رشد
آموزش فیزیک

سال دهم - بهار ۱۳۷۴ - شماره ۳۷
بها : ۱۰۰۰ ریال

بسم الله الرحمن الرحیم

رشد آموزش فیزیک

سال دهم ـ بهار ۷۴ شمارهٔ ۳۷
نشریه گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تالیف کتابهای درسی
تلفن ۴ ـ ۸۳۹۲۶۱ داخلی ۳۰۸

مجلهٔ رشد آموزش فیزیک سه شماره در سال به منظور اعتلاء دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر دانش‌پژوهان در این رشته منتشر می‌شود. جهت ارتقاء کیفی آن نظرات ارزندهٔ خود را به صندوق پستی ۳۶۳ ـ ۱۵۸۵۵ ارسال فرمایید.

سردبیر: غلامعلی محمودزاده
مدیر داخلی: محمد علی سعادت بخت
مسئول هماهنگی: فتح‌الله فروغی
صفحه‌آرا: سیرامیس فرامرزی نیکنام
ناظر چاپ: محمد کشمیری

عضوهای هیأت تحریریه رشد:
دکتر عزت الله ارضی
دکتر منیژه رهبر
دکتر ابوالقاسم قلمسیاه
سید جعفر مهرداد

پیشگفتار		۳
از ارسطو تا اینشتن		۴
سومین کنفرانس آموزش فیزیک ایران		۱۲
پاسخهای تشریحی گزینش دانشجو	غلامعلی محمود زاده ــ محمد علی سعادت بخت	۱۴
برسشهای گزینش دانشجو		۲۴
خازنها، بطریهای آب و قانون دوم کیرشهف	ترجمهٔ صیاد رزمکن	۳۵
مسائل هفتمین المپیاد فیزیک ایران		۳۸
مجله و خوانندگان		۴۲
اخبار علمی		۴۳
طنز فیزیکی ــ سنگین‌ترین عنصرا	ترجمهٔ محمد علی سعادت بخت	۴۴
دنبالهٔ نور لیزری ــ هولوگرافی	ترجمهٔ دکتر ابوالقاسم قلمسیاه	۴۵
درسنامه ــ فضا و زمان در نسبیت خاص	دکتر منیژهٔ رهبر	۵۰
معمای کوارک سر	ترجمهٔ پیمان صاحب سرا	۶۰
فراصوت	ترجمه و تنظیم از حسنعلی وحید	۶۲

دبیران، دوستان و همکاران گرامی

می‌دانید که از اوایل سال گذشته تاکنون، یعنی حدود یک سال، در انتشار مجلات رشد تخصصی و از جمله همین مجلّه‌ای که در دست دارید وقفه ایجاد شد و ارتباط سالم و سازنده‌ای که از سالیان پیش به‌وسیله این مجلات میان ما و شما برقرار شده بود متأسفانه به سردی گرایید، اگرچه خوشبختانه خاموش نشد. اکنون با سپاس و تشکر از علاقمندانی که در این مدت نگران عدم انتشار مجلات بودند و این نگرانی را طی نامه‌ها و تلفنهای مکرر با ما درمیان می‌گذاشتند، و نیز با تشکر از اعضای هیئتهای تحریریه که در این سالها همواره یار و مددکار ما بوده و از این پس نیز خواهند بود، با خرسندی اعلام می‌داریم که بار دیگر «رشد»های تخصصی به میان شما آمده است و به یاری خدا یکی پس از دیگری در اختیار علاقمندان بویژه دبیران، دانشجویان، مدرّسان و استادان دانشگاهها قرار خواهد گرفت، ضمن اینکه با توجه به توقف یکساله و تغییراتی که در تولید و توزیع مجلّات بوجود آمده است، لازم می‌دانیم نکته‌هایی را به اطلاع شما برسانیم:

۱ــ هدف از انتشار مجلّات آموزشی رشد تخصصی از ابتدا و همواره اعتلا بخشیدن به دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و دیگر دانش پژوهان بوده است. این هدف را ما همچنان دنبال می‌کنیم و سعیمان بر آن است که هر شماره از مجله نسبت به شمارهٔ پیش از خود پربارتر و برای خوانندگانش رهگشاتر باشد. اما باید دانست که تحقق بخشیدن به این هدف برای «دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی» به میزان زیادی در گرو اظهار نظرها، پیشنهادها و تجربه‌های شما در تدریس و بحث و تحقیق و همچنین بررسی انتقادی شما از محتوای مجلات است. بنابراین استدعا داریم از انعکاس دیدگاهها و ارسال پیشنهادها و نظرات خود برای هیئتهای تحریریه دریغ نورزید و بدانید که تنها با برقراری ارتباط میان «شما» و «مجله» است که بر غنای آن افزوده خواهد شد. در همینجا لازم می‌دانیم از همهٔ کسانی که در گذشته این ارتباط را با ما برقرار و آن را حفظ کردند صمیمانه تشکر کنیم.

۲ــ می‌دانید که این مجلّات به انگیزهٔ ارتقا بخشیدن به کیفیّت آموزشی در کشور، پایه‌گذاری و تا امروز منتشر شده است و به همین سبب نیز هست که واژهٔ «آموزش» به‌صورت جزئی از عنوان و نام هر یک از مجلّات رشد تخصصی درآمده است. درواقع انتظار این بوده و هست که هر مجلهٔ رشد تخصصی در هر رشته‌ای که هست، منعکس‌کنندهٔ سیمای «آموزش» آن رشته در کشور باشد. باید اذعان کنیم که ما در رسیدن به این هدف آنچنانکه خواسته‌ایم کامیاب نبوده‌ایم و مجلات از این بابت کاستیهایی دارد. البته می‌دانیم ــ و اهل نظر نیز به ما گفته‌اند ــ که نیل به چنین هدفی در کشور ما که در رشتهٔ آموزشِ علم و برنامه‌ریزی آموزشی چندان پرسابقه نیست با مشکلاتی همراه است. با اینحال سؤال می‌کنیم: پیشنهاد و نظر شما دبیران و استادان چیست؟

۳ــ از دوسال قبل تاکنون ادارهٔ کل آموزشهای ضمن خدمت، مجلّات رشد تخصصی را جزء منابع آموزشیِ خود قرار داده است و هر ساله از آنها در دوره‌های غیر حضوری خود، امتحان به عمل می‌آورد. ما این اقدامِ شایسته را ارج می‌نهیم و امیدواریم بتواند به ایجاد ارتباط بیشتر میان دبیران و مجلّات رشد بینجامد.

۴ــ دربارهٔ افزایش بهای مجله به میزان قابل توجه (یکصد تومان) باید با تأسف عرض کنیم که این علیرغم میل خودمان بوده است و از شما پوزش می‌طلبیم. درعین حال باید بگوییم که با توجه به افزایش بهای جهانی کاغذ و نیز بالا رفتن هزینه‌های تولید تن به قبول این افزایش دادیم چرا که در غیر اینصورت مجلّات برای همیشه تعطیل می‌شد و این چیزی است که قطعاً مورد رضایت شما و ما نبوده و نیست، امید است این افزایش قیمت بر شما گران نیاید و همچنان علاقمند به «رشد» باقی بمانید.

۵ــ مجلّه رشد آموزش زمین‌شناسی به سبب قلّت تیراژ و نیز به علت این که جای نسبتاً کمی را در برنامهٔ دبیرستانها به خود اختصاص داده است، دیگر منتشر نخواهد شد. علاقمندان می‌توانند مباحث و مقالات زمین‌شناسی را ــ بطور محدود ــ در مجله رشد آموزش جغرافیا مطالعه نمایند.

۶ــ مجلهٔ رشد آموزش راهنمایی که در دوسال گذشته برای مدارس راهنمایی سراسر کشور به رایگان ارسال می‌شد از این پس در امر توزیع و فروش مشمولِ قاعدهٔ سایر مجلات خواهد بود.

۷ــ چون توزیع مجلّات به دفتر انتشارات کمک آموزشی واگذار شده است و آن دفتر به علت پاره‌ای مشکلات از پذیرش مشترک (آبونمان) و ارسال تک شماره برای افراد معذور است علاقمندان باید مجله را از طریق ادارات آموزش و پرورش محل خدمت خود مشترک شوند و یا از نمایندگیهای انتشارات مدرسه در مناطق و شهرستانها تهیه کنند.

۸ــ نوشته‌ها، مقالات، نقدها، پیشنهادها و نظرات خود را به‌آدرس: تهران ــ خیابان ایرانشهر شمالی ــ سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی ــ هیئت تحریریه مربوطه ارسال فرمایید.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی

سرگذشت نیرو:

از ارسطو تا اینشتین

ترجمه دکتر منیژه رهبر ــ گروه فیزیک دانشگاه تهران

این مقاله گسترش مفهومی نیرو را از ارسطو تا اینشتین جهت استفادهٔ معلمان فیزیک مرور می‌کند. در این بررسی شباهتهای مناسب مطرح و موارد محدودکننده بیان می‌شوند، و با ارائه آزمایشهای فکری و نمایشهای تصویری روشی را مطرح می‌کند که می‌توان آن را در کلاسهای فیزیک دبیرستان به کار برد.

پژوهشگران متوجه ارتباطی روشن میان درک مفهومی دانش‌آموزان در علوم (مکانیک، الکتریسیته، گرما) و سیر مفاهیم علمی از نظر تاریخی شده‌اند. گرچه این موضوع، امکان آموزش براساس مرور بر مفاهیم تاریخی را مطرح می‌کند، اما بررسی دقیقتر فرایند پیچیده تفکری که در اکتشاف علمی دخیل است نشان می‌دهد که این هدف احتمالاً غیر منطقی است. اما یک مورد موجه، بررسی فرایند تاریخی در زمینه‌هایی مانند مکانیک پیش‌نیوتونی (مکانیک پیش از زمان نیوتون) است که دانش‌آموزان با آن آشنا هستند.

در فیزیک پیش نیوتونی، گسترش مفهومی بر مبنای درک عادی و حافظه حرکتی مشخص است. از طرف دیگر، مفاهیم پس نیوتونی با مفاهیم درونی مانند آزمایشهای فکری مرتبط اند که یافتن ارتباط آنها با تجربهٔ معمولی ممکن است چندان آسان نباشد. بعلاوه، معلمان فیزیک اغلب آشنایی کمی با ایده‌های ماخ واینشتین دارند. بنابراین، معلمان بر این باورند که استدلال اکتشافی، لازم برای ارائه این ایده‌ها برای دانش‌آموزانی که تازه به فیزیک خواندن پرداخته‌اند، مشکل است. به هر حال، می‌توان با دانش‌آموزان دبیرستانی نیز تا اندازه‌ای ایده‌های پس نیوتونی در مورد نیرو و حرکت را مرور کرد.

پس این بحث مختصر دو هدف دارد: خلاصه کردن مفهومی گسترش مفهوم نیرو از ارسطو تا اینشتین و اشاره به شباهتهای مناسب، تحلیل موارد محدودکننده، آزمایشهای فکری و نمایشهای تصویری برای درک قسمتی از فرایند تاریخی و مفهوم نیرو. دانش‌آموزان دبیرستانی معمولاً به ایده‌های ارسطو در مورد نیرو و حرکت علاقهٔ بسیار دارند. آنها مجذوب ایده‌های فیزیک جدید نیز هستند. اما ایده‌های ارسطو دربارهٔ نیرو و حرکت معمولاً در کتابهای درسی مطرح نمی‌شود یا توجه کمی به آنها می‌شود. ایده‌های اینشتین نیز غالباً مجردند و بیشتر دانش‌آموزان فیزیک با آن آشنا نمی‌شوند.

هدف این مقاله آن است که نشان دهد بررسی سیر تاریخی گسترش مکانیک نیوتونی بر رهیافت معمولی کتابهای درسی برتری دارد، زیرا بر مبنای قرینه است که کوشش فکری دخیل در تفکر علمی را نشان می‌دهد، و با معلومات و تجربهٔ دانش‌آموزان ارتباط بهتری دارد. بنابراین، پرسش فیزیکدانهای پس از نیوتون در مورد فرضهایی مانند فضای مطلق، برای دانش‌آموزان معنای بهتری می‌یابد و راه را برای بحث در مورد نیرو در مراحل پس از نیوتون می‌گشاید.

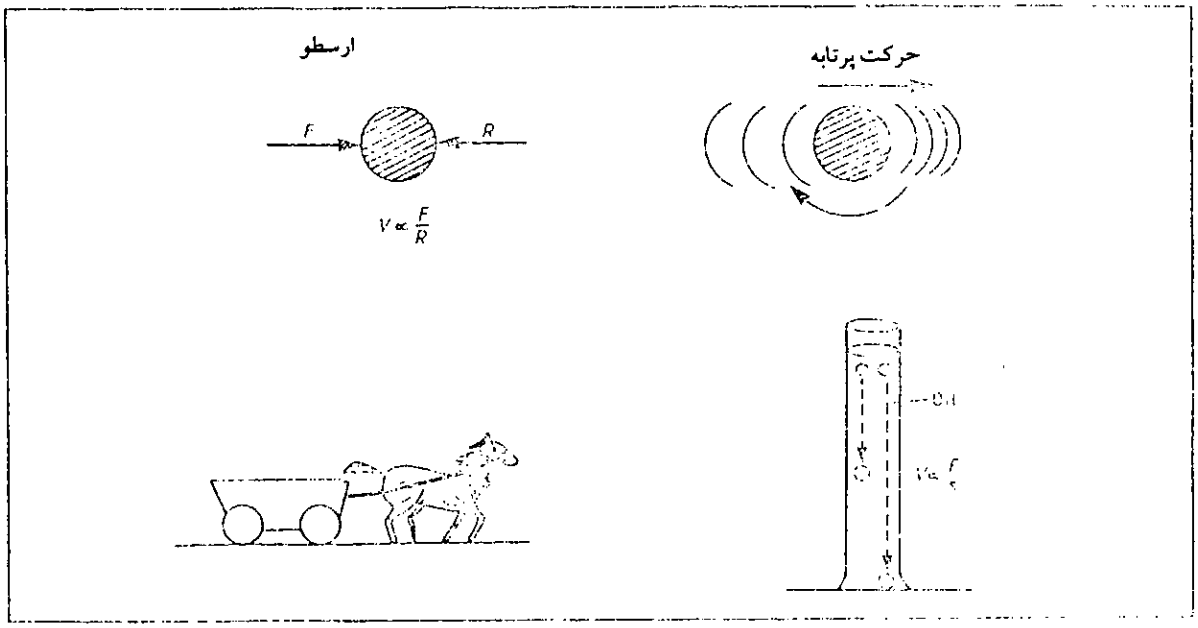
ارسطو و مفهوم حرکت

بررسی دقیق فیزیک ارسطویی نشان می‌دهد که وی نه فقط به عنوان طبیعی دان، بلکه به عنوان فیزیکدان نیز طبیعت را به دقت بررسی کرده است. اجازه دهید برداشت او را از مفهوم نیرو و حرکت به تفصیل بررسی کنیم. علوم یونانیان، اغلب به علت کیفیت بالای تفکر بدون کمک مشاهده برای بحث مسائلی که در کتاب درسی مطرح می‌شود، مناسب است.

ارسطو حرکت موضعی را به دو دستهٔ طبیعی و شدید

طبقه بندی می کرد. حرکت طبیعی از نظر او حرکت آسمانی (حرکت دایره‌ای یکنواخت و دائمی) یا حرکت زمینی (مستقیم‌الخط، بالا و پایین و متناهی) بود. بقیهٔ حرکتها را به عنوان شدید طبقه بندی می کرد (شکل ۱).

ارسطو طبیعت را مشاهده می کرد و آنچه را می دید گزارش می داد. او می دید که اجسام پس از حذف نیرو متوقف می شوند. بنابراین اگر اسب ارابه را نکشد، ارابه متوقف می شود. بعلاوه، اجسام هنگام سقوط در محیطی مانند آب یا هوا حرکت می کنند. حرکت در خلاء ناممکن تصور می شد. خلاصه، ارسطو دنیایی را می دید که در آن همواره مقاومتی در برابر حرکت وجود داشت. این واقعیت



شکل ۱ ــ طبق نظر ارسطو، اگر اسب گاری را نکشد گاری متوقف می شود. بعلاوه، اگر اجسام سقوط کنند در محیطی مانند آب یا هوا به حرکت درمی آیند. ارسطو جهانی را می دید که در آن همواره در برابر حرکت مقاومت وجود داشت. با ارتکاب یک اشتباه تاریخی می توان گفت که برای ارسطو سرعت با نیرو نسبت مستقیم و با مقاومت محیط نسبت عکس داشت.

است، سرعتی دو برابر داشته باشد. بنابراین، تمام حرکتهایی که در اطراف خود می بینیم را می توان براساس تعادل میان نیروهایی که تمایل به حفظ حرکت دارند و آنهایی که در مقابل حرکت مقاومت می کنند، درک کنیم. به گفتهٔ استیون تولیمان، فیزیک ارسطویی فقط با آن دسته حرکت سر و کار دارد که نوعی در نظر گرفته می شود، خواهیم دید که تناسبهای تقریبی بالا، حتی در فیزیک قرن بیستم جایگاهی محترم دارند، به گفته او قانون استوکس را می توان صورت جدید نسبتهای تقریبی و کیفی ارسطویی دانست که معیارهای ناسرهٔ فاصله و زمان را به یکدیگر مربوط می کند. قانون استوکس سرعت جسم را در محیطی با چسبندگی معین، حرکت است. می توانیم نقش نیرو را برای جسمی که در یک محیط حرکت می کند با یک اشتباه تاریخی به صورت زیر نشان دهیم. سرعت با نیرو نسبت مستقیم و با مقاومت محیط نسبت عکس دارد:

$$V \propto \frac{F}{R}$$

ارسطو استدلال می کرد که در سقوط آزاد، نیرویی معین (وزن) سرعت ثابتی ایجاد می کند. این مطلب ایجاب می کند که جسم دیگری با همان اندازه که وزنش دوبرابر تعیین می کند. طبق این قانون سرعت جسم با نیرویی که آن را به حرکت درمی آورد، نسبت مستقیم و با چسبندگی مایع نسبت عکس دارد.

$$V \propto \frac{F}{S}$$

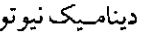
این قانون را می توان با استفاده از یک استوانه بزرگ حاوی مایعهای مختلف مانند آب، روغن و غیره، و اندازه گیری زمان سقوط کره های با شعاع و چگالی مختلف آزمود.

حرکت پرتابه ارسطو را با مشکلی بزرگ مواجه کرد. حرکت طبیعی مانند سقوط آزاد، احتیاج به توجیه نداشت، و حرکت واداشته مانند حرکت یک گاری که اسبی آن را می کشد قابل توجیه است. اما چه نیرویی پرتابه را پس از قطع ارتباط آن با پرتاب کننده به حرکت درمی آورد؟ ارسطو تصور می کرد که محیط تا اندازه ای نیروی لازم جهت رانش پرتابه را فراهم می کند. پارادوکس در این مورد آن است که ارسطو عقیده داشت که محیط نه تنها باعث ادامه حرکت می شود، بلکه در برابر آن مقاومت نیز می کند. حرکت در فضای خالی ناممکن بود، زیرا محیطی وجود نداشت که باعث ارائه حرکت شود، و در غیاب مقاومت، جسم با سرعت نامتناهی حرکت می کند که راه حلی غیر قابل قبول است.

قرون وسطی

ایدهٔ ارسطو در مورد نیرو و حرکت را ابتدا جان فیلوپونوس (قرن پنجم بعد از میلاد) مورد سؤال قرار داد. او قانون $V \propto \frac{F}{R}$ ارسطو را مردود دانست (شکل ۲).

شکل ۲ ـ به هرحال، جان فیلوپونوس قانون $V \propto \frac{F}{R}$ ارسطو را رد کرد و $V \propto F - R$ را جانشین آن کرد. این بدان معنی است که حرکت در خلاء که در آن مقاومتی وجود ندارد، امکانپذیر است. بعلاوه، او استدلال می کرد که این هوا نیست که نیروی محرک برای حرکت پرتابه را ایجاد می کند، بلکه نیروی مؤثری است که در نهایت از بین می رود. جان بوریدان نظریهٔ محرک را گسترش بیشتری داد. او تصور می کرد که نیروی مؤثر بر پرتابه دائمی است مگر اینکه مقاومت یا نیروهای دیگر با آن مقابله کنند. او این نیروی مؤثر را متناسب با کمیت ماده و سرعت تعریف می کرد. اوریسم مفهوم لختی گالیله را پیش بینی کرد.



فیلو پونوس (قرن پنجم میلادی)

$V \propto F - R$

نیروی مؤثر خود مصرف

بوریدان (قرن چهاردهم میلادی)

نظریهٔ محرک

نیروی مؤثر = جرم × سرعت

محرک دائمی

اوریسم (قرن چهاردهم میلادی)

قانون لختی؟

آشکارسازی حرکت یکنواخت مستقیم الخط امکانپذیر نیست،

زمین می چرخد و هوا و آب در حرکت آن سهیم اند،

این به روشنی بدان معنی بود که حرکت در خلاء که مقاومت در آن صفر است، امکان دارد. بعلاوه، او می گفت این هوا نیست که توان منفی جهت حرکت پرتابه را فراهم می کند، بلکه **نیروی مؤثری** است که سرانجام از بین می رود.

جان بوریدان نظریهٔ محرک را گسترش بیشتری داد. او تصور می کرد که نیروی مؤثر بر پرتابه دائمی است، مگر اینکه مقاومت یا نیروهای دیگر با آن مقابله کنند. او این نیروی مؤثر را متناسب با کمیت ماده و سرعت تعریف می کرد. باید دقت کنیم که محرک را با مفهوم تکانه یکی نگیریم. مثلاً، روشن نیست که آیا او محرک را نتیجهٔ حرکت می دانست (چنانکه می توانیم تکانه را تصور کنیم)، و یا آن را عامل حرکت تصور می کرد. که در این صورت نقشی مشابه نیرو خواهد داشت.

به هر حال، بوریدان به تعریف لختی یا اصل پایستگی تکانه نرسید. اما، اوریسم که یکی از شاگردان گالیله بود به تعریف لختی رسید. او استدلال می کرد که امکان ندارد بتوان حرکت مستقیم الخط یکنواخت را آشکار کرد. او همچنین تصور می کرد که زمین می گردد، و آب و هوا با آن حرکت می کنند، اما اصل پایستگی تکانهٔ خطی تا زمان دکارت اظهار نشد.

نیوتون و پندارهٔ مرکزی نیرو

کشمکشهای اولیه: کشمکش نیوتون برای جا انداختن پندارهٔ جرم به عنوان مفهوم وحدت بخش، داستانی است که در کتابهای درسی فیزیک ذکر نمی شود. تعریفهای نوعی دینامیک نیوتونی به صورت چگونگی فرمولبندی قانونهای حرکت مورد بحث قرار می گیرد (به ویژه قانون دوم). این کار با ارائه مفاهیم به صورت بدیهی که به طور ناگهانی پس از سقوط سیب بر سر این بزرگمرد به ذهن او گذشت، انجام می شود.

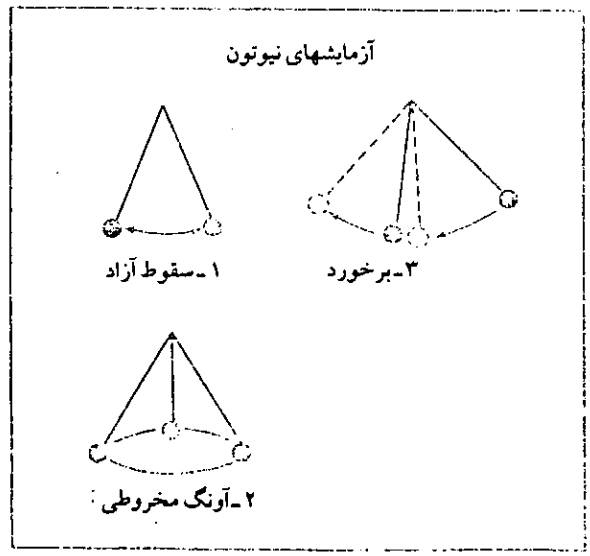
کشمکش اولیهٔ نیوتون برای آزاد ساختن خود از ایدهٔ محرک (این ایده که حرکت بدون کمک به وسیلهٔ نیروی محرک درونی برقرار می شود) به تفصیل بررسی شده است. طبق این بررسیها نیوتون جوان، مانند دانش آموزان امروزی

به پندارهٔ محرک عقیده داشت. بعلاوه، دانش‌آموزان امروزی نیز مانند نیوتون جوان به چیزی که می توان آن را انتقال نامید عقیده دارند ـ این ایده که یک جسم می تواند قسمتی از نیروی خود را طی برخورد به جسم دیگر منتقل کند.

سرانجام، نیوتون پندارهٔ محرک را به مفهوم جرم لختی تبدیل کرد. تصور جدید او از «نیروی مؤثر» به صورت کنش علامت جدایی نیرو و حرکت از یکدیگر است. اکنون نیوتون مفهوم جرم لختی را در اختیار داشت و می توانست به حرکت بدون نیرو بیاندیشد.

با رسیدن به تعریف روشن نیرو، نیوتون ابتدا توجه خود را به مسئله سقوط آزاد معطوف کرد. او می‌خواست سینماتیک گالیله را به دینامیک تبدیل کند. اینجا بود، که قانون دوم نیوتون که شتاب یک جسم معین با نیروی مؤثر بر آن متناسب است برای نخستین بار تجلی کرد. سقوط آزاد موردی بود که در آن پندارهٔ نیرو به عنوان اصل علیتی حرکت باید درک می شد، اما پندارهٔ نیرو را با آنچه در موارد دیگر به کار می رفت آشتی داد: **نیرو به عنوان معیار حرکت و نیرو به عنوان معیار تغییر حرکت.**

نیوتون سه دسته مشاهده در اختیار داشت که می توانست آنها را با سه مفهوم پندارهٔ نیرو ارتباط دهد (شکل ۳). یک دسته مربوط به سقوط آزاد بود که در آزمایشهای با آونگ نشان داده می شد. دستهٔ دیگر با آونگ مخروطی ارتباط داشت.



شکل ۳ـ نیوتون سه دسته مشخص از مشاهدات را در اختیار داشت که به کمک آنها می توانست سه مفهوم پندارهٔ نیرو را با آزمایشهای آونگ، آونگ مخروطی و برخورد گویهای چوبی به عنوان آونگ نشان دهد. نیرو در هریک از سه مورد باید تعریف شود.

سرانجام، دسته سوم مشاهده‌ها براساس برخورد گویهای چوبی قرار داشت که به عنوان وزنه آونگ به کار می رفتند. در مورد اول با سقوط آزاد مقید مواجه‌ایم، در مورد دوم با نیروی وابسته به تغییر جهت جرم (آنچه هنوز به غلط نیروی گریز از مرکز، نامیده می شود)، و در مورد سوم با مسئلهٔ چگونگی ارتباط پندارهٔ نیرو با مفهوم برخورد سر و کار داریم.

بنابراین، نیوتون باید دینامیک سازگاری را برای توصیف این مشاهده‌ها می‌یافت. ابتدا، حرکت شتابدار بر خط راست، سپس، شتاب، مربوط به جسمی که با اندازه سرعت ثابت حرکت می کرد ولی جهت آن در تغییر بود، و سرانجام حرکت دخیل در برخورد. مورد اول با کمیت ma ارتباط داشت، دومی با کمیت $\frac{mv^2}{r}$ و سومی با mdv.

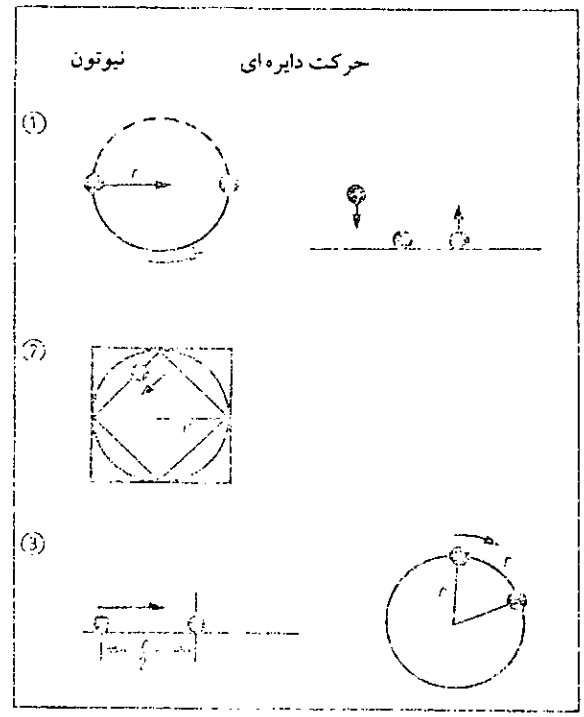
مرکزگرا یا مرکز گریز؟ به نظر می رسد که نیوتون در رها شدن از ایدهٔ نیروی مرکز گریز در توصیف حرکت دایره‌ای یک جسم با مشکل روبه‌رو شده باشد. چهار مثال از کوششهای وی برای درک این حرکت را ذکر می کنیم.

در اولین کوشش برای کمّی کردن حرکت دایره‌ای، نیوتون استدلال کرد که حرکت در نصف دایره با پراکندگی کشسان کامل هم‌ارز است. این حرکت احتیاج به نیرویی دارد که حرکت رو به جلو را به طور کامل متوقف کند و سپس حرکتی در جهت مخالف ایجاد کند. اما این تشابه معتبر نبود و باعث شد که نیوتون به نتایجی از نظر ابعادی متباین برسد. (شکل ۴)

در تلاش بعدی برای کمّی کردن نیرو در حرکت دایره‌ای، نیوتون مربعهایی را در نظر گرفت که بر دایره محیط و محاط بودند و گلوله در داخل آنها حرکت می کرد. با درنظرگرفتن مؤلفه‌های حرکت در جهت عمود بر اضلاع، نیوتون توصیفی به دست آورد که نیروی یک برخورد را که در آن مؤلفه وارون می شد با نیروی حرکت گلوله مقایسه می کرد. (شکل ۴). سرانجام، نیوتون متوجه شد که اگر تعداد اضلاع چند ضلعیهای محیطی و محاط افزایش یابد، نسبت نیرو برای یک مدار برابر نسبت طول مسیر به شعاع می شود. این رهیافت نتیجهٔ صحیح $a = \frac{v^2}{r}$ را می دهد (شکل ۴).

در مرحلهٔ سوم، نیوتون استدلال کرد که نیروی گریز از مرکز یک جسم گردان به گونه ای است که اگر نیرویی برابر با آن بر جسمی با جرم برابر و برای مدتی که جسم به اندازهٔ یک رادیان می گردد، اعمال شود. سرعت خطی برابری را در آن

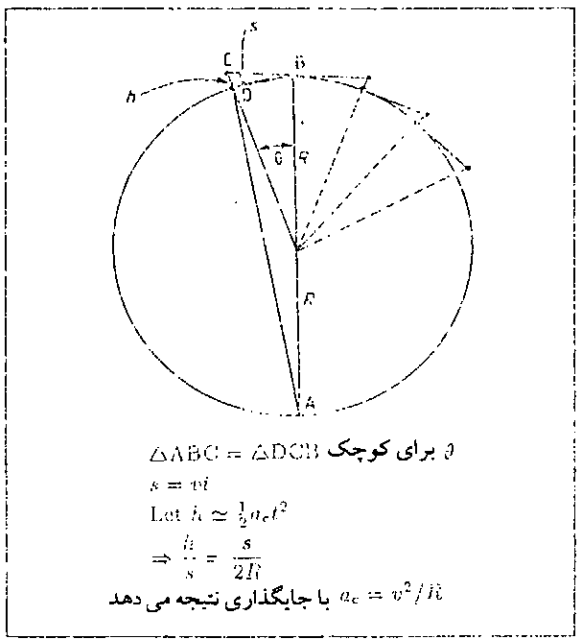
جسم ایجاد می کند و آن را از سکون در مسافت نصف طول رادیان به حرکت درمی‌آورد (شکل ۴).



شکل ۴ـ در اولین کوشش برای کمّی کردن حرکت دایره ای، نیوتون استدلال کرد که چرخش در نیم دایره معادل کشان کامل است. در کوشش دوم، نیوتون مربعی را درنظر گرفت که بر دایرهٔ محیط است و گلوله مسیری را در داخل آن طی می کند. در مورد سوم او استدلال کرد که نیروی مرکز گریز که بر یک جسم با حرکت دورانی وارد می شود به گونه ای است که اگر نیرویی برابر با آن، به جسمی با جرم مساوی در زمانی که آن جسم یک رادیان می چرخد وارد شود، سرعت خطی برابری را در جسم دیگر ایجاد می کند و آن را از سکون در طول نیم رادیان به حرکت درمی آورد.

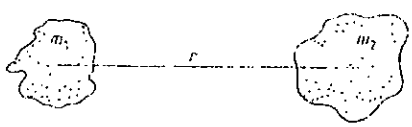
این رهیافت نیز نتیجهٔ صحیح $a = \frac{v^2}{r}$ را می دهد. گرچه دو مورد اخیر قدر نیرو را به درستی تعیین می کند اما **جهت درست را مشخص نمی کنند.** به هر حال، مادامی که نیوتون به جای نیروی جانب مرکز، به نیروی گریزاز مرکز، می اندیشید، دینامیک او در مورد حرکت سیارات قابل استفاده نبود.

سرانجام، او توانست رابطه ای برای نیروی گریز از مرکز، به صورت مؤجزو زیباتری به دست آورد (شکل ۵). در اینجا او از نتیجه های سینماتیک گالیله در مورد سقوط آزاد استفاده کرد و آنها را در مورد یک جسم گردان به کار برد.



شکل ۵ـ نیوتون سرانجام موفق شد که رابطهٔ نیروی «مرکز گریز» را به صورت موجزتر و زیباتری به دست آورد. برای این کار او از نتیجه های سینماتیک گالیله در مورد سقوط آزاد استفاده کرد و آن را در مورد دینامیک یک جسم گردان به کار برد.

یادداشتی کوتاه در مورد قانون سوم نیوتون: رابطهٔ بین قانونهای دوم و سوم را می توان با درنظر گرفتن دو تودهٔ بزرگ در نزدیکی هم در عمق فضا نشان داد. با فرض اینکه جاذبهٔ گرانشی مربوط به جرم دیگر تنها نیروی خارجی است، می توانیم شتاب (لحظه ای) اجرام را محاسبه کنیم. این مثال خوبی برای نشان دادن رابطهٔ بین قانون دوم و سوم است (شکل ۶). به تجربه من بسیاری از دانش‌آموزان فیزیک پایه درک روشنی از رابطهٔ این دو ندارند.

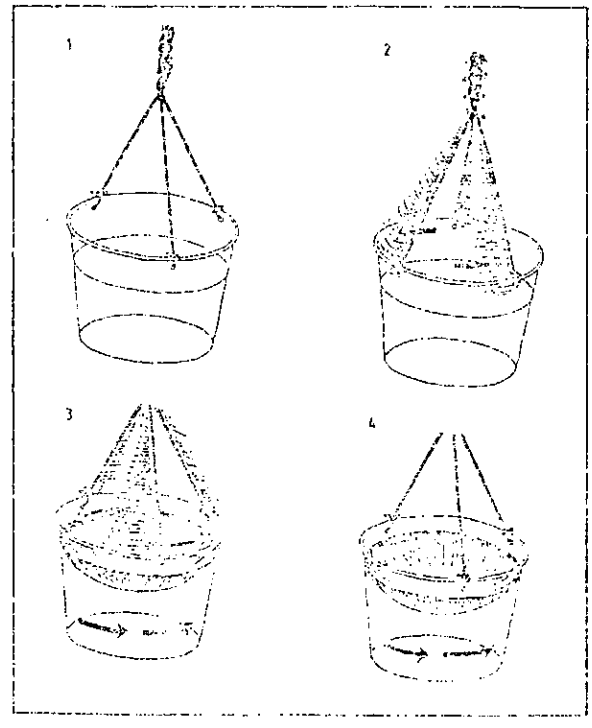


شکل ۶ـ رابطهٔ بین قانونهای دوم و سوم را می توان در اینجا مشاهده کرد. دانش‌آموزان اثر دو تودهٔ بزرگ بر هم را در عمق فضا درنظر می گیرند.

نیرو و ایدهٔ حرکت مطلق: قانونهای حرکت نیوتون فقط در چارچوبهای مرجع بدون شتاب یا لخت معتبراند. نیوتون کوشش فراوانی را صرف توضیح این وضعیت ممتاز

چارچوبهای لخت کرد و فرض کرد که فضا و زمان مطلق وجود دارد. او تصور می کرد که نیروهای لخت نمایانگر حرکت مطلق هستند.

برای نشان دادن چگونگی تعیین وجود حرکت مطلق، او دو آزمایش فکری پیشنهاد کرد. **آزمایش معروف سطل و دوران دو گوی حفره ای بسیار بزرگ** (شکل ۷). این آزمایشهای فکری نشان می دهند که دوران نسبی آب نسبت به سطل مسئول نیروهای گریز از مرکز نیست. بعلاوه، نیوتون استدلال می کرد که کشش نخ (در شکل ۸) به علت نیروهای مرکز گریز، حتی در حفره که جرم دیگری وجود ندارد نیز ثبت می شوند.

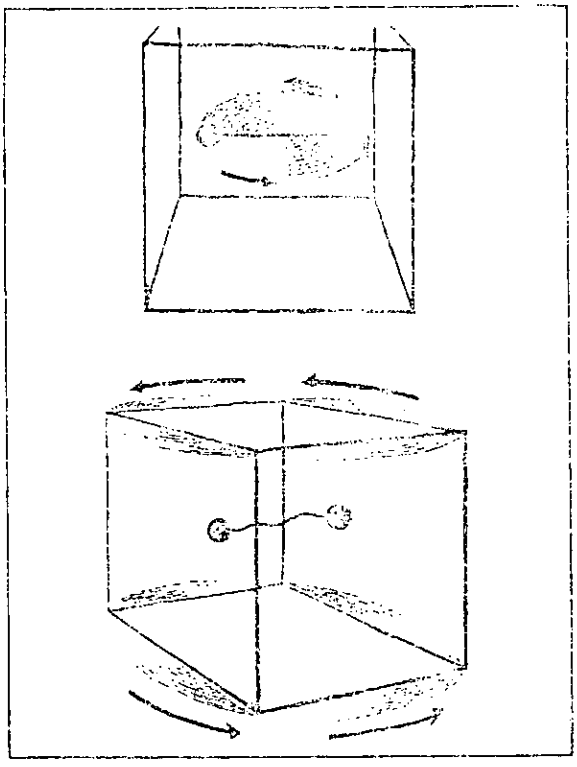


شکل ۷ ـ به نظر نیوتون آزمایش فکری سطل نشان می دهد که دوران نسبی آب نسبت به سطل مسئول نیروهای مرکز گریز نیست. در مرحلهٔ ۲ و ۴ سطل و آب نسبت به یکدیگر حرکت می کنند. در اولین مورد آب سطح تختی دارد و در موارد بعد سطح آن مقعر است. نیوتون برای تبیین آن، مجبور به وارد کردن پندارهٔ حرکت مطلق شد.

شاید علت آن خود زمین یا منظومهٔ شمسی باشد؟ اما آزمایش آونگ فوکو نشان داد که علت را باید در خارج از زمین جستجو کرد. بعلاوه، سیارات به واسطه نیروی گریز از مرکز در مدارهای معین حرکت می کنند. به نظر می رسد که پدیدهٔ نیروهای، مرکز گریز، جهانی باشد و ربطی بر هم کنش نداشته باشد. (شکل ۵)

برداشت نیوتون و فیزیکدانهای قارهٔ اروپا از نیرو

شایان توجه است که فیزیکدانهای اروپایی از جمله لایپ نیتس و هویگنس در زمان نیوتون، و بعدها لاگرانژ راه نیوتون را در ایجاد دینامیکی بر مبنای مفهوم وحدت بخش نیرو دنبال نکردند. بلکه در عوض بر نقش قوانین پایستگی در برخوردها تأکید کرده اند. لایپ نیتس «انرژی جنبشی» را جایگزین «تکانه» و کار نیرو، را جانشین «نیروی» نیوتون کرد. بعدها این «کار نیرو» با کمیت بنیادیتر یعنی «تابع کار» جایگزین شد. لایپ نیتس بنیانگذار «مکانیک تحلیلی» شد



شکل ۸ ـ نیوتون آزمایش فکری دیگری را پیشنهاد کرد تا بحث حرکت مطلق را تأیید کند. به نظر او کشش نخ به علت نیروهای مرکزگرا حتی در حفره ای که در آن هیچ جرمی وجود ندارد ثبت می شود.

که تعادل و حرکت را بر مبنای کمیتهای اسکالر انرژی پتانسیل و جنبشی بررسی می کند. خود نیوتون از مباحثات قارهٔ اروپا در مورد اینکه کدامیک از معیارهای mv یا mv^2 برای اندازهٔ حرکت، مناسبتر است بر کنار ماند.

می توان گفت که ممکن است نیوتون به طور اتفاقی این خط

استدلال را دنبال کرده باشد. برداشت او به‌آسانی به درنظرگرفتن گرانش به‌عنوان وضعیت شتاب طبیعی منجر می شد، درواقع مشخصه بارز فیزیک نیوتون مربوط به پندارهٔ «واداشتن» و «شتابدادن» است که در آن شتابدادن به مفهوم تغییر سرعت یک جرم به‌طور قانونمند است. تشبیه فیزیکدانان اروپایی از «واداشتن» با «حرکت دادن» منجر به این نتیجه می شد که نمی توان دلیل روشنی برای گرانش داشت.

ماخ و حرکت مطلق

ارنست ماخ از استدلال نیوتون در مورد حرکت مطلق انتقاد کرد. او این طور شروع کرد که تجربه مکانیکی

استدلال ماخ

نیوتون

$\xrightarrow{F_1}$ n ..... a_1

$\xrightarrow{F_2}$ m ..... a_2

$\Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{a_1}{a_2}$ (قابل مشاهده)

یا $F = ka$, که $k = m$

$\Rightarrow$ جرم لختی معیاری از ویژگی ذاتی ماده است

ماخ

$\xrightarrow{F_1}$ m_1 ..... a

$\xrightarrow{F_2}$ m_2 ..... a

$\Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1}{m_2}$ (قابل مشاهده)

یا $m = kF$

شکل ۹ــ ماخ نشان داد که می توان معادله های حرکت نیوتون را از نسبیت گالیله ای به دست آورد.

نمی تواند چیزی در مورد فضای مطلق به ما بیاموزد. فقط می توانیم حرکتهای نسبی را اندازه بگیریم و درنتیجه، این حرکتها از نظر فیزیکی واقعی اند.

بنابراین، نتیجه گرفت که ایدهٔ نیوتون در مورد فضای مطلق توهم است. درواقع، کل بحث نیوتون منجر به این می شود که بپذیریم اگر ستارگان (امروزه آن را کل جهان می نامیم) دور زمین می چرخیدند، هیچگونه تسطیح و کاهش گرانش در استوا رخ نمی داد.

ماخ همچنین می گفت که جرم هیچ ربطی به ویژگی ذاتی به نام لختی ندارد. بلکه، لختی حاصل از کل جرم موجود در جهان به عنوان یک سیستم بسته است.

ماخ به خصوص نشان داد که می توان معادله های حرکت نیوتون را از نقطه نظر نسبیت گالیله به دست آورد. این بحث به صورت ساده در شکل ۹ نشان داده شده است.

ماخ همچنین درمورد برهم کنشهای مادی محلی و سراسری می اندیشید که ممکن است مسئول اثرهای لختی باشند.

برای مثال، او می خواست بداند که لختی محلی یک سطل بسیار بزرگ چرخان بر آب ساکن داخل آن چه اثری دارد؟ تغییر جرم لختی را به عنوان تجلی یک سیستم بسته بعدها انیشتن اصل ماخ نامید.

اینشتین مفهوم نیرو را کنار می گذارد

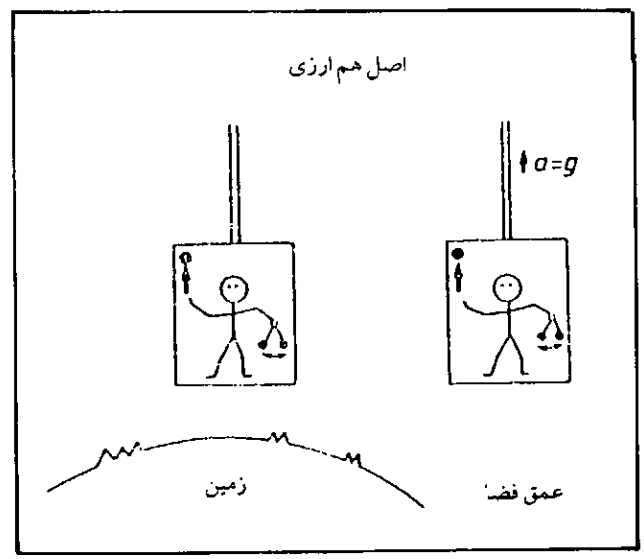
اینشتین نظریه نسبیت عام (GTR) خود را بر دو فرض بنا نهاد: (۱) اصل نسبیت (قانونهای طبیعت باید برحسب متغیرهای میدان پیوسته داده شدند) و (#) اصل ماخ (توصیف بنیادی هر سیستم فیزیکی واقعی باید بسته باشد). بنا نهاد. اینشتین مطالعات بعدی خود را در نسبیت خاص با این سؤالها آغاز کرد: چرا اصل نسبیت باید فقط در مورد چارچوبهای مرجعی صادق باشد که با سرعت ثابت نسبت به هم حرکت می کنند؟ اگر قانونی در طبیعت وجود دارد که ایجاب می کند A باید نسبت به B شتاب بگیرد، زیرا علتی فیزیکی این اثر را ایجاد می کند، پس باید قانون مشابهی وجود داشته باشد، که منجر به آن شود که B نیز باید نسبت به A شتاب بگیرد، که با رابطهٔ علت و معلولی متناظری پیش بینی می شود. اما این مطلب به جای چارچوب مرجع A در چارچوب مرجع B به کار می رود.

وقتی ماده با مادهٔ دیگر بر هم کنش می کند، حرکت غیریکنواخت تنها حرکتی است که ماده عملاً تجربه می کند. این بدان سبب است که بر هم کنش ماده به واسطهٔ نیرویی

(طبق تعریف) است، که باعث انتقال انرژی و تکانهٔ متقابل می‌شود. بنابراین اینشتین استدلال کرد که نظریهٔ نسبیت خاص باید حالت حدی نظریهٔ نسبیت باشد.

یک فرمولبندی کاملاً جدید از قانون لختی در یک آزمایش فکری مشهور به ذهن اینشتین خطور کرد که وی آن را «بهترین فکر زندگی خود» می‌داند. فرم تعدیل شده این آزمایش به صورت زیر است.

می‌توان ناظری را مجسم کرد که در یک آسانسور غول‌آسا در عمق فضا قرار دارد که به کابلی متصل است که با نیرویی کشیده می‌شود که به آن شتاب 1g (در حدود $10 ms^{-2}$) می‌دهد (شکل ۱۰). همین طور آسانسور مشابهی را درنظر بگیرید که در بالای سطح زمین در حرکت است. می‌توان گفت که ناظر درون آسانسور شتابدار و ناظر در آسانسور بالای زمین نمی‌توانند آزمایشی را بیابند که بین شرایط فیزیکی آنها تفاوتی بگذارد. حتی یک باریکه لیزر در هر دو مورد به یک اندازه خم می‌شوند. البته درصورتی که بتوان این خمیدگی را اندازه گرفت.



شکل ۱۰ ــ می‌توان ناظری را در یک آسانسور غول‌آسا در عمق فضا درنظر گرفت که به کابلی متصل است که آن را با شتاب 1g می‌کشد. همین طور آسانسور مشابهی را درنظر بگیرید که بالای سطح زمین حرکت می‌کند. اکنون می‌توان استدلال کرد که ناظر آسانسور شتابدار و ناظر در آسانسور زمینی نمی‌توانند آزمایشی را بیابند که بین حالتهای فیزیکی آنها تفاوت بگذارد. بنابراین اینشتین نتیجه گرفت که نمی‌توان بین اثر گرانش و اثرهای ناشی از شتاب در حرکت شتابدار تفاوت قائل شد.

که $k.(=\frac{m_2}{F_2})$ را می‌توان به عنوان استاندارد مقایسه به کار برد که در مورد تمام ماده به کار برد.

اکنون m معیاری از **جفت شدگی** بین این ماده و تمام مواد دیگر در یک سیستم بسته است.

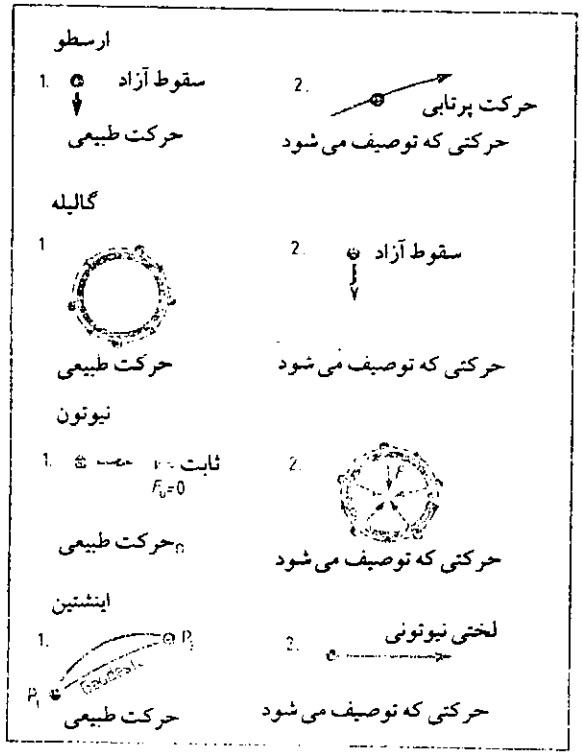
بنابراین، اینشتین نتیجه گرفت که نمی‌توان بین آثار گرانش و آثار ناشی از حرکت شتابدار تفاوت گذاشت. مکانیک نیوتونی بین حرکت یک جسم لخت (که نیرویی به آن اعمال نمی‌شود) و حرکت جسمی که تحت تأثیر گرانش قرار دارد تفاوت می‌گذارد. حرکت اول در دستگاه لخت مستقیم الخط و یکنواخت است؟ حرکت دوم خمیده خط و غیر یکنواخت است. به هر حال، اصل هم‌ارزی این تمایز را مجاز نمی‌شمارد. پس از این اینشتین باید قانون حرکت لخت را به صورت عام درمی‌آورد. حل این مسئله هر دو پندارهٔ فضای مطلق و نیرو را طرد و نظریه گرانش را ابداع کرد.

در نظریهٔ نیوتون نماد F در رابطهٔ F = ma به علت شتاب جسم اشاره می‌کند. بنابراین، نیرو عاملی خارجی است که بر جسمی با جرم لختی m اثر می‌کند و سبب می‌شود که با آهنگ a شتاب بگیرد. اما در نظریهٔ نسبیت عام، نیروی خارجی وجود ندارد. درواقع، اینشتین توانست معادلهٔ نیوتون F = ma را با توجه به ملاحظات کاملاً هندسی به دست آورد. او امکان صوری بودن کلیه نیروهای خارجی را مشاهده کرد و این امکان را دید که (اثر) ماده دیگر را با تعمیم هندسهٔ فضا ـ زمان نشان دهد که حرکت جسم را بیان می‌کند.

نتیجه گیری

برای ارتباط سرگذشت نیرو از ارسطو تا اینشتین با تجربهٔ روزمره می‌توان تصویری از رابطهٔ میان نیرو و حرکت ترسیم کرد. طبق این تصویر، برای ارسطو حرکت طبیعی سقوط آزاد بود. برای گالیله این حرکت، حرکت بلامانع یک کشتی به دور زمین بود (گرانشی که به کشتی اثر می‌کرد، مانع از حرکت آن نمی‌شد)، برای نیوتون حرکت طبیعی، حرکت با سرعت ثابت در عمق فضا (بدون نیروی خارجی) بود.

اینشتین پندارهٔ نیرو را طرد کرد و حرکت یک ذرهٔ آزاد را در فضای نااقلیدسی بیان کرد. برای او حرکت طبیعی، مسیر ذرهٔ آزاد در امتداد یک ژئودزیک (مسیری با کمترین فاصله) بود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ــ برای ارسطو، حرکت طبیعی، سقوط آزاد یک جسم بود. برای گالیله این حرکت، حرکت بلامانع یک کشتی به دور زمین بود، و برای نیوتون حرکت طبیعی، حرکت با سرعت ثابت در عمق فضا بود (بدون نیرو خارجی). اینشتین پندارهٔ نیرو را طرد و حرکت ذرهٔ آزاد را در فضای نا اقلیدسی در نظر گرفت. برای او حرکت طبیعی مسیر یک ذرهٔ آزاد در امتداد یک ژئودزیک (مسیری با کمترین فاصله بود).

سومین کنفرانس آموزش فیزیک ایران

سومین کنفرانس آموزش فیزیک ایران، توسط وزارت آموزش و پرورش، اداره کل آموزش و پرورش استان کرمانشاه و انجمن فیزیک ایران، از ۱۴ تا ۱۶ تیرماه ۱۳۷۳ در شهر باستانی کرمانشاه برگزار شد.

برنامه کنفرانس دارای عنوانهای زیر بود. چگونه در آموزش فیزیک تحقیق کنیم و مقاله بنویسیم؟، دماهای پایین تولید، نگهداری و اندازه گیری، درباره الکترو مغناطیس، پاسخ به پرسشهای رسیده، ساخت یک پانل فتوولتایی به وسیله ترانزیستورهای معیوب CBS (قدرت)، نگاهی بر شناخت کیهان، ابر رسانایی در دماهای بالا، مفهوم جرم، پایداری و ناپایداری هسته ها، ویژگیهای مغناطیسی مواد، درباره نور موجی و پاسخ به پرسشهای رسیده، کوانتیدگی، اهمیت اندازه گیری در فیزیک، و خط مشی و اصول آموزشی در تألیف و تدوین کتابهای فیزیک نظام جدید دبیرستان.

برنامه های جنبی کنفرانس عبارت بود از، فیزیک سرا و نمایش پدیده های فیزیکی، یک روش ساده و عملی برای نشان دادن اختلاف فیزیکی نورهای تجزیه شده توسط منشور، نرم افزارهای فیزیکی.

* * *

● در افتتاحیه کنفرانس رئیس انجمن فیزیک ایران ـ آقای دکتر رضا منصوری هدفهای تشکیل چنین کنفرانسهایی را بیان کردند و یادآور شدند که جامعه انسانی بسیار متنوع و پیچیده است و زندگی فردا پیچیده تر از امروز است و مسایل آن ناشناخته تر ـ از این رو باید جوانان را طوری آموزش دهیم که بتوانند مسائل فردای خود و جامعه خویش را بشناسند و توانایی پاسخگویی به آنها را داشته باشند . . .

● در برنامه های مربوط به «پاسخ به پرسشهای رسیده» آقای دکتر محمود مرادی از دانشگاه رازی و آقای دکتر احمد کیاست پور از دانشگاه اصفهان به ترتیب به سؤالات مربوط به الکترومغناطیس و نور که از طرف دبیران مطرح شده بود پاسخ گفتند. تنظیم و تدوین این پرسشها و پاسخها برای معلمان آینده مجموعه ای مفید می تواند باشد. ادامه این روش با دقت و انتظام بیشتر از کارهای پرثمر کنفرانسهای بعدی خواهد بود.

● با تشکیل «سومین کنفرانس آموزش فیزیک ایران» انتظار می رود که در برنامه کنفرانسهای آینده به مطالب مربوط به آموزش فیزیک عنایت بیشتری شود و طرح موضوعهای علمی نو متناسب با اطلاع و نیاز مخاطبان کنفرانس باشد. نکته مهمتر این است که دبیران باید بیش از پیش در ارائه مقاله های کنفرانس و بحثهای مربوط به آموزش فیزیک مشارکت داشته باشند.

برنامه هایی مانند «مفهوم جرم» و «اهمیت اندازه گیری در فیزیک» با کار تدریس و نیاز آموزشی شرکت کنندگان کنفرانس بستگی بیشتر دارد و مورد توجه زیادتری قرار می گیرد.

● فیزیک سرا که با کوشش آقای دکتر محمد فرهاد رحیمی از دانشگاه فردوسی فراهم آمده است در سومین کنفرانس با کمک آقای امین الله امینی از آموزش و پرورش مشهد عرضه شد و مورد توجه خاص بازدید کنندگان قرار گرفت.

● به مقتضای عنوان آموزشی کنفرانس، طرح خط مشی و اصول آموزشی در تألیف و تدوین کتابهای فیزیک نظام جدید دبیرستان بسیار بجا و مناسب بود. بحث و تبادل نظر و توجیه دبیران درباره آموزش فیزیک و نظام تحصیلی جدید نیاز به دقت کافی و اطلاعات لازم دیگر دارد که امیدواریم این فرصت برای طرّاحان نظام تحصیلی جدید و مجریان آن فراهم شود.

● از طرف رئیس انجمن فیزیک ایران، ضمن قدردانی از زحمات چند نفر در آموزش فیزیک کشور از آنان برای شرکت در سومین کنفرانس آموزش فیزیک دعوت به عمل آمده بود. در جلسه اختتامیه کنفرانس آقای نوروزیان از طرف خود و دعوت شدگان دیگر آقایان دکتر قلمسیاه، احقری، سید جعفر مهرداد، از برگزارکنندگان کنفرانس تشکر کردند. برای همه خدمتگزاران کشور به خصوص معلمان طلب توفیق نمودند و یاد معلمان درگذشته شادروانان، رهنما، رضاقلی زاده، کوشا، دکتر خدایاری ظاعنی، مبرهن و . . . . را گرامی داشتند.

● مشاهده آثار تاریخی کرمانشاه، (طاق بستان، تکیه معاون الملک) بازدید از پالایشگاه کرمانشاه، پذیرایی گرم و صمیمانه مدیران آموزش و پرورش به خصوص مدیر کل آن آقای بلادیان، برای شرکت کنندگان کنفرانس شیرین و دلگرم کننده و به یادماندنی است.

توفیق همه خدمتگزاران کشور را از خداوند بزرگ خواستاریم.

● جلسه اختتامیه کنفرانس با حضور آقای دکتر سپهری راد (معاونت نیروی انسانی وزارت آموزش و پرورش) تشکیل شد. در این جلسه علاوه بر اجرای برنامه های اعلام شده، آقای دکتر سپهری راد درباره آموزش نیروی انسانی و توسعه اجتماعی سخن گفتند و نتیجه گرفتند که برای توسعه کشور و قطع وابستگیها به افراد مبتکر و خلاق نیاز داریم.

* * *

تشکیل چنین کنفرانسهایی با شرکت تعداد زیادی از دبیران کار ساده ای نیست. هیأت برگزارکننده باید این گونه فرصتها را مغتنم بشمارد و با به کارگرفتن عوامل مثبت و مفید هرچه بیشتر در پیشرفت دانش و کارآیی معلمان اهتمام بورزد. رشد آموزش فیزیک از همه دبیران و علاقمندان و شرکت کنندگان در کنفرانسهای آموزش فیزیک تقاضا دارد که نظرات خود را درباره چگونگی این کنفرانسها به دفتر مجله ارسال دارند.

پاسخهای تشریحی گزینش دانشجو

غلامعلی محمود زاده و محمد علی سعادت بخت

رشته علوم ریاضی ـ فنی

۴ـ۶۶

وزن مایع جابه جا شده (نیروی ارشمیدس)

$$F = \rho' V g$$

$$V = \frac{F}{\rho' g} = \frac{۶۴}{۸۰۰ \times ۱۰} = ۸ \times ۱۰^{-۳} m^۳$$

$$L = \sqrt[۳]{V} = \sqrt[۳]{۸ \times ۱۰^{-۳}} = ۲ \times ۱۰^{-۱} m = ۲۰ \ cm$$

۱ـ۶۷

نیرویی که مایع به کف ظرف وارد می کند به شکل ظرف بستگی دارد. در حالت خاص که سطح مقطع افقی ظرف در همه جای آن یکسان است، این نیرو برابر مجموع وزن مایع و اجسام در مایع است. با فرض یکسان بودن سطح مقطع افقی در همه جای ظرف داریم

$$F = mg = ۰/۵ \times ۱۰ = ۵N$$

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{۵N}{۲۵۰ \times ۱۰^{-۴} m^۲} = ۲۰۰Pa$$

۳ـ۶۸

اگر $L_۰$ طول اولیه باشد در دو حالت داریم

$$F_۱ = K(L_۱ - L_۰)$$

$$F_۲ = K(L_۲ - L_۰)$$

و یا

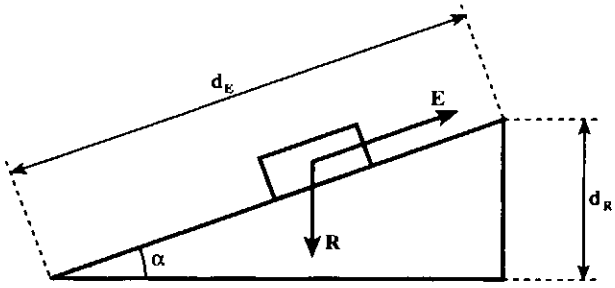
$$F_۲ - F_۱ = K(L_۲ - L_۱)$$

$$K = \frac{F_۲ - F_۱}{L_۲ - L_۱} = \frac{۲ \times ۲۰ - ۲۰}{۰/۱۱ - ۰/۱۰} = ۲۰۰۰ \frac{N}{m}$$

۳ـ۶۹

مزیت مکانیک کامل $A_ی = \frac{d_E}{d_R}$

$$A_ی = \frac{۱}{\frac{d_R}{d_E}} = \frac{۱}{\sin \alpha} = \frac{۱}{\frac{۱}{۲}} = ۲ = ٪۲۰۰$$



مزیت مکانیکی واقعی کوچکتر از یا مساوی با مزیت مکانیکی کامل است. درنتیجه مزیت مکانیکی واقعی حداکثر برابر ۲ یا ۲۰۰٪ است.

۲ـ۷۰

از آنجا که قطعهٔ یخ بسیار بزرگ است گرمایی که فلز از دست می دهد تا به دمای صفر سلسیوس برسد فقط می تواند قسمتی از یخ را ذوب کند (دمای تعادل صفر سلسیوس است).

$$A = mc = ۱۰۰۰ \frac{J}{°C}$$

$$mL_f = A\Delta\theta$$

$$m = \frac{A\Delta\theta}{L_f} = \frac{۱۰۰۰\times۸۴}{۳۳۶۰۰۰} = \frac{۱}{۴}kg = ۲۵۰g$$

۲_۷۱

با توجه به اینکه فشار گاز در این فرآیند ثابت می‌ماند داریم:

$$\frac{V_۱}{T_۱} = \frac{V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{Ah_۱}{T_۱} = \frac{Ah_۲}{T_۲}$$

$$\frac{۲۴cm}{۳۰۰K} = \frac{h_۲}{۴۰۰K} \quad h_۲ = ۳۲cm$$

$$\Delta h = ۳۲ - ۲۴ = ۸cm$$

۴_۷۲

$$\Delta L = L_۱\lambda\Delta\theta$$

$$\Delta L = L_۱ \times ۲\times۱۰^{-۵} \times ۱ \longrightarrow \Delta L = ۲\times۱۰^{-۵}L_۱$$

۳_۷۳

چون جسم، حقیقی و در فاصلهٔ کانونی آینه است و تصویر آن بزرگتر از جسم است پس آینه مقعر و تصویر مجازی است.

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p}$$

$$\frac{۸۰}{۸} = \frac{۴۵}{p} \Rightarrow p = ۴/۵ \ cm$$

$$f = \frac{pq}{p+q}$$

$$f = \frac{۴/۵(-۴۵)}{۴/۵ - ۴۵} \Rightarrow f = ۵cm$$

۱_۷۴

اگر جسم بسیار دور باشد تصویر آن در کانون آینه مقعر و اگر در مرکز باشد تصویر آن نیز در مرکز است. درنتیجه تصویر از کانون تا مرکز آینه جابه جا می‌شود.

۴_۷۵

سرعت شخص و آینه نسبت به یکدیگر برابر است با

$$۲\frac{m}{s} + ۳\frac{m}{s} = ۵\frac{m}{s}$$

سرعت تصویر و آینه نسبت به یکدیگر برابر است با $۵\frac{m}{s}$

لذا سرعت تصویر و شخص نسبت به یکدیگر برابر است با:

$$۵\frac{m}{s} + ۵\frac{m}{s} = ۱۰\frac{m}{s}$$

۲_۷۶

$$\frac{\sin\frac{D_m + A}{۲}}{\sin\frac{A}{۲}} = n \ , \ D_m = A \Rightarrow$$

$$\frac{\sin A}{\sin\frac{A}{۲}} = n$$

$$\frac{۲\sin\frac{A}{۲}\cos\frac{A}{۲}}{\sin\frac{A}{۲}} = \sqrt{۳}$$

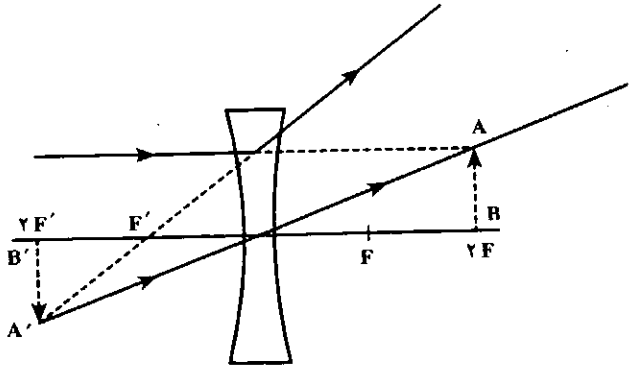
$$\cos\frac{A}{۲} = \frac{\sqrt{۳}}{۲} \Rightarrow A = ۶۰^\circ$$

_۷۷

به طورکلی با قرار دادن تیغه بین شیء و عدسی، تصویری از شیء توسط تیغه تشکیل می‌شود که به عدسی نزدیک‌تر است (و حکم شیء را برای عدسی دارد) به عبارت دیگر گویی شیء اول به عدسی نزدیک‌تر شده است. از این‌رو فاصلهٔ تصویر از عدسی بیشتر از q خواهد شد. به طوری که هرقدر ضخامت تیغه بیشتر باشد نزدیک شدن شیء اول به عدسی و درنتیجه بیشتر شدن فاصلهٔ تصویر از عدسی بیشتر می‌شود. باید توجه داشت که اگر جسم در بی‌نهایت دور باشد، نزدیک شدن شیء اول به عدسی تغییر در فاصلهٔ تصویر از عدسی نمی‌دهد. درنتیجه گزینه‌های ۱ و ۲ می‌توانند درست باشند.

_۷۸

عدسی واگرا از جسم مجازی در 2F تصویری مجازی و هم اندازه (با جسم) در 2F′ تشکیل می‌دهد (گزینهٔ ۴ درست است)



اگر جسم حقیقی به عدسی همگرا یا واگرا چسبیده باشد

تصویرش مجازی و هم اندازه است. (گزینه‌های ۱ و ۲ می‌توانند درست باشند)

عدسی همگرا نمی‌تواند از جسم مجازی تصویری مجازی تشکیل دهد (گزینهٔ ۳ نادرست است)

۳ ـ ۷۹

عدسی عینک این شخص واگرا و خود او نزدیک‌بین است زیرا این عینک تصویری کوچک‌تر تولید می‌کند و شخص با برداشتن آن بهتر می‌تواند اشیاء کوچک را ببیند.

۴ ـ ۸۰

قضیهٔ همگرایی $C = C_1 + C_2$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{-2} = \frac{1}{-6}$$

$$f = -6\,cm$$

چون $f < 0$ پس دستگاه معادل، واگراست.

۳ ـ ۸۱

۲ ـ ۸۲

بازتاب انتخابی رنگ زرد نورهای زرد و قرمز و سبز است و با عینکی با شیشهٔ آبی که عبور انتخابی آن نور آبی (و احتمالاً مقداری نور سبز) است به آن نگاه کنیم جسم را تیره (و احتمالاً سبز) خواهیم دید.

۱ ـ ۸۳

زیرا اگر پتانسیل نقاط یک جسم رسانا با یکدیگر تفاوت داشته باشند بار بین این نقاط جاری خواهد شد.

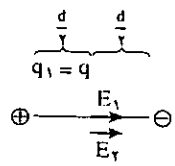
۴ ـ ۸۴

فرض می‌کنیم بار $q+$ در یکی از نقطه‌های درون دو صفحه با فاصلهٔ y از صفحهٔ پایینی باشد در این صورت از طرف میدان E نیروی $F = Eq$ بر آن وارد می‌شود و با جابه‌جاشدن تا صفحهٔ پایینی به اندازهٔ y کار $W = Fy = Eqy$ انجام می‌شود درنتیجه اختلاف پتانسیل نقطهٔ مورد نظر و صفحهٔ پایینی برابر است با $V = \frac{W}{q} = Ey$ یعنی این اختلاف پتانسیل به y بستگی دارد و از آنجاکه صفحه بالایی مثبت و صفحهٔ پایینی منفی است لذا پتانسیل نقطه‌های بالاتر بیشتر است.

۴ ـ ۸۵

در لحظهٔ اتصال کلید، اگر خازن بدون بار یا باردار با ولتاژی کمتر از ولتاژ باتری باشد چون خازن پر (شارژ) می‌شود جریان گذرنده از مقاومت ابتدا کم و سپس زیاد می‌شود. تا آنجا که ولتاژ دو سر خازن برابر ولتاژ باتری شود، اگر ولتاژ دو سر خازن باردار برابر ولتاژ باتری باشد، چون بار خازن تغییر نمی‌کند، جریان گذرندهٔ از باتری بدون تغییر می‌ماند و اگر ولتاژ دو سر خازن باردار بیشتر از ولتاژ باتری باشد خازن شروع به تخلیه می‌کند درنتیجه جریان گذرنده از باتری کم می‌شود و بتدریج که خازن تخلیه می‌شود جریان گذرنده از باتری افزایش می‌یابد تا جایی که ولتاژ دو سر خازن برابر ولتاژ باتری شود.

۳ ـ ۸۶



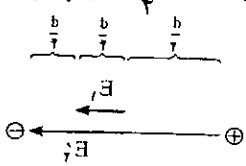
شدت میدان هریک از دو بار در وسط آنها

$$E = k\frac{q}{r^2}$$

$$E_1 = E_2 = k\frac{q}{(\frac{d}{2})^2} = 4k\frac{q}{d^2}$$

$$E = E_1 + E_2 = 8k\frac{q}{d^2}$$

فرض کنیم بار q_2 به اندازهٔ $\frac{d}{4}$ به چپ نزدیک شود.



$$E'_2 = k\frac{q}{(\frac{d}{4})^2} = 16k\frac{q}{d^2}$$

$$E' = E_1 + E'_2 = 20\ k\frac{q}{d^2}$$

$$\frac{E'}{E} = \frac{20k\frac{q}{d^2}}{8k\frac{q}{d^2}} = 2/5$$

۳ ـ ۸۷

شدت جریان در مدار $I = \frac{E}{R+r}$ و افت پتانسیل در مولد $V = Ir$ است درنتیجه داریم

$$v = \frac{Er}{R+r}$$

v تابعی هموگرافیک از R است (با مجانب افقی $v = 0$ و مجانب قائم $R = -r$).

۴ ـ ۸۸

هنگامی که کلید بسته می‌شود دو سر مقاومت ۲ اهمی اتصال کوتاه می‌شود و ازآن جریانی نمی‌گذرد ($I_1 = 0$) و از آنجا که مقاومت کل مدار کاهش می‌یابد جریان گذرنده از مولد بیشتر خواهد شد ($I_2 > 4A$) از این‌رو تنها گزینهٔ ۴

می‌تواند درست باشد. (البته می‌توان مقدار I_2 را حساب کرد.)

۲ـ۸۹

در هر چهار گزینه آمپرسنج جریان گذرنده از مولد را نشان می‌دهد. این جریان برابر است با $I=\frac{E}{R'+r}$ که در آن R' مقاومت کل خارج از مولد است بنابراین هنگامی جریان به حداقل می‌رسد که R' به حداکثر برسد از این رو سه مقاومت R باید متوالی باشند.

۱ـ۹۰

$$m=\frac{q}{F}\times\frac{A}{n}$$

$$\frac{q}{F}=\frac{m}{A}n=Nn$$

که در آن $N=\frac{m}{A}$ (تعداد اتمها) و F عدد ثابت فارادی است و چون بار گذرنده از همهٔ ظرفهای متوالی یکسان است پس داریم:

$$N_{AL}n_{AL}=N_{Cu}n_{Cu}=N_{Ag}n_{Ag}$$
$$N_{AL}\times ۳=N_{Cu}\times ۲=n\times ۱$$
$$N_{AL}=\frac{n}{۳}\ ,\ N_{Cu}=\frac{n}{۲}$$

۴ـ۹۱

$$R_a=\frac{P'}{P}$$

$$\frac{۷۵}{۱۰۰}=\frac{p'}{۴۰۰}\Rightarrow p'=۳۰۰W$$ (مفید) توان مکانیکی

توان گرمایی (غیرمفید)

$$p_Q=p-p'=۴۰۰-۳۰۰=۱۰۰W$$

$$Q=P_Q.t$$

$$Q=۱۰۰\times ۶۰\Rightarrow Q=۶۰۰۰\ J=۶kJ$$

۱ـ۹۲

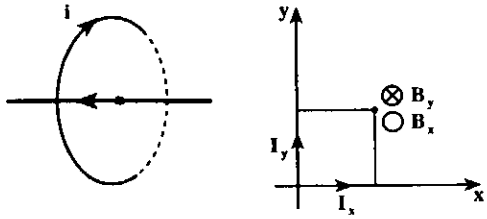
اگر آهنربای تک قطبی وجود داشته باشد آنگاه خطهای میدان مغناطیسی آن بسته نخواهند بود. (به خطهای میدان الکتریکی یک ذرهٔ باردار توجه کنید.)

۲ـ۹۳

با توجه به قاعدهٔ دست راست، میدان مغناطیسی حاصل از جریان در حلقه، در مرکز حلقه از راست به چپ است. از این رو عقربه در راستای خط میدان طوری قرار می‌گیرد که قطب شمال آن هم جهت با این خط باشد.

۱ـ۹۴

با توجه به قاعدهٔ دست راست شدت میدان حاصل از دو جریان مطابق شکل هستند چون جریانها، و فاصلهٔ نقطه تا محورها با هم برابرند لذا $B_x=B_y$ و از آنجا برآیند آنها صفر است.



۴ـ۹۵

با توجه به قاعدهٔ دست راست (اگر انگشتان در جهت حرکت میله باشند به طوری که جهت خم شدن آنها به طرف میدان مغناطیسی باشد، شست جهت نیروی وارد بر بارهای مثبت را نشان می‌دهد). میله را باید به سمت مغرب جابه جا کرد (تا جهت جریان قراردادی از بالا به پایین باشد).

۳ـ۹۶

بردار نیروی الکترومغناطیس وارد بر یک ذرهٔ باردار متحرک در یک میدان مغناطیسی همواره بر دو بردار سرعت ذره (که مماس بر مسیر است) و شدت میدان عمود است.

۱ـ۹۷

اگر ذرات باردار مثبت از راست به چپ لامپ حرکت می‌کردند با توجه به قاعدهٔ دست راست (به پاسخ تست ۹۵ توجه کنید) رو به پایین منحرف می‌شدند چون اشعه کاتدی (جریانی از الکترونها) از کاتد به آند جاری می‌شوند لذا رو به بالا منحرف می‌شوند.

۱ـ۹۸

$$^{۲۲۶}_{۸۸}Ra\longrightarrow{}^{۲۲۲}_{۸۶}Rn+m\,{}^{۴}_{۲}\alpha+n\,{}^{۰}_{-۱}\beta$$

$$\begin{cases}۲۲۶=۲۲۲+۴m+۰\\ ۸۸=۸۶+۲m-n\end{cases}\Rightarrow\begin{matrix}m=۱\\ n=۰\end{matrix}$$

۱ـ۹۹

جابه جایی متحرک برابر مساحت بین نمودار سرعت ـ زمان متحرک و محور زمان در محدودهٔ زمانی مورد نظر است. با توجه به شکل داریم:

$$\frac{۱}{۲}\times ۱۰t=۵۷\Rightarrow t=۱۱/۴s$$

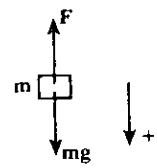
۲ـ۱۰۰

تغییر اندازه حرکت جسم برابر ضربه وارد بر آن است

$$\Delta \vec{mv} = \vec{f}\Delta t$$

$$m(۱۰-۵) = ۵\times ۲ \Rightarrow m = ۲kg$$

۳_۱۰۱



چون بر وزنهٔ m دو نیرو وارد می شوند: وزن آن روبه پایین و نیروی تماس وزنهٔ M بر آن روبه بالا، لذا طبق قانون دوم نیوتون داریم (به فرض آنکه جهت رو به پایین را مثبت انتخاب کنیم):

$$mg - F = ma$$

$$F = m(g-a) = ۰/۰۵(۱۰-۲) = ۰/۴$$

۳_۱۰۲

مطابق رابطهٔ برد پرتابه در سطح افقی پرتاب، $R = \frac{v_۰^۲ \sin ۲\alpha}{g}$ با ثابت بودن سرعت اولیه هنگامی برد حداکثر است که زاویهٔ پرتاب ۴۵° باشد لذا

$$۲۰ = \frac{v_۰^۲ \times ۱}{۱۰} \Rightarrow v_۰ = ۱۰\sqrt{۲} \simeq ۱۴\frac{m}{s}$$

۲_۱۰۳

چون جسم حجیم است نیروی مقاومت هوا بر آن (رو به بالا) قابل توجه است. با افزایش سرعت جسم مقاومت هوا افزایش یافته تا آنکه مقاومت هوا برابر وزن جسم شود که در این حالت جسم به سرعت حد می رسد و با این سرعت بقیهٔ مسیر را سقوط می کند.

۲_۱۰۴

طبق قانون بقاء اندازه حرکت خطی داریم:

$$mV = (m+M)V'$$

$$۰/۰۵\times ۲۰۰ = (۰/۰۵+۲/۴۵)V' \Rightarrow V' = ۴\frac{m}{s}$$

بنا به قضیه کار ـ انرژی داریم:

$$W_f = \Delta E_c$$

$$fx = \frac{۱}{۲}(m+M)V^۲ - ۰$$

$$f\times ۲ = \frac{۱}{۲}\times ۲/۵\times ۴^۲ \Rightarrow f = ۱۰N$$

۴_۱۰۵

طبق قانون بقاء انرژی مکانیکی داریم:

$$\frac{۱}{۲}mv^۲ + \frac{۱}{۲}I\omega^۲ = mgh$$

$$\frac{۱}{۲}mv^۲ + \frac{۱}{۲}(mr^۲)\left(\frac{v}{r}\right)^۲ = mgh$$

$$mv^۲ = mgh$$

$$v = \sqrt{gh} = \sqrt{۱۰\times ۱۰} = ۱۰\frac{m}{s}$$

۱_۱۰۶

معادلهٔ کلی یک موج به صورت $y = r\sin(\omega t - \frac{\omega x}{v})$ است.

با مقایسه معادلهٔ مورد نظر با آن داریم

$$\frac{\omega x}{v} = ۲۰x \Rightarrow v = \frac{\omega}{۲۰} = \frac{۱۰۰}{۲۰} = ۵\frac{m}{s}$$

۳_۱۰۷

فاصلهٔ دو نقطه در فاز متقابل برابر مضرب فردی از نصف طول موج است.

$$x = (۲k-۱)\frac{\lambda}{۲}$$

برای دو نقطهٔ متوالی $k = ۱$

$$x = \frac{\lambda}{۲} = \frac{V}{۲f} = \frac{V}{۲\frac{\omega}{۲\pi}} = \frac{V\pi}{\omega}$$

$$x = \frac{۲۰\pi}{۸۰\pi} = \frac{۱}{۴}m = ۲۵cm$$

۲_۱۰۸

طول لولهٔ صوتی باز، مضرب درستی از نصف طول موج صوت حاصل از آن است.

$$L = k\frac{\lambda}{۲}$$

$$۶۰ = ۲\frac{\lambda}{۲} \Rightarrow \lambda = ۶۰cm$$

۳_۱۰۹

$$|f_۲ - f_۱| = f$$

$$|f_۲ - ۲۶۰| = ۴$$

$$f_۲ - ۲۶۰ = \pm ۴ \Rightarrow f_۲ = ۲۶۴Hz \text{ یا } ۲۵۶Hz$$

۲_۱۱۰

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

$$Z = \frac{R}{\cos\varphi} = \frac{۶}{۰/۶} = ۱۰\Omega$$

$$Z_L^2 = R^2 + X_L^2$$

$$X_L^2 = Z_L^2 - R^2 = ۱۰۰ - ۳۶ = ۶۴$$

$$X_L = ۸\Omega$$

$$X_L = ۲\pi f L$$

$$L = \frac{X_L}{۲\pi f} = \frac{۸}{۲\pi \times \frac{۲۰۰}{\pi}} = \frac{۲}{۱۰۰} H = ۲۰mH$$

۴_۱۱۱

چون ولتاژ نسبت به جریان تأخیر فاز دارد. $X_C > X_L \geq ۰$ ، به عبارت دیگر در مدار، خازن حتماً وجود دارد (گزینهٔ ۱ نادرست است) و سلف می‌تواند در مدار وجود داشته یا نداشته باشد (گزینهٔ ۲ نادرست است).

چون $\varphi < ۹۰^\circ$ لذا مدار مقاومت حقیقی دارد (گزینهٔ ۳ نادرست است). با توجه به رابطهٔ $\cos\varphi = \frac{\bar{p}}{\bar{p'}}$ چون $\cos\varphi < ۱$ لذا توان ظاهری ($\bar{p'}$) از توان مصرفی ($\bar{p}$) بزرگتر است.

۴_۱۱۲

اختلاف فاز دو موج در مکان نوار تاریک برابر مضرب فردی از π است.

$$\varphi = (۲k+۱)\pi$$

۱_۱۱۳

۴_۱۱۴

اختلاف امواج الکترومغناطیس در فرکانس و انرژی فوتونهای آنها است و از این رو تأثیر آنها بر روی چشم متفاوت است.

۴_۱۱۵

طبق فرضیهٔ دوم بور، اندازه حرکت زاویه ای الکترون در هر مدار مضرب درستی از $\frac{h}{۲\pi}$ است. یعنی

$$mvr = n\frac{h}{۲\pi}$$
$$v = r\omega$$
$$mr^2\omega = n\frac{h}{۲\pi}$$

رشته علوم تجربی

۳_۱۲۶

بر گلوله سه نیروی کشش نخ رو به بالا، نیروی ارشمیدس رو به بالا و وزن رو به پایین وارد می شوند. چون گلوله ساکن است:

$$T + f = w$$
$$T = w - f = \rho vg - \rho' vg = (\rho - \rho')vg$$
$$T = (۳-۱)\times ۱۰^3 \ \frac{kg}{m^3} \times ۱۰ \times ۱۰^{-۶} m^3 \times ۱۰ \frac{N}{kg}$$
$$T = ۰/۲N$$

۱_۱۲۷

نیرویی که مایع به کف ظرف وارد می کند به شکل ظرف بستگی دارد. در حالت خاص که سطح مقطع افقی ظرف در همه جای آن یکسان است، این نیرو برابر مجموع وزن مایع و اجسام در مایع است. با فرض یکسان بودن سطح مقطع افقی در همه جای ظرف داریم:

$$F = mg = ۰/۵ \times ۱۰ = ۵N$$
$$p = \frac{F}{A}$$
$$p = \frac{۵N}{۲۵۰ \times ۱۰^{-۴} m^2} = ۲۰۰Pa$$

۴_۱۲۸

$$F = K(L - L_۰)$$

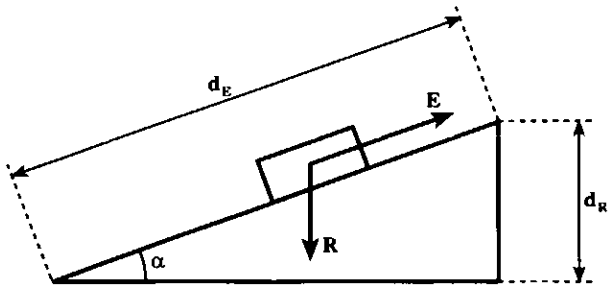
$$\frac{F'}{F} = \frac{L' - L_۰}{L - L_۰} \Rightarrow \frac{M'}{M} = \frac{L' - L_۰}{L - L_۰}$$
$$\frac{۲۰۰+m}{۱۰۰+m} = \frac{۴۰-۳۰}{۳۶-۳۰} \Rightarrow m = ۵۰g$$

۲_۱۲۹

مزیت مکانیکی کامل $A_ک = \frac{dE}{dR}$

$$A_ک = \frac{۱}{\frac{dR}{dE}} = \frac{۱}{\sin\alpha} = \frac{۱}{\frac{۱}{۲}} = ۲ = ٪۲۰۰$$

مزیت مکانیکی واقعی کوچکتر از یا مساوی با مزیت مکانیکی کامل است. درنتیجه مزیت مکانیکی واقعی حداکثر برابر ۲ یا ۲۰۰٪ است.



۱ـ۱۳۰

$$A = A_0(1+2\lambda\theta)$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{1+2\lambda\theta_2}{1+2\lambda\theta_1} = \frac{\frac{1}{2}+\lambda\theta_2}{\frac{1}{2}+\lambda\theta_1}$$

۲ـ۱۳۱

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1} = \frac{\Delta p}{\Delta T}$$

$$\frac{\Delta p}{p_1} = \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{\Delta\theta}{273+\theta_1}$$

$$\frac{\Delta p}{p_1} = \frac{1}{273+27} = \frac{1}{300}$$

۳ـ۱۳۲

اگر شخص به اندازهٔ ۴۰cm به آینهٔ ساکن نزدیک شود، تصویر نیز به اندازهٔ ۴۰cm به آینه نزدیک می‌شود. و اگر آینه به اندازه ۳۰cm به شخص (ساکن نسبت به آینه) نزدیک شود، تصویر به اندازهٔ $30\text{cm} \times 2 = 60\text{ cm}$ به شخص نزدیک می‌شود پس جمعاً تصویر به اندازهٔ $40\text{cm} + 60\text{cm} = 100\text{cm}$ نسبت به وضع اول خود جابه جا شده است.

۲ـ۱۳۳

$$\gamma = \frac{q}{p}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{q}{p} \Rightarrow p = 4q$$

چون شیء (حقیقی) و تصویر حقیقی هردو در یک طرف آینه اند و بزرگنمایی آینه در این حالت کوچکتر از ۱ است پس

$$p - q = 30\text{cm}$$

$$4q - q = 30 \Rightarrow q = 10\text{cm}$$

$$p = 4q = 40\text{cm}$$

$$f = \frac{pq}{p+q} = \frac{40\times10}{40+10} = 8\text{cm} \Rightarrow r = 16\text{cm}$$

۳ـ۱۳۴

تصویر یک جسم حقیقی در آینهٔ محدب، مجازی، کوچکتر و در فاصلهٔ کانونی آینه است.

$$p = \infty \Rightarrow q = f$$

$$p = f\ ,\ \frac{1}{p}+\frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{f}+\frac{1}{q} = -\frac{1}{f} \Rightarrow q = -\frac{f}{2}$$

پس تصویر از کانون تا وسط فاصلهٔ کانونی جابه جا می‌شود.

۱ـ۱۳۵

$$\frac{\sin\frac{D_m+A}{2}}{\sin\frac{A}{2}} = n$$

$$\sin\frac{D_m+60^\circ}{2} = \sqrt{2}\times\sin\frac{60^\circ}{2} = \sqrt{2}\times\frac{1}{2}$$

$$\frac{D_m+60^\circ}{2} = 45^\circ \Rightarrow D_m = 30^\circ$$

۴ـ۱۳۶

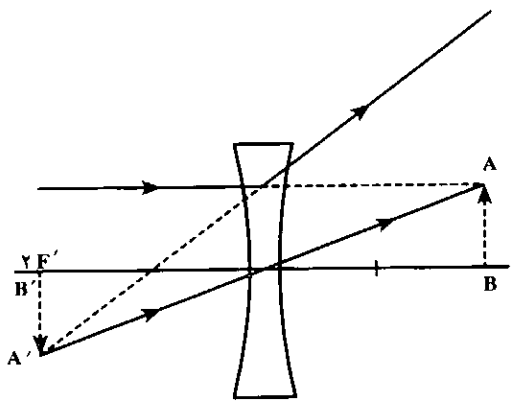
عدسی عینک این شخص، واگرا و خود او نزدیک بین است زیرا این عینک تصویری کوچک‌تر تولید می‌کند و شخص با برداشتن آن بهتر می‌تواند اشیاء کوچک را ببیند.

ـ۱۳۷

عدسی واگرا از جسم مجازی در $2F$ تصویر مجازی و هم اندازه (با جسم) در $2F'$ تشکیل می‌دهد.

(گزینهٔ ۴ درست است).

اگر جسم حقیقی به عدسی همگرا یا واگرا چسبیده باشد تصویرش مجازی و هم اندازه است (گزینه‌های ۱ و ۲ می‌توانند درست باشند).



عدسی همگرا نمی‌تواند از جسم مجازی تصویری مجازی تشکیل دهد (گزینهٔ ۳ نادرست است).

۲ـ۱۳۸

در تلسکوپ نجومی باید از عدسی با فاصلهٔ کانونی بزرگتر به عنوان شیئ (f_1) استفاده کنیم تا درشتنمایی تلسکوپ ($G = \frac{f_1}{f_2}$) بزرگتر از ۱ شود. برای آنکه آخرین تصویر به راحتی دیده شود یعنی چشم سالم بدون عمل تطابق، آخرین تصویر را ببیند باید آخرین تصویر در بی‌نهایت باشد. درنتیجه کانونهای دو عدسی باید بر هم منطبق باشند از

این رو فاصلهٔ دو عدسی باید برابر مجموع فاصله های کانونی دو عدسی باشد.

$$d = f_1 + f_2 = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$d = \frac{1}{10D} + \frac{1}{2D} = 0/1m + 0/5m = 0/6m = 60cm$$

۲_۱۳۹

۴_۱۴۰

$$q > 0 \xrightarrow{E'} \xrightarrow{E'} -q \quad E = 2E_1$$

$$2q \xrightarrow{2E_1} \xrightarrow{E_1} -q \quad E' = 3E_1$$

$$\frac{E'}{E} = \frac{3E_1}{2E_1} = 1/5$$

۳_۱۴۱

چون بار الکترون منفی است لذا نیروی وارد بر آن از طرف میدان الکتریکی در خلاف جهت میدان است. این نیرو ثابت است زیرا بار الکترون و شدت میدان ثابت هستند ($F = eE$). شتاب حاصل از این نیرو در جهت نیرو و ثابت است. وزن الکترون به علت کوچکی در حرکت آن تأثیری ندارد.

۴_۱۴۲

هنگامی که یک لامپ را که مدتی خاموش بوده است را روشن می کنیم، مقاومت رشتهٔ لامپ، به علت افزایش دما، افزایش می یابد.

۳_۱۴۳

هنگامی که کلید بسته می شود دو سر مقاومت ۲ اهمی اتصال کوتاه می شود و از آن جریانی نمی گذرد ($I_1 = 0$) و از آنجا که مقاومت کل مدار کاهش می یابد جریان گذرنده از مولد بیشتر خواهد شد ($I_2 > 4A$) از این رو تنها گزینهٔ ۴ می تواند درست باشد. (البته می توان مقدار I_2 را حساب کرد.)

۴_۱۴۴

$$E = I(R + r)$$

$$E = 2(6 + 2) = 16V$$

$$R' = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$$

$$I' = \frac{E}{R' + r} = \frac{16}{2 + 2} = 4A$$

۱_۱۴۵

با توجه به اینکه با جاری شدن یک الکترون در مدار یک اتم نقره آزاد می شود (ظرفیت نقره برابر یک است) پس برای آزاد شدن یک اتم گرم نقره باید به تعداد عدد آووگادرو الکترون در مدار جاری شود بنابراین

$$q = Ne$$

$$F = Ne \Rightarrow e = \frac{F}{N}$$

۳_۱۴۶

$$p = \frac{V^2}{R}$$

با توجه به برابری ولتاژ دو سر مقاومتها داریم:

$$\frac{p'}{p} = \frac{R}{R'}$$

$$\frac{p'}{6} = \frac{12}{8} \Rightarrow p' = 9W$$

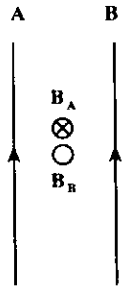
۱_۱۴۷

$$B = \frac{\mu_0}{2} \times \frac{I}{r} = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{I}{r}$$

$$B = 2 \times 3 \times 10^{-7} \times \frac{5}{30 \times 10^{-2}} = 10^{-5}T$$

۱_۱۴۸

پس از تعیین شدت میدانهای مغناطیسی حاصل از دو جریان با استفاده از قاعدهٔ دست راست معلوم می شود که در نقطهٔ میان دو سیم خلاف جهت هم هستند و از آنجا که شدت میدان با شدت جریان رابطهٔ مستقیم و با فاصله نقطه از جریان رابطهٔ وارون دارد ($B = \frac{\mu_0}{2\pi} \times \frac{I}{d}$) لذا نقطهٔ مورد نظر باید به سیم حامل جریان کوچکتر یعنی A نزدیک تر باشد.



۲_۱۴۹

اگر انگشتان دست راست در جهت حرکت میله باشند، به طوری که وقتی آنها را می بندیم در جهت میدان مغناطیسی (از N به S) واقع شوند، انگشت شست جهت جریان القایی را نشان می دهد.

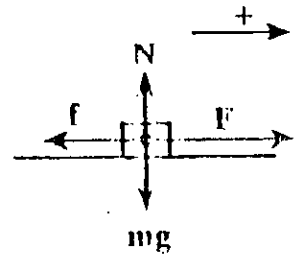
۲_۱۵۰

در القاء مغناطیسی قطبهای مجاور در جسم ناهمنام هستند.

سوزن آهنربا

S N

s n



۴_۱۵۱

اگر ذرات باردار مثبت از راست به چپ لامپ حرکت می کردند با توجه به قاعدهٔ دست راست (به پاسخ تست ۱۴۹ توجه کنید) رو به پایین منحرف می شدند. چون اشعهٔ کاتدی (جریانی از الکترونها) از کاتد به آند جاری می شوند لذا رو به بالا منحرف می شوند.

۳_۱۵۲

۱_۱۵۳

$$x = \frac{v + v_0}{2} t$$

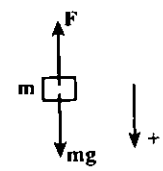
$$۲۰ = \frac{۰ + v_0}{۲} \times ۴ \Rightarrow v_0 = ۱۰ \frac{m}{s}$$

۴_۱۵۴

$$F - f = ma \qquad \text{و} \qquad N - mg = ۰$$

$$f = F - ma$$

$$\mu mg = F - ma$$



$$\mu = \frac{F - ma}{mg} = \frac{۵ - ۲ \times ۲}{۲ \times ۱۰} = ۰/۰۵$$

۲_۱۵۵

چون بر وزنهٔ m دو نیرو وارد می شوند، وزن آن رو به پایین و نیروی تماس وزنهٔ M بر آن رو به بالا، لذا طبق قانون دوم نیوتون داریم (به فرض آنکه جهت رو به پایین را مثبت انتخاب کنید):

$$mg - F = ma$$

$$F = m(g - a) = ۰/۰۵(۱۰ - ۲) = ۰/۴$$

۴_۱۵۶

نیروی گرانش وارد بر ماهواره (از طرف زمین) برای ماهواره نیروی جانب مرکز می شود.

اگر شتاب گرانش زمین و شتاب جانب مرکز ماهواره را در مدار ماهواره به ترتیب با g_r و a_c نشان دهیم داریم:

$$mg_r = ma_c \Rightarrow \frac{g_r}{a_c} = ۱$$

۳_۱۵۷

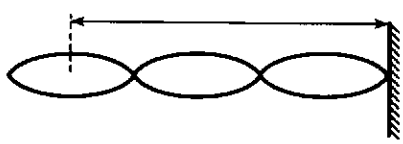
$$Ft = m(v - ۰) = mv$$

$$E_c = \frac{۱}{۲} mv^۲ = \frac{(mv)^۲}{۲m} = \frac{(Ft)^۲}{۲m}$$

با توجه به یکسان بودن نیرو و زمان حرکت برای دو جسم داریم:

$$\frac{E_c}{E'_c} = \frac{m'}{m} = \frac{۳}{۲}$$

۲_۱۵۸



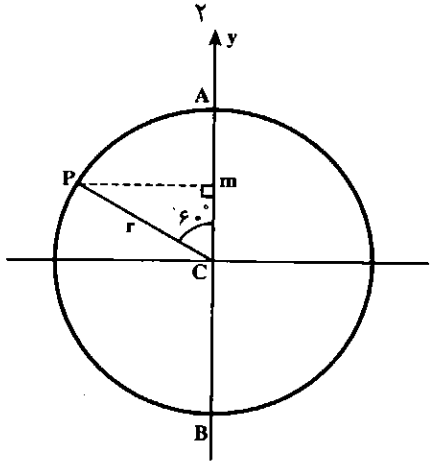
_۱۵۹

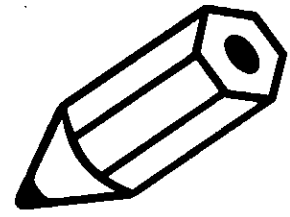
این تست به علت اشتباهی که در معادلهٔ داده شده، برای یک نقطه از محیط انتشار، پیش آمده بود، از طرف سازمان سنجش حذف شد.

۱_۱۶۰

با توجه به دایرهٔ مرجع، در مبدأ زمان نوسانگر m در بُعد ماکزیمم در نقطهٔ A است. با نظر به اینکه متحرک p پس از هر پریود ۲π رادیان (یک دور) می چرخد لذا پس از $\frac{۱}{۶}$ پریود، p به اندازه $\frac{۲\pi}{۶} = \frac{\pi}{۳}$ رادیان چرخیده است پس:

$$y = Cm = \cos ۶۰^\circ = \frac{r}{۲}$$





۴_۱۶۱

در لحظهٔ اتصال کلید، اگر خازن بدون بار یا باردار با ولتاژی کمتر از ولتاژ باتری باشد، چون خازن پر می شود جریان گذرنده از مقاومت ابتدا کم و سپس زیاد می شود. و جریان گذرنده از باتری ابتدا زیاد و سپس کم می شود تا آنجا که ولتاژ دو سر خازن برابر ولتاژ باتری شود. اگر ولتاژ دو سر خازن باردار برابر ولتاژ باتری باشد، چون بار خازن تغییر نمی کند، جریان گذرنده از باتری بدون تغییر می ماند و اگر ولتاژ دو سر خازن باردار بیشتر از ولتاژ باتری باشد خازن شروع به تخلیه می کند درنتیجه جریان گذرنده از باتری کم می شود به تدریج که خازن تخلیه می شود جریان گذرنده از باتری افزایش می یابد تا جایی که ولتاژ دو سر خازن برابر ولتاژ باتری شود.

۳_۱۶۲

$$E = \frac{d\varphi}{dt} = ۲۰\cos ۱۰t \Rightarrow E_m = ۲۰\ v$$

۱_۱۶۳

با خروج هستهٔ آهنی از سیم‌پیچ ضریب خودالقائی سیم‌پیچ (L) کاهش می‌یابد و از آنجا X_L طبق رابطهٔ $X_L = \omega L$ (ω مقداری است ثابت) کاهش می یابد. طبق رابطهٔ $Z^۲ = R^۲ + (X_L - X_C)^۲$ با توجه به ثابت بودن X_C و R، مقاومت ظاهری مدار یعنی Z افزایش می یابد (زیرا اختلاف X_L و X_C بیشتر می شود).

بنابراین طبق رابطهٔ $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$، $\cos\varphi$ کاهش یافته پس φ افزایش می یابد.

۱_۱۶۴

$$۱ + tg^۲\varphi = \frac{۱}{\cos^۲\varphi}$$

$$۱ + \frac{۱۶}{۹} = \frac{۱}{\cos^۲\varphi} \Rightarrow \cos\varphi = \frac{۳}{۵}$$

$$\bar{p} = V_e I_e \cos\varphi$$

$$\bar{p} = ۱۲۰ \times ۱ \times \frac{۳}{۵} = ۷۲w$$

۴_۱۶۵

طول موج اشعهٔ γ کوچکتر از طول موج اشعهٔ مرئی است و قابلیت نفوذ آن بیشتر است.

رشتهٔ علوم ریاضی - فنی

پرسشهای گزینش دانشجو

۶۶ـ اگر مکعبی را درون مایعی به جرم حجمی ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب غوطه‌ور سازیم، ۶۴ نیوتن از وزنش کاسته می‌شود. طول هر ضلع این مکعب چند سانتی‌متر است؟ $(g = ۱۰ \frac{N}{Kg})$

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۶ ۴) ۲۰

۶۷ـ جسمی به جرم ۵۰۰g در ظرف مایعی به سطح قاعده $۲۵۰cm^۲$ شناور است. اگر جسم را از داخل مایع خارج کنیم، کاهش فشار بر کف ظرف چند پاسکال است؟ $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$

۱) ۲۰۰ ۲) ۰/۰۲ ۳) صفر ۴) جرم حجمی مایع باید معلوم باشد

۶۸ـ اگر به انتهای فنر قائمی با جرم ناچیز، وزنه ۲۰ نیوتنی آویزان کنیم، طولش به ۱۰ سانتی‌متر می‌رسد. اگر وزنه را دو برابر کنیم، طولش به ۱۱ سانتی‌متر می‌رسد. ضریب ثابت این فنر در SI کدام است؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۱۵۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۴۰۰۰

۶۹ـ مزیت مکانیکی واقعی یک سطح شیبدار که با افق زاویه ۳۰ درجه می‌سازد، برحسب درصد کدام است؟

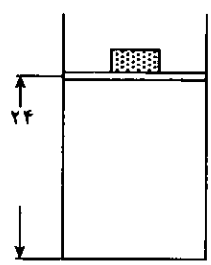
۱) حداقل ۱۰۰ ۲) حداقل ۲۰۰ ۳) حداکثر ۲۰۰ ۴) حداکثر ۱۰۰

۷۰ـ قطعه فلزی به ظرفیت گرمایی $۱۰۰۰ \frac{J}{°C}$ و با دمای $۸۴°C$ را روی قطعه بزرگ یخ صفر درجه قرار می‌دهیم. اگر گرمای ذوب یخ ۳۳۶ کیلوژول بر کیلوگرم باشد، چند گرم یخ ذوب می‌شود؟

۱) ۲۵۰۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۲۵ ۴) ۲/۵

۷۱ـ مطابق شکل، در زیر پیستون گاز با دمای $۲۷°C$ محبوس است. اگر دمای گاز را به $۱۲۷°C$ برسانیم، پیستون چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شود؟

۱) ۰/۸ ۲) ۸ ۳) ۸۰ ۴) ۱۰۸



۷۲ـ اگر ضریب انبساط طولی میله‌ای $2\times10^{-5}\ /°C$ باشد، در ازای $1°C$ افزایش دمای لوله، چقدر به طول لوله اضافه می‌شود؟

۱) ۲۰ میکرون به طول
۲) ۲ میلی متر به هر متر
۳) 2×10^{-5} سانتی متر به هر متر
۴) 2×10^{-5} برابر طول اولیه به طول

۷۳ـ جسمی به طول ۸ سانتی متر بین کانون و رأس یک آیینه کروی قرار دارد. تصویر جسم به طول ۸۰ سانتی متر و به فاصله ۴۵ سانتی متری آیینه دیده می‌شود. نوع آیینه چیست و فاصله کانونی آن چند سانتی متر است؟

۱) محدب ـ ۵
۲) محدب ـ ۱۰
۳) مقعر ـ ۵
۴) مقعر ـ ۱۰

۷۴ـ جسمی از فاصله بسیار دور تا مرکز آیینه مقعر به آن نزدیک می‌شود. تصویر در چه ناحیه‌ای جابه‌جا می‌شود؟

۱) از کانون تا مرکز
۲) از کانون تا رأس آیینه
۳) از کانون تا بی نهایت
۴) از مرکز تا کانون

۷۵ـ شخصی مقابل یک آیینه تخت ایستاده است. اگر آیینه وشخص به ترتیب با سرعت $2\frac{m}{s}$ و $3\frac{m}{s}$ به یکدیگر نزدیک شوند، سرعت تصویر نسبت به شخص چند $\frac{m}{s}$ است؟

۱) ۵
۲) ۷
۳) ۸
۴) ۱۰

۷۶ـ در منشوری که ضریب شکست آن $\sqrt{3}$ است، زاویه رأس و زاویه می‌نیمم انحراف با هم مساوی است. زاویهٔ رأس این منشور چند درجه است؟

۱) ۹۰
۲) ۶۰
۳) ۴۵
۴) ۳۰

۷۷ـ یک عدسی همگرا از یک شمع روشن که در فاصله نسبتاً دوری از آن قرار دارد، تصویری در فاصله q از عدسی تشکیل داده است. اگر تیغه متوازی السطوح ضخیمی را بین شمع و عدسی، عمود بر محور اصلی عدسی قرار دهیم، فاصله تصویر از عدسی:

۱) بیشتر از q می‌شود
۲) ثابت می‌ماند
۳) کمتر از q می‌شود
۴) به ضخامت تیغه بستگی دارد

۷۸ـ به وسیله یک عدسی از شیی تصویری مجازی و به اندازه جسم تشکیل شده است. نوع جسم و عدسی، به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

۱) حقیقی ـ واگرا
۲) حقیقی ـ همگرا
۳) مجازی ـ همگرا
۴) مجازی ـ واگرا

۷۹ـ شخصی برای دیدن اشیاء کوچک عینک خود را از چشم برمی‌دارد. چشم اوچه عیبی دارد؟

۱) آستگماتیسم
۲) دوربینی
۳) نزدیک بینی
۴) پیرچشمی

۸۰ـ دو عدسی همگرا و واگرای نازک را که فاصله کانونی آنها به ترتیب ۳ سانتی متر و ۲ سانتی متر است، به هم می‌چسبانیم، مجموعه دستگاه معادل کدام نوع عدسی است و فاصله کانونی این عدسی چند سانتی متر است؟

۱) همگرا، ۱/۲
۲) همگرا، ۶
۳) واگرا، ۱/۲
۴) واگرا، ۶

۸۱ـ رنگ پرتو نور به کدام عامل بستگی دارد؟

۱) جنس محیط
۲) ضریب شکست محیط
۳) تواتر نور
۴) سرعت نور

۸۲ـ اگر توسط عینکی که شیشه آن آبی رنگ است به جسم زرد رنگی نگاه کنیم، آن را به چه رنگ می‌بینیم؟

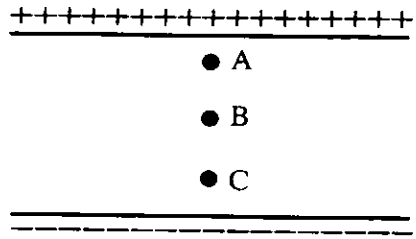
۱) آبی
۲) تیره
۳) زرد
۴) فیروزه‌ای

۸۳ـ مقداری بار الکتریکی به یک جسم رسانا می‌دهیم. بار در این جسم چنان پخش می‌شود که:

۱) پتانسیل همه نقاط با هم برابر باشند
۲) پتانسیل نقاط نوک تیز بیشتر باشد
۳) شدت میدان در نقاط نوک تیز کمتر باشد
۴) شدت میدان الکتریکی همه جا یکسان و مخالف صفر باشد

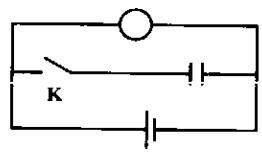
۸۴ـ بین دو صفحه فلزی باردار بزرگ و موازی (مطابق شکل)، سه نقطه A و B و C را در نظر می‌گیریم و پتانسیل الکتریکی در آن نقاط را V_A و V_B و V_C می‌نامیم. در این صورت:

۱) $V_A = V_B = V_C$
۲) $V_B = V_A + V_C$
۳) $V_A < V_B < V_C$
۴) $V_A > V_B > V_C$



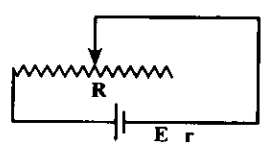
۸۵ـ در مدار شکل مقابل با بستن کلید، جریانی که از باتری می گذرد، چه می شود؟

۱) ابتدا کم و سپس زیاد می شود
۲) بی تغییر می ماند
۳) ابتدا زیاد و سپس کم می شود
۴) بسته به شرایط هر سه حالت ممکن است

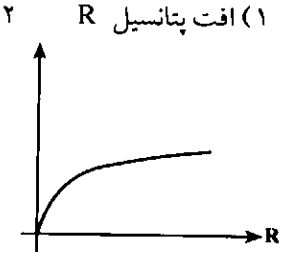


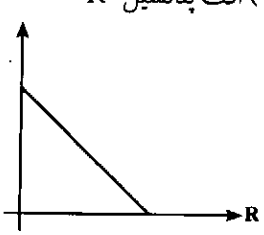
۸۶ـ دو بار الکتریکی غیرهمنام با اندازه های مساوی به فاصله d از یکدیگر قرار دارند و شدت میدان الکتریکی حاصل از آنها در وسط دو بار E است. هرگاه یکی از بارها را به اندازه $\frac{d}{۴}$ به دیگری نزدیک کنیم، شدت میدان در آن نقطه چند E خواهد بود؟

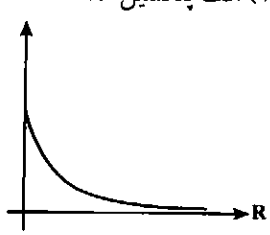
۱) ۱/۵ ۲) ۲ ۳) ۲/۵ ۴) ۳

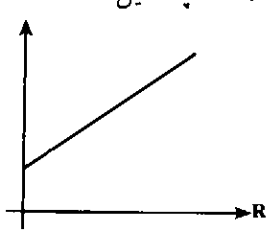


۸۷ ـ در مدار مطابق شکل، اگر مقاومت رئوستا را زیاد کنیم، کدام نمودار تغییرات افت پتانسیل را با افزایش R نشان می دهد؟

۱) افت پتانسیل R


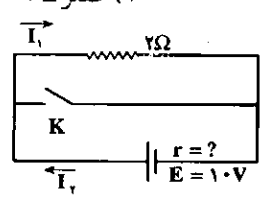
۲) افت پتانسیل R


۳) افت پتانسیل R


۴) افت پتانسیل R


۸۸ ـ در مدار مقابل، قبل از بستن کلید K ، $I_۱ = I_۲ = ۴A$ است. اگر کلید K را ببندیم، $I_۱$ و $I_۲$ به ترتیب از راست به چپ چه خواهد شد؟

۱) ۱ـ۲۰ ۲) ۱ـ۴ ۳) صفر ـ ۴ ۴) صفر ـ ۲۰



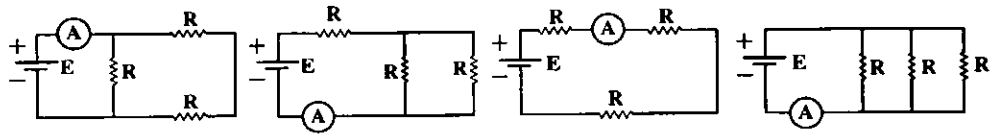
۸۹ ـ درکدام مدار آمپرسنج A جریان کمتری را نشان می دهد؟

۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴



۹۰ ـ سه ظرف الکترولیت از نمکهای نقره، آلومینیوم و مس بطور متوالی در یک مدار قرار دارند. در یک زمان معین n اتم نقره آزاد می شود. درهمان زمان به ترتیب از راست به چپ چند اتم آلومینیوم و چند اتم مس آزاد می شود؟

۱) $\frac{n}{3}$ و $\frac{n}{2}$ ۲) n و n ۳) ۳n و ۲n ۴) ۹n و ۴n

۹۱ ـ توان مصرفی یک موتور الکتریکی ۴۰۰ وات و بازده آن ۷۵٪ است. در هر دقیقه چند کیلوژول انرژی الکتریکی در آن به انرژی گرمایی تبدیل می شود؟

۱) ۱/۴۴ ۲) ۴ ۳) ۴/۳۲ ۴) ۶

۹۲ ـ «خطوط میدان مغناطیسی خطوط بسته ای است» این مطلب با کدام گزینه رابطه نزدیکی دارد؟

۱) آهنربای یک قطبی وجود ندارد ۲) نیرو در راستای میدان است

۳) نزدیک آهنربا میدان قوی است ۴) میدان مغناطیسی از همه مواد عبور می کند

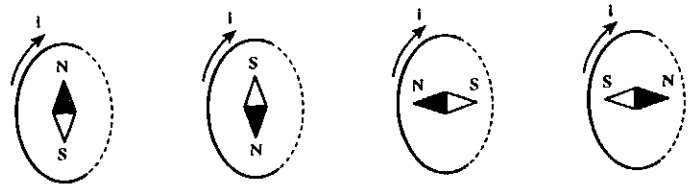
۹۳ ـ اگر یک عقربه قطب نما در مرکز یک حلقه هادی که جریان i از آن می گذرد، قرار گیرد، کدام شکل درست است؟

۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴



۹۴ ـ دو سیم بلند و باریک روی محورهای مختصات x و y قرار دارد و از هرکدام جریان ۴ آمپر در جهت مثبت محورها می گذرد. میدان مغناطیسی در نقطه ای به مختصات (۲۰cm و ۲۰cm) چند تسلا است؟

۱) صفر ۲) ۲×۱۰^{-۶} ۳) ۴×۱۰^{-۶} ۴) ۸×۱۰^{-۶}

۹۵ ـ میله فلزی راستی را از یک سر آویخته ایم به طوری که برمیدان مغناطیسی زمین عمود است. برای اینکه براثر حرکت میله در میدان مغناطیسی زمین، انتهای بالایی میله نسبت به انتهای پایین آن پتانسیل الکتریکی کمتری پیدا کند، باید میله را به کدام سمت حرکت دهیم؟

۱) جنوب ۲) شمال ۳) مشرق ۴) مغرب

۹۶ ـ نیروی وارده از طرف میدان مغناطیسی بر یک الکترون متحرک چگونه است؟

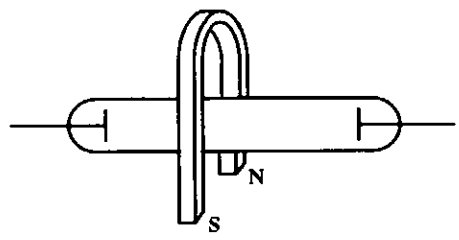
۱) در جهت میدان و عمود بر مسیر ۲) در راستای میدان

۳) عمود بر میدان و عمود بر مسیر ۴) عمود بر میدان و در جهت حرکت

۹۷ ـ لامپ اشعه کاتدیک مانند شکل بین دو قطب یک آهنربا قرار گرفته است، اشعه به کدام طرف منحرف می شود؟

۱) بالا ۲) پایین

۳) بیرون از صفحه شکل ۴) داخل صفحهٔ شکل



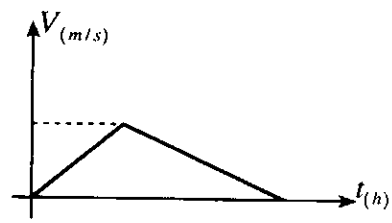
۹۸ ـ رادیوم $^{226}_{88}Ra$ کدام ذرات را تابش می‌کند تا به رادون $^{222}_{86}Rn$ تبدیل شود؟

۱) یک ذره آلفا ۲) یک ذره بتا ۳) دو ذره آلفا ۴) دو ذره بتا

۹۹ ـ نمودار سرعت ـ زمان متحرکی در شکل مقابل نشان داده شده است. اگر جابه‌جایی متحرک m ۵۷ باشد، متحرک چند ثانیه در راه بوده است؟

۱) ۱۱/۴ ۲) ۱/۱۴

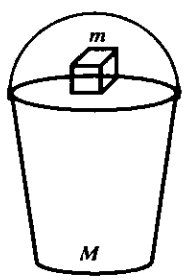
۳) ۲۸۵ ۴) ۲۸/۵



۱۰۰ ـ جسمی با سرعت $5\frac{m}{s}$ در حرکت است. اگر نیروی ثابت ۵ نیوتن در جهت حرکت جسم به مدت ۲ ثانیه بر آن وارد شود. سرعتش به $10\frac{m}{s}$ می‌رسد، جرم این جسم چند کیلوگرم است؟

۱) ۱/۲۵ ۲) ۲ ۳) ۲/۵ ۴) ۵

۱۰۱ ـ وزنه $m = 50g$ بر روی وزنه $M = 500g$ قرار دارد. وزنه‌ها را با ریسمانی با شتاب $2\frac{m}{s^2}$ پایین می‌آوریم. وزنه M چه نیرویی برحسب نیوتن بر وزنه m وارد می‌کند؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$



۱) ۰/۵ ۲) ۰/۶

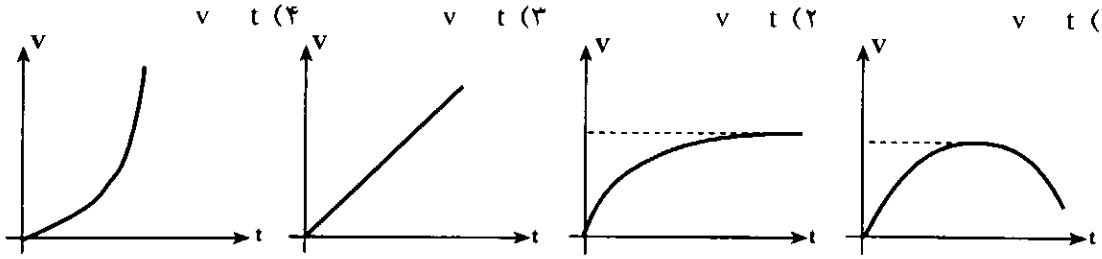
۳) ۰/۴ ۴) ۴

۱۰۲ ـ شخصی می‌تواند وزنه‌ای را حداکثر تا ۲۰ متر به جلو پرتاب کند. با صرفنظر کردن از همه مقاومتها، بیشترین سرعت اولیه پرتاب وزنه تقریباً چند متر بر ثانیه خواهد بود؟

۱) ۷ ۲) ۱۰ ۳) ۱۴ ۴) ۲۰

۱۰۳ ـ جسم حجیمی بدون سرعت اولیه از ارتفاع زیاد سقوط می‌کند، کدامیک از نمودارهای زیر می‌تواند معرف سرعت آن در این مسیر باشد؟

۱) v t ۲) v t ۳) v t ۴) v t



۱۰۴ ـ گلوله‌ای به جرم ۵۰ گرم با سرعت افقی $200\frac{m}{s}$ به مکعبی چوبی به جرم ۲/۴۵ کیلو گرم که روی سطح افقی قرار دارد برخورد می‌کند و در آن فرو می‌رود. اگر مکعب ۲ متر جابه‌جا شود، مقدار متوسط نیروی اصطکاک مکعب با سطح

چند نیوتن است؟

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

۱۰۵ ـ حلقه‌ای را روی سطح شیبداری از نقطه‌ای که ارتفاعش ۱۰ متر است رها می‌کنیم تا غلتیده و به پایین سطح برسد. سرعت آن موقع رسیدن به پایین سطح تقریباً چند متر بر ثانیه است؟ $(g = 10\frac{N}{Kg})$

۱) $20\sqrt{2}$ ۲) ۲۰ ۳) $10\sqrt{2}$ ۴) ۱۰

۱۰۶ ـ معادله موج در (SI) در یک محیط $y = 4\sin(100t - 20x)$ است. سرعت انتشار این موج چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۵ ۲) ۶۰ ۳) ۰/۲ ۴) ۲۰۰۰

۱۰۷ ـ امواج حاصل از ارتعاشات ذره‌ای که معادله آن در SI ، $y = 0/05\sin 80\pi t$ است با سرعت $20\frac{m}{s}$ در راستای مستقیم منتشر می‌شود. فاصله دو نقطه متوالی در فاز متقابل چند سانتی متر است؟

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۲۵ ۴) ۵۰

۱۰۸ ـ در یک لوله صوتی باز به طول ۶۰cm ، هماهنگ دوم ایجاد شده است. طول موج صوت چند سانتی متر است؟

۱) ۱۲۰ ۲) ۶۰ ۳) ۴۵ ۴) ۳۰

۱۰۹ ـ دو دیاپازن را که مجاور هم قرار داده‌ایم با هم به ارتعاش درمی‌آوریم. از ترکیب اصوات آنها ۴ ضربان در ثانیه شنیده می‌شود. اگر فرکانس ارتعاشات یکی از آنها ۲۶۰ هرتز باشد، فرکانس دیاپازن دیگر چند هرتز می‌تواند باشد؟

۱) ۶۵ ۲) ۱۰۴۰ ۳) ۲۶۴ یا ۲۵۶ ۴) ۲۶۸ یا ۲۵۲

۱۱۰ ـ از یک سیم پیچ به مقاومت حقیقی 6Ω جریان متناوبی با فرکانس $\frac{200}{\pi Hz}$ می‌گذرد. درصورتی که ضریب توان ۰/۶ باشد، ضریب خودالقایی سیم پیچ چند میلی هانری است؟

۱) ۴۰ ۲) ۲۰ ۳) ۱۵ ۴) ۱۰

۱۱۱ ـ دریک مدار جریان متناوب، جریان مدار نسبت به ولتاژ، به اندازه زاویه $\alpha < 90^\circ$ تقدم فاز دارد. کدام گزینه درست است؟

۱) درمدار خازن وجود ندارد. ۲) درمدار قطعاً سلف وجود ندارد.

۳) مقاومت مدار صفر است. ۴) توان ظاهری مدار از توان مصرفی بزرگتر است.

۱۱۲ ـ به وسیله آزمایش یانگ نوارهای تداخلی حاصل از نور تک رنگی بر روی یک صفحه تشکیل شده است. اختلاف فاز بین دو نوری که از دو شکاف آمده و نوارهای تاریک را تشکیل می‌دهند برابر است با:

۱) $k\pi$ ۲) $2k\pi$ ۳) $(2k+1)\frac{\pi}{2}$ ۴) $(2k+1)\pi$

۱۱۳ ـ مقدار پراکندگی نور در هوا با . . . طول موج آن نسبت . . . دارد.

۱) توان چهارم، عکس ۲) توان چهارم، مستقیم ۳) مجذور، مستقیم ۴) مجذور، عکس

۱۱۴ ـ اشعه گرمایی و اشعه نورانی در کدام خاصیت اختلاف دارند؟

۱) سرعت انتشار در هوا ۲) قابلیت انتشار در خلا

۳) قابلیت انعکاس از روی آیینه ۴) قابلیت تأثیر بر چشم

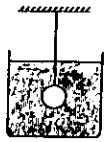
۱۱۵ ـ m و ω و r به ترتیب جرم و سرعت زاویه‌ای و شعاع مدار الکترون به دور هسته است. کدامیک از روابط زیر فرضیه دوم بور را درست نشان می‌دهد؟ (h ثابت پلانک است.)

۱) $m\frac{\omega^2}{r} = n\frac{h}{\pi}$ ۲) $m\omega r = n\frac{h}{2\pi}$ ۳) $mr\omega^2 = n\frac{h}{2\pi}$ ۴) $mr^2\omega = n\frac{h}{2\pi}$

رشتهٔ علوم تجربی

۱۲۶ ـ گلوله‌ای به حجم $10cm^3$ و جرم حجمی $3\frac{g}{cm^3}$ مطابق شکل به نخی بسته شده است و داخل ظرف آب قرار

دارد. نیروی کشش نخ تقریباً چند نیوتن است؟



۱) صفر ۲) ۰/۱
۳) ۰/۲ ۴) ۰/۳

۱۲۷ ـ جسمی به جرم ۵۰۰g در ظرف مایعی به سطح قاعدهٔ $250cm^2$ شناور است. اگر جسم را از داخل مایع خارج کنیم، کاهش فشار بر کف ظرف چند پاسکال است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$

۱) ۲۰۰ ۲) ۰/۰۲ ۳) صفر ۴) جرم حجمی مایع باید معلوم باشد

۱۲۸ ـ فنری به طول ۳۰ سانتی متر را به نقطه ای می آویزیم و به انتهای آن کفه ای می بندیم. اگر در کفه وزنه ۱۰۰ گرمی قرار دهیم، طول فنر ۳۶ سانتی متر می شود و اگر وزنه ۲۰۰ گرمی قرار دهیم طول آن ۴۰ سانتی متر می گردد. جرم کفه چند گرم است؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۵۰

۱۲۹ ـ مزیت مکانیکی واقعی یک سطح شیبدار که با افق زاویه ۳۰ درجه می سازد برحسب درصد کدام است؟

۱) حداکثر ۱۰۰ ۲) حداکثر ۲۰۰ ۳) حداقل ۲۰۰ ۴) حداقل ۱۰۰

۱۳۰ ـ مساحت یک صفحه فلزی در دمای θ_2، چند برابر مساحت آن در دمای θ_1 است؟ (ضریب انبساط طولی فلز را λ فرض کنید).

۱) $\frac{\frac{1}{2}+\lambda\theta_2}{\frac{1}{2}+\lambda\theta_1}$ ۲) $\frac{1+\lambda\theta_2}{1+\lambda\theta_1}$ ۳) $\frac{\lambda\theta_2}{1+\lambda\theta_1}$ ۴) $1+\frac{\lambda\theta_2}{\theta_1}$

۱۳۱ ـ دمای گازی ۲۷°C است. در حجم ثابت دمای گاز را یک درجه سلسیوس افزایش می دهیم. تغییر فشار آن چند برابر فشار اولیه می شود؟

۱) $\frac{1}{27}$ ۲) $\frac{1}{300}$ ۳) $\frac{301}{300}$ ۴) $\frac{28}{27}$

۱۳۲ ـ شخصی مقابل آینه تختی ایستاده و تصویر خود را در آن می بیند. اگر شخص ۴۰ سانتی متر به طرف آینه و آینه ۳۰ سانتی متر به طرف شخص حرکت کند، تصویر او نسبت به وضع اول چند سانتی متر جابه جا می شود؟

۱) ۱۴۰ ۲) ۱۱۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۷۰

۱۳۳ ـ در یک آینه مقعر فاصله شیی از تصویر حقیقی آن ۳۰ سانتی متر است. اگر بزرگنمایی آینه $\frac{1}{4}$ باشد، شعاع آینه چند سانتی متر است؟

۱) ۸ ۲) ۱۶ ۳) ۲۴ ۴) ۴۸

۱۳۴ ـ جسم حقیقی از فاصله بسیار دور تا فاصله ای به اندازه فاصله کانونی، به آینه محدب نزدیک می شود. تصویر آن در چه فاصله ای جابه جا می شود؟

۱) از آینه تا وسط فاصله کانونی ۲) از کانون تا بی نهایت
۳) از کانون تا وسط فاصله کانونی ۴) از مرکز تا کانون

۱۳۵ ـ ضریب شکست منشوری $\sqrt{2}$ و زاویه رأس آن ۶۰° است. زاویه می نیمم انحراف منشور چند درجه است؟

۱) ۳۰ ۲) ۴۵ ۳) ۶۰ ۴) ۹۰

۱۳۶ ـ شخصی برای دیدن اشیاء کوچک عینک خود را از چشم برمی دارد. چشم او چه عیبی دارد؟

۱) آستگماتیسم ۲) دوربینی ۳) پیرچشمی ۴) نزدیک بینی

۱۳۷ ـ به وسیله یک عدسی از شیی تصویری مجازی و به اندازه جسم تشکیل شده است. نوع جسم و عدسی، به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

۱) حقیقی ـ واگرا ۲) حقیقی ـ همگرا ۳) مجازی ـ همگرا ۴) مجازی ـ واگرا

۱۳۸ ـ اگر بخواهیم با دو عدسی L_1 و L_2 که همگراییهای آنها به ترتیب ۱۰ دیوپتری و ۲ دیوپتری است، تلسکوپی بسازیم که بتوان با آن ماه را به راحتی دید، باید کدام عدسی به عنوان چشمی به کار رود و فاصله دو عدسی چند سانتی متر باشد؟

۱) L_1 ، ۴۰ ۲) L_1 ، ۶۰ ۳) L_2 ، ۴۰ ۴) L_2 ، ۶۰

۱۳۹ ـ رنگ پرتو نور به کدام عامل بستگی دارد؟

۱) سرعت نور ۲) تواتر نور ۳) جنس محیط ۴) ضریب شکست محیط

۱۴۰ ـ شدت میدان الکتریکی در وسط دو بار نقطه‌ای غیرهمنام با اندازه یکسان مقدار معینی است. اگر اندازه یکی از بارها دو برابر شود، شدت میدان الکتریکی در نقطه مذکور چند برابر حالت اول می شود؟

۱) ۵ ۲) ۳ ۳) ۲/۵ ۴) ۱/۵

۱۴۱ ـ در وسط دو صفحه خازن پرشده‌ای که میدان الکتریکی آن یکنواخت فرض می شود، الکترونی در خلاء رها می شود. این الکترون چگونه حرکت می کند؟

۱) با سرعت ثابت در جهت میدان ۲) با سرعت ثابت در خلاف جهت میدان

۳) با شتاب ثابت در خلاف جهت میدان ۴) با شتاب ثابت در جهت میدان

۱۴۲ ـ مقاومت الکتریکی یک لامپ معمولی در حالت:

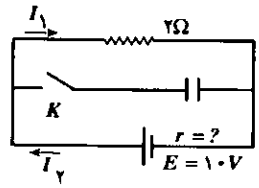
۱) خاموش صفر است ۲) خاموش و روشن یکسان است

۳) روشن کمتر از حالت خاموش است ۴) روشن بیشتر از حالت خاموش است

۱۴۳ ـ در مدار مقابل، قبل از بستن کلید K ، $I_1 = I_2 = 4A$ است. اگر کلید K را ببندیم، I_1 و I_2 به ترتیب از راست به چپ چه خواهد شد.

۱) ۱ ـ ۲۰ ۲) ۱ ـ ۴

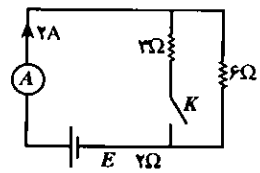
۳) صفر ـ ۲۰ ۴) صفر ـ ۴



۱۴۴ ـ در مدار شکل مقابل کلید K باز و آمپرسنج ۲ آمپر را نشان می دهد. اگر کلید K بسته شود، آمپرسنج چه جریانی را برحسب آمپر نشان خواهد داد؟

۱) ۱ ۲) ۱/۵

۳) ۳ ۴) ۴



۱۴۵ ـ اگر مقدار الکتریسیته لازم برای آزاد ساختن یک اتم گرم نقره (۱۰۸ گرم) را به F و عدد آووگادرو را به N نمایش دهیم، بار الکتریکی یک الکترون کدام است؟

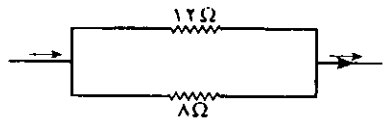
۱) $\frac{F}{N}$ ۲) $\frac{108F}{N}$ ۳) F.N ۴) ۱۰۸F.N

۱۴۶ ـ در شکل مقابل، اگر توان مصرف شده در مقاومت ۱۲ اهمی ۶ وات باشد، توان مصرف شده در مقاومت ۸

اهمی چند وات است؟

۱) ۴ ۲) ۶

۳) ۹ ۴) ۱۶



۱۴۷ ـ میدان مغناطیسی در مرکز حلقه‌ای به شعاع ۳۰ سانتی متر که از آن جریان ۵ آمپر می گذرد، تقریباً چند تسلا است؟

۱) 10^{-5} ۲) 10^{-7} ۳) 2×10^{-5} ۴) 3×10^{-7}

۱۴۸ ـ از دو سیم راست و موازی A و B به ترتیب جریانهای ۲ آمپر و ۳ آمپر در یک جهت می گذرد. در کدام نقطه برآیند میدانهای مغناطیسی حاصل از دو سیم، صفر است؟

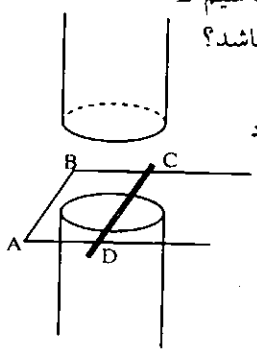
۱) بین دو سیم نزدیک به سیم A ۲) بین دو سیم نزدیک به سیم B

۳) خارج از فاصله دو سیم نزدیک سیم A ۴) خارج از فاصله دو سیم نزدیک سیم B

۱۴۹ ـ در شکل میله CD چگونه حرکت داده شود تا جهت جریان القایی از B به طرف A باشد؟

۱) به سمت راست کشیده شود ۲) به سمت چپ کشیده شود

۳) از راستای خود جلو کشیده شود ۴) از راستای خود عقب برده شود



۱۵۰ ـ نوک سوزن فولادی را از رو به رو به قطب N یک آهنربای تیغه ای نزدیک می کنیم. سوزن چگونه آهنربا می شود؟

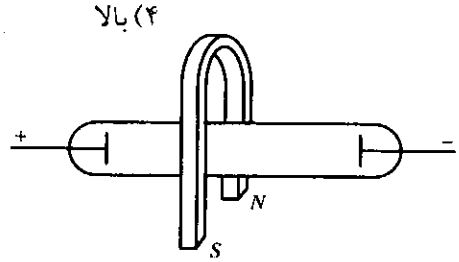
۱) نوک سوزن N و ته آن S می شود ۲) نوک سوزن S و ته آن N می شود

۳) فقط نوک سوزن S می شود ۴) فقط نوک سوزن N می شود

۱۵۱ ـ لامپ اشعه کاتدیک مانند شکل بین دو قطب یک آهنربا قرار گرفته است. اشعه به کدام طرف منحرف می شود؟

۱) بیرون از صفحه شکل ۲) داخل صفحه شکل

۳) پایین ۴) بالا



۱۵۲ ـ نیمه عمر یک ماده رادیواکتیو زمانی است که در آن مدت . . .

۱) ماده نصف عمر مفید خود را گذرانده باشد

۲) ماده، نیمی از جرم خود را از دست می دهد

۳) نیمی از هسته های ماده رادیواکتیو تجزیه می شود

۴) همه هسته ها تجزیه می شود و نصف جرم ماده از آن جدا می شود

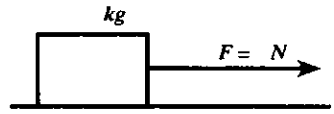
۱۵۳ ـ متحرکی با شتاب ثابت از سرعت خود می کاهد و پس از ۴ ثانیه و طی مسافت ۲۰ متر متوقف می شود، سرعت اولیه آن چند متر بر ثانیه است؟

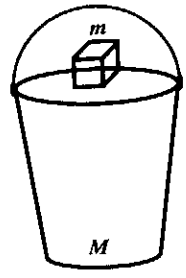
۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۴۰ ۴) ۸۰

۱۵۴ ـ در شکل مقابل، شتاب حرکت جسم $۲\frac{m}{s^۲}$ است. ضریب اصطکاک بین جسم و سطح کدام است؟

۱) ۰/۴ ۲) ۰/۲

۳) ۰/۱ ۴) ۰/۰۵





۱۵۵ ـ وزنه $m = ۵۰g$ بر روی وزنه $M = ۵۰۰g$ قرار دارد. وزنه ها را با ریسمانی با شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ پایین می آوریم. وزنه M چه نیرویی برحسب نیوتن بر وزنه m وارد می کند؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) ۴ ۲) ۰/۴

۳) ۰/۵ ۴) ۰/۶

۱۵۶ ـ شعاع مدار ماهواره ای n برابر شعاع کره زمین است. نسبت شتاب حرکت ماهواره به شتاب ثقل در آن ارتفاع چقدر است؟

۱) $\frac{۱}{n^۲}$ ۲) $\frac{۱}{n}$ ۳) $n^۲$ ۴) ۱

۱۵۷ ـ دو جسم با جرمهای ۲ کیلوگرم و ۳ کیلوگرم، تحت اثر دو نیروی مساوی، همزمان از حال سکون به حرکت درمی آیند. نسبت انرژی جنبشی جسم اول به انرژی جنبشی جسم دوم در هر لحظه کدام است؟

۱) $\frac{۴}{۹}$ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) $\frac{۹}{۴}$

۱۵۸ ـ در امواج ساکن فاصله سومین شکم تا مانع سخت برابر است با:

۱) $۳\frac{\lambda}{۴}$ ۲) $۵\frac{\lambda}{۴}$ ۳) $۳\frac{\lambda}{۲}$ ۴) $۵\frac{\lambda}{۲}$

۱۵۹ ـ معادله یک منبع ارتعاشی در SI به صورت $y = \sin ۱۰۰t$ و معادله یک نقطه با فاصله x از منبع، به صورت $y = \sin(۱۰۰t + x)$ می باشد. سرعت انتشار موج برحسب متر بر ثانیه کدام است؟

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۳۱۴ ۴) ۶۲۸

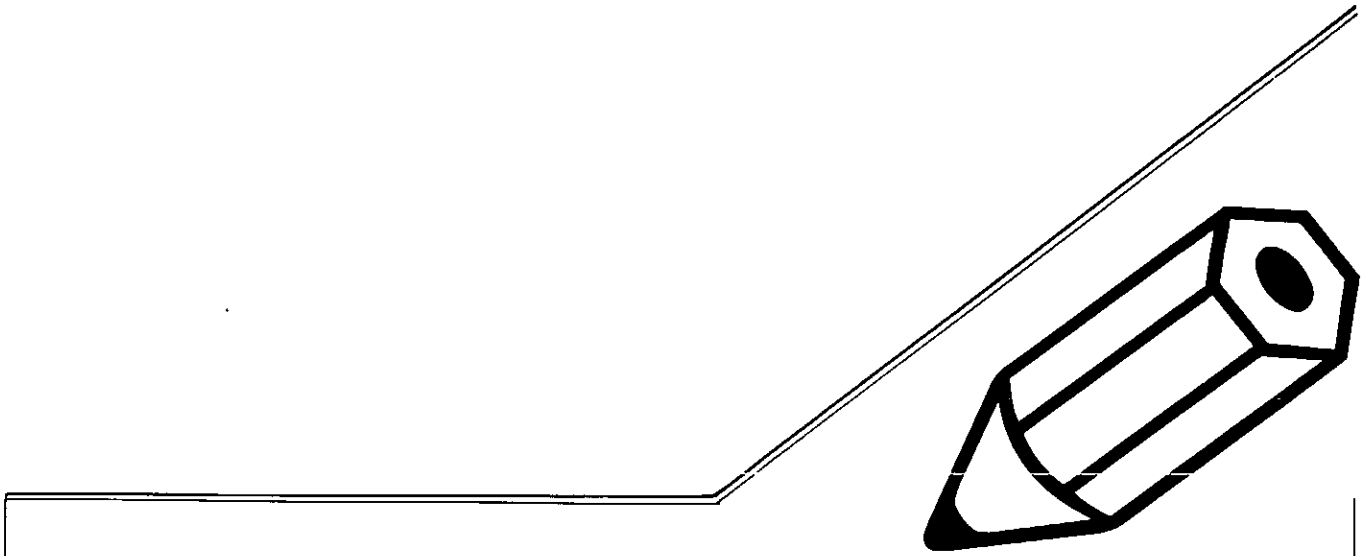
۱۶۰ ـ ذره نوسانگری در مبداء زمان در بعد ماکزیمم است. بعد این ذره پس از $\frac{۱}{۶}$ پریود، چه کسری از دامنه آن است؟

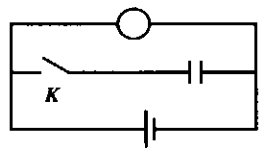
۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۴}$ ۳) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ ۴) $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$

۱۶۱ ـ در مدار شکل مقابل با بستن کلید، جریانی که از باتری می گذرد، چه می شود؟

۱) بی تغییر می ماند ۲) ابتدا کم و سپس زیاد می شود

۳) ابتدا زیاد و سپس کم می شود ۴) بسته به شرایط هر سه حالت ممکن است





۱۶۲ ـ شار مغناطیسی که از یک سیم پیچ می گذرد، به صورت $\varphi = 5 + 2\sin 10t$ است. ماکزیمم نیروی محرکه القایی در سیم پیچ چند ولت است؟

۱) ۷ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

۱۶۳ ـ سیم پیچی به مقاومت R که دارای هسته آهنی است با یک خازن به طور متوالی در مدار جریان تناوبی قرار دارد و $X_L < X_C$ است. اگر به تدریج هسته آهنی را خارج کنیم اختلاف فاز بین شدت جریان و اختلاف پتانسیل دو سر مدار . . .

۱) افزایش می یابد ۲) کاهش می یابد

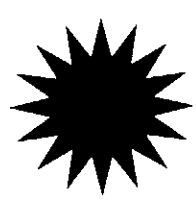
۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد ۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می یابد

۱۶۴ ـ در یک مدار با جریان متناوب $V_e = 120V$ و $I_e = 1A$ است. اختلاف فاز میان شدت جریان و اختلاف پتانسیل دو سر مدار φ است. به طوری که $tg\varphi = \frac{4}{3}$ است. متوسط توان مصرفی چند وات است؟

۱) ۷۲ ۲) ۹۰ ۳) ۱۲۰ ۴) ۱۶۰

۱۶۵ ـ طول موج و قابلیت نفوذ اشعه γ نسبت به طول موج و قابلیت نفوذ اشعه مرئی به ترتیب چگونه است؟

۱) بزرگتر، کمتر ۲) بزرگتر، بیشتر ۳) کوچکتر، کمتر ۴) کوچکتر، بیشتر



خازنها، بطریهای آب و قانون دوم کیرشهف

نوشته نیوبرگ
ترجمهٔ صیّاد رزمکن

اندیشهٔ مقایسهٔ جریان برق با جریان یک شاره (و یا دو شاره) در زمرهٔ اولین مدلهایی است که در قرن هیجدهم برای توضیح فرآیند الکتریکی پیشنهاد شده است.

استفادهٔ مداوم از اصطلاحات جریان و شارش دلالت بر جذابیت و دوام این مدل دارد.

اخیراً به هنگام کار با یک مسئله خازن با دانشجویان دریافتم که مفهوم جریان هنوز هم جزء مفیدترین ابزار آموزشی است.

مسئله زیر، مسئله متداولی است که در آغاز درس مطرح می شود.

خازنی به ظرفیت C_1 را به دو سر یک باتری به ولتاژ V_0 وصل می کنیم. سپس باتری را جدا ساخته جوشنهای این خازن را بدو سر خازن دیگری به ظرفیت C_2 متصل می سازیم. بار ذخیره شده در جوشنهای هر خازن و اختلاف پتانسیل دو سر هرکدام چقدر است؟

این مسئله برای دانشجویان تازه وارد مسئله آسانی نیست. بویژه آنکه این مسئله درک و شناخت عمیق یا عدم درک دانشجویان را نسبت به مفهوم فیزیکی پتانسیل الکتریکی آشکار می سازد.

علاوه بر این ظرفیت مفهومی نیست که برای دانشجویان ملموس باشد.

از جمله کمیتهای الکتریکی که دانشجویان باور در فهم آن دارند بار الکتریکی است. اگر از دانشجویان بخواهیم که رهیافتهای ممکن خود را درباره مسئله ارائه نمایند با اضطراب فوری آنان مواجه خواهیم شد. آنها درمی یابند که بار الکتریکی جریان پیدا می کند و اکثریت آنها پیشنهاد می کنند که مقدار کل بار پایدار می ماند.

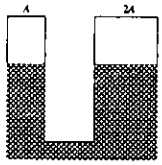
به نظر نگارنده دلیل این پیشنهاد درست این است که بار را نوع خاصی از ماده می دانند که قانون پایستگی برای آن صادق است. وقتی می پرسیم اختلاف پتانسیل دو سر خازن چقدر است دانشجویان به کوشش می افتند.

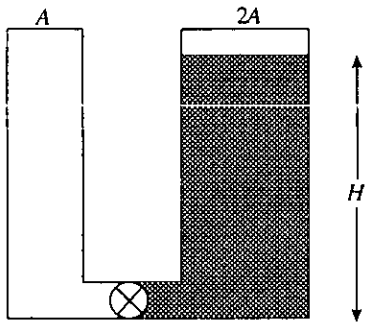
جواب متداول این است که مجموع اختلاف پتانسیلهای نهایی V_1 و V_2 برابر اختلاف پتانسیل اولیه V_0 است. بطور نسبی تعداد کمی با استفاده از قانون دوم کیرشهف می گویند که جمع جبری افتهای پتانسیل در یک مدار بسته صفر است. برای حل تحلیلی این مسئله با توجه به قانون دوم کیرشهف درمی یابیم که بار الکتریکی از خازن اول بسوی خازن دیگر جریان یافته و این عمل تا برابر شدن اختلاف پتانسیل دو سر خازنها ادامه می یابد. بنابراین چون بار نه خلق می شود و نه از بین می رود بار کل ذخیره شده در جوشنهای دو خازن برابر بار اولیه است، داریم:

$$Q_0 = C_1 V_0 \quad \text{و} \quad \frac{Q_1}{C_1} = V_1 = \frac{Q_2}{C_2} \quad \text{و} \quad Q_0 = Q_1 + Q_2$$

با توجه به روابط بالا مسئله به آسانی حل می شود. با وجود بر این، این محاسبه برای دانشجویان اقناع کننده نیست. آنها با شکل حل مسئله موافقند و می توانند آن را مجدداً حل نمایند امّا باید اقرار کرد که این کار را با اشتیاق انجام نمی دهند. آنها جواب مسئله را درست می دانند زیرا مربّی خویش را باور دارند. آنها مفهوم بار را درک می کنند امّا معترفند که مفاهیم ظرفیت و پتانسیل الکتریکی برای آنها مبهم اند. بیشتر دانشجویان قانون دوم کیرشهف را بخوبی درک نمی کنند. با استفاده از آب داخل ظرف می توان مسائل الکتریسیته را بررسی کرد. همانند سازی روش مفیدی است که دانشجویان را به درک مسائل الکتریسیته رهنمون می سازد.

مطابق شکل (۱) دو استوانه به سطوح مقطع A و ۲A را درنظر می گیریم. استوانه سمت راست را تا ارتفاع H از آب پر می کنیم. اگر استوانه سمت چپ خالی باشد و شیر بین دو استوانه را باز کنیم آب از استوانه سمت راست جریان یافته

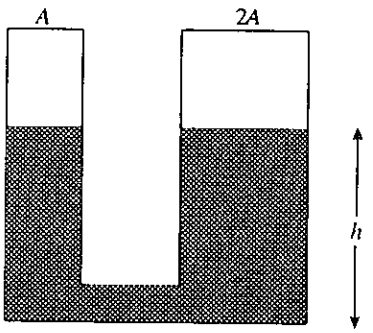




شکل ۱

سرانجام ارتفاع سطح آب داخل دو استوانه مساوی h می شود. در اینجاست که دانشجویان بروشنی درمی یابند که h معادل $\frac{H}{۲}$ نیست (شکل ۲).

اولین نکته مهم اینست که علی رغم انتقال آب از یک قسمت به قسمت دیگر مقدار کل آب دستگاه بدون تغییر باقی می ماند. مقایسه جرم آب با بار الکتریکی بخوبی قابل قبول است. البته مربّی باید توضیح دهد که برخلاف بار الکتریکی که می تواند مثبت یا منفی باشد تنها یک نوع جرم وجود دارد. باید توجه داشت که در اینجا فقط همانندسازی مطرح است نه مطابقت یکی با دیگری.



شکل۲

بخوبی روشن است که مقدار آب درون استوانه ها علی رغم یکی بودن ارتفاع، یکسان نیست. حال وقت آنست که انرژی پتانسیل را مطرح نمود. از آنجا که نسبت سطوح مقطع دو استوانه مثل ۲ به ۱ است نسبت جرم آنلو نیز به ترتیب مثل ۲ به ۱ بوده جرم آب استوانه سمت راست دو برابر جرم آب استوانه سمت چپ است. با محاسبهٔ انرژی پتانسیل هر استوانه خواهیم داشت:

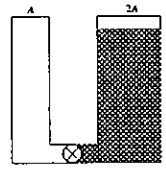
$$E_۱ = M_۱ g \frac{h}{۲} \quad و \quad E_۲ = M_۲ g \frac{h}{۲}$$

$$M_۲ = ۲M_۱ \Rightarrow \frac{E_۲}{E_۱} = ۲$$

که در آن $M_۲$ و $M_۱$ بترتیب جرم آب استوانه سمت راست و چپ و $E_۲$ و $E_۱$ انرژی پتانسیل نظیر آنهاست. بدیهی است که برابری انرژی پتانسیل را نمی توان ملاکی برای تعادل دانست. با وجود بر این آنچه یکسانست انرژی پتانسیل واحد جرم یا $\frac{gh}{۲}$ است یعنی شرط تعادل برابری انرژی پتانسیل واحد جرم است.

در اینجاست که توجه دانشجویان را به بحثی که منتهی به مفهوم پتانسیل الکتریکی یا ولتاژ است جلب می کنیم. برای انتقال بار Q از یک نقطه به نقطه دیگر مقداری کار لازم است که اگر این کار را به واحد بار تقسیم کنیم اختلاف پتانسیل الکتریکی بدست می آید. این کار همچنین بصورت انرژی پتانسیل بار الکتریکی ذخیره می شود. بنابراین پتانسیل همان انرژی پتانسیل واحد بار است. در مسئله یاد شده بار الکتریکی از یک خازن به خازن دیگر منتقل می شود و این عمل تا مساوی شدن اختلاف پتانسیل دو سر خازنها ادامه می یابد این همان شرط تعادل دستگاه است.

بنابراین تاکنون پتانسیل الکتریکی را با انرژی پتانسیل گرانشی واحد جرم و بار الکتریکی را با جرم همانند ساخته ایم. حال



بحث را بااینجا می کشانیم که هر استوانه می تواند مقدار معینی آب را با توجه به ارتفاع آن ذخیره کند. این کمیت را ظرفیت استوانه می نامیم. این موضوع به دانشجویان کمک می کند تا دریابند که ظرفیت الکتریکی میزان ساده ای از مقدار باری که یک دستگاه می تواند داشته باشد نبوده بلکه سنجشی از مقدار بار در رابطه با اختلاف پتانسیل الکتریکی است. موفقیت این رهیافت را با توجه به عکس العمل دانشجویان می توان ارزیابی کرد.

پاسخ آنها با شور و هیجان بسیار بوده آنها از مرحله کاربرد روابط به مرحلهٔ تفهیم رسیده اند. بدیهی است در این همانند سازی محدودیت هایی هم وجود دارد. همانطوریکه اشاره شد بار الکتریکی و جرم کاملاً همانند نیستند. ضمناً وقتی جرم آب داخل استوانه متناسب با ارتفاع آنست که سطح مقطع استوانه یکنواخت باشد.

تفاوت بین بار و جرم این است که تنها هنگامی که سطح مقطع استوانه یکنواخت است، بین مقدار آب در استوانه و ارتفاع آن رابطهٔ خطی برقرار است.

درصورتی که برعکس آن رابطه بین بار الکتریکی و ظرفیت برای هر خازن همواره رابطه ای است خطی (البته این مطلب وقتی درست است که عایق خازن اجازه انتقال بار از یک جوشن به جوشن دیگر را ندهد.)

فایدهٔ دیگر این تحلیل، توضیح قانون دوم کیرشهف برای خازنهاست. به این معنی که مفهوم اینکه در یک مدار بسته جمع جبری اختلاف پتانسیل الکتریکی صفر است چیست؟ توضیح شرایط لازم فیزیکی مسئله چگونه است؟

تعبیر قطع جریان بار برحسب پتانسیل و مقایسه آن با پتانسیل گرانشی توجیه فیزیکی رضایت بخشی را برای قانون دوم کیرشهف فراهم می آورد.

نباید فراموش کرد که مرتبط ساختن مفاهیم الکتریکی با تجارب روزانه کار بسیار مشکلی است در این مقاله به موردی ممکن اشاره شد که استفاده از آنرا توصیه می کنیم.

مرجع:

Newburgh, R.G. , (1993) Capacitors , Water Bottles,and Kirchhoff ' s Loop Rule, The physics Teacher, vol 31 , 16 - 17.

مسائل هفتمین

المپیاد فیزیک

ایران

تذکر ــ خوانندگان محترم، پاسخ مسائل هفتمین المپیاد فیزیک ایران متأسفانه بدون صورت مسائل در شمارهٔ ۳۶ به چاپ رسیده بود ضمن پوزش، صورت مسائل در این شماره به چاپ رسیده است.

مسئله ۱

یک قطار می تواند حداکثر با شتاب $0/2\,m/s^2$ بر سرعت خود بیفزاید و بیشترین شتاب ترمز آن برابر $0/8\,m/s^2$ است. کمترین زمان ممکن که این قطار می تواند فاصله $3/2\,km$ میان دو ایستگاه را بپیماید چقدر است.

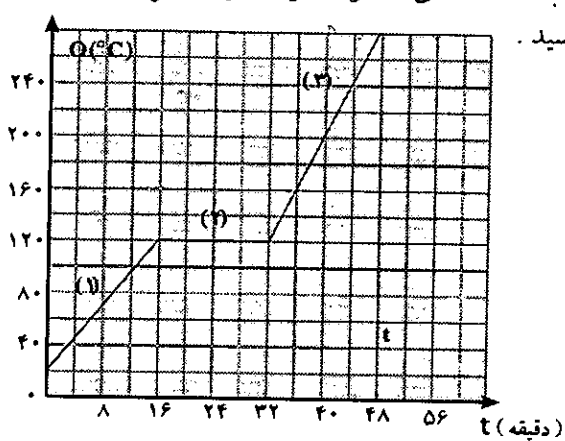
مسئله ۲

در محلی که فشار هوا ثابت است، دما از ۲۷۳K به ۲۹۰K رسیده است. به علت تغییر دما، سطح جیوه در لوله هوا سنج (بارومتر) جیوه ای که لوله شیشه ای آن مدرج است، از مقابل عدد ۷۶ به مقابل عدد ۷۶/۲۲ سانتیمتر می رسد. اگر ضریب انبساط خطی (طولی) شیشهٔ هواسنج $9\times10^{-6}\,C^{-1}$ و ضریب انبساط حجمی جیوه $9\times10^{-5}\,C^{-1}$ فرض شود، ضریب انبساط حجمی مطلق جیوه را حساب کنید.

مسئله ۳

به جسم جامدی، با توان ثابت گرما می دهیم. شکل زیر تغییرات دمای جسم را نسبت به زمان نشان می‌دهد.

الف ــ قسمتهای مختلف نمودار را تحلیل کرده و توضیح دهید که در هر شاخه نمودار، جسم در چه حالتی است. شیب شاخه‌های (۱) و (۳) را مقایسه کرده، نتیجه را بنویسید.

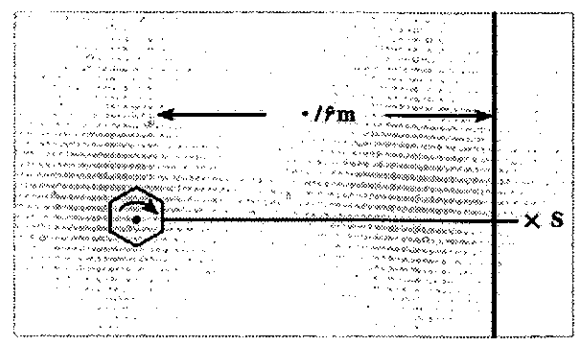


ب ـ گرمای ویژه جسم را در حالت جامد و مایع حساب کنید .

گرمای نهان ذوب جسم $80\,J/g$ است .

مسئله ۴

یک باریکه نور پس از عبور از شکاف پرده ای بر سطح جانبی یک شش وجهی منتظم که سطحهای آن آینه تخت است می تابد . باریکه نور بر پرده و محور شش وجهی که به طور قائم قرار دارد عمود است . اگر شش وجهی دور محور یاد شده بگردد، طول خط روشن حاصل از بازتاب نور بر پرده را با رسم شکل و توضیح کافی، محاسبه کنید .



مسئله ۵

یک ظرف استوانه شکل که تمام سطحهای درونی آن کاملا باز تابنده است، در اختیار داریم و آن را از مایعی به ضریب شکست n پر کرده ایم . یک منبع نورانی نقطه ای شکل درون مایع و روی محور استوانه قرار دارد .

الف ـ نشان دهید که کسری از انرژی منبع نورانی که از سطح مایع خارج می شود، به فاصله منبع نورانی از سطح مایع، بستگی ندارد .

ب ـ کسر مزبور را حساب کنید .

مسئله ۶

روشنایی ظاهری یک جسم نورانی که نورش را در تمام جهات به طور یکنواخت منتشر می کند، در فاصله r از آن جسم، عبارتست از انرژی که در واحد زمان به واحد سطح می رسد . مثلا اگر انرژی تابش شده از جسم نورانی در واحد زمان (توان) L باشد، f ، روشنایی ظاهری جسم در فاصله r از آن، از رابطه زیر به دست می آید :

$$f = \frac{L}{4\pi r^2}$$

فرض کنید ماه و خورشید هر دو از زمین با بزرگی زاویه ای ۰/۵ درجه مشاهده می شوند و روشنایی ظاهری ماه در زمین حدود 2×10^{-6} برابر روشنایی ظاهری خورشید در زمین باشد .

اگر نوری که از خورشید به ماه می رسد، در تمام جهات یک نیم کره به طور یکنواخت بازتاب پیدا کند، ضریب بازتاب ماه را به دست آورید . فاصله خورشید از زمین و از ماه را برابر بگیرید .

مسئله ۷

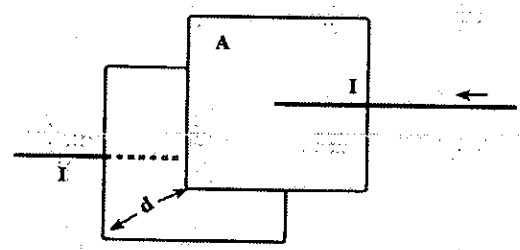
خازن مسطحی با مساحت صفحات A و فاصله d را در نظر بگیرید . در یک لحظه جریان I به طرف یکی از صفحه ها می رود و از صفحه دیگر همان جریان I خارج می شود . در مدت زمان کوتاه Δt :

الف ـ افزایش بار خازن ΔQ ، را حساب کنید .

ب ـ افزایش میدان الکتریکی میان صفحه ها، ΔE ، را حساب کنید .

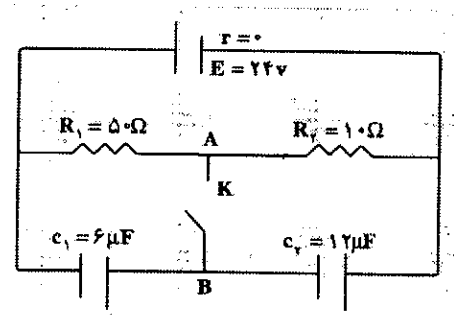
پ ـ آهنگ تغییرات میدان الکتریکی، $\frac{\Delta E}{\Delta t}$ را حساب کنید .

در لحظه ای که بار خازن Q باشد، شدت میدان الکتریکی E است .



مسئله ۸

در مدار روبرو ابتدا کلید K باز است . اگر کلید K را ببندیم، چه مقدار بار الکتریکی از کلید K عبور می کند و جهت جریان الکتریکی در کلید به کدام طرف است ؟



مسئله ۹

مداری مانند شکل (الف) در نظر بگیرید . در لحظه t = ۰ ، کلید K را می بندیم . نمودار تغییرات نیروی محرکه القایی در سیم پیچ، در شکل (ب) داده شده است . (محور زمان برحسب یک واحد اختیاری مدرج شده است)

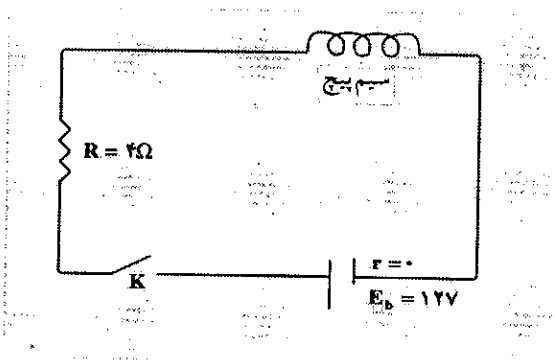
الف ـ توضیح دهید که چرا در سیم پیچ نیروی محرکه القایی به وجود می آید .

شار مغناطیسی که از سیم پیچ می گذرد، با جریان آن متناسب است و به صورت $\varphi = ۱۴I$ می باشد .

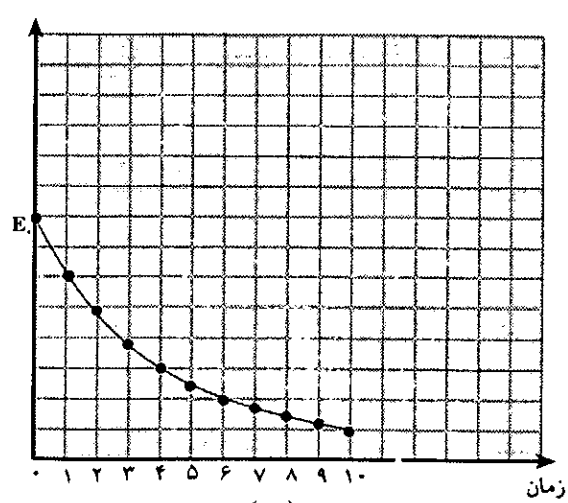
ب ـ باتوجه به اینکه هیچگاه یک کمیت فیزیکی بینهایت نمی شود، مقدار E_0 را حساب کنید .

پ ـ نمودار تغییرات جریان مدار را نسبت به زمان روی محورهای مختصاتی که محور زمان آن برحسب واحد زمان در شکل (ب) مدرج شده باشد، به طور تقریبی رسم کنید . (روش تعیین جریان مدار، مربوط به زمانهای ۱ ، ۲ ، ۳ ، ... را ذکر کنید)

ت ـ پس از گذشت مدت زمان کافی، جریان چه مقدار خواهد شد .



(الف)



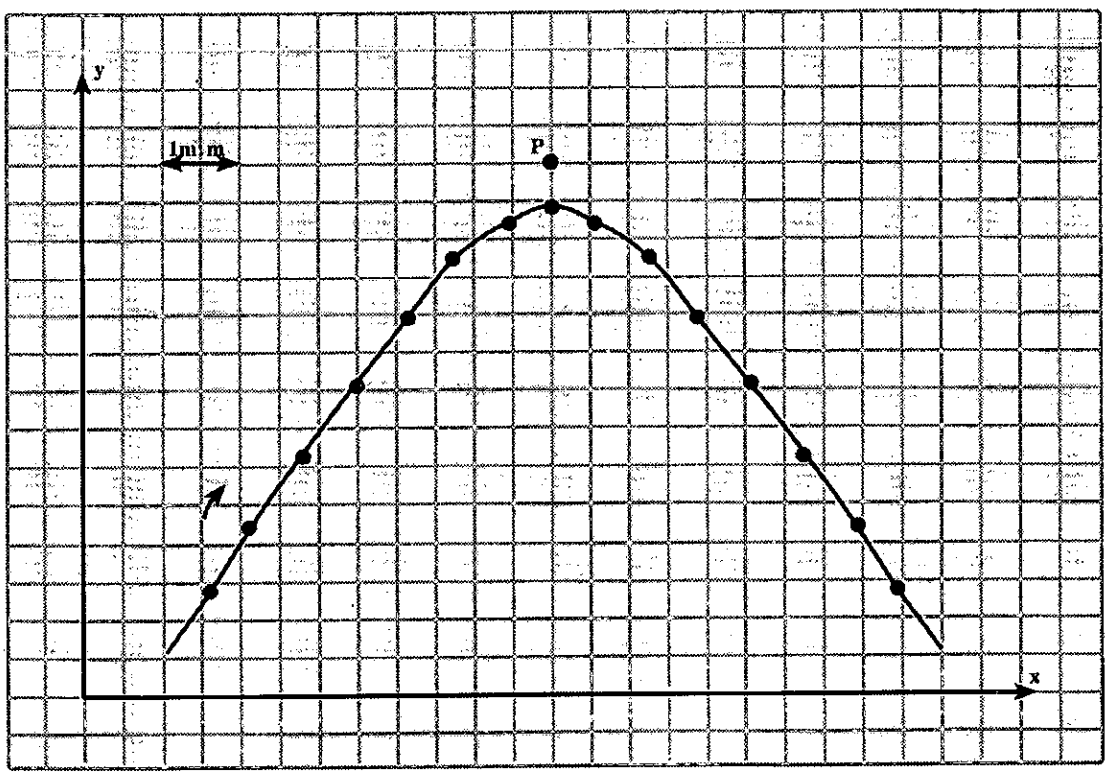
(ب)

مسئله ۱۰

اندازه انرژی پتانسیل الکتریکی یک جسم یا بار الکتریکی q که در فاصله r از بار الکتریکی دیگری با بار Q قرار دارد و از رابطه $E_p = K\frac{qQ}{r}$ محاسبه می‌شود . در این رابطه $K = ۹\times۱۰^{۹}\ Nm^{۲}/C^{۲}$ است .

پروتونی با بار $q_p = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ و جرم $m_p = ۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}kg$ به سمت یک هسته سنگین با بار Q پرتاب می‌شود و تحت تأثیر نیروی دافعه الکتریکی آن مسیری مطابق شکل را طی می‌کند . نقطه P ، در شکل مکان هسته است که در طی این عمل ثابت فرض می‌شود .

نقاط مشخص شده روی منحنی مسیر ، مکان پروتون را در فاصله‌های زمانی $\Delta t = ۵\times۱۰^{-۶}s$ نشان می‌دهند . با توجه به قانون بقاء انرژی مکانیکی ، نسبت بار هسته به بار پروتون $(\frac{Q}{q})$ را حساب کنید . پاسخ با ۲۰٪ خطا قابل قبول است .



مجله و خوانندگان

۱ ـ ازنا ـ دانشجوی محترم آقای مرتضی رضائی با امید به موفقیت شما در تمام شئون زندگی، علاقهٔ شما به فیزیک کوانتومی و لیزر قابل تحسین است. شما می توانید ضمن ادامهٔ تحصیل کتابهای پایه در زمینه های مورد علاقه را مطالعه کنید. سپس با ادامهٔ تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد، رشتهٔ فیزیک با گرایش اتمی و مولکولی متخصص لیزر شوید. بنابراین می توانید از درسهای مکانیک کوانتومی ۱ و ۲ شروع و مقدمات را فراهم سازید تا انشاء الله بتوانید در کار مورد علاقه متخصص شوید.

۲ ـ مشهد، دانشجوی محترم، آقای علی زارعین، با تشکر از اظهار لطف شما، برای تهیهٔ شماره های پیشین می توانید با نشانی «تهران، جاده آب علی، خ سازمان آب، بیست متری خورشید، مرکز توزیع انتشارات کمک آموزشی» تماس بگیرید. بهبود کیفیت چاپ مجله موردنظر است.

۳ ـ خوی ـ دانش آموز عزیز آقای حجت مولائی سالهاست که بشر توانسته است انرژی آفتاب (انرژی نورانی) را به گرمایی و یا الکتریکی تبدیل کند. با قرار دادن یک شئ سیاه در زیر آفتاب دیده می شود که دمای آن بالا می رود زیرا شئ سیاه انرژی آفتاب را بهتر جذب می کند. از این انرژی ذخیره شده می توان برای گرم کردن آب، خشک کردن میوه و غیره استفاده کرد. نوع دیگر استفاده از انرژی خورشیدی استفاده از سلول خورشیدی است که انرژی خورشیدی را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می کند و شرح مختصر آن در شمارهٔ ۳۶ مجله رشد آموزش فیزیک آمده است.

۴ ـ تبریز، دانش آموز عزیز، آقای رضا راجی مهر فرمول محاسبه شده شما نادرست است زیرا تنها انرژی پتانسیل گرانشی را منظور کرده اید و حال آنکه این انرژی موردنظر نیست. بهتر آن است که از فرمول سازیهای این چنین پرهیز شود و به مفاهیم فیزیکی بیشتر پرداخته شود، به امید موفقیت شما.

۵ ـ میاندوآب، دانش آموز عزیز، آقای افشین پاشایی رابطه ای که شما محاسبه کرده اید نادرست است. باید توجه داشته باشید که از دید یک ناظر، ذرهٔ باردار متحرک دارای میدان مغناطیسی است و به همین علت یک میدان مغناطیسی خارجی می تواند بر آن نیرو وارد کند، به طوری که اندازهٔ این نیرو با اندازهٔ سرعت ذره رابطهٔ مستقیم دارد و نه وارون.

۶ ـ تبریز، دانش آموز عزیز، آقای حیدری علاقمندی و پشتکار شما در خور تحسین است. مدرک تحصیلی ملاک قضاوت مقاله ها نیست اما سپری کردن موفقیت آمیز دوره های تحصیلی ملاک نسبتاً خوبی هست. بهتر است اظهارنظرهای علمی و مقاله ها متناسب با موقعیت علمی شخص باشد. به امید موفقیت شما در تحصیل و تحقیق.

۷ ـ اراک، دبیر محترم، جناب آقای غلامرضا کوششکار در کتاب مورد اشارهٔ شما سؤال با قید اینکه محور آویز قاب دارای اصطکاک است آورده شده است و پاسخ سؤال نیز بر اساس همین قید بیان شده است. واضح است که نیروی اصطکاک محور قاب، گشتاور مخالفی ایجاد می کند که باعث می شود قاب پس از چرخش ۹۰ درجه یعنی در وضعیتی که حداکثر شار مغناطیسی از آن می گذرد بایستد. در مورد سؤال ۵ صفحهٔ ۱۲۷ کتاب فیزیک سوم رشته ریاضی ـ فیزیک نیز باید توجه داشت که قاب حتماً از محوری آویزان است و محور دارای اصطکاک است. اگر به طور ایده آل محور دارای اصطکاک نباشد پاسخ شما درست است.

اخبار علمی

سمینارهای فیزیک دانش آموزان
دبیرستان دخترانهٔ ندای آزادی (نمونهٔ مردمی) ـ منطقهٔ ۷

دومین سمینار فیزیک دانش آموزان در دبیرستان دخترانهٔ ندای آزادی منطقهٔ ۷ تهران در تاریخ ۱۷ الی ۱۹ بهمن ۱۳۷۲ برگزار شد. این سمینار به همت دبیر فیزیک و اولیاء این دبیرستان و تلاش دانش آموزان برپا شد و با سخنرانی رئیس دبیرستان و رئیس انجمن فیزیک ایران کار خود را آغاز کرد.

در این سمینار، ۱۵ مقاله از جمله نیروهای بین هسته ای، الفبای نسبیت، ابر رسانایی . . . و تعدادی فیلمهای ویدئویی آموزشی فیزیک توسط دانش آموزان ارائه شد، هدفهای برگزاری این سمینار عبارت بودند از: برانگیختن حس پویایی در دانش آموزان، ایجاد حس همکاری در آنها، آشنا ساختن آنها با مسائل روز فیزیک و کاربردهای آن در زندگی، و کار با وسائل کمک آموزشی،

دبیرستان دخترانهٔ نرجس تهران (نمونهٔ مردمی) ـ منطقهٔ ۶

به میمنت هفتهٔ معلم، بنا به دعوت دبیرستان نمونهٔ مردمی نرجس تهران (منطقهٔ ۶ تهران) در روزهای ۱۱ و ۱۲ اردیبهشت ۱۳۷۳، یک سمینار فیزیک در این دبیرستان برگزار شد. این سمینار به وسیلهٔ دانش آموزان کلاس دوم ریاضی ـ فیزیک و با همت و هدایت دبیر فیزیک این دبیرستان و با همکاری اولیاء دبیرستان طرح و برنامه ریزی شده بود.

در برنامهٔ افتتاحیهٔ سمینار، ایجاد انگیزهٔ تحقیق و پژوهش در دانش آموزان آشنایی با پیشرفتهای فیزیک، رشد و شکوفایی استعدادهای نهفته، ایجاد حس مسؤولیت پذیری . . . به عنوان اهداف کلی سمینار بیان گردید. تعدادی از عنوانهای مطالب ارائه شده به وسیله دانش آموزان عبارتند از شخصیتهای فیزیک، لیزر و کاربردهای آن، پیدایش منظومهٔ شمسی، صوت، نسبیت ...

❁❁❁

کار دسته جمعی دانش آموزان و کوشش دبیران فیزیک و اولیاء این دبیرستانها در پیشرفت آموزش فیزیک قابل توجه و قدردانی است.

نظر به اهمیت روزافزون علوم پایه و ترجیحاً فیزیک در شرایط کنونی و با توجه به رسالتی که تمامی معلمان فیزیک در این راستا به عهده دارند و همچنین به منظور معرفی و پیشبرد اهداف انجمن فیزیک ایران اولین سمینار دانش آموزی در استان خوزستان در تاریخ هفتم بهمن ماه ۷۳ در اهواز تشکیل گردید این همایش بنا به درخواست دبیران فیزیک دبیرستان نمونهٔ دکتر حسابی و با یاری بی دریغ مدیریت دبیرستان و همکاری اداره آموزش و پرورش ناحیهٔ ۲ اهواز انجام گرفت.

بخش های مختلف این سمینار مشتمل بر «سخنرانی اساتید محترم دانشگاه» «فیزیک سرا» و «نمایشگاه و فروشگاه کتاب» بود که ذیلاً به ذکر جزئیات پرداخته می شود.

برنامه با تلاوت آیاتی چند از کلام الله مجید و به دنبال آن سخنان رئیس دبیرستان نمونه آغاز گردید.

اولین سخنران سرکار خانم دکتر رهبر بودند که به بررسی سیر تحولات فیزیک و جایگاه آن در جهان امروز پرداختند. سخنان ایشان حاوی رهنمودهایی در جهت فراگیری علم فیزیک برای دانش آموزان، دانشجویان و معلمان بود.

در قسمت بعدی برنامه جناب آقای دکتر پور منصوری درباره نیرو گاههای هسته ای و اثرات پرتوهای آن بر سلامت انسان و جناب آقای دکتر بهروز دربارهٔ کاربرد ماوراء صوت در پزشکی و در پایان آقای دکتر طهماسبی دربارهٔ «از اسپین تا MRI» سخنرانی کردند.

در بخش «نمایشگاه و فروشگاه کتاب» حدوداً ۹۰ عنوان در زمینه های فیزیک، ریاضی و شیمی ارائه گردید.

طنز فیزیکی سنگین ترین عنصر!

ترجمهٔ محمدعلی سعادت بخش

طنز فیزیکی سنگین ترین عنصر !

سنگین ترین عنصری که جهان علم می شناسد، اخیراً توسط فیزیکدانانی از دانشگاه تورگید کشف شده است. این عنصر با نام پیشنهادی آدمینیس تراتیم[1] (Ad) هیچ پروتون یا الکترونی ندارد یعنی آنکه عدد اتمی آن صفر است! امّا این عنصر دارای ۱ نوترون، ۱۲۵ کمک نوترون[2]، و ۷۵ معاون ـ نوترون[3]، و ۱۱۱ کمک معاون ـ نوترون[4] است از این رو عدد جرمی آن ۳۱۲ است. این ۳۱۲ ذره در هسته با نیرویی کنار هم نگه داشته می شوند که ناشی از تبادل پیوستهٔ ذرات مزون مانند به نام ممون[5] است.

از آنجا که آدمینیس تراتیم هیچ الکترونی ندارد، یک عنصر بی اثر است. با این وجود، این عنصر را می توان از نظر شیمیایی آشکار سازی کرد زیرا به نظر می رسد هر واکنشی را که در آن حضور داشته باشد کُند می کند. بنا به گفتهٔ دکتر ام. لانگور، یکی از کاشفان این عنصر، مقدار بسیار کمی از آدمینیس تراتیم باعث شده واکنشی که معمولاً کمتر از یک ثانیه طول می کشد بیش از چهار روز به درازا کشیده شود.

آدمینیس تراتیم نیمه عمری تقریباً برابر ۳ سال دارد و در این مدت عملاً واپاشیده نمی شود. در عوض، از نو به گونه ای سازمان می یابد که کمک نوترون، معاون ـ نوترون و کمک معاون ـ نوترون جای خود را عوض می کنند. برخی مطالعه ها نشان می دهد که بعد از هر تجدید سازمان عدد جرمی افزایش می یابد.

آدمینیس تراتیم به طور تصادفی هنگامی کشف شد که دکتر لانگور با عصبانیت از ریاست گروه فیزیک استعفا داده همهٔ مقاله های خود را درون قسمت ورودی شتابدهندهٔ ذرات ریخت. دکتر لانگور توضیح داد که ظاهراً بر هم کنش تمام آن مقاله ها و برگهای درخواست اعتبار مالی و غیره با ذره های موجود در شتابدهنده این عنصر جدید را کشف کرده اند.

در آزمایشگاه های دیگر ظاهراً نشان می دهد که ممکن است آدمینیس تراتیم به طور طبیعی در جو به وجود آید. طبق گفتهٔ یک دانشمند، به احتمال زیاد آدمینیس تراتیم در فضای دانشکده و دانشگاه، نزدیک ساختمانهایی که در بهترین وضعیت قرار دارند و به بهترین نحو نگهداری می شوند، یافت می شود.

مرجع :

The Physics Teacher, January 1989. P. 47.

زیرنویسها :

۱ ــ Administratium

این واژه در ریشه به معنی اداری و دیوان سالاری است.

۲ ــ assistant to neutron

۳ ــ vice - neutron

۴ ــ assistant to vice - neutron

۵ ــ memoon

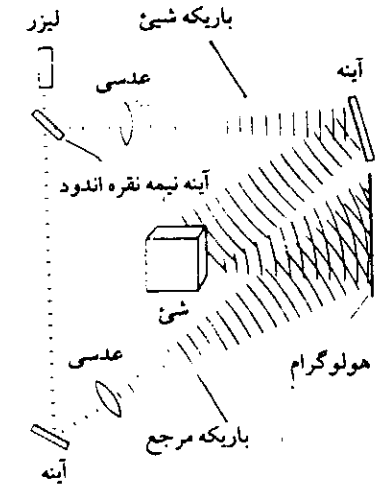
قسمت دوم :

دنبالهٔ نور لیزری

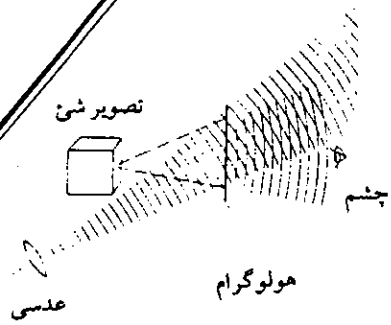
نوشته هانس اُهانیان

ترجمهٔ دکتر ابوالقاسم قلمسیاه

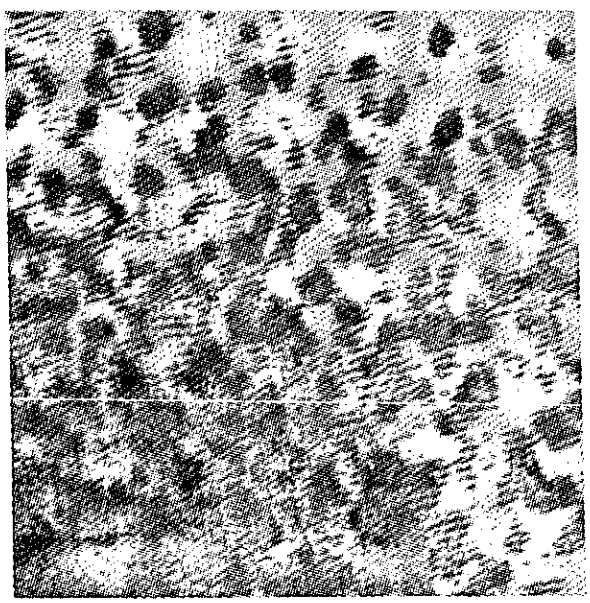
هولوگرافی ـ همدوسی نور لیزر در مقیاس گسترده و شدّت زیاد آن استفاده از این نور را در گرفتن عکسهای سه بعدی از اشیاء ممکن ساخته است. صفحه عکاسی، یا **هولوگرام**، به وسیله روشن کردن شئ با نور لیزری تهیّه می شود. شکل ۱۸ ترتیب قرار گرفتن منبع نور، شئ، و صفحه عکاسی را نشان می دهد. باریکه لیزر به دو «**باریکه مرجع**» و «**باریکه شئ**» شکافته می شود و این دو باریکه در روی صفحه عکاسی تداخل می کنند. این صفحه الگوی فریزهای تداخل را ثبت می کند (شکل ۱۹). پس از ظاهر کردن صفحه عکاسی، نور لیزر بر آن می تابانیم. آنگاه اگر صفحه را در عمق نگاه کنیم، نسخهٔ عین (المثنای) شئ اصلی را خواهیم دید. تصویر سه بعدی است؛ با جابه جا کردن چشممان به بالا، پایین یا از پهلو (چپ و راست)، می توانیم سر، ته، یا کناره های شئ را ببینیم (شکل ۲۰) در واقع، این تصویر مجازی است ـ اگر سعی کنیم این چیز شبح وار را در عقب هولوگرام با



شکل ۱۸ ـ ترتیب ساختن هولوگرام. تمام نقاط شئ روشن شده مانند منبع های امواج کروی عمل می کنند. برای سهولت ترسیم، فقط یک موج کروی که از یک نقطه شئ ایجاد شده نشان داده شده است.



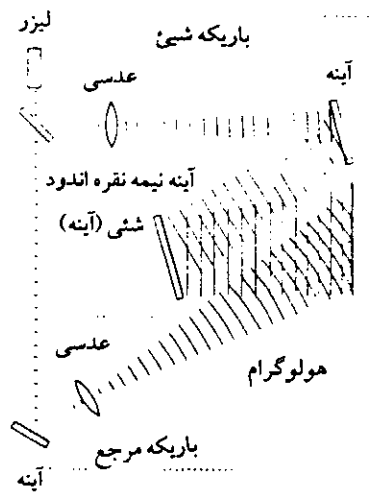
شکل ۲۰ ـ ترتیب دیدن هولوگرام



شکل ۱۹ ـ هولوگرام. فریزهای تاریک و روشن در روی صفحه عکاسی تداخل سازنده و مخرّب باریکه های مرجع و شئ را نمایان می سازند.

انگشت لمس کنیم در می‌یابیم که چیزی در آنجا نیست.

هولوگرام از تداخل بین «جبهه موجهای» پیچیدهٔ بیرون آمده از شئ روشن شده و «جبهه موجهای» مسطّح باریکهٔ مرجع تولید می‌شود. برای اینکه درک شود چگونه این هولوگرام تصویر سه بعدی ایجاد می‌کند، فرض می‌کنیم بجای شئ پیچیده، شئ بسیار ساده‌ای، مثلاً یک آینه مسطّح، داریم (شکل ۲۱). در این صورت، جبهه موجهای خارج شونده از آینه روشن شده، موجهای ساده مسطّح اند و این موجهای مسطّح با موجهای مسطّح باریکه مرجع تداخل می‌کنند. این

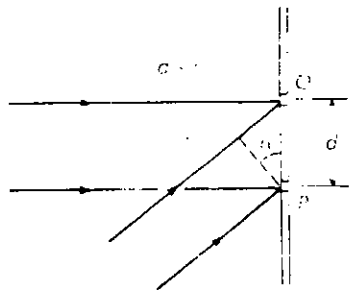


شکل ۲۱ ـ ترتیب ساختن یک هولوگرام. شئ، یک آینه است. علامتهای روی هولوگرام نقاط تداخل سازنده را نشان می‌دهند.

تداخل، بطور آشکار، یک الگوی فریزدار متشکّل از نوارهای تاریک و روشن می‌دهد. اگر α زاویه فرود (تابش) باریکه شئ باشد آنگاه، فاصلهٔ d بین دو فریز تاریک متوالی توسّط رابطه زیر با طول موج λ مرتبط است (شکل ۲۲):

$$d \sin \alpha = \lambda \qquad (۱)$$

صادق خواهد بود.

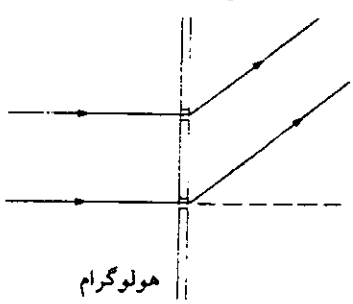


شکل ۲۲ ـ باریکه شئ (افقی) و باریکه مرجع (تحت زاویه α) به صفحه عکاسی رسیده‌اند. اگر در P تداخل سازنده وجود داشته باشد، در Q هم تداخل سازنده وجود خواهد داشت، که اضافه راه $d \sin \alpha$ آن برابر یک طول موج است.

بنابراین، صفحه عکاسی ظاهر شده مانند یک توری (شبکه) که d فاصله بین شکافهای (شیارهای) آن است به نظر می‌آید. اگر این توری را با نور لیزر روشن کنیم تداخل سازنده حاصل از این شکافها، چند باریکهٔ پراش یافته با بیشینهٔ شدّت بهره خواهد داد (شکل ۲۳). زاویه باریکهٔ مرتبه یکم در وضعیت زیر:

$$d \sin \theta = \lambda \qquad (۲)$$

صادق خواهد بود.

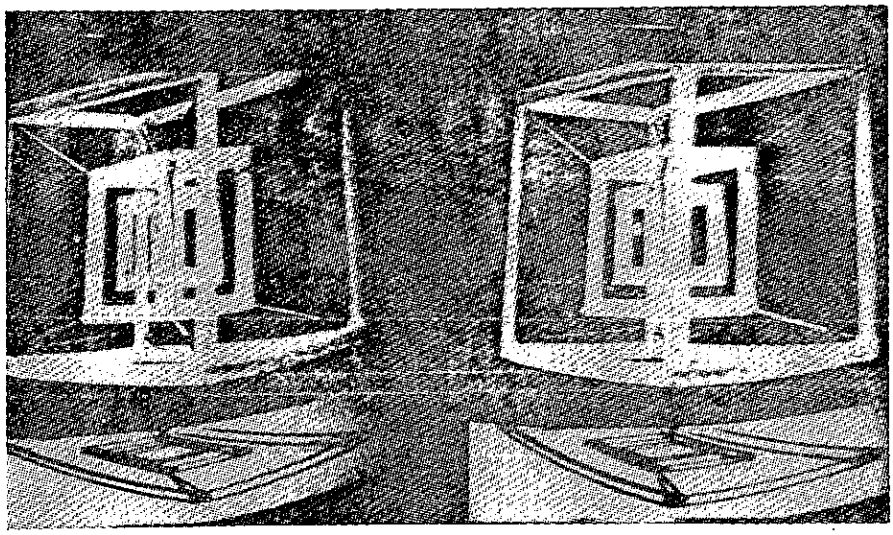


شکل ۲۳ ـ باریکه پراش یافته (با زاویه θ) خارج شونده از هولوگرامی که روشن شده است.

با مقایسه معادلات (۱) و (۲) متوجّه خواهیم شد که زاویهٔ باریکه پراش یافته (حاصل از هولوگرام روشن شده) بر زاویه فرود (تابش) باریکه اصلی (حاصل از آینه روشن شده) منطبق می‌شود. بنابراین، هولوگرام جبهه موجها را از نو می‌سازد زیرا موج نوری را ایجاد می‌کند که درست همان ویژگیهای موج نور گسیل شده از شئ عکسبرداری شده را دارد. اگر از پشت هولوگرام نگاه کنیم (شکل ۲۰)، درست آنچه را خواهیم دید که بجای هولوگرام روشن شده، شئ روشن شده را مقابل چشمان خود داشته باشیم. می‌توان نشان داد که اگر شئ روشن شده شکل نامشخص داشته باشد همانگونه جبهه موجهای نوساخته به دست می‌آیند، بطوری که جبهه موجهای گسیل شده نیز شکل نامشخصی دارند. بنابراین، هولوگرام روشن شده موجی درست با همان شکل نامشخص ایجاد خواهد کرد، و چشمان ما نمی‌توانند تفاوت بین موج نوساخته و موج گسیل شده از خود شئ را تمیز دهد ـ وقتی ما هولوگرام را نگاه می‌کنیم تصور می‌نماییم که شئ را با همهٔ وجوه سه بُعدیش می‌بینیم (شکل ۲۴).

یک جنبهٔ قابل توجّه این روند تصویر سازی این است که هر قطعه از هولوگرام شامل اطلاعات کافی برای «از نوساختن» است. می‌توانیم یک

هولوگرام را دو یا چند قطعه کنیم و هر



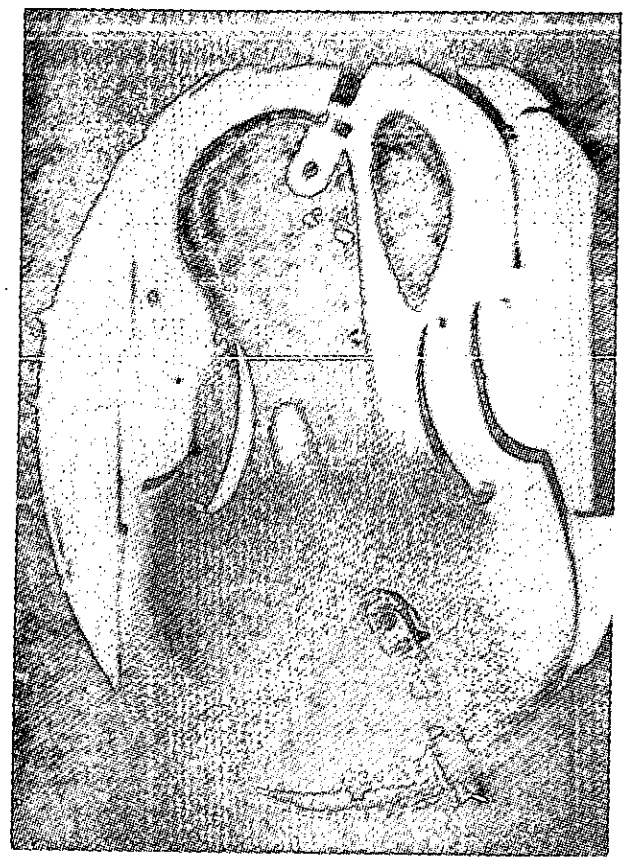
شکل ۲۴ ـ تصویر هولوگرافی یک قطعه از مجسمه سازی نوین، عکسبرداری شده از دو راستای مختلف که نظرگاههای متفاوت داشته اند. (اگر شما بتوانید بین دو چشم خود صفحه ای حایل سازید بطوری که تصویر سمت چپ را با چشم چپ و تصویر سمت راست را با چشم راست نگاه کنید خواهید توانست این دو عکس را سه بُعدی ببینید.

(این کار را می توانید با قرار دادن یک صفحه مقوا بین دو عکس و عمود بر صفحه تصویر انجام دهید.)

قطعه قابلیت دادن یک منظره کامل از تصویر سه بعدی را دارا باشد. ولی قطعات کوچک، منظره ای فقط از یک محدوده باریک راستاها، مانند منظره ای از میان یک روزنه کوچک را تأمین می کنند.

توجه کنید که، اصولاً، می توانستیم هولوگرام را با نور یک چشمه نور تکرنگ معمولی (مثلاً یک لامپ جیوه) بجای نور لیزری بسازیم. چنین چشمه نوری بایستی، مانند موقع تحقیق در تداخل و پراش به وسیله شکافهای باریک، یا در فاصلهٔ بسیار دور از شئ قرار گرفته باشد و یا به وسیله حفاظی که دارای یک سوراخ بسیار کوچک است، پوشیده شده باشد. امّا این کار شدت نور را تقلیل خواهد داد و زمانهای نور دهی بسیار طولانی و بسیار غیر عملی لازم خواهد بود. حتی با نور لیزر هم زمانهای نوردهی برای هولوگرافی خیلی طولانی تر از عکاسی هستند. به همین جهت، معمولاً لازم است احتیاطهای خاصّی برای ثابت نگهداشتن شئ در طول مدت نوردهی به عمل آید.

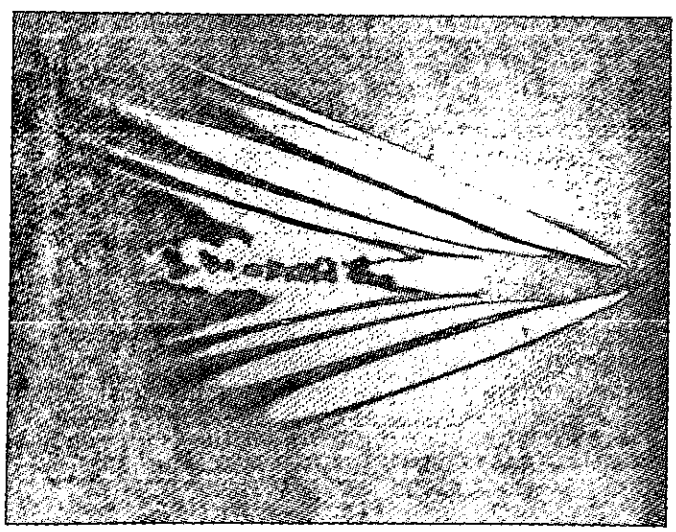
تصویرهای هولوگرافی جلوه گریهای تماشایی برای نمایشها می سازند، ولی آنها موارد کاربرد عملی زیاد نیز دارند. می توان آنها را برای اندازه گیریهای حساس تغییر شکلها و جابجاییهای کوچک بکار برد. مثلاً، شکل ۲۵ یک تصویر هولوگرافی از بدنه در حال ارتعاش یک ویولا (نوعی ویولن بزرگ) است. فریزهای تداخل، نواحی تراز هم ارتفاع را نشان می دهند و بنابراین، الگوی ارتعاش ویولا را آشکار می سازند. مدت نوردهی در شکل ۲۵ خیلی طولانی تر از دورهٔ ارتعاش ویولا بوده است؛ چون یک جسم مرتعش بیشترین مدت دورهٔ خود را در نقاط برگشت حرکت (جاهایی که سرعت صفر است) صرف می کند، بنابراین، مدّت نوردهی اصولاً معادل «نوردهی مضاعف» است (یک نوردهی در هر نقطه برگشت). هنگامی که ما چنین هولوگرامِ دوبار نور دیده را روشن می کنیم، بطور همزمان «جبهه موجهای» گسیل شده بوسیله جسم در دو لحظهٔ نوردهی جداگانه را از نو خواهد ساخت. این دو جبهه موج،



شکل ۲۵ ـ تصویر صفحهٔ رویی ویولای در حال ارتعاش که به طریقه نوردهی طولانی مدّت به هولوگرام ایجاد شده است .

بسته به اینکه چه اختلاف فازی در حرکت سطح جسم بین دو نوردهی متوالی باشد، بطور سازنده یا مخرب تداخل خواهند کرد؛ بنابراین، در تصویر هولوگرافی، جابه جایی سطح بوسیله فریزهای تداخلی نمایان می شود . دانشمندان امیدوارند که تحقیق در الگوی ارتعاش ویولن منجر به اصلاحات در بلندی، وبُرد دینامیکی، و آسانی نواختن آن شود .

هولوگرام دوبار نور داده شده می تواند تغییرات کوچک چگالی هوا را نیز نمایان سازد . شکل ۲۶ ، امواج ضربتی دور و بر یک گلوله را که در هوا سرعت گرفته است نشان می دهد . هولوگرام، یکبار پیش از آنکه گلوله وارد میدان دید شود و بار دیگر به هنگام ورود گلوله، نور داده شده است . تراکم و رقیق شدن هوای مجاور جبهه موجهای ضربتی، ضریب شکست هوا را تغییر می دهد و بنابراین سبب تغییر فاز نور بین دو نوردهی متوالی می شود . وقتیکه «جبهه موجهای» نوساخته شده توسط این هولوگرام، تداخل کنند تغییرات ضریب شکست به صورت منطقه های تاریک و روشن پدیدار می شوند . ضمناً نوردهی ها به وسیله تَپ های (پالسهای) لیزری بسیار شدید در مدت بسیار کوتاه برای «نگاه داشتن» عمل در یک لحظه؛ انجام می گیرد . کاربرد بسیار امیدوار

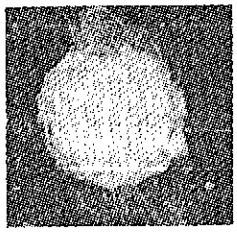


شکل ۲۶ ـ تصویر موجهای ضربتی در اطراف یک گلوله در حال پرواز که بوسیله هولوگرام دوبار نور دیده ایجاد شده است .

کننده دیگر هولوگرافی، ذخیره سازی اطلاعات است. بدیهی است می توانیم اطلاعات را، مثلاً، یک صفحه چاپ شده را، به‌وسیله گرفتن عکس هولوگرافی از این صفحه ذخیره سازیم. هولوگرام می تواند اطلاعات را بطور بسیار انبوه (با چگالی زیاد) ذخیره سازد، زیرا می تواند به کوچکی عکس میکرو فیلم معمولی یا کوچکتر از آن ساخته شود، و مزیّت بیشتری که دارد اینست که ذرات گرد و خاک یا نقص های کوچک در فیلم، کلمات را از روی صفحه محو نمی کنند (به خاطر بیاوریم که هرقسمت از هولوگرام می تواند تصویر کامل را از نو بسازد).

اصولاً، هولوگرام سه‌بعدی، کارآمدترین ذخیره سازی اطلاعات را امکان می دهد. در یک محیط سه‌بُعدی، مانند امولسیون غلیظ عکّاسی یا بلور حسّاس به نور، می توان هولوگرامهای مختلف زیادی را متوالیاً به وسیلهٔ چندین نوردهی با امواج نور فرودی در زوایای مختلف ذخیره کرد. برای باز یافتن هریک از این تصویرهای هولوگرافی کافیست محیط را با موج نور فرودی در همان زاویه موج اولیّه روشن کرد. حدود ۱۰۰۰ هولوگرام مختلف را می توان در لایه‌ای به ضخامت یک میلیمتر ذخیره نمود. با تکنولوژی صحیح، ممکن خواهد بود یک فیلم سینمایی سه بُعدی کامل را در یک مکعب از ماده شفاف به کوچکی یک حبّه قند ذخیره کرد.

هولوگرافی اساساً توسط د. گابور[1] به عنوان وسیله ای برای افزودن توان میکروسکوپها اختراع شده بود. گابور قصد داشت تصویر حاصل از میکروسکوپ را بطور هولوگرافی با «نور طول موج کوتاه» عکسبرداری کند و پس از آن هولوگرام را با «نور طول موج بلند» روشن سازد. بنابراین، تصویر باز سازی شده به نسبت طول موجها بزرگتر از تصویر اولیه خواهد بود. این فنّ «میکروسکوپی هولوگرافی» برای تهیه عکس اتم نئونَ که در شکل ۲۷ نشان داده شده بکار رفته است. اتم نخست توسط امواج الکترونی ۲، با طول موج بسیار کوتاه روشن شده بود که یک هولوگرام روی صفحه عکاسی ایجاد می کردند. هولوگرام سپس با نور مرئی روشن می شد که طول موج آن بسیار بزرگتر از طول موجهای الکترونی بود. بزرگنمایی حاصل از این روش ۲×۱۰^{۸} است.



شکل ۲۷ ـ اتم نئون آنطور که با میکروسکوپ الکترون ـ هولوگرافی دیده می شود. اتم مانند ابری کروی به نظر می آید. در هر نقطه از این ابر، چگالی یا روشنی تقریباً متناسب با احتمال یافت شدن الکترون در آن نقطه است. بزرگنمایی = ۲×۱۰^{۸}

درسنامه فضا و زمان در نسبیت خاص

دکتر منیژهٔ رهبر ــ گروه فیزیک دانشگاه تهران

۱ ــ اصلهای نسبیت

دیدیم که ایده‌های کلاسیک در مورد فضا و زمان منجر به نتیجه گیری های زیر شد:

۱ ــ قوانین مکانیک نیوتونی در کلیهٔ چارچوبهای مرجعی که نسبت به یکدیگر با سرعت ثابت حرکت می کنند صادق است.

۲ ــ فقط یک چارچوب مرجع وجود دارد که در آن نور با سرعت ثابت c در تمام جهتها حرکت می کند (یا به طور کلی‌تر، تمام قوانین الکترو ــ مغناطیس در آن معتبراند.)

آزمایش مایکلسون ــ مورلی و تعدادی آزمایش دیگر که طی صد سال پس از آن انجام شد، نشان داد که دومین نتیجه گیری غلط است. نور در بسیاری از چارچوبهای مرجع با سرعت c در تمام جهتها حرکت می کند.

نظریهٔ نسبیت خاص اینشتین بر پذیرش این واقعیت استوار است. اینشتین دو اصل پیشنهاد کرد که در آنها اعتقاد خود را بر اینکه تمام قوانین فیزیک از جمله مکانیک و الکترو ــ مغناطیس باید در تمام چارچوبهای مرجع صادق باشند، اظهار داشته است. او با توجه به این دو اصل نظریهٔ نسبیت خاص خود را گسترش داد.

قبل از بیان این دو اصل بهتر است که مرجع لخت را به کلیهٔ چارچوبهای مرجعی که در آن کلیه قوانین فیزیک صادق اند. تعمیم دهیم.

یک چارچوب مرجع لخت، هر چارچوب مرجعی (یعنی دستگاه مختصات x و y، z و زمان t) است که در آن کلیه قوانین فیزیک به ساده ترین شکل خود ظاهر می شوند.

توجه کنید که هنوز نگفته ایم که «کلیه قوانین هستند»؛ اینشتین تا اند ازهٔ زیادی این اصل را برای استنتاج اینکه قوانین صحیح فیزیک چگونه باید باشند به کار برد. بعداً معلوم شد که یکی از این قوانین که از فیزیک کلاسیک یا نسبیت اعتبار خود را حفظ کرد، قانون اول نیوتون است. بنابراین چنین چارچوبهای مرجع درواقع چارچوبهای «بدون شتاب» هستند که در آنها جسمی که نیرویی به آن اثر نمی کند با سرعت ثابت حرکت می کند. مانند قبل، دستگاه مختصات متصل به زمین دستگاه لخت است (تا جایی که شتاب اندک دوران و حرکت مداری زمین را نادیده بگیریم)؛ دستگاه مختصات متصل به یک صفحهٔ گرامافون که به سرعت می چرخد، دستگاه لخت نیست.

توجه کنید که در تعریف مرجع لخت تاکید کردیم که قوانین فیزیک باید «به ساده ترین شکل» برقرار باشند. این بدان سبب است که گاهی می توان قوانین فیزیک را چنان تعدیل کرد که در چارچوبهای نالخت نیز برقرار باشند. برای مثال، با وارد کردن یک نیروی گریز از مرکز «فرضی» می توان کاری کرد که قوانین استاتیک در چارچوبهای دورانی نیز برقرار باشند. برای حذف این نوع تعمیم بود که خاصیت «به ساده ترین شکل» را افزودیم.

اولین فرض نسبیت خاص به ما اطمینان می دهد که خانوادهٔ کاملی از چارچوبهای مرجع لخت وجود دارد.

اولین اصل نسبیت خاص

اگر s یک چارچوب لخت باشد و چارچوب s′ با سرعت ثابت نسبت به آن حرکت کند، s′ نیز یک چارچوب لخت است.

به عبارت دیگر می توان گفت که تمام قوانین فیزیک در انتقال از یک چارچوب مرجع به چارچوب دیگری که نسبت به آن حرکت یکنواخت دارد، *ناوردا* هستند.

پس اصل اول را می توان به صورت زیر بیان کرد.

«چیزی به نام حرکت مطلق وجود ندارد» برای درک بهتر این مطلب چارچوب s' متصل به سفینه ای را در نظر بگیرید که با سرعت ثابت نسبت به چارچوب s که متصل به زمین است حرکت می کند. سؤال این است که آیا می توان گفت که s' واقعاً حرکت می کند و s در واقع ساکن است (یا برعکس)؟

اگر پاسخ این سؤال «مثبت» بود می توانستیم بگوئیم که s واقعاً ساکن است و هر چیز که نسبت به آن حرکت می کند دارای حرکت مطلق است. اما اولین اصل نسبیت غیرممکن بودن این مطلب را تأکید می کند. تمام قوانین قابل مشاهده برای دانشمند متصل به زمین برای دانشمندی که در سفینه است نیز مشاهده پذیر است. هر آزمایشی که در s قابل انجام باشد در s' نیز شدنی است. بنابراین، هیچ آزمایشی نمی تواند نشان دهد که کدام مرجع واقعاً حرکت می کند. نسبت به زمین، سفینه حرکت می کند. نسبت به سفینه زمین حرکت می کند، و این تنها چیزی است که می توان گفت.

بیان دیگر اولین اصل آن است که در میان خانوادهٔ چارچوبهای لخت که همه نسبت به یکدیگر حرکت می کنند. *چارچوب برتری* وجود ندارد. یعنی، این اصل *ناوردا* بودن *سرعت نور* را تأکید می کند.

دومین اصل، یکی از قوانینی را که در تمام چارچوبهای مرجع برقرار است مشخص می کند.

دومین اصل نسبیت
در تمام چارچوبهای مرجع، نور در خلاء با سرعت $c = ۲۹۹,۷۹۲,۴۵۸ m/s$ در هر جهت حرکت می کند.

این اصل، توصیف رسمی نتیجهٔ آزمایش مایکلسون ـ مورلی است.

به طور خلاصه می توان گفت که این اصل ناوردا بودن سرعت نور را تأکید می کند.

دومین اصل با تجربهٔ روزمرهٔ ما ناسازگار است. با وجود این، اکنون این اصل واقعیتی است که به تجربه ثابت شده است. پیامدهای دو اصل نسبیت اثرهای غیرمنتظره ای است که پذیرش آنها در وحلهٔ اول ممکن است مشکل باشد. همهٔ این اثرها (از جمله خود اصل دوم) این ویژگی را دارند که فقط وقتی حائز اهمیت می شوند که اجسام با سرعت نزدیک به سرعت نور حرکت کنند. در شرایط عادی، و با سرعتهای متداول در روی زمین، این اثرها ظاهر نمی شوند. از این جهت، هیچکدام از پیامدهای شگفت انگیز نسبیت اینشتین در واقع با تجربهٔ روزمرهٔ ما سازگار نیست.

۲ ـ اندازه گیری زمان

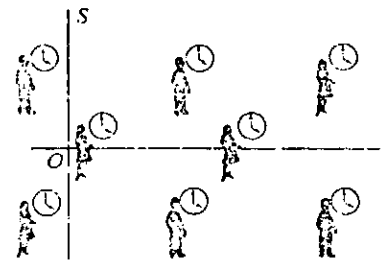
قبل از بررسی پیامدهای اصول نسبیت، بد نیست چند کلمه ای دربارهٔ اندازه گیری زمان بگوییم. خواهیم دید که زمان یک رویداد، ممکن است وقتی از چارچوبهای مرجع مختلف اندازه گرفته می شود، مختلف باشد. در این مورد، باید ابتدا اطمینان حاصل کنیم که معنی اندازه گیری زمان در یک چارچوب مرجع را می دانیم.

اصل دوم با ارجاع به سرعت نور تصریح می کند که می توانیم فاصله ها و زمانها را اندازه بگیریم به ویژه، فرض می کنیم که چند ساعت دقیق در اختیار داریم. ضرورتی ندارد که این ساعتها یکسان باشند؛ اما وقتی همهٔ آنها به یک نقطه در چارچوب لخت آورده و همزمان شوند باید با هم توافق داشته باشند.

اکنون، یک چارچوب لخت s که مبداء آن o و محورهای آن x، y و z است را در نظر بگیرید فرض کنید ناظری در o نشسته است و یکی از ساعتها را در اختیار دارد. او با استفاده از ساعت خود می تواند به آسانی زمان هر رویداد مانند یک انفجار کوچک را در همسایگی o تعیین کند. زیرا می تواند این واقعه را ببیند (یا صدای حاصل از آن را بشنود). تعیین زمان رویدادی دور از o مشکل تر است. زیرا نور (یا صدا) باید از این رویداد تا o سفر کند تا ناظر آن را حس کند. برای اجتناب از این مشکل، به ناظر اجازه می دهیم که عدهٔ زیادی را به یاری بطلبد و هر یک از آنها را با یکی از ساعتهای دقیق مجهز کند و در نقطه ای از دستگاه مختصات قرار دهد شکل وقتی این افراد در جای خود قرار گرفتند، او می تواند همزمانی ساعتهای آنها را با درخواست گسیل یک علامت نورانی در زمان از پیش تعیین شده بررسی کند، چون نور با سرعت معلوم c حرکت می کند (اصل دوم)، او می تواند زمان لازم برای رسیدن علامت به o و در نتیجه تنظیم ساعت یاران خود را بداند.

با استفاده از تعداد کافی از این افراد که در فاصلهٔ نزدیک هم قرار گرفته

باشند می توان اطمینان حاصل کرد که در نزدیکی هر رویداد یک ناظر قرار دارد تا زمان آن را بلافاصله تعیین کند. با تعیین زمان این رویداد، او می تواند دیگران را با وسیله ای مناسب (مانند تلفن) از نتیجه باخبر سازد. بدین وسیله می توان به هر رویداد در چارچوب مرجع s زمانی را اختصاص داد.



شکل ۱ـ ناظر اصلی در o، کمکهای خود را که هریک مجهز به ساعت دقیق یکسان هستند در سراسر چارچوب s پخش می کند.

وقتی صحبت از یک مرجع لخت می کنیم، همواره دستگاه محورهای oxyz و یک تیم ناظر را در نظر داریم که در نقاط مختلف S قرار دارند و مجهز به ساعتهای همزمان هستند. این مطلب به ما اجازه می دهد که از مکان $\vec{r}=(x,y,z)$ و زمان t هر رویداد، در چارچوب S صحبت کنیم.

۳ ـ نسبیت زمان؛ اتساع زمان

اکنون آماده ایم تا اندازه گیریهای زمانی را که ناظرهای مختلف در دو چارچوب لخت مختلف انجام داده اند با هم مقایسه کنیم. برای این کار دو چارچوب آشنای s متصل به زمین و s′ متصل به قطار را در نظر می گیریم که با سرعت $\vec{v}$ نسبت به زمین حرکت می کند. یک آزمایش «فکری» را در نظر می گیریم که در آن ناظری که نسبت به قطار ساکن است درخشی را به طور عمودی زیر آینه ای که در ارتفاع L به سقف قطار نصب شده است می افروزد. در چارچوب s′ (که متصل به قطار است) تَپ نورانی مستقیماً به آینه می خورد و بازتاب می یابد و به نقطهٔ اولیهٔ خود برمی گردد. فرض می کنیم که یک سلول فوتوالکتریک هنگام بازگشت نور صوت قابل شنیدنی ایجاد کند.

هدف ما یافتن زمان بین دو رویداد ـ یعنی ایجاد درخش نورانی و شنیدن صدا پس از بازگشت آن ـ در دو چارچوب است.

آزمایش آن طور که در چارچوب s′ دیده می شود در شکل ۲ نشان داده شده است. چون s′ یک چارچوب لخت است، نور مسافت 2h را با سرعت c می پیماید، زمان رفت و برگشت برابر است با

$$\Delta t' = \frac{2h}{c} \qquad (1)$$

این زمانی است که ناظر در چارچوب s′ بین ایجاد نور و شنیدن صدا اندازه می گیرد البته در صورتی که ساعت قابل اعتماد باشد.

همین آزمایش، از دیدگاه چارچوب لخت s در شکل ۲. ب نشان داده شده است. در این چارچوب، نور در امتداد اضلاع AB و BC مثلثی که نشان داده شده است حرکت می کند. اگر زمان سفر کامل در چارچوب s را Δt بنامیم، زمان سفر از A به B برابر $\frac{\Delta t}{2}$ است. طی این زمان قطار مسافت $\frac{v\Delta t}{2}$ را می پیماید و نور که با سرعت c حرکت می کند. فاصله $\frac{c\Delta t}{2}$ را طی می کند (توجه کنید که در اینجاست که اصلهای نسبیت وارد می شوند، با سرعت نور در هر دو دستگاه s و s′ را برابر c در نظر گرفتیم)

ابعاد مثلث مطابق شکل ۲ ج است. با استفاده از قضیهٔ فیثاغورس داریم:

$$\left(\frac{c\Delta t}{2}\right)^2 = h^2 + \left(\frac{v\Delta t}{2}\right)^2$$

با حل، برای Δt داریم:

$$\Delta t = \frac{2h}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{2h}{c}\cdot\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad (2)$$

که در آن ضریب β به صورت زیر تعریف شده است.

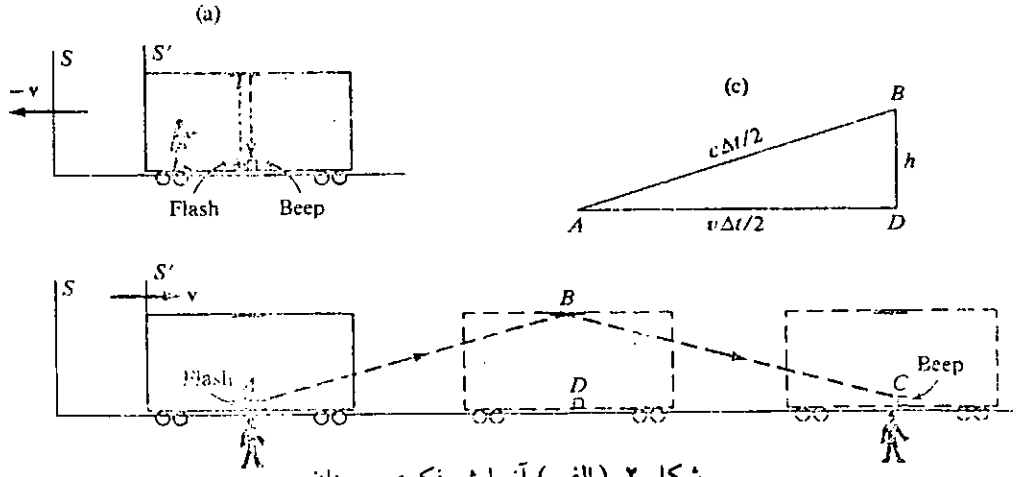
$$\beta = \frac{v}{c}$$

β نسبت سرعت v به سرعت نور است. زمان Δt زمانی است که ناظر در چارچوب s بین درخش نور و شنیدن صدا اندازه می گیرد. (البته در صورتی که ساعتش قابل اعتماد باشد).

مهمترین و شگفت انگیزترین نکته در مورد دو جواب (۱) و (۲) آن است که این دو جواب برابر نیستند، زمان بین دو رویداد، ایجاد درخش و شنیدن صدا در دو چارچوب s′ و s متفاوت است. به طور دقیق تر

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad (3)$$

ما این نتیجه را از یک آزمایش فکری که در آن درخش نورانی از یک آینه بازتاب می یابد و به سلول فوتو الکتریک می خورد به دست آوردیم. به هر حال، این نتیجه گیری در مورد هر دو رویدادی که در یک مکان در قطار روی دهد صادق است. برای مثال، فرض کنید که ما ابتدا یک کارد و سپس



شکل ۲ ـ (الف) آزمایش فکری، چنان که در دستگاه متصل به قطار 's و (ب) در دستگاه متصل به زمین دیده می‌شود. (ج) ابعاد مثلث ABD

یک چنگال را روی میز می‌اندازیم. می‌توانیم ترتیب کار را چنان دهیم که درخش نورانی در هنگام افتادن کارد در روی میز ظاهر شود و می‌توانیم یک آینه را طوری قرار دهیم که نور را در هنگام افتادن چنگال بازتاباند. در این صورت رابطهٔ (۳) باید در مورد این دو رویداد برقرار باشد (افتادن کارد و افتادن چنگال).

درخش نورانی و سلول فوتوالکتریک تأثیری در افتادن کارد و چنگال ندارند؛ بنابراین زمانهای Δt و $\Delta t'$ هیچ ربطی به اینکه آزمایش را انجام بدهیم یا ندهیم ندارند. پس رابطهٔ (۳) برای هر دو *رویداد* که در همان مکان در قطار انجام بگیرد برقرار است.

تفاوت بین زمانهای اندازه‌گیری شدهٔ Δt و $\Delta t'$ پیامد مستقیم دومین اصل نسبیت است (در فیزیک کلاسیک $\Delta t = \Delta t'$ است). باید از این فکر که یکی از ساعتها دریک چارچوب مرجع درست کار نمی‌کند اجتناب کنید؛ برعکس، فرض اساسی آن است که تمام ساعتها درست کار می‌کنند. به علاوه، در این بحث اشاره‌ای به نوع ساعت مورد استفاده نکردیم (بجز اینکه باید درست کار کند). بنابراین، اختلاف رابطه ۳ برای *تمام* ساعتها به کار می‌رود. به عبارت دیگر، *زمان اندازه‌گیری شده* در دو چارچوب متفاوت است.

به زودی در مورد شواهد تجربی این نتیجه‌گیری شگفت بحث خواهیم کرد.

چند ویژگی رابطهٔ (۳) شایان توجه و اظهار نظر است. اول اینکه اگر قطار در حال سکون باشد ($v = 0$). در این صورت $\beta = 0$ است و طبق رابطهٔ (۳) داریم $\Delta t = \Delta t'$. یعنی تفاوتی بین دو چارچوب وجود ندارد مگر اینکه نسبت به هم حرکت کنند. به علاوه، در سرعتهای عادی در روی زمین $v << c$ و $\beta << 1$، بنابراین تفاوت Δt و $\Delta t'$ بسیار اندک است.

مثال ۱ ـ خلبان یک هواپیمای جت با سرعت ثابت ۳۰۰ m/s علائمی را دربازه‌های زمانی دقیقاً برابر ۱ ساعت گسیل می‌کند (طبق اندازه‌گیری در هواپیما). این بازه برای دو ناظر که در محلهای مناسب روی زمین قرار گرفته‌اند چقدر است؟ (حرکت زمین را نادیده بگیرید؛ یعنی فرض کنید که زمین یک چارچوب مرجع لخت است.) حل:

بازهٔ زمانی بین دو علامت از رابطهٔ (۳) با $\Delta t' = 1\,h$ و $\beta = \frac{v}{c} = 10^{-6}$ به دست می‌آید. پس:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1\,h}{\sqrt{1-10^{-12}}} =$$

$$(1\,h)\times\left(1+\frac{1}{2}\times 10^{-12}\right)$$

$$= 1/000000000005\ h$$

تفاوت بین دو زمان اندازه‌گیری شده 5×10^{-13} ساعت یا ۱/۸ نانو ثانیه (نانو ثانیه 10^{-9} ثانیه است) است. به سادگی دیده می‌شود که چرا در فیزیک کلاسیک متوجه این تفاوت نمی‌شویم.

تفاوت میان Δt و $\Delta t'$ با افزایش زیاد می‌شود. در شتابدهنده‌های ذرات می‌توان الکترون و سایر ذرات را به سرعتهای $0/99c$ و بیشتر رساند. حال اگر آزمایش فکری خود را با چارچوب s' متصل به الکترون با $\beta = 0/99$ تکرار کنیم. از رابطهٔ (۳) داریم

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1-(0/99)^2}} = 7\Delta t'$$

$$\cong 7/09h$$

بعداً خواهیم دید که تفاوتهای به این بزرگی را فیزیکدانهای ذرات بنیادی اغلب مشاهده می کنند.

اگر در رابطه (۳) مقدار $v = c$ باشد (یعنی $\beta = 1$)، به نتیجه شگفت‌انگیز $\Delta t = \frac{\Delta t'}{0}$ می‌رسیم. اگر $v > c$ باشد. (یعنی $\beta > 1$) نتیجه موهوس خواهد بود. این نتیجه‌های شگفت نشان می دهند که v باید همواره کوچکتر از c باشد.

$$v < c$$

این یکی از عمیق‌ترین نتایج نسبیت اینشتین است. *سرعت هر چارچوب لخت نسبت به هر چارچوب لخت دیگر باید همواره کمتر از c باشد.*

به عبارت دیگر، سرعت نور، علاوه بر یکسان بودن در همهٔ چارچوبهای لخت، حد عمومی سرعت برای حرکت نسبی چارچوبهای لخت است.

عامل $\sqrt{1-\beta^2}$ که در رابطهٔ (۳) ظاهر می‌شود در بسیاری از فرمولهای نسبیتی به کار می رود و بنابراین باید نماد مربوط به خود، γ، را داشته باشد.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}} \qquad (۴)$$

چون v همواره کوچکتر از c است، مخرج رابطهٔ (۴) همواره کوچکتر یا مساوی ۱ است. بنابراین

$$\boxed{\gamma \geq 1} \qquad (۵)$$

ضریب γ در صورتی برابر ۱ است که $v = 0$ باشد. هر چه، v بزرگتر باشد، γ نیز بزرگتر می شود و با نزدیک شدن v به c مقدار γ بدون حد افزایش می‌یابد. معادلهٔ (۳) را می‌توان برحسب γ به صورت زیر نوشت.

$$\Delta t = \gamma\Delta t' \geq \Delta t' \qquad (۶)$$

یعنی Δt همواره بزرگتر یا مساوی $\Delta t'$ است. این عدم تقارن ممکن است شگفت انگیز باشد و حتی اصول نسبیت را نقض کند، زیرا نقش خاصی را برای چارچوب s' در نظر می‌گیرد. در واقع، این همان چیزی است که باید باشد. در آزمایش ما چارچوب s' خاص است، زیرا چارچوب مرجع یکتایی است که در آن دو رویداد ـ درخش نور و صدا ـ در یک مکان روی می دهد. این تقارن در شکل ۲ به روشنی نشان داده شده است که چگونه Δt را یک *ناظر* اندازه می گیرد (چون هر دو رویداد در یک محل در s' روی می‌دهد) اما $\Delta t'$ را دو *ناظر* اندازه می گیرند (زیرا رویدادها در مکانهای مختلف s روی می دهند). برای تاکید بر این مطلب، می‌توان زمان $\Delta t'$ را مجدداً نام گذاری کرد و Δt_0 نامید و رابطهٔ (۶) را به صورت زیر نوشت.

$$\boxed{\Delta t = \gamma\Delta t_0 \geq \Delta t_0} \qquad (۷)$$

زیرنویس ۰ در Δt_0 نشان می دهد که این زمانی است که ساعت ساکن در مرجع خاص نشان می دهد که در آن دو رویداد در یک مکان رخ می دهند. این زمان را اغلب **ویژه زمان** بین رویدادها می‌نامند. زمان Δt در هرچارچوبی اندازه گرفته شود همواره بزرگتر یا مساوی ویژه زمان Δt_0 است. بدین دلیل، اثری که در در رابطهٔ (۷) مستتر است را اغلب **اتساع زمان** می گویند.

ویژه زمان Δt_0 زمانی است که ساعت موجود در قطار متحرک نشان می‌دهد (که نسبت به s حرکت می کند)؛ Δt زمانی است که ساعتهای ساکن در روی زمین در چارچوب s نشان می دهند. از آنجا که $\Delta t_0 \leq \Delta t$، رابطه (۷) را می‌توان به صورت زیر بیان کرد.

«به نظر می‌آید که یک ساعت متحرک کند کار می‌کند».

سرانجام، باید بر تقارن بنیادی بین دو چارچوب لخت تاکید کنیم. ما آزمایش فکری خود را با درخش و صدا در یک نقطه در قطار (چارچوب s') انجام دادیم، و دیدیم که $\Delta t > \Delta t'$. اما می‌توانستیم، کارها را برعکس انجام دهیم. اگر ناظری که روی زمین است (درچارچوب s ساکن است) همین آزمایش را با درخش نورانی و آیینه انجام می داد، نور و صدا در یک مکان روی زمین اتفاق می افتاد؛ و در می‌یافتیم که $\Delta t' \geq \Delta t$ است. امتیاز بزرگ رابطهٔ اتساع زمان به صورت (۷) یعنی $\Delta t = \gamma\Delta t_0$ در آن است که از به خاطر سپردن اینکه کدام چارچوب s و کدام s' است اجتناب می کند!

زیرنویس ۰ همواره نمایندهٔ ویژه زمان درچارچوبی است که دو رویداد

در یک محل رخ می دهد.

۴ ـ شواهد تجربی اتساع زمان

اینشتین در مقالهٔ اولیهٔ خود در مورد نسبیت، اثری را که اکنون به نام اتساع زمان معروف است پیشگویی کرد، در آن زمان شاهدی که این پیشگویی را تأیید کند وجود نداشت، سالها گذشت تا این شاهد پیدا شد. در واقع، اخیراً با اختراع ساعتهای اتمی این شاهد پدیدار شده است.

اولین آزمایش از این نوع در سال ۱۹۷۱/۱۳۵۰ انجام شد. چهار ساعت اتمی قابل حمل و نقل با یک ساعت مرجع در رصدخانهٔ نیروی دریایی امریکا در واشنگتن همزمان شدند. این ساعتها سپس در هواپیماهای جت، دور دنیا پرواز و سپس به این رصدخانه باز گردانده شدند، اختلاف میان ساعتهای مرجع و ساعتهای قابل حمل و نقل پس از سفر (با استفاده از نسبیت) برابر مقدار زیاد پیش بینی شده بود.

$$۲۷۵ \pm ۲۱ \quad ns \qquad (۸)$$

اختلاف مشاهده شده (متوسط چهار ساعت) برابر بود با:

$$۲۷۳ \pm ۷ \quad ns \qquad (۹)$$

سازگاری میان (۸) و (۹) عالی است و رابطهٔ (۷) را به خوبی تأیید می کند. اثرهای گرانشی، که برای در نظر گرفتن آن نیازمند استفاده از نسبیت عام هستیم، مسئول عمدهٔ اختلاف (۸) و (۹) است. این آزمایش زیبا علاوه بر نسبیت خاص، نسبیت عام را نیز تأیید می کند.

آزمایشهای ساده تر اتساع زمان و آزمونهایی که شامل اتساع بیشتر بودند را می توان با استفاده از ساعتهای طبیعی انجام داد که ذره های زیر اتمی در اختیار می گذارند. برای مثال، مزون پی باردار یا پیون، ذره ای است که در اثر برخورد هسته های با سرعت زیاد به یکدیگر ایجاد می شود. پیون عمر متوسط معینی دارد که پس از آن به سایر ذره های زیراتمی فروپاشیده می شود و می توان از این عمر متوسط به عنوان یک ساعت طبیعی استفاده کرد.

یک راه مشخص کردن طول عمر ذرهٔ ناپایدار استفاده از نیمه عمر، $T_{1/2}$، است که برابر مدت زمانی است که پس از آن نیمی از ذره های موجود در نمونهٔ مورد نظر واپاشیده می شوند. برای مثال، نیمه عمر پیون برابر مقدار زیر اندازه گیری شده است.

$$T_{1/2} = ۱/۸ \times ۱۰^{-۸} s \qquad (۱۰)$$

این بدان معناست که اگر در لحظهٔ $t = ۰$ تعداد N_0 داشته باشیم پس از $۱/۸ \times ۱۰^{-۸} s$ نیمی از آنها واپاشیده می شوند و فقط $\frac{N_0}{۲}$ باقی می ماند، پس از $۱۰^{-۸} s$ دیگر نیمی از این $\frac{N_0}{۲}$ واپاشیده می شود و $\frac{N_0}{۴}$ باقی می باشد و همین طور تا آخر. به طور کلی پس از n نیمه عمر $t = nT_{1/2}$ تعداد ذره های باقی مانده $N_0/۲^n$ است.

در آزمایشگاههای ذرات بنیادی پیونها به تعداد زیاد در اثر برخورد پروتونها (هسته های اتم هیدروژن) ایجاد می شوند. طبیعتاً بهتر است که آزمایش را در محلی دور از محل تولید آنها انجام دهیم، بنابراین پیونها پس از تولید در لوله های خلاء به محل آزمایش هدایت می شوند. در آزمایشگاه فرمی در شیکاگو پیونها با سرعت نزدیک به سرعت نور تولید می شوند، مثلاً با سرعت

$$v = ۰/۹۹۹۹۹C$$

و مسافتی را که باید طی کنند تا به حمل آزمایش برسند در حدود $L = ۱ \quad km$ است. حال پرواز این پیونها را بررسی می کنیم. ابتدا از دیدگاه (نادرست) کلاسیکی بدون در نظر گرفتن اتساع زمان و سپس از دیدگاه صحیح نسبیتی.

در چارچوب آزمایشگاه، «زمان پرداز پیونی» برابر است با

$$T = \frac{L}{v} \approx \frac{۱۰^{۳} m}{۳ \times ۱۰^{۸} m/s} =$$

$$۳/۳ \times ۱۰^{-۶} \quad s \qquad (۱۱)$$

یک فیزیکدان کلاسیکی که ایده ای از نسبیت زمان ندارد، این زمان را با نیمه عمر رابطه (۱۰) مقایسه و محاسبه می کند که:

$$T \approx ۱۸۳ \quad T_{1/2}$$

یعنی زمان لازم برای رسیدن پیونها به محل آزمایش ۱۸۳ نیمه عمر است بنابراین، اگر N_0 تعداد پیونهای اولیه باشد، تعدادی که پس از طی این مسافت باقی می مانند

$$N = \frac{N_0}{۲^{۱۸۳}} \approx (۸/۲ \times ۱۰^{-۵۶}) N_0$$

است و هیچ پیونی به محل آزمایش نمی رسد و انجام آزمایش بی معنی است و البته این چیزی نیست که در عمل روی می دهد.

در نسبیت، می دانیم که زمان وابسته به چارچوب مرجعی است که به آن این اندازه گرفته می شود، و باید چارچوب مربوط به T و $T_{1/2}$ را به دقت تعیین کنیم. زمان T در رابطه (۱۱) البته زمان پرواز پیونهاست که در چارچوبی که در آزمایشگاه ثابت است یعنی چارچوب آزمایشگاه اندازه گیری می شود. برای تاکید بر این مطلب رابطهٔ (۱۱) را به صورت زیر می نویسیم.

$$= ۳/۳ \times ۱۰^{-۶} \quad s \qquad (۱۲)$$

(چارچوب آزمایشگاه) T

از طرف دیگر، نیمه عمر $T_{\chi} = 1/8 \times 10^{-8}$ s مربوط به زمانی است که «پیونها می بینند»، یعنی T_{χ} نیمه عمری است که در چارچوب متصل به پیونها یعنی **چارچوب سکون پیونها اندازه گیری** می شود (این یک واقعیت تجربی است: نیمه عمری که فیزیکدانان ذکر می کنند، ویژه نیمه عمر است، که در چارچوب سکون ذره ها اندازه گرفته می شود). برای تأکید بر این مطلب آن را (موقتاً) به صورت زیر می نویسیم

(T_{χ} (چارچوب سکون π)
$= 1/8 \times 10^{-8}$ s (۱۳)

می بینیم که بحث کلاسیکی بالا از دو زمان، T و T_{χ} در چارچوبهای لخت مختلف گفتگو می کند. در یک بحث درست، باید به طور سازگار در یک چارچوب کار کرد، برای مثال چارچوب آزمایشگاه، نیمه عمر اندازه گیری شده در چارچوب آزمایشگاه از فرمول اتساع زمان با مقدار نیمه عمر ضرب در γ و با $\beta = 0/9999995$ به دست می آید. به آسانی مشاهده می شود که:

$\gamma = 1000$

و در نتیجه (چارچوب سکون) T_{χ} γ = (چارچوب آزمایشگاه) T_{χ}

با مقایسه (۱۳) و (۱۴) می بینیم که:

(چارچوب آزمایشگاه) $T_{\chi} \gamma / 0 = 2T_{\chi}$ (چارچوب آزمایشگاه) T

یعنی زمان پرواز پیونها در لوله فقط یک پنجم نیمه عمر است. در این زمان تعداد کمی از پیونها واپاشیده می شوند، و تقریباً همه آنها به محل آزمایش می رسند (تعداد باقی مانده $N = \frac{N_0}{2^{2/2}} \approx 0/9N_0$ است).

این دقیقاً چیزی است که در آزمایشگاه فیزیک ذرات بنیادی رخ می دهد و مدرکی قوی دال بر نسبیت زمان است که اولین بار اینشتین در سال ۱۹۰۵/۱۲۸۴ پیشگویی کرد.

مثال ۲ ـ ذره لاندا (Λ) یک ذرهٔ ناپایدار زیر اتمی است که با نیمه عمر $T_{\chi} = 1/7 \times 10^{-10}$ s به پروتون و پیون واپاشیده می شود ($\Lambda \to P + \pi$). اگر چند ذره لاندا در برخوردهای هسته با سرعت $v = 0/6c$ تولید شوند. قبل از واپاشی چه مسافتی را طی می کنند؟

نیمه عمر که در چارچوب آزمایشگاه اندازه گیری می شود γT_{χ} است (چون T_{χ} ویژه نیمه عمر است که در چارچوب سکون Λ اندازه گیری می شود). بنابراین، فاصلهٔ مورد نظر $v \gamma T_{\chi}$ است:

$$\beta = 0/6$$
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = 1/25$$

و فاصله مورد نظر برابر است با:

$v \gamma T_{\chi} = (1/8 \times 10^8 \text{ m/s}) \times 1/25$
$\times (1/7 \times 10^{-10} \text{ s}) = 3/8$ cm

توجه کنید که چگونه در سرعتهایی به بزرگی $0/6c$، γ چندان بزرگتر از یک نبوده و اثر اتساع زمان قابل توجه نیست. همچنین توجه کنید که اندازه گیری فاصلهٔ حدود چند سانتی متر آسانتر از اندازه گیری زمان 10^{-10} s است. بنابراین اندازه گیری بُرد یک ذرهٔ ناپایدار آسانترین راه برای تعیین نیمه عمر آن است

۵ ـ انقباض طول

اصول نسبیت منجر به این نتیجه گیری شدند که زمان، تابع چارچوب مرجعی است که در آن اندازه گیری انجام می گیرد. حال می توانیم با استفاده از این واقعیت نشان دهیم که این مطلب در مورد فاصله نیز به کار می رود. فاصلهٔ اندازه گیری شده بین دو رویداد تابع چارچوبی است که اندازه گیری نسبت به آن انجام می گیرد. این مطلب را با آزمایش فکری دیگری نشان می دهیم. در تحلیل این آزمایش فکری تشخیص این نکته حائز اهمیت است که حتی در نسبیت، رابطهٔ سینماتیکی شناخته شدهٔ

زمان × سرعت = فاصله

در هر چارچوب مرجع لخت معتبر

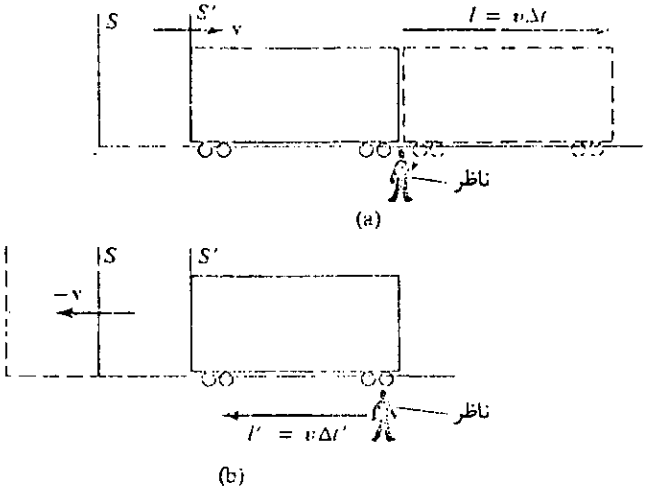
است (در صورتی که همهٔ کمیتها در آن چارچوب اندازه گرفته شود)، زیرا این رابطه تعریف سرعت در آن چارچوب است.

دوباره دو چارچوب مرجع را در نظر می گیریم، چارچوب s که متصل به زمین است و چارچوب s′ که متصل به قطار و با سرعت $\vec{v}$ نسبت به زمین حرکت می کند. برای ناظری که در s′ است این اندازه گیری آسان است زیرا او قطار را ساکن می بیند و می تواند طول l′ را با یک خط کش دقیق اندازه بگیرد. برای ناظر Q در روی زمین اندازه گیری مشکل تر است زیرا قطار حرکت می کند. شاید ساده ترین کار زمانگیری در هنگامی است که قطار از مقابل Q می گذرد (شکل ۳).

اگر t_1 و t_2 زمانهایی باشد که در آن جلو و عقب قطار از مقابل Q رد می شود و اگر $\Delta t = t_2 - t_1$ باشد، Q می تواند طول l (در چارچوب s) را به صورت زیر محاسبه کند:

$$l = v\Delta t \qquad (۱۵)$$

برای مقایسه این جواب با l′ توجه کنید که ناظری که در قطار است می توانسته l′ را به همین ترتیب محاسبه کند. از نظر ناظری که در قطار است زمین با سرعت v به طرف چپ حرکت می کند و این ناظر می تواند زمانی را که Q از جلو و عقب قطار رد



شکل ۳ ـ (الف) ـ چنانکه در چارچوب s مشاهده می شود، قطار مسافت vΔt′ را به سمت راست طی می کند. (ب) در چارچوب s′، چارچوب s و ناظر Q فاصلهٔ vΔt′ را به طرف چپ می پیمایند.

می شود، محاسبه کند (شکل ۳ ـ ب). (این عمل محتاج دو ناظر در قطار است که یکی در جلو و دیگری در عقب آن باشد). اگر این زمان Δt′ باشد، پس:

$$l' = v\Delta t' \qquad (۱۶)$$

با مقایسهٔ (۱۵) و (۱۶) بلافاصله می بینیم که چون زمانهای Δt و Δt′ متفاوت اند، پس همین امر باید در مورد l و l′ نیز صادق باشد. برای محاسبهٔ این تفاوت باید Δt و Δt′ را با استفاده از فرمول اتساع زمان مرتبط کنیم. در آزمایش حاضر دو رویداد مورد نظر «Q در مقابل جلو قطار» و «Q در مقابل عقب قطار» در چارچوب s در یک محل روی می دهد (که در آن Q ساکن است). بنابراین، فرمول اتساع زمان ایجاب می کند که:

$$\Delta t' = \gamma\Delta t$$

با مقایسهٔ (۱۵) و (۱۶) می بینیم که:

$$l = \frac{l'}{\gamma} \leq e' \qquad (۱۷)$$

طول قطار که از s اندازه گرفته می شود، کوچکتر (یا مساوی) طولی

است که از 's اندازه گیری می شود.

مانند اتساع زمان، این نتیجه نامتقارن است، که نمایانگر نامتقارن بودن آزمایش ما است. چارچوب 's خاص است، زیرا چارچوب یکتایی است که در آن جسم اندازه گیری شده (قطار) در حال سکون است. [البته، می توانستیم آزمایش را برعکس انجام دهیم، اگر طول یک خانهٔ در حال سکون در s را اندازه می گرفتیم، نقش l و l' در رابطهٔ (۱۷) وارون می شد].

برای تأکید بر این عدم تقارن، و برای اجتناب از سر در گمی در مورد چارچوبها می توان رابطهٔ (۱۷) را به صورت زیر نوشت

$$l = \frac{l_0}{\gamma} \leq l_0 \qquad (۱۸)$$

که در آن زیرنویس ۰ (صفر) نشان می دهد که طول جسم در چارچوب سکونش *اندازه گیری شده است*. درحالی که l طول اندازه گیری شده در چارچوب دیگر است. طول l_0 را می توان **ویژه طول** نامید.

از آنجا که $l_0 \leq l$ است. اثری را که رابطهٔ (۱۸) ایجاب می کند اغلب **انقباض طول** می نامند (یا به نام دو فیزیکدانی که برای اولین بار وجود چنین اثری را پیشنهاد کردند انقباض لورنتس، یا انقباض لورنتس-فیتز جرالد). این اثر را می توان این طور بیان کرد که یک جسم متحرک منقبض *به نظر می رسد*.

شواهد دال بر انقباض طول

انقباض طول مانند اتساع زمان اثری واقعی است که به طور تجربی اثبات شده است. شاید ساده ترین دلیل همان آزمایشی باشد که در ارتباط با اتساع زمان بیان کردیم، که در آن پیونهای ناپایدار در یک لوله از محل برخوردی که آنها را ایجاد می کند به محل آزمایش می رسند. از دیدگاه چارچوب آزمایشگاه دیدیم که اتساع زمان نیمه عمر پیونها را با ضریب γ از $T_{1/2}$ به $\gamma T_{1/2}$ افزایش می دهد. در مثال مورد بحث این افزایش باعث می شد که بیشتر پیونها سفر را کامل کنند و قبل از واپاشی به محل آزمایش برسند.

اما فرض کنید که این آزمایش را از دیدگاه چارچوب سکون پیونها نگاه کنیم. در این چارچوب پیونها ساکن اند و اتساع زمانی صورت نمی گیرد که نیمه عمر آنها را افزایش دهد. پس چگونه به محل آزمایش می رسند. *پاسخ آن است که در این چارچوب لوله* حرکت می کند و انقباض طول سبب می شود که طول آن با ضریب γ به L/γ کاهش یابد. ناظرها در این چارچوب خواهند گفت که انقباض طول باعث رسیدن پیونها به محل آزمایش می شود. بدیهی است که تعداد پیونهایی که سفر را کامل می کند و به محل آزمایش می رسند در هر دو چارچوب یکسان است.

مثال ۳ ـ یک کاشف فضایی عصر آینده به نزدیکترین ستاره، آلفا سنتوری، در موشکی که سرعت آن $v = 0/9c$ است سفر می کند. فاصلهٔ زمین تا این ستاره که از زمین اندازه گرفته می شود $L = 4$ سال نوری است. این فاصله از دیدگاه کاشف در سفینه چقدر است و چقدر طول می کشد تا او به ستاره برسد؟

فاصلهٔ $L = 4$ سال نوری ویژه فاصلهٔ بین زمین و ستاره است (که فرض می کنیم نسبت به هم ساکن باشند). بنابراین فاصله ای که از موشک دیده می شود از رابطهٔ انقباض طول زیر به دست می آید

$$\text{(درچارچوب موشک) } L = \frac{\text{(چارچوب زمین) } L}{\gamma}$$

اگر $\beta = 0/9$ باشد، $\gamma = 2/3$ می شود، پس:

$$\text{سال نوری } = \frac{\text{(چارچوب موشک) } L = \text{(سال نوری) } 4}{2/3} = 1/7$$

می‌توانیم زمان برای سفر رفت و برگشت را حساب کنیم. از دیدگاه موشک، ستاره در فاصله ۱/۷ سال نوری است و با سرعت $v = ۰/۹c$ به آن نزدیک می‌شود پس:

$$T_{\text{(چارچوب موشک)}} = \frac{L_{\text{(چارچوب موشک)}}}{v}$$

$$= \frac{۱/۷c}{۰/۹c} = ۱/۹ \text{ سال}$$

(توجه کنید که چطور ضریب c با استفاده از یکای سال نوری و در نظر گرفتن سرعت به صورت مضربی از c حذف می‌شود.)

روش دیگر، اندازه‌گیری از چارچوب زمین است که در آن مدت سفر برابر است با:

$$T_{\text{(چارچوب زمین)}} = \frac{L_{\text{(چارچوب زمین)}}}{v} = \frac{۴c}{۰/۹c} = ۴/۴ \text{ سال}$$

اما به علت اتساع زمان این مقدار، γ برابر $T_{\text{(چارچوب موشک)}}$ است. بنابراین:

$$T_{\text{(چارچوب موشک)}} = \frac{T_{\text{(چارچوب زمین)}}}{\gamma}$$

$$= ۱/۹ \text{ سال}$$

که با رابطهٔ (۱۹) سازگار است.

توجه کنید که چگونه اتساع زمان (یا انقباض طول) سبب صرفه‌جویی در زمان برای خلبان موشک می‌شود. اگر او بلافاصله به زمین برگردد، در این سفر رفت و برگشت فقط ۳/۸ سال مسن‌تر شده است، در حالی که اگر دوقلوی او روی زمین مانده باشد ۸/۸ سال پیرتر شده است. این نتیجه شگفت را گاهی **پارادوکس دوقلوها** می‌نامند. اصولاً، اتساع زمان سبب می‌شود که کاشفان در طول عمر خود به سفرهایی بروند که از دیدگاه زمین صدها سال طول می‌کشد. چون این سفرها نیازمند موشکهایی با سرعت نزدیک به سرعت نور است، احتمال انجام آنها در آیندهٔ نزدیک وجود ندارد.

طولهای عمود بر جهت حرکت نسبی

تاکنون طولهایی را در نظر گرفتیم که با سرعت نسبی موازی بودند مانند حرکت طول یک قطار در جهت سرعت آن. اما چه بر سر طولهای عمود بر سرعت مانند ارتفاع قطار می‌آید؟ به آسانی می‌توان نشان داد که در مورد این طولها انقباض و انبساطی رخ نمی‌دهد. برای مشاهدهٔ این اثر دو ناظر Q و Q' را که به ترتیب در چارچوبهای s و s' ساکن‌اند در نظر بگیرید و فرض کنید که در حال سکون قد آنها یکی است. حال فرض کنید که یک لحظه انقباضی در قد مانند انقباض طول رابطهٔ (۱۸) صورت می‌گیرد. در این صورت، به نظر Q، Q' کوتاهتر به نظر می‌رسد. می‌توان این فرض را با دادن چاقوی تیزی به دست Q' که آن را در سطح سرش قرار دهد، آزمود: اگر Q' کوتاهتر باشد، Q پوست سر خود را از دست می‌دهد.

این آزمایش بین دو چارچوب s و s' کاملاً متقارن است. یک ناظر در هر چارچوب ساکن است و تنها تفاوت در جهتی که هر یک می‌بیند که دیگری حرکت می‌کند. بنابراین، باید این موضوع حقیقت داشته باشد که از نظر Q'، باید Q کوتاهتر به نظر آید پس باید کارد به Q نخورد. چون این امر نمی‌تواند حقیقت داشته باشد که Q هم پوست سر خود را از دست بدهد و هم ندهد پس به تناقض رسیده‌ایم و انقباضی نمی‌تواند صورت گیرد. با بحث مشابه انبساطی نیز صورت نمی‌گیرد و در واقع چاقویی که Q' در دست دارد در هر دو چارچوب بر سر Q مماس خواهد بود.

پس نتیجه می‌گیریم که طول عمود بر جهت حرکت نسبی تغییر نمی‌کند و فرمول انقباض لورنتس (۱۸) فقط در مورد طولهای موازی با جهت حرکت نسبی به کار می‌رود.

معمای کوارک سرّ

(top quark)

نوشتهٔ وینسنت کرنان
ترجمهٔ پیمان صاحب سرا

صیادان کوارک سر، حتی پژوهشگران آزمایشگاه فرمی (Fermilab) در نزدیکی شیکاگو که چندی پیش خبر یافتن ششمین کوارک را منتشر کرده اند، از اعلام قطعی به دام انداختن این موجود احتراز کردند. آنان برای یافتن رد کوارکها باید اطلاعات متناقض به دست آمده توسط دو آشکار ساز را با هم ساز ش دادند، یافتن کوارک سر بر اعتبار مدل استاندارد ـ نظریه ای که سی سال پیش برای بیان ذرات بنیادی و نیروهایی که روی آنها اثر می کنند شکل گرفت ـ خواهد افزود.

آزمایشگاه فرمی، خانهٔ تواترون (Tevatron) است. شتابدهنده ای که در آن ذرات پروتون و پاد پروتون قبل از برخورد با یکدیگر، در یک حلقهٔ ۶/۳ کیلومتری سرعت می گیرند. دو آشکارساز روی این حلقه محصولهای ناشی از برخورد ذرات را ثبت می کنند. فیزیکدانان از روی مسیر ذرات به مشخصه های آنها پی می برند.

خبر کشف این کوارک بر مبنای اطلاعات گردآوری شده توسط CDF (Collider Delector of Fermilab ـ آشکارساز برخوردهنده در آزمایشگاه فرمی) بود. طی یک سال انجام آزمایشها، CDF یک تریلیون برخورد رانشان داده است و از میان آنها هفت میلیون برخورد را برای بررسی بیشتر ثبت کرده است. از این تعداد، بیست هزار برخورد ذرهٔ بوزن W (W boson) را تولید کرده اند. این علامت نوید دهنده ای است چرا که طبق نظریه، بوزن W و کوارک سر می توانند به طور توأم تولید شوند.

محققان CDF پس از بررسی دقیق این برخوردها، براین باورند که ۱۲ عدد کوارک سر را شناسایی کرده اند. به نظر می رسد که جرم آنها ۱۷۴ گیگا الکترون ولت (۱۰٪ ±) باشد که در حدود ۳۵ برابر سنگین تر از کوارک پایین (bottom quark) است. اما به رغم این نتیجه ها کاوشگران CDF نمی توانند در مورد مشاهده هایشان مطمئن باشند. کوارک سر به طور مستقیم قابل آشکارسازی نیست. اتکای محققان تنها به الگوی ناشی از مسیر (track) ذره هایی است که از کوارک سر حاصل می شوند. متأسفانه این الگو مشابه الگوی ناشی از ذره های دیگر است. کار محققان تفکیک کوارک سر از دیگر رویدادهای زمینه (backgoound events) است.

محققان CDF احتمال اینکه کوارکهای سر یافته شده، رویدادهای زمینه باشند را ۱ به ۴۰۰ اعلام کرده اند. این احتمال برابر قرارگرفتن دو تکخال روی یک بسته ورق است، که «می تواند روی دهد».

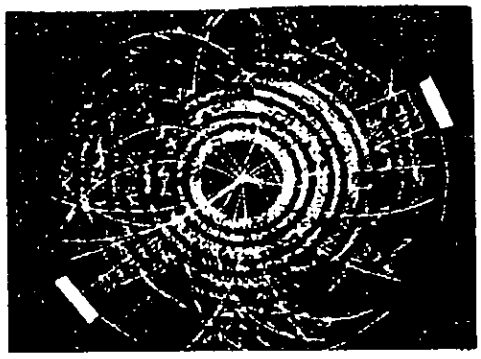
مشاهده های بیشتر این احتمال را باید تقویت کند و به پژوهشگران اطمینان بیشتری بدهد که آنچه یافته اند همان چیزی است که تصور می کردند. CDF مجدداً شروع به کار کرده است و امید دارند که طی یکسال سه یا چهار برابر قبل اطلاعات گردآوری کنند. رئیس آزمایشگاه فرمی می گوید که دلایل بیشتری را به زودی خواهیم یافت.

نتیجه کاملاً قطعی نیست، از سوی دیگر آشکارسازی

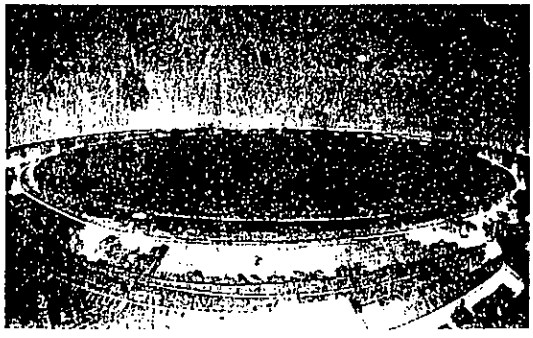
مشابه آشکارسازهای تواترون، به نام D ـ صفر (D - zero) نیز باید کوارک سر را می یافت اما نتیجه ها کاملاً با یافته های CDF متفاوت بودند. پاول گرانیس (Paul Grannis) یکی از فیزیکدانانی که با D ـ صفر کار می کند می گوید دستگاه، هفت ذره را که می توانستند کوارک سر باشند شناسایی کرد، اما زمانی که تصحیح های زمینه و خطاهای آزمایشگاهی درنظر گرفته شدند معلوم نبود که هیچ یک از آنها کوارک هستند. فیزیکدانان CDF هرگونه پیشنهادی در این مورد را که شکست D ـ صفر در ردیابی، وجود کوارک سر را نقض کند رد کردند. به گفتهٔ آلوین تالستروپ (Alvin Tollestrup) یکی از اعضاء تیم CDF آنها از نظر آماری رویدادهای کافی را ندارند که بتوانند اظهار نظر قطعی کنند. اما دو تیم مشکل دیگری نیز دارند و آن عدم توافق در آهنگ تولید کوارک سر است. مشاهده های CDF بیانگر این است که کوارک سر بیش از آنچه که نظریه پیش بینی می کند تولید می شوند و مشاهده های D ـ صفر پیشگوی آهنگ کمتری است که با نظریه توافق بهتری دارد.

اگر مشاهده های CDF صحت داشته باشند، نظریه پردازان باید نظریهٔ استاندارد را برای اینکه بتواند فراوانی تولید کوارک سر را توضیح دهد تعدیل کنند. اما این کار آسانی نیست و به زعم گرانیس مثل این است که بخواهیم فیزیک جدیدی به وجود آوریم. اما دانشمندان به اتفاق معتقداند که با به دست آوردن آمار بیشتر، می توانیم با اطمینان بدانیم.

شکل ۱ ـ آخرین کوارک خود را به این شکل نمایانده است.



شکل ۲ ـ تواترون ۶/۳ کیلومتری نزدیک شیکاگو که پروتونها را در انرژیهایی تا ۱۸۰۰ گیگا الکترون وات به آنتی پروتونها می کوبد.



مرجع:

Kiernan, Vincent (1994) Is it a quark or a quirk?

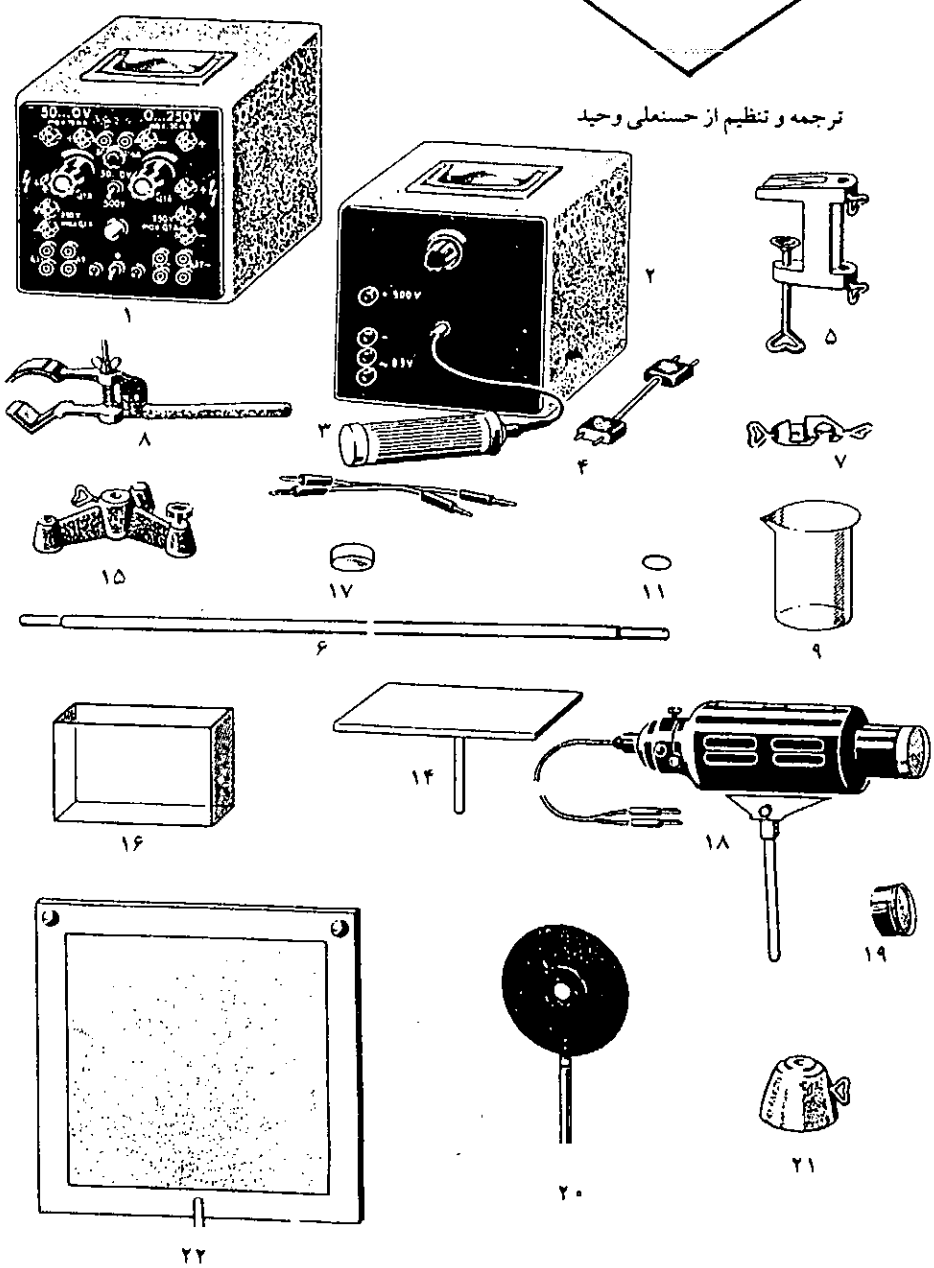
New Scientist, May, 6.

زیرنویس:

۱ ـ دانشجوی فیزیک دانشگاه تهران

فراصوت (ماوراء صوت)

ترجمه و تنظیم از حسنعلی وحید



شکل ۱

مقدمه گوش سالم اصواتی را می‌شنود که فرکانس آنها بین ۱۶ تا ۲۰۰۰۰ هرتز باشد. ارتعاشهای پایین‌تر از ۱۶ هرتز را فرو صوت (مادون صوت) و بالاتر از ۲۰۰۰۰ هرتز را فراصوت (ماوراء صوت) می‌نامند. امروزه کاربرد فراصوت در پزشکی و صنعت بسیار مورد توجه قرار گرفته است. برای آشنا شدن با طرز تولید فراصوت در آزمایشگاه و پی بردن به پاره‌ای از خواص آن، در اینجا به شرح چند آزمایش می‌پردازیم. قبلاً وسائل مورد نیاز را که تصویر پاره‌ای از آنها در شکل ۱ نشان داده شده است نام می‌بریم:

شکل ۱)

وسائل مورد نیاز

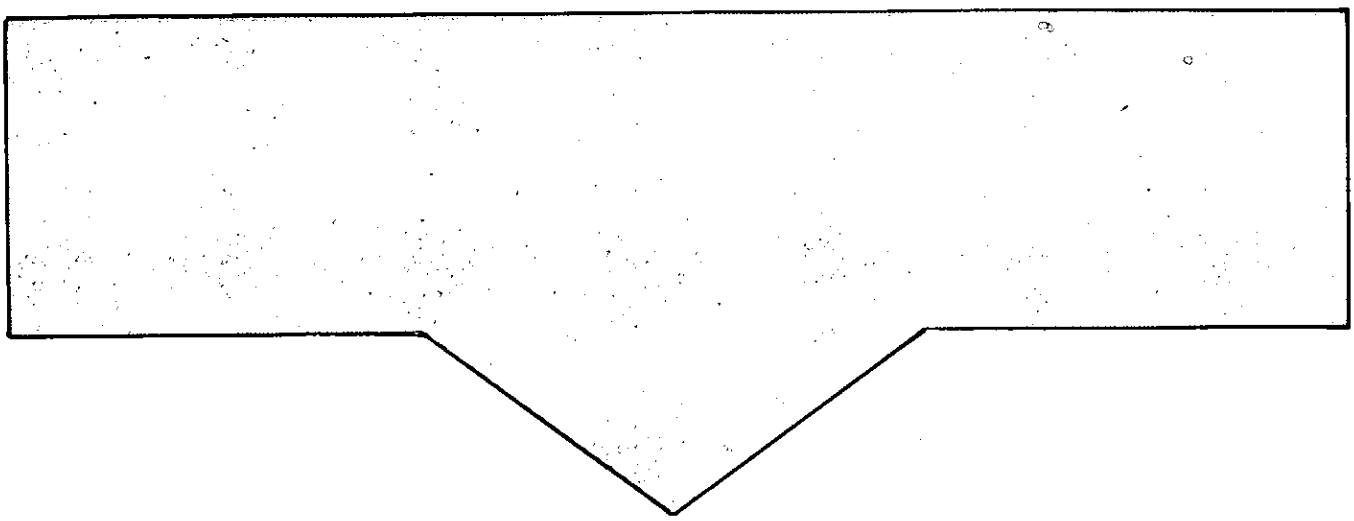
۱ ـ منبع تغذیه (مولد جریان مستقیم حدود ۵۰۰ ولت)

۲ ـ مولد ارتعاشهای ۸۰۰ کیلو هرتز

۳ـ گسیلنده (امیتر) فراصوت

۴ ـ سیمهای اتصال

۵ ـ گیره کنار میز ۱ عدد



۶ ـ میلهٔ ۷۵ سانتیمتری ۱ عدد
۷ ـ گیرهٔ دوسر ۱ عدد
۸ ـ گیرهٔ بزرگ برای نگهداری گسیلنده ۱ عدد
۹ ـ بشر ۶۰۰ سانتی متر مکعب ۱ عدد
۱۰ ـ قطره چکان ۱ عدد
۱۱ ـ ورقه کوارتز ۸۰۰ کیلو هرتز ۱ عدد
۱۲ ـ لامپ کوچک نئون ۱ عدد
۱۳ ـ لولهٔ آزمایش ۲ عدد
۱۴ ـ صفحهٔ میله دار ۱ عدد
۱۵ ـ سه پایهٔ قابل تنظیم ۲ عدد
۱۶ ـ ظرف مخصوص مطالعهٔ فراصوت ۱ عدد
۱۷ ـ عدسی با لبهٔ ضخیم (پلکسی گلاس) ۱ عدد
۱۸ ـ چراغ پرتو افکن ۱ عدد
۱۹ ـ متمرکز کنندهٔ نور (کندانسور) مضاعف ۱ عدد
۲۰ ـ دیافراگم با دهانهٔ دایره شکل ۱ عدد
۲۱ ـ پایهٔ مخروطی ۲ عدد
۲۲ ـ صفحهٔ مات ۱ عدد
۲۳ ـ تتراکلرید کربن (CCl_4)
۲۴ ـ یدید پتاسیم (KI)
۲۵ ـ روغن مایع و آب

شرح دستگاه مولد ارتعاشهای فراصوت با ولتاژ مستقیم حدود ۵۰۰ ولت به کار می‌افتد و نوسانهای الکتریکی آن دارای فرکانس ۸۰۰ کیلو هرتز است. دامنهٔ نوسان را به وسیلهٔ یک تکمه که روی دستگاه است می توان کم و زیاد کرد (شمارهٔ ۲). این ارتعاشها به وسیلهٔ سیم رابط به گسیلنده (امیتر) منتقل می‌شود. گسیلنده (شمارهٔ ۳) شامل یک ورقهٔ کوارتز است که تحت اثر جریان پر فرکانس مرتعش می‌شود و فرکانس آن برابر فرکانس جریان است و دامنهٔ آن بستگی به شدت جریان دارد. ارتعاشها به یک صفحهٔ فلزی که روی دهانهٔ گسیلنده بسته شده منتقل می‌شوند و با این ترتیب ارتعاشهای الکتریکی به ارتعاشهای مکانیکی تبدیل می شود. و چون فرکانس آن بالاتر از حد شنوایی است فراصوت نامیده می شود. بعضی از حیوانات مانند سگ تا ۸۰ هزار هرتز را می توانند احساس کنند و به همین علت است که سگ پلیس تحت اثر فراصوت که انسان نمی شنود دستور مخصوصی را دریافت داشته و کاری را انجام می دهد. برخی دیگر از حیوانات مانند خفاش و دلفین خود دستگاه تولید و دریافت فراصوت دارند. اگر چشم دلفین را ببندند و در آب رها کنند در استخری که موانع زیادی وجود دارد طوری شنا می کند که به موانع برخورد نمی کند همین مطلب برای خفاش در محلی که موانع زیادی وجود دارد صادق است. اینک چند آزمایش:

آزمایش ۱ ـ نمایش ارتعاش به وسیلهٔ آب

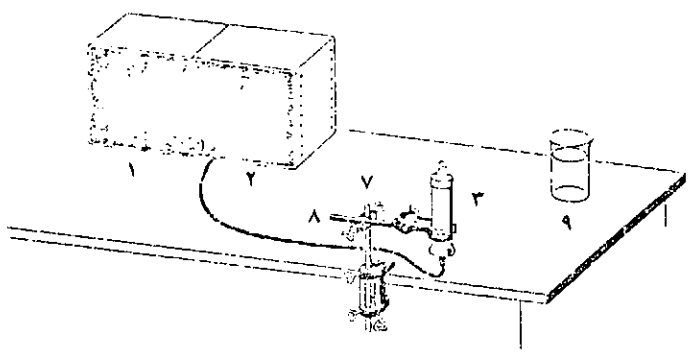
وسائل لازم را مطابق شکل ۲ سوار می کنند و روی صفحهٔ گسیلنده یک قطرهٔ آب می چکانند و تکمهٔ مولد ارتعاشها از صفر (سمت چپ) به طرف راست چرخانیده دامنهٔ ارتعاشها را زیاد می کنند، قطرهٔ آب به ارتعاش درمی آید و جهش ذرات آب در اثر ارتعاش را به خوبی می توان مشاهده کرد.

آزمایش ۲ ـ پدیدهٔ پیزوالکتریک تکمهٔ مولد ارتعاشها را به صفر برگردانده و در حالی که روی گسیلنده لایهٔ نازک آب وجود دارد ورقهٔ کوارتز (شمارهٔ ۱۱) را که مشابه آن در داخل گسیلنده وجود دارد روی آن قرار

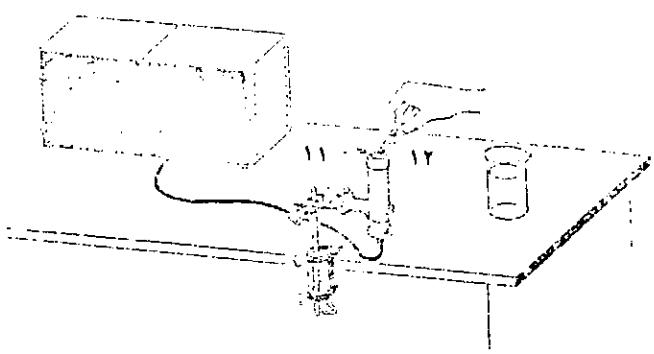
می‌دهند و مجدداً تکمهٔ دستگاه را به طرف راست می‌چرخانند عمل تشدید انجام گرفته ورقهٔ کوارتز خارجی هم مرتعش می‌شود و در اثر آن بین دو سطح بالایی و پایینی کوارتز اختلاف پتانسیل متناوبی با فرکانس زیاد تولید می‌شود (پدیدهٔ پیزوالکتریک) . اگر لامپ کوچک نئون را روی سطح بالایی کوارتز قرار دهند لامپ روشن می‌شود که مشخص کنندهٔ پدیدهٔ پیزو الکتریک است (شکل ۳) .

آزمایش ۳ ـ تهیهٔ امولسیون داخل لولهٔ آزمایش کمی آب ریخته روی آن مقداری روغن مایع می‌ریزند، در حالی که روی صفحهٔ گسیلنده لایهٔ نازکی از آب قرار دارد لولهٔ آزمایش را به گسیلنده تماس می‌دهند . مشاهده می‌شود که ذرات ریز آب وارد روغن می‌شوند . از این خاصیت در ساختن پمادها برای آنکه کاملاً همگن باشند استفاده می‌شود (شکل ۴) .

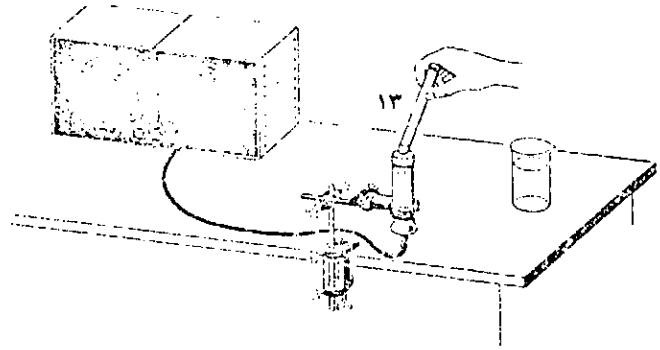
آزمایش ۴ ـ اثر شیمیایی فراصوت داخل لولهٔ آزمایش مقداری آب ریخته کمی یدید پتاسیم (KI) را در آن حل می‌کنند سپس مقداری تتراکلرید کربن (CCl_4) را به آن اضافه می‌کنند . میل ترکیبی کلر با پتاسیم بیشتر از ید با پتاسیم است . تحت اثر فراصوت کلر سریعاً جای ید را گرفته و ید آزاد می‌شود . برای این کار لولهٔ آزمایش را روی گسیلنده که لایهٔ نازکی از آب دارد قرار می‌دهند (شکل ۴) . رنگ محلول قهوه‌ای می‌شود که علامت آزاد شدن ید است . به این ترتیب می‌توان



شکل ۲



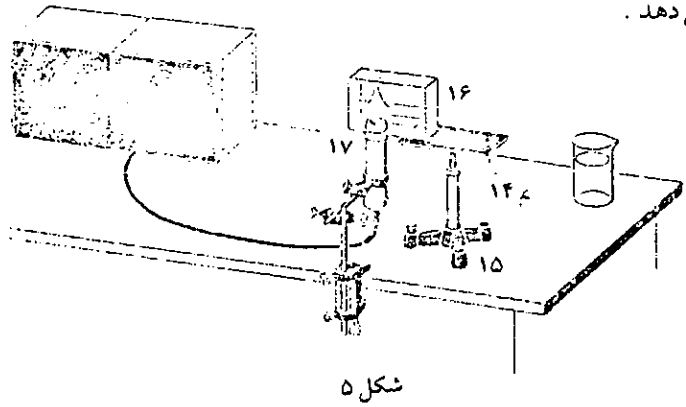
شکل ۳



شکل ۴

به وسیلهٔ فراصوت یک واکنش شیمیایی را انجام داد یا سرعت واکنش را زیاد کرد.

آزمایش ۵ ـ شکست فراصوت داخل ظرف مخصوص مطالعه فراصوت (شمارهٔ ۱۶) به ارتفاع ۳ تا ۴ سانتی متر آب ریخته مستقیماً روی گسیلنده که لایهٔ نازکی از آب دارد قرار می دهند. لایهٔ نازک آب برای ایجاد برقراری اتصال گسیلنده و ظرف مخصوص است. هنگامی که دستگاه کار کند مخروطی از آب روی سطح آزاد مایع دیده می شود، حال چنانچه عدسی پلکسی گلاس با لبهٔ ضخیم (شمارهٔ ۱۷) را که برای فراصوت همگراست داخل ظرف آب مطابق شکل ۵ قرار دهند، باریکهٔ فراصوت همگرا شده و مخروط درازتر می گردد و به یک جهش باریک و کشیده آب تغییر شکل می دهد.



شکل ۵

سرعت انتشار صوت در شیشه یا پلکسی گلاس بسیار زیادتر از آب است و عدسی همگرا برای فراصوت، برخلاف عدسی همگرا برای نور، دارای لبه های ضخیم است. بنابر آزمایش فوق می توان به وسیلهٔ عدسی باریکهٔ فراصوت را همگرا کرد.

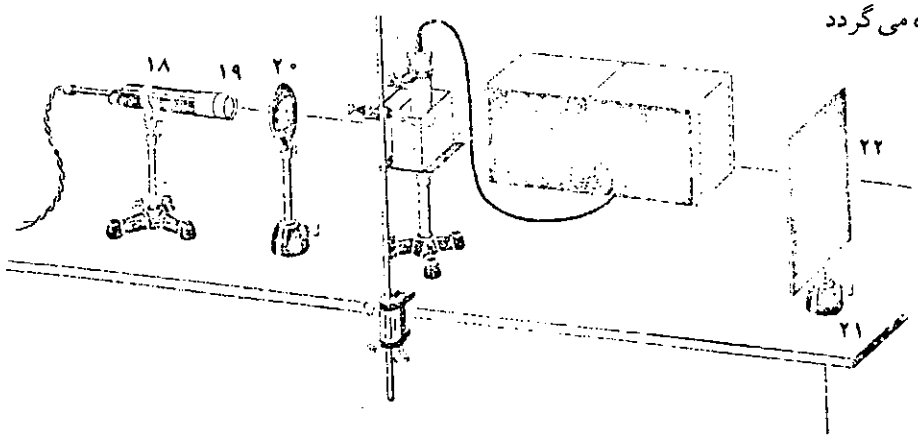
آزمایش ۶ ـ انعکاس و تداخل امواج فراصوت (امواج ایستاده) وسائل را مطابق شکل ۶ آماده می کنند، چراغ پرتوافکن با کندانسور مضاعف $f = 6cm$ را طوری تنظیم می کنند که یک دسته اشعه مخروطی شکل از آن خارج شود و رأس مخروط دقیقاً روی

شکاف دیافراگم (شمارهٔ ۲۰) باشد. اشعه مزبور پس از عبور از دیافراگم واگرا شده و از ظرف آب که گسیلنده بالای آن قرار گرفته است می گذرد و به صفحهٔ مات که رویروی آن است می رسد.

هنگامی که دستگاه کار کند امواج فراصوت به وسیلهٔ ته ظرف منعکس شده و درون آب یک سیستم امواج ایستاده تشکیل می شود.

ارتفاع پایهٔ زیر ظرف و هم چنین فاصلهٔ گسیلنده با ته ظرف را باید تنظیم کرد. روی صفحهٔ مات سایهٔ تداخل امواج فراصوت به صورت نوارهای افقی روشن و تاریک مشاهده می گردد که نمایشگر تشکیل امواج فراصوت ایستاده است.

در پزشکی و صنعت از فراصوت برای فیزیوتراپی و سونوگرافی و اندازه گیری عمق آب به روش انعکاس و ساختن امولسیونهای یکنواخت و انجام بعضی واکنشهای شیمیایی و بسیاری موارد دیگر استفاده می شود.

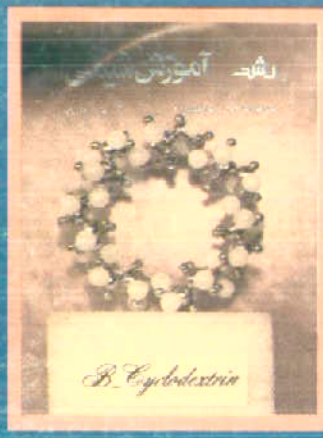


شکل ۶

مراجع :

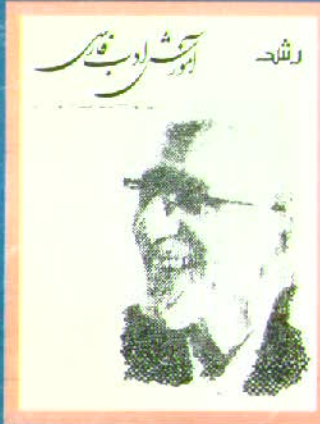
۱ – lu physique par Experiences compliée et rédigiée par le Dr. E. Bretschneider

۲ ـ کتابهای فیزیک دبیرستانی و دانشگاهی


رشد
آموزش شیمی
B_Cyclodextrin

رشد
آموزش جغرافیا

The
Foreign
Language
Teaching
Journal


رشد
آموزش ادب فارسی

رشد
آموزش زیست شناسی

رشد
آموزش ریاضی