثابت بماند پس، انرژی داخلی و دما ثابت می مانند.
 در تراکم بی دررو: گرما مبادله نمی شود، محیط بر گاز کار انجام می دهد پس، فرآیند با افزایش انرژی داخلی و دما همراه خواهد بود.

۲) بررسی تغییرات فشار در دو فرآیند تک دما و بی دررو با استفاده از معادله حالت گاز کامل برای فرایندها می توان نوشت:

$$\text{فرآیند تک دما: } P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow P_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right) P_1$$

$$\text{فرآیند بی دررو: } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow P_2' = \left(\frac{V_1}{V_2}\right) \cdot \left(\frac{T_1}{T_2}\right) \cdot P_1$$



گاز کامل تک اتمی طی دو فرایند تک دما و بی دررو از V تا $2V$ افزایش می یابد. با استفاده از معادله های به دست آمده، دما و فشار ثانویه را در هر دو فرایند محاسبه می کنیم.

$$\ln T + \ln V^{\gamma-1} = \text{مقدار ثابت}$$

$$\ln(TV^{\gamma-1}) = \text{مقدار ثابت}$$

$$\boxed{TV^{\gamma-1} = \text{مقدار ثابت}} \Rightarrow T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

با استفاده از معادله حالت گاز کامل می توان T را در رابطه بالا حذف کرد.

$$PV = nRT \rightarrow T = \frac{PV}{nR} \Rightarrow \left(\frac{PV}{nR}\right)(V^{\gamma-1}) = \text{مقدار ثابت}$$

$$\Rightarrow \boxed{PV^\gamma = \text{مقدار ثابت}}$$

در روابط بالا $\gamma = \frac{C_{MP}}{C_{MV}}$ است که در گاز تک اتمی، $\gamma = 1/67$ است.

۴. مقایسه نمودار تغییرات P-V و V-T فرایندهای بی دررو و تک دما در گاز کامل تک اتمی:

الف. فرایند انبساط: فرض می شود حجم مقدار معینی

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} T_1 \Rightarrow$$

$$T_2 = \left(\frac{V}{2V}\right)^{1/67-1} T_1 \Rightarrow T_2 = (0.5)^{1/67} T_1$$

دمای ثانویه فرایند بی دررو:

$$T_2 = 0.63 T_1$$

فشار ثانویه در فرایند بی دررو:

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow P_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma P_1 = (0.5)^{1/67} P_1 \Rightarrow$$

$$P_2 = 0.31 P_1$$

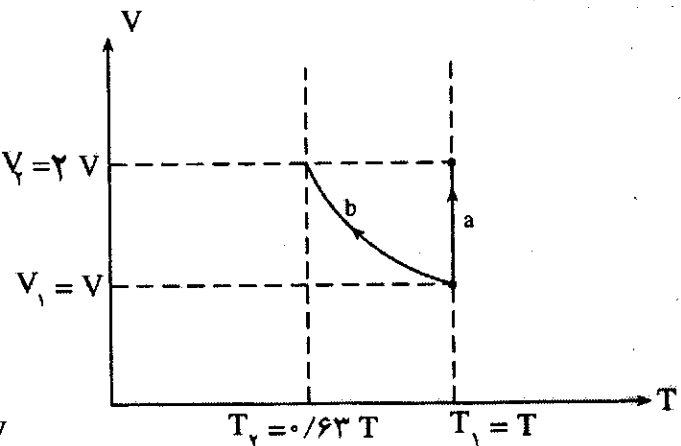
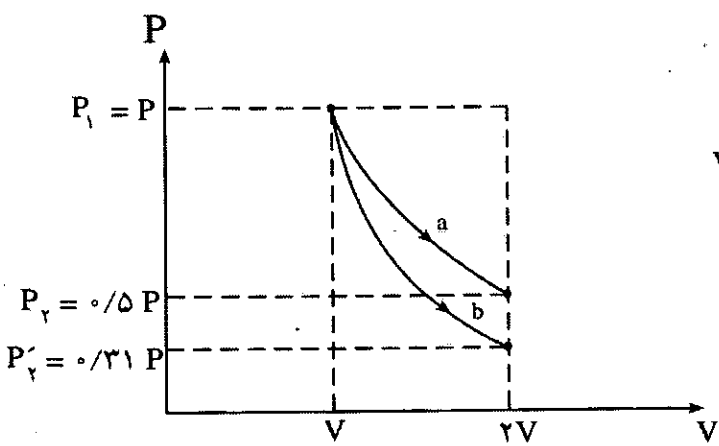
در فرایند تکدما:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow P_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right) P_1 \Rightarrow P_2 = 0.5 P_1$$

اطلاعات بالا در جدول زیر نشان داده شده است:

فرایند	روابط	V_1	T_1	P_1	V_2	T_2	P_2
انبساط تک دما	$PV = \text{مقدار ثابت}$	V	T	P	$2V$	T	$0.5P$
	$T = \text{ثابت}$						
انبساط بی دررو	$TV^{\gamma-1} = \text{مقدار ثابت}$	V	T	P	$2V$	$0.63T$	$0.31P$
	$PV^\gamma = \text{مقدار ثابت}$						

۸۶
 ۱۰
 ۹
 ۸
 ۷
 ۶
 ۵
 ۴
 ۳
 ۲
 ۱



ب. فرایند تراکم: فرض می شود حجم مقداری معینی گاز کامل تک اتمی طی دو فرایند تک دما و بی دررو از V تا $\frac{1}{2}V$ کاهش یابد.

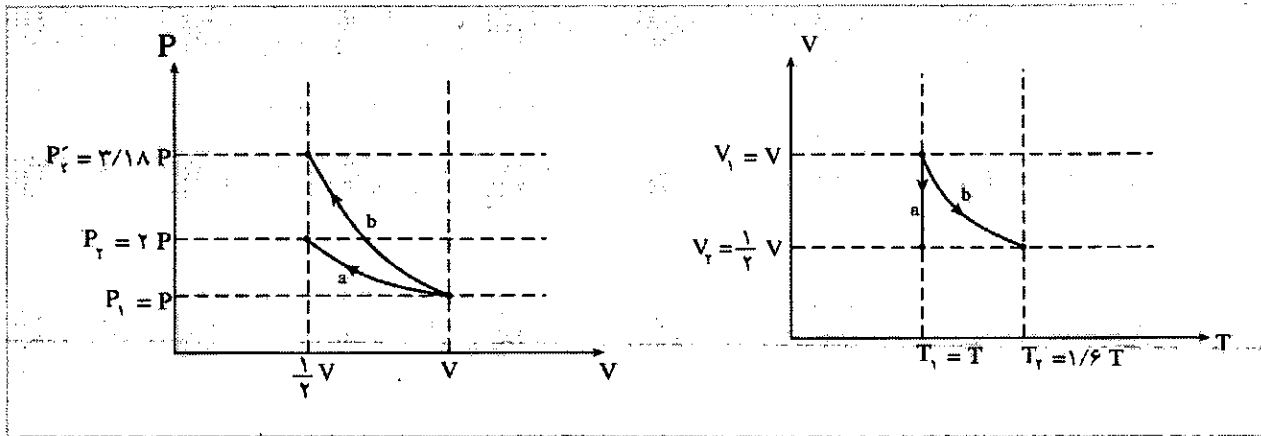
دما و فشار ثانویه فرایندی دررو:

$$P'_T = \left(\frac{V_1}{V_T}\right)^\gamma \cdot P_1 = (\gamma)^{\gamma PV} \cdot P_1 \Rightarrow P'_T = 3/18 P_1$$

$$P_T = \left(\frac{V_1}{V_T}\right) P_1 \Rightarrow P_T = 2 P_1 \quad \text{در تراکم تک دما:}$$

$$T_T = \left(\frac{V_1}{V_T}\right)^{\gamma-1} T_1 = (\gamma)^{\gamma PV - 1} T_1 \Rightarrow T_T = (\gamma)^{\gamma PV} T_1 \Rightarrow T_T = 1/6 T_1$$

فرایند	روابط	V_1	T_1	P_1	V_2	T_2	P_2
تراکم تک دما	مقدار ثابت $PV =$	V	T	P	$\frac{1}{2}V$	T	$2P$
	$T =$ ثابت						
تراکم بی دررو	مقدار ثابت $TV^{\gamma-1} =$	V	T	P	$\frac{1}{2}V$	$1/6 T$	$3/18 P$
	مقدار ثابت $PV^\gamma =$						



۴۶

مراجع:

1. University physics. Sears, Francis. w, Zemansky Seventh edition, Addison- wesley. 1987
2. Fundamental of physics I. B. M. yavorsky & A. A. pinsky Mir Publishers Moscow 1974

ادوین دن برگ و جوور نونز و
آلفرد و گوی ریت

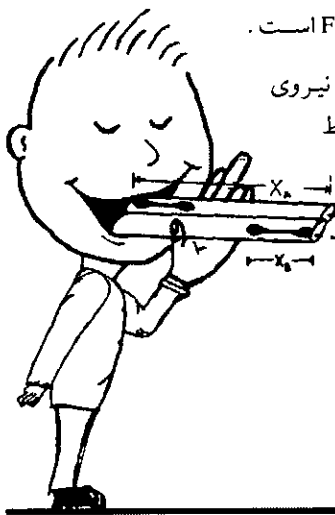
گوش پاک کن (پرتابه)، اندازه حرکت و ضربه

(گوش پاک کن B). دو نی را در دهان قرار دهید و در آن‌ها
بدمید (شکل).

وقتی دو دانه گوش پاک کن از نی‌ها می‌افتند، یکی دورتر
و دیگری نزدیک‌تر فرود می‌آید. ضربه
وارد شده به گوش پاک کن‌ها به ترتیب

$$\int F(t)dt = Ft_A \text{ و } Ft_B \text{ است.}$$

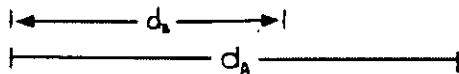
در اینجا F احتمالاً نیروی
ثابت است که توسط



در کنفرانس معلمان فیزیک که در شهر سیبو (Cebu) برگزار
شد، یک ژاپنی، اندازه حرکت و ضربه را با آزمایش ساده‌ای
نمایش داد. نمی‌توانیم آزمایش را بیش از این شرح دهیم و هرگز
هم آن را به صورت چاپ شده مشاهده نکردیم. پس از اینکه
نونز (Nunez) به عنوان یک دانش‌آموز - مؤلف، این آزمایش را
در یک امتحان درباره آرائه آزمایش‌ها نمایش داد، اندیشه کیفی
ما تبدیل به آزمایش کمی شد و حتی امکان‌هایی برای پژوهش
دانش‌آموز کشف کردیم. آزمایش نیز به اندازه تکالیف خانه
سودمند است، چون وسایل مورد استفاده آن عمومی و قابل
دسترسی می‌باشد. وسایلی از قبیل گوش پاک کن (میله باریک
پلاستیکی که دو سر آن پنبه دارد و گوش را با آن پاک کنند) چند
نی (نوشابه خوری) و یک خط کش.

شرح آزمایش

دو عدد نی و دو عدد گوش پاک کن انتخاب
کنید. یکی از گوش پاک‌کن‌ها را داخل یک نی
به گونه‌ای قرار دهید که نزدیک دهان قرار
گیرد. (گوش پاک کن A). گوش پاک کن
دیگر را به نحوی وارد نی بعدی کنید
که دور از دهان قرار گیرد.



فشار هوا به گوش پاک کن وارد می شود. و t_B و t_A به ترتیب مدت زمانی است که گوش پاک کن های A و B با شتاب گرفتن در نی حرکت می کنند. واضح است که $t_A > t_B$ است، چون A ضربه بیشتری را دریافت می کند از درون نی با سرعت بیشتری بیرون می رود و در نتیجه مسافت بیشتری را طی می کند.

آزمایشگاه

توصیف کمی: با به کار بردن قوانین حرکت پرتابی و بدون در نظر گرفتن مقاومت هوا روی گوش پاک کن های سبک، حداکثر مسافت [افقی] طی شده در هوا قبل از فرود به زمین را می توان به صورت زیر محاسبه نمود: $h = \frac{1}{2}gt^2$ (ارتفاع دهان مشخص دهنده نسبت به زمین). بنابراین:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (1)$$

بنابراین: $d = v_x t = v_x \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (حداکثر مسافت طی شده).
بنابراین:

$$v_x = d \sqrt{\frac{g}{2h}} \quad (2)$$

در نتیجه اندازه حرکت در جهت افقی در لحظه فرود عبارت است از:

$$mv_x = md \sqrt{\frac{g}{2h}} = Ft \quad (3)$$

که F نیروی ثابت فشار هوا (به فرض) و t زمانی است که طول می کشد تا گوش پاک کن در نی شتاب بگیرد.

با فرض اینکه نیروی ثابت و بنابراین شتاب $(\frac{F}{m})$ ثابت است، این بار می توان t را به صورت زیر بیان نمود:

$$t = \sqrt{\frac{2x}{F/m}}$$

که x در این رابطه مسافت طی شده در نی می باشد.

پس:

$$mv_n = md \sqrt{\frac{g}{2h}} = F \sqrt{\frac{2x}{F/m}} = \sqrt{2x} Fm \quad (4)$$

حال با فرض اینکه مقاومت هوا و تأثیر آن روی گوش پاک کن ها ناچیز است، می توانیم برد گوش پاک کن را با مسافت طی شده x در نی ارتباط دهیم. در ضمن فرض بر این است که گوش پاک کن ها دقیقاً به صورت افقی پرتاب شده اند. در آزمایش با استفاده از یک تراز بایستی اطمینان حاصل کرد. نسبت مسافت های گوش پاک کن در انتهای نی (x_B) و ابتدای نی و نزدیک دهان (x_A) به صورت زیر می باشد.

$$\frac{x_B}{x_A} = \left(\frac{d_B}{d_A}\right)^2 \quad (5)$$

که در آن d_B برد گوش پاک کن است که در انتهای (B) نی قرار گرفته و d_A نیز برد گوش پاک کنی است که نزدیک دهان (A) واقع شده است. اگر از مقاومت هوا صرف نظر کنیم، آنگاه این نسبت مستقل از نیروی دَمش می باشد. اگر نیروی مقاومت هوا را در محاسبات منظور کنیم، این نسبت وابسته به سرعت اولیه می شود و به دنبال آن برد هر گوش پاک کن نیز متفاوت خواهد بود.

(توجه: بدست آوردن معادله 5 با استفاده از قضیه کار و انرژی سریع تر و راحت تر است، اما اینجا تأکید روی ضربه و اندازه حرکت می باشد.)

نتایج بدست آمده از آزمایش های اولیه:

اطلاعاتی به شرح زیر حاصل شد:

$$x_A = 20/4 \text{ cm} \quad (\text{گوش پاک کن نزدیک دهان})$$

$$x_B = 7/6 \text{ cm} \quad (\text{گوش پاک کن انتهایی دیگر نی}), \text{ طول}$$

گوش پاک کن

$$\frac{x_B}{x_A} = \left(\frac{d_B}{d_A}\right)^2 = 0/37$$

بنابراین نسبت قابل انتظار:

نسبت واقعی بدست آمده طی 20 آزمایش در ارتفاع 5/

۱ متری برابر 0/38 بود با یک انحراف معیار 0/07

(20 درصد خطا). نتایج بعدی از گروه های مختلف

دانش آموزی تغییر و خطای بیشتری نشان می دادند. بنابراین

آزمایش های دیگری انجام دادیم.

نتایج حاصل آزمایش های ثانویه:

در اینجا گوش پاک کن ها را با اضافه کردن یک سوزن



به جلوی آنها تبدیل به خنجر کردیم. و با استفاده از مقوا و روزنامه در روی زمین محلی برای فرود آمدن آنها آماده شد. این مسئله باعث کاهش خطا در اندازه گیری برد d گردید. علاوه بر آن نیروی دم‌ش به سه دسته تقسیم بندی شدند. کم، متوسط و زیاد. با استفاده از نی‌های دیگر نسبت $\frac{x_B}{x_A}$ معادل $0/46$ حاصل گردید. حدود 13 پرتاب میانگین، نسبت $\frac{(d_B)^2}{(d_A)^2}$ معادل $0/48$ با انحراف معیار حدود $0/03$ تولید نمود (کمتر از 10 درصد خطا) در این موارد از دمیدن ملایم استفاده شد. دمیدن زیاد و شدید میزان خطاهای ایجاد شده را افزایش می‌داد. بنابراین معادله 5 نتایج را به خوبی در گستره نیروی متوسط دم‌ش پیش بینی می‌کند. آزمایش‌ها هم با نی بلند و هم با نی کوتاه نتایجی با کمتر از 10 درصد خطا پیش بینی شده را نشان داد. ما هم چنین خطاهای کاتوره‌ای را توسط پرتاب هر دو گوش پاک‌کن از قسمت نزدیک به دهان در نی‌ها اندازه گرفتیم و تغییر کاتوره‌ای بین آنها را معلوم کردیم. اختلاف بین صفر تا 26 سانتی متر و در یک برد 350 سانتی متری بود. متوسط اختلاف 10 سانتی متر بود. (3 درصد).

بررسی احتمالات

هر کدام از فرضیات در بدست آوردن معادله 5 می‌توانند موضوعی باشند برای بررسی آزمایش و آزمایش گوش پاک‌کن را تبدیل به موضوعی برای تحقیق دانش‌آموزان کنند. در اینجا فرضیات متفاوت و پیشنهادهاى عمده‌ای ارائه کرده‌ایم که افکار دانش‌آموزان را ارتقاء و خلاقیت می‌بخشد.

الف- در معادلات 1 و 2 فرض بر این است که مقاومت عمودی هوا وجود ندارد. بنابراین زمان سقوط گوش پاک‌کن ربطی به شکل و جرم آنها ندارد. در صورتیکه وقتی شما یک گوش پاک‌کن را هم‌زمان با یک تکه گچ از یک ارتفاع یکسان رها می‌کنید، ابتدا قطعه گچ به زمین می‌رسد. در نتیجه فرضیات نادرست از کار درمی‌آیند. و زمان پرواز طولانی‌تر از آن است که در معادله 1 آمده است. این مسئله را می‌توان با انجام دادن آزمایش در ارتفاعات مختلف بیشتر مورد بررسی قرار داد. (در همه آزمایش‌ها A و B باید یکسان باشند.)

ب- برای بدست آوردن معادله 5 فرض بر این است که نیروی خالص [برآیند نیروها] شتاب دهنده به گوش پاک‌کن‌ها برای A و B به یک اندازه است. اگر از

اصطکاک‌ها درون نی صرف‌نظر نشود، آنگاه A بیشتر از B تحت تأثیر اصطکاک قرار می‌گیرد و نسبت معادله 5 بزرگتر می‌شود. شما می‌توانید این فرض را با دمیدن در 3 نی یا بیشتر با طول‌های متفاوت در یک زمان امتحان کنید. دانش‌آموزان وقتی دریابند که دوبرابر کردن طول نی منجر به دو برابر شدن نسبت طول برد نمی‌گردد بلکه نسبت $\sqrt{2}x$ به دست می‌آید، تعجب خواهند کرد.

پ- دانش‌آموزان همچنین می‌توانند آزمایش کنند که آیا نیروی دم‌ش F مستقل از طول نی است؟ که البته بایستی چنین هم باشد. برای انجام این کار باید سه نی با طول‌های متفاوت در نظر گرفت و گوش پاک‌کن‌ها را در انتهای هر کدام از آنها قرار داد.

ج- در دمیدن با فشار کم، اصطکاک درون نی‌ها بزرگتر می‌گردد و این مسئله باعث بزرگتر شدن مقدار $(\frac{d_B}{d_A})^2$

می‌شود. این امر هنگامی نمایانگر می‌شود که آرامتر در نی‌ها بدمیم. اما چگونه می‌توان این نوع دمیدن کم را اندازه گرفت و چگونه می‌توان اصطکاک را در توضیحات نظری وارد نمودها یک جاروبرقی با عملکرد برعکس (بجای مکیدن بعضی از جاروبرقی‌ها سیستم دمیدن هم دارند) و یا یک دمنده هوا [تخت هوا] با دهنی‌های متفاوت می‌توانند دمنده‌های قابل کنترل باشند. اما هنگام آزمایش با یک خشک‌کن [مشوار دم‌تی] و یک دمنده هوا با کیفیت پایین کوشش‌های ما شکست خورد. دهان انسان خیلی قدرتمندتر است.

د- دانش‌آموزان می‌توانند از وسیله سرگرمی دیگر نیز استفاده کنند: پرتاب دانه لوبیا با لوله PVC و استفاده کردن از نی‌های دیگر با اصطکاک کمتر و استفاده از تفنگ‌های اسباب بازی با گلوله‌های متفاوت و غیره.

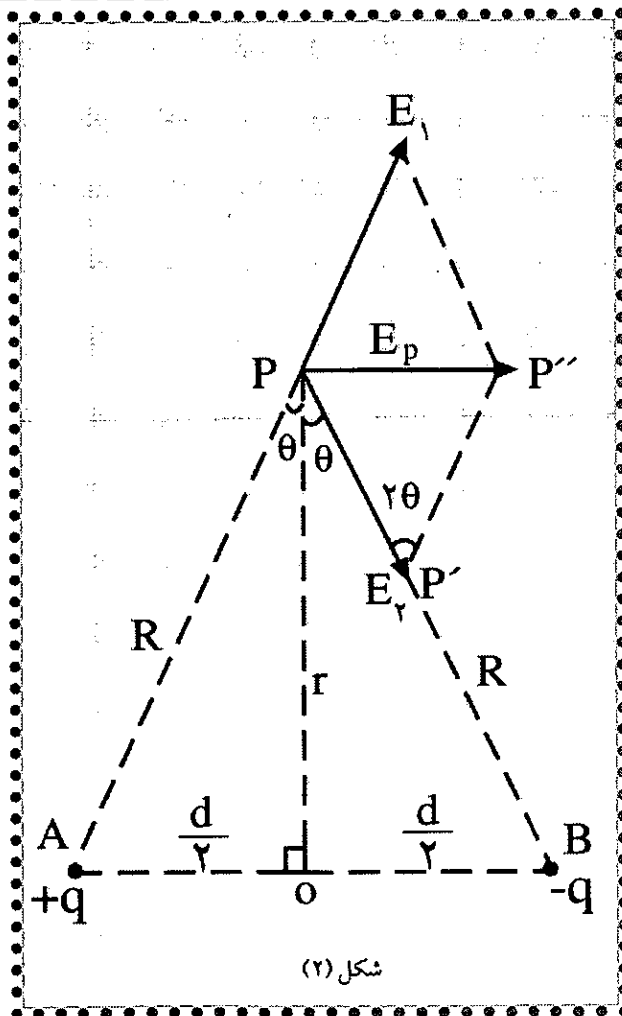
ه- آزمایش‌ها را می‌توان با دستگاه‌های پیشرفته‌تر انجام داد، اتصال به سنسورها، کامپیوتر، استفاده از دوربین‌های ویدیویی و نرم افزارهای ویدیویی و... برای مثال یک دریچه عکاسی در دهانه خروجی نی قرار دهید تا سرعت اولیه را اندازه بگیرید. خوش بگذرد.

مرجع:

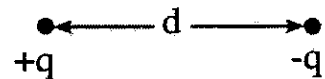
میدان الکتریکی میدان الکتریکی یک دوقطبی دوقطبی الکتریکی الکتریکی

حسن قلمی باویل علیایی

۱۰۴
۳۴



در این مقاله سعی شده است که میدان الکتریکی یک دوقطبی الکتریکی در فاصله های بسیار دور محاسبه شود. به دو ذره باردار با بارهای مساوی ولی مخالف که در فاصله معین نسبت به هم قرار دارند دوقطبی الکتریکی گویند. در شکل (۱) یک دوقطبی الکتریکی با بارهای $+q$ و $-q$ که در فاصله d نسبت به یکدیگر قرار دارند نشان داده شده است.



شکل (۱)

می خواهیم میدان الکتریکی دوقطبی را در فواصل بسیار دور به روی الف - عمود منصف دو بار الکتریکی ب - در هر نقطه دلخواه از فضا محاسبه نماییم.

الف - محاسبه میدان الکتریکی دوقطبی به روی عمود منصف دو بار الکتریکی

دو بار الکتریکی $+q$ و $-q$ به ترتیب در دو نقطه A و B قرار گرفته اند فاصله این دو بار از یکدیگر برابر d می باشد.

$$E_p = \frac{kqd}{R^2} \quad (3)$$

اما مقدار R را می توان بر حسب d (فاصله دو بار الکتریکی) و r (طول پاره خط عمود منصف) نوشت

$$R = \left(r^2 + \frac{d^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$R^2 = \left(r^2 + \frac{d^2}{4}\right)^{\frac{r}{2}}$$

$$R^2 = r^2 \left(1 + \frac{d^2}{4r^2}\right)^{\frac{r}{2}}$$

در فواصل بسیار دور می توان از جمله $\frac{d^2}{4r^2}$ به علت کوچک

بودن صرف نظر کرد. بنابراین

$$R^2 \approx r^2 \quad (4)$$

با جایگذاری معادله (4) در معادله (3) خواهیم داشت

$$E_p = \frac{kqd}{r^2} \quad (5)$$

ب - محاسبه میدان الکتریکی یک دوقطبی در یک نقطه دلخواه از فضا

می خواهیم میدان الکتریکی یک دوقطبی را در فاصله r از مرکز دوقطبی و تحت زاویه ϕ محاسبه نماییم. (شکل 3)

می خواهیم میدان الکتریکی این دو بار را به روی عمود منصف پاره خط AB - یعنی در نقطه P - محاسبه نماییم. ابتدا جهت میدان الکتریکی دو بار را در نقطه P پیدا می کنیم. این دو بار، میدان های E_1 و E_2 در نقطه P به وجود می آورند که برآیند این دو میدان را E_p می نامیم. اگر زاویه $\angle OPB = \theta$ را بنامیم ب راحتی می توان ثابت کرد که زاویه $\angle PP'P'' = 2\theta$ می باشد. در مثلث متساوی الساقین $PP'P''$ می توان E_p را از رابطه زیر بدست آورد.

$$E_p^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2\cos 2\theta \quad (6)$$

در رابطه فوق $E_1 = E_2$ برابر است زیرا اندازه بارها و فاصله

بارها تا نقطه P یکسان می باشد بنابراین:

$$E_1 = E_2 = \frac{kq}{R^2} \quad (7)$$

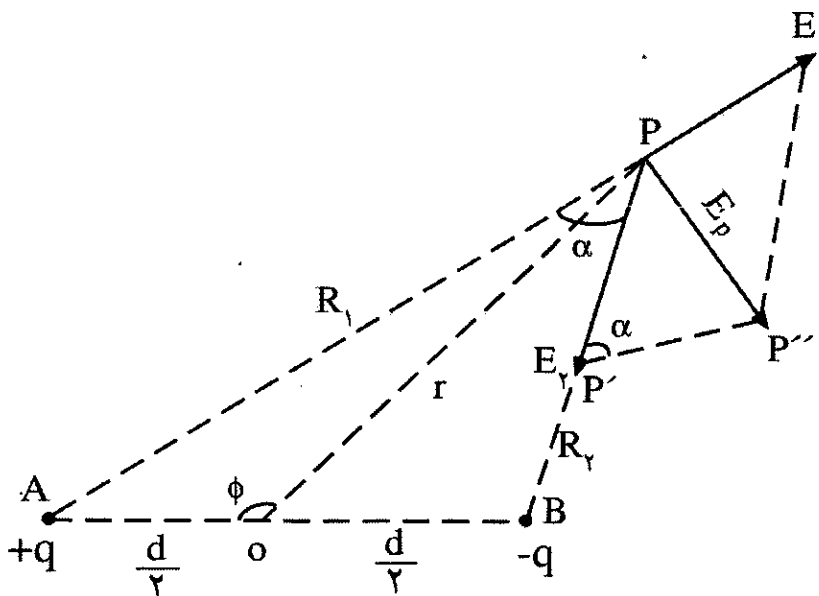
با ترکیب دو معادله (1) و (2) و ساده سازی آن خواهیم داشت.

$$E_p = 2 \frac{kq}{R^2} \sin \theta$$

با توجه به مثلث قائم الزاویه OPA می توان نوشت

$$\sin \theta = \frac{d}{2R}$$

بنابراین خواهیم داشت



شکل (3)



$$(R_1 - R_2)^2 = \left[\frac{R_1^2 - R_2^2}{R_1 + R_2} \right]^2 = \left[\frac{2rd \cos \phi}{2r} \right]^2 = d^2 \cos^2 \phi \quad (13)$$

معادله‌های (۱۰) و (۱۱) و (۱۳) را در معادله (۹) جایگذاری می‌کنیم

$$E_p^2 = \frac{k^2 q^2}{r^4} \left\{ (-2rd \cos \phi)^2 + r^2 [d^2 - d^2 \cos^2 \phi] \right\}$$

پس از ساده کردن خواهیم داشت

$$E_p^2 = \frac{k^2 q^2 d^2}{r^2} (1 + 2 \cos^2 \phi) \quad (14)$$

همانطور که از رابطه اخیر پیدا است شدت میدان الکتریکی یک دو قطبی در فواصل دور متناسب با $\frac{1}{r^2}$ می‌باشد در صورتیکه شدت میدان الکتریکی یک بار نقطه‌ای متناسب با $\frac{1}{r}$ است.

اگر در معادله اخیر $\phi = 0^\circ$ باشد به معادله (۵) خواهیم رسید و اگر $\phi = 90^\circ$ در نظر گرفته شود به رابطه $E_p = \frac{2kqd}{r^2}$ خواهیم

رسید. رابطه اخیر شدت میدان الکتریکی یک دو قطبی را در راستای خط واصل دو بار الکتریکی نشان می‌دهد.

معادله (۱۴) شدت میدان الکتریکی یک دو قطبی الکتریکی را در هر نقطه از فضا با تقریب اول می‌دهد. ما می‌توانیم تقریب‌های بکار رفته را با دقت بیشتری بیان کنیم و به پاسخ دقیقتری برسیم. این کار را به عنوان تمرین به عهده خواننده واگذار می‌کنیم.

ابتدا جهت میدان الکتریکی ناشی از بارهای $+q$ و $-q$ را در نقطه P پیدا می‌کنیم و سپس برآیند آنان را به کمک روش متوازی الاضلاع ترسیم می‌کنیم. با توجه به شکل می‌توان به راحتی ثابت کرد که $\angle pp'p = \angle APB$ می‌باشد، ما این دو زاویه را α می‌نامیم. در مثلث مختلف الاضلاع "pp'p" می‌توان نوشت

$$E_p^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2E_1 E_2 \cos \alpha \quad (6)$$

در رابطه فوق E_1 و E_2 به ترتیب شدت میدان الکتریکی بارهای $+q$ و $-q$ در نقطه P می‌باشد. بنابراین

$$E_1 = \frac{kq}{R_1^2}, E_2 = \frac{kq}{R_2^2} \quad (7)$$

معادلات (۷) را در معادله (۶) جایگذاری می‌کنیم و سپس از جمله $\frac{kq^2}{R_1^2 R_2^2}$ فاکتور می‌گیریم.

$$E_p^2 = \frac{k^2 q^2}{R_1^2 R_2^2} [R_1^2 + R_2^2 - 2R_1 R_2 \cos \alpha] \quad (8)$$

در مثلث ABP داریم:

$$d^2 = R_1^2 + R_2^2 - 2R_1 R_2 \cos \alpha$$

از معادله اخیر $\cos \alpha$ را محاسبه می‌کنیم و در معادله (۸) جایگذاری می‌کنیم.

$$E_p^2 = \frac{k^2 q^2}{R_1^2 R_2^2} [R_1^2 + R_2^2 - R_1 R_2 (R_1^2 + R_2^2 - d^2)]$$

معادله فوق را می‌توان بصورت معادله زیر بازنویسی نمود:

$$E_p^2 = \frac{k^2 q^2}{R_1^2 R_2^2} \left\{ (R_1^2 - R_2^2)^2 + R_1 R_2 [d^2 - (R_1 - R_2)^2] \right\} \quad (9)$$

در دو مثلث OPA و OPB می‌توان روابط زیر را نوشت:

$$R_1^2 = r^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 - 2r\left(\frac{d}{2}\right) \cos \phi$$

$$R_2^2 = r^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 + 2r\left(\frac{d}{2}\right) \cos \phi$$

اگر دو رابطه فوق را از همدیگر کم کنیم خواهیم داشت:

$$R_1^2 - R_2^2 = -2rd \cos \phi \quad (10)$$

در فاصله‌های بسیار دور می‌توان از تقریب‌های زیر استفاده نمود:

$$R_1 R_2 = r^2 \quad (11)$$

$$R_1 + R_2 = 2r \quad (12)$$

با توجه به معادله‌های (۱۰) و (۱۱) و (۱۲) می‌توان نوشت:

استفاده از فیلم اُدیسه سال ۲۰۰۱ در تحلیل ماشین‌های فضائی چرخان در کلاس درس

جیمز بورگ والد-سدرز نشراین
مترجم: صمد غلامی



جنبه‌های گوناگون فیلم، کارگردان (استانلی کوبریک) تصمیم گرفت آنچه را که به وقوع می‌پیوندد، تشریح نکند. به جای آنکه یک شخصیت در فیلم، فیزیک اجسام چرخان را تشریح نماید، به سادگی آنها را به ما نشان می‌دهد. و می‌گذارد که خودمان نتیجه‌گیری کنیم.

این صحنه‌های موجود در فیلم که هم به صورت ویدیو و هم به صورت لوح‌های لیرزی در دسترس هستند، منابع بسیار خوبی برای تشریح قوانین فیزیک در کلاس درس هستند. علاوه بر آن اندازه‌گیری‌های دانشجو روی صفحه تلویزیون، همراه با اطلاعات فنی از سازندگان فیلم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد تا از میزان دوران نشان داده شده در فیلم برای شتاب منطقی در شبیه‌سازی گرانی آگاهی یابیم.

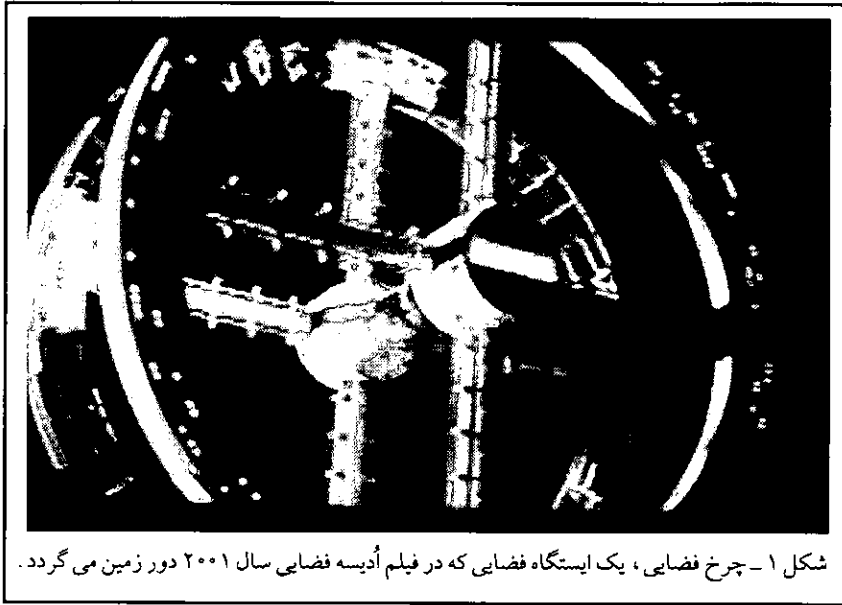
چرخ فضایی

در فیلم، چرخ فضایی در یک ایستگاه فضایی قرار دارد که دور زمین می‌چرخد و

از دوران برای خلق گرانی مصنوعی، این فیلم صادقانه با موضوع برخورد کرده است، در حالی که در فیلم‌های دیگر فرض بر این گذاشته شده است که یک منبع غیرقابل توصیف گرانی روی وسایل فضائی اثر می‌گذارند. در دوره فیزیک مقدماتی فقط از صحنه‌های کوتاه فیلم در کلاس استفاده شدند، تا به صورتی هیجان‌انگیز روی مفهوم شتاب مرکزگرا، شتاب مرکزگریز و دشواری‌هایی که معمولاً دانشجویان با این مفاهیم و موضوع دارند، تأکید شود.

در دو صحنه به یاد ماندنی فیلم اُدیسه فضایی از دوران و چرخش برای گرانی مصنوعی استفاده شده است. چرخ فضایی در بالای زمین، در ابتدای فیلم و همچنین فضانوردی که در انتها فیلم در سفینه در حال دوی آهسته است. هر دو این صحنه‌ها قابل توجه هستند، چون از دوربین‌های مختلف استفاده شده تا از چارچوب‌های مرجع مختلف از یک موضوع تصویربرداری شود. با توجه به

ما اخیراً در کلاس درس از یک فیلم علمی تخیلی کلاسیک یعنی اُدیسه ۲۰۰۱ در دو دوره مختلف استفاده کردیم. یک بار در یک دوره عمومی و یک بار نیز در درس مربوط به فیزیک پایه مقدماتی. درس اول یک درس جدید برای دانشجویانی بود که رشته اصلی آنها علوم نبود و برای آنها این مسئله تازگی داشت. هر درس طوری طراحی شده بود که با نمایش فیلم‌های علمی تخیلی به عنوان یک وسیله اصلی، بتوانند اصول علمی را آموزش دهد. اگرچه ما پیش از این برای نشان دادن علوم نادرست علمی، از چندین فیلم استفاده کرده بودیم، اما اُدیسه فضایی نمونه عالی از فیلمی است که معمولاً علم را به درستی به کار می‌برد، گرچه در آن اشکالات فنی بسیار جزئی وجود دارد، ولی با وجود این، هنوز از سایر آثار علمی و فیلم‌های فضائی اخیر (جنگ ستارگان، راه پیمایی در ستارگان، بیگانگان و غیره) در توصیف صحیح پروازهای فضایی، یک سر و گردن بالاتر است. برای مثال، در مورد استفاده



شکل ۱ - چرخ فضایی، یک ایستگاه فضایی که در فیلم اُدیسه فضایی سال ۲۰۰۱ دور زمین می گردد.

به عنوان ایستگاهی در میان راه برای مسافرت به ماه مورد استفاده قرار می گیرد. ایستگاه فضایی به صورت یک چرخ دوتایی نمایش داده شده است، که یک چرخ آن هنوز در دست ساخت است. (شکل ۱). چهار «پره» هر چرخ را به مرکز متصل می کنند، که در آن شاتل ها فرود می آیند. تمام این ساختار و سازه ها در حال چرخش و دوران می باشند تا یک گرانی مصنوعی در دیواره خارجی چرخ به وجود آید. مردمی نشان داده می شوند که در داخل چرخ در حال راه رفتن روی دیواره خمیده هستند. از دید افراد داخل که یک چارچوب مرجع چرخان است، یک شتاب مرکزگرا و به طرف خارج وجود دارد که از رابطه $\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$ به دست می آید که در آن ω سرعت زاویه ای چرخ و \vec{r} بردار شعاعی به نقطه روی لبه خارجی چرخ است. (شکل ۲). این شتاب خارجی یک گرانی مصنوعی برای افراد داخل ایجاد می کند.

در روی لبه اندازه شتاب:

$a_c = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$ است که در آن v سرعت نقطه ای روی لبه چرخ است. بر طبق نظر فردریک اوردوی سوم III، مشاور علمی فیلم، فرض بر این است که شعاع چرخ ۱۰۰۰ فوت باشد. در نمای اول، چرخ

بیش از $\frac{1}{4}$ مسیر یک دوران کامل را می پیماید. اگر پره های چرخ را به عنوان مرجع به حساب آوریم و یک خط کش در مقابل صفحه تلویزیون نگاه داریم، به سادگی می توانیم زمان $\frac{1}{4}$ دور چرخ را محاسبه نماییم. به علاوه با توجه به اینکه به طور استاندارد در هر ثانیه ۲۴ تصویر در فیلم وجود دارد، در نمایش فیلم توسط لوح لیزری، از تصویرهای شمارش گذاری شده نیز می توان برای محاسبه زمان استفاده کرد. همه اندازه گیری های گزارش شده در این مقاله بر مبنای فیلم به صورت لوح لیزری است.

بر اساس ۱۰ اندازه گیری ما دریافتیم که دوره دوران چرخ فضایی برابر است با

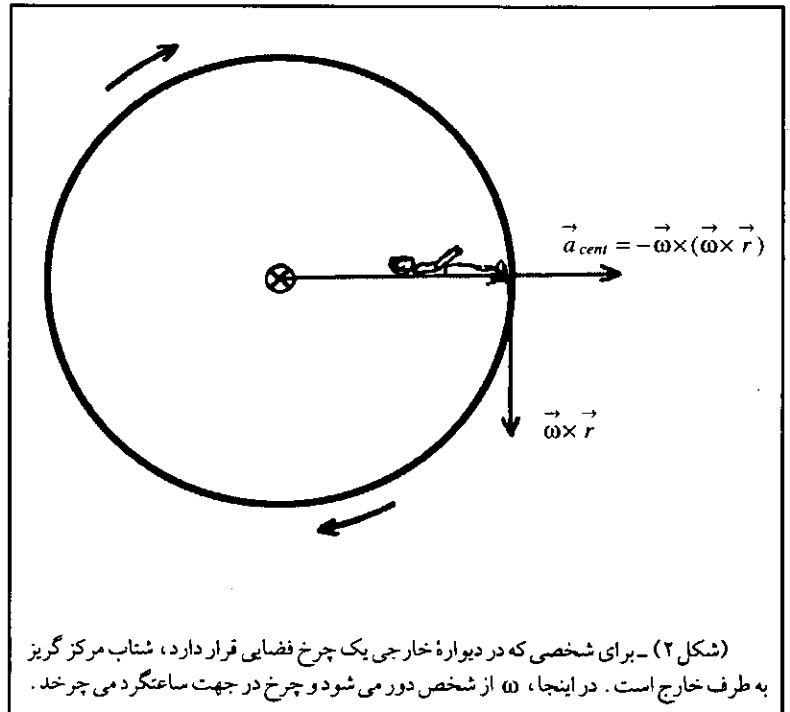
$$T = (55.10 \pm 0.2) S \quad (1)$$

با حرکت در گام های یک تصویری،

ابتدا و انتهای $\frac{1}{4}$ چرخش را می توان در سه تصویر فیلم مشاهده کرد. با شمارش تصویرها، درمی یابیم که دوره چرخش باید برابر باشد با

$$T = (55.3 \pm 0.2) S \quad (2)$$

این روش مشکلات پیش بینی و زمان



(شکل ۲) - برای شخصی که در دیواره خارجی یک چرخ فضایی قرار دارد، شتاب مرکزگریز به طرف خارج است. در اینجا، ω از شخص دور می شود و چرخ در جهت ساعتگرد می چرخد.

استفاده از فیلم آدیسه سال ۲۰۰۱ استفاده از فیلم ۱

واکنش را ندارد. این امکان وجود دارد که دارای خطاهایی تعیین نشده ناشی از روش توقف تصاویر را داشته باشد. چون در نمایش آهسته و تک به تک تصاویرها فضایی کوچک و ناچیز بین هر تصویر از دست می رود. پیشنهاد می کنیم دانشجویان زمان را مستقیماً اندازه گیری کنند و زمان هر تصویر را *تکه تکه جدا جدا* کنند.

اندازه شتاب مرکز گریز در لبه خارجی را می توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$a_c = \omega^2 r = \frac{v^2}{r} \quad (3)$$

اگر $r = 152 \text{ m}$ و $T = 55/0 \text{ s}$ بگیریم، شتاب حاصل برابر است با:

$$a_c = (1/99 \pm 0/1) \frac{m}{s^2} \quad (4)$$

این نشانگر گرانی مصنوعی $0/2g$ است که g شتاب گرانی در سطح زمین است. اگرچه این مقدار در نظر اول ممکن است کم به نظر برسد، اما به گفته اوردوی شتاب های گرانی در واقع $0/2g$ است. دلیل آن جور شدن با گرانی ماه است تا افراد به گرانی کم آن عادت کنند. دلیل این تنها مشکل فنی در فیلم آن است که افراد به رغم این مقدار کم به صورت کاملاً عادی حرکت می کنند. این افراد در هنگام راه رفتن بالا و پائین نمی پرند و مانند روی زمین حرکت می کنند. (اما باید توجه کنیم که فیلم در سال ۱۹۶۸، پیش از اینکه انسانها در حال راه رفتن واقعی روی ماه مشاهده شوند، به نمایش درآمد).

دستگاه مرکز گریز دیسکاواری

در قسمت دیگری از فیلم، در مأموریت فضایی دیسکاواری به مشتری فضای کار و زندگی فضانوردان در داخل چرخ دورانی دیگری قرار دارد. این بار این

کل وسیله نیست که می چرخد، بلکه یک دستگاه مرکز گریز نسبتاً بزرگ، در داخل مدول فرماندهی در قسمت جلو سفینه در حال چرخش است. در حالی که هدف از دوران، تولید گرانی مصنوعی کافی برای راحت تر کردن زندگی به نظر می رسد، اما اوردوی می گویند که ابتدا این طور برنامه ریزی شده بود که یک شتاب پایدار و ثابت $0/2g$ تا $0/3g$ به وجود آید. در هنگام فیلم برداری از صحنه ها، یک چرخ بزرگ واقعی به شعاع 38 فوت ساخته شد که در آن موقع یکی از بزرگ ترین جلوه های ویژه محسوب می شد.

در یک صحنه، که فقط یک برداشت انجام می گرفت، یک فضانورد در حال دوی آهسته دور تا دور دیواره داخلی چرخ است. در استودیو برای فیلمبرداری کردن این صحنه، چرخ با همان شتاب زاویه ای که همیشه در آن به آهستگی می دوید، چرخانده شد. مانند سنجابی که در قفس می دود. در شرایط واقعی اینکه دستگاه از مرکز گریز با این سرعت زاویه ای بچرخد فقط یک تصادف است، اما سازندگان فیلم آن را برای سرعت زاویه ای واقعی در صحنه انتخاب کردند. این را می توان اندازه گیری کرد، چون روش مستقل و جداگانه ای برای اندازه گیری سرعت زاویه ای وجود دارد. در صحنه های بعدی، یک فضانورد دیگری در یک میل گردان مرکزی، چهار دست و پا و آهسته می خزد؛ در این حال، چرخ، در حال چرخش نیست. دوربین این وضعیت را از دید دستگاه مرکز گریز فیلمبرداری کرده است و سرعت زاویه ای ظاهری میل گردان قابل اندازه گیری است.

اندازه گیری سرعت آهسته دیدن با چند نقطه مناسب در کف مدل، ساده می شود. با اندازه گیری مستقیم، زمان

به صورت زیر محاسبه می شود.

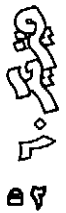
$$T = (23/8 \pm 0/1) s \quad (5)$$

اگر «کف» دستگاه مرکز گریز دارای قطر 38 فوت باشد، در این صورت دوره اندازه گیری شده شتاب گریز از مرکز را چنین می دهد:

$$a_c = (0/4 \pm 0/1) \frac{m}{s^2} \quad (6)$$

یا حدود $0/4g$. این شتاب برای شبیه سازی گرانی منطقی بسیار کوچک است، چون بسیار کوچک تر از اندازه معمول $0/2g$ تا $0/3g$ است. یک گرانی مصنوعی به مقدار $0/4g$ فقط به میزان ناچیزی فضانوردان را به «پائین» می کشد، در هر صورت آنها قادر نخواهند بود چنانکه در فیلم نمایش داده شده است، آهسته بدونند. چرا آخرین مرحله فیلم ارزش کمی برای گرانی مصنوعی خارج از سفینه دیسکاواری قائل شده است؟ توضیح این مطلب را فقط در کمبود بودجه و منابع مالی می توان یافت! اوردوی می گویند آنها در ابتدا دستگاه مرکز گریزی به شعاع 300 فوت در نظر گرفته بودند، اما بودجه کم بود و نتوانست آن را عملی سازد. وی می گوید: «بنابر این ما هرگز بطور واقعی ذکر نکردیم که شعاع چرخنی که می خواهیم با آن کار کنیم چقدر باید باشد: در حقیقت در هیچ زمانی نتوانستیم اندازه گیری ها و اعداد و ارقام خود را آشکار کنیم. آنچه که به نظر تماشاگر می آمد، مهم بود.» شاید این رفتار و نگرش برای فیلمی که می خواست تا جای ممکن در نمایش علوم و فناوری پروازهای فضایی دقیق و درست به نظر برسد غیر عادی باشد، اما برای اکثر مردم صحنه ها طبیعی به نظر می رسیدند.

اگر نیروی کوریولیس مورد توجه قرار گیرد، مشکل دیگری در این صحنه به وجود می آید از دیدگاه فضانورد در چارچوب های



برای تحقیق در اصول علمی ایجاد می کرد. آزمایشگاه ها در طول دوره یکی از امکاناتی بودند که توسط آنها بعضی از حقایق علمی را کشف می کردیم.

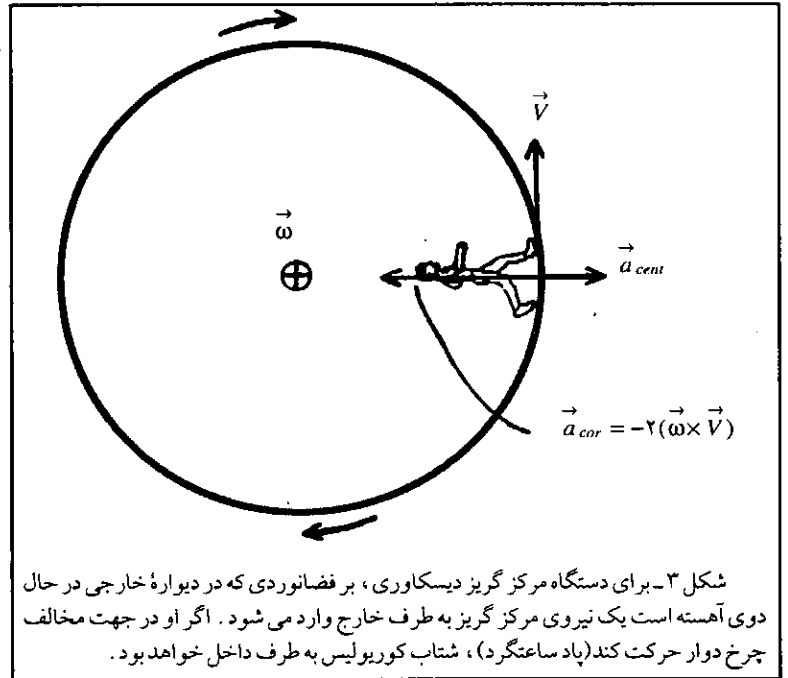
صحنه های موجود در آدیسه فضایی که با گرانی مصنوعی در ارتباط بودند برای تمرین در آزمایشگاه به اندازه کافی برای اهداف دوره مناسب نبودند. اما این صحنه ها برای نمایش در کلاس های درس مناسب بودند. اصل استفاده از دوران و چرخش به منظور تولید گرانی مصنوعی را دانشجویان در صحنه های جلوه های ویژه ای که در آن افراد در جداره داخلی وسایل چرخان آهسته می دیدند و مشاهده می کردند. سپس، دانشجویان دوره را در کلاس مستقیماً اندازه می گرفتند و شتاب ها را محاسبه می کردند تا نشان دهند حداقل برای صحنه های مربوط به چرخ فضایی مقدار آنها منطقی است.

در مرحله بعد، صحنه های چرخ فضایی بدون بقیه فیلم در دوره فیزیک مقدماتی در یک جلسه درباره شتاب مرکز گرا مورد استفاده قرار گرفتند. این صحنه را می توان خارج از متن فیلم نمایش داد. در صحنه اولیه در هنگام پرواز فضایی. پس از یک صحنه که افراد را در حال قدم زدن روی قسمت منحنی نشان می دهد، از دانشجویان خواسته شد که به پرسش ها زیر پاسخ دهند:

«مردم در کجا قدم می زدند؟»

«چرا کف زمین آنجا خمیده بود؟ کدام قسمت به طرف پائین بود؟ چرا آن قسمت به طرف پائین بود؟»

پاسخ دانشجویان نشان داد که آنها به شدت درگیر موضوع شده بودند و راجع به مفهوم شتاب مرکز گرا بسیار فکر کرده بودند. به نظر آنان مثال موجود در فیلم «واقعی تر» از توضیح های زنده کلاسی



شکل ۳- برای دستگاه مرکز گریز دیسکاواری، بر فرض نوردی که در دیواره خارجی در حال دوی آهسته است یک نیروی مرکز گریز به طرف خارج وارد می شود. اگر او در جهت مخالف چرخ دوار حرکت کند (پاد ساعتگرد)، شتاب کوریولیس به طرف داخل خواهد بود.

در صورتی که سرعت حرکت و چرخش آن برابر با سرعت حرکت و چرخش، چرخ کوچک تر باشد. در حالت دوی آهسته واقعی که از سرعت خطی یک نقطه روی لبه بسیار کوچک تر باشد، ($> 25 \text{ mph}$) شتاب کوریولیس کوچک تر از شتاب مرکز گریز خواهد بود.

استفاده در کلاس درس

ما از این صحنه های فیلم آدیسه فضایی سال ۲۰۰۱ در دو دوره مختلف استفاده کردیم. اولی دوره جدیدی بود به نام «علم و فیلم ها: خوب، بد، زشت» که در واقع آزمایشگاهی علمی برای دانشجویانی بود که رشته اصلی آنان علوم نبود. هدف اصلی استفاده از فیلم های علمی-تخیلی به عنوان منبعی برای تحقیق مفاهیم عمده علوم فیزیک بود. بحث های در کلاس تأکید بر این داشت که آیا در نمایش فیلم ایده ها و رویدادها، اصول علمی را به درستی نشان می دهد. علاقه دانشجویان به فیلم ها یک انگیزه طبیعی

مرجع دوار، شتاب کوریولیس از رابطه $-2(\omega \times V')$ به دست می آید که V' سرعت دوی آهسته فضانورد است. (شکل ۳) اگر فضانورد آهسته و در خلاف جهت چرخش دستگاه مرکز گریز آهسته بدود، جهت نیروی کوریولیس به سمت مرکز چرخ و خلاف جهت نیروی مرکز گریز است. به علاوه داریم: $\omega = \frac{V}{r}$ که V سرعت یک نقطه به فاصله r از مرکز چرخ است. چون سرعت های V و V' مساوی هستند، مقدار شتاب کوریولیس $\frac{2V^2}{r}$ یا دو برابر شتاب مرکز گریز است. حال شتاب کل به سمت مرکز چرخ است گرچه این شتاب هنوز ناچیز است. شگفت این که فضانورد در حال دویدن در جهت مخالف باشد. یک نیروی به طرف خارج را حس می کنند. پس نیروی کوریولیس به سمت خارج است و نیروی مرکز گریز را تقویت می کند.

لازم به ذکر است که یک دستگاه مرکز گریز به شعاع ۳۰۰ فوت شتابی در حدود $0.3g$ در لبه خارجی خواهد داشت

لخت، غیر چرخان، دشوار می‌یابند. فیلم برای دانشجویان این امکان را به وجود می‌آورد تا سوء تفاهم‌های خود را درباره شتاب مرکز گرا و مرکز گریز و سایر نیروها بررسی کنید آنها می‌توانستند خود را در صحنه در نظر بگیرند.

مرجع:

The physics Teacher, Vol. 31, OCT. 1993

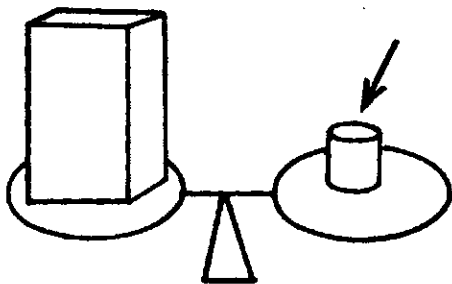
P. 406-9

غیر چرخان خارجی به آنها نگریسته شود و وقتی که از داخل یک چارچوب چرخان غیرلخت مورد توجه قرار گیرند مواجه شدند صحنه چرخ فضایی برای بحث بسیار مناسب است، چون، صحنه‌هایی را از هر دو چارچوب مرجع نشان می‌دهد. اغلب دانشجویان جدا کردن این احساس را جهت خارج «پایین» است (دیدگاه طبیعی در چارچوب مرجع دوار) از شناسایی نیروی مرکز گرای به طرف داخل به عنوان تنها نیروی واقعی قابل اندازه‌گیری در چارچوب

بوده است. شاید افراد در فیلم، حتی هنرپیشه‌ها در موقعیت‌های فرضی برای دانشجویانی که به تلویزیون و صفحه نمایش کامپیوتر عادت کرده‌اند، کمتر مجرد به نظر می‌آمدند. مطرح کردن این پرسش‌ها که: «کدام قسمت پائین بود؟ و سؤال بعدی که: نیروها چگونه و در چه جهتی اعمال می‌شوند؟» بسیار سازنده بود. در جستجو برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها و دانشجویان باید با تفاوت میان نیروها هنگامی که از یک چارچوب مرجع

فیزیک برای سرگرمی

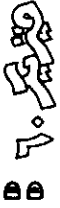
توهم درباره وزن



یک قوطی کنسرو خالی بزرگ را وزن کنید. یک قوطی کوچک پیدا کنید و در آن شن بریزید، تا جایی که وزن آن دقیقاً مساوی با وزن قوطی کنسرو خالی بزرگ شود. از یک نفر بخواهید تا تک تک قوطی‌ها را بلند کرده و به شما بگوید کدامیک سنگین‌تر است. باور نداشتن اینکه قوطی کوچک که در آن شن ریخته شده است از اولی بسیار سنگین‌تر است، ممکن نیست. در واقع، اغلب افراد باور ندارند که وزن قوطی‌های یکسان است، تا اینکه برای اثبات این مسئله ترازو بیاورید و هر دوی آنها را جلوی آنها وزن کنید تا دریابند وزن هر دو برابر است.

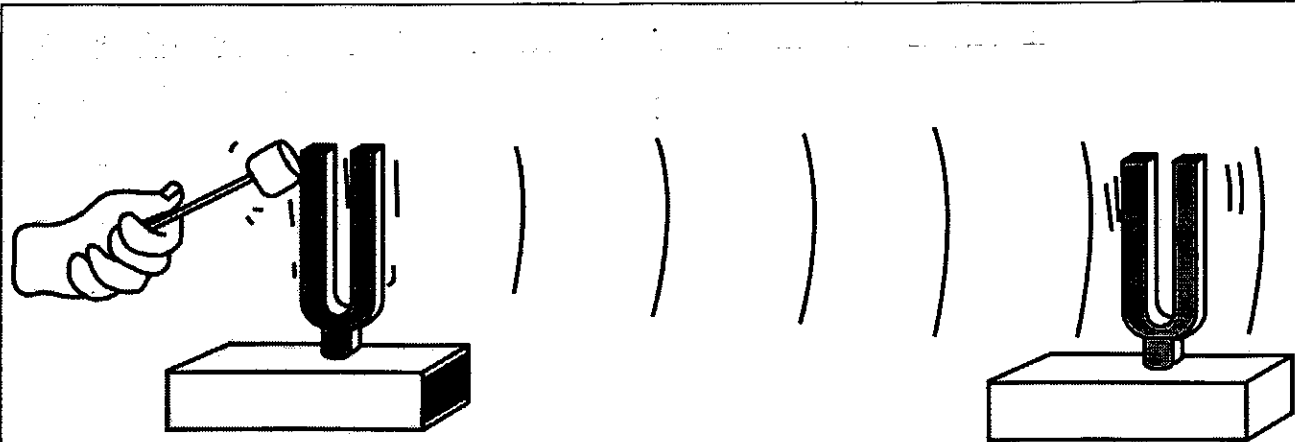
مواد شفاف و کدر*

مترجم: احمد نویدی



بنابراین هنگامی که نور بر ماده‌ای فرود می‌آید پاسخ ماده‌ی گیرنده، به بسامد نور و بسامد تشدید الکترون‌های ماده بستگی دارد. بسامد ارتعاشی نور مرئی بسیار بالا و در حدود ۱۰۰ تریلیون در هر ثانیه (۱۰^{۱۴} هرتز) است. اگر جسم بارداری نسبت به این ارتعاش‌های فوق‌العاده سریع، پاسخ دهد، جسم بایستی لختی بسیار بسیار کمی داشته باشد.

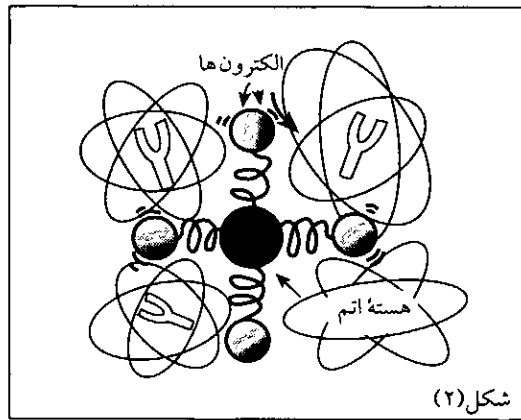
نور انرژی است که موج الکترومغناطیسی گسیل شده از الکترون‌های ارتعاش‌کننده‌ی اتم‌ها حامل آن است. هنگامی که نور از ماده‌ای می‌گذرد، بعضی از الکترون‌های ماده به ارتعاش واداشته می‌شوند. ارتعاش‌های یک‌گسیلنده به همین طریق به ارتعاش‌های یک‌گیرنده منتقل می‌شود. صوت هم به همین طریق انتقال پیدا می‌کند شکل (۱).



شکل ۱- موج نور می‌تواند الکترون‌های موجود در مواد را به ارتعاش وادارد، همچون یک موج صوتی که می‌تواند یک گیرنده صوتی را به ارتعاش وادارد.

چون جرم الکترون ها بسیار کم است ، بنابراین آنها می توانند با چنین آهنگی به ارتعاش در آیند .

نور در موادی مانند شیشه و آب به خط راست منتشر می شود . در این مورد می گوئیم این مواد نسبت به نور شفاف هستند . برای درک اینکه چگونه نور از مواد شفاف می گذرد ، فرض کنید الکترون های موجود در اتم مواد شفاف با فتری به هسته خود متصل شده اند شکل (۲) . هنگامی که موج نور روی این مواد برخورد می آید ، الکترون ها به ارتعاش واداشته می شوند .

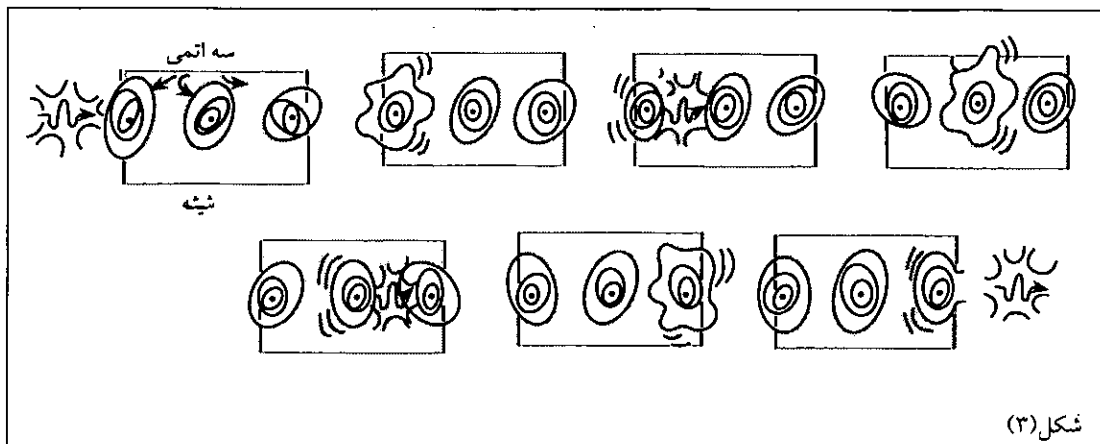


شکل (۲)

اگر موادی کشسان باشند به ارتعاش های با بعضی از بسامدها بهتر از بسامدهای دیگر پاسخ می دهند . زنگ ها با بسامدهای ویژه ای به صدا در می آیند ، دیپازون ها هم با بسامدهای ویژه ای به ارتعاش در می آیند ، الکترون های موجود در اتم ها یا مولکول ها هم همین طور . بسامدهای ارتعاش طبیعی الکترون به چگونگی قدرت اتصال آن به اتم یا مولکول

بستگی دارد . اتم یا مولکول های مختلف «قدرت ارتعاشی» متفاوتی دارند . بسامد ارتعاش طبیعی اتم شیشه در گستره بسامد نور فرابنفش است . بنابراین هنگامی که امواج فرابنفش به شیشه بتابند ، حالت تشدید روی می دهد و الکترون ها با دامنه های بلند مرتعش می شوند ، مانند نوسان تابی با دامنه بلند که آن را فردی با بسامد تشدیدش به نوسان در آورد . انرژی دریافتی هر اتم شیشه یا بازگسیل می شود و یا با نوسان هایی به اتم های مجاور داده می شود . اتم های تشدید شیشه می توانند انرژی نور فرابنفش را برای مدتی طولانی نگاه دارند (در حدود ۱۰۰ میلیونیم ثانیه) . در این مدت ، اتم در حدود یک میلیون بار ارتعاش می کند و با اتم های مجاورش برخورد می کند و انرژی خود را به صورت گرما انتقال می دهد . بنابراین شیشه برای نور فرابنفش شفاف نیست .

در بسامدهای پائین تر موج مانند آنچه در طیف نور مرئی وجود دارد ، الکترون های اتم شیشه به ارتعاش واداشته می شوند ، اما با دامنه کوتاه تر . اتم هایی که انرژی را برای مدت کوتاه تری نگاه می دارند فرصت برخورد کمتری با اتم های مجاور خود را دارند ، در نتیجه انرژی کمتری به صورت گرما انتقال پیدا می کند و انرژی الکترون ها به صورت نور بازگسیل می شود . شیشه نسبت به همه بسامدهای ارتعاشی نور مرئی شفاف است . بسامد نور بازگسیل شده از اتمی به اتم دیگر با همان بسامد نوری که ارتعاش را به وجود آورده است منتقل می شود ، اما میان جذب و بازگسیل تأخیر مختصری وجود دارد . همین تأخیر زمانی است که سبب کاهش سرعت متوسط نور در مواد شفاف می شود شکل (۳) .

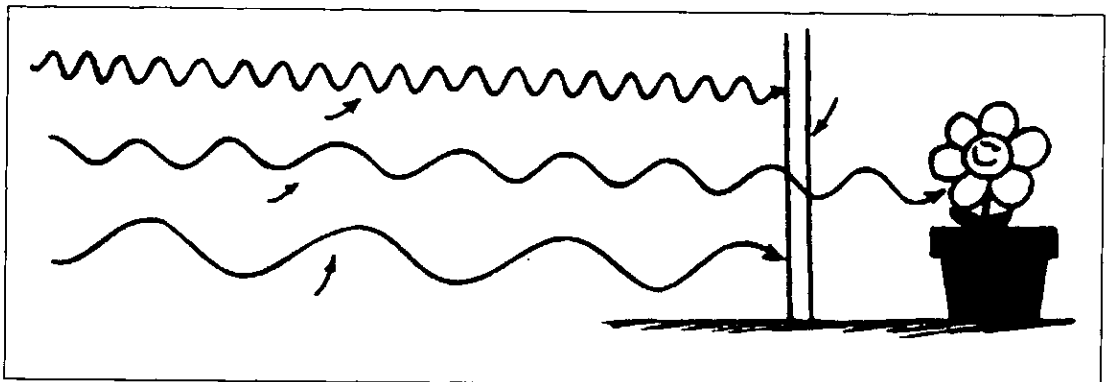


شکل (۳)

نور با سرعت متوسط متفاوت از مواد مختلف می‌گذرد. سرعت متوسط نور چه در خلأ و چه در فضای میان ستاره‌ای یا فضای میان مولکول‌های یک قطعه شیشه ثابت و برابر با 300000 کیلومتر در ثانیه است. سرعت نور با نماد C مشخص می‌شود. سرعت نور در جو اندکی کمتر از خلأ است اما معمولاً آن را C در نظر می‌گیرند. سرعت نور در حدود 75% در خلأ و یا $0.75C$ است. سرعت نور در شیشه که به نوع آن بستگی دارد مساوی $0.67C$ است. سرعت نور در الماس کمتر از نصف سرعت نور در خلأ و فقط به $0.41C$ می‌رسد. هنگامی که نور از این مواد خارج شده و به هوا وارد می‌شود، دوباره با سرعت اولیه خود یعنی C حرکت می‌کند.

می‌شود که فلزات رسانای خوبی برای الکتريسته و گرم باشند). هنگامی که نور به فلزی می‌تابد، الکترون‌های آزاد آن به ارتعاش واداشته می‌شوند و انرژی از اتمی به اتم دیگر ماده منتقل نمی‌شود بلکه از فلز بازمی‌تابد. این موضوع باعث درخشندگی فلزات می‌شود.

جو زمین برای نور مرئی و بعضی از نورهای فرابنفش و فروسرخ شفاف، اما برای نور فرابنفش با بسامد بالا کدر است. بخش کوچکی از نور فرابنفش که از جو می‌گذرد موجب آفتاب سوختگی می‌شود. اگر همه نورهای فرابنفش از جو می‌گذشتند پوست انسان برشته می‌شد. ابرها برای نور فرابنفش شفاف هستند و این موضوع باعث آفتاب سوختگی در روزهای ابری می‌شود. نور فرابنفش نه تنها برای پوست



امواج فروسرخ، که بسامدی کمتر از نور مرئی را دارند به جای الکترون‌ها همه مولکول‌های شیشه را به حالت تشدید درمی‌آورند. ارتعاش مولکولی، انرژی داخلی و دمای ساختاری شیشه را افزایش می‌دهد. بدین خاطر است که امواج فروسرخ را امواج گرمایی گویند. شیشه برای نور مرئی شفاف اما برای نور فرابنفش و فروسرخ کدر است.

بیشتر اجسام اطراف ما کدر هستند یعنی نور را بدون بازگسیل جذب می‌کنند. کتاب، میز تحریر، صندلی، و انسان جزء اجسام کدر محسوب می‌شوند. ارتعاش‌هایی که نور به اتم و مولکول‌های اجسام کدر می‌دهد به انرژی جنبشی کاتوره‌ای یعنی انرژی داخلی تبدیل می‌شود و آنها اندکی گرم می‌شوند.

انسان زیان آور است بلکه سبب خراب شدن بام‌های قیراندود می‌شود. بدین خاطر روی این نوع بام‌ها را با شن می‌پوشانند. آیا متوجه شده اید اجسامی که خیس (تر) هستند تیره‌تر از زمانی که خشک هستند به نظر می‌رسند؟ نور فرودی روی یک سطح خشک مستقیماً به چشم بازمی‌تابد، در حالی که نور فرودی روی یک سطح خیس به داخل ناحیه شفاف خیس شده جسم نفوذ می‌کند و سپس به چشم می‌رسد. در هر بازتابش نور چه روی خواهد داد؟ جذب!، چون بخشی از جذب نور روی سطح اتفاق می‌افتد، سطح تیره‌تر به نظر می‌رسد.

نویسنده:

* Transparent and Opaque Materials

مرجع:

Conceptual physical science,
Second Edition paul G. Hewitt, 1999
published by Addison Wesley Longman

فلزات کدر هستند. الکترون مدار خارجی اتم‌های فلزات به اتم ویژه‌ای تعلق ندارد. این الکترون‌ها آزاد هستند که بدون کمترین محدودیتی در ماده حرکت کنند (این موضوع باعث

تجسس رابطه عدسی های نازک

سومبا ککدا وارتی و

بی بی نیگل

مترجم: احمد توخیدی

معمولاً در

دانشجویان علاوه بر یک

بازبینی دیداری یک تحلیل نموداری عملی نیز هست. صفحه $\frac{1}{o} - \frac{1}{i}$ تابلوی مناسبی برای آموزش اصول عدسی های نازک است. نقاطی که در ربع اوگ دستگاه مختصات قرار دارند متعلق به اشیاء حقیقی و تصویرهای حقیقی هستند. اشیاء حقیقی و تصویرهای مجازی در ربع چهارم، اشیاء مجازی و تصویرهای مجازی در ربع سوم، و اشیاء مجازی و تصویرهای حقیقی در ربع دوم دستگاه مختصات قرار گرفته اند شکل (۱). همه عدسی های همگرا و واگرا در نمودار با خطوطی با شیب ۱ - نمایش داده شده اند. محل تقاطع خطوط با محورهای مختصات برابر با عکس فاصله کانونی است. خطوط متعلق به عدسی های همگرا قسمت مثبت محور افقی (یا عمودی) و خطوط متعلق به عدسی های واگرا قسمت منفی محور افقی (یا عمودی) دستگاه مختصات را قطع می کنند شکل (۱). خطی که مبداء دستگاه مختصات را قطع می کند باز نمای عدسی های مسطح (تیغه ها) $f \rightarrow \infty$ است.

از دانشجویان خواستیم که در یک آزمایش داده های مربوط به فواصل تصویری و شیء دو عدسی همگرای مختلف را که به ترتیب A و B نامگذاری شده بودند به دست آورند. سپس دانشجویان هر دو عدسی را با هم به کار بردند و داده های مربوط به فواصل تصویری و شیء دو عدسی را برای این حالت ترکیبی که AB نامگذاری شده بود نیز به دست آوردند. در شکل (۲) داده های به دست آمده دانشجویان در آزمایشگاه برای عدسی های A و B و ترکیب AB رسم شده است. دو خط مستقیم نمودار که تقریباً شیب های ۱ - دارند متعلق به عدسی های A و B هستند و نشان می دهند که آنها از رابطه ی (۱) پیروی می کنند. خط مستقیم دیگر با شیب ۱ - که برای عدسی AB است نیز نشان می دهد که دو عدسی نازک در کنار هم، مانند یک عدسی نازک عمل می کنند. هم چنین دانشجویان می توانند بررسی کنند که فاصله کانونی عدسی ترکیبی f_{AB} با فاصله کانونی عدسی A، f_A و عدسی B، f_B با رابطه زیر بستگی دارد.

کلاس های درس فیزیک مقدماتی

به عنوان یک تجربه آزمایشگاهی از دانشجویان می خواهند با به کار بردن عدسی های نازک تصویرهایی حقیقی از اشیاء تشکیل دهند. غالباً یک عدسی نازک پرتوهای حاصل از یک شکاف روشن (به شکل پیکان \uparrow) را که به عنوان شیء انتخاب شده است، روی پرده ای متمرکز می کند. دانشجویان فاصله ی شیء o و فاصله تصویر i را از عدسی اندازه می گیرند. با اندازه گیری این دو مقدار و با استفاده از رابطه عدسی های نازک

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

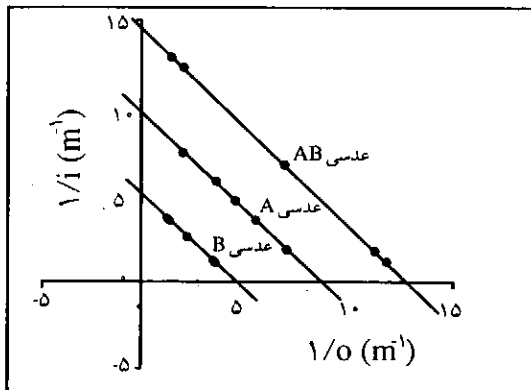
می توان فاصله کانونی عدسی f را تعیین کرد. دانشجویان به عنوان یک تمرین آزمایشگاهی شناخته شده، اندازه گیری های متعددی از فاصله شیء، و فاصله ی تصویر متناظر شیء از عدسی انجام می دهند و بازای هر جفت فاصله شیء - فاصله تصویر از عدسی، فاصله ی کانونی عدسی را از رابطه ی (۱) به دست می آورند. فاصله کانونی برای هر ترکیب o و i یکسان است. هر دانشجو با مقایسه مقادیر محاسبه شده می تواند اعتبار رابطه (۱) را تحقیق کند.

اگرچه روش بالا به عنوان یک تمرین آزمایشگاهی مفید است، اما نویسندگان مقاله معتقدند روش نموداری برای تحقیق رابطه عدسی های نازک بهترین است. رابطه ی (۱) را می توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

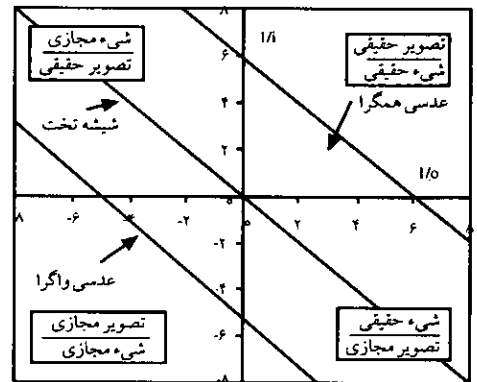
$$\frac{1}{i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{o} \quad (2)$$

برای یک عدسی خاص می توان نمودار $\frac{1}{i}$ را روی محور افقی و $\frac{1}{o}$ را روی محور عمودی یک دستگاه مختصات رسم کرد. برای تحقیق رابطه (۲) (و رابطه (۱)) کافی است که شیب خط مستقیم رسم شده در نمودار ۱ - به دست آید. محل برخورد خط با محورهای افقی و عمودی برابر با $\frac{1}{f}$ است. رسم نمودار برای





شکل ۲



شکل ۱

با مجموع توان هر یک از عدسی ها، عکس فواصل تصویر و شیء از عدسی را همگرایی V نامند. اگر V بازنمای همگرایی شیء و V' بازنمای همگرایی تصویر باشد، رابطه (۱) به صورت $V + V' = P$ نوشته می شود.

باید به این نکته توجه کنیم که خط مستقیم نمودار $\frac{1}{v}$ بر حسب $\frac{1}{u}$ مستقیماً هیچ قانون بنیادی فیزیکی را بررسی نمی کند. در واقع فیزیک مربوط به این موضوع قانون شکست اسنل است. این قانون با توجه به خواص انتشار امواج میان دو محیط، اصل فرما، و معادلات ماکسول به دست آمده است. سادگی رابطه (۱) به شکل عدسی بستگی دارد. اگر ضخامت عدسی قابل مقایسه با قطر و سطوح تقریباً کرووی باشد، تصویر اشیاء کانونی می شود و رابطه (۱) تقریب بسیار خوبی است.

نویسندگان مقاله دریافتند که دانشجویان از این آزمایش زمانی بیشتر لذت می برند که داده های مربوط به فواصل شیء و تصویر از عدسی به صورت نمودار رسم شوند. معمولاً کیفیت داده های به حد کافی خوب هستند که به طور آشکار بررسی دیداری روابط (۱) و (۳) را روی نمودار برای ما عرضه می کنند. در آزمایشگاه همیشه به کار بردن نمودار همراه با فنون تجزیه و تحلیل داده ها ارزشمند است. آزمایش عدسی های نازک برای کاربرد این روشها فرصت دیگری را فراهم می کند.

$$\frac{1}{f_{AB}} = \frac{1}{f_A} + \frac{1}{f_B} \quad (3)$$

تفسیر رابطه (۳) با توجه به شکل (۲) بسیار ساده است. یعنی فاصله افقی محل تقاطع خط ترکیبی AB با محور مختصات برابر با مجموع فواصل افقی محل های تقاطع خطوط A و B با محور مختصات است.

داده هایی را که دانشجویان در آزمایش به دست آورده بودند به طور کلی از کیفیت خوبی برخوردار بودند. در شکل (۲) داده ها با توجه به رابطه آماری حداقل مربعات برای یک کمیت رسم شده اند، شیب خطوط نمودار برای عدسی های A ، B ، و AB به ترتیب برابر با -0.99 ، -1.06 ، و -1.10 به دست می آید. متوسط فاصله محل های تقاطع با محور مختصات تقریباً برابر با

$\frac{1}{f_{AB}} = 14 m^{-1}$ ، $\frac{1}{f_B} = 9 m^{-1}$ ، $\frac{1}{f_A} = 5 m^{-1}$ معمولاً دانشجویان از نتایج داده ها که در نمودار به صورت خطوط مستقیم آشکار می شوند و تحقیق رابطه (۳) که با استفاده از فواصل محل های تقاطع بررسی می شود، تحت تأثیر قرار می گیرند. هم چنین آنها می توانند تقارن میان فواصل شیء و تصویر از عدسی را کشف کنند. یعنی اگر x و y مختصات یک نقطه برای یک عدسی خاص در دستگاه مختصات باشد، نقطه دیگری با مختصات y و x در همان دستگاه مختصات باز هم به همین عدسی تعلق دارد.

عکس فاصله کانونی $\frac{1}{f}$ را توان شکستی عدسی p گویند. توان عدسی واژه ای عادی برای متخصصان بینایی سنجی است، اما معمولاً در کتابهای درسی فیزیک مقدماتی از آن نامی برده نمی شود. اگر واحد f ، متر باشد واحد توان عدسی دیوپتری D است. مطابق رابطه (۳) توان دو عدسی به هم چسبیده برابر است



سی و دومین المپیاد بین المللی فیزیک مسابقه نظری - ۲۰۰۱ آنتالیا - ترکیه*

مدت ۵ ساعت

مترجم: روح الله خلیلی بروجنی
khalili @ teacher.com

زیاد که باید تقویت شود با اختلاف فاز معین (دوره T متناظر با فاز 2π است) اعمال می شود. و باعث برقراری یک میدان الکتریکی افقی و متناوب در کاواک ها می شود. هرگاه الکترون هایی که وارد کاواک ورودی می شوند، میدان الکتریکی به طرف راست باشد، فاصله a در شکل ۱ را با تأخیر طی می کنند و برعکس. در نتیجه باریکه الکترون های خروجی دسته هایی^۲ از الکترون با فاصله معینی از یکدیگر را تشکیل می دهند. اگر کاواک خروجی در نقطه دسته بندی^۱ قرار گرفته باشد، میدان الکتریکی در این کاواک در صورتی از باریکه توان جذب می کند که فاز آن به صورت مناسب برگزیده شود.

فرض کنید سیگنال ولتاژ به صورت یک موج مربعی با دوره $T = 1/0 \times 10^{-9} \text{ s}$ که بین $V = \pm 0/5$ ولت تغییر می کند، باشد.

سرعت اولیه الکترون ها برابر $v_0 = 2/0 \times 10^6 \text{ m/s}$ و نسبت بار به جرم الکترون برابر $\frac{e}{m} = 1/76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$ است. فاصله a به قدری

کوچک است که می توانیم زمان عبور الکترون ها از درون کاواک ها را نادیده بگیریم. با توجه به

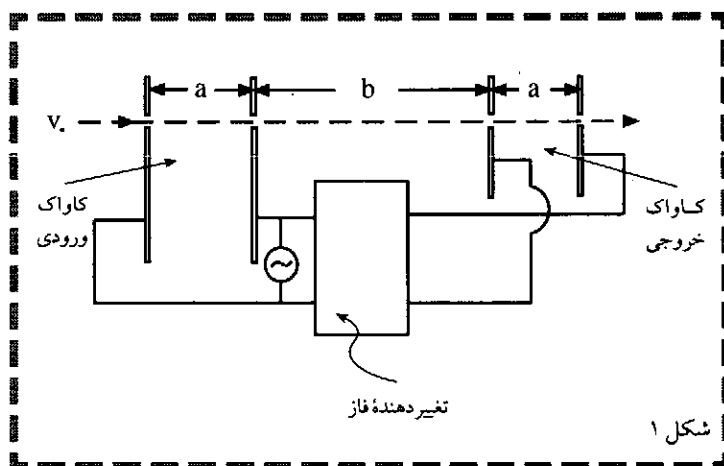
شکل ۱- مطلوب است:

(a) فاصله b به طوری که کاواک خروجی در محل نقطه دسته بندی باریکه الکترون قرار داشته باشد.
(b) اختلاف فاز لازم که تغییر دهنده فاز^۳ باید به وجود آورد.

مسئله ۱

الف) کلیسترون^۱

کلیسترون ها وسایلی هستند که برای تقویت سیگنال های با بسامد خیلی زیاد به کار می روند. همان طور که در شکل ۱ دیده می شود یک کلیسترون اساساً شامل دو جفت صفحه موازی مشابه (کاواک ها)^۲ است که در فاصله b از یکدیگر قرار دارند.



شکل ۱

یک باریکه الکترون با سرعت اولیه v_0 با گذشتن از سوراخ های کوچک روی صفحه ها، از تمام دستگاه می گذرد. به دو سر هر دو جفت صفحه، ولتاژی با بسامد



ب) فاصله میان مولکولی^۶

فرض کنید d_v و d_l به ترتیب فاصله بین مولکول های آب در حالت های مایع و بخار باشد. همچنین فرض کنید هر دو حالت در دمای 100°C و فشار جو هستند و رفتار بخار آب مانند یک گاز کامل است. با استفاده از داده های زیر، نسبت $\frac{d_v}{d_l}$ را حساب کنید.

$$\rho_l = 1100 \times 10^{-3} \text{ Kg/m}^3 \text{ : چگالی آب در حالت مایع}$$

$$M = 18 \times 10^{-3} \text{ Kg/mol} \text{ : جرم مولی آب}$$

$$P_0 = 1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \text{ : فشار جو}$$

$$R = 8.31 \text{ J/mol.k} \text{ : ثابت گازها}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \text{ : عدد آوو گادرو}$$

پ) مولد سیگنال دندانه اریه ای ساده^۷

یک موج دندانه اریه ای با ولتاژ V_0 را می توانیم از دو سر

خازن C در مدار

شکل ۲- به دست

آوریم. در این مدار

R یک مقاومت

متغیر، V_f یک باتری

ایده آل و SG یک

گاف جرقه^۸ متشکل

از دو الکتروود است

که فاصله بین آنها

قابل تنظیم است.

وقتی ولتاژ دو سر

شکل ۲

الکتروودها بیشتر از ولتاژ تولید جرقه^۹ V_f بشود، هوای بین الکتروودها فرومی ریزد و در نتیجه گاف بین الکتروودها به صورت اتصال کوتاه درمی آید و تا هنگامی که ولتاژ دو سر گاف خیلی کوچک نشود همین طور باقی می ماند.

(a) پس از بستن کلید، شکل موج^{۱۰} ولتاژ V_0 را بر حسب زمان t رسم کنید.

(b) چه شرطی باید برقرار شود تا تقریباً یک موج دندانه

اره ای با تغییرات خطی با ولتاژ V_0 داشته باشیم؟

(c) به فرض اینکه این شرط برقرار شود، عبارت ساده

شده ای را برای دوره T شکل موج به دست آورید.

(d) چه چیزی را باید تغییر دهیم (R و یا SG) تا فقط دوره

تغییر کند؟

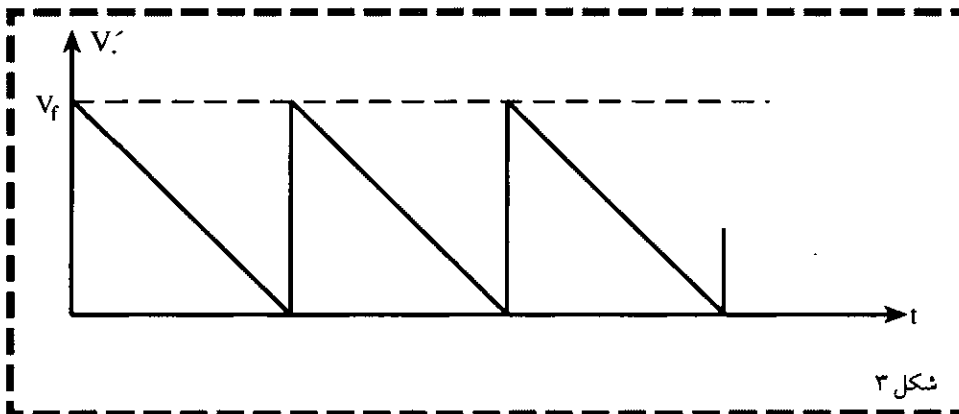
(e) چه چیزی را باید تغییر دهیم (R و یا SG) تا فقط دامنه

تغییر کند؟

(f) به شما یک ولتاژ DC قابل تنظیم دیگر داده می شود.

مداری را طراحی و رسم کنید که از پایانه های آن یک موج

دندانه اریه ای با ولتاژ V_0 مطابق شکل ۳- به دست آورید.



شکل ۳

ت) باریکه اتمی^{۱۱}

یک باریکه اتمی با گرم کردن مجموعه ای

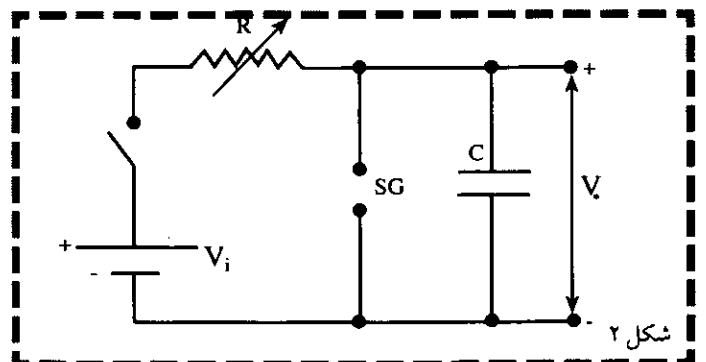
از اتم ها تا دمای T و عبور افقی آنها از یک

سوراخ کوچک (در ابعاد اتمی) به قطر D در

یک طرف کوره تولید می شود.

قطر باریکه اتمی را پس از طی مسافت

افقی L در مسیرش به دست آورید.



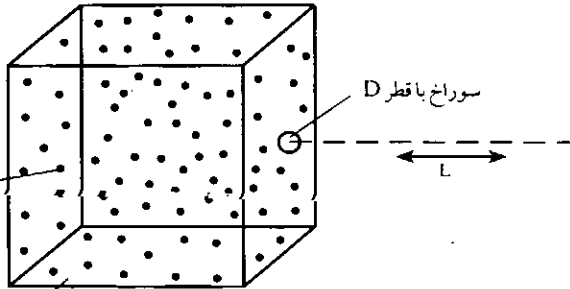
شکل ۲

پرسش-۲

دستگاه ستاره دوتایی^{۱۲}

الف) می دانیم که بیشتر ستاره های یک سیستم دوتایی را تشکیل می دهند. یک نوع از این سیستم های دوتایی، شامل یک ستاره عادی به جرم m_0 و شعاع R و یک ستاره نوترونی متراکم و بسیار سنگین به جرم M است که به دور یکدیگر می چرخند. در همه موارد زیر حرکت زمین را نادیده بگیرید. از رصد چنین دستگاه های دوتایی اطلاعات زیر به دست آمده است:

شکل ۴



● بیشینه جابه جایی زاویه ای ستاره

عادی $\Delta\theta$ است در حالی که برای ستاره نوترونی برابر $\Delta\phi$ است (شکل-۵).

● مدت زمان لازم برای این بیشینه جابه جایی ها τ است.

● ویژگی های تابشی ستاره عادی نشان می دهد دمای سطح آن T و انرژی تابشی فرودی که به واحد سطح زمین در واحد زمان می رسد برابر P است.

● تنها به دلیل میدان گرانشی ستاره عادی، خط کلسیم در این تابش به اندازه مقدار $\Delta\lambda$ با طول موج طبیعی λ اختلاف دارد. (برای این محاسبه می توانیم جرم مؤثر فوتون را $\frac{h}{c\lambda}$ در نظر بگیریم.)

عبارتی برای فاصله زمین از این دستگاه، تنها بر حسب کمیت های رصد شده و ثابت های جهانی به دست آورید. (ب) فرض کنید $M \gg m_0$ است، در نتیجه ستاره

عادی روی یک مدار دایره ای به شعاع r_0 حول ستاره نوترونی می چرخد. فرض کنید ستاره عادی شروع به گسیل گاز به طرف ستاره نوترونی می کند، و سرعت گسیل گاز نسبت به ستاره عادی برابر v_0 است (شکل-۶).

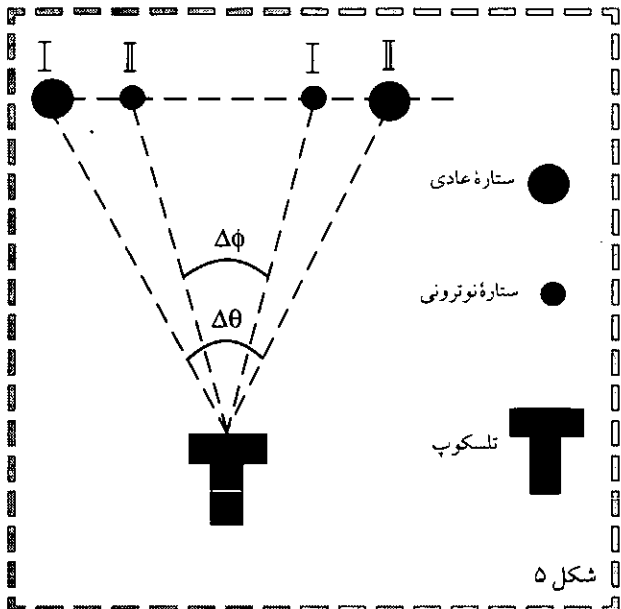
همچنین فرض کنید در این مسئله نیروی گرانشی ستاره نوترونی غالب است و از تغییرات مداری ستاره عادی چشمپوشی کنید. کمترین فاصله بین دو ستاره را که در شکل-۶ با r_p نشان داده شده است، به دست آورید.

پرسش-۳

مولد مغناطو هیدرو دینامیک^{۱۳}

یک لوله پلاستیکی چهار گوش افقی به عرض w و ارتفاع h ، که حلقه بسته ای را تشکیل می دهد، از جیوه با مقاومت ویژه p پر شده است. توسط یک توربین که این شاره را با سرعت ثابت v_0 به حرکت درمی آورد فشار بالای P تولید می شود. قسمتی از دو دیواره عمودی مقابل هم لوله، به طول L ، از مس ساخته شده است.

شکل ۵



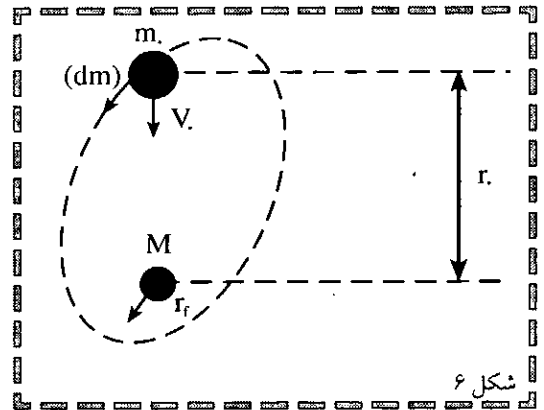
حل این مسئله از بردارهای یکه \hat{x} ، \hat{y} و \hat{z} به طوری که در شکل نشان داده است استفاده کنید.

الف) نیروی ناشی از میدان مغناطیسی که بر شماره وارد می شود را بر حسب L ، B ، h ، w ، p و سرعت جدید v شماره به دست آورید.

ب) بعد از اعمال میدان مغناطیسی عبارتی برای سرعت جدید v شماره بر حسب v_0 ، P ، L ، B و p به دست آورید.

پ) عبارتی برای توان اضافی که باید توسط توربین برای افزایش سرعت شماره تا مقدار اصلی آن v_0 به کار رود به دست آورید.

ت) اکنون میدان مغناطیسی قطع می شود و به جای جیوه آب با سرعت حرکت v_0 جایگزین می شود. یک موج الکترومغناطیسی تک بسامد در امتداد قسمت با طول L و در جهت حرکت آب، فرستاده می شود. ضریب شکست آب n است و $v_0 \ll c$ است. عبارتی برای سهم حرکت شماره بر روی اختلاف فازی که بین موج ورودی و خروجی در قسمت به طول L ، به وجود می آید به دست آورید.



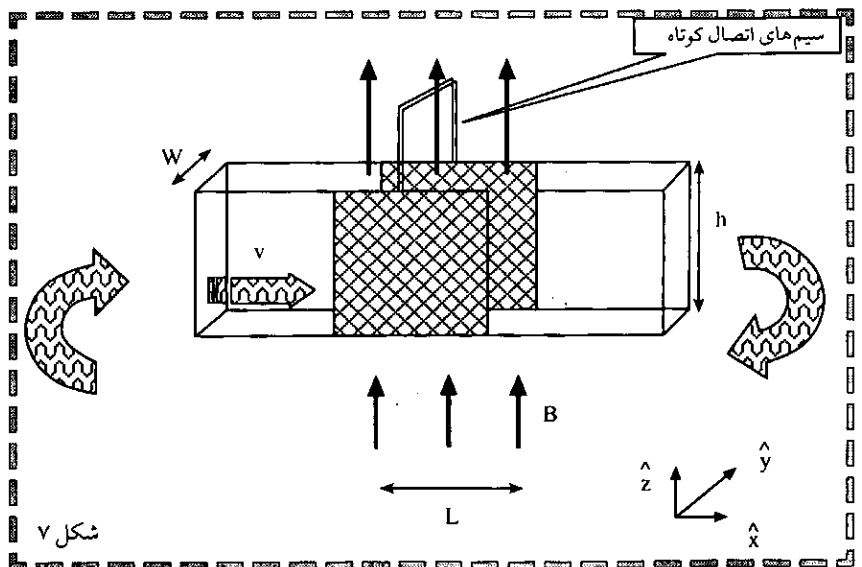
شکل ۶

حرکت یک شماره واقعی بسیار پیچیده است. در اینجا برای سادگی فرض های زیر را در نظر بگیرید:

● هرچند شماره چسبنده است، اما سرعت آن در تمام سطح مقطع یکنواخت است.

● سرعت شماره همواره با برابری نیروی خارجی که از بالا بر آن وارد می شود متناسب است.

● شماره تراکم ناپذیر است. این دیواره ها از خارج به لحاظ الکتریکی اتصال کوتاه



شکل ۷

زیرنویس:

- * Antaliya, Turkey
- 1. Klystron
- 2. Cavities
- 3. Bunches
- 4. Bunching Point
- 5. Phase Shifter
- 6. Intermolecular Distance
- 7. Simple Sawtooth Signal Generator
- 8. Spark Gap
- 9. Firing Voltage
- 10. Waveform
- 11. Atomic Beam
- 12. Binary Star System
- 13. Magnetohydrodynamic (MHD) Generator

شده اند و میدان مغناطیسی یکنواخت \vec{B} به طور عمودی و به طرف بالا تنها در این قسمت اعمال می شود. این مجموعه به طوری که بیان شد در شکل ۷- نشان داده شده است. در





Ministry of Education
Organization of Research & Educational Planning

Roshd



Teaching-Aids Publications Office

ISSN 1606-917X

Physics Education Journal

Vol.13- No.60-2002

.....

CONTENTS:

- Universe is the largest physics laboratory ○ *by M. Rahbar* / 2
Knowing the Heavens ○ *by M. Rahbar* / 3
A Report of First International Girep Seminar ○ *by A. Ahmadi and R. Khalili* / 12
Chaos ○ *by Keller, Gettys and Skovel* / 23
How is it that all the water evaporates? ○ *by A. Tohidi* / 26
Educational experiences ○ *by A. zekri* / 28
Avogadro's number and the kinetic theory of gases ○ *by R. Bryan* / 30
What do you think? ○ *by H. Olyaei* / 35
A Nonuniform circular-motion experiment ○ *by N. Penny* / 36
Comparison of Isothermal and adiabatic
Process for ideal gas ○ *by J. Riazi* / 41
Cotton Buds, Momentum and Impulse ○ *by Berg, Nunez, and Guirit* / 44
Electric field due to electric dipole ○ *by H. Olyaei* / 47
Classroom analysis of rotating space vehicles in
2001: A Space Odyssey ○ *by Borgwald and Schreiner* / 50
Transparent and opaque materials ○ *by Hewit* / 55
Visualizing the thin-lens formula ○ *by Chakravati and Siegel* / 58
The 32th international physics olympiad ○ *by R. Khalili* / 60
-

Managing Editor: Alireza Hajianzadeh

Editor - in - Chief: Manijeh Rahbar

Executive Director: Ahmad Ahmadi

Graphic Designer: Parvaneh Hadipour

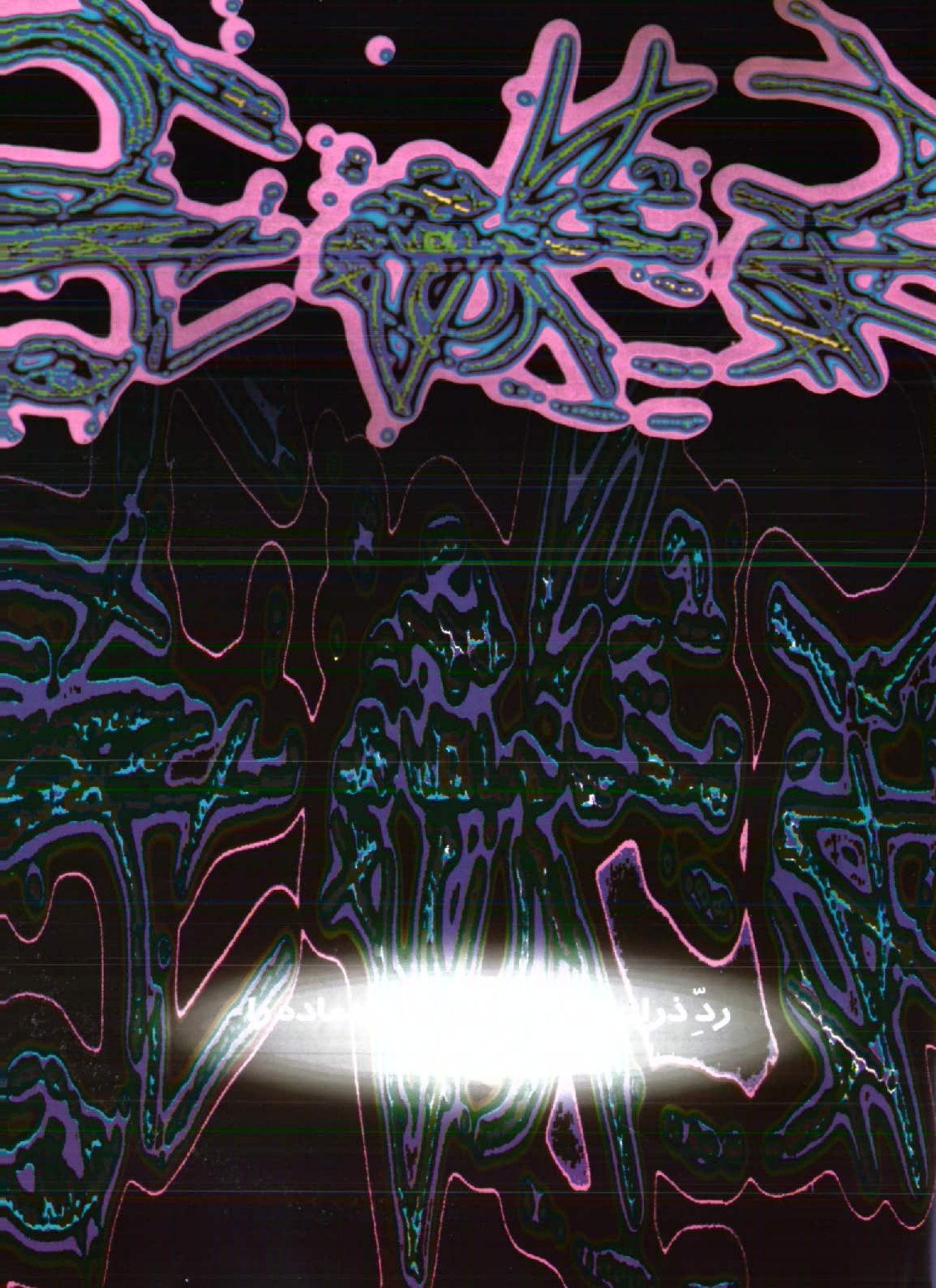
Editor: Ahmad Ahmadi,

Jafar Mehrdad, Rouhollah Khalili,

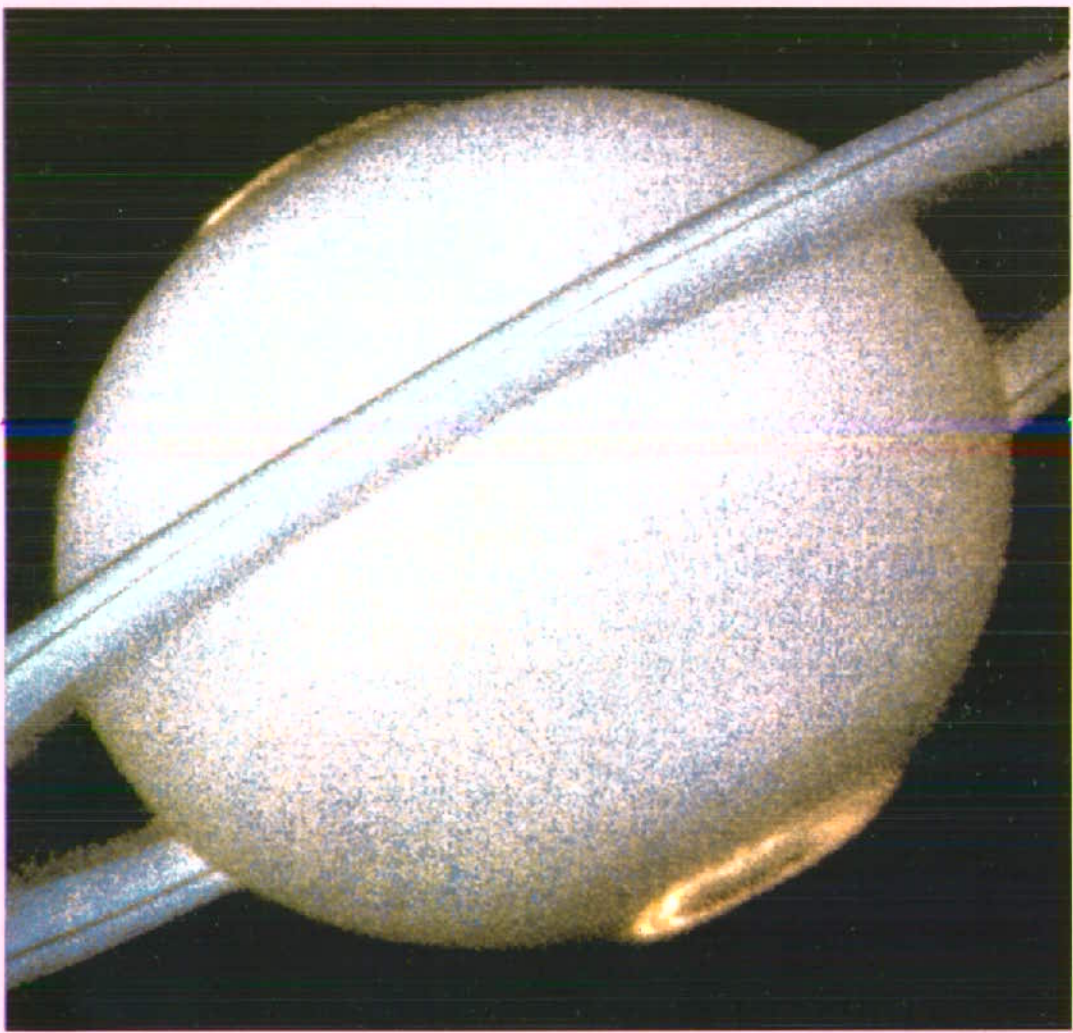
Manijeh Rahbar,

E.mail. Roshd-office @ yahoo.com

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



رد ذرا سے یاد کرو



▲ هگلی تابان در حوالی قطب‌های زحل
توسط تلسکوپ هابل مشاهده شده است.

