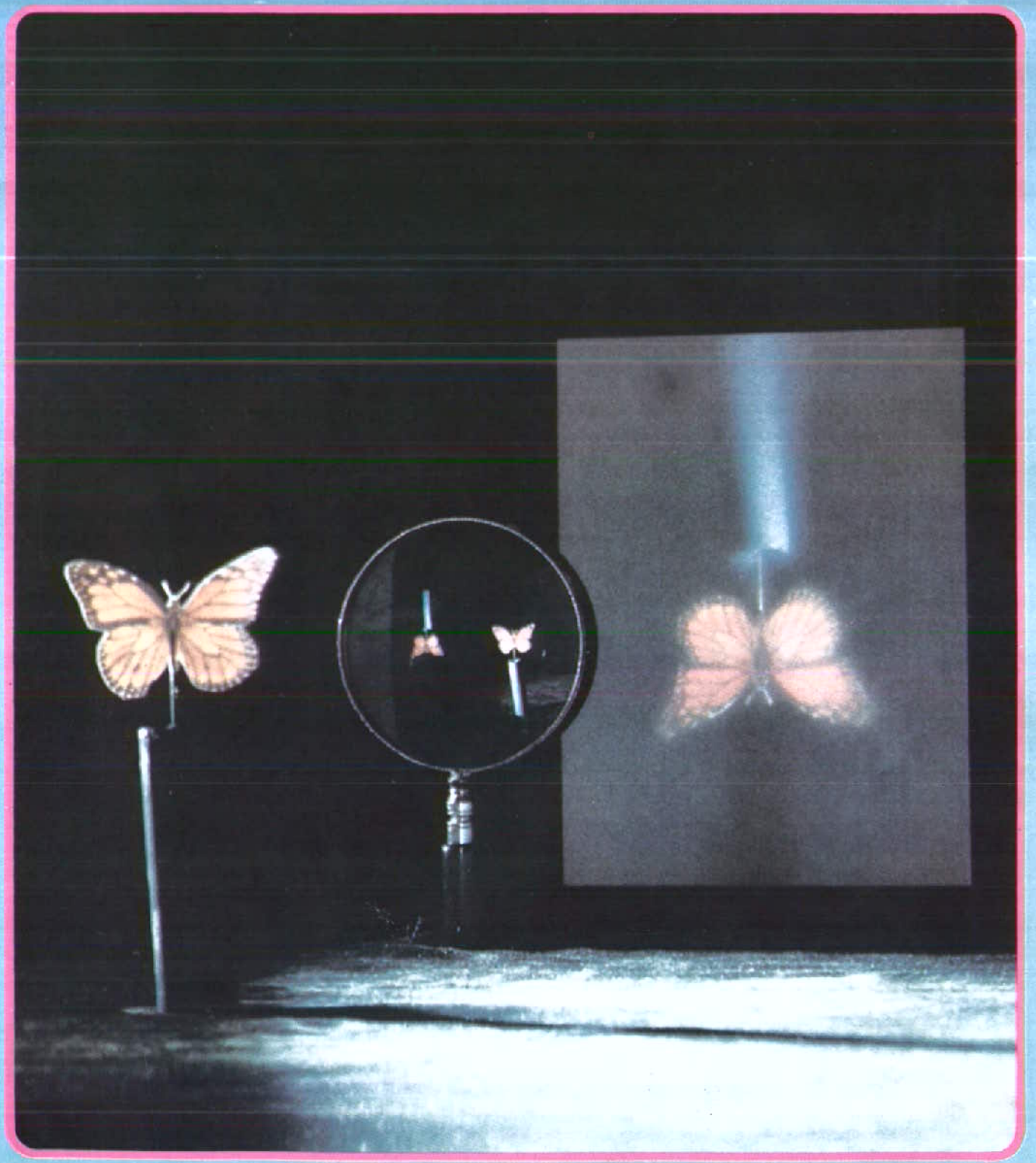
رشد آموزش فیزیک

سال هفتم - پاییز و زمستان ۱۳۷۰ شماره مسلسل ۲۷ - ۲۶

بها ۲۰۰ ریال

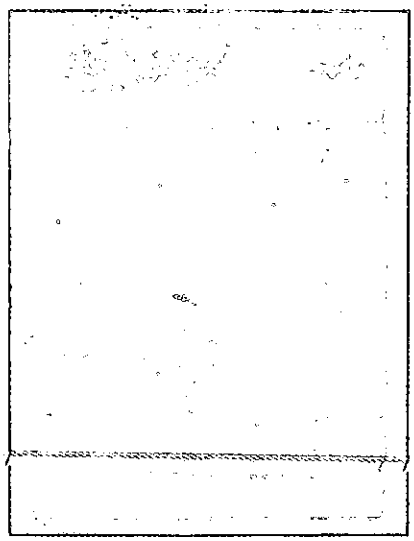


وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

رشد آموزش فیزیک

سال هفتم . پاییز و زمستان ۱۳۷۰ شماره مسلسل ۲۷ - ۲۶

نشریهٔ گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی، تلفن ۴ ـ ۸۳۹۲۶۱ داخلی (۴۳)



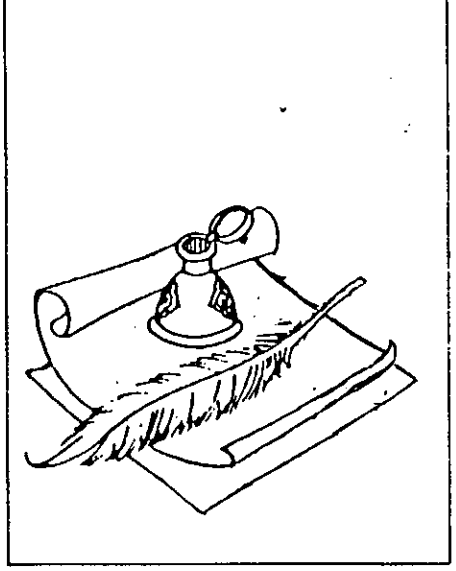
دربارهٔ تصویرهایی که در این شکل مشاهده می‌کنید، بحث کنید

مجله رشد آموزش فیزیک هر سه ماه یکبار به منظور اعتلای دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر دانش پژوهان این رشته منتشر می‌شود. جهت ارتقاء کیفی آن نظرات ارزنده خود را به صندوق پستی تهران ۳۶۳ ـ ۱۵۸۵۵ ارسال فرمائید.

سردبیر: اصغر لطفی
مدیر داخلی: محمدعلی سعادت‌بخت
مسؤول هماهنگی و تولید: فتح‌الله فروغی

امور فنی، صفحه آرایی و رسامی: خالد قهرمانی دهبکری
دستیار ناظر چاپ: محمد کشمیری

پیشگفتار		۳
سرگذشت فیزیک (قسمت سیزدهم)	دکتر ابوالقاسم قلمسیاه	۴
واقعیتها، مفاهیم، قوانین، نظریه‌ها و فرضیه‌ها	ترجمهٔ دکتر منیژه رهبر	۷
پراکندگی در قطرات کروی آب	ترجمهٔ رامین گلستانیان	۱۴
نیروی کوریولیس	سیدجعفر میرداد	۱۸
حلقه‌های الکتروستاتیک ارزان	ترجمهٔ جهانگیر یگانگی	۲۶
مسائل هفتمین المپیاد بین‌المللی فیزیک (۱۹۷۴)	ترجمهٔ دکتر میره رهبر	۲۸
حکمت و حیرت ـ عدسیهای گرانشی	ترجمهٔ محمدعلی سعادت‌بخت	۳۱
نمایش میدانهای الکتریکی	ترجمهٔ علیرضا صفارزاده	۳۲
گلچین رشد فیزیک	ترجمهٔ احمد وحیدی	۳۴
محله و خوانندگان		۳۹
مفهوم دما	ترجمهٔ فرهنگ رفیعی	۴۰
سؤالات امتحانات نهایی فیزیک و مکانیک رشته‌های تجربی و ریاضی		۴۴
دستور زبان (گرامر) فیزیک	ترجمهٔ رضا حسین‌زاده	۴۸
پرسشها و پاسخهای گزینش دانشجو رشته‌های تجربی و ریاضی		۵۰
جدول پخش درسهای فیزیک از شبکه دوم سیما		۶۳
اخبار علمی		۶۴



پیشگفتار

در شماره‌های پیشین رشد آموزش فیزیک، ضمن شرح برگزاری کنفرانسهای فیزیک، به طور مکرر اظهار امیدواری شده بود که این کوششهای پرثمر استمرار یابد و این گونه گردهم‌آییها هرچه بیشتر فراهم آید. خوشبختانه همت بلند فرهنگیان مازندران به این انتظار جامه‌عمل پوشاند و در پی «کنفرانس علمی دبیران ریاضی و فیزیک استان مازندران» در بهار سال ۱۳۷۰، پرسشنامه شرکت در کنفرانس آموزش فیزیک ۲۳ ـ ۲۵ اردیبهشت ۱۳۷۱ ـ استان مازندران انتشار یافت.

انجمن فیزیک ایران، اداره کل آموزش و پرورش استان مازندران، وزارت آموزش و پرورش برگزارکنندگان این کنفرانس هستند. این کنفرانس مباحث زیر را در برخواهد گرفت. تازه‌های فیزیک ـ روشهای تدریس فیزیک چگونگی ارائه مفاهیم و مطالب کتب درسی فیزیک ـ آزمایشهای فیزیک دبیرستانی ـ معرفی کتب آموزش فیزیک در نظام جدید دوره متوسطه ـ جلسات پرسش و پاسخ برای دبیران.

رشد آموزش فیزیک با سپاس و قدردانی صمیمانه از برگزارکنندگان کنفرانس، از دبیران فیزیک سراسر کشور تقاضا می‌نماید که این فرصت فراهم آمده را مغتنم شمارند و شرکت فعالانه در این‌گونه مجامع علمی را به عنوان یک تکلیف اجتماعی تلقی نمایند.

در آستانه تشکیل کنفرانس آموزش فیزیک ایران در اردیبهشت ۱۳۷۱ ذکر مطالب زیر، گرچه مکرر است، لازم به نظر می‌رسد:

* دنیا با شتاب فوق‌العاده به حرکت علمی خود ادامه می‌دهد، در کشورهای نظیر کشور ما که اختلاف سطح علمی فوق‌العاده با کشورهای پیشرفته دارند تا گروهی عالِم و آگاه و مؤمن و مخلص و ایثارگر دامن همت بر کمر نزنند کار به جایی نمی‌رسد.

* مدیران جامعه باید موقعیت علم را در دنیای امروز به درستی بشناسند و نیاز جامعه را به آن در ردیف احتیاجات و ضروریات اولیه زندگی بدانند و به این باور رسیده باشند که برای وصول به استقلال ملی راهی جز توسل و تجهیز به علم و آموزش درست آن ندارند.

* در دنیای امروز، تکنولوژی بدون علم نمی‌تواند برپا و استوار بماند برای جلوگیری از اتلاف منابع حیاتی کشور و احیا و اعتلای صنعت آن ناچار باید به آموزش علوم متوسل شویم.

* برای اینکه علوم جدید در کشور ما مثل ممالک پیشرفته رواج پیدا کند باید در نظام ارزشها تحول و تغییر اساسی ایجاد گردد. جاذبه شغلهای پردرآمد از بین برود و بسیج همگانی برای همکاری عامه مردم در تأسیس مؤسسات علمی، آزمایشگاهها و موزه‌های تحقیقاتی و پژوهشی صورت گیرد.

* معلمان ما در تمام سطوح باید با روش آموزش علوم کشورهای پیشرفته بیشتر آشنا شوند. همواره باید ایجاد ارتباط بین معلمان هر رشته علمی و تبادل‌نظر آنان برای اطلاع از آراء یکدیگر، موردتوجه قرار گیرد.

* در دنیایی که پیشرفت علمی هرروز آن قابل‌مقایسه با پیشرفت یک قرن در عصرهای گذشته است، باید سرمایه‌گذاری در امر آموزش، به خصوص آموزش علوم، هماهنگ با برنامه‌های اقتصادی و اجتماعی جامعه تنظیم شود. اگر امروز با وسایل ممکن و مناسب فاصله‌های خود را با جهان پیشرفته کم نکنیم فردا خیلی دیر خواهد بود.

* با تشکیل مجامع علمی و تبادل آراء و افکار پرورش‌دهندگان نسل جوان کشور می‌توان میان نیازهای گوناگون جامعه و رشته‌های مختلف تحصیلی، هماهنگیهای لازم به وجود آورد. برگزاری کنفرانس آموزش فیزیک قدم اولیه در این راه است. مقدم شرکت‌کنندگان در این مجمع علمی و آموزشی را گرامی بداریم. ■

سرگذشت فیزیک

(قسمت سیزدهم)

دنباله از

فاراده تا ماکسول

دکتر ابوالقاسم قلمسیاه

نظریه جنبشی گازها ــ کارهای کلوزیوس در ترمودینامیک موجب شدند که وی اندیشه بکار بردن قوانین مکانیکی دربارهٔ مجموعهٔ مولکولهای بیشمار تشکیل دهندهٔ یک گاز را، که دانیل برنوئی در ۱۷۳۸ میلادی (یعنی بیش از یک قرن قبل از آن) اظهار کرده بود، از نو پیگیری کند.

بررسی چنین مجموعه‌های مولکولی ازلحاظ تئوری طبیعتاً با مشکلات زیادی همراه بود، زیرا برای این منظور لازم بود تمام نیروهای مؤثر بر هر مولکول از طرف همهٔ ملکولهای دیگر درنظر گرفته شوند. اگر فرض کنیم که حرکتهای مولکولها صرفاً مکانیکی هستند و از قوانین مکانیک کلاسیک پیروی می‌کنند، برای شرح کامل یک مجموعه مولکولی ظاهراً باید مسأله‌ای را، در ارتباط با مکانیک کلاسیک، دربارهٔ حرکت تمام ملکولها تحت اثر نیروهای داده شده حل کنیم. یعنی تعداد زیادی معادلهٔ حرکت، به تعداد مولکولهایی که در مجموعه یافت می‌شوند بنویسیم و حل کنیم (به عبارت دقیقتر، تعداد معادلات سه برابر بیشتر می‌شود، زیرا وضعیت مولکول با سه مختصّه مشخص می‌گردد، یعنی هر مولکول در حرکت انتقالی خود دارای سه درجهٔ آزادی است). مثلاً اگر درنظر بگیریم که یک سانتیمتر مکعب گاز در شرائط عادی شامل $۲/۷ \times ۱۰^{۱۹}$ مولکول است روشن می‌شود که نه تنها غیرممکن است این همه معادله را حل کرد بلکه حتی امکان ندارد چنین تعداد خارق‌العاده معادله را نوشت.

ولی در واقع همین تعداد بی‌اندازه زیاد مولکولهاست که عدم لزوم درنظر گرفتن حرکت هر مولکول جداگانه را ایجاب می‌کند. وجود همین تعداد زیاد ذرّات است که به ما امکان می‌دهد با دانستن مقادیر متوسّط چند کمیّت، مانند سرعت متوسّط، انرژی متوسّط، و غیره، که حرکت ذرّات را مشخص می‌کنند خواص گازها را توصیف کنیم. یعنی درست همین تعداد زیاد مولکولهاست که سبب شده است «نظریه جنبشی گازها» «تئوری سینتیک گازها» پایه‌گذاری شود.

رفتار مولکولها را به کمک آمار مطالعه می‌کنند؛ حساب احتمالات و قانون اعداد بزرگ به خوبی دربارهٔ این نظریه تطبیق می‌کنند؛ نظریه جنبشی گازها متکی بر سه خاصیت زیر است:

۱ ــ تعداد ذراتی که (اعم از مولکول، اتم، یون و غیره) در کوچکترین حجم محسوس وجود دارد بسیار زیاد است،

۲ ــ بی‌نظمی کامل است،

۳ ــ ذرّات دارای حرکت دائمی هستند.

توضیح زیر سه خاصیت نامبرده را روشنتر می‌سازد:

ــ گفتیم در هر سانتیمتر مکعب از یک گاز در شرایط متعارف حدود $۲/۷ \times ۱۰^{۱۹}$ مولکول موجود است. اگر فرض کنیم بدون درنگ هر ثانیه مرتباً یک میلیارد ($۱۰^{۹}$ عدد) مولکول از مولکولهای موجود در این حجم را خارج کنیم، با توجه به اینکه یک میلیارد ثانیه معادل تقریباً

۳۲ سال است، برای خارج کردن تمام مولکولهای موجود در این حجم ۸۵۶ سال کار مداوم لازم است.

ــ در حجم بسیار کوچکی از یک بلور جامد نیز تعداد زیادی ذرّه موجود است. امّا این ذرّات با نظم خاصی قرار گرفته‌اند و ساختمان بلور را تشکیل می‌دهند. بنابراین در ساختمان بلور نظم کامل برقرار است. هنگامی که بلور ذوب می‌شود سیستم منظّم آن فرو می‌ریزد و اگر دمای مایع را آنقدر بالا ببریم تا مایع بصورت بخار درآید در بخار دیگر هیچگونه نظمی وجود نخواهد داشت و می‌گوییم «بی‌نظمی کامل است».

ــ از اواخر قرن نوزدهم به بعد می‌دانستند که حرکات دائمی ذرّات خیلی ریز معلّق در یک محیط، نتیجه‌ای از برخورد مولکولها به یکدیگر است و این حرکات، چنانکه قبلاً متذکر شده‌ایم، نخستین بار توسط براون مشاهده شد (۱۸۲۷ م.). این ذرات معلّق دارای حرکات نامنظمی در همهٔ جهات هستند.

بنابراین، هم مولکولها بطور نامنظم پخش شده‌اند و هم حرکاتشان کاملاً بی‌نظم است و جهت و بزرگی بردار سرعت وابسته به هر ذرّه در هر لحظه بطور اتّفاقی تغییر می‌کند.

کلوزیوس تنها فردی نبود که این شاخهٔ جدید را بنا نهاد؛ ماکسول، و ویلاردگیبز[1] شیمی ــ فیزیکدان امریکایی (۱۸۳۲ــ۱۹۰۳) و کسان دیگر هم سهم مهمّی در ایجاد آن داشتند. پدیده‌های بسیاری به نحو مطلوب مورد تفسیر قرار گرفتند، ازجمله: گرمای ناشی از حرکت آشفتهٔ مولکولها، حرکات براونی، قابلیت انبساط گازها و فشاری که بر جدارها اعمال می‌کنند... تنها به این اندیشه‌های کیفی اکتفا نشد، بلکه با استفاده از حساب احتمالات، نوشتن معادلات آغاز شد و قوانین بویل ــ ماریوت، گیلوساک و غیره بازسازی شدند؛ حتی یوهانس دیدریک وان دِر والز[2]

لودویک بولستمان (۱۸۴۴ ـ ۱۹۰۶)

ویکتور رنیو (۱۸۱۰ ـ ۱۸۷۸)

دانشمند هلندی (۱۸۳۷ ــ ۱۹۲۳)، قانون بویل ــ ماریوت را با فرمول دیگری که دقیقتر بود بیان کرد (۱۸۷۳) و لودویک بولتسمان[3]، فیزیکدان اتریشی (۱۸۴۴ ــ ۱۹۰۶) موفّق شد تصوّر بسیار دشوار انتروپی را توضیح دهد. گرچه مکانیک آماری که بدین ترتیب پایه‌گذاری شده بود در چند مورد با عدم موفقیت روبرو شد، ولی بعدها با دخالت دادن کوانتومها مرتفع شدند.

به هر حال، روح تازه‌ای در کالبد قوانین فیزیکی دمیده شده بود، و مخصوصاً به نظر می‌رسید که آنها اینک دارای اعتبار و ارزش آماری شده‌اند. این قوانین به آسانی از نتایج تازه‌ای نشأت می‌گرفتند، که با وجود ناشناخته ماندن و مشاهده نشدنی بودن، در مقیاس اتمی معتبر بودند و در این مقیاس به عنوان نتایج کلی بشمار می‌رفتند. بنابراین قانون اعداد بزرگ تنها بازوی توانمند قوانین کلاسیکی را تشکیل می‌داد که بغایت احتمالی شده بودند و از یک اطمینان کمتر ذاتی برخوردار بودند که فلسفهٔ جبری و تقدیری قدیم آنرا باور نداشت. این نقطه‌نظر کاملاً جدید که ابتدا با احتیاط به ظهور رسید در قرن بیستم با نیروی بیشتری بازیابی می‌شود.

تراکم‌پذیری گازها ــ در جریان استفاده از نظریه جنبشی گازها برای اصلاح قانون بویل ــ ماریوت، تحقیقات تجربی نشان می‌دادند که این قانون در واقع تقریبی است. اظهارنظر قطعی توسط ویکتور رنیو[4]، فیزیکدان و مهندس فرانسوی (۱۸۱۰ ــ ۱۸۷۸) به عمل آمد که اندازه‌گیریهای دقیق وی بطریق غیر قابل بحث نشان دادند قانون بویل ــ ماریوت برای هر یک از گازها ارزش نسبتاً محدودی دارد. رنیو با همان دقت نیز دربارهٔ تعداد زیادی از مسائل مربوط به هم از جمله: ظرفیت گرمایی ویژه، انبساط، تغییر حالت اجسام و غیره تحقیق کرد. رنیو نتوانست از فشار سی آتمسفر بالاتر ایجاد کند. بعد از او، در اثر پیشرفت تکنولوژی، دامنهٔ تحقیقات وسیعتر شد. لوئی پوْل کای‌یُته[5] فیزیکدان فرانسوی (۱۸۳۲ ــ ۱۹۱۳) در تحقیقات خود فشار را به چند صد آتمسفر رسانید. امیل آماگا[6] فیزیکدان فرانسوی (۱۸۴۱ ــ ۱۹۱۵) با ساختن اسبابی که در آن از روش منگنه آبی استفاده می‌شد

توانست با اطمینان و نظم، فشارهایی بالغ بر ۳۰۰۰ آتمسفر تولید کند و اندازه بگیرد و طیف وسیعی از منحنی‌های همدما را رسم نماید.

مایع کردن گازها ــ در زمان فارنهایت فن سرمازایی پیشرفت چندانی نداشت. فقط چند مخلوط سردکننده می‌شناختند که دما را هم خیلی پایین نمی‌بردند. فاراده از ۱۸۲۳ برای مایع کردن گازها از فشار زیاد و سرد کردن توأماً استفاده می‌کرد و بدین طریق او گاز کلور، گاز کربنیک، بخار اسید کلوریدریک و غیره را به مایع تبدیل نمود.

در ۱۸۳۴ تکنیک سرمازایی پیشرفت قابل توجهی کرد: تیلوریه[7] فیزیکدان فرانسوی، با روش منبسط کردن ناگهانی گاز کربونیک، که قبلاً متراکم و مایع شده بود، جسم جامد سفید رنگ و سبکی به نام «برف کربونیک» (یخ خشک) بدست آورد که کم کم تصعید می‌شد و دمای ۷۹ °C- ایجاد می‌کرد. فاراده از این روش استقبال کرد و آنرا اصلاح نمود، و به دمای ۱۱۰ °C- دست یافت و گازهای جدیدی از جمله اتیلن را به مایع تبدیل کرد. فاراده شش گاز ئیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، متان، اکسید کربن، بی‌اکسید نیتروژن را نتوانست مایع کند و آنها را گازهای دائمی توصیف کرد؛ ولی میدانست که فقط به علت ناکافی بودن تکنیک است؛ او مایع کردن و حتی جامد کردن آنها را در آینده پیشگویی کرد. جانشینان وی کوشش کردند. با اِعمال فشارهای بیش از پیش زیادتر، این گازها را به مایع تبدیل کنند امّا موفق نشدند. در ۱۸۶۳، آندروز مساله را چنین تشریح کرد:

برای هر گاز یک دمای بحرانی وجود دارد که بالاتر از آن، هرچند هم فشار زیاد اعمال شود، مایع کردن گاز غیر ممکن است. بنابراین برای حلّ مسألهٔ «میعان» گازهای دائمی باید تکنیک رسیدن به دماهای بسیار پایین را تکمیل کرد.

در ۱۸۷۸ کای‌یُته بوسیله تراکمی که به دنبال آن یک انبساط سریع بود به موفقیت نزدیک شد؛ او با این روش، قطرات بسیار ریزی بصورت مِه به دست آورد. بزودی خواهیم دید که تکنیک سرمازایی با اصلاح کردن این روش، گازهای دائمی را حتی جامد کرد.

آخرین کارهای این دوره ــ آزمایش کلاسیک فوکو[8]، که در ۱۸۵۱ در معبد پانتئون[8] (در پاریس) انجام شد، قابل ذکر است. او آونگی به طول شصت متر را از زیر گنبد این معبد آویخت و آنرا به نوسان در آورد و نشان داد که سطح قائم نوسانات به آهستگی می‌چرخد. این نتیجه، به طریقی ساده و زیبا گردش زمین به دور محورش را ثابت کرد.

صوتشناسی (آکوستیک) نیز به نوبهٔ خود پیشرفت کرد. هلمهولتز طنین صوت را از راه ترکیب هماهنگ‌ها (هارمونیک‌ها) شرح داد، حدّ صوتهای قابل شنیدن را تحقیق کرد و نام وی بر مشدّدهایی که در تشخیص و شناسایی هماهنگهای مختلف یک صوت مرکّب بکار

می‌برد جاویدان ماند.

ــ در اینجا باید از ژول لیساژو[9] فیزیکدان فرانسوی (۱۸۲۲ ــ ۱۸۸۰) یاد کنیم که ترکیب حرکات ارتعاشی بسیاری را به روش نوری بسیار هوشمندانه‌ای تحقیق کرد. بعضی از منحنی‌هایی که در ترکیب حرکات ارتعاشی بکار می‌روند به نام وی نامیده شده‌اند. تلگراف نوری لیساژو، در ۱۸۷۰ در محاصره پاریس مورد استفاده قرار گرفت.

زیرنویسها:

۱ ــ Willard Gibbs

۲ ــ Johannes Diderik Van der Walls

۳ ــ Ludwig Boltzmann

۴ ــ Victor Regnault

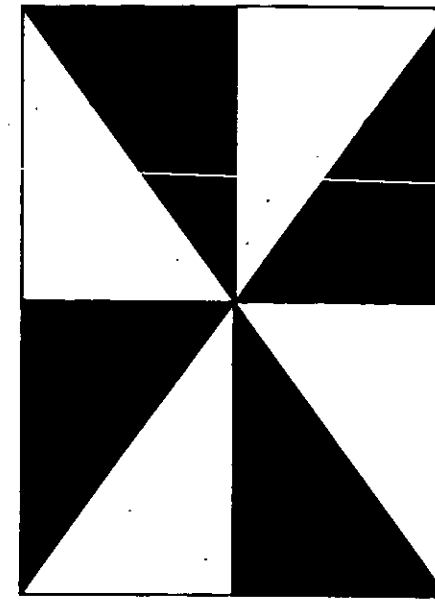
۵ ــ Louis Paul Cailletet

۶ ــ Émile Amagat

۷ ــ Thilorier

۸ ــ Panthéon

۹ ــ Lissajous



واقعیتها، مفاهیم، قوانین، نظریه‌ها و فرضیه‌ها[1]

ترجمهٔ دکتر منیژه رهبر

مطالعهٔ طبیعت که قسمتی از زندگی معنوی بشر را تشکیل می‌دهد برای کلیهٔ دانشمندان لذتبخش است. برای آنها علم تنها انباشت واقعیتها یا بیان قوانینی نیست که تجربه‌ها را هدایت می‌کند. بلکه علم بیش از هر چیز هنر احساس بهترین دیدگاه و یا سودمندترین خط درک طبیعت است.

اریک. اِم. راجرز

فیزیک و ذهن جستجوگر (۱۹۶۰)[2]

بحث در مورد اصطلاحات فوق بدون بررسی تفصیلی آنها وقت تلف کردن است. درست مثل اینست که بخواهیم بدون داشتن زمینه‌ای در مورد مردمان اولیه، فرهنگ آنها را درک کنیم. تاکسی تجربه‌ای در مورد قوانین فیزیکی، نظریه‌ها یا فرضیه‌ها نداشته باشد و فرصت لازم برای کشف، تفکر و توصیف تعدادی از آنها در اختیار او نباشد ــ و تا شخص اطلاعاتی در مورد فضای فکری زمانی که در آن یک نظریه، قانون یا فرضیه گسترش یافته است، نداشته باشد، رهیافت، و بیش از آن نیل به درک واقعی آنها مشکل خواهد بود.

این بدان معنی نیست که برای درک مطالب این مقاله خوانندگان نیازمند داشتن این ادراک هستند، قصد ما شروع مطلبی است که حتی در پایان مقاله کامل نخواهد شد، ولی این امید وجود دارد که در پایان بحث، خوانندگان از چنگ تصورات غلط بسیاری در این مورد رها شده و بتوانند بین قانون و نظریه تفاوت بگذارند.

همچنین امید است که اگر شما مانند بسیاری افراد دیگر علاقهٔ چندانی به نظریه‌ها ندارید و مستعد ترجیح دادن امور عملی به امور نظری هستید، متوجه شوید که موفقیت بشر در صعود از بشر غارنشین به بشر متمدن تقریباً به طور کامل به علت کنجکاوی تعداد معدودی از افراد و تمایلشان به فرمولبندی نظریه‌ها بوده است. بعضی افراد حتی امروزه نیز به سطحی بالاتر از بشر اولیه صعود نکرده‌اند، زیرا نه تنها کنجکاوی کافی برای جستجوی تبیین‌های طبیعی ندارند، بلکه ماوراءِ طبیعی بر ذهن آنها حکمفرماست که در نتیجهٔ آن حتی افراد تحصیل کرده کاملاً خوشحالند که اسرار طبیعت را به ارباب انواع واگذارند. بدون نظریه‌ها، جستجوی قوانین طبیعت مانند رها کردن تیر در تاریکی است.

نظریه‌ها

نظریهٔ علمی توصیف برخی از پدیده‌های طبیعی است. به طور کلی، نظریه‌ها حاوی (یا متشکل از) پنداره‌های گسترش‌یافته‌ای هستند که راههایی را برای ارتباط پدیده‌های متفاوت فراهم می‌سازند. این کار تعریف کامل نیست، زیرا این عمل امکان‌پذیر نمی‌باشد. اصطلاح **نظریه** اغلب توسط مردمی که می‌دانند، یا تصور می‌کنند که اطلاعات علمی وسیعی دارند به غلط مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اصطلاح اغلب به عنوان مترادف برآورد مطالعه شده به کار می‌رود. گاهی یک پاسخ آزمایشی برای هر مسأله، بدون توجه به جزئی بودن آن به عنوان نظریه تلقی می‌شود. این یک استفاده متداول از کلمه نظریه در روزنامه و مجلات، تلویزیون و مکالمات روزمره است. در ذهن بعضی افراد، نظریه چیزی است که به اثبات نرسیده است. غالباً کلمهٔ **نظریه** اشاره به فرضیه دارد، و یا به طور نادرست به جای کلمهٔ **تحقیقات نظری**[3] مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر مجبور به استفاده از توصیف چندکلمه‌ای بودیم، نظریه‌ها را **طرحهای مفهومی**[4] می‌نامیدیم: «طرحهای مفهومی که در نتیجهٔ تجربه و مشاهده گسترش یافته‌اند و برای تجربه و مشاهدهٔ بیشتر سودمند هستند» طبق گفتهٔ کونانت باید بر کلمه **سودمند**[5] تأکید شود. سودمند به این معنی که طرحهای مفهومی باید مشاهدات جدید، تجربیات جدید، تبیین‌های جدید برای تبیین غیرکافی مسائل قدیمی را دربر داشته باشند و یا پدیده‌هایی را تبیین کنند که برای مدت طولانی تبیین نشده‌اند. یک طرح مفهومی خوب می‌تواند:

فراتر از آنی و نمایان در نادیدنی نفوذ کند و در نتیجه نمایان را در متنی جدید و بزرگتر قرار دهد. چون کوه یخ شناوری که در دوردست قرار دارد، قسمت اعظم آن در زیر دریاست و فقط قسمت کوچکی از واقعیت مستقیماً بر ما تأثیر می‌گذارد. کمک به دریافت تصویر کامل، وظیفهٔ اصلی یک نظریه است. در سطح ساده نظریه به ما کمک می‌کند که ناشناخته‌ها را بر حسب شناخته‌ها تفسیر کنیم. با ابداع یا وضع یک طرح مفهومی می‌توانیم پدیده‌های مشاهده شده را برای خود و دیگران تبیین کنیم و به این وسیله قوانین، اصول، فرضیه و مشاهدات مختلف در زمینه‌های متفاوت را در یک ساختار واحد گرد آوریم. شاید ادعا شود که فرضیه‌ها نیز این کار را انجام می‌دهند. در حقیقت ایجاد مرز دقیق بین این دو ضروری نیست ولی می‌توان تفاوت نظریه و فرضیه را در میزان عمومیت آنها دانست. بنابراین، در یک طرف طیف می‌توان **فرضیه‌های مؤثر محدودی** را قرار داد که منحصراً در یک آزمایش راهگشا هستند و در طرف دیگر طیف **نظریهٔ عمومی** را گذاشت که طرح و تفسیر تمام آزمایشها در یک زمینهٔ مطالعه را رهبری می‌کند.

تأکید کردیم که یک نظریه باید سودمند باشد. این نظریه باید حقایق جداگانهٔ بسیاری را که ظاهراً بی‌ارتباط به نظر می‌رسند در یک ساختار فکری منطقی قابل درک به یکدیگر مربوط کند. یک نظریهٔ سودمند باید ذهن را روشن کند، راهی برای ارتباط اموری بیابد که تاکنون کاملاً بی‌ارتباط در نظر گرفته می‌شدند. یک نظریهٔ خوب باید پدیده‌های قابل مشاهدهٔ جدیدی را پیش‌بینی کند و راه‌حلی برای مسائل عملی پیشنهاد کند. به عنوان مثال، نظریهٔ خورشید مرکزی به تعیین دقیق سال و ماههای قمری کمک کرد.

برای مشخص کردن آنچه از یک نظریه انتظار داریم، نظریه گرانش نیوتون را در نظر می‌گیریم که یکی از سودمندترین نظریه‌ها بوده است. با فراهم آمدن ریاضیات مورد نیاز این نظریه، نه فقط آنچه سیارات را در مدارشان نگه می‌داشت مشخص شد، بلکه پیش‌بینی مسیر سیارات، جزر و مد، حرکت تقدیمی اعتدالین، جرم زمین، سیارات و خورشید و چگالی آنها، پیش‌بینی شکل زمین و ارائه دلیلی برای آن، درک تغییرات مقدار g در قسمتهای مختلف زمین، رسم مسیر ماهواره‌ها و حتی این که چرا قلل مرتفع می‌توانند تا این میزان از سطح دریا ارتفاع داشته باشند امکان‌پذیر گردید.

نظریه‌ای که سودمند نباشد یک نظریهٔ «بد» است زیرا منجر به دانش بیشتر نمی‌شود. برای مثال، این نظریه که زمین به طور ویژه خلق شده است نظریهٔ «بدی» است. نه به خاطر این که حقیقت ندارد، بلکه به این دلیل که منجر به درک بهتر طبیعت نمی‌شود. چنین نظریه‌ای سترون است، زیرا به همه چیز یک تبیین نهائی می‌دهد، یعنی آنها این‌گونه هستند زیرا چنین خلق شده‌اند. کسی که معتقد به چنین نظریه‌ای است، انگیزه‌ای برای پژوهش در طبیعت ندارد جز این که آنرا توصیف کند، زیرا قبلاً پاسخ برای چگونگی کلیهٔ امور را در اختیار دارد. درک این مطلب برای افراد عادی مشکل است که «خوب» بودن یک نظریه از دید یک دانشمند به حقیقت داشتن یا نداشتن آن بستگی ندارد. معیار در این مورد فقط نتایج آن است ــ «نتایج به صورت ایده‌ها و آزمایشهای دیگر. علمی که بدین طریق حاصل می‌شود در جستجوی قطعیت نیست، بلکه طالب چیزی است که تا هنگامی موفق است که تداوم دارد.» اگرچه این نظر که اعتبار یک

نظریه فقط به توانایی پیشنهاد آزمایشهای جدید بستگی دارد که به نوبهٔ خود ایده‌های جدیدی را به وجود می‌آورند و غیره جنون‌آمیز بنظر می‌رسد، ولی باید آنرا بپذیریم. زیرا توجیه چگونگی برخورد یک دانشمند با مسائل از حوصلهٔ این بحث خارج است. کافی است بگوییم که بعضی نظریه‌ها که کاملاً رد شده‌اند زمانی نظریهٔ «خوبی» بوده‌اند، این نظریه‌ها وقتی به صورت نظریهٔ «بد» درآمدند که دیگر نتوانستند آزمایشهای جدیدی را برای توجیه حقایق تازه پیشنهاد کنند و عملاً سد راه گسترش ایده‌های جدید و در نتیجه کسب دانش تازه شدند.

به گفتهٔ اریک ام. راجرز از دانشگاه پرینستون برای تشخیص نظریه‌های خوب سلیقه‌ای مشابه سلیقهٔ تشخیص غذای خوب لازم است، به عبارت دیگر ترتیب دادن نظریهٔ علمی نوعی آشپزی فکری است.

از آنچه گفته شد این نتیجه حاصل می‌شود که دانشمند انتظار ندارد هیچ نظریه‌ای طی سالیان متمادی بدون تغییر بماند. نظریه‌ها همواره با جمع شدن حقایق و مشاهدات جدید در معرض تغییرند (توسط خود دانشمندان و نه دیگران). حتی نظریهٔ گرانش نیوتون در نتیجه نظریهٔ نسبیت عام اینشتین که یک حرکت اضافی برای عطارد پیش‌بینی می‌کرد با ظرافت تعدیل شد. این حرکت اضافی که چرخش حول محور اطول مدار بیضی به میزان ۰/۰۰۱۱۹° در قرن است، قبلاً مشاهده شده بود ولی قبل از نظریهٔ اینشتین تبیین نشده بود. تعدیل فوق نظریه نیوتون را بی‌اعتبار و نظریهٔ اینشتین را بهتر از آن نمی‌کند. در حقیقت در مورد نظریهٔ اینشتین هنوز تردیدها و مشکلاتی وجود دارد، ولی این تردیدها و مشکلات در مورد نظریه‌ها باعث ناراحتی دانشمندان نمی‌شود. آنها این مسائل را در نظر دارند و امیدوارند که آینده به خاطر مسائل حل نشده جاذبهٔ بیشتری برای آنها داشته باشد. هیچ دانشمندی انتظار ندارد که روزی برسد که به کلیهٔ سؤالات وی پاسخ داده شده باشد. او متقاعد شده است که دانش جدید، مسائل جدید و آزمایشهای جدید را مطرح می‌کنند که به نوبهٔ خود سبب کسب دانش جدیدتری می‌شود الی آخر.

فرضیه‌ها

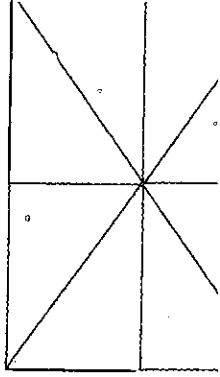
ابهام قابل‌ملاحظه‌ای بین **نظریه** و **فرضیه** وجود دارد. به طور کلی، می‌توان گفت که فرضیه یک عقیدهٔ موقتی در مورد علل یا ارتباط برخی پدیده‌های ظاهراً نامرتبط است، در حالی که در مورد یک نظریه مدارک قابل‌ملاحظه‌ای به عنوان دلیل وجود دارد. غالباً یک فرضیه به منظور هدایت آزمایشی است که در مرحلهٔ ابداع می‌باشد. بنابراین مشاهده می‌شود که دیدگاه فرضیه بسیار محدودتر از نظریه است و آنچه را که بسیاری از مردم نظریه تلقی می‌کنند در واقع فرضیه است.

عدم قطعیت در علم ــ نقش احتمال

می‌دانیم که اندازه‌گیری علم تقریب است. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در هر اندازه‌گیری مقداری عدم قطعیت وجود دارد. هر دستگاه اندازه‌گیری، از جمله چشم شما، دارای محدودیتهایی می‌باشد. هر نظم طبیعت که به صورت قانون، اصل یا نظریه خلاصه شده است، بر مبنای مشاهداتی کلی یا فردی‌است که دارای عدم قطعیت هستند. بنابراین هر اظهارنظر علمی شامل عدم قطعیت است. این مطلب نباید باعث وحشت شما شود زیرا درجات دقت بسیاری وجود دارند که برخی از آنها اگرچه به کمال نمی‌رسند ولی به آن کاملاً نزدیک می‌شوند.

نقش احتمال در رابطهٔ با صحت و سقم نظریه‌های علمی حائز اهمیت است. یک دانشمند شایسته هرگز درصدد «اثبات» یک نظریه برنمی‌آید، بلکه به دست آوردن درجهٔ اطمینان نسبت به آن موردنظر اوست. او ممکن است یک نظریه را تابل‌قبول یا غیرقابل قبول، کافی یا ناکافی، معتبر یا نامعتبر بداند ولی هرگز آنرا درست یا نادرست تلقی نمی‌کند. زیرا اولاً کلمهٔ درست که در این زمینه به کار می‌رود چه معنایی دارد؟ آیا حقیقت مطلق است؟ مسلماً از نظر عملی چنین نیست. قبلاً دیدیم که نمی‌توانیم همواره به حواسمان اعتماد کنیم ــ خورشید واقعاً طلوع و غروب نمی‌کند، افراد کوررنگ مانند سایر افراد رنگها را مشاهده نمی‌کنند، زهره نوری از خود گسیل نمی‌کند، اگرچه دومین شیٔ درخشان در آسمان شبانگاه است. دُر علم، چیزی به نام قطعیت مطلق وجود ندارد، در بهترین شرایط تنها می‌توان گفت که احتمال زیادی وجود دارد. عدم قطعیت مطلق غالباً دانشمند را در بحث با غیر دانشمندان در موقعیت نامناسبی قرار می‌دهد. در مباحثات پردامنه در مورد افزودن فلوئور به آب، غالباً از دانشمندان برجسته سؤال می‌شد «آیا کاملاً اطمینان دارید که افزودن فلوئور به آب سلامت افرادی که آنرا می‌آشامند به خطر نمی‌اندازد؟» از آنجا که هرگز امکان پاسخ واقعی «بلی» وجود ندارد، بلکه فقط احتمال زیادی وجود دارد که مطلب فوق صحّت داشته باشد، بنابراین مخالفین افزودن فلوئور در موقعیت مناسب‌تری قرار می‌گرفتند.

این نوع امور، برای افراد عادی و دانشجویان دلسردکننده است. بحث در مورد اصول، قوانین، فرضیه‌ها و یا نظریه‌ها با نگرش درست یا نادرست به آنها بسیار آسان‌تر است.



دانشمند نمی‌تواند بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت، محدودیتها و نارساییهای آنها به طور صحیح امور را فرا گیرد. ولی دچار سوء تفاهم نشوید: هیچیک از مسائل فوق خیالبافی را مجاز نمی‌دارد.

قضاوت در مورد درجه‌ای از احتمال که برای «قطعیت» یک مسأله لازم است فقط در انحصار افراد صاحب صلاحیت است. احتمال وجود زندگی در روی مرّیخ در ماوراء زندگی گیاهی ابتدائی بقدری کم است که هیچ فرد مطلعی در این مورد دچار تردید نمی‌شود. از طرف دیگر، احتمال وجود موجودی هوشمند در روی یک سیاره ناشناخته که گرد ستارهٔ ناشناخته‌ای می‌گردد به جز در منظومه شمسی بسیار زیاد است، بقدری زیاد که هر فرد مطلعی آن را باور دارد. تفاوت این دو مورد در آن است که تنها یک مریخ وجود دارد و در مورد آن واقعیتهای بسیاری را می‌دانیم؛ در صورتی که در مورد دیگر بیلیونها بیلیون ستاره وجود دارد که در میلیونها از آن می‌توانیم چیزی مشابه منظومهٔ شمسی داشته باشیم ولی در مورد آنها هیچ واقعیتی در دست نداریم. در اینجا قانون احتمالات وارد می‌شود. برای ریاضیدان و دانشمند باور این نکته که فقط یک منظومهٔ شمسی (منظومهٔ ما) در جهانی چنین گسترده وجود دارد، غیرممکن است.

به علت این که چیزی به نام قطعیت در نظریه‌ها وجود ندارد، هیچ دانشمند با صلاحیتی درصدد «اثبات» یک نظریه برنمی‌آید. بلکه بیشتر در پی رد کردن آنست. زیرا در غیر این صورت می‌داند که شخص دیگری آنرا انجام خواهد داد. صحیح‌تر است بگوییم که او نه فقط کلیهٔ واقعیتهای مربوطه را در مورد تأیید یک نظریه گردآوری می‌کند، بلکه به واقعیتهایی که با آن تضاد دارند نیز می‌پردازد. زیرا به گفتهٔ اینشتین «هیچ تعدادی از مشاهدات یا تجربیات هرگز ثابت نمی‌کنند که نظریهٔ من درست است ولی فقط یک مشاهده یا یک تجربه برای اثبات نادرست بودن آن کافی است». واقعیتها داوران عالی نظریه‌ها هستند. بیش از یک نظریهٔ زیبا به علت ناتوانی در توجیه یک واقعیت زشت بی‌اعتبار شده است.

واقعیتها

تعریف واقعیت بی‌اندازه دشوار است. از آنجا که اغلب دانشمندان فیزیک فکر می‌کنند که با یک دنیای خارجی واقعی مواجهند. از تأثرات حسّی به عنوان واقعیتهای طبیعت یاد می‌کنند. عموماً، واقعیتهای دانشمندِ فیزیک اندازه‌گیریهایی است که انجام می‌دهد، اندازه‌گیریهایی که می‌تواند مورد بررسی و توافق ناظران مستقل مختلف باشد. اگر یک آزمایش نتایج غیر منتظره و تکان دهنده‌ای را نشان دهد، این سؤال مهم از آزمایش کننده می‌شود «آیا نتایج شما قابل تکرارند؟» بنابراین، علم از یک نظر خود را تصحیح می‌کند، زیرا دانشمند فقط به «واقعیتهایی» اعتماد می‌کند که در آزمایشگاههای مختلف، برای ناظران مختلف و در روزهای مختلف هفته یکسان است. هر دانشمندی می‌داند که دیر یا زود کسی آزمایشها، مشاهدات و محاسبات او را حتماً بررسی و تکرار می‌کند و بنابراین متوجه هرگونه خطا و خودفریبی او خواهد شد. از یک نظر واقعیتها از نظریه‌ها مهمترند، چون همان‌گونه که قبلاً گفته شد واقعیتها داوران عالی نظریه‌ها هستند.

قوانین علمی

قوانین علمی، که اصول نیز خوانده می‌شوند، کلیت بخشیدنهایی هستند که رفتار ماده را تحت شرائط خاص توصیف می‌کنند. کار دانشمند فیزیک بر اساس وجود نظم در جهان است و این که این نظم را می‌توان به‌طور ریاضی بیان کرد، بر این اساس طبیعت طبق قوانین ریاضی عمل می‌کند و مشاهدات دانشمند را وقتی می‌توان به بهترین نحو بیان کرد که بتوان با قوانین ریاضی مشاهدات را به یکدیگر مرتبط ساخت. از زمان کپلر و گالیله روشهای ریاضی بهترین وسیلهٔ درک طبیعت را فراهم ساخته‌اند. برای مشاهدهٔ این مطلب کافی است به خاطر آوریم که $T^2 = kr^3$، $d = \frac{1}{2}gt^2$، $F = ma$، $F = G\frac{Mm}{r^2}$. برای درک قوانین علمی شناخت محدودیتهای آنها ضروری است. در نتیجه $d = \frac{1}{2}gt^2$ فقط در غیاب مقاومت هوا معتبر است. می‌دانیم که قانون بویل در فشار زیاد یا دمای خیلی کم معتبر نیست. بعضی از قوانین فیزیکی عمومی یا خیلی نزدیک به عمومی هستند. قانون گرانش نیوتون از جملهٔ این قوانین است. یک قانون عمومی دیگر، قانون جرم / انرژی اینشتین $E = mc^2$ است. با وجود این، مطمئن‌ترین حقیقت در مورد قوانین علمی آن است که دیر یا زود موقعیتی پیش خواهد آمد که در آن این قوانین غیردقیق یا بسیار محدود هستند. برای دانشمند این مطلب تعجب‌آور نیست، زیرا ماده مجبور به اطاعت از قوانین فیزیکی نیست. برخلاف قوانین سیاسی در مورد قوانین علمی هرگز اجباری وجود ندارد: حال دانشمند انتظار دارد که ماده طبق قوانین عمل کند، اولاً به این خاطر که قوانین بیانگر رفتار قبلی ماده در شرایط خاص هستند و ثانیاً به واسطهٔ این باور که طبیعت منظم و به دور از هرج و مرج است. اگر دانشمند دریابد که یک

قانون فراتر از حد خاصی قابل استفاده نیست، ناامید نمی‌شود و قانون را شکست خورده تلقی نمی‌کند، بلکه سعی می‌کند که دلیل آنرا بیابد، زیرا فراتر از حدود یک قانون، ممکن است معلومات جدید و هیجان‌انگیزی وجود داشته‌باشد.

نقش ایده‌های نظری[۶]

برخی از نمودهای تفکر علمی دقیقاً در هیچ قسمت از تصویری که تاکنون عرضه شده است قرار نمی‌گیرند. یکی از این نمودها نقش ایده‌های نظری است. این ایده‌ها محصول تخیل هستند و در صورتی که موقعیت آنها را به خاطر داشته باشیم می‌توانند بسیار سودمند باشند. میزان سودمندی آنها تا حد زیادی به زمینهٔ اطلاعات و متعادل بودن صاحب این ایده‌ها بستگی دارد. به طور کلی، می‌توان گفت که فقط افراد مطلع حق دارند به طور جدّی در هر مورد اظهار نظر کنند. یک مثال در این مورد سفر فضایی است. اکنون که این سفر امکان‌پذیر است معمولاً نویسندگان و یا مفسران رادیو و تلویزیون با قاطعیت در این مورد اظهارنظر می‌کنند، اگر چه اغلب آنها چیزی در مورد فاصله بین ستارگان یا شرایط موجود در سایر سیاره‌ها نمی‌دانند. بسیاری از زمینه‌های علمی امروزه صحنهٔ این نوع اظهارنظرها شده است. متخصصان می‌توانند ایده‌های علمی نویدبخش را منظم کرده و احتمالاً به صورت وسیله‌ای برای بررسی بیشتر آنها درآورند.

روش به اصطلاح علمی[۷]

کمتر چیزی در مورد علم وجود دارد که غیر دانشمندان در مورد آن به اندازهٔ روش یا روشهای علمی دچار سوءتفاهم شده باشند. به‌طور کلی، دانشمندان توافق دارند که چیزی به نام روش علمی وجود ندارد. تعداد کمی قبول دارند که تعداد روشهای علمی به اندازهٔ تعداد دانشمندان است. این بدان معنی نیست که روشهای دانشمندان مختلف وجه مشترکی ندارد. آنها قطعاً دارای وجوه مشترک هستند ولی اصطلاح روش پیشرفت گام به گام را ایجاب می‌کند و این کار به ندرت انجام می‌شود، به استثناء افرادی که واقعیتها را جدولبندی می‌کنند.

در روش به اصطلاح علمی سهم اندکی برای «اتفاقات خوب» وجود دارد که معمولاً به عنوان شانس تلقی می‌شوند. مشاهدات اولیه که منجر به اختراع باتری شد، کشف پرتوهای X ، استحکام بخشیدن به لاستیک با گوگرد، کشف رادیواکتیویته و بسیار چیزهای دیگر کم و بیش به‌طور اتفاقی صورت گرفته است. به هر حال، شانس فقط به ذهنهای آماده عنایت دارد، آن ذهنهایی که آمادهٔ دریافت مشاهدات غیرمنتظره و تبدیل آن به یک امتیاز به نفع خود هستند. برای یک شخص تار شدن تصویر صفحات عکاسی در اتاقی که یک لامپ پرتو کاتدی در آن کار می‌کند به معنی (در نهایت) کشف نوع جدیدی از تابش است، برای شخص دیگر به معنی نامناسب بودن اتاق برای نگهداری صفحات عکاسی ظاهر نشده است.

برای بعضی از دانشمندان راه‌حلها به صورت «بارقهٔ ناگهانی از بصیرت» هستند که تنها پس از غرق شدن کامل در مسائل حاصل می‌شود. برای اغلب دانشمندان سخت کوشی عموماً نقش شانس یا الهام را به شدت تحت‌الشعاع قرار داده است. در هر صورت، پس از این که کشف صورت گرفت، دانشمند آن را در معرض کلیهٔ آزمونهای قابل تصور قرار داده و سعی می‌کند تا آن را ویران کند، زیرا می‌داند که اگر او این کار را قبل از انتشار نتایج نکند دیگری بعداً این عمل را انجام خواهد داد.

گفته شده است که روش علمی از مشاهده و تجربه تشکیل شده است. متأسفانه این گفته کامل نیست زیرا مهمترین اجزاء یعنی برنامه‌ریزی و تفکر، عمل و تفکر، و تفکر تنها را نادیده می‌گیرد. زیرا برخلاف آنچه برخی مربیان سعی دارند به ما بقبولانند کسی با عمل تنها چیزی فرا نمی‌گیرد. شما با تفکر در مورد این که در هنگام انجام یک کار چه می‌کنید، فرامی‌گیرید. برنامه‌ریزی حائز اهمیت بسیار است، زیرا دانشمند تنها جستجو نمی‌کند، او در پی چیزی است. در غیر این صورت ممکن است از یک مشاهدهٔ بحرانی بگذرد بدون این که متوجه آن شود.

تبیین علمی

تبیین علمی نمی‌تواند از تعریف اصطلاحات علمی جدا باشد. تعریف بسیاری از این اصطلاحات تبیینهای کامل یا تقریباً کاملی را تشکیل می‌دهند. یک مثال مورد لختی است که می‌تواند به صورت خصوصیت کلیهٔ اجسام مادی در مقابل تغییر وضعیت (یا وضعیتهای) حرکت تعریف شود.

تعریفها را می‌توان به صورت عملیاتی یا مفهومی طبقه‌بندی کرد به کمک این تعریفها می‌توان چیزها را مرتب کرد و آنهایی را که تعریفی در موردشان صدق می‌کند از دیگران جدا کرد. برای این منظور تعریف عملیاتی بهتر از تعریف مفهومی است. زیرا این تعریف خصوصیاتی را فهرست‌بندی می‌کند که به کمک آنها می‌توان تصمیم گرفت که یک چیز خاص متعلق به کدام گروه است. به عنوان مثال، فرض کنید تعدادی محلول بیرنگ به شما داده شده است و از شما خواسته شده است تا محلولهای اسیدی را از غیراسیدی جدا کنید. اول باید بدانید که اسید چیست. اسید را به صورت ماده‌ای تعریف می‌کنیم که وقتی در آب

حل می‌شود، ترش مزه باشد، تورنسل آبی رنگ را قرمز کند، رسانای الکتریکی باشد و در اثر واکنش با روی گاز هیدروژن آزاد کند. این یک تعریف عملیاتی است زیرا فهرست معیارهایی را می‌دهد که به کمک آن می‌توانید محلولها را به اسیدی و غیراسیدی تقسیم کنید.

حال اسید را به‌صورت ماده‌ای تعریف می‌کنیم که می‌تواند پروتونهایی را به سایر مواد بدهد. این یک تعریف مفهومی است. شما نمی‌توانید از آن برای طبقه‌بندی محلولهای فوق استفاده کنید و بنابراین عملیاتی نیست. حال این تعریف اهمیتی عمیق‌تر از تعریف عملیاتی دارد، زیرا به‌وسیلهٔ آن می‌توانید این مطلب را که چرا اسید دارای خصوصیات فوق است تبیین کنید.

دانشمندان فیزیک علاقمندند مفاهیم خود را با تعریفهای عملیاتی روشن کنند، زیرا بدین وسیله می‌توانند احتمال سوءتفاهم توسط سایر دانشمندان را از بین ببرند. پی. دبلیو. بریجمن برندهٔ جایزهٔ نوبل فیزیک گفته است که مفهوم واقعی یک اصطلاح باید با مشاهدهٔ آنچه شخص با آن می‌کند روشن شود و نه با چیزی که دربارهٔ آن می‌گوید.[۲] با استفاده از تعریف این اصطلاحات دانشمند فیزیک تجربیات قابل قبول خود را به‌مفاهیم کمّی محدود می‌کند.[۳]

او بر این باور است که پدیده‌های قابل مشاهدهٔ طبیعت را می‌توان به‌صورت اصول موضوع و مفاهیم متعارف ریاضی بیان کرد و با پیدا کردن رابطهٔ ریاضی که مشاهدات را با یکدیگر ارتباط می‌دهد این مشاهدات تبیین می‌شوند. یک مثال در این مورد قانون سقوط آزاد است که با رابطهٔ ریاضی $d = \frac{1}{2} gt^2$ بیان می‌شود. بیان قانون به‌صورت ریاضی علاوه بر سهولت، احتمال هر نوع سوءتفاهم در مورد مفهوم آن را از بین می‌برد.

منتقد علمی احتمالاً با تبیین ریاضی یک قانون علمی قانع نمی‌شود، به‌عقیدهٔ او رابطه چیزی را تبیین نمی‌کند. او می‌خواهد علت غائی این که چرا اجسام طبق قانون سقوط آزاد می‌افتند را بداند. هر کوششی در جهت پاسخگویی به‌این سؤال موضوع گرانش را مطرح می‌کند. گرانش چیست؟ چرا کلیهٔ اجسام دارای نیروی جاذبه هستند؟ و غیره. هر کوششی در جهت رسیدن به‌ماوراء تبیین ریاضی برای دو قانون فوق در نهایت به‌طور اجتناب‌ناپذیر به‌بحث در مورد علل غائی منجر می‌شود که در آن به‌سرعت از صحنهٔ علم خارج می‌شویم و خود را در قلمرو فلسفه می‌یابیم که در آنها شخص می‌تواند به‌طور پایان‌ناپذیر در مورد مفهوم اصطلاحات بحث کند. برای کمک به‌خود باید توجه کنیم که تبیین علمی چیست؟ به‌طورکلی این تبیین به‌معنی تبدیل ناشناخته به‌شناخته است که مفهوم آن برقراری رابطه‌ای بین آنچه باید تبیین شود و تصورات قبلی مربوط به‌آن می‌باشد. هیچ پاسخ نهائی وجود ندارد و دانشمند لااقل در حین انجام کار علمی، وقت خود را در جهت یافتن آنها تلف نمی‌کند.

هدف از این اظهارنظرها، پایین آوردن ارزش تعریفهای عملیاتی نیست. تفهیم و تجرید شرایط لازم برای گسترش ثمربخش معلومات علمی هستند که نیازمند پشتیبانی ستونهای محکم مشاهده و تجربه می‌باشند.

علمی در برابر غیرعلمی

تعاریف مختلف علم و تفاوت آن با سایر فعالیتهای بشری یک کتاب متوسط را پر خواهد کرد. طبق گفتهٔ جیمز ب. کونانت «علم از مجموعهٔ بهم پیوسته‌ای از مفاهیم و طرحهای مفهومی تشکیل شده است که در نتیجهٔ تجربه و مشاهده گسترش یافته‌اند و برای تجربه و مشاهدهٔ بیشتر سودمند هستند». به‌نظر اینشتین «هدف کلیهٔ علوم هماهنگ کردن تجربیات ما و تجمع آنها در یک سیستم منطقی است» نیلزبور با گفتهٔ «هدف علم گسترش محدودهٔ تجربه و منظم ساختن آنست» اظهار نظر مشابهی کرده است. هر دو تعریف اینشتین و بور بسیار گسترده‌تر و دارای ویژگی کمتری از تعریف کونانت هستند. به‌تأکید کونانت در مورد طرحهای مفهومی توجه کنید. این طرحها که می‌توانید آنها را نظریه بنامید، گوشت و خون هر علمی را تشکیل می‌دهند. بدون آنها، یک مشت استخوان خشکیده باقی می‌ماند. در بیشتر دروس علمی، مطالعه علم تا اندازهٔ زیادی مطالعهٔ گسترش طرحهای مفهومی است.

یک تفاوت بارز بین علم و غیر علم آن است که مجموعهٔ مفاهیم اولیه، نمودارهای مفهومی و قوانین فیزیکی گردآوری شده طی سالیان متمادی توسط دانشمندان کلیهٔ کشورها تأیید شده‌اند. بنابراین، قوانین کپلر، قانون سقوط آزاد گالیله و قوانین حرکت و گرانش نیوتون در هر کجا که دانشمندان کار کنند، قابل قبول هستند. این مطلب به‌ندرت در مورد سایر فعالیتهای بشری صادق است. علم بیش از هر زمینهٔ مطالعه دیگر، جمع شونده است. این بدان معنی است که قسمت اعظم آنچه یک انسان می‌سازد متکی بر کار پیشینیان اوست یعنی او از جایی آغاز می‌کند که دیگران متوقف شده‌اند. برای این منظور او ممکن است کار دیگران را تکرار کند، ولی کار او اساساً پیشبرد دانش در ماوراء آنچه قبلاً بوده است، می‌باشد. نیوتون اظهار داشت توانایی او

به‌مشاهدهٔ چیزهایی فراتر از دیگران به‌علت ایستادن روی شانهٔ غولها بوده‌است. در عین حال دانشمند در مورد تغییر نظریه‌ها، قوانین، واقعیتها و تفسیر آنها هیچگونه تردیدی به‌خود راه نمی‌دهد. به‌تفاوت بارز این مطلب در قلمرو ادبیات، هنر و موسیقی توجه کنید. از راه‌رسیدگان در این رشته‌ها کار خود را از جایی که دیگران تمام کرده‌اند، شروع نمی‌کنند، همچنین هرگز کوششی در جهت بهبود کار دیگران با تغییر کلمات، تغییر حرکات قلم مو و تغییر نتهای استادانی چون شکسپیر، لئوناردو داوینچی یا بتهوون برنمی‌آیند.

علوم هم به‌اندازهٔ هنرها سازنده هستند و انگیزه‌ها در هر دو مورد یکسان است. بعضی از دانشمندان به‌اندازهٔ هر نویسنده، هنرمند و آهنگساز به‌شرط توانایی ادامهٔ کار خود مایل به «گرسنگی کشیدن در بیغوله‌ها» بوده‌اند. هانری پوانکاره، ریاضیدان بزرگ فرانسوی با گفتهٔ زیر این نظر را تأیید کرده است.

دانشمند به‌خاطر فایده به‌مطالعهٔ طبیعت نمی‌پردازد، هدف او از پرداختن به‌این کار لذت شخصی است، زیرا زیبایی این کار سبب خوشحالی او می‌شود. اگر طبیعت زیبا نبود ارزش شناخته شدن را نداشت و اگر ارزش شناختن را نداشت، زندگی قابل زیستن نبود. البته صحبت من از زیبایی قابل درک توسط حواس یعنی زیبایی کیفیت و ظواهر نیست، نه این که من این زیبایی را کم ارزش بدانم برعکس، ولی این زیبایی ربطی به‌علوم ندارد. منظور من زیبایی عمیق‌تری است که از ترتیب هماهنگ اجزاء مختلف ناشی می‌شود و یک بصیرت ناب قادر به‌درک آن است. چیزهایی که به‌جسم ظاهری رنگارنگ یا به‌عبارت دیگر ساختاری می‌دهند که حواس ما را می‌نوازند و بدون کمک آنها زیبایی این رؤیاهای گریزنده ناقص خواهند بود زیرا همواره مبهم و زودگذر هستند. برعکس، زیبایی فکری به‌خودی خود کافی است. به‌خاطر آن و شاید بیشتر به‌خاطر مصلحت آیندهٔ بشریت دانشمند خود را وقف کار طولانی و دشوار می‌کند.

علوم عملی در برابر علوم بنیادی یا محض

بسیاری از مردم مستعد ستایش دانشمندان عملی مانند مرحوم توماس ادیسون هستند، در حالی که به‌دانشمندان نظری به‌دیدهٔ استهزاء می‌نگرند. کوشش دانشمند عملی در جهت اختراع چیزی است که مورد استفاده می‌باشد و همه کس می‌تواند آن را درک و از آن قدردانی کند. درک اهمیت کار یک دانشمند علوم محض در مورد مسأله‌ای که در حال حاضر کاربرد روشنی ندارد برای مردم عادی مشکل‌تر است. این مردم نمی‌توانند تشخیص دهند که اگر فقط مفید بودن ملاک باشد، پیشرفت اندکی در علوم صورت می‌گیرد.

کمتر کسی در هنگام اکتشاف می‌تواند متوجه کاربردهای آن کشف بشود. به‌خاطر کارهای مایکل فارادی و جوزف هنری که هر دو آزمایش کنندگانی در جستجوی حقیقت بنیادی بودند، توماس ادیسون که یک دانشمند تجربی بود توانست لامپ الکتریکی را اختراع کند. بدون کار دانشمندان نظری و تجربی علوم محض، دانشمندان عملی چیزی برای اختراع کردن نخواهند داشت.

مثالهای بسیاری وجود دارند که ناتوانی انسان را در ارزیابی اهمیت یک کشف علمی در زمان کشف نشان می‌دهند. برای مثال، کشف تقریباً اتفاقی رادیواکتیویته در سالهای ۱۸۹۰ را در نظر بگیرید. با این کشف وسیلهٔ بسیار مؤثری برای پژوهش در ساختار، درمان بعضی بیماریها، برآورد سن تقریبی زمین و کاربردهای دیگری در زیست‌شناسی، اخترشناسی، متالورژی، باستانشناسی و سایر زمینه‌ها در اختیار بشر قرار گرفت. ولی فکر نکنید که دانشمند علوم محض با ذکر کاربردها در صدد توجیه کار خود است. برای او ــ و برای شما ــ این توجیه ضروری نیست زیرا علم به‌خودی خود پاسخی کافی است. زیرا همانطور که مایکلسون در پاسخ به‌این سؤال که چرا وقت خود را صرف اندازه‌گیری سرعت نور کرده است اظهار داشت «این کار سرگرمی بسیار خوبی است».

زیرنویسها:

1. Facts, Concepts, Laws, Theories, and Hypotheses.
2. ERIC M. ROGERS, Physics for the Inquiring Mind. (1960).
3. speculation
4. conceptual schemes
5. fruitful
6. The Role of Speculative Ideas
7. The So - called Scientific Method

مرجع:

Chapter 10 of Force, Motion, and Mechanical Energy P. 163 - 172.

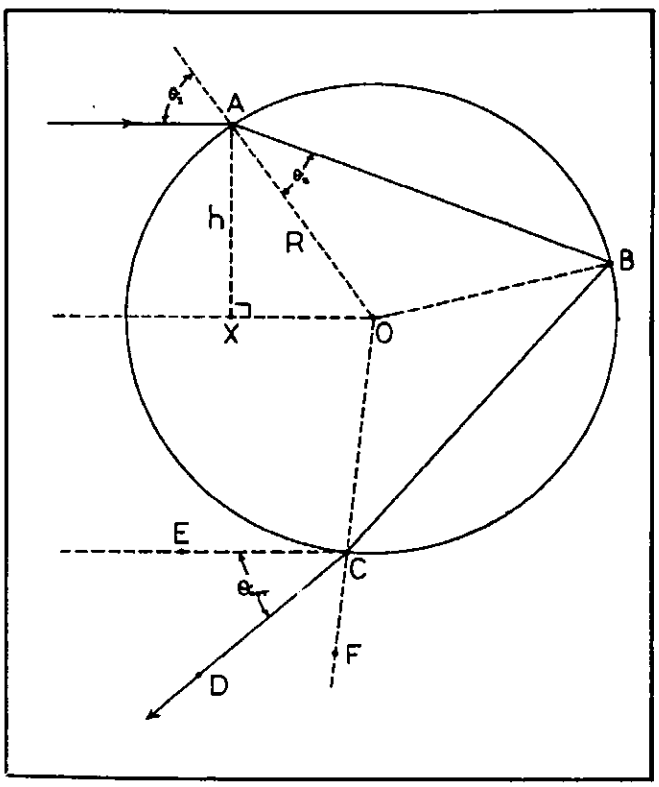
۱- آزمایش (شبیه سازی در حال نور)
۲- رنگین کمان
۳- شبیه سازی رایانه ای (رنگین کمان)
۴- آموزش فیزیک

پراکندگی در قطرات کروی آب[۱]

نوشتهٔ جان الیاسون[۲]
ترجمهٔ رامین گلستانیان

این تمرین آزمایشگاهی به دانش‌آموزان اجازه می‌دهد که با استفاده از اصول اوّلیهٔ اپتیک هندسی مسیر پرتوهای نور را در قطرات کروی آب شبیه‌سازی کنند. آن شیفتگی ذاتی که بیشتر ما به رنگین کمانها داریم به آزمایشگاه تحرک و روح خاصی می‌بخشد. در این آزمایش، دانش‌آموز مدلی تهیّه می‌کند که نتائج آن می‌تواند مورد مطالعه و مقایسه با مشاهدات حقیقی در مورد رنگین‌کمانها قرار بگیرد. به عنوان نتیجه، کلاس این فرصت را پیدا می‌کند که از اطاق خارج شود و در زیر آفتاب به اندازه‌گیریهای زاویهٔ رنگین کمان بپردازد. پرتو نوری را درنظر بگیرید که مطابق شکل ۱ در ارتفاع h بالای محور مرکزی یک قطرهٔ کروی، به سطح کره می‌رسد. در نقطهٔ A، پرتو شکست پیدا می‌کند، در نقطه B جزئی از پرتو بازتابیده می‌شود و در نقطهٔ C پرتو دوباره شکست پیدا می‌کند. ناظری که در راستای CD قرار دارد، پرتو را می‌بیند که از این قطره بیرون می‌آید. شدت پرتوِ مشاهده شده بسیار کمتر از شدت پرتو اصلی است زیرا که بیشتر نور در نقطهٔ B از قطره خارج می‌شود.

ولی آیا نقطه A یکتا است؟ اثر پرتوهایی که در نقاطی به غیر از A با قطره برخورد می‌کنند چیست؟ به عبارت دقیقتر زاویهٔ خروجی چگونه به h بستگی دارد؟



شکل ۱ ــ یک پرتو رنگین کمان مسیر ABC را درون یک قطرهٔ کروی آب طی می‌کند.

قسمت اول: تعیین θ_{min} به عنوان تابعی از h

فرض می‌کنیم قطرهٔ آب کروی باشد اگرچه درواقع، قطرات

حقیقی آب تا حدودی در قسمت پایین مقداری پهن و در راستای افقی اندکی دراز شده‌اند. در شکل ۱ پاره‌خطهای OB, OA و OC هر کدام به طول R یعنی شعاع قطره هستند. OA در نقطه A بر سطح قطره عمود است، بنابراین θ_1 زاویهٔ اوّلیهٔ پرتو تابش است. پرتو ورودی موازی با محور قطره یعنی OX و همچنین موازی با EC می‌باشد. مراحلی که در زیر آمده است، شما را به داخل قطرهٔ آب راهنمایی خواهد کرد و به شما کمک می‌کند تا θ_{out} را تعیین کنید:

۱) رابطهٔ بین <Aox و θ_1 را درنظر بگیرید. عبارتی برای θ_1 برحسب h و R تعیین کنید.

۲) با استفاده از قانون اسنل، عبارتی برای θ_2 زاویهٔ شکست تعیین کنید. این عبارت شامل ضریب شکست آب n خواهد بود. ضریب شکست هوا می‌تواند ۱/۰۰۰ گرفته شود.

۳) مثلث AOB را درنظر بگیرید. <ABO برحسب θ_2 چیست؟

۴) <AOB برحسب θ_2 چیست؟

۵) مثلث BOC را درنظر بگیرید. رابطهٔ بین <ABO و <OBC چیست؟

۶) <BCO برحسب θ_2 چیست؟

۷) <BOC برحسب θ_2 چیست؟

۸) می‌دانید زاویه مرکزی یک دایره ۳۶۰° است. با توجه به اینکه <AOX در مرحلهٔ ۱، <AOB در مرحلهٔ ۴ و <BOC در مرحلهٔ ۷ را بدست آوردید، <XOC چقدر است؟

۹) رابطهٔ بین <XOC و <ECF را بدست آورید. عبارتی برای <ECF بنویسید.

۱۰) با استفاده از قانون اسنل در نقطهٔ <DCF,C را برحسب θ_1 بدست آورید. نگاه کوتاهی به مرحلهٔ ۲ ممکن است به شما کمک کند.

۱۱) با استفاده از نتائج مراحل ۹ و ۱۰، θ_{out} برحسب θ_1 و θ_2 چیست؟

۱۲) عبارتهایی را که در مراحل ۱ و ۲ به ترتیب برای θ_1 و θ_2 بدست آوردید در عبارت θ_{out} قرار دهید. در حال حاضر شما باید عبارتی برای θ_{out} برحسب R,h,n داشته باشید.

قسمت دوّم: شبیه‌سازی کامپیوتری

یک برنامهٔ کامپیوتری مطابق با مشخصات زیر بنویسید:

الف) ورودی

۱) شعاع قطره (که ممکن است لازم نباشد!)

۲) ضریب شکست آب

ب) محاسبات

۱) زاویهٔ θ_{out} (تا ۴ رقم با معنی) برای ۱۰۰ مقدار h بین ۰ تا ۰/۹۹R که بطور یکنواخت تغییر می‌کنند، تعیین کنید. با استفاده از یک آرِی (array) تعداد پرتوهایی را که در هر زاویه گسیل می‌شوند حساب کنید. در اینجا زاویه‌ها به نزدیکترین درجه گرد می‌شوند.

ج) خروجی

۱) جدولی از h و θ_{out} تشکیل بدهید.

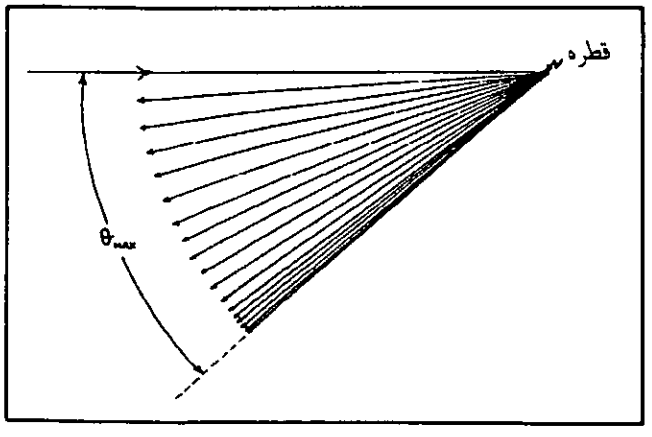
۲) جدولی دوّمی از θ_{out} و «TALLY» (چوبخطی برای تعداد پرتوها) تشکیل بدهید.

برنامهٔ خود را با استفاده از مقادیر R = ۱ mm و n = ۱/۳۳۳ که ضریب شکست آب برای نور زرد (۵۸۹mm) در دمای ۲۰°c است، اجرا کنید.

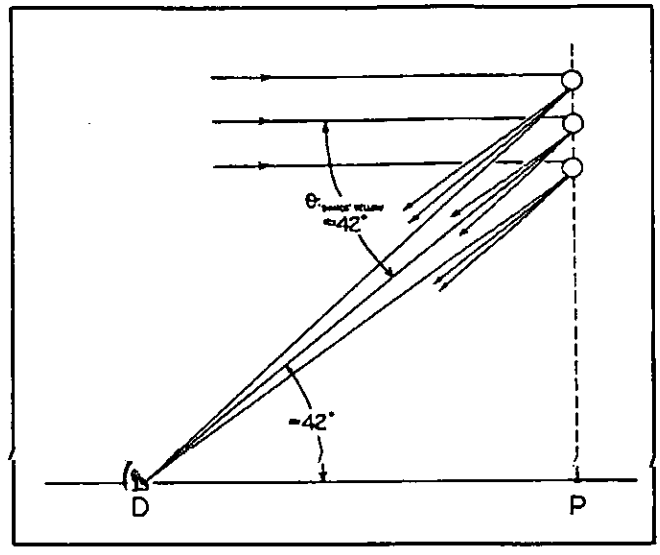
خروجی برنامهٔ شما باید این موضوع را آشکار کند که اگرچه پرتوهای نور در چندین زاویه گسیل می‌شوند. ولی یک زاویهٔ ماکزیمم متمایز[3] وجود دارد که تعداد خیلی بیشتری پرتو تحت آن زاویه گسیل می‌شود.

شکل ۲ این نتیجه را نشان می‌دهد. حال ما این اجازه را داریم که از همهٔ پرتوها بجز آنهایی که خیلی نزدیک به زاویهٔ ماکزیمم «خوشه»[4] هستند، صرفنظر کنیم.

ضریب شکست آب به طول موج نور بستگی دارد که برای نور قرمز (۶۵۶nm) در دمای ۲۰°c داریم n = ۱/۳۳۱ و برای نور آبی (۴۸۶nm) داریم n = ۱/۳۳۷. برنامهٔ خود را دوباره برای هر یک از این رنگها اجرا کنید و مشاهده کنید که چگونه زاویهٔ «خوشه» تغییر



شکل ۲ ــ توزیع پرتوهای خروجی که در نزدیکی θ_{max} متراکم می‌شود.



شکل ۳ ــ ناظر، قرمز را از قطرهٔ بالایی، زرد را از قطرهٔ میانی و آبی را از قطرهٔ پایینی می‌بیند.

می‌کند. این اثر را معمولاً پراکندگی می‌گویند. اگر نور سفید که مخلوطی از همهٔ رنگهاست به یک قطره آب بتابد؛ راستای گسیل ماکزیمم برای هر رنگ کمی متفاوت خواهد بود.

قسمت سوّم: کشفیات

۱) حالا شما می‌توانید بفهمید که چگونه رنگین کمانها شکل می‌گیرند. شکل ۳ یک مقطع شعاعی را نشان می‌دهد که از بالای یک رنگین کمان گرفته شده است. توجّه کنید که ظاهراً خورشید در حال طلوع یا غروب است. پرتو زرد رنگ از قطرهٔ بالایی از بالای سر ناظر می‌گذرد. در حالی که پرتو زردرنگ از قطرهٔ پایینی از پایین پای ناظر می‌گذرد.

آیا آن چشم، قرمز و آبی را در بالای (بیرون) رنگین کمان می‌بیند؟ چه ارتباطی بین جهت خورشید و جهتی که ناظر به آن نگاه می‌کند وجود دارد؟

۲) نقطهٔ P، نقطهٔ پاد ــ خورشیدی[5] نام دارد. توجه کنید که چرخاندن شکل ۳ حول خط DP، هندسهٔ شکل را تغییر نمی‌دهد. از اینرو، رنگین‌کمان عملاً قسمتی از یک دایره است. علاوه بر این فاصلهٔ DP اهمیّتی ندارد. نور ممکن است از قطرات موجود در هر نقطه در امتداد خط دید به ناظر برسد. به‌عنوان مثال، نوار زرد موجود در یک رنگین‌کمان ممکن است نور مشاهده شده از قطرات، در هر قسمتی از سطح مخروطی باشد که رأس آن چشم ناظر و محور آن DP

```
JLIST

10  REM  RAINBOW ANALYSIS * JCE
20  DIM A(50)
30  INPUT "REFRACTIVE INDEX? ";N
40  PRINT "HEIGHT %","THETA OUT"
50  REM  LET F=H/R
60  FOR F = 0 TO .99 STEP .01
70 THETA = 4 *  ATN ((F / N) /  SQR
     (1 - (F / N) ^ 2)) - 2 *  ATN
     (F /  SQR (1 - F ^ 2))
80  REM  CONVERT RAD TO DEGREES
90 THETA = THETA * 57.296
100  REM  TAKE TO 4 SIG FIGS
110 THETA =  INT (THETA * 100 + .
    5) / 100
120  PRINT  INT (F * 100),THETA
130 T =  INT (THETA + .5)
140 A(T) = A(T) + 1
150  NEXT F
160  PRINT : INPUT "PRESS RETURN
     TO CONTINUE";Z$: HOME
170  PRINT "THETA OUT","TALLY"
180  FOR T = 1 TO 50: PRINT T,A(T
     ): NEXT
190  END
```

شکل ۴ ــ برنامهٔ فوق برای ماشین AppleII+ نوشته شده است.

است.

وقتی که خورشید در آسمان بالا و بالاتر می‌رود، چه اتّفاقی در شکل و ظاهر رنگین‌کمان می‌افتد؟

چرا شما در یک ظهر تابستانی در ۴۰° عرض شمالی، نمی‌توانید رنگین کمانی را مشاهده کنید؟

۳) آیا اندازهٔ قطرهٔ آب در مدل کامپیوتری شما اهمّیت دارد؟ آیا باید اهمیّت داشته باشد؟ آیا تعداد قطرات در واحد حجم جوّ، هیچ اثری در شکل رنگین کمان دارند؟

اگر شما عکسهایی از رنگین کمانها را بررسی کنید، خواهید دید که نواحی درونی کمان سفید است. آیا مدل شما این موضوع را توجیه می‌کند؟

قسمت چهارم: آزمایش مدل شما

با استفاده از یک ریسمان بلند، یک نقّاله و یک شلنگ (به همراه دهانهٔ آب‌فشان) تجربه‌ای را انجام دهید که به شما کمک می‌کند تا θ_{out} پیش‌بینی شدهٔ خود را برای نور قرمز و آبی امتحان کنید.

شکل ۵ ــ بعد از انتظاری طولانی برای یک روز آفتابی، دانش‌آموزان درستی نتائج شبیه‌سازی کامپیوتری خود را بطور موفقیت‌آمیزی مشاهده می‌کنند.

قسمت پنجم: راه‌حل‌ها (برای استفادهٔ معلم‌ها)

قسمت اوّل

$$\theta_{out} = 4\theta_2 - 2\theta_1$$

$$\theta_{out} = 4\,\text{Arc Sin}\,\frac{h}{nR} - 2\,\text{arc sin}\,\frac{h}{R}$$

قسمت دوّم ــ لیست برنامه‌ای به زبان بیسیک در شکل ۴ آورده شده است. زوایای ماکزیمم برای قرمز، زرد، و آبی بترتیب برابر ۴۲/۳۶°، ۴۲/۰۸°، ۴۱/۵۰° هستند.

قسمت سوّم ــ ۱) قرمز در قسمت بالا (بیرون) رنگین کمان ظاهر می‌شود. پشت ناظر به طرف خورشید است. ۲) رنگین‌کمان پایین می‌آید. اگر خورشید بالاتر از ۴۲° باشد، آنگاه رنگین‌کمان غروب خواهد کرد (و در آن صورت فقط در قطراتی که بین ناظر و زمین قرار دارند قابل دیدن است. مثلاً در قطرات ریز آبی که توسط آب‌فشان یک شلنگ ایجاد شده است).

۳) بلی، تداخل عاملی برای قطرات کوچک به حساب می‌آید. تعداد قطرات بر درخشش و روشنی کمان تأثیر می‌گذارد. گسترش یکنواخت پرتوهایی که بین ۰° و مثلاً ۴۰° خوشه نشده‌اند، از نو ترکیب شده نور سفید بوجود می‌آید.

قسمت چهارم ــ شکل ۵ ترتیب هندسی ناظر و دستیارانش را نشان می‌دهد. یک طرف ریسمان به زمین میخ شده است. ناظر به گونه‌ای می‌ایستد که سایهٔ سرش روی میخ بیافتد. سپس یکی از دستیاران انتهای دیگر ریسمان را آنقدر بالا و پایین می‌برد تا خط دید ناظر با رنگهای مختلف رنگین‌کمان در یک ردیف قرار بگیرد. یکی از اعضای گروه باید از محلّ نقاله مطمئن بشود و از روی آن اندازه‌گیریها را انجام بدهد.

زیرنویسها:

۱ ــ Dispersion in Spherical Water Drops

۲ ــ John C. Eliason, Jr.

۳ ــ distinct maximum angle

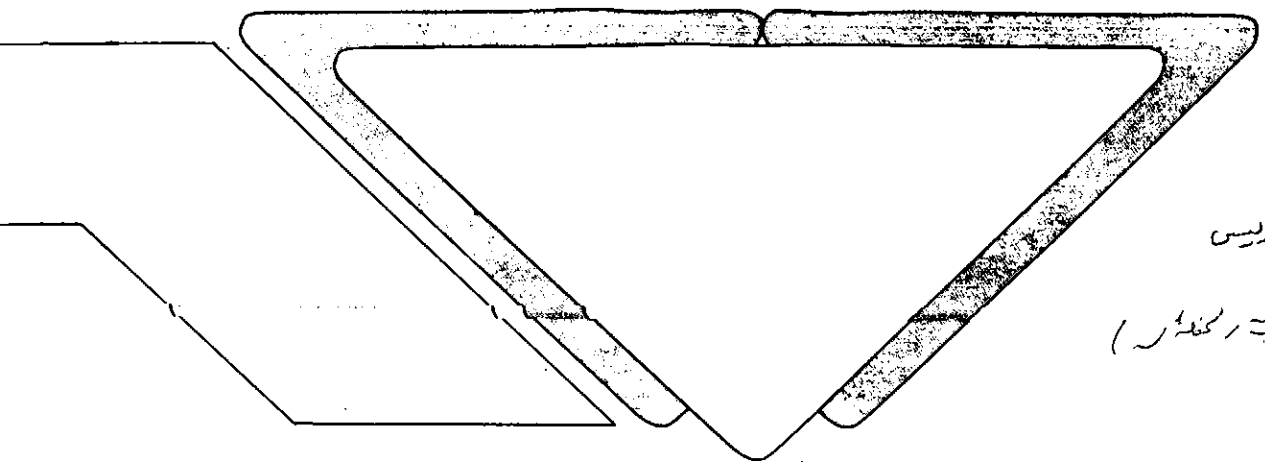
۴ ــ maximum «bunch» angle

۵ ــ anti - solar point

مرجع:

THE PHYSICS TEACHER, APRIL 1989, P 266.

نیروی کوریولیس

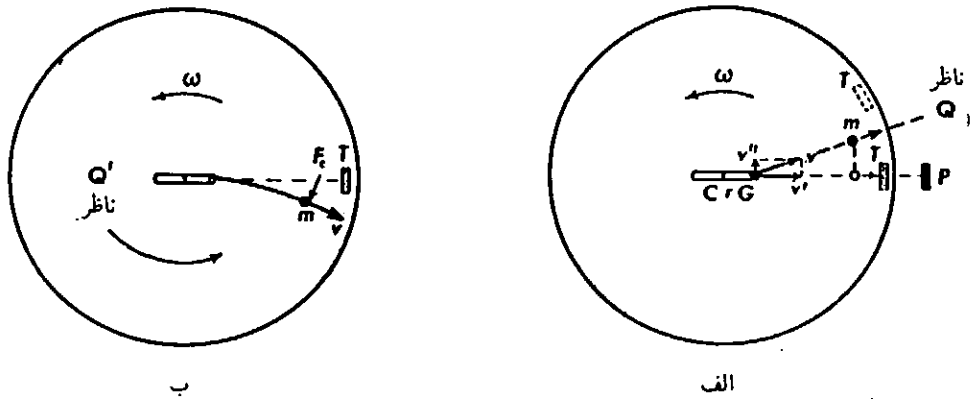


سیدجعفر مهرداد

مطابق شکل ۱ ــ الف لولهٔ تفنگ G روی مرکز C میز چرخانی سوار شده و نشانه‌های T و P را هدف گرفته است. نشانهٔ P بیرون میز و در دستگاه مرجع ساکن و نشانهٔ T روی میز و در دستگاه مرجع چرخان است.

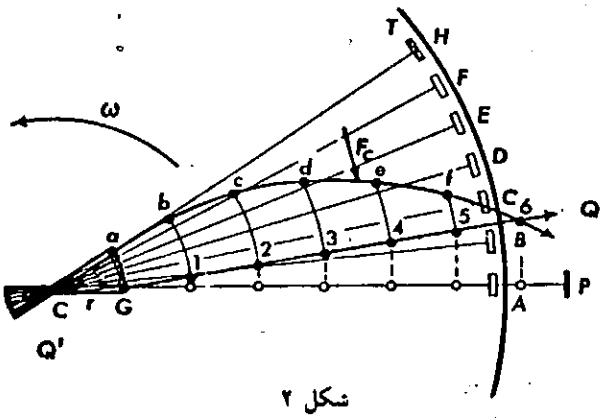
هرگاه میز ساکن باشد پرتابه‌ای که از لولهٔ تفنگ با سرعت v خارج می‌شود می‌تواند از نشانه T بگذرد و به P برخورد کند. اما اگر میز با سرعت زاویه‌ای ω بچرخد پرتابه در لحظهٔ خروج از لوله، علاوه بر سرعت v دارای سرعت $v'=r\omega$ نیز خواهد بود. r فاصله دهانه لولهٔ تفنگ از مرکز دوران C است. برآیند آنها با v' نشان داده شده است. بنابراین از دیدگاه ناظر ساکن یعنی ناظر Q، جرم m با سرعت v' در امتداد خط راست در حرکت است.

مطابق شکل ۱ ــ ب، هنگامی که میز با سرعت زاویه‌ای ω می‌چرخد از دیدگاه ناظر چرخان یعنی Q'، به نظر می‌رسد که نیرویی مانند F_{cor} بر پرتابه وارد شده و پرتابه را در یک مسیر منحنی به سمت راست هدف T منحرف کرده است. این نیروی ظاهری از دیدگاه ناظر چرخان، نیروی کوریولیس نامیده می‌شود. اولین بار در سال ۱۸۳۵ یکی از استادان پولی تکنیک فرانسه به نام گوسپار گوستاو دوکوریولیس (G.G.de Coriolis ۱۸۴۳ ــ ۱۷۹۷) این مفهوم اساسی جدید (نیروی کوریولیس) را بسط داد.



الف ب

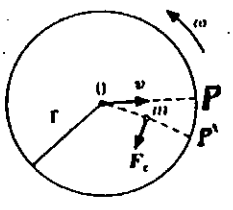
شکل ۱



شکل ۲

مطابق شکل ۲، فرض کنید مکان پرتابه که در آخر هر ثانیه به وسیله ناظر ساکن Q دیده شده به ترتیب با نقاط ۱ و ۲ و ۳ و... مشخص شده است. ناظر چرخان Q' پرتابه را در لحظه خروج از لوله تفنگ، در نقطه G می‌بیند. در آخر ۱ ثانیه، پرتابه کمی به طرف راست خط دید CB تفنگ منحرف می‌شود و این انحراف کم به طرف راست به همان فاصله از خط دید CH به مکان b انتقال یافته است. در آخر ۲ ثانیه پرتابه با فاصلهٔ بیشتری به طرف راست خط دید CC تفنگ منحرف شده است. این انحراف به همان فاصله از خط دید CH به مکان C انتقال یافته است. هنگامی که این فرآیند به مدت ۶ ثانیه انجام می‌یابد، پرتابه در نقطه ۶ است. از دیدگاه ناظر چرخان که هم اکنون خط دید او CH است، پرتابه مسیر a، b، c، d،... را پیموده است[۱].

مطالب زیر درباره این نیرو، قابل ذکر و توجه است:

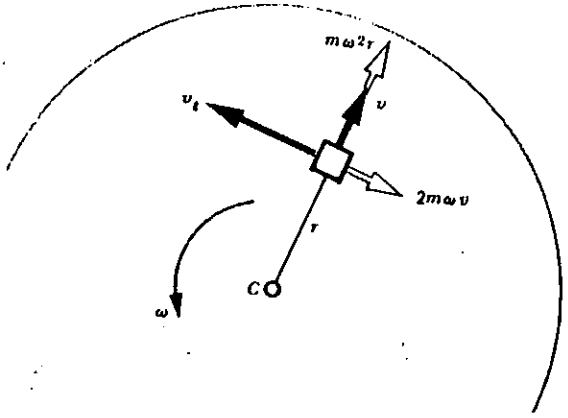


شکل ۳

۱ــ مطابق شکل ۳ جسمی به جرم m با سرعت اولیه v بر روی صفحه‌ای که با سرعت زاویه‌ای ثابت ω می‌چرخد پرتاب شده است. می‌دانیم هرگاه صفحه نچرخد جسم به نقطه p می‌رسد اما بر اثر چرخش صفحه جسم به p̂ خواهد رسید. برای زمان $t = \frac{r}{v}$ مسافت $\overline{p\hat{p}}$ را حساب می‌کنیم. هرگاه نیروی کوریولیس F_{cor} را ثابت فرض کنیم. این نیرو حرکت با شتاب یکنواخت ایجاد خواهد کرد. بنابراین برای این حالت جزئی و ساده می‌توانیم بنویسیم:[۲]

$$S = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times \frac{F_{cor}}{m} \times (\frac{r}{v})^2 = \widehat{p\hat{p}} = r\omega t = r\omega \times \frac{r}{v}$$

$$\Longrightarrow \boxed{F_{cor} = 2m\omega v}$$



شکل ۴

۲ ــ مطابق شکل ۴، فرض می‌کنیم بر روی صفحه‌ای که با سرعت زاویه‌ای ω می‌چرخد، شخصی به جرم m (که یک ذره تصور می‌شود) در امتداد شعاع با سرعت ثابت v به خارج می‌رود. می‌توانیم تغییر اندازه حرکت زاویه‌ای او را در زمان Δt به صورت زیر پیدا کنیم:

$$I_i = mr^2$$

$$I_f = m(r + v\Delta t)^2 = m[r^2 + 2rv\Delta t + v^2(\Delta t)^2]$$

هرگاه Δt بسیار کوچک فرض شود از $v^2(\Delta t)^2$ چشم‌پوشی می‌شود:

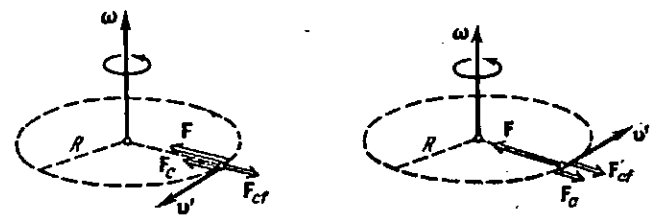
$$\Delta (I\omega) = m (r^2 + 2 rv\Delta t) \omega - mr^2\omega$$

$$\Delta (I\omega) = 2 m\omega vr \Delta t \Rightarrow \frac{\Delta(I\omega)}{\Delta t} = 2m\omega vr$$

با توجه به رابطه $\tau = \frac{\Delta(I\omega)}{\Delta t}$ مربوط به دینامیک دوران نتیجه می‌شود:

$$\tau = 2m\omega vr \quad \text{(حرف تاو)}$$

τ گشتاور نیرو و برابر حاصلضرب نیروی وارد بر جسم در فاصلهٔ عمودی آن تا محور دوران یعنی r است. بنابراین نیرویی را که شخص احساس می‌کند دارای اندازه‌ای است برابر با $2m\omega v$ و در جهتی است که مطابق شکل ۴ نشان داده شده است. $v_t = r\omega$ سرعت مماسی متحرک را نشان می‌دهد. هنگامی که جسم در صفحهٔ چرخان در امتداد شعاع به خارج می‌رود نیروی کوریولیس مماسی و متقابل با سرعت مماسی است. بدین ترتیب رهیافت استوار دیگری برای نیروی کوریولیس به دست آورده‌ایم.[3]



ب الف

شکل ۵

۳ ــ مطابق شکل ۵ ــ الف، ذره‌ای به جرم m نسبت به دستگاه مرجع چرخان بر روی دایره‌ای به شعاع R، در صفحه عمود بر محور دوران و به مرکز این محور به طور یکنواخت در حرکت است. سرعت ذره نسبت به دستگاه چرخان برابر v' و سرعت زاویه‌ای دستگاه چرخان ω است. در این صورت سرعت ذره نسبت به دستگاه مرجع ثابت (دستگاه اینرسی) دارای اندازه $v = v' + v_t = v' + R\omega$ است. v' هم جهت با سرعت مماسی $v_t = R\omega$ است. برای اینکه این ذره نسبت به **دستگاه مرجع ثابت** بر روی دایره با سرعت v حرکت کند باید بر آن نیروی F در امتداد شعاع به سوی مرکز وارد شود. (مثلاً نیروی کشش نخ که به وسیله آن ذره به مرکز دایره بسته شده است). اندازهٔ این نیرو برابر است با:

$$F = ma_n = m\frac{v^2}{R} = \frac{m(v' + R\omega)^2}{R} \qquad (1)$$

$$F = m\frac{v'^2}{R} + 2m\omega v' + mR\omega^2$$

a_n شتاب عمودی یا شتاب جانب مرکز ذره نسبت به دستگاه مرجع ثابت است. در این حالت ذره نسبت به دستگاه چرخان با شتاب $a'_n = \frac{v'^2}{R}$ در حرکت است. بنابراین نیروی وارد بر آن با توجه به رابطهٔ (۱) برابر است با:

$$ma'_n = m\frac{v'^2}{R} = F - 2m\omega v' - mR\omega^2 \qquad (2)$$

بنا به رابطهٔ (۲) بر ذره در دستگاه چرخان علاوه بر نیروی F دو نیروی $F_{cor} = -2m\omega v'$ و $F_{cf} = -mR\omega^2$ وارد می‌شود که به ترتیب این دو را نیروی کوریولیس و نیروی گریز از مرکز می‌نامند. نیروی گریز از مرکز بستگی به v' ندارد. اگر $v' = 0$ باشد نیروی کوریولیس از بین می‌رود. درحالتی که سرعت ذره نسبت به دستگاه چرخان یعنی v' هم جهت با سرعت مماسی $v_t = R\omega$ است نیروی کوریولیس شعاعی و به طرف خارج است. (به همین دلیل وقتی با اتومبیل پیچ جاده‌ای را دور می‌زنیم، هرگاه بخواهیم هم جهت با حرکت اتومبیل در داخل آن حرکت کنیم، نیروی گریز از مرکز بیشتری را تحمل می‌کنیم).

مطابق شکل ۵ ــ ب هرگاه سرعت v' ذره نسبت به دستگاه چرخان برخلاف جهت سرعت مماسی $v_t = R\omega$ باشد می‌توانیم بنویسیم:

$$F = m\frac{v^2}{R} = \frac{m(v' - R\omega)^2}{R} = \frac{mv'^2}{R} - 2m\omega v' + mR\omega^2$$

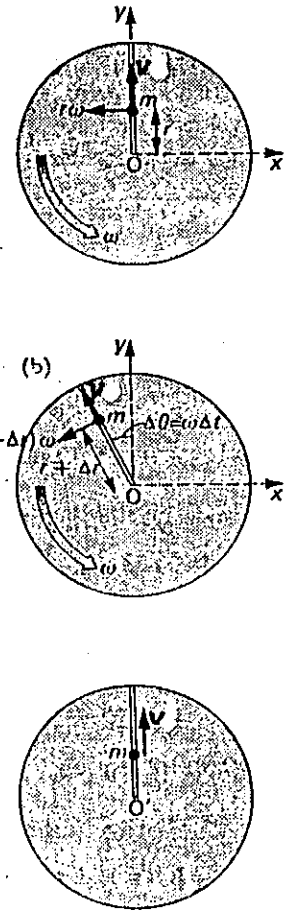
$$\Rightarrow m\frac{v'^2}{R} = F + 2m\omega v' - mR\omega^2$$

در این حالت دو نیروی F و $F_{cor} = 2m\omega v'$ در امتداد شعاع به سوی مرکز و نیروی $F_{cf} = -mR\omega^2$ در امتداد شعاع به طرف خارج مرکز است.[4]

۴ ــ می‌توان اندازه و جهت نیروی کوریولیس را با تحلیل زیر تعیین و مشخص کرد. مطابق شکل ۶ ــ الف جسمی به جرم m در امتداد ریلی متصل به صفحهٔ چرخان در حال حرکت است و این صفحه نسبت به دستگاه مرجع ساکن با سرعت زاویه‌ای ω می‌چرخد. فرض می‌کنیم در لحظه t ریل بر محور oy دستگاه مختصات ثابت oxy منطبق و جرم m به فاصله r از مرکز o است. جرم m در این لحظه علاوه بر سرعت v نسبت به صفحهٔ چرخان که در امتداد ریل دارد، دارای سرعت $r\omega$ عمود بر ریل به طرف چپ است. همنه‌های سرعت در این لحظه عبارت است از:

$$\begin{cases} v_x = -r\omega \\ v_y = v \end{cases} \qquad (1)$$

مطابق شکل ۶ ــ ب پس از زمان Δt، ریل صفحه چرخان به اندازه زاویه $\Delta\theta = \omega\Delta t$ می‌چرخد و جرم m به مسافت $\Delta r = v\Delta t$ به طرف خارج می‌رود. در زمان $t + \Delta t$ جرم m علاوه بر سرعت v در



شکل ۶

امتداد ریل دارای سرعت ω (r + Δr) عمود بر ریل است. هرگاه Δt بسیار کوچک باشد Δθ نیز بسیار کوچک و Cos Δθ ≃ ۱ و Sin Δθ ≃ Δθ است. همنه‌های سرعت بر روی دو محور ox و oy دستگاه مختصات ثابت عبارت است از:

$$\left|\begin{array}{l} v_x+\Delta v_x = -(r+\Delta r)\,\omega \mathrm{Cos}\Delta\theta - v\,\mathrm{Sin}\Delta\theta \\ \simeq (r+\Delta r)\,\omega - v\Delta\theta \end{array}\right. \qquad (۲)$$

$$\left|\begin{array}{l} v_y+\Delta v_y = v\,\mathrm{Cos}\Delta\theta - (r+\Delta r)\,\omega \sin\Delta\theta \\ \simeq v-(r+\Delta r)\,\omega\,\Delta\theta \end{array}\right. \qquad (۳)$$

رابطه‌های (۱) را از رابطه‌های (۲) و (۳) کم می‌کنیم با چشم پوشی از $\Delta r\Delta\theta$ نتیجه می‌شود.

$$\left|\begin{array}{l} \Delta v_x = -\omega\Delta r - v\Delta\theta \qquad (۴) \\ \Delta v_y = -r\omega\Delta\theta \qquad (۵) \end{array}\right.$$

چون $\Delta r = v\Delta t$ و $\Delta\theta = \omega\Delta t$ است با تقسیم دو طرف رابطه‌های (۴) و (۵) بر Δt خواهیم داشت.

$$\left|\begin{array}{l} a_x = \dfrac{\Delta v_x}{\Delta t} = -2\omega v \\ a_y = \dfrac{\Delta v_y}{\Delta t} = -r\omega^2 \end{array}\right.$$

a_x و a_y همنه‌های شتاب جرم m نسبت به دستگاه مرجع ساکن است. برای ایجاد این شتابها باید برجرم m نیروهای حقیقی (real forces) به صورت زیر وارد شود:

$$\left|\begin{array}{l} F_x = -2m\omega v \qquad (۶) \\ F_y = -mr\omega^2 \qquad (۷) \end{array}\right.$$

هرگاه نیروهایی مطابق رابطه‌های (۶) و (۷) بر جرم m وارد نشود این جرم نسبت به دستگاه مرجع ساکن با سرعت یکنواخت در امتداد خط راست در حرکت خواهد بود.

مطابق شکل ۶ ـ ج جرم m با سرعت یکنواخت نسبت به صفحه چرخان حرکت می‌کند. از دیدگاه ناظر چرخان که با همان سرعت زاویه‌ای ω در حرکت است، برای توجیه این حرکت برحسب قوانین نیوتن لزوماً باید نیروهایی منظور شود که با F_x و F_y تعادل کند. این نیروها عبارت‌است‌ازنیروی اینرسی کوریولیس $(F_{cor})_x = +2m\omega v$

که متقابل با نیروی معین شده در رابطه (۶) و نیروی اینرسی گریز از مرکز $(F_{cf})_y = +mr\omega^2$ که متقابل با نیروی مشخص شده در رابطه (۷) است.[۵]

لازم به یادآوری است که معمولاً دستگاه مرجع به گونه‌ای برگزیده می‌شود که تجزیه و تحلیل داده‌ها آسان‌تر گردد.

می‌دانیم قوانین حرکت نیوتن تنها به شرطی معتبر است که حرکت جسم نسبت به دستگاه مرجع اینرسی در نظر گرفته شود. منظور از دخالت دادن نیروهای اینرسی نظیر نیروی کوریولیس و گریز از مرکز این است که قوانین حرکت نیوتن که برای ناظر اینرسی معتبر است برای ناظر غیراینرسی نیز معتبر باشد. منشأ نیروهای اینرسی تنها انتخاب دستگاه مرجع شتابدار (مثلاً دستگاه مرجع چرخان در مثال مورد بحث) و تمایل به حفظ شکل معمولی قانون دوم حرکت $\Sigma\vec{F}=m\vec{a}$ است.[۶]

در یک دستگاه مرجع شتابدار نیز، می‌توان حضور نیروی

مجازی اینرسی را مانند نیروی حقیقی باور کرد. منظور از نیروی حقیقی نیرویی است که از طرف اجسام دیگر بر یک جسم وارد می‌شود مانند نیروی جاذبه، کشش نخ، نیروی اصطکاک، نیروی الکتریکی و مغناطیسی، اما عامل نیروی اینرسی، اثر متقابل بین دو جسم نیست. به همین علت نیروی اینرسی از قانون سوم نیوتن پیروی نمی‌کند. نیروی اینرسی علت حرکت نیست، معلول حرکت است.[۶]

۵ ــ برای توضیح بیشتر به مثال عددی زیر توجه کنید:

مثال: صفحه‌ای با سرعت زاویه‌ای ۱۰ دور در دقیقه می‌چرخد. متحرکی (مثلاً یک موش) به جرم ۲۰۰ گرم در امتداد شعاع به طرف خارج با سرعت ثابت ۰/۵ متر بر ثانیه نسبت به صفحه چوخان در حرکت است. هنگامی که متحرک به فاصله ۲ متری از محور دوران است اندازه نیروهای وارد برآن را محاسبه و جهت نیروها را مشخص کنید.

حل: مسیر حرکت متحرک نسبت به دستگاه مرجع اینرسی (مثلاً دستگاه مرجع ساکن نسبت به زمین) پیچیده و سرعت و شتاب آن متغیر است. امّا تحلیل این مسأله در دستگاه مرجع چرخان بسیار ساده‌تر است. زیرا از دیدگاه ناظر این دستگاه، متحرک با سرعت ثابت بر روی خط راست بدون شتاب در حرکت است. نیروهای حقیقی وارد بر متحرک عبارت است از وزن آن و نیروی عمودی که صفحه برآن وارد می‌کند و نیروی اصطکاک. نیروهای اینرسی در این حرکت عبارت است از نیروی اینرسی کوریولیس و نیروی اینرسی گریز از مرکز.

مطابق شکل ۷ ــ الف نیروهای وارد بر متحرک را در سه امتداد عمود برهم مشخص می‌کنیم. جهت دوران صفحه در شکل نشان داده شده است. خواهیم داشت:

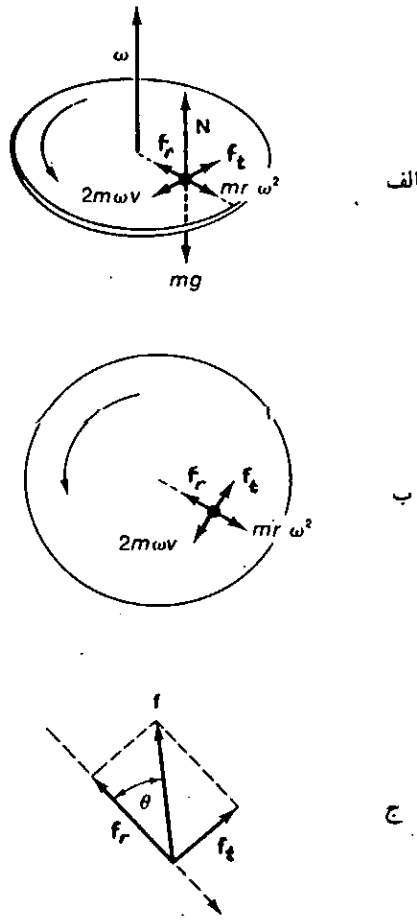
نیروی گرانش زمین که به طرف پایین است. $w = mg$

نیروی عمودی به طرف بالا که از طرف صفحه برموش وارد می‌شود. $N =$

نیروی کوریولیس که جهت آن در شکل مشخص شده است. $F_{cor} = 2m\omega v$

نیروی گریز از مرکز که در امتداد شعاع به طرف خارج است. $F_{cf} = mr\omega^2$

چون جسم با سرعت ثابت در امتداد خط راست در حرکت است در دستگاه مرجع چرخان دارای تعادل دینامیک است. بنابراین دو نیروی افقی کوریولیس و گریز از مرکز باید با نیروهای افقی دیگر یعنی نیروی اصطکاک تعادل کند. همنه‌های شعاعی و مماسی نیروی اصطکاک به ترتیب با f_r و f_t نشان داده شده است. f_r به طرف مرکز و با نیروی گریز از مرکز که به طرف خارج است تعادل می‌کند. f_t با نیروی کوریولیس در تعادل است. (شکل ۷ ــ ب) چون متحرک نمی‌لغزد



شکل ۷

اصطکاک استاتیک مورد نظر است. خواهیم داشت:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times \frac{10}{60} = \frac{\pi}{3}\ \frac{rad}{s}$$

$$f_r = m\cdot\omega^2 = 0/2\times 2 \times (\frac{\pi}{3})^2 = 0/438\ N$$

$$f_t = 2\ m\omega v = 2 \times 0/2 \times \frac{\pi}{3} \times 0/5 = 0/209\ N$$

مطابق شکل ۷ ــ ج می‌توانیم اندازه و جهت نیروی اصطکاک را نیز پیدا کنیم.

$$f = \sqrt{f_r^2 + f_t^2} = 0/485^N$$

$$tg\theta = \frac{f_t}{f_r} = \frac{0/209}{0/438} = 0/477$$

$$\theta = 25/5^\circ$$

برای اینکه جسم متحرک سرعت ثابت را در امتداد شعاع و به طرف خارج حفظ کند باید با ایجاد نیروی اصطکاک لازم نیروهای اینرسی را بی‌اثر سازد.[۷]

۶ ــ با تحلیل مفصل‌تر می‌توان نتیجه گرفت که در حالت کلی هرگاه بر روی صفحه‌ای که با سرعت زاویه‌ای $\vec{\omega}$ دوران می‌کند، جرم m با سرعت نسبی $\vec{v}$ در هر جهتی حرکت کند، نیروی کوریولیس از رابطه $\vec{F}_{cor} = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}$ به دست می‌آید. این رابطه برداری نشان می‌دهد که امتداد نیروی کوریولیس همواره بر امتداد سرعت و محور دوران عمود است و جهت آن مطابق قاعده دست راست مربوط به حاصل ضرب برداری دو بردار به دست می‌آید. می‌توانید، این موضوع را در مثالهایی که ذکر شد بررسی کنید.

به همین ترتیب نیروی گریز از مرکز از رابطهٔ $\vec{F}_{cf} = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$ نتیجه می‌شود.

می‌دانیم هرگاه برآیند نیروهای حقیقی وارد بر جرم m برابر $\vec{F}$ و شتاب حرکت آن نسبت به یک دستگاه مرجع اینرسی (مثلاً دستگاه مرجع ساکن نسبت به زمین) برابر $\vec{a}$ باشد قانون دوم حرکت که شامل قانون اول نیز هست با رابطهٔ $\vec{F} = m\vec{a}$ بیان می‌شود. اما اگر بخواهیم این قانون را برای دستگاه مرجع چرخان نیز تعمیم دهیم باید قانون دوم حرکت را به صورت رابطه زیر درنظر بگیریم:

قانون دوم نیوتن (در دستگاه مرجع چرخان)

$$\underbrace{\vec{F}_{real} + \vec{F}_{cor} + \vec{F}_{cf}}_{\Sigma\vec{F}'} = m\vec{a}'$$

در این صورت m جرم جسم و $\vec{a}'$ شتاب حرکت جسم نسبت به دستگاه مرجع چرخان است.

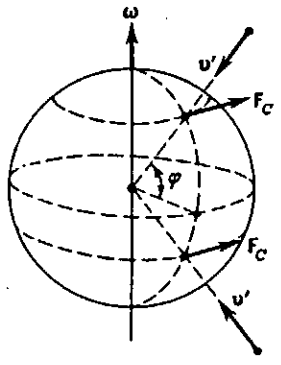
$\vec{F}_{real}$ برآیند همهٔ نیروهای «حقیقی» وارد بر جسم مانند نیروهای قیدی، کشش نخ، نیروی گرانش، نیروهای الکتریکی و مغناطیسی و نظیر آنهاست. این نیروها در دستگاه مرجع ساکن نیز منظور می‌شود.

$\vec{F}_{cor} = -2m(\vec{\omega} \times \vec{v})$: نیروی کوریولیس همواره عمود بر سرعت $\vec{v}$ جسم متحرک و موجب انحراف آن است. هرگاه جسم در دستگاه مرجع چرخان بدون سرعت باشد نیروی کوریولیس وجود نخواهد داشت. نیروی کوریولیس یک نیروی اینرسی است و در دستگاه مرجع ساکن منظور نمی‌شود. (به علامت منفی توجه کنید).

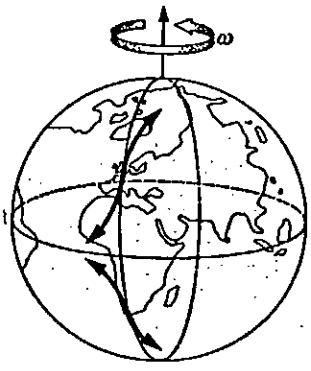
$\vec{F}_{cf} = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$: نیروی گریز از مرکز به مکان جسم بستگی دارد و همواره در امتداد شعاع و به طرف خارج است. این نیرو یک نیروی اینرسی است و در دستگاه مرجع ساکن منظور نمی‌شود. (به علامت منفی توجه کنید).[۸]

۷ ــ اصطلاح اثر کوریولیس (Coriolis Effect) یا انحراف کوریولیس (Coriolis Deflection) مربوط به پدیده‌های متعددی است که با نیروی کوریولیس ارتباط دارد. مهمترین آنها عبارت است از:

* مطابق شکل ۸ ــ الف نیروی کوریولیس ناشی از دوران حرکت زمین موجب می‌شود که جسم درحال سقوط آزاد به طرف مشرق خط قائم مکان آن منحرف شود.



الف

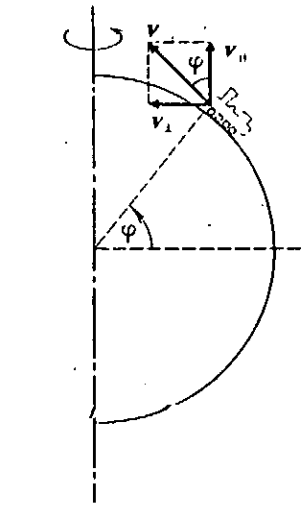


ب

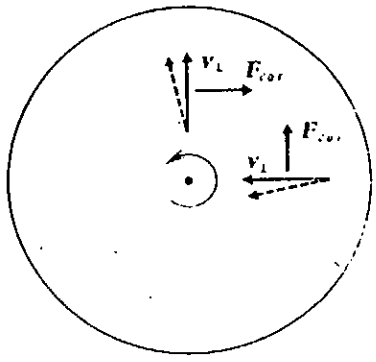
شکل ۸

در شکل ۸ ــ ب انحراف مسیر پرتابه‌ها بسته به جهت حرکت آنها نشان داده شده است. پرتابه‌ای که در نیمکره شمالی به طرف شمال پرتاب می‌شود بر اثر نیروی کوریولیس به طرف راست منحرف می‌گردد. اندازه این انحراف را می‌توان محاسبه کرد.

* مطابق شکل ۹ ــ الف قطاری در نیمکره شمالی بر روی نصف‌النهاری به طرف شمال می‌رود. بر اثر نیروی کوریولیس ریل سمت راست بیشتر از ریل سمت چپ سایيده می‌شود. هرگاه قطار در عرض جغرافیایی φ دارای سرعت V باشد. همنه‌های این سرعت موازی با محور زمین با $V_{\parallel}$ و عمود بر آن با $V_{\perp}$ نشان داده شده است. جهت و اندازه همنه $V_{\parallel}$ تحت تأثیر چرخش زمین نیست و درنتیجه این همنه با نیروهای اینرسی ارتباطی ندارد. قطار به جرم m تحت تأثیر نیروی اینرسی با اندازه $F_{cor} = 2m\omega v \sin\varphi = 2m\omega V_{\perp}$ است.



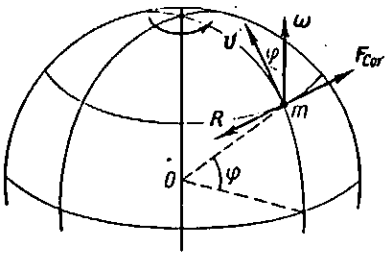
الف



ب

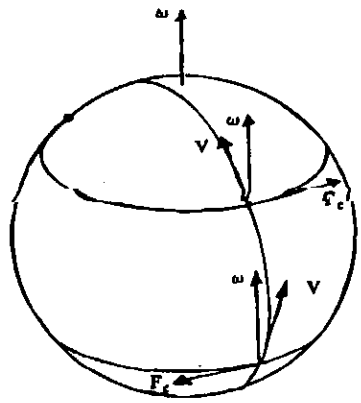
شکل ۹

در شکل ۹ ــ ب همنه $V_\perp$ در لحظه $t + dt$ با خط نقطه چین و نیروی کوریولیس از دیدگاه قطب شمال نشان داده شده که همواره در جهت راست حرکت قطار است. بنابراین ریل سمت راست بیشتر از ریل سمت چپ ساییده می‌شود.



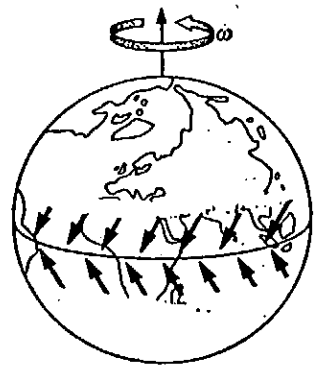
شکل ۱۰

توضیح بیشتر این است که مطابق شکل ۱۰ می‌توانیم بگوییم: در دستگاه مرجع وابسته به زمین، همنهٔ شتاب قطار در امتداد عمود بر صفحه نصف‌النهار صفر است. بنابراین مجموع تصویر نیروهای وارد بر قطار در این امتداد صفر خواهد بود. معنی آن این است که باید نیروی کوریولیس با نیروی جانبی $\vec{R}$ که به وسیله ریل سمت راست بر قطار وارد می‌شود تعادل کند یعنی $\vec{F}_{cor} = -\vec{R}$. مطابق قانون سوم نیوتن قطار نیز بر ریل نیروی $\vec{R} = -\vec{R}$ وارد می‌کند. در نتیجه $\vec{R} = \vec{F}_{cor}$ اندازه بردار $\vec{R}$ برابر است با $R = 2mv\omega\sin\varphi$



شکل ۱۱

* مطابق شکل ۱۱ رودخانه‌های نیمکرهٔ شمالی پیوسته به جانب راست و رودخانه‌های جنوبی به طرف چپ پیچ می‌خورند. این موضوع به افتخار بُر (Baer، زیست‌شناس استونیایی، ۱۸۷۶ ــ ۱۷۹۲) قانون بُر نامیده می‌شود. رودخانه‌ها در نیمکرهٔ شمالی موانع را از طرف راست و در نیمکره جنوبی از طرف چپ دور می‌زنند.



شکل ۱۲

هوای نزدیک استوا که معمولاً گرمتر از هوای نقاط با عرض جغرافیایی بیشتر است، در امتداد قائم به بالا می‌رود و بادهایی که از مناطق معتدل‌تر به طرف استوا می‌وزد جانشین آن می‌شود.

مطابق شکل ۱۲ بر اثر نیروی کوریولیس که در دستگاه مرجع چرخان وابسته به زمین دخالت می‌کند، جهت وزش این بادها در نیمکرهٔ شمالی از شمال شرقی به جنوب غربی و در نیمکرهٔ جنوبی از جنوب شرقی به طرف شمال غربی است. این بادها که در هر دو طرف

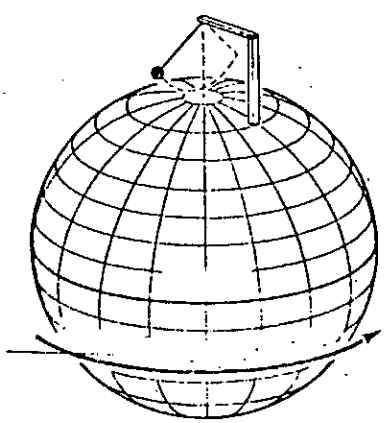
منطقهٔ استوایی برقرار است بادهای تجارتی (trade winds) نامیده می‌شود.

هوای گرم و سبک استوا که بالا رفته است، در طبقات بالا به جانب قطب می‌رود و در نتیجه بادهایی به نام (anti-trade) تولید می‌شود.

در کتابهای فارسی این دو نوع باد را به نام فرانسوی آنها به ترتیب بادهای آلیزه (vents alizés) و ضدآلیزه (Vents contre alizés) می‌نامند.

بادهای تجارتی معمولاً منظم و از بادهای دیگر یکنواخت‌تر است. آلیزه از لغت قدیمی فرانسه alis به معنای نظم مشتق شده است. دریانوردان پرتقالی نظر به استفاده‌ای که از این باد برای حمل و نقل کالاهای بازرگانی می‌بردند آنرا باد تجارتی نام داده بودند.

* ژان برنارد لئون فوکو (۱۸۶۸ ــ ۱۸۱۹) دانشمند فرانسوی در سال ۱۸۵۱ آزمایش معروفی را با آونگ در زیر طاق بلند و وسیع پانتئون پاریس انجام داد. آونگ از سیمی تشکیل یافته بود که ۶۷ متر طول داشت و گلوله‌ای به وزن ۲۸ کیلوگرم به انتهای آن آویخته بود. برای اینکه تغییر مکان صفحه نوسان آونگ معلوم باشد روی میزی شن ریخته بود و سوزنی که به انتهای گلوله نصب شده بود ضمن عبور، خراشی بر روی شن وارد می‌کرد. سوزن وزنه روی شن خطهایی رسم کرد که در هر لحظه امتداد آن تغییر می‌نمود. پس از حدود ۳۲ ساعت خطی را که سوزن رسم کرد بر همان امتداد اولیه‌اش منطبق بود. به عبارت دیگر در این مدت صفحه نوسان آونگ ۳۶۰ درجه چرخیده بود. ناظری که همراه زمین درحال چرخش است. این آزمایش را با نیروی کوریولیس توضیح خواهد داد. در واقع نیروی کوریولیس عمود بر محور زمین و جهت حرکت آونگ و به عبارت دیگر عمود بر صفحه نوسان آونگ است و تأثیرات این نیرو با هم جمع شده، درنتیجه صفحه نوسان آونگ را نسبت به زمین تغییر می‌دهد.



شکل ۱۳

مطابق شکل ۱۳ هر گاه فرض کنیم در قطب شمال زمین آونگی در امتداد محور آن آویخته و به نوسان در آید صفحه نوسان آونگ در مدت ۲۴ ساعت ۳۶۰ درجه می‌چرخد. در واقع صفحه نوسان آونگ هنگام نوسان همواره ثابت است ولی هر نصف‌النهار زمین در ۲۴ ساعت کلیه امتدادها را با صفحه نوسان پیدا می‌کند. چون ما حرکت وضعی زمین را که از مغرب به مشرق است نمی‌بینیم، تصور می‌کنیم صفحه نوسان آونگ نسبت به زمین از شرق به غرب می‌چرخد. (در جهت حرکت عقربه‌های ساعت). هر قدر از قطب شمال به استوا نزدیک‌تر شویم زمان یک دور چرخش صفحهٔ نوسان آونگ طولانی‌تر است و می‌توان این زمان را برحسب عرض جغرافیایی هر نقطه محاسبه کرد.

نتیجه آزمایش فوکو با آونگ یعنی چرخیدن صفحه نوسان آونگ در جهت خاص و پیش‌بینی شده مطابق با محاسبه، دلیل غیرقابل انکار برای حرکت وضعی زمین و درستی قوانین مکانیک است.

مراجع:

1 - Harveye, ... Modern college physiscs, 1963, p. 110.

2 - Jean Rossel, physique Générale, 1963, p. 106.

3 - Borowits, ... A contemporary view of elementary physcics, 1968, p. 144.

4 - I.V. Savelyev, physics a general course, volume I, 1980, p. 126.

5 - F.C. Flack, motion, Penguin Education, 1973, p. 260.

۶ ــ ر. ک. به رشد آموزش فیزیک شمارهٔ ۱۰ ــ ۹ مقالهٔ نیروی گریز از مرکز و شمارهٔ ۱۸ ــ ۱۷ مقالهٔ نیروی گریز از مرکز (واقعیت یا توهم).

7 - Alvin Hudson,... university physics 1982, p. 283.

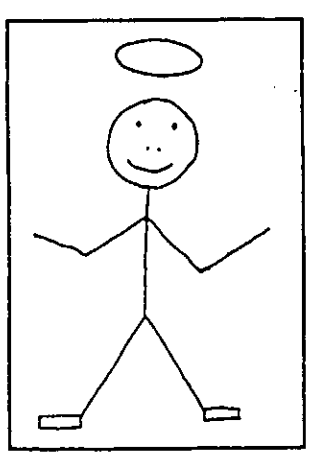
8 - A.P. French, Newtonian Mechanics, 1971, P. 525.

حلقه‌های الکتروستاتیک ارزان[1]

نوشته: دکتر دوی ملن[2]
ترجمه: جهانگیر یگانگی

۱ـ الکترواستاتیک
۲ـ الکتریسیته (ساکن)
۳ـ آزمایش (بازی الکتریکی)

اگر رطوبت کم و لباس و کفشهایتان مناسب باشد و نیز کسی قالیچهٔ زیر پای شما را نکشد می‌توانید حلقه‌ای را بالای سر خود معلق نگه دارید! نوار نازک و باریکی از زرورق یا پلاستیک با اندود فلزی را به شکل حلقه درآورده و در دست نگهدارید و در حالی که کفش چرمی یا جوراب پلی‌استر پوشیده‌اید کف پای خود را روی قالیچه پشمی یا ماشینی بکشید. وقتی حلقه به قدر کافی باردار شد با رها کردن آن، بالای دست یا سرتان شناور خواهد ماند (شکل ۱). نیروی رانشی الکتروستاتیک بین دست یا سر باردار شما و



شکل ۱ ــ شناور نگهداشتن حلقه زرورقی باردار

زرورق باعث می‌شود که حلقه شناور بماند (اخیراً چندین آزمایش مشابه و مربوط به این موضوع منتشر شده است).

با همین روش، اگر کفش یا دمپایی نارسانا بپوشید و دست خود را که در یک جوراب یا دستکش پلی‌استر است روی قالیچهٔ پشمی یا ماشینی مالش دهید، بدن شما باردار خواهد شد و در نتیجه می‌توانید حلقه‌ای را معلق سازید (شکل ۲). اگر کف کفشتان نارسانا باشد، حلقه به مدت بیشتری معلق می‌ماند زیرا در این حالت بار از پای شما به زمین منتقل نمی‌شود. من به این نتیجه رسیده‌ام که کف کفشهای لاستیکی سفید یا زرد به عنوان نارسانا بهتر از کفشهای تیره کار می‌کند.

انتخاب مجموعه درست مواد اهمیت دارد. هرگاه دو ماده از فهرست زیر به هم مالش داده شوند ماده با شمارهٔ کوچکتر تمایل دارد دارای بار مثبت و مادهٔ با شماره بزرگتر دارای بار منفی شود:

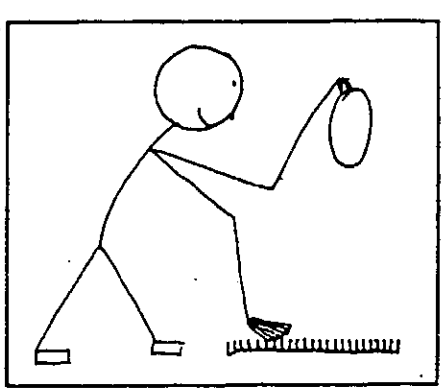
۱ ــ پشم	۲ ــ بلازبال
۳ ــ نایلون	۴ ــ ویسکوز (رایون ــ ابریشم مصنوعی)
۵ ــ ابریشم	۶ ــ پوست انسان
۷ ــ اورتان فوم	۸ ــ اُرلون آکریلیک
۹ ــ پلی‌استایرین	۱۰ ــ آکریلیک
۱۱ ــ پلی‌استر	۱۲ ــ بادکنک[3]

مثلاً اگر قالیچهٔ نایلونی (شماره ۳) با جوراب پلی‌استر (شماره ۱۱) به هم مالش داده شوند اولی دارای بار مثبت و دومی دارای بار منفی می‌شود.

انتخاب درست مجموعه مواد احتیاج به آزمایش دارد، زیرا اثر الکتریسیته مالشی (اثر تریبوالکتریک) بستگی به روش تولید یک ماده یا آغشته و پاک شدن آن به طریق شیمیایی دارد. هنگامی انتظار نتایج مناسب را داشته باشید که مقدار رطوبت کم باشد.

توجّه کنید که پوست بدن انسان در کجای فهرست فوق قرار دارد. تا به حال نتوانسته‌ام با مالش دست با پای برهنه بر روی قالیچه ماشینی حلقه‌ای را معلق کنم. اگرچه با مالش دادن پای برهنهٔ خود روی قالیچهٔ پلی‌استر به آسانی حلقه را معلق می‌سازم.

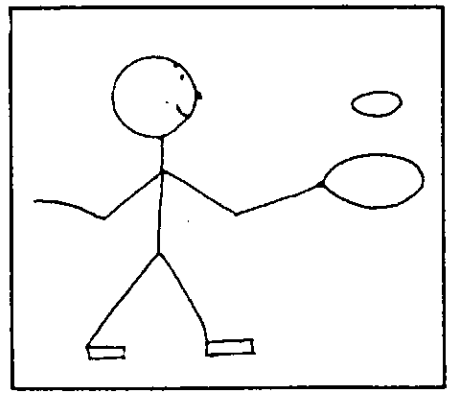
اگر یک میله فلزی را به صورت دایره درآورید (مطابق شکل ۳) می‌توانید یک شیٔ پلاستیکی با اندود فلزی را بالای آن معلق نگهدارید. در آغاز به حلقه پلاستیکی و حلقه فلزی یک نوع بار بدهید سپس حلقه پلاستیکی را رها کرده و حلقهٔ فلزی را زیر آن نگه دارید. توجّه داشته باشید که ماکزیمم شدت میدان



شکل ۲ ــ باردار کردن از راه مالش دستی که در جوراب پلی‌استر است روی قالیچهٔ ماشینی در حالی که کف کفش نارسانا است.

الکتریکی در امتداد محور یک حلقه باردار به فاصله ۰/۷۰۷R از مرکز دایره است (R شعاع دایره است). یک شیٔ باردار نمی‌تواند بیشتر از این فاصله به حلقه نزدیک شود. حلقه پلاستیکی تمایل دارد یا اطراف یا درون حلقهٔ فلزی حرکت کند.

در حالی که شیٔ را معلق نگه می‌دارید به اثر بلند کردن پا از روی زمین توجّه داشته باشید زیرا باری که در پایین پایتان قرار دارد، به واسطه کف پا دوباره در تمام بدن شما پخش می‌شود. برای بیشتر باردار کردن حلقه، پیش از رها کردن، ابتدا یک پا را از زمین بلند کنید.



شکل ۳ ــ معلق نگهداشتن یک حلقه زرورقی بالای یک حلقهٔ فلزی

می‌توان گویهایی از پلاستیک با اندود فلزی و یا اشیاء دیگری ساخت و آنها را معلق نگهداشت. و با بهم بستن سه حلقه می‌توان گوی بازی ساخت چنین گویهایی سبک بوده و می‌توان از آنها بجای گویهای آقطی یا گویهایی از ورقهٔ آلومینیومی در آزمایشهای الکترواستاتیک استفاده کرد. نوارهای باریک و نازکی از پلاستیک با اندود فلزی برای ساختن اشیاء سبک که به راحتی معلق می‌شوند بسیار مناسب هستند. از انتهای نوارها اجتناب کنید زیرا بار تمایل دارد که از نقاط تیز نشت کند.

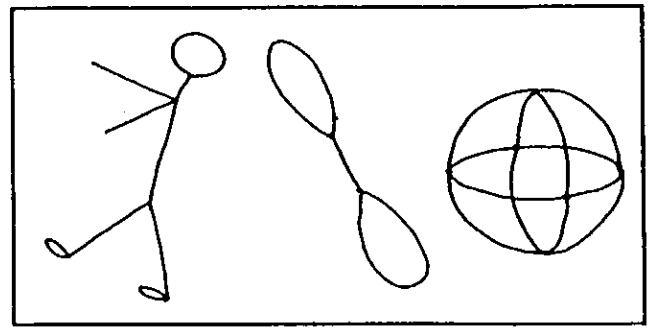
اشیا بزرگ می‌توانند به آسانی اشیاء کوچک چه از نظر تجربی و چه از نظر تئوری معلق شوند به شرط آنکه همگی از نوارهای پلاستیکی با اندود فلزی به ضخامت و پهنای یکسان ساخته شوند. تحلیل تئوری ابتدایی به این شرح است که پتانسیل الکتریکی کره‌ای توخالی به شعاع r و بار q از رابطهٔ $V=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ به دست می‌آید (ε_0 قابلیت گذردهی فضای آزاد یا خلأ است).

فرض کنید که با مالش دادن پا، پتانسیل یکسانی در شخص و کره، مستقل از اندازه کره ایجاد می‌شود. وقتی کره رها می‌شود بار روی کره به طور خطی با شعاع افزایش می‌یابد. فرض کنید که بار روی بدن شخص Q و فاصله‌اش از کره R، هر دو مستقل از اندازه کره‌ای باشد که رها می‌شود. نیروی الکتریکی که باعث شناوری جسم می‌شود از رابطه $F_e=\frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$ به دست می‌آید که به طور خطی با q با r افزایش می‌یابد.

نیروی $(K=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\simeq 9\times10^9\ Nm^2/C^2)$ گرانشی رو به پایین F_g که بر یک کره وارد می‌شود از رابطهٔ $F_g=4\pi r^2\rho tg$ محاسبه می‌شود که در آن ρ چگالی و t ضخامت پلاستیک با اندود فلزی است. بنابراین نیروی گرانشی با r^2 افزایش می‌یابد. امّا اگر نوارهایی از پلاستیک با اندود فلزی به ضخامت و پهنای یکسان برای ساختن کره استفاده شود، مطابق شکل ۳، نیروی گرانشی به مانند نیروی الکتریکی تنها متناسب با طول نوارهایی است که برای ساختن کره به کار می‌رود که متناسب با r است.

برخی از مواد پوشاکی می‌توانند برای معلق کردن یک حلقه به کار روند. هنگامی که پیراهن پشمی به تن داشته باشیم و آنرا با دستی که درون جوراب پلی‌استر است مالش دهیم پیراهن دارای بار مثبت و جوراب دارای بار منفی می‌شود. با درآوردن پیراهن در صورتی که کفشتان نارسانا باشد به مقدار کافی بار منفی دارید تا حلقه‌ای را معلق کنید.

با پوشیدن مواد پلی‌استر و مالش دادن آن با دستی که پوشش پلی‌استر دارد پلی‌استر دارای بار منفی و بدن دارای بار مثبت می‌شود. با کنار گذاشتن پلی‌استر به قدر کافی بار مثبت دارید تا حلقه‌ای را معلق سازید.



شکل ۴ ــ نمونه‌ای از شکلهایی که می‌توان از نوارهایی از پلاستیک زرورقی ساخت.

زیرنویسها:

1 - Inexpensive Electrostatic Halos

2 - Walter Roy Mellen

University of Lowell, Lowell, MA 01854.

3 - 1. Wool 2. Blase Ball
3. Naylon 4. Viscose (rayon)
5. Silk 6. Human skin
7. Urethane foam 8. Orlon acrylic
9. Polystyrene 10. Acrylic
11. Polyster 12. Rubber Balloon

مرجع:

THE PHYSICS TEACHER,
DECEMBER 1990, PAGE 612 - 613.

مسائل هفتمین المپیاد بین‌المللی فیزیک (سال ۱۹۷۴)

ورشو ـ لهستان

نوشتهٔ پرفسور آر. کونفالوی[۱]

ترجمهٔ دکتر منیژه رهبر[۲]

مسأله ۱ـ یک اتم هیدروژن درحالت پایه با اتم هیدروژن دیگری که ساکن و درحالت پایه است برخورد می‌کند. کمترین سرعت محتمل برای برخورد غیرلاستیک چقدر است؟ اگر سرعت بیشتر باشد، نور تابش می‌شود و این نور می‌تواند در جهت سرعت اولیه و یا درخلاف جهت آن مشاهده شود. فرکانس این نورها چقدر با فرکانس طبیعی تفاوت دارد؟ جرم اتم هیدروژن $1/67\times10^{-27}kg$ و انرژی یونش آن

$$E=13/6eV=2/18\times10^{-18}J$$

حل ـ انرژی اتم هیدروژن درحالت پایه $E_1=-E\times\frac{1}{1^2}$ و در اولین حالت برانگیخته $E_2=-E\times\frac{1}{2^2}$ است. کوچکترین کوانتوم انرژی که اتم هیدروژن جذب می‌کند:

$$\Delta=E_2-E_1=E\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{2^2}\right)=$$

$$\frac{3}{3}\times E=1/163\times10^{-18}J$$

باید کوچک‌ترین سرعتی را پیدا کنیم که برای آن افت انرژی در برخورد، برابرمقدار فوق باشد. ازآنجا که حداکثر افت انرژی در برخورد غیرالاستیک رخ می‌دهد، سرعت بعداز برخورد $\frac{V}{2}$ است. تفاوت انرژیهای جنبشی اولیه و ثانویه:

$$\frac{mV^2}{2}-\frac{2m\left(\frac{V}{2}\right)^2}{2}=\frac{mV^2}{4}$$

این مقدار باید برابر کوچک‌ترین کوانتوم انرژی باشد:

$$\Delta E=\frac{mV^2}{4},$$

بنابراین: $V=\sqrt{\frac{4\Delta E}{m}}=6/26\times10^4\frac{m}{s}$

سرعت هر دو اتم بعداز برخورد غیرالاستیک:

$$\frac{V}{2}=3/13\times10^4\frac{m}{s}$$

پاسخ سؤال دوم دررابطه باپدیدهٔ دوپلر است. برای سرعتهایی که درمقایسه با سرعت نورکوچك است نسبت سرعتهای نسبی بانقریب خوبی تغییر فرکانس نسبی‌را به‌دست می‌دهد:

$$\frac{۶/۲۶\times۱۰^{۴}}{۳\times۱۰^{۸}}=۲/۰۹\times۱۰^{-۴}=\%۲/۰۹\times۱۰^{-۲}$$

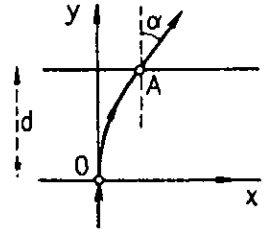
فرکانس مزبور برای یکی ازپرتوهای نـورکوچك‌تر یا بزرگ‌تر ازاین نسبت است.

مسأله ۲ـ ضریب شکست تیغه‌ای به‌ضخامت d طبق رابطهٔ زیر تغییرمی‌کند:

$$n=\frac{n_{\circ}}{۱-\frac{x}{r}}$$

یك باریکهٔ نور ازهوا، عمودبرسطح، درنقطه O وارد تیغه‌شده ازنقطهٔ A بازاویهٔ α خارج می‌شود (شکل ۲۹) ضریب شکست n_A در نقطهٔ A را پیدا کنید. محل نقطهٔ A و ضخامت تیغه را تعیین کنید.

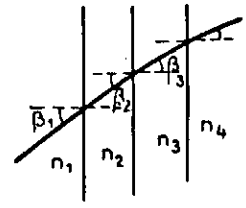
$$(n_{\circ}=۱/۲\ ،\quad r=۱۳cm\quad و\quad \alpha=۳۰^{\circ})$$



شکل ۲۹

حل ـ ابتدا مسیرنوررا بررسی می‌کنیم (شکل ۳۰).

برای عبور ازدرون تیغه‌های موازی بـاضرایب شکست متفاوت می‌توان قانون اسنل را به‌کاربرد:



شکل ۳۰

$$\frac{\sin\beta_{۱}}{\sin\beta_{۲}}=\frac{n_{۲}}{n_{۱}}\quad و\quad \frac{\sin\beta_{۲}}{\sin\beta_{۳}}=\frac{n_{۲}}{n_{۳}}\quad و\ \ldots$$

به‌شکل ساده‌تر:

$$n_{۱}\sin\beta_{۱}=n_{۲}\sin\beta_{۲}\quad و\quad n_{۲}\sin\beta_{۲}=n_{۳}\sin\beta_{۳}\quad و\ \ldots$$

این‌فرمولها برای‌لایه‌های نازك معتبراست بنابراین دراین‌مسأله که ضریب شکست فقط درراستای محور x تغییرکند:

$$n_x\sin\beta_x=\text{ثابت}$$

دراین مسأله‌یك‌باریکهٔ عمودی‌ازنقطه‌ای وارد می‌شودکه ضریب شکست آن $n_{\circ}$ است، این $\beta_x=۹۰^{\circ}$، $n_x=n_{\circ}$، $n_{\circ}$ ثابت‌است و در هرنقطه از تیغه:

$$n_x\sin\beta_x=n_{\circ}$$

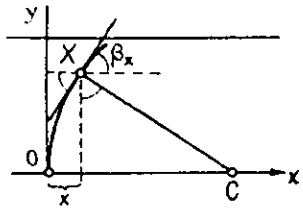
رابطهٔ بین n_x و x را می‌دانیم، بنابراین‌درراستای باریکهٔ نور درتیغه داریم:

$$\sin\beta_x=\frac{n_{\circ}}{n_x}=۱-\frac{x}{r}=\frac{r-x}{r}.$$

شکل ۳۱ نشان می‌دهدکه مسیر باریکهٔ نور دایـره‌ای به شعاع $XC=r$ است وهمان‌طورکه مورد نظر بود

$$\frac{OC-x}{XC}=\sin\beta_x$$

حال‌که مسیرنور را می‌دانیم. می‌توانیم به‌سؤالات پاسخ دهیم. درنقطهٔ A، طبق قانون شکست، برای‌نورخروجی داریم:



شکل ۳۱

$$n_A=\frac{\sin\alpha}{\sin(۹۰-\beta_A)}=\frac{\sin\alpha}{\cos\beta_A}$$

از رابطهٔ $n_A\sin\beta_A=n_{\circ}$ داریم:

$$\sin\beta_A=\frac{n_{\circ}}{n_A}$$

$$\cos\beta_A=\sqrt{۱-\left(\frac{n_{\circ}}{n_A}\right)^{۲}}$$

وبنابراین

$$n_A=\frac{\sin\alpha}{\sqrt{۱-\left(\frac{n_{\circ}}{n_A}\right)^{۲}}}$$

ازاین‌رو

$$n_A=\sqrt{n_{\circ}^{۲}+\sin^{۲}\alpha}$$

دراین مسأله

$$n_A=۱/۳$$

طول نقطهٔ A درامتداد محور x از رابطهٔ $۱/۳ = \frac{۱/۲}{۱ - \frac{x}{۱۳}}$

برابر $x = ۱cm$ به‌دست‌می‌آید. معادله مسیرنور عبارت‌است از:

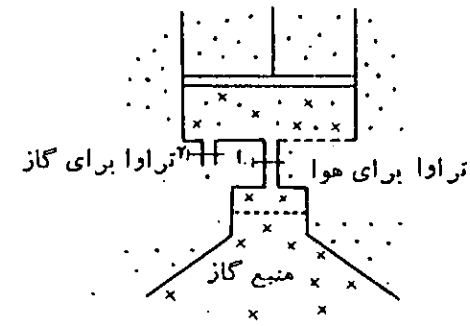
$$y^۲ + (r-x)^۲ = r^۲$$

باجایگذاری $x = ۱$ ضخامت تیغه به‌دست می‌آید:

$$y = d = ۵cm$$

مسأله ۳- کشتی یك‌گروه اکتشاف علمی در نزدیکی یك‌جزیرهٔ غیرمسکونی خراب می‌شود. آنها هیچ‌منبعی در اختیار ندارند ولی منبعی ازیك‌گاز بی‌اثر را می‌یابند. این‌گازاز هواسنگین‌تر و فشار ودمای آن‌برابرفشار ودمای‌محیط اطراف است. این‌گروه دونوع غشاء دراختیار دارندکه یکی‌از آنها فقط برای گاز و دیگری فقط برای هوا تراواست. نقشهٔ موتوری‌را طرح‌کنیدکه بتواند کارانجام دهد.

حل - باید از دوقانون مهم استفاده‌کرد. اگرمخلوطی از گازها درظرفی موجود باشد، فشارجزئی هرگاز برابرفشاری است که اگرگاز به‌تنهایی درهمان دما ظرف را اشغال می‌کرد وارد می‌شد. درمورد مخلوطی ازگازها، فشارسنج(مانومتر) مجموع فشارهای جزئی را نشان می‌دهد. اگرغشا برای‌گازمعینی تراوا باشد، فشارجزئی‌گاز در دوطرف غشاء برابر است. درموتور شکل ۳۲ غشاء تراوا برای‌گاز، درلوله‌ای است‌که منبع‌را به استوانهٔ زیرپیستون وصل می‌کند.



شکل ۳۲

غشاء تراوای هوا درزیراستوانه است. فشار زیرپیستون‌همواره یك‌جو است و ازاین‌رو کارانجام‌شده برای هوا اهمیت ندارد. ابتدا شیر ۱ درلوله منتهی به‌غشاء تراوای گازرا باز می‌کنیم. فشارجزئی‌گاز دردوطرف ودرنتیجه درزیرپیستون برابراست. درنتیجه فشارکل استوانه ۲ جو می‌شود. وبنابراین پیستون بالا رفته کارانجام می‌دهد. بابستن‌شیر ۱ می‌توانیم ازحرکت پیستون به‌سمت بالا جلوگیری‌کنیم وباباز کردن شیر ۲ پیستون بدون انجام کاری به‌وضعیت نخست برمی‌گردد.

اگراستوانه رسانای خوب‌گرما و فرآیند به‌اندازهٔ کافی کند باشد، فرآیند تکدما بوده وکارانجام‌شده برابراست با:

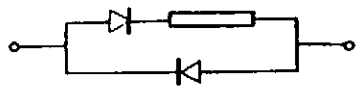
$$RT\ln\frac{V_۲}{V_۱}$$

نیازی نیست‌که به‌کارآیی توجه‌کنیم زیرا این فرایند چرخه‌ای نیست.

باداشتن دوغشاء همین‌فرآیند را می‌توان درمنبعی ازگاز که باخلأ احاطه شده است مشاهده‌کرد.

مسأله تجربی- دو دیود (نیمرسانا) ازیك‌نوع که بایك‌مقاومت اهمی به‌طریق نامعلومی به‌یکدیگر متصل شده‌اند درجعبه‌ای‌قرار دارند. مقاومت اهمی‌این‌مقاومت را بدون بازکردن جعبه‌اندازه بگیرید.

حل - بااندازه‌گیری‌جریان بادو ولتاژمتفاوت دردوجهت‌نتائج زیر به‌دست می‌آید: می‌توان جریان را در هردوجهت مشاهده کرد اما این‌جریانها برابر نیستند ورابطهٔ آنها باولتاژخطی‌نیست با استفاده از این‌نتائج، می‌توان به‌سهولت شبکهٔ شکل ۳۳ را ساخت.



شکل ۳۳

سپس نمودارهای ولتاژ - جریان در هردوجهت رسم می‌شوند. بامحاسبهٔ ولتاژ هنگامی‌که جریانها در هردوجهت برابرند، تفاوت ولتاژ دوسرمقاومت به‌دست‌می‌آید،که تقسیم آن‌برجریان مقاومت اهمی را می‌دهد.

زیرنویسها:

1. PROFESSOR R. KUNFALVI

۲ــ استاد فیزیك دانشگاه تهران

مرجع:

Collection of Competition Tasks
From the 1st through XVth
International Physics Olympiads 1967-1984

ترجمهٔ محمد علی سعادت بخت

حکمت و حیرت[1]

نوشتهٔ جین سایمونسن[2]

فیزیک ایجاب می‌کند که افراد خاصی به آن عشق بورزند و نیز توازن شایسته‌ای بین خرد و خیال[3]، تخمین و تفحص[4]، مکانیک و معما[5] برقرار باشد. فیزیکدان هیچ‌گاه نمی‌تواند به آنچه که هم اینک می‌داند بسنده کند. همین که نظریه‌ای وضع شود بایستی به مبارزه فرا خوانده شود، اصلاح گردد و تجدید سازمان یابد؛ و با شناسایی کشفیات جدید باید نظریات نو بطور پیوسته پیشنهاد شوند. فیزیکدانها صرفاً دانشمند نیستند. آنها خیالپرداز هم هستند. آنها در خم مسیر گوی نه تنها یک رابطه گرانشی بلکه جنب‌وجوش سیارات را نیز می‌بینند. بزرگترین فیزیکدانها کسانیند که برای مشاهده افق بی‌کران شهامت دارند، آنهایی که برای پیشنهاد دادن جهانی که خود را دور هر سیاره می‌پیچاند، هم‌چون اقیانوسی که دور کشتی شناور پیچیده می‌شود، شجاعت به خرج می‌دهند. فیزیک فراتر از اتم پیش می‌رود؛ فیزیک به هر ستاره‌ای چون یک منظومه شمسی نگاه می‌کند؛ فیزیک، تارها و هوا و جرمهایی از ماده چرخنده را می‌گیرد و آنها را بصورت یک آهنگ دلنشین در می‌آورد. فیزیکدانها نه تنها آنچه را که هست بلکه آنچه را که ممکن است باشد می‌بینند.

بزرگترین مسئله داستانی در گیتی از آنِ فیزیکدانهاست. این داستان، خود گیتی است، و مادام که گیتی و تمامی معماهای شگفت‌آور وجود دارند، فیزیک نیز وجود خواهد داشت. ***فیزیک ایجاد هماهنگی بین حکمت و حیرت است.***

زیر نویسها:

۱ ــ Wisdom and Wonder

۲ ــ Jane Simonsen

این مقاله را نویسنده برای پدرش، جیمز سایمونسن که رئیس گروه فیزیک در دانشگاه ویسکانسین در شهر اوکلار آمریکا است، نوشته است.

۳ ــ intellect and imagination

۴ ــ calculation and curiosity

۵ ــ mechanics and mystery

مرجع:

The Physics Teacher, DEC. 1990, P. 608.

عدسیهای گرانشی[1]

به گفتهٔ آلبرت اینشتین میدان گرانشی یک شیء را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از سطوح تلقی نمود که به سمت شیء خمیده شده‌اند. وی پیش‌بینی نمود که پرتوهای نور به وسیلهٔ میدان گرانشی شیء خمیده می‌شود. به عبارت دیگر، یک جرم عظیم گرانشی می‌تواند مانند یک عدسی گرانشی عمل نموده نور را درست شبیه به یک عدسی شیشه‌ای خم کند.

هنگامی که یک شیء تابش‌کننده، و جرمی که مانند یک عدسی عمل می‌کند، و ناظر در یک خط قرار گیرند، نوری که از شیء دور دست می‌آید در میان راه به وسیلهٔ جرم عظیم گرانشی خمیده می‌شود. جرمی که مانند عدسی عمل می‌کند، یک کهکشان یا گروهی از کهکشانهاست. اختروش (کوازار) شیئی است که تابش فوق‌العاده‌ای از جمله نور، پرتو X، و امواج رادیویی تولید می‌کند.

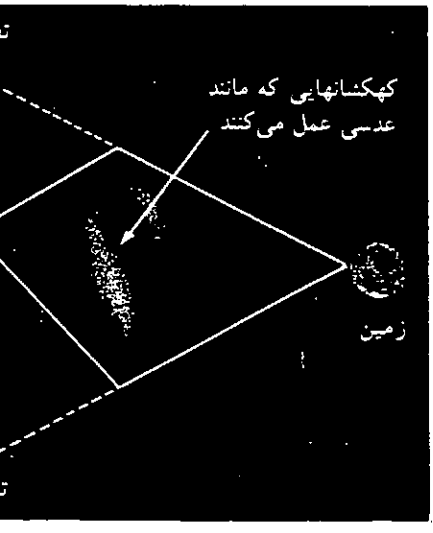
هنگامی که تابش خمیده می‌شود، دو یا احتمالاً چند تصویر تشکیل می‌شود. اگر اختروشی متغیر باشد، تابش خروجی آن با گذشت زمان تغییر می‌کند. این تابش در هر دو تصویر باید یکسان باشد، که گواه بر آن است این دو تصویر اختروشهای متفاوتی نبوده بلکه در واقع تنها یک اختروش است. در یک مورد، تفاوت ۱۹ ماهه‌ای در توالی تغییرات وجود داشت که محاسبهٔ فاصلهٔ بین زمین و اختروش را امکانپذیر می‌ساخت. این اولین روش مستقیم اندازه‌گیری چنین فاصله‌هایی است.

زیرنویسها:

۱ ــ Gravity Lenses

مرجع:

Physics, principles and problems, Murphy. Hollom. Zitzewitz. Smoot, P. 336.



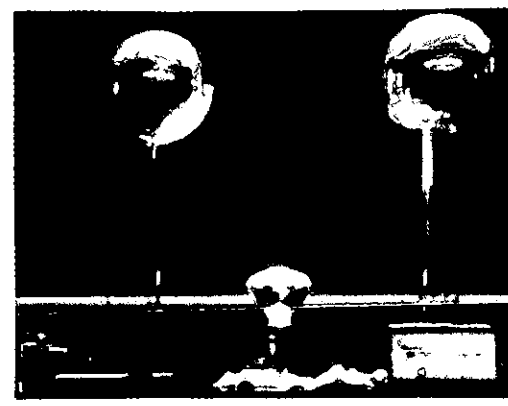
نمایش میدانهای الکتریکی[1]

نوشته جک. ال. اسمیت[2]
ترجمهٔ علیرضا صفارزاده

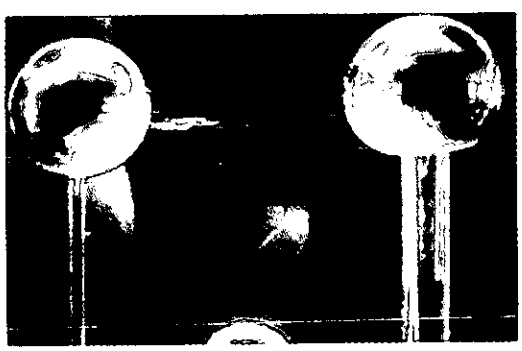
اوائلی که من فیزیک تدریس می‌کردم داستانی راجع به کشف مشهور اورستد دربارهٔ ارتباط بین الکتریسیته و مغناطیس شنیدم. براساس این داستان در سال ۱۸۲۰، روزی اورستد مشغول سخنرانی در دانشگاه کپنهاگ راجع به خواص الکتریسیته و مغناطیس بود و از وسائلی استفاده می‌کرد که این خواص را نمایش می‌دادند. هنگامی که وی کلید یک مدار الکتریکی را بست، یکی از دانشجویان تیزبین او، متوجه انحراف ضعیف عقربهٔ مغناطیسی مجاور شد و آن را به اورستد نشان داد. این آزمایش پس از بررسیهای مداوم و طولانی منجر به ارتباط بین الکتریسیته و مغناطیس شد، که براساس آن در اطراف هر جریان الکتریکی یک میدان مغناطیسی وجود دارد. این داستان حاکی از آن است که یکی از مهمترین کشفیات فیزیک برای اولین بار توسط یک دانشجو مشاهده شد.

این داستان چه حقیقت داشته باشد و چه نداشته باشد در هر صورت چند سال بعد از آن، هنگامی که مشغول تدریس کلاس علوم پایه بودم دربارهٔ این مطلب فکر کردم. یک روز در حین تشریح الکتریسیتهٔ ساکن به گروهی از دانش‌آموزان، مولد وان دوگراف (ماشین مولد الکتریسیته ساکن) را به کار انداختم. در مجاورت من کرهٔ رسانای بزرگی متصل به زمین قرار داشت که مولد در آن بار مثبت القاء کرده بود. در نظر داشتم که تخلیهٔ الکتریکی را نمایش دهم تا بتوانم آن را با رعد و برق و کاربردهای ایمنی ارتباط دهم. بدین منظور از دانش‌آموزان دعوت کردم تا برای مشاهدهٔ جرقه‌ها در محدودهٔ کوچکی، در جلوی اطاق در اطراف وسائل آزمایش جمع شوند. و علاوه برآن اُزون تولید شده را استنشاق کنند.

در ابتدا همه چیز به خوبی پیش می‌رفت و دانش‌آموزان تحت تأثیر قرار گرفته بودند. آنها هیجانی را ابراز می‌کردند که احتمالاً اکثر معلمان فیزیک به هنگام استفاده از وان‌دوگراف در چهرهٔ دانش‌آموزان خود مشاهده می‌کنند. سپس اتفاقی رخ داد. بدون اینکه به این موضوع توجهی داشته باشم یکی از دانش‌آموزان که شهامت بیشتری داشت، یک تکه پوست خز را که روی میز آزمایش بود، برداشت و مقداری مو از پوست خز کشیده آن را بطرف ماشین انداخت. با مشاهدهٔ این عمل و توجه به آنچه که انجام داده بود در حال سرزنش وی بودم که ناگهان با چیز شگفت‌آوری روبرو شدم. موهای خز بین دو کره به جلو و عقب رانده می‌شدند. ضمناً

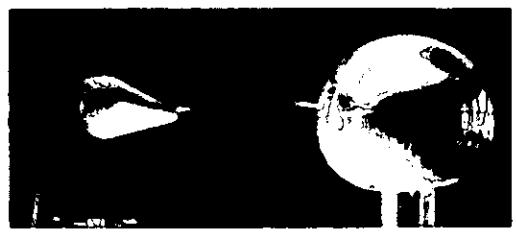


شکل ۱ ــ وسائل نمایش میدان الکتریکی بین مولد واندو گراف و کره‌ای که به زمین متصل شده است. به همراه نوری جهت روشنایی صحنه.



شکل ۲ ــ لحظهٔ نمایش موهای خز درخشان: که بین مولد واندوگراف و کرهٔ متصل به زمین بارحمل می‌کنند. تقریباً موهای خز در راستای خطوط نیروی میدان الکتریکی حرکت می‌کند. اگرچه گرانش قدری باعث انحراف مسیر می‌شود. دقت کنید که تکه‌ای از خز بطرف لامپ در حال سقوط است.

شکل ۳ ــ تصویر نزدیکی از مسیر میدان الکتریکی که در شکل۲ نشان داده شده است. توجه داشته باشید، موهایی که بی‌حرکت به کره‌ها عمودی می‌چسبند نشان دهندهٔ وضعیت خطوط نیرو در سطح رسانایی است که با الکتریسیتهٔ ساکن باردار شده است.



شکل ۴ ــ این وسایل میدان را در اطراف رسانایی نشان می‌دهند که به طور غیر یکنواخت باردار شده است. به میزان تحرک موها در نزدیکی انحناء کم توجه داشته باشید.

شکل ۵ ــ تصویر نزدیکی از میدان الکتریکی که در شکل ۴ نشان داده شده است. این آزمایش را چه انجام دهید چه ندهید به هر حال در جریان تدریس فیزیک، باید نسبت به مشاهدات شاگردان خود حساس باشیم. چه کسی می‌داند که چه کشف بزرگی در انتظار مشاهده است و تنها اگر شرائط آن مناسب باشد.

حرکت آنها به گونه‌ای بود که خطوط نیروی میدان الکتریکی به وضوح نمایان بودند. در واقع این صحنه کاملاً به نموداری شبیه بود که در هر کتاب درسی فیزیک راجع به شکل میدان الکتریکی میان کره‌هایی با بار ناهمنام وجود دارد.

پس از گذشت دوازده سال از آن روز، هنوز هر وقت میدانهای الکتریکی را تدریس می‌کنم از کشف آن دانش‌آموز استفاده می‌کنم. برای این کار وان‌دوگراف و کرهٔ متصل به زمین و لامپی که به طرف بالا می‌تابد و بین آنها واقع است را برپا می‌کنم (شکل ۱). اتاق را تاریک کرده، لامپ و ماشین را روشن می‌کنم، و موهای خز را در میان فضای واقع بین دو کره پرتاب می‌کنم. موهای خز سفید که در اثر پراکندگی نور به خوبی دیده می‌شوند، فوراً به طرف یکی از کره‌ها حرکت می‌کنند، بساری می‌گیزد و پس از آن به سمت کرهٔ دیگر دفع می‌شود، که در آنجا این مرحله دوباره تکرار می‌شود اگر از چندین تکه پوست خز استفاده شود، می‌توان عبور پیوستهٔ تکه‌ها را در راستای خطوط نیروی میدان الکتریکی مشاهده کرد (شکل ۲ و ۳).

باید خاطرنشان کرد که موهای خز تنها نظریهٔ میدان الکتریکی را به صورت تقریبی به تصویر می‌کشند. نیروهای گرانشی وارد بر ذرآت متحرک منجر به انحراف خطوط ظاهری نیرو به طرف پایین می‌شوند، خصوصاً اگر کره‌ها زیاد از هم فاصله داشته باشند. علاوه بر این، موهای خز دارای جرم هستند، و بنابراین دارای لختی (اینرسی) هستند، و دقیقاً در راستای خطوط نظری نیرو حرکت نمی‌کنند و تمایل دارند منحنیهای بزرگتری ایجاد کنند. امّا با وجود این محدودیتها، باز هم شکل کلی میدان معلوم است.

هنگامی که این نمایش را اجرا می‌کنم، بسته به میزان رطوبت، باید مولد یا با آهنگ کُند یا تنها برای چند ثانیه کار کند و سپس آن را خاموش می‌کنم. در غیر این صورت میدان پایا نبوده، تخلیهٔ الکتریکی ایجاد خواهد شد و میدان بطور موقت از بین می‌رود.

برخی از خواص جالب میدانهای الکتریکی را با استفاده از این روش می‌توان به نمایش درآورد اوّلین خاصیت این است که شکل کلی میدان با خطوطی از نیرو از کرهٔ مثبت به طرف کرهٔ منفی انحنا پیدا می‌کند (البته جهت آن مشخص نیست، بنابراین دانش‌آموز باید به خاطر داشته باشد که چگونه جهت یک میدان الکتریکی تعریف می‌شود.)

دوّمین خاصیت، ساده بودن ارائه این مطلب است که خطوط نیرو همواره عمود بر سطح رسانایی است که باردار شده است. در واقع، هنگامی که مرحلهٔ انتقال بار صورت می‌گیرد، غالباً تعدادی مو موقتاً به کره‌هایی می‌چسبند که همیشه این موها عمود بر سطح کره‌ها هستند. خاصیت سوّم نشان دادن این است که میدان در نزدیکی یک شیء نوک تیز قوی‌تر (دارای خطوط نیروی بیشتر) است. اغلب یک دست خود را به زمین تماس می‌دهم و انگشت دست دیگرم را نزدیک مولد می‌آورم. سپس، خز بین انگشتم که به طور مثبت القا شده و مولد به جلو و عقب حرکت می‌کند که بیشترین میزان تحرک موها در نوک انگشتم است (به شکل ۴ و ۵ نگاه کنید).

زیرنویسها:

۱ ــ Demonstrating Electric Fields

۲ ــ Jack L. Smith (Anderson High school, Anderson, In 46016).

مرجع:

The Physics Teacher, May 1989, P. 358-359.

گلچین رشد فیزیک

ترجمهٔ احمد توحیدی

روشی ساده برای به‌دست‌آوردن رابطهٔ ساخت عدسی[1]

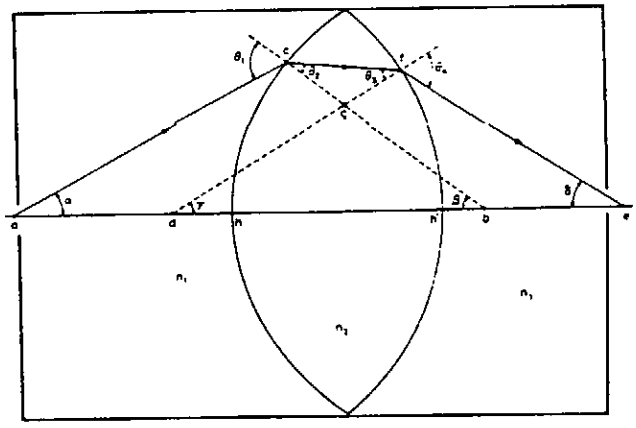
نوشتهٔ رابرت سیدن[2]

روش متداول به‌دست‌آوردن رابطهٔ ساخت عدسی شامل استفاده از شکست نور از یك سطح کروی است. این روش کامل و پذیرفته شده‌ای است که در بیشتر کتابهای پیش‌دانشگاهی برای به‌دست آوردن معادلهٔ مذکور به‌کار برده می‌شود. اما اخیراً به‌مسئله‌ای برخوردم که به‌علت نداشتن وقت کافی مجبور بودم رابطهٔ ساخت عدسی را برای دانش‌آموزان بدون ذکر استدلال قبلی درباره شکست نور از یك سطح کروی، محاسبه نمایم. بالاخره راه حل کوتاه و مناسب زیر را پیدا کردم.

شکل ۱ پرتوی را نشان می‌دهد که از نقطهٔ a تابیده است. این پرتو در نقاط c و f به سطوح عدسی برخورد می‌کند و محور اصلی را در نقطهٔ e قطع می‌کند. e تصویر نقطه a است، نقطهٔ b مرکز انحنای سطح اول و نقطهٔ d مرکز انحنای سطح دوم است. n_2 ضریب شکست عدسی (LENS) و n_1 ضریب شکست محیطی (MEDIUM) است که عدسی در آن قرار دارد. این قضیهٔ هندسی را که در هر مثلث زاویهٔ خارجی آن برابر است با مجموع دو زاویهٔ داخلی غیر مجاور به‌یاد آورید. بنابراین در مثلثهای abc و def داریم:

$$\alpha+\beta=\theta_1 \qquad (۱)$$

$$\gamma+\delta=\theta_4 \qquad (۲)$$



شکل ۱ــ طرح یك عدسی ویك پرتوشکست یافته که نشان دهندهٔ نقاط وزوایای مختلفی است که در متن به‌آن اشاره شده است.

با توجه به‌اینکه دو مثلث dbg و cgf در یك زاویه مشترکند، مجموع دو زاویه دیگر این مثلثها باید مساوی باشند:

$$\gamma+\beta=\theta_2+\theta_3 \qquad (۳)$$

با به‌کار بردن قانون اسنل در هر سطح عدسی خواهیم داشت:

$$n_1 \sin\theta_1=n_2 \sin\theta_2 \qquad (۴)$$

$$n_2 \sin\theta_3=n_1 \sin\theta_4 \qquad (۵)$$

حال فرض کنید زاویه‌ها به‌قدری کوچك هستند که بتوان آنها

را به جای سینوس آنها قرار داد. با این فرض روابط (۴) و (۵) به صورت زیر درمی‌آیند:

$$n_1\theta_1 \simeq n_2\theta_2$$
$$n_2\theta_3 \simeq n_1\theta_4$$

اگر دو رابطهٔ بالا را با هم جمع کنیم داریم:

$$\theta_1+\theta_4=\frac{n_2}{n_1}(\theta_2+\theta_3) \qquad (۶)$$

اگر θ_1 از رابطهٔ(۱)، θ_4 ازرابطهٔ (۲)، و$\theta_2+\theta_3$ ازرابطهٔ (۳) را در معادله (۶) جایگذاری کنیم، آن‌گاه:

$$\alpha+\delta=\left(\frac{n_2}{n_1}-1\right)(\beta+\gamma) \qquad (۷)$$

اگر فاصلهٔ شیء تا عدسی $ah=p$ ، فاصلهٔ تصویر تاعدسی $eh'=q$ ، شعاع انحنای سطح‌اول $bc=r_1$، وشعاع‌انحنای سطح‌دوم $df=r_2$ باشد؛ چون α ، β ، γ ، δ زوایای کوچکی هستند مقادیراین زوایا را می‌توان به‌صورت زیرنوشت:

$$\alpha \cong \frac{ch}{p} \qquad \beta=\frac{ch}{r_1}$$
$$\delta \cong \frac{fh'}{q} \qquad \gamma=\frac{fh'}{r_2}$$

برای زوایای‌کوچك وعدسیهای نازك هم می‌توان نوشت:

$$ch=fh' \qquad (۹)$$

باجایگزین‌کردن روابط (۸) دررابطهٔ (۷) و انتقال ازرابطهٔ (۹) داریم:

$$\frac{ch}{p}+\frac{fh'}{q}=\left(\frac{n_2}{n_1}-1\right)\left(\frac{ch}{r_1}+\frac{fh'}{r_2}\right)$$
$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\left(\frac{n_2}{n_1}-1\right)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)$$
$$\frac{1}{f}=\left(\frac{n_2}{n_1}-1\right)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right) \qquad (۱۰)$$

بابه‌کاربردن این قراردادکه برای سطح محدب $r>0$ و برای یك سطح مقعر $r<0$ این رابطه به‌دیگر شکلهای عدسی تعمیم می‌یابد.

زیر نویسها:

۱ـ Simple Derivation of the Lens Maker's Equation

۲ـ Robert L. Siddon

مرجع:

THE PHYSICS TEACHER. DECEMBER 1978, P. 647. ■

انبساط گرمایی یك نی آشامیدنی[۱]

نوشتهٔ آر. دی. اج[۲]

ترجمهٔ احمد توحیدی

۱ـ انبساط گرمایی

۲ـ آزمایش (انبساط)

۳ـ سمت فیزیک (انبساط گرمایی)

مشکل می‌توان آزمایشهایی درباره گرما یافت که با وسائل بسیار ساده انجام یابد. اما آزمایشی که در اینجا درموردانبساط‌گرمایی ارائه می‌شودفقط به‌سه‌عدد نی‌آشامیدنی پلاستیکی، مقداری چسب نواری، مقداری‌آب داغ، یك مداد، قطعه‌ای مقوا (یا کاغذ) ویك لیوان‌کاغذی نیازدارد. دوعدد از نی‌های‌آشامیدنی‌را درکنارهم قرارداده آنهارا باچسب‌نواری مطابق شکل ۱ محکم ببندید. قسمت بالایی نی‌ها را به وسیلهٔ چسب نواری به‌صفحهٔ مقوا بچسبانید. بامداد محل قرار گرفتن انتهای نی‌هارا بطوردقیق علامت بزنید. اکنون ازلیوان‌کاغذی استفاده‌کنید و درنی پایینی‌آب جوش بریزید. برای این‌منظور با تاکردن انتهای نی‌سوم قیف‌کوچکی مطابق شکل۱ (سمت چپ)بسازید به‌طوری‌که به‌راحتی روی‌انتهای بالایی نی پایینی قرارگیرد. قسمت بالای نی سوم را بطور مورب ببرید تا آب آسانتر بتواند ازداخل‌آن عبورکند. تغییرمکان انتهای نی‌پایینی را دراثرعبورآب‌جوش برروی مقوا علامت بزنید. دیدن‌اینکه چگونه نی گرم شده درمقایسه با نی سرد، منبسط می‌شود بطور کیفی‌آسان است. زیرا این‌عمل مطابق شکل۲ باخم‌شدن نی‌ها انجام می‌شود.

همچنین‌جالب است‌که نتیجه را بطورکمی بررسی‌کنید. دمای‌آب جوش صددرجه سلسیوس است. اگردماسنجی‌ندارید می‌توانید نمونه‌ای بااستفاده ازیك نی‌آشامیدنی‌بسازید. l طول نی و d مقدار فاصله‌ای که براثر گرما جا به‌جا می‌شود را اندازه بگیرید. شعاع دایره خمیدگی نی r بارابطهٔ $2rd=l^2$ بیان می‌شود. اگرفاصلهٔ بین مراکزنی‌ها a ومقدار انبساط نی

گرم شده x باشد خواهیم داشت:

$$x=(r+a)\alpha-r\alpha$$

چون $\alpha=\frac{l}{r}$ است. بنابراین:

$$x=\frac{al}{r}=\frac{2ad}{l}$$

برای ضریب انبساط طولی λ داریم:

$$\lambda=\frac{\text{افزایش طول}}{\text{افزایش دما}\times\text{طول اولیه}}=\frac{x}{l\theta}$$

اگر θ افزایش دما باشد بنابراین

$$d=\frac{\lambda l^2\theta}{2a}$$

ضریب انبساط برای پلاستیکی که نی آشامیدنی از آن ساخته می‌شود تقریباً $10^{-4}\frac{1}{°C}$ است. با افزایش دمای ۵۰°C در حالی که $a=0/5Cm$ و $l=20\ Cm$ باشد انتهای نی پایینی 2Cm خم می‌شود، که به‌آسانی قابل اندازه‌گیری است. اتلاف گرما و مسائل دیگر معمولاً باعث کاهش ضریب انبساط می‌شود.

زیرنویسها:

۱ــ The Thermal Expansion of a Soda Straw

۲ــ R. D. Edge

مرجع:

THE PHYSICS TEACHER، DECEMBER 1978, P. 632. ■

نمایش هندسی یک مدار الکتریکی[1]

نوشتهٔ ویلیام جی. دلینگر[2]

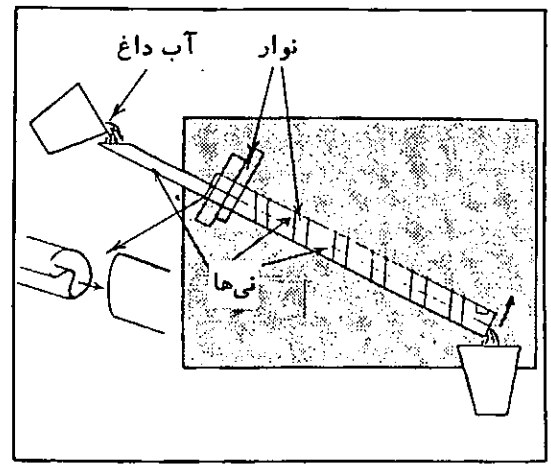
۱ــ مدار الکتریکی (نمایش هندسی)
۲ــ آموزش فیزیک (مدار الکتریکی)
۳ــ مقاومت الکتریکی (سری و موازی)

بعضی اوقات نمودارها یا منحنی‌ها، وسائل مناسبی برای حل مسأله‌های مربوط به‌مدارهای الکتریکی هستند، و یا حداقل، به‌کمک آنها می‌توان پارامترهایی را که درطراحی مدارها به‌کار می‌روند سریعاً تخمین زد. و نیز این نمودارها یا منحنیها نشان دهندهٔ رابطهٔ میان پارامترهایی هستند که درمعادلات ریاضی به‌طور آشکار دیده نمی‌شوند. برخی تکنیکهای نموداری ــ برای مثال، خطوط باردرمدارهای لامپی یا ترانزیستوری ــ به‌خوبی آشنا هستند. دراین مقاله یك نمایش هندسی ارائه می‌شود که به‌نظر می‌رسد نمایش هندسی جدیدی است.

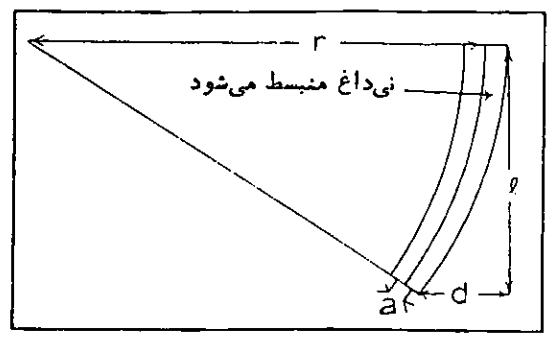
مقاومتهای R_1 و R_2 را که به‌طور موازی بسته شده‌اند درنظر بگیرید (شکل ۱). مقاومت معادل از رابطهٔ

$$R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\quad\text{یا}\quad\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$$

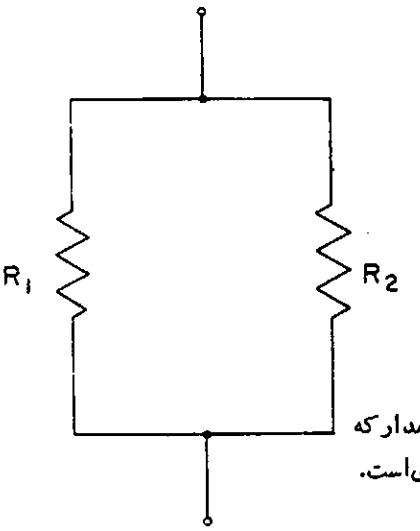
به‌دست می‌آید. هم‌چنین مقاومت معادل را می‌توان به‌طور هندسی با رسم نموداری شبیه آنچه که درشکل ۲ دیده می‌شود، اندازه‌گیری کرد. برای انجام این کار خط AC را متناسب با مقیاس مناسبی رسم می‌کنیم.



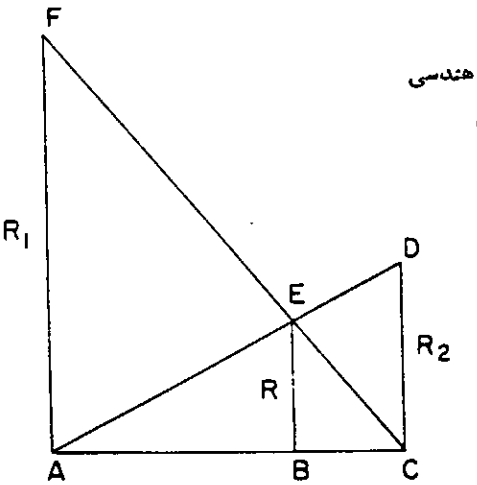
شکل ۱



شکل ۲



شکل۱ ــ نمودار یك‌مدار که شامل دومقاومت موازی‌است.



شکل۲ــ نمایش هندسی دومقاومت موازی

دوخط‌عمود AF و CD که بایك مقیاس انتخابی کشیده شده‌اند به‌ترتیب نمایش دهندهٔ مقادیر R_1 و R_2 هستند. بارسم خطوط AD و FC شکل« × » به‌دست می‌آید. خط عمود BE نمایندهٔ مقدار R است. بانگاهی به‌شکل متوجه می‌شویم که مقدار R همیشه کوچکتر از مقادیر مقاومتهاست. درحالت خاص، اگر دو مقاومت R_1 و R_2 مساوی باشند، مقدار R نصف هریك از مقاومتهاست.

معادلهٔ مقاومت معادل مقاومتهای موازی راهم می‌توان با استدلال هندسی تعیین کرد. مثلث BCE متشابه بامثلث ACF است. مثلثهای ABE وACD نیز باهم‌متشابهند. اضلاع‌متناظر مثلثهای متشابه، متناسبند:

$$\frac{R}{R_1}=\frac{BC}{AC}$$

$$\frac{R}{R_2}=\frac{AB}{AC}$$

اگر هردومعادله بالارا باهم جمع‌کنیم ودرنظرداشته باشیم که $AC=AB+BC$ نتیجه می‌شود:

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$$

زیرنویسها :

۱ــ Geometrical Representation of an Electrical Circuit

۲ــ William G. Delinger

مرجع:

THE PHYSICS TEACHER, OCTOBER 1977, P. 424.■

دماسنجی از نی آشامیدنی[۱]

نوشتهٔ آر. دی. اج[۲]

ترجمهٔ احمد قدسیان

۱ــ دماسنج

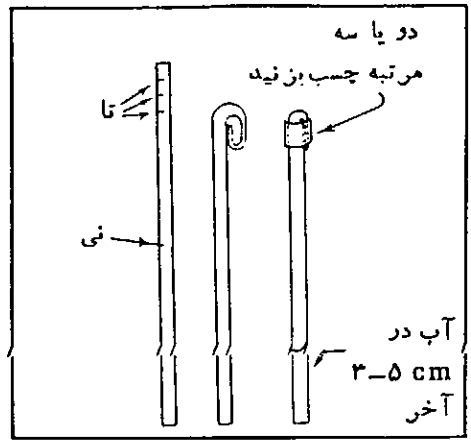
۲ــ آزمایش (دماسنج)

۳ــ آموزش فیزیک (دماسنج)

برای دانش‌آموزان درك مفهوم دمابدون وجود دماسنج مشکل‌است. دراین مقاله آزمایش ساده‌ای ارائه می‌شودکه فقط به‌یك نی‌آشامیدنی، مقداری نوار چسب و کمی‌آب احتیاج دارد. در این آزمایش علاوه بردما، قانون شارل هم بررسی می‌شود.

مطابق‌شکل۱ دو یاسه مرتبه انتهای نی‌را تابزنید وآن‌را بانوارچسب محکم‌کنید.

ازانتهای باز نی درحدود ۵ سانتی‌مترآب بریزید(شاید راحت‌تر باشدقبل‌ازآنکه‌انتهای نی‌را ببندیددرآن‌آب بریزید). اگر قسمت بسته شدهٔ نی را دردهان خود قرار دهید به‌علت



شکل۱

انبساط هوای گرم شدهٔ داخل نی از آن آب بیرون بریزد. نی را ازدهان خود بیرون آورده توجه کنید که چگونه براثر سرد شدن هوای داخل نی، ستون آب به‌جای نخست خود برمی‌گردد. حال برروی نی آب سرد بریزید یا آن را در آب سرد قرار دهید، می‌بینید که ستون آب به‌طرف داخل نی حرکت می‌کند.

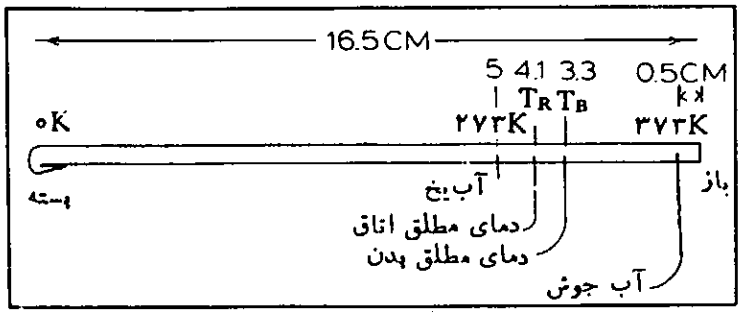
می‌توان ازدماسنج بطور کمی استفاده نمود برای این کار سطح آب درون نی را در دماهای اتاق، آب یخ، دهان، و آب جوش علامت‌گذاری کنید. دماسنج را بنابر قانون شارل، که حجم یا ارتفاع ستون‌هوا متناسب بادمای مطلق آن است، می‌توان مدرج نمود.

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2} \quad \text{یا} \quad \frac{L_1}{T_1}=\frac{L_2}{T_2}$$

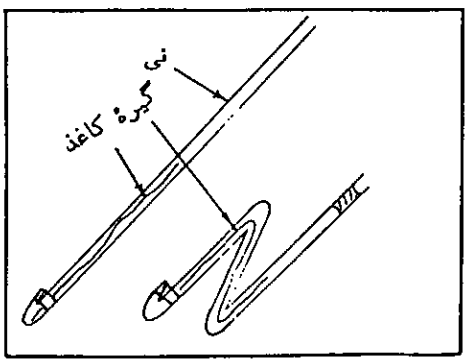
V_1 حجم و L_1 ارتفاع ستون‌هوا دردمای مطلق T_1، V_2 و L_2 مقادیر متناظر ستون هوا در T_2 است. نمونه‌ای ازمقادیر اندازه‌گیری شده‌را درشکل۲ می‌بینید. ارتفاع هوا دردمای مطلق‌اتاق T_R برابر ۱۲/۴ سانتی‌متر برای آب جوش ۱۶ سانتی‌متر، برای آب یخ ۱۱/۵ سانتی‌متر و برای بدن انسان T_B برابر ۱۳/۲ سانتی‌متر است.

$$\frac{\text{ارتفاع هوا}}{\text{دمای مطلق}}=\frac{16}{373}=\frac{11/5}{273}=\frac{12/4}{T_R}=\frac{13/2}{T_B}$$

با استفاده ازرابطهٔ فوق، برای دمای اتاق ۲۹۱K یا ۱۸°C، و برای دمای بدن ۳۱۰K یا ۳۷°C به‌دست می‌آید. اگر نقاط



شکل۲



شکل۳

ثابت ۰°C و ۱۰۰°C را مطابق آنچه که گفته شد بتوانید به‌دست آورید، یک‌مقیاس خطی (از ۰ تا ۱۰۰) را می‌توان برروی نی درجه‌بندی کرد.

البته مشکل‌است که تمام طول نی را دردهان یافنجان آب قرارداد. بنابراین بهتراست ابتدا مطابق شکل۳ یک‌گیرهٔ کاغذ را بازکرده‌آنرا درون نی فروبرید سپس نی‌را خم کنید. به‌این طریق طول نی‌کاهش می‌یابد.

زیرنویسها :

۱ـ A Soda-water Thermometer

۲ـ R. D. Edge

مرجع:

THE PHYSICS TEACHER JANUARY 1979, p. 39.

مجله و خوانندگان

کرمان ــ دبیر محترم خانم کتایون کاروانی

سؤال کنکور باید دقیق و روشن باشد، اما با توجه به‌مجموعهٔ گزینه‌ها می‌توان گزینهٔ دقیقتر را انتخاب نمود. دقت شما قابل تقدیر است.

کردستان ــ دبیر محترم آقای نصرالله بلوری

از مطالب مبسوطی که دربارهٔ آموزش فیزیک و ارزیابی کتابهای حل المسائل مرقوم داشته‌اید تشکر می‌کنیم.

وقتی گلوله‌ای را به‌نخی ببندیم و در صفحهٔ قائم با زمان تناوب ثابت به‌حرکت دایره‌ای در آوریم، حرکت گلوله دایره‌ای غیر یکنواخت است و از این رو نمی‌توان از فرمول $w=\frac{2\pi}{T}$ که فقط برای حرکت دایره‌ای یکنواخت است استفاده کرد.

کرج ــ دانش آموز عزیز آقای کاوه کیانفر

برای توفیق در امتحان ورودی المپیاد فیزیک توجه شما را به‌مسائل المپیاد و حل آنها درنشریه رشد آموزش‌فیزیک جلب می‌کنیم.

تبریز ــ دانش‌آموز عزیز آقای سهراب راهوار

برای آشنا شدن با مفاهیم فیزیک نو (مدرن) ابتدا باید در فیزیک کلاسیک ممارست فراوان داشته باشید. توجه نوآموزان فیزیک با مطالبی از قبیل نسبیت مستلزم آشنایی کامل با مکانیک نیوتنی و... است.

بابل ــ دبیر محترم آقای سید احمد جعفرزاده

سؤال کنکور باید روشن و دقیق باشد. دقت شما قابل تقدیر است.

تاکستان ــ دانش‌آموز عزیز آقای داریوش طاهرخانی

علاقهٔ شما به‌مباحث فیزیک قابل تقدیر است. مطلبی که دربارهٔ پدیدهٔ دوپلر ارسال داشته‌اید در برخی از کتابهای فیزیک به‌تفصیل بیان شده است.

سبزوار ــ دانشجوی گرامی آقای جمال‌الهامی نیا

معمولاً مبدأ زمان را لحظهٔ پرتاب و مبدأ مکان را نقطهٔ پرتاب فرض می‌کنیم. می‌توان مقدار منفی برای t را چنین تعبیر کرد که جسم با سرعت اولیه‌ای برابر V_0 از زمین به‌بالا پرتاب شده است ($V=-gt+V_0$ g اندازهٔ شتاب ناشی از ثقل و V_0 سرعت اولیهٔ پرتابه در بالای زمین است).

یا با استفاده از فرمول زیر می‌توان مبدأ مکان را سطح زمین فرض کرد (y_0) و در این صورت زمان منفی متناظر با مکان اولیه است:

$$y=-\frac{1}{2}gt^2+V_0t+y_0$$

تهران ــ دانشجوی گرامی آقای ابراهیم قاسمی

استدلال شما درست است ولی معمولاً از ضخامت تخته صرف نظر می‌شود. پیشنهاد شما مورد بررسی قرار گرفته است.

مازندران ــ دانش‌آموز عزیز خانم سارا ساوه‌ای

۱ ــ شدت میدان گرانش در پریود نوسان فنرِ آویخته تأثیری ندارد.

۲ ــ در آموزش این مطلب، شکل پیشنهادی شما مناسب‌تر است.

۳ ــ برای یک کمیت فیزیکی در دستگاههای مختلف اندازه‌گیری، دیمانسیون متفاوت به‌دست می‌آید.

اراک ــ دبیر محترم آقای غلامرضا کوششکار

استدلال شما درست است. اگر به‌تعریف دقیق λ توجه کنیم تناقضی نخواهیم داشت.

باختران ــ دانش‌آموز عزیز آقای محسن وحیدی نیا

با در نظر گرفتن مقاومت درونی پیل استدلال شما درست است.

برازجان ــ دانش آموز عزیز آقای علی خویش دوست

نیروی گرانش ارتباطی با خلأ ندارد. در سالهای بعد اطلاعات بیشتری دربارهٔ گرانش زمین خواهید آموخت.

کرج ــ دانش‌آموز عزیز آقای کاوهٔ کیانفر

اختلاف فشار بین دو نقطه A و F را نسبت به‌سطح جدایی دو مایع محاسبه می‌کنند.

بهبهان ــ آقای محمدعلی سبکبار

هدف آموزش این گونه مسائل این است که دانش‌آموزان با استفاده از آزمایش و با روش رسم نیروها، اندازه و جهت برآیند را مشخص کنند.

قائم شهر ــ دانش‌آموز عزیز آقای ولی سیدعابدین هاشمی

از اظهار محبت شما متشکریم. نام مجله هماهنگ با نام بقیه مجله‌هایی است که از طرف دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی انتشار می‌یابد. حل مسائل المپیاد همواره در مجله منتشر می‌شود. افزایش تیراژ این مجله و انتشار به‌موقع آن مورد نظر است.

ارومیه ــ دانش‌آموز عزیز آقای رضا سهند

پیشنهاد شما انجام می‌شود.

تبریز ــ آقای اورنگ شریعت‌زاده

مقاله ارسالی شما به‌نقل از یک مجلهٔ دیگر با هدفهای مجله مطابقت ندارد.

بروجن ــ آقای مجید محسنی

متن اصلی مطلب موردنظر به‌آدرس جناب عالی ارسال شد. ■

مفهوم دما

در تابستان ۱۹۸۸ با حدود دوازده دبیر دبیرستان در مورد مسئلهٔ «اتمها در حرکت» کار می‌کردیم. یکی از کلاسهای ما به، «معنی دما» اختصاص داشت. مطلب ممکن است آسان به نظر آید، ولی در عین حال فریبنده است. برداشتهای غلط و نکات تعجب‌آوری در بسیاری از کتابهای درسی وجود دارد. آنچه در زیر می‌آید چکیدهٔ یادداشتهای مبسوطی است که پس از این کلاسها تهیه کرده‌ام.

نوشتهٔ رالف بایرلاین[۲]
ترجمهٔ فرهنگ رفیعی[۳]

چکیده

یکی از مطالبی که از پروفسور اریک روگر آموختم معنی روشن دما بود: دما عبارتست از گرمی اندازه گرفته شده در یک مقیاس معین. «گرمی» به نوبهٔ خود تمایل به انتقال نامنظم انرژی به طور میکروسکوپی است. (تمایل به انتقال انرژی «به صورت گرما» است). می‌توانیم اجسام را برحسب درجهٔ گرمیشان مرتب کنیم. یک قطعه آهن گداختهٔ سرخ گرمتر از آهنی است که می‌توان آن‌را در دست نگه‌داشت؛ ولی گرمی آن کمتر از آهن گداختهٔ سفید است. اگر این سه جسم را در تماس با یکدیگر قرار دهیم، همان‌طوری که در شکل یک نشان داده شده است، انرژی از «آهن گداختهٔ سفید» به «آهن گداختهٔ سرخ» و از این آهن به «آهنی که در دست ما قرار دارد» منتقل می‌شود. دما را برحسب مقیاس عددی مناسبی می‌توان مرتب نمود. در این تصاویر، دما می‌تواند اعداد زیر باشد:

(۱) $T = ۳۰۰\ K$ دمای آهنی که می‌توان در دست نگه‌داشت

(۲) $T = ۱۰۰۰\ K$ دمای آهن گداختهٔ سرخ

(۳) $T = ۱۷۰۰\ K$ دمای آهن گداختهٔ سفید

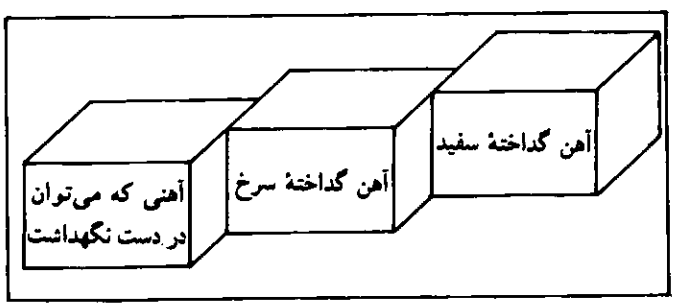
این گفته که جسم A از جسم B «گرمتر» است معادل آن است که بگوییم اگر دو جسم A و B مجاور هم باشند انرژی از A به B منتقل می‌شود.

با گذشت زمان آهنگ انتقال انرژی بین این اجسام به صفر کاهش می‌یابد. وقتی این آهنگ صفر شود، «تعادل گرمایی» به وجود آمده است. در این حالت هر سه جسم گرمی یکسانی دارند؛ یعنی دارای تمایل انتقال انرژی مساوی هستند، به طوری که هر یک اثر دیگری را خنثی می‌کند. گرمی مساوی دمای مساوی را ایجاب می‌کند. به طور خلاصه تعادل گرمایی متقابل بین اجسام دلالت بر تساوی دما دارد و برعکس. این تعریف در عین صحیح بودن مشکل است و تعریف مستقیم‌تری مطلوب است. به هر حال، کوشش در جهت درک مستقیم، چنانکه خواهیم دید، ممکن است منجر به خطاهایی شود.

تصور غلط متداول

برای یک گاز رقیق، فشار گاز از قانون تجربی زیر به دست می‌آید:

$$P = \frac{N}{V} kT \qquad (۴)$$



شکل ۱ ــ در بین این سه جسم انرژی از راست به چپ منتقل می‌شود. این سلسله مراتب اجسام را برحسب «گرمیشان» طبقه‌بندی کرده است.

که در آن N تعداد کل مولکولها، V حجم ظرف، k ثابت بولتزمان، و T دمای مطلق است. نظریهٔ جنبشی گازها فشار را به صورت زیر بیان می‌کند:

$$P = \frac{1}{3}\frac{N}{V}mv^2 \qquad (5)$$

که در آن m جرم مولکولی و v سرعت مولکول است (به ویژه ریشهٔ میانگین مربعی سرعت) با مساوی قرار دادن دو تعریف فشار و تغییر ترتیب عوامل، انرژی جنبشی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT \qquad (6)$$

تعریف فوق در عین صحت، مفهوم دما را ارائه نمی‌کند. معادله دلیلی بر این که «دمای مطلق به معنی انرژی جنبشی متوسط است (در محدودهٔ ضریب ثابت)» به دست نمی‌دهد. لااقل دو دلیل برای این که معادله معنی قابل قبول دما را نمی‌دهد، وجود دارد:

۱) معادلهٔ (۶) شدیداً کلاسیک است، اگر گاز به قدر کافی رقیق نباشد یا دما پایین باشد، فیزیک کوانتومی برای توضیح صحیح ضروری می‌شود.

(نیروهای بین مولکولی نیز قابل ملاحظه می‌شوند، ولی این مسئله متفاوت است.) وقتی فیزیک کوانتومی حائز اهمیت می‌شود باید به جای معادله (۶) از معادلهٔ زیر استفاده کرد:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT\left[1 + C\frac{N}{V}\frac{h^3}{(2\pi mkT)^{\frac{3}{2}}}\right] \qquad (7)$$

که در آن h ثابت پلانک و C ثابتی است که بستگی به نوع گاز دارد. ^4He یعنی ایزوتوپ هلیوم معمولی با دونوترون، ثابت C برابر $(2^{\frac{5}{2}})-$ و برای ^3He ایزوتوپ نادرهلیوم فقط با یک نوترون، ثابت C برابر $(2^{\frac{7}{2}})+$ است. انرژی جنبشی متوسط علاوه بر دما به چگالی عددی $\frac{N}{V}$ بستگی دارد، و بستگی آن به T پیچیده است. (یادداشت ویراستار: برای یک مول ^4He با حجم ۱ لیتر در دمای ۱۰K فاکتور تصحیح ۰/۲ درصد است.) ما کوششی در جهت کاربرد دقیق این معادله برای توصیف دما برمبنای انرژی جنبشی متوسط نخواهیم کرد. (بعلاوه در مخلوطی از گازهای ^4He و ^3He که در آن هر گاز دارای چگالی عددی مساوی $\frac{N}{V}$ و دمای مساوی است انرژی جنبشی متوسط برای این دو ایزوتوپ مختلف، متفاوت است زیرا ثابت C دارای علامت مختلف است. در یک دمای معین، می‌توانید انرژیهای جنبشی متوسط مختلفی داشته باشید. بنابراین قطعاً دما به معنی انرژی جنبشی متوسط نیست.)

۲) یک فر آشپزخانه در هنگام پختن کیک، پر از تابشهایی است که عمدتاً فرو سرخ می‌باشند. چگالی انرژی تابشی با توان چهارم دمای مطلق زیاد می‌شود:

$$(8)\quad T^4 \text{ (ثابت جهانی)} = \text{انرژی در واحد حجم تابش}$$

با حل معادله برای T داریم:

$$T = \left(\frac{\text{چگالی انرژی}}{\text{ثابت جهانی}}\right)^{\frac{1}{4}} \qquad (9)$$

اما نباید وسوسه شویم که بگوییم «اوه، حال می‌دانم مفهوم دما چیست. دما ریشهٔ چهارم چگالی انرژی تابشی است.»

همانطور که از معادلات (۸) یا (۹) برای تعیین مفهوم دما استفاده نمی‌کنیم، نباید از معادله (۶) نیز بدین منظور استفاده کنیم. هر سه معادله در مواردی معتبرند که در آن دما نقشی در خواص فیزیکی در رابطه با انرژی دارد. ولی نباید بیش از آن از این معادله انتظار داشته باشیم.

چند شگفتی گرمایی

دماهای مطلق منفی در آزمایشهایی می‌توان دماهایی پایین‌تر از صفر مطلق، یعنی دماهای مطلق منفی، را تولید کرد. اولین آزمایش از این نوع توسط ادوارد پورسل و رابرت پاوند سال ۱۹۵۱ انجام شد؛ دستگاه فیزیکی آنها مجموعه‌ای از هسته‌ها در بلورفلورید لیتیوم بود. (به عبارت دیگر، این دستگاه متشکل از هسته‌هایی بود که به عنوان میله‌های کوچک مغناطیسی چرخان مورد استفاده قرار می‌گرفتند. این جنبهٔ هسته‌ها به اندازهٔ کافی از جنبهٔ هسته‌ها به صورت جرمهای نوسان کننده با انرژی جنبشی معمولی جدا شده بود؛ ماهیت اخیر نمی‌تواند نشان دهندهٔ دمای منفی باشد.) با معکوس کردن میدان مغناطیسی خارجی و نیل به تعادل گرمایی مغناطیسی داخلی قبل از اینکه برای بار دوم میدان معکوس شود، پورسل و پاوند دمای نهائی ۳۵۰K- را ایجاد نمودند.

یک مطلب تکنیکی در حاشیه. علاقمندیم مکانیسم میکروسکوپی ایجاد دمای منفی را بدانیم. برهم کنش بین گشتاورهای مغناطیسی حائز اهمیت است. در یک بلور گشتاورهای مغناطیسی نه فقط با میدان مغناطیسی خارجی بلکه با گشتاورهای مغناطیسی مجاور بر هم کنش دارند.

طبق قرارداد، انرژی مربوط به برهم کنش گشتاورهای مغناطیسی داخلی را **انرژی اسپین ـ اسپین** می‌نامیم. ابتدا سیستم اسپینی در دمای مثبت است، و گشتاورهای مغناطیسی هسته‌ای عمدتاً

موازی میدان مغناطیسی خارجی هستند که جهت‌گیری با انرژی پتانسیل منفی است. اولین معکوس شدن میدان به اندازه‌ای سریع رخ می‌دهد که اسپینها نمی‌توانند جهت‌گیری خود را نسبت به میدان تغییر دهند. درنتیجه اسپینها خود را عمدتاً در خلاف جهت میدان خارجی، با انرژی پتانسیل مثبت، می‌یابند. در زمانی کوتاه این انرژی دراثر برهم کنشهای متقابل به انرژی اسپین ـ اسپین منتقل می‌شود. انرژی مربوط به برهم کنش متقابل نسبتاً بزرگ می‌شود. در حقیقت، این انرژی بزرگتر از مقداری است که توسط دمای مثبت پیش‌بینی می‌شود.

چون برهم کنش بین سیستم اسپین و نوسانات شبکه ضعیف است، حتی با انتقال بلور جهت مشاهده از یک میدان مغناطیسی خارجیِ ضعیف به یک میدان مغناطیسی قوی، سیستم اسپین مقدار نسبتاً زیادی انرژی را در خود نگاه می‌دارد. در حقیقت به اندازه‌ای انرژی اسپین ــ اسپین وجود دارد که گشتاورهای مغناطیسی «ترجیح می‌دهند»، به جای قرار گرفتن در جهت معمولی موازی، خود را در خلاف جهت میدان با یک انرژی پتانسیل مثبت قرار دهند. انرژی کافی وجود دارد تا اسپین بتواند به آسانی در موقعیتی قرار گیرد که از نظر انرژی مرجح نیست. این موضوع بدون توجه به چرخش بلور، بعنوان یک جسم ماکروسکوپی، در موقع انتقال از یک میدان مغناطیسی به میدان دیگر در آزمایشگاه صورت می‌گیرد.

در حقیقت، بررسی بلور در میدان مغناطیسی بزرگ مستقیماً آزمونی برای مقدار انرژی متعلق به سیستم اسپین هسته‌ای بود. پورسل و پاوند از تابش الکترومغناطیسی در یک فرکانس معین طوری استفاده کردند که هستهٔ لیتیوم ــ۷ به وسیلهٔ جذب فوتون، گذاری از موقعیتِ با انرژی پتانسیل پایین به انرژی پتانسیل بالا انجام می‌داد. به جای جذب ــ همان طوری که امیدوار بودند گسیل برانگیختهٔ تابش را در آن فرکانس مشاهده کردند. سیستم اسپین به اندازه‌ای انرژی داشت که اسپینها عمدتاً گذاری به جهت‌گیری پایین انرژی انجام دادند و همزمان فوتونی گسیل داشتند. از مشاهدهٔ مستقیم گسیل برانگیختهٔ تابش ــ به جای جذب ــ می‌توان نتیجه گرفت که گشتاور مغناطیسی در جهت عکس میدان خارجی دستگاه اسپینِ هسته در دمای منفی است.)

دمای منفی گرمتر از دمای مثبت است. در K ۳۵۰ - سیستم هسته‌ای پورسل و پاوند گرمتر از هر چیزی در دمای مثبت است. یعنی این سیستم گرما را به هر چیزی که در همان دمای مثبت است منتقل می‌نماید. آزمون تجربی برای یک دمای منفی بر مبنای این خاصیت است: در این حالت هسته‌ها در هنگام کاوش با امواج فرکانس رادیویی، انرژی گسیل می‌کنند. در دمای معمولی، هسته‌ها چنین امواجی را جذب کرده بودند. در حقیقت، دماهای منفی از تمام دمای مثبت گرمتر هستند.

شما نمی‌توانید از هیچ طرف به صفر مطلق برسید. با سرد شدن سیستم دما از ۳۵۰K - به ۱۰۰۰K - و به ∞ - می‌رود که از نظر فیزیکی معادل ∞ + است، و ادامهٔ آن به ۱۰۰۰K + و به ۳۰۰K+ دمای معمولی اطاق می‌رسیم. سیستم از صفر مطلق عبور نمی‌کند. تا آنجا که اطلاع داریم از هیچ طرف نمی‌توان به صفر رسید. شکل ۲ تصویری از این موقعیت را عرضه می‌کند.

پایین‌ترین دما درست در بالای صفر مطلق است. گرمترین دما در زیر صفر مطلق است. نتایج واقعاً عجیبند، و هنوز شگفتی دیگری وجود دارد.

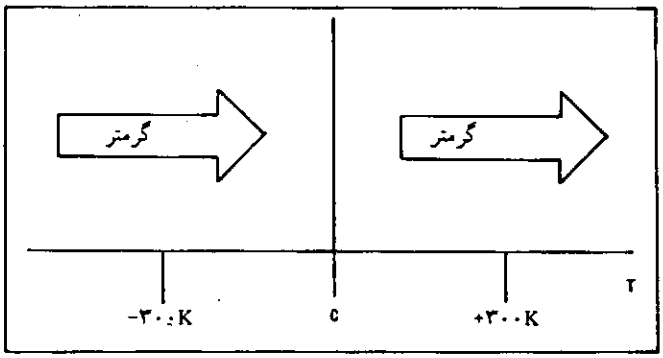
تراکم ممکن است گرما یا سرما ایجاد نماید

تراکم مکانیکی یک سیستم فیزیکی را در نظر بگیرید. (به‌عنوان مثال تلمبهٔ دوچرخه که هوا را متراکم می‌نماید.) فرض کنید که در اثر تراکم گرما ایجاد نشود (چراغ الکلی یا جریان برق). (به زبان علمی این تراکم به‌طور بی‌دررو انجام شود). کار مکانیکیِ انجام شده در این تراکم، انرژیِ سیستم فیزیکی را افزایش می‌دهد. در نتیجهٔ این کار، آیا دما افزایش می‌یابد؟ اغلب دما افزایش می‌یابد ولی گاهی به‌طور شگفت‌آوری دما کاهش می‌یابد.

اگر سیستم از گاز رقیق تشکیل شده باشد، دما قطعاً افزایش می‌یابد. اما اگر سیستم از ایزوتوپ He^3 به صورت مخلوط جامد و مایع در دمای پایین ۰/۳K تشکیل شده باشد دما کاهش می‌یابد.

تکنیک دیگری در حاشیه. هسته‌ها در فاز جامد He^3 در جاهای مخصوصی از شبکه قرار دارند، و در چنین حالتی هسته‌ها از جهاتی می‌توانند مستقل از یکدیگر عمل نمایند. اسپین آنها ضرورتاً با اصل طرد پائولی به یکدیگر وابسته نیستند. هسته‌ها در فاز مایع از این شبه استقلال بهره‌ای ندارند و مطابق اصل طرد پائولی (یا پاد متقارن بودن تابع موج) اسپینهای آنها به هم وابسته‌اند و سهم آنها در آنتروپی کاهش می‌یابد. به‌دلیل این همبستگی، سهم اسپین در آنتروپی بر اتم برای مایع کمتر از جامد است. در دماهای بسیار پایین، سهم اسپین غالب بر سهم جنبشی و مکانی است. بنابراین آنتروپی بر اتم مایع کمتر از جامد است. (این نامساوی برای دماهای ۰/۳K و یا پایین‌تر صادق است.)

فاز جامد به ازاءِ هر اتم حجم کمتری از فاز مایع دارد. بنابراین وقتی مخلوطی از جامد و مایع بطور بی‌در رو متراکم می‌شود، جامد به خرج مایع تشکیل می‌شود. در تراکم بی‌در رو (و برگشت‌پذیر) آنتروپی



شکل ۲ ــ نمایش گرمی به صورت تابعی از دمای مطلق. خط عمودی در $T = 0$ نشان دهنده آنست که هم یک سدّ و هم یک مقدار دست‌نیافتنی است. نمی‌توان یک سیستم را تا صفر مطلق سرد یا گرم نمود.

کلی ثابت می‌ماند. در حالی که فاز با آنتروپی بیشتر بر اتم (جامد) به خرج فاز با آنتروپی کمتر تشکیل می‌شود. با کاهشِ (اندکِ) همزمان آنتروپی بر اتم سازگاری امکان‌پذیر است و این کاهش مشترک در صورتی رخ می‌دهد که دما کاهش یابد. (معادله کلوزیوس ــ کلاپیرون روش سختی را برای نتیجه‌گیری کاهش دما پیشنهاد می‌نماید.)

اگرچه این توصیف بیان میکروسکوپیکی را که شخص مایل به مشاهده آنست در اختیار نمی‌گذارد ولی یک طرح منطقی برای تبیین چگونگی کاهش دما در اثر تراکم بی‌در روی فازهای همزیست He^3 است.

در حالت He^3، نظریه از آزمایش پیشی گرفت. کاهش دما به وسیلهٔ فیزیکدان شوروی پومرا در سال ۱۹۵۰ پیش‌بینی شد، اما نتیجه به طور تجربی در اواخر سالهای ۱۹۶۰ انجام شد. «یخچالهای» پژوهشی بر مبنای این اثر در گسترهٔ دمای ۰/۳ تا ۰/۰۰۲K کار می‌کنند. با افزایش انرژی سیستم، دمای آن کاهش می‌یابد، اما این یک پارادوکس نیست.

مرور مطالب مهم

بسیاری از کتب درسی، از جمله بهترین آنها، شامل چنین مطالبی هستند: دما «معیاری از میانگین انرژی جنبشی مولکولها یا اتمها در یک جسم است.» این بیان اگر غلط نباشد، گمراه کننده است. کار دما تعیین مقدار انرژی سیستم فیزیکی نیست. بلکه اطلاعاتی دربارهٔ تمایل سیستم به انتقال انرژی (به صورت گرما)ست. مطمئناً اطلاعات کمّی در مورد تمایل به انتقال، همراه با استدلال آماری، می‌تواند گاهی ما را به مقدار انرژی رهنمون کند. معادله‌های (۶)، (۷)، و (۸) نمونه‌هایی از این موارد هستند. به هر حال هیچیک از این معادله‌ها، درکی از مفهوم اساسی دما به ما نمی‌دهند. بدین‌منظور باید به مفهوم «دما گرمی اندازه‌گیری شده در یک مقیاس معین است.» مراجعه کنیم.

زیرنویسها:

۱ ــ The Meaning of Temperature

۲ ــ Ralph Baierlein

Wesleyan University, Middletown, CT 06457

۳ ــ عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت معلم

مرجع:

THE PHYSICS TEACHER, FEBRUARY 1990, P. 94 - 96.

سؤالات امتحانات نهایی

کلاس چهارم ـ دانش‌آموزان وداوطلبان آزادکشور ـ شهریور ۱۳۷۰

توضیح: دانش‌آموزان عزیز ابتدا بارم سؤال را با دقت مطالعه کنید سپس پاسخ دهید وقت امتحان ۲ ½ ساعت

۱ـ آمدنس فیزیک (سؤالات امتحان نهایی شهریور ۱۳۷۰)

۲ـ سؤالات (درسی)

درس فیزیک

رشته علوم تجربی

۱) هریك از اصطلاحات زیر را تعریف کنید:
قانون اول نیوتون ـ اینرسی یا لختی ـ واحد توان ـ دامنه حرکت نوسانی ـ واحد ضریب خودالقائی ۲/۵

۲) اگر a شتاب حرکت و V سرعت متحرك باشد هریك ازموارد زیرمفهوم چه‌نوع حرکتی را بیان می‌کند؟ ۰/۵
الف: $a.V<0$ ب: $a.V>0$

۳) تعریف شدت میدان گرانش زمین وذکر رابطه آن در سطح زمین ۰/۷۵

۴) محاسبه شیب عرضی جاده (رسم شکل ـ توضیح ـ اثبات رابطه). ۱/۲۵

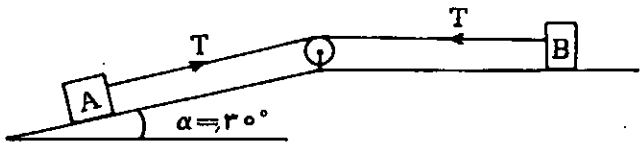
۵) تعریف شدت صوت وذکر عوامل مؤثر و بیان واحد آن. ۱/۵

۶) ارتفاع (تواتر) بم‌ترین صوت دولوله بازوبسته با طولهای مساوی را به‌کمك روابط آن دو با یکدیگر مقایسه کنید وشرطی را بیان کنید که فرکانس صوت اصلی دولوله بازوبسته مساوی باشد. (همواره سرعت صوت درهوای داخل لوله‌ها مساوی است) ۱/۵

۷) محاسبه طول موج نور به‌کمك پدیده تداخل (آزمایش یانگ) رسم شکل ـ توضیح ـ اثبات رابطه. ۲

۸) گلوله‌ای از ارتفاع H بالای سطح زمین با سرعت اولیه V_0 بطرف بالا در امتداد قائم پرتاب شده و پس از ۶ ثانیه با سرعت ۴۰m/s متر بر ثانیه به سطح زمین برخورد می‌کند. اولا سرعت اولیهٔ V_0 وارتفاع H را محاسبه کنید ثانیاً بیشترین ارتفاع گلوله را از سطح زمین بدست آورید. ۱/۵
$g=10m/s^2$

۹) نیروی کشش «T» نخ اتصال دو وزنه A و B در شکل مقابل برابر ۱۵ نیوتون و نیروی اصطکاك بین وزنه B و سطح افقی برابر ۹ نیوتون است اولا شتاب دستگاه را محاسبه نموده ثانیاً نیروی اصطکاك وزنه A با سطح شیبدار را بدست آورید. ۱/۲۵



$M_A=6Kg \quad g=10m/s^2$

$M_B=4Kg \quad \sin 30=\frac{1}{2}$

۱۰) جسمی به‌جرم ۱۰ کیلوگرم با سرعت اولیه ۸ متر بر ثانیه از پایین سطح شیبدار به‌زاویه شیب ۳۰° برروی

سطح بطرف بالا پرتاب می‌شود، هنگامی که جسم به ارتفاع ۲ متر از سطح افق اولیه پرتاب می‌رسد سرعتش نصف می‌شود. به کمک انرژی مکانیکی جسم در دو حالت کار نیروی اصطکاک و مقدار نیروی اصطکاک را محاسبه کنید. ۱/۲۵

$$g = 10 m/s^2$$

۱۱) یك ذره نوسان‌کننده در لحظه ($t = 0$) در بعد ماکزیمم قرار دارد و شتاب آن در این لحظه ۰/۴۵ متر بر مجذور ثانیه است. اگر پریود حرکت نوسانی ۲ ثانیه باشد معین کنید دامنه نوسان و فاز اولیه حرکت را ($\pi = 3$) ۱/۵

۱۲) خازن C_1 به ظرفیت ۵ میکروفاراد با خازن C_2 بطور متوالی به دو نقطه بـه اختلاف پتانسیل V می‌بندیم. مقدار انرژی ذخیره شده در خازن C_1 برابر ۲۵۰ میکروژول و اختلاف پتانسیل دو سر خازن C_2 برابر ۵ ولت است. معین کنید ظرفیت خازن C_2 و اختلاف پتانسیل V را. ۱/۵

۱۳) سیمی به طول ۵۰ سانتیمتر با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه بطور عمود بر میدان مغناطیسی به شدت ۰/۰۲ تسلا به مدت ۰/۱ ثانیه حرکت می‌کنند نیروی محرکه القاء شده در دو سر سیم را بدست آورده و تغییرات فلورا محاسبه کنید. ۱

۱۴) معادله اختلاف پتانسیل دو سر مدار جریان متناوبی $V = 200\sqrt{2}\sin 300t$ است. این مدار شامل یك مقاومت و یك سلف بدون مقاومت گرمایی بطور متوالی است. اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۱۶۰ ولت و توان مصرف شده در مقاومت ۳۲۰ وات است. معین کنید، شدت جریان مؤثر ـ مقاومت ظاهری مدار ـ و مقاومت القائی سلف را. ۲

درس فیزیك

رشته ریاضی فیزیك

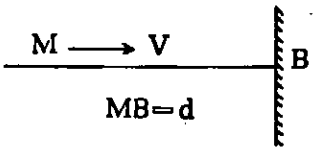
۱ـ الف: حرکت تناوبی و حرکت ارتعاشی را تعریف کنید. ب: فرکانس موجی ۵۰۰ هرتز است اختلاف فاز بین دو تغییر مکان به فاصلهٔ زمانی 10^{-3} ثانیه در یك نقطه معین چقدر است؟ ۱

۲ـ به کمك رسم فرنل دامنه و فاز اولیه حرکت سینوسی حاصل از جمع جبری سه حرکت سینوسی

$y_1 = 5\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$ و $y_2 = 4\sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$

و $y_3 = 3\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ را نمایش دهید. ۱

۳ـ دردستگاه C. G. S معادله موج تابش در نقطه M بفاصله d از مانع سخت بصورت $y = r\sin\omega t$ است اگر سرعت انتشار موج V سانتیمتر بر ثانیه باشد، معادله امواج بازتابش را در نقاط B (روی مانع سخت) و M بنویسید. ۱



۴ـ پدیدهٔ دوپلر را تعریف کرده و با استفاده از رابطهٔ کلی در حالتی که منبع صوت و شنونده از هم دور می‌شوند، رابطه تواتر ظاهری را بنویسید. ۱

۵ـ طیف خورشید چگونه است؟ آن را توضیح دهید. ۱

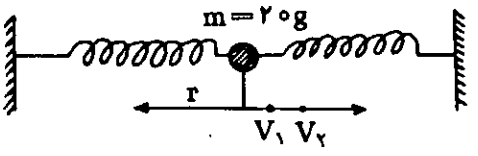
۶ـ منظور از پلاریزاسیون در اثر شکست مضاعف چیست؟ شرح دهید. ۱

۷ـ اثر خود القاء و ظرفیت را بر جریانهای با تواتر زیاد بنویسید. ۱

۸ـ یکسو کننده PN را شرح دهید (با رسم شکل). ۱

۹ـ الف: واحد انرژی در فیزیك اتمی چیست؟ نام برده و تعریف کنید و بگویید معـادل چند ژول است. ب: در در تلاشی بتایی چه تغییری در اتم حاصل می‌شود؟ ۱

۱۰ـ در شکل مقابل گلوله‌ای بجرم $m = 20$ گرم در راستای افقی با دامنه r حرکت نوسانی ساده انجام می‌دهد ضرایب ثابت دوفنر $K_1 = K_2 = 1\frac{N}{m}$ است اولا پریود نوسان گلوله ($\pi = 3/14$) و ثانیاً نسبت سرعت حرکت آن را در دو نقطه یکی به فاصلهٔ نصف دامنه و دیگری به فاصلهٔ $\frac{1}{4}$ دامنه از وضع تعادل حساب کنید. ۱/۵



۱۱ـ معادله ارتعاش نقطه O از یك محیط در دستگاه C. G. S بصورت $y=2\sin(100\pi t+\frac{\pi}{6})$ وسرعت انتشار ارتعاش درمحیط ۶ متر برثانیه است طول موج ارتعاش را پیداکرده ومعادلهٔ ارتعاش نقطه M را که بفاصلهٔ ۵ سانتیمتر ازمرکز O قرار دارد بنویسید وبعد آن را درلحظه $t=\frac{1}{100}s$ بدست آورید. ۱/۵

۱۲ـ سیم‌پیچی ۲۵۰ حلقه دارد درآن درمدت $\frac{1}{1000}$ ثانیه جریان از ۲ آمپر به ۲/۰۵ آمپر می‌رسد و درهمین مدت شارمغناطیسی‌سیم‌پیچ از ۴۰۰۰ میکروویبر به ۴۱۰۰ میکروویبر میرسد. مطلوبست تعیین ضریب خودالقایی سیم‌پیچ ومقدارنیروی‌محرکه الکتریکی القاءشده درآن. ۱/۵

۱۳ـ طول موج یك پرتو نور تکرنگ در هوا ۶۰۰۰ آنگستروم است. الف: انرژی فوتونهای مربوط باین طول موج چقدر است ـ ب: اگر این پرتودوشکاف آزمایش یانگ را که بفاصله ۱/۵ میلیمتر ازهم قرار دارند روشن‌کند فاصله دونوار تاریك متوالی‌رابرحسب میلیمتر برروی پرده‌ای‌که بفاصله ۱/۵ متر ازسطح‌شکافها قراردارد پیداکنید. ۱/۵

$c=3\times10^8\frac{m}{s}\quad h=6/6\times10^{-34}\ J.s$

۱۴ـ یك‌لولهٔ صوتی‌بسته بطول ۴۱/۲۵ سانتیمتر دومین صوت خود را تولید می‌کند. الف: طول موج حاصل در لوله چند سانتیمتر است؟ ب: در دمای صفر درجه سلسیوس صوت لوله همصدا با صوت سیرنی است که ۳۰سوراخ متساوی‌الفاصله دارد وباسرعت ۴۰۰دور در دقیقه می‌چرخد. ارتفاع‌صوت اصلی‌وسرعت‌انتشارصوت را درهوای داخل‌لوله پیداکنید. ج- دراثرافزایش‌دمای لوله بین صوت اصلی و صوت سیرن۲ ضربان در ثانیه شنیده می‌شود افزایش دمای لوله‌را پیداکنید (طول‌لوله ثابت). ۲

۱۵ـ مقاومت‌سادهٔ $R=100$ اهم باسیم‌پیچ بدون‌مقاومت L بطور متوالی درمدارجریان متناوبی‌قرارگرفته معادله شدت جریان درمدار $i=\sqrt{2}\sin 300\ t$ است اگر مقاومت ظاهری سیم‌پیچ ۱۰۰ (صد) اهم باشد ضریب خودالقایی سیم‌پیچ‌راحساب کرده ومعادله‌اختلاف‌پتانسیل دوسرمدار را بنویسید. ۲

درس مکانیك

رشته‌ریاضی فیزیك

۱ـ چه فرقی بین قانون و تئوری وجود دارد؟ ۰/۵

۲ـ سرعت لحظه‌ای را تعریف‌کنید ورابطهٔ ریاضی‌آنرا بنویسید وتوضیح دهید چگونه می‌توان به‌کمك نمودار مکان ـ زمان سرعت لحظه‌ای را درلحظهٔ t_1 تعیین‌کرد. ۱

۳ـ ناظر لخت را تعریف‌کرده ویك‌مثال بزنید. ۰/۵

۴ـ برآیندکدامیك ازدسته نیروهای‌زیرمی‌تواند ۱۰N باشد شکل آنرا رسم‌کنید. ۰/۵

(۲N و ۴N) (۲N و ۷N) (۲N و ۶N)

(۵N و ۴N) (۱۰N و ۱۰N)

۵ـ دوپسربچه به‌جرم‌های‌مساوی،یکی‌کوتاه‌ودیگری‌بلند، روی دوچهارچرخه به‌جرم‌های مساوی روی سطح‌افقی‌به فاصلهٔ معین ازیکدیگر ایستاده‌اند و دوسرطنابی را در دست دارند خط پایان مسابقه درست در وسط فاصلهٔ دو چهارچرخه است هرگاه این دوپسربچه شروع به‌کشیدن طناب‌کنند و ضریب اصطکاك هر دو چهارچرخه با سطح برابر باشدکدام زودتربه‌خط پایان می‌رسند جواب‌خود را با استدلال بنویسید. ۱

۶ـ یك‌هواپیما باسرعت‌ثابت بالامی‌رود نیروهای وارد برهواپیما را بامقیاس مناسب رسم کنید. ۰/۵

۷ـ بامحاسبه نشان‌دهیدکه اندازهٔ سرعت یك پرتابه‌که باسرعت اولیهٔ V_0 تحت زاویهٔ θ نسبت به‌افق پرتاب می‌شود درهرنقطه از مسیرش به‌ارتفاع h ازسطح افق نقطهٔ پرتاب بارعایت جهت برابر است با: ۱

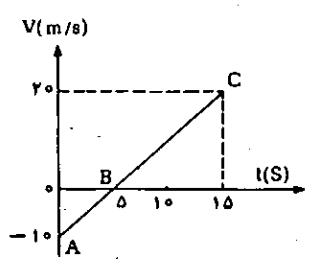
$$V=\sqrt{V_0^2+2gh}$$

۸ـ دیمانسیون توان را محاسبه‌کنید. ۰/۵

۹ـ شیب‌عرضی جاده (شرح ـ شکل ـ محاسبه). ۱/۵

۱۰ـ شرط تعادل اجسام صلب را بنویسید (دو شرط). ۰/۵

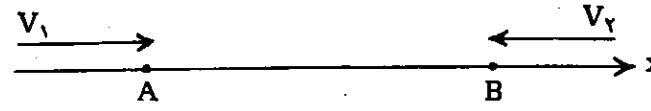
۱۱ـ نمودار سرعت‌ـزمان متحرکی مطابق شکل مقابل می‌باشد. اولاً: نوع حرکت‌را درAB وBC تعیین‌کنید. ثانیاً: سرعت متوسط متحرك را درمدت ۱۵ ثانیه حساب کنید. ۱



۱۲ــ متحرکی با سرعت ثابت $5m/s$ در جهت محور xها و متحرك دیگر باسرعت $15m/s$ درجهت مخالف محور xها درحرکت هستند درلحظه‌ای‌که از نقاط A و B($AB=250m$) عبورمی‌کنند. اولی باشتابm/s^2 سرعت خودرا افزایش و دومی باشتاب$1m/s^2$ سرعت خودرا کاهش می‌دهد.

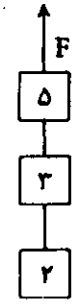
اولا: معادلهٔ مکان هر دومتحرك را نسبت به‌A بنویسید.

ثانیاً: بعداز چه مدت دومتحرك ازکنار هم‌عبور می‌کنند. ۱/۵



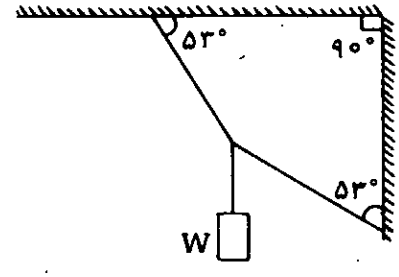
توجه:درحل‌مسائل$g=10m/s^2$و$\sin37^\circ=\cos53^\circ=0/6$ و $\sin30^\circ=\cos60^\circ=0/5$ فرض‌شود.

۱۳ــ سه‌جسم $5Kg$ و$3Kg$ و $2Kg$ توسط نخ سبك به هم بسته شده ودرامتدادقائم‌تحت‌تأثیرنیروی $F=120N$ حرکت می‌کنند (بطرف‌بالا). شتاب حرکت وکشش نخ را بین دوجسم ۵ و ۳ کیلوگرمی‌حساب کنید. ۱/۵



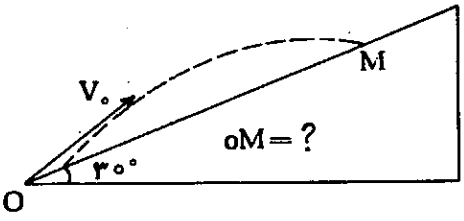
۱۴ــ جسمی‌به‌جرم۵کیلوگرم روی سطح یك‌چهارچرخه به‌جرم ۲۰کیلوگرم قرار دارد. چهارچرخه روی سطح افقی بدون اصطکاك می‌باشد نیروی افقی $30N$ بـه‌جسم وارد می‌شود. درصورتی‌که ضریب اصطکاك جسم باچهار چرخه ۰/۴ باشد، شتاب حرکت جسم و چهارچرخه را حساب‌کنید. ۱

۱۵ــ در شکـل مقابل حـداکثر نیروی کشش که نخها می‌توانند تحمل‌کنند ۸۰ نیوتن می‌باشد. بیشترین نیروی وزنهٔ آویزان W چند نیوتن می‌تواند باشد؟



۱۶ــ از پایین یك‌سطح شیبدارگلوله‌ای با سرعت‌اولیه $100m/s$ تحت زاویهٔ ۶۰° نسبت‌به‌افق به‌طرف بالای سطح‌شیبدار پرتاب‌می‌شود برد پرتابه‌درروی‌سطح‌شیبدار را حساب کنید. زاویهٔ سطح شیبدار با افق ۳۰° و از اصطکاك باهوا صرف‌نظرمی‌شود. ۱

۱۷) اتومبیلی‌به‌جرم $2000kg$ باسرعت‌ثابت $20m/s$ از روی‌پلی‌که تحدب‌آن به‌طرف پایین و شعاع انحنای

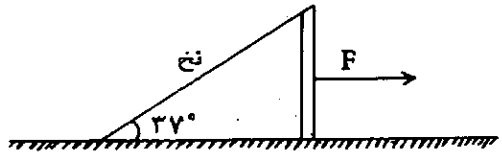


پل $100m$است عبورمی‌کندعکس‌العمل‌پل‌را درلحظه‌ای حساب‌کنیدکه اتومبیل از پایین‌ترین نقطهٔ پل می‌گذرد. ۱

۱۸ــ اتومبیلی به‌جرم $1500kg$ ازیك سطح شیبدار به شیب ۲٪ ($\sin\alpha=0/02$) با سرعت ثابت $25m/s$ پایین می‌آید اگرتوان اتومبیل $10000W$ باشد نیروی مقاوم در برابر حرکت را حساب‌کنید. ۱/۲۵

۱۹ــ گلوله‌ای به‌جرم $2kg$ با سرعت $7m/s$ به‌گلوله دیگری‌به‌جرم $4kg$ که باسرعت $1m/s$ درخلاف‌جهت و در همان راستای حرکت گلولهٔ اول در حرکت است برخوردروبرو می‌کنداگرضریب‌جهندگی دراین‌برخورد ۰/۵ باشد سرعت هردوگلوله را پس از این بـرخورد حساب‌کنید. ۱/۷۵

۲۰ــ میله‌ای به‌طول L به‌جرم $35kg$ بطور قائم روی سطح افقی قراردارد بالای میله توسط نخ به‌سطح افقی بسته شده است نیروی افقی F ازوسط میله‌واردمی‌شود. اگر ضریب اصطکاك میله روی سطح ۰/۴ باشد حداکثر نیروی F چقدرباید باشد تامیله نلغزد؟ ۱/۵



دستور زبان (گرامر) فیزیک[1]

نوشتهٔ پی. آر. سوبرامانیان، پی. گناناپراگاسام، و جی. جانهاوی[2]
ترجمهٔ رضا حسین‌نژاد[3]
ویراستهٔ دکتر عزت‌الله ارضی

ریاضیات، زبان طبیعی فیزیک نظری است، و دستور زبان فیزیک تحلیل ابعادی (دیمانسیون) آن است. معمولاً تحلیل ابعادی برای، تطبیق معادله‌های فیزیکی، به دست آوردن رابطه‌های فیزیکی، و تبدیل واحدها از یک دستگاه به دستگاهی دیگر به کار می‌رود. تا آنجا که مطلع هستیم، امکان استفاده از تحلیل ابعادی برای بررسی معادله‌های ریاضی (مانند معادله‌هایی از جبر، حساب، و هندسه) تا به حال صریحاً ذکر نشده است. این یادداشت بر این کاربرد جالب توجه دستور زبان فیزیک در آموزش تأکید دارد.

یک قاعدهٔ بنیادی در فیزیک وجود دارد: هرگز دو یا چند کمیت فیزیکی را که ابعاد متفاوتی دارند جمع یا تفریق نکنید. برای مثال، معادلهٔ

$$A = X + Y + Z \qquad (1)$$

که در آن انرژی = A، جرم = X، طول = Y، زمان = Z غیر ممکن است. ولی ضرب (یا تقسیم) کمیتهای فیزیکی که ابعاد متفاوتی دارند مُجاز است.

در رابطهٔ جرم ــ انرژی اینشتین

$$E = mc^2 \qquad (2)$$

m (جرم) و c (سرعت نور در خلأ) از نظر ابعادی متفاوتند. [ضمناً معادلهٔ (۱) فرمول اینشتین برای موفقیت در زندگی است، که در آن A نمایشگر موفقیت، X نشان دهندهٔ سخت کوشی، Y مربوط به تفریح، و Z برای بسته نگهداشتن دهان خود در موقع اظهار نظر در مورد موضوعهای ناشناخته است.] حال بیایید سه مثال ساده در مورد کاربرد دستور زبان فیزیک در بررسی درستی و یا نادرستی معادله‌های ریاضی ارائه دهیم. دانشجویان علاقمند خودشان می‌توانند مثالهای متعددی از جبر، حساب، هندسه، و آنالیز برداری بیابند.

ابتدا به معادلهٔ آشنای زیر می‌نگریم:

$$(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 \qquad (3)$$

اگر a هر کمیت فیزیکی دارای ابعادِ غیر صفر باشد، بنابراین برطبق قاعدهٔ بنیادی نامبرده، باید b همان ابعاد a را داشته باشد. پس a^3، a^2b، ab^2، و b^3 هم بعد با $(a + b)^3$ هستند. بدین ترتیب معادلهٔ (۳) از نظر ابعادی (و فیزیکی) درست است.

فرض کنید x_1 و x_2 ریشه‌های معادلهٔ درجهٔ دوم زیر باشند:

$$ax^2 + bx + c = 0 \qquad (4)$$

برای یک لحظه وانمود کنید که

$$x_1 + x_2 = -\frac{a}{b} \quad \text{و} \quad x_1x_2 = \frac{a}{c} \qquad (5)$$

خواهیم دید که دستور زبان فیزیک چگونه ما را به سوی جوابهای درست یعنی

$$x_1 + x_2 = -\frac{b}{a} \quad \text{و} \quad x_1x_2 = \frac{c}{a} \qquad (6)$$

هدایت می‌کند.

به محض اینکه x به عنوان هر کمیت فیزیکی با ابعاد (غیر صفر) انتخاب شود، معادلهٔ (۴) وارد زندگی جدیدی می‌شود. از آنجا که ax^2 و bx و c را با هم جمع می‌کنیم، قاعدهٔ بنیادی مذکور نشان می‌دهد که از نظر ابعادی داریم

$$[ax^2] = [bx] = [c] \qquad (7)$$

علامت [...] که قدیمی است و گفته می‌شود مربوط به ماکسول است. نشان دهندهٔ «ابعاد...» است. از آنجا که ریشه‌های معادلهٔ درجه دوم [معادلهٔ (۴)] باید همان ابعاد x را داشته باشد، داریم $[x] = [x_1 + x_2]$. معادلهٔ (۷) می‌رساند که $[\frac{b}{a}] = [\frac{x^2}{x}] = [x]$. لذا،

(۸) $[x_1 + x_2] = [\frac{b}{a}]$

و به طرز مشابهی،

(۹) $[x_1 x_2] = [x^2] = [\frac{b}{a}]$

حال دیده می‌شود که روابط نشان داده شده در معادلهٔ (۵) نادرست هستند، زیرا از نظر فیزیکی (ابعادی) نادرستند. رابطه‌های موجود در معادلهٔ (۶) با معادله‌های (۸) و (۹) سازگارند.

اکنون به عنوان مثالِ بعدی رابطهٔ زیر را از حساب دیفرانسیل در نظر می‌گیریم

(۱۰) $\frac{d}{dx} x^{11} = 11x^{10}$

می‌دانیم که $[x^{11}] = [x]^{11}$ و $[\frac{d}{dx}] = [x]^{-1}$. بنابراین $[11x^{10}] = [x^{10}] = [x]^{10} = [x]^{11}[x]^{-1} = [x^{11}][\frac{d}{dx}]$. عموماً به ازاء هر توانی از x، مثلاً x^μ، شاید بتوان نوشت $\frac{d}{dx} x^\mu = kx^{\mu-1}$، که k باید تعیین شود. البته از نظر ریاضی $k = \mu$.

به هنگام برشمردن محسنات دستور زبان فیزیک، خوبست به تله‌های آن نیز توجه کنیم. بدیهی است که اگر در ادبیات جمله‌ای از نظر دستوری درست باشد، لزومی ندارد که معنای آن نیز صحیح باشد: مثلاً اگر بگوییم «لغت ریاضیات فقط پنج حرف دارد» از نظر دستوری درست است ولی معنای آن نادرست است. به همان طریق می‌توان گفت که، حتی اگر یک معادلهٔ ریاضی از نظر فیزیکی (ابعادی) درست باشد، لزومی ندارد که از نظر ریاضی هم درست باشد. به عنوان مثال اگر سمت راست معادلهٔ (۳) را با عبارت $4x^3 - 7x^2y + 9xy^2 - 5y^3$ عوض کنیم، معادلهٔ جدید از نظر ابعادی باز هم درست خواهد بود، ولی از نظر ریاضی درست نیست. در مورد معادلهٔ (۴) داریم $[x] = [x_1 + x_2]$. و از آنجا که $[c] = [bx]$، پس $[\frac{c}{b}] = [x]$. و در نتیجه داریم $[x_1 + x_2] = [\frac{c}{b}]$ ولی $x_1 + x_2 \equiv \frac{c}{b}$ از نظر ریاضی صحیح نیست.

از نارساییهای دیگر دستور زبان فیزیک آن است که چون عاملهای فاز بی‌بُعد هستند، دستور زبان فیزیک نمی‌تواند عاملهای صحیح فاز را به ما بدهد.

تحلیل ابعادی در حوالی سال ۱۸۲۲ به ذهن فیزیکدانان رسید. قضیهٔ فیثاغورث و نظریهٔ معادله‌های درجه دوم، که بسیار قدیمی‌تر از تحلیل ابعادی هستند، نیز از دستور زبان فیزیک پیروی می‌کنند. با تلقی کردن یک معادلهٔ ریاضی به صورت یک معادله فیزیکی به سادگی می‌توان دید که هر معادلهٔ ریاضی که از نظر فیزیکی (ابعادی) درست نباشد نمی‌تواند از نظر ریاضی درست باشد، چرا که معادلات ریاضی نیز از دستور زبان فیزیک پیروی می‌کنند. ما هیچ موردی سراغ نداریم که در آن یک دانشجوی شیمی یا زیست‌شناسی بتواند بگوید که فلان معادلهٔ ریاضی (مثلاً از جبر، حساب، هندسه، یا آنالیز برداری) که از نظر شیمیایی یا زیست‌شناختی صحیح نیست! پس نمی‌تواند از نظر ریاضی درست باشد! این زیبایی دستور زبان فیزیک است!

شاعران گاهی قوانین دستور زبان را می‌شکنند، ولی همه در برابر دستور زبان فیزیک یکسانند ــ نه دانشجوی فیزیک و نه یک برندهٔ جایزهٔ نوبل در فیزیک هیچ کدام نمی‌توانند حتی تصور شکستن قوانین دستور زبان فیزیک را در فکر خود داشته باشند. (حال دیگر نیازی نیست که برتری دستور زبان فیزیک را در توصیف زیبایی طبیعت، بیان کنیم.) به هر حال، مانند آن عارفی که تلاش می‌کند خدا را در هر چیز و هر چیز را در خدا ببیند، یک دانشجوی فیزیک نیز می‌تواند سعی کند تا دستور زبان خود را در هر معادله و همهٔ معادله‌ها، نه تنها در سطح پایه بلکه در سطح پیشرفته ببیند. در این صورت آیا فیزیک شعری متشکل از نشانه‌ها نیست؟

زیرنویسها:

۱ ــ The Grammer of Physics

۲ ــ P.R. Subramanian, B. Gnanapragasam, and G. Janhavi.
Department of Nuclear physics,
University of Madras, Madras 600 025, India.

۳ ــ دانشجوی سال سوم رشته الکترونیک دانشگاه صنعتی شریف

مرجع:

THE PHYSICS TEACHER, MARCH 1990, P. 174-175.

۱ـ سؤالات امتحان (گزینش دانشجو ۱۳۷۰)
۲ـ آموزش فیزیک

پرسشهای گزینش دانشجو ۱۳۷۰
مرحله اول
«علوم تجربی»

۲۲۱ـ سنگی را در شرایط خلأ در امتداد قائم با سرعت اولیهٔ V_0 از زمین به‌طرف بالا پرتاب می‌کنیم، بعد از t ثانیه سنگ به زمین برمی‌گردد. اگر سرعت اولیه پرتاب ۲ برابر می‌بود پس ازچند t گلوله به زمین برمی‌گشت؟

۱) ۱ ۲) $\sqrt{2}$ ۳) ۲ ۴) ۴

۲۲۲ـ اگر معادله حرکت متحرکی در SI به صورت $X = 2t^2 + 3t$ باشد، مسافت طی‌شده درثانیه دوم چند متراست؟

۱) ۵ ۲) ۱۷ ۳) ۲۲ ۴) ۲۷

۲۲۳ـ جسمی به جرم m را روی سطح شیب‌داری که شیب آن قابل‌تغییر است قرارمی‌دهیم. ملاحظه می‌شود وقتی $\sin\theta = 0/6$ گردد لغزش جسم شروع می‌شود. ضریب اصطکاك جسم با سطح کدام است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۶ ۳) ۰/۷۵ ۴) ۰/۸

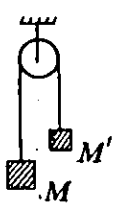
۲۲۴ـ وقتی برآیند نیروهای وارده به جسم درحال حرکت‌صفر نیست کدام گزاره زیر درست است؟

۱) الزاماً جسم در راستای برآیند نیروها حرکت می‌کند
۲) الزاماً حرکت جسم در راستای برآیند نیروها است
۳) الزاماً سرعت درهرلحظه برمسیر حرکت مماس است
۴) الزاماً شتاب حاصل ازنیرو وسرعت هم‌جهت هستند

۲۲۵ـ درشکل مقابل که جرم قرقره ونخ و نیروی اصطکاك ناچیزاست وزنهٔ M' با شتابی برابربا $\frac{g}{3}$ به سمت بالا می‌رود.

نسبت $\frac{M'}{M}$ کدام است؟

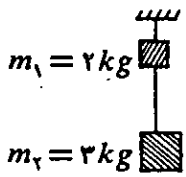
۱) $\frac{1}{3}$
۲) $\frac{1}{2}$
۳) ۲
۴) ۳



شکل (۱)

۲۲۶ـ وزنه‌های $m_1 = 2\ kg$ و $m_2 = 3\ kg$ مطابق شکل توسط نخ محکم وسبکی به یکدیگر بسته شده و از نقطه‌ای آویزانند.کشش وارد برنخ متصل‌کننده دو وزنه چند نیوتن‌است؟ $g = 10\ m/s^2$

۱) ۱۰
۲) ۲۰
۳) ۳۰
۴) ۵۰



شکل (۲)

۲۲۷ـ درحرکت یك ماهواره به دور زمین اگرشعاع مدار آن افزایش یابد:

۱) سرعت‌آن افزایش وپر ید آن کاهش می‌یابد
۲) سرعت آن کاهش وپر ید آن افزایش می‌یابد
۳) سرعت وپرید هردو زیاد می‌شوند
۴) سرعت وپرید هردو کم می‌شوند

۲۲۸ـ دریك حرکت نوسانی ساده:

۱) جهت سرعت همیشه به‌طرف مرکز نوسان است
۲) سرعت درمرکز نوسان صفر است
۳) مقدارسرعت همواره کاهش می‌یابد
۴) مقدارشتاب در دوانتهای مسیر حداکثراست

۲۲۹ـ کولن ولت معادل است با:

۱) اهم ۲) ژول ۳) فاراد ۴) وات

۲۳۰ـ کدام گزینه نشان‌دهندهٔ امواج قابل انتشار در مایعات است؟

۱) پیچشی ۲) طولی ۳) عرضی ۴) هرسه موج

۲۳۱ـ معادلهٔ یك حرکت‌نوسانی به‌صورت $y=5\sin\left(t+\frac{\pi}{3}\right)$ می‌باشد. پرید حرکت چند ثانیه است؟

۱) 2π ۲) $\frac{\pi}{3}$ ۳) $\frac{1}{5}$ ۴) ۵

۲۳۲ـ دو آونگ ساده A و B را با هم با دامنه کم به نوسان درمی‌آوریم. پس از گذشت ۲ دقیقه و ۲۴ ثانیه آونگ B ده نوسان‌کامل از آونگ A جلو می‌افتد، اگرزمان نوسان‌کامل آونگ A برابر ۱/۸ ثانیه باشد پرید آونگ B چند ثانیه است؟

۱) ۱/۲ ۲) ۱/۴ ۳) ۱/۶ ۴) ۲

۲۳۳ـ ارتفاع صوت سوم تاری با نیروی کشش F برابر $450\ Hz$ است. ارتفاع صوت اصلی آن با نیروی $4F$ چند هرتز می‌شود؟

۱) ۱۵۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۶۰۰

۲۳۴ـ فرکانس صوت اصلی یك لوله صوتی باز و یك لوله صوتی بسته هرکدام $600\ Hz$ است. اگراین دولوله را به‌انتهای هم وصل کرده ولوله صوتی بسته بلندتری درست کنیم. فرکانس صوت اصلی آن چند هرتز می‌شود؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۳۰۰ ۳) ۱۲۰۰ ۴) ۱۸۰۰

۲۳۵ـ سرعت صوت در ئیدروژن ۲۷ درجه سانتی‌گراد $\sqrt{8}$ برابر سرعت صوت دراکسیژن θ درجه سانتی‌گراد است. در این صورت θ کدام است؟

۱) ۵۴ ۲) ۳۲۷ ۳) ۶۲۷ ۴) ۶۵۴

۲۳۶ـ اگرطول موج برای امواج واقع درناحیه امواج‌رادیویی را با λ_1 وبرای اشعه x را با λ_2 وبرای ناحیه نور مرئی را با λ_3 نشان دهیم کدام گزینه درست است؟

۱) $\lambda_1>\lambda_3>\lambda_2$ ۲) $\lambda_2>\lambda_3>\lambda_1$

۳) $\lambda_2>\lambda_1>\lambda_3$ ۴) $\lambda_3>\lambda_1>\lambda_2$

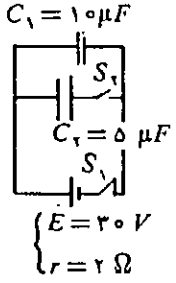
۲۳۷ـ دو ذره یکی به‌جرم m وبار الکتریکی q و ذره دیگر به جرم $2m$ با بارالکتریکی $3q$ مجاور هم قرار دارند. اگر این دو ذره فقط تحت اثر نیروی الکتریکی که بهم وارد می‌کنند شتاب بگیرند شتاب وارد برجرم m چند برابرشتاب وارد بر ذره دوم است؟

۱) $\frac{1}{6}$ ۲) $\frac{2}{3}$ ۳) ۲ ۴) ۶

۲۳۸ـ انرژی ذخیره شده درخازنی به ظرفیت ۸ میکروفاراد برابر 144×10^{-4} ژول است. اختلاف پتانسیل دوسر خازن چند ولت است؟

۱) ۶۰ ۲) ۲۲۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۵۷۶

۲۳۹ـ درمدارشکل‌مقابل ابتداکلید S_1 بسته وکلید S_2 بازاست. اگرکلید S_1 را باز وکلید S_2 را ببندیم پس‌ازآن اختلاف‌پتانسیل دوسر C_1 و C_2 به‌ترتیب چند ولت می‌شود؟

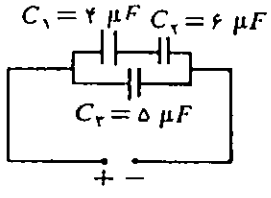


شکل (۳)

۱) ۱۵ و ۲۵
۲) ۲۵ و ۱۵
۳) ۲۵ و ۲۵
۴) ۳۰ و ۳۰

۲۴۰ـ درشکل روبرو اختلاف پتانسیل V دوسرمنبع چند ولت باشد تا ولتاژ دوسرخازن C_1 برابر ۶۰ ولت گردد؟

۱) ۴۰ ۲) ۶۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۲۰۰



شکل (۴)

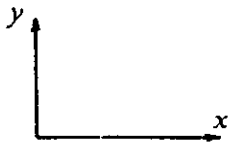
۲۴۱ـ طیف لامپ نئون روشن چگونه است؟

۱) جذبی‌خطی ۲) نشری‌پیوسته
۳) جذبی پیوسته ۴) نشری خطی

پرسشهای گزینش دانشجو ۱۳۷۰
مرحله اول

۲۴۲- فرض کنید یک میدان مغناطیسی عمود برصفحه کاغذ و رو به داخل داشته باشیم. هرگاه بر ذره‌ای که با سرعت در جهت مثبت محور x حرکت می‌کند نیروئی درجهت منفی محور y ها اثرکند این ذره چه می‌تواند باشد؟

۱) آلفا ۲) الکترون ۳) پروتون ۴) نوترون



شکل (۵)

۲۴۳- در آزمایش یانگ برای این که فاصله دونوار روشن متوالی را کم کنیم می‌توانیم:

۱) ازنوری با طول موج بلندتر استفاده کنیم

۲) دوشکاف را بهم نزدیک کنیم

۳) فاصله پرده را ازشکافها زیاد کنیم

۴) نوری با طول موج کوتاهتر بکاربریم

۲۴۴- لامپی را با سیم‌پیچی بطور متوالی بسته و مجموعه را به برق متناوب وصل می‌کنیم تا لامپ روشن شود. وقتی یک هسته آهنی داخل سیم‌پیچ می‌کنیم نورلامپ:

۱) افزایش می‌یابد

۲) اول کاهش وسپس افزایش می‌یابد

۳) تغییر نمی‌کند

۴) کاهش می‌یابد

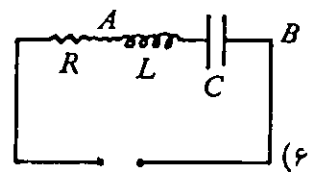
۲۴۵- درمدار مقابل سلف بدون مقاومت حقیقی فرض شده و $R = ۲۰\ \Omega$، $x_L = ۱۰\ \Omega$، $x_C = ۱۰\ \Omega$ وشدت جریان $۵A$ است. ولتاژ مؤثر بین دونقطه A و B برابراست با:

۱) صفر

۳) ۵۰ ولت

۲) ۵۰ ولت

۴) ۱۰۰ ولت



شکل (۶)

«علوم ریاضی وفنی»

۱۹۱- ذره‌ای با سرعت ثابت روی محور xها به حرکت درمی‌آید وپس از ۲ ثانیه به نقطه O (مبداء مقایسه) می‌رسد و ۲ ثانیه بعد به‌نقطه $x = -۶m$ می‌رسد، معادله حرکت‌آن در SI کدام است؟

۱) $x = -۳t - ۶$ ۲) $x = -۳t + ۶$

۳) $x = ۳t - ۶$ ۴) $x = ۳t + ۶$

۱۹۲- ۴ ثانیه طول می‌کشد تا جسمی که با سرعت اولیه $۲۵\ m/s$ درامتداد قائم در شرایط خلاء به بالا پرتاب می‌شود دوبار از لبه پنجره‌ای بگذرد، ارتفاع پنجره چند متر است؟ $(g = ۱۰\ m/s^۲)$

۱) ۱۱/۲۵ ۲) ۲۰ ۳) ۲۵ ۴) ۳۰

۱۹۳- اگر نیروی وارد بر ذره‌ای همواره برسرعت ذره عمود باشد کدام یک ازجملات زیرصحیح است؟

۱) اندازه سرعت ذره ثابت است

۲) حرکت ذره نوسانی ساده است

۳) سرعت ذره بتدریج زیاد می‌شود

۴) مسیر حرکت ذره سهمی است

۱۹۴- جسمی تحت تأثیر نیـروی ثابتی قرار گرفته و از حال سکون شروع به‌حرکت می‌کنـد. اگر زمان لازم برای‌آنکه جسم به سرعت V برسد t ثانیه باشد چـه مدت دیگر طول می‌کشد تا سرعتش از V به $2V$ افزایش یابد؟

۱) t ۲) $\sqrt{2}t$ ۳) $2t$ ۴) $4t$

۱۹۵- برجسمی به جرم ۴ کیلـوگرم همـزمان دو نیروی متعامد $F_1 = 6N$ و $F_2 = 8N$ اثرمی‌کند. شتاب حرکت جسم چند متر برمجذور ثانیه است؟

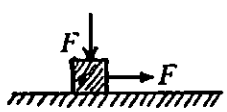
۱) ۱/۵ ۲) ۲ ۳) ۲/۵ ۴) ۳/۵

۱۹۶- به یک وزنه ۱ کیلوگرمی که روی زمین قرار دارد نخی بسته و به نخ نیرویی برابر با ۸ نیوتن رو به‌بـالا وارد می‌کنیم. فاصله وزنه از زمین بعد از ۲ ثانیه چند متراست؟

۱) صفر ۲) ۴ ۳) ۱۴ ۴) ۱۸

۱۹۷- درشکـل مقابل وزن جسم ۲ نیوتن وهریک از نیروهای F برابر ۵ نیوتن وجسم درآستانه حرکت است. ضریب‌اصطکاك بین جسم وسطح کدام است؟

۱) ۰/۱۵ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۲۵ ۴) ۰/۲۸



شکل (۷)

۱۹۸- دوجسم بجرم‌های M و $M' = 2M$ دریک زمان تحت اثر نیروهای مساوی قرارگرفته وازحال سکون بحرکت‌درمی‌آیند. بین اندازه حـرکت‌های آنها یعنی P و P' چه رابطه‌ای برقرار است؟

۱) $P' = 4P$ ۲) $P = 4P'$

۳) $P' = 2P$ ۴) $P = P'$

۱۹۹- ذره‌ای بجرم m باسرعت ثابت V برمسیردایره‌ای‌حرکت می‌کند. تغییراندازه حرکت آن درمدت $\frac{1}{4}$ زمان تناوب $\left(\frac{T}{4}\right)$ کدام است؟

۱) $2mV$ ۲) mV ۳) $\sqrt{2}mV$ ۴) صفر

۲۰۰- میله‌ای همگن بطـول ۰/۵ متر وجرم $4kg$ را که روی زمین‌افتاده بود، بلندکرده وبصورت قائم روی‌زمین نگهداشته‌ایم. حداقل کار انجام شده با فرض‌آنکـه $g = 10m/s^2$ باشد چند ژول است؟

۱) ۱۰ ۲) 5π ۳) ۲۰ ۴) 10π

۲۰۱- گلوله‌ای تحت زاویهٔ α که با سطح افقی می‌سازد رو به بالا پرتاب می‌شود. اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر شود. تصویر حرکت گلوله روی محورافقی چگونه است؟

۱) ابتدا کندشونده وسپس تندشونده

۲) ابتدا کندشونده وسپس یکنواخت

۳) پیوسته کندشونده

۴) یکنواخت

۲۰۲- فرض کنید برجسمی که در سیالی حرکت می‌کند نیروی مقاومتی متناسب باسرعت حرکت وارد شود، یعنی $R = -KV$ دراین رابطه معادلهٔ ابعادی (دیمانسیون) K برابراست با:

۱) MLT^{-2} ۲) MT

۳) ML^2T^{-1} ۴) MT^{-1}

۲۰۳- یک چرخ طیار که با سرعت زاویه‌ای ۳۱/۴ رادیان‌بر ثانیه درحال دوران است در اثر اعمال یك گشتاور نیرو بعد از ۲۰ ثانیه می‌ایستد. اگرشتاب زاویه‌ای این حـرکت ثابت باشد چرخ دراین مدت چند دور چرخیده است؟

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۳۱۴ ۴) ۶۲۸

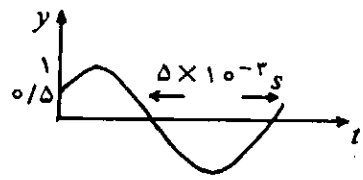
۲۰۴- درحرکت نوسانی $y = r\sin\left(10\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$، چند ثانیه پس ازلحظه $t = 0$ اندازه سرعت ماکزیمم می‌شود؟

۱) $\frac{1}{10}$ ۲) $\frac{3}{10}$ ۳) $\frac{1}{20}$ ۴) $\frac{3}{40}$

پرسشهای گزینش دانشجو ۱۳۷۰
مرحله اول

۲۰۵- با توجه به نمودار شکل زیر معادله حرکت ارتعاشی جسم کدام است؟

۱) $y = \sin 400\pi t$
۲) $y = \sin\left(400\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$
۳) $y = \sin 200\pi t$
۴) $y = \sin\left(200\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$



شکل ۸

۲۰۶- ذره‌ای دارای حرکت نوسانی ساده به معادله $x = A\sin\omega t$ است. در چه لحظه‌ای سرعت آن نصف سرعت ماکزیمم می‌شود؟

۱) $\frac{T}{4}$
۲) $\frac{T}{2}$
۳) $\frac{T}{3}$
۴) $\frac{T}{6}$

۲۰۷- دو ذره A و B دارای حرکت نوسانی‌اند. دامنه و پریود نوسان A دوبرابر دامنه و پریود B است. ماکزیمم شتاب A چند برابر ماکزیمم شتاب B است؟

۱) $\frac{1}{2}$
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۴

۲۰۸- درنظر بگیرید وسط صفحه گرد افقی کوچکی ایستاده‌اید واین صفحه به‌دور محور قائمی که از مرکز آن می‌گذرد به‌آرامی می‌چرخد. اگر دستهای خود را به طرفین باز کنید چه اتفاقی می‌افتد؟

۱) سرعت چرخش صفحه افزایش می‌یابد
۲) سرعت چرخش صفحه کاهش می‌یابد
۳) سرعت چرخش صفحه تغییر نمی‌کند
۴) صفحه ازحرکت بازمی‌ماند

۲۰۹- کدامیک ازمطالب زیرصحیح است؟

۱) صدای پنجم لوله صوتی بسته، هماهنگ سوم صوت اصلی آن است
۲) صدای سوم لوله صوتی بسته، هماهنگ سوم صوت اصلی آن است
۳) سومین صوت لوله صوتی بسته، هماهنگ پنجم صوت‌اصلی آن است
۴) لوله صوتی بسته تمام هماهنگهای فرد و زوج صوت اصلی را تولید می‌کند

۲۱۰- اگر شدت‌آستانه شنوائی وشدت آستانه دردناکی‌صوتی با فرکانس معین به ترتیب 10^{-10} و ۱ واحد SI باشد شدت نسبی احساس آنها برحسب دسی‌بل کدام است؟

۱) ۱۰
۲) 10^{2}
۳) 10^{5}
۴) 10^{10}

۲۱۱- تواتر صوت‌اصلی یک لوله صوتی بسته f وطول‌موج آن λ است. اگر برشدت دمیدن بیفزاییم و ۲ گره دیگر درلوله تولید شود تواتر وطول موج جدیدبه‌ترتیب‌چندf وچند λ است؟

۱) $\frac{1}{3}$ و ۳
۲) ۳ و $\frac{1}{3}$
۳) $\frac{1}{5}$ و ۵
۴) ۵ و $\frac{1}{5}$

۲۱۲- یک منبع صوتی با سرعت V وشخصی ازفاصله d با همان سرعت بدنبال آن درحرکت است. دراین صورت می‌توان گفت شخص مزبور:

۱) صدا را با فرکانس نصف صوت منبع می‌شنود
۲) صدا را با همان فرکانس منبع می‌شنود
۳) صدا را با فرکانس دوبرابر فرکانس منبع دریافت می‌کند
۴) صدای منبع را نمی‌شنود

۲۱۳ـ کدام پدیده عرضی‌بودن امواج نوری را توجیه می‌کند؟

۱) پلاریزاسیون ۲) تداخل

۳) تفرق ۴) شکست

۲۱۴ـ مداری شامل مقاومت R وسلف L وخازن C است.اگر ازاین مدار جریان متناوبی که ماکزیمم‌آن I_m است بگذرد توان مصرفی مدار ازکدام رابطه حساب می‌شود؟

۱) RI_m^2 ۲) $\frac{1}{2}RI_m^2$

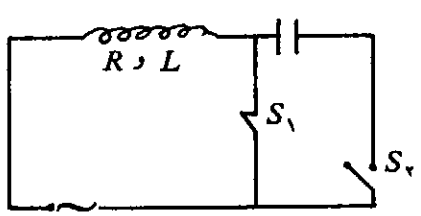
۳) ZI_e^2 ۴) $V_mI_m\cos\varphi$

۲۱۵ـ اختلاف فاز بین شدت جریان واختلاف پتانسیل مداری که مقاومت ظاهری آن ۲ برابر مقاومت حقیقی‌آن است برابر است با:

۱) $\frac{\pi}{6}$ ۲) $\frac{\pi}{2}$ ۳) $\frac{\pi}{3}$ ۴) π

۲۱۶ـ در مدار شکل مقابل ابتدا کلید S_1 بسته وکلید S_2 باز است. اگرکلید S_1 را باز و S_2 را ببندیم شدت جریان مؤثر تغییر نمی‌کند. درصورتیکه $L=0/2H$ وفرکانس جریان $50Hz$ باشد ظرفیت خازن تقریباً چند میکروفاراد است؟

۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۰۰۰



شکل (۹)

۲۱۷ـ با قرار دادن یک سیم‌پیچ ویک میدان می‌توان درآن جریان الکتریکی برقرارکرد. این میدان چیست؟

۱) الکتریکی ثابت ۲) گرانش

۳) مغناطیسی ثابت ۴) مغناطیسی متغیر

۲۱۸ـ فرض کنید درفضائی میدان مغناطیسی ازغرب به سمت شرق ممتد باشد. اگر یك بارالکتریکی مثبت در خلاف جهت میدان مغناطیسی دراین فضا حرکت‌کند نیروی وارد بر بار چگونه است؟

۱) رو به جنوب اثرمی‌کند

۲) رو به‌شمال اثرمی‌کند

۳) صفراست

۴) نیرو درجهت میدان بر ذره اثرمی‌کند

۲۱۹ـ کدام ذره واکنش هسته‌ای مقابل را کامل می‌کند؟

۱) آلفا ۲) بتا ۳) پروتون ۴) نوترون

$$^{226}_{88}x \rightarrow {}^{222}_{86}y + \ldots$$

۲۲۰ـ اگر طول موج فوتون A دریک محیط نصف طول‌موج فوتون B درهمان محیط باشد، نسبت انرژی آنها $\frac{E_A}{E_B}$ کدام است؟

۱) $\frac{1}{4}$ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) ۲ ۴) ۴

پاسخ پرسشهای گزینش دانشجو

۱۳۷۰

مرحله اول

(علوم تجربی)

۳-۲۲۱

اگرجهت مثبت محورمکان را روبه‌بالا انتخاب کنیم خواهیم داشت:

$$V = -gt + V_0$$

$$-V_0 = -gt + V_0 \Rightarrow t = \frac{2V_0}{g}$$

مدت زمانی که طول می‌کشد تا جسم به زمین بازگردد، یعنی زمان رفت و برگشت جسم نسبت مستقیم با سرعت اولیه‌آن دارد.

$$t' = \frac{2\,(2V_0)}{g} = 2t$$

۲-۲۲۲

باید توجه داشت که اولاً معادله مزبور، معادله مکان متحرك در راستای x است وثانیاً دریك فاصله زمانی جابجایی (ونه لزوماً مسافت طی شده) متحرك بدست می‌آید. دراین معادله که همواره صعودی‌است مسافت‌برابرجابجایی است‌ولی هرگاه یك معادله مکان دریك فاصله زمانی موردنظر ماکزیمم یا می‌نیمم داشته باشد، دراین‌فاصله زمانی مسافت بزرگترازجابجایی است.

$$x = 2t^3 + 3t$$

$$x_2 = 2 \times 2^3 + 3 \times 2 = 22m$$

$$x_1 = 2 \times 1^3 + 3 \times 1 = 5m$$

$$x = x_2 - x_1 = 22 - 5 = 17m$$

۳-۲۲۳

$\mu N = mg \sin\theta$ نیروی اصطکاك درآستانه حرکت

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

$$\mu = tg\,\theta \Rightarrow \mu = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{0/6}{0/8} = \frac{3}{4} = 0/75$$

ضریب اصطکاك درآستانه حرکت

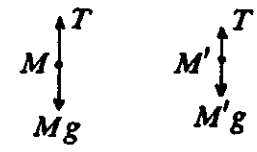
۳-۲۲۴

اولاً سرعت مشتق مکان نسبت به زمان است لذا سرعت همواره برمسیر حرکت مماس است ثانیاً طبق قانون دوم نیوتن ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$) برآیند نیرو و شتاب هم‌جهت هستند درنتیجه برآیندنیروها همواره با تغییرسرعت (ونه الزاماً سرعت‌لحظه‌ای) هم‌جهت‌است. بطورکلی درحرکت تندشونده برخط راست نیرو، شتاب وتغییرسرعت درجهت سرعت لحظه‌ای ولی درحرکت کندشونده برخط راست نیرو، شتاب وتغییرسرعت‌خلاف‌جهت‌سرعت لحظه‌ای هستند. و درحرکت برمسیرمنحنی مانند حرکت دایره‌ای یکنواخت نیرو وشتاب وتغییرسرعت همجهت با سرعت لحظه‌ای نیستند

۲-۲۲۵

برای هریك از وزنه‌ها قانون دوم نیوتن را می‌نویسیم:

$$F = ma$$



شکل ۱

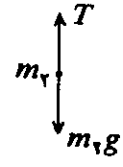
هرگاه جهت محورمکان را روبه‌بالا مثبت بگیریم،

$$\left.\begin{aligned} T-M'g&=M'a\\ Mg-T&=Ma\end{aligned}\right\}\Rightarrow (M-M')\,g=(M+M')\,a$$

$$(M-M')\,g=(M+M')\,\frac{g}{۳}\rightarrow$$

$$\frac{۲}{۳}M=\frac{۴}{۳}M'\rightarrow\frac{M'}{M}=\frac{۲}{۴}=\frac{۱}{۲}$$

۳–۲۲۶



شکل ۲

جسم درحال سکون بوده طبق قانون اول نیوتن برآیند نیروهای وارد برآن صفراست.

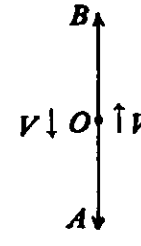
$$T-m_۲g=۰\rightarrow T=m_۲g\rightarrow T=۳\times ۱۰=۳۰\ N$$

۲–۲۲۷

با توجه به فرمول سرعت ماهواره $V=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ و ثابت بودن G و M با افزایش r، Vکاهش می‌یابد وباتوجه به‌فرمول پریدماهواره $T=\frac{۲\pi r}{V}$ با افزایش r وکاهش V، T افزایش می‌یابد.

۴–۲۲۸

مطابق شکل سرعت نوسانگر وقتی از A یا B به‌سوی O



شکل ۳

می‌رود متوجه مرکز بوده وقتی از O به A یا B می‌رود سرعت متوجه مرکزنیست (گزینه ۱ نادرست) برای محاسبه رابطه بین سرعت وبعد در حرکت نوسانی ساده داریم:

$$y=r\sin\omega t$$

$$V=\frac{dx}{dt}=r\omega\cos\omega t$$

$$V=\pm r\omega\sqrt{۱-\sin^۲\omega t}=\pm r\omega\sqrt{۱-\frac{y^۲}{r^۲}}$$

$$V=\pm\omega\sqrt{r^۲-y^۲}$$

که رابطه سرعت وبعد در حرکت نوسانی ساده است.

طبق این رابطه اندازه سرعت درنقاط A و B ($y=r$) صفر و درمرکز نوسان ($y=۰$) ماکزیمم است (گزینه ۲ و۳ نادرست) وطبق رابطه $a=-\omega^۲y$ درنقاط A و B اندازه شتاب ماکزیمم و درمرکز نوسان صفراست.

۲–۲۲۹

طبق رابطه $V=\frac{W}{q}$ داریم

$$q\cdot V=W$$

$$(۱C).(۱V)=(۱\,j)$$

۲–۲۳۰

هرسه نوع موج عرضی،طولی، پیچشی می‌توانند درجامدات منتشر شوند ولی درمایعات وگازها فقط امواج طولی انتشار می‌یابد. امواج عرضی درسطح مایعات می‌توانند منتشر شوند.

۱–۲۳۱

$$y=r\sin(\omega t+\varphi)$$

$$y=۵\sin\left(t+\frac{\pi}{۳}\right)$$

با مقایسه این دو رابطه:

$$\omega=۱\Rightarrow\frac{۲\pi}{T}=۱\Rightarrow T=۲\pi\quad\text{ثانیه}$$

۳–۲۳۲

$$T_A=\frac{t}{n_A}$$

$$T_B=\frac{t}{n_B}$$

$$n_B=n_A+k$$

$$\frac{t}{T_B}=\frac{t}{T_A}+k$$

$$\frac{t\,(T_A-T_B)}{T_A\cdot T_B}=k$$

$$t=\frac{k\,T_AT_B}{|T_A-T_B|}\qquad t=۲\times۶۰+۲۴=۱۴۴\ S$$

چون آونگ B بیشتر از A نوسان کرده است لذا:

$$T_B < T_A$$

$$۱۴۴ = \frac{۱۰ \times ۱/۸\, T_B}{۱/۸ - T_B} \Rightarrow T_B = ۱/۶\ S$$

۳-۲۳۳

با استفاده از رابطه $f = \frac{k}{۲l}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$ و با توجه به ثابت بودن μ و l داریم:

$$\frac{f_۲}{f_۱} = \frac{k_۲}{k_۱}\sqrt{\frac{F_۲}{F_۱}}$$

$$\frac{۴۵۰}{f_۱} = \frac{۳}{۱}\sqrt{\frac{F}{۴F}} \Rightarrow f_۱ = ۳۰۰\ Hz$$

۱-۲۳۴

$$f'_k = \frac{kV}{۲l'},\ k = ۱ \Rightarrow f'_۱ = \frac{V}{۲l}$$ لوله صوتی باز

$$f_k = \frac{(۲k-۱)V}{۴l},\ k = ۱ \Rightarrow f_۱ = \frac{V}{۴l}$$ لوله صوتی بسته

با توجه به $f_۱ = f'_۱$ داریم $l' = ۲l$ یعنی در اینحالت طول لوله صوتی باز دوبرابر طول لوله صوتی بسته است، طول لوله بسته جدید سه برابر طول لوله بسته قدیم است یعنی

$$l'' = ۳l$$

$$f'' = \frac{V}{۴l''} = \frac{V}{۴(۳l)} = \frac{۱}{۳}\frac{V}{۴l} = \frac{۱}{۳}f_۱$$

$$= \frac{۱}{۳} \times ۶۰۰ = ۲۰۰\ Hz$$

۲-۲۳۵

$$V_H = \sqrt{۸}\, V_O \text{ و } T_H = ۲۷ + ۲۷۳ = ۳۰۰\ k$$

$$V = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}$$

γ برای گازهای دواتمی $H_۲$ و $O_۲$ یکی است، R ثابت بوده، $M_O = ۳۲$ و $M_H = ۲$

$$\frac{V_H}{V_O} = \sqrt{\frac{M_O \cdot T_H}{M_H \cdot T_O}}$$

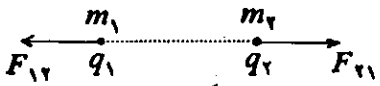
$$\Rightarrow ۸ = \frac{۳۲ \times ۳۰۰}{۲ \times T_O} \Rightarrow T_O = ۶۰۰k$$

$$T_O = \theta_O + ۲۷۳ \rightarrow ۶۰۰ = \theta_O + ۲۷۳ \rightarrow \theta_O = ۳۲۷^{\circ}C$$

۱-۲۳۶

امواج الکترومغناطیسی بترتیب کاهش طول موج (و برعکس افزایش بسامد) عبارتند از رادیویی، فروسرخ، مرئی، فرابنفش، X و γ

۳-۲۳۷



شکل ۴

دو ذره بهم نیرویی وارد می‌کنند که اندازهٔ این نیروها طبق قانون سوم نیوتن با یکدیگر برابرند.

$$F_{۱۲} = F_{۲۱}$$

$$m_۱a_۱ = m_۲a_۲ \Rightarrow \frac{a_۱}{a_۲} = \frac{m_۲}{m_۱} \Rightarrow \frac{a_۱}{a_۲} = \frac{۲m}{m} = ۲$$

$$a_۱ = ۲a_۲$$

۱-۲۳۸

$$W = \frac{۱}{۲}CV^۲ \Rightarrow V^۲ = \frac{۲W}{C}$$

$$V^۲ = \frac{۲ \times ۱۴۴ \times ۱۰^{-۴}}{۸ \times ۱۰^{-۶}} = ۳۶۰۰ \rightarrow V = ۶۰\ V$$

۳-۲۳۹

$$q = C_۱V = ۱۰ \times ۳۰ = ۳۰۰\ \mu C$$

q باری است که درمرحله اول برهریك ازصفحات $C_۱$ ذخیره می‌شود

بار q درمرحله دوم بین دوخازن توزیع می‌شود دراین‌حالت دوخازن موازی موجود است که ظرفیت معادل آنها $C_۱ + C_۲$ و اختلاف پتانسیل دوسر آنها V' است.

$$q = q_۱ + q_۲$$
$$q = C_۱V' + C_۲V'$$
$$q = (C_۱ + C_۲)V'$$
$$V' = \frac{۳۰۰}{۱۵} = ۲۰\ V$$

۳-۲۴۰

$$q_۱ = C_۱V_۱ \Rightarrow q_۱ = ۴ \times ۶۰ = ۲۴۰\ \mu C$$
$$q_۲ = q_۱ = ۲۴۰\mu C$$
$$q_۲ = C_۲V_۲ \Rightarrow V_۲ = \frac{q_۲}{C_۲} = \frac{۲۴۰}{۶} = ۴۰\ V$$
$$V = V_۱ + V_۲ = ۶۰ + ۴۰ = ۱۰۰V$$

۴-۲۴۱

اجسام جامد ملتهب همیشه طیف نشری اتصالی تولید می‌کنند درصورتیکه گازها در دمای زیاد و فشار کم تولید طیف نشری خطی می‌کنند.

۲-۲۴۲

با استفاده ازقانون دست راست اگر یك ذره باردار مثبت در چنین میدانی در جهت گفته شده حرکت کند نیرویی در جهت

مثبت r به‌آن وارد می‌شود. نیرویی‌که بر بارمنفی‌وارد می‌شود در خلاف جهت نیرویی است‌که بر بار مثبت وارد می‌گردد بنابراین بار درحال حرکت موردنظر یك بارمنفی (الکترون) است. باید توجه داشت که یـك میدان مغنـاطیسی بر ذره بدون بار (مانند نوترون) هیچگاه نیرو وارد نمی‌سازد.

۴-۲۴۳

با توجه به رابطه $\lambda = \frac{dx}{KD}$ فاصله دونوار روشن متـوالی x $(k=1)$ با طول موج λ و فـاصلـه پرده از شکافها D رابطه مستقیم و با فاصله دوشکاف d رابطهٔ عکس دارد

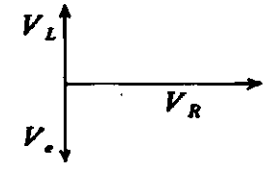
۴-۲۴۴

با وارد شدن هسته آهنی به‌داخل سیم‌پیچ، ازآنجا که قابلیت نفوذ مغناطیسی درآهن بیشتر ازخلاء می‌باشد ضریب خودالقایی سیم‌پیچ L و درنتیجـه مقاومت ظاهـری سیـم‌پیچ طبق رابطهٔ $X_L = L\omega$ و ازآنجا مقاومت ظاهری مدار $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ افزایش یافته طبق رابطهٔ $I_e = \frac{V_e}{Z}$ شدت جـریـان مؤثر کاهش می‌یابد لذا نورلامپ کم می‌شود.

۱-۲۴۵

راه اول: بین دونقطه A و B سیم‌پیچ بدون مقاومت و خازن قرار دارد که چون $X_L = X_C$ است پس مقاومت ظاهری بین دو نقطه A و B برابر صفرشده اختلاف پتـانسیل بین این دونقطه برابرصفر خواهد بود.

راه دوم: با استفاده ازشکل می‌نویسیم



شکل ۵

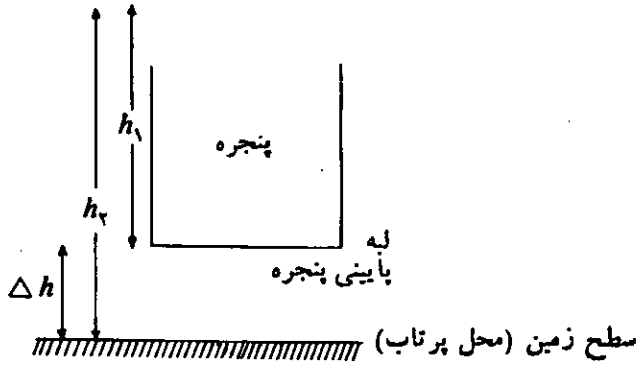
$$V_{AB} = V_L - V_C$$
$$V_{AB} = I_e X_L - I_e X_C = I_e (X_L - X_C)$$
$$V_{AB} = I_e (۱۰ - ۱۰) = ۰$$

(علوم ریاضی فنی)

۱۹۱-۲ معادله حرکت یکنواخت (معادله مکان) در خط راست بصورت $x = Vt + x_0$ است. بـا استفـاده از معلـومات مسئله میتوان نوشت:

$$\begin{cases} ۰ = ۲V + x_0 \\ -۶ = ۴V + x_0 \end{cases}$$
$$V = -۳ m/s ,$$
$$x_0 = ۶ m$$

۱۹۲-۱ باید توجه داشت کـه داده‌های مسئله کافـی و واضح نیست، با فرض‌آنکه محل پرتاب زمین باشد ومنظور از ارتفاع پنجره فاصله لبه پایینی تـا زمین باشد دراین حالـت نقطه اوج جسم ممکن است پایین‌تر، همـسطح یا بالاتر ازلبه بالایی باشد. درمدت‌زمان ۲s جسم ازنقطه اوج خود (h_1) به لبه پایینی‌پنجره می‌رسد



شکل ۱

$$h_1 = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow h_1 = \frac{1}{2} \times ۱۰ \times ۴ = ۲۰ m$$

ارتفاع اوج جسم ازنقطهٔ پرتاب (h_2) برابر

$$h_2 = \frac{V_0^2}{2g} = ۳۱/۲۵ m$$ است

$$\Delta h = h_2 - h_1 = ۱۱/۲۵ m$$ ارتفاع پنجره

۱۹۳-۱ چون همواره نیرو برسرعت ذره عمود است پس این نیرو فقـط باعث تغییرجهـت سرعت (ونه تغییر اندازه سرعت)

می‌شود پس این‌حرکت الزاماً دایره‌ای یکنواخت است، روشن است‌که اگر نیرو برسرعت عمود نباشد حرکت ذره دایره‌ای غیر یکنواخت و یا غیردایره‌ای است بنابراین اگر نیروی عامل حرکت ذره برسرعت‌آن عمود باشد حتماً ذره دارای حرکت دایره‌ای یکنواخت است.

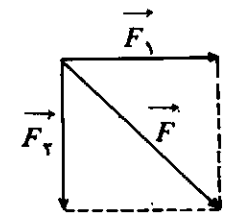
۱-۱۹۴

چون برجسم نیروی ثابتی اثرمی‌کند شتاب حرکت ثابت‌خواهد بود.

$$a=\frac{V-0}{t}\Rightarrow t=\frac{V}{a}$$

$$a=\frac{2V-V}{t'}\Rightarrow t'=\frac{V}{a}\Rightarrow t'=t$$

۳-۱۹۵



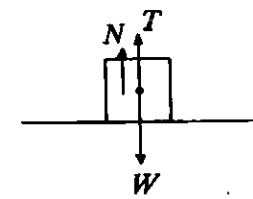
شکل ۲

$$\vec{F}=\vec{F_1}+\vec{F_2}$$

$$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}=10N$$

$$F=ma\Rightarrow a=\frac{F}{m}=2/5\ m/s^2$$

۱-۱۹۶



شکل ۳

در راستای قائم به جسم سه نیروی وزن، عمودی سطح ونیروی T وارد می‌شود اگرجسم بخواهد به سمت بالا حرکت کند باید نیروی T ازنیروی وزن بیشترشده تا نیروی عمودی سطح صفر شود و برآیند نیروهای وارد برجسم بطرف بالا شود اما

$$T=8N$$

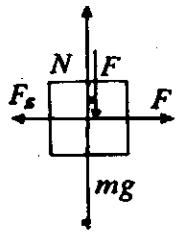
$$W=mg=10N\ ,$$

پس جسم حرکت نمیکند (ونیروی T باعث میشود که نیروی عمودی سطح از $10N$ به $2N$ کاهش یابد.)

۲-۱۹۷

طبق قانون اول نیوتون $\sum F_y=0$

$$N-F-mg=0\qquad N=F+mg=25N$$



شکل ۴

ونیزطبق همین قانون $\sum F_x=0$

$$F-f_s=0\qquad f_s=5N$$

اگر f_s اندازه نیروی اصطکاک استاتیک و μ_s ضریب اصطکاک استاتیک درآستانه حرکت باشد می‌توان نوشت:

$$f_s\leqslant\mu_s N$$

اگرجسم درآستانه حرکت باشد، f_s حداکثر مقدارخود را دارد یعنی $f_s=\mu_s N$

$$\mu=\frac{f_s}{N}=\frac{5}{25}=0/2$$

۴-۱۹۸

$$F=\frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$F'=\frac{\Delta p'}{\Delta t'}$$

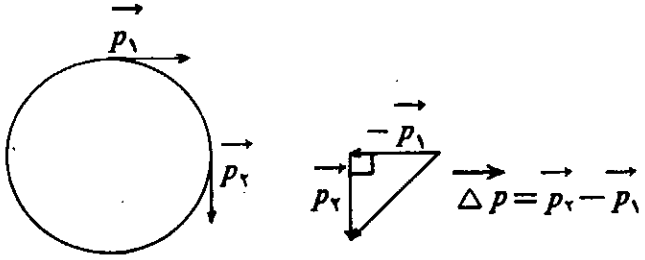
با توجه به‌اینکه $F=F'$ و $\Delta t=\Delta t'$ داریم:

$$\Delta p=\Delta p'$$

$$p-0=p'-0$$

$$p=p'$$

۳-۱۹۹



$$p_1=p_2=p\Rightarrow\Delta p=\sqrt{2}p=\sqrt{2}\ mV$$

شکل ۵

۱-۲۰۰

کار نیروی وزن در این جابجایی برابر $mgh-$ است که در آن h تغییرمکان مرکز ثقل جسم است. حداقل کار انجام شده توسط شخص در این جابجایی mgh است

$$W=mgh=mg\frac{l}{۲}=۴\times۱۰\times\frac{۰/۵}{۲}=۱۰j$$

۲-۲۰۱ چون نیرویی در امتداد افق به جسم اعمال نمیشود حرکت جسم در امتداد افق یکنواخت است (سرعت آن همواره برابر با تصویر سرعت اولیه $V_۰$ در امتداد افق یعنی $V_۰\cos\alpha$ است)

$$\sum\vec{F_x}=\vec{ma_x}$$
$$\vec{a_x}=۰$$

۴-۲۰۲

$$R=-kV$$
$$ma=-kV$$
$$MLT^{-۲}=[k]LT^{-۱}$$
$$[k]=MT^{-۱}$$

۱-۲۰۳

$$\theta=\frac{\omega+\omega_۰}{۲}t$$
$$\theta=\frac{۰+۳۱/۴}{۲}\times۲۰=۳۱۴\ rad$$
$$\theta=۲\pi n\Rightarrow n=\frac{۳۱۴}{۲\times۳/۱۴}=۵۰\ rev$$

۴-۲۰۴

$$y=r\sin\left(۱۰\pi t+\frac{\pi}{۴}\right)$$
$$V=\frac{dy}{dt}=۱۰\pi r\cos\left(۱۰\pi t+\frac{\pi}{۴}\right)$$

برای آنکه سرعت ماکزیمم باشد: $\cos\left(۱۰\pi t+\frac{\pi}{۴}\right)=\pm۱$

$$۱۰\pi t+\frac{\pi}{۴}=k\pi\qquad k=۱\Rightarrow t=\frac{۳}{۴۰}s$$

۴-۲۰۵

$$y=r\sin(\omega t+\theta_۰)$$
$$t=۰\rightarrow y=۰/۵$$

فاز اولیه حرکت

$$۰/۵=۱\times\sin(۰+\theta_۰)=\sin\theta_۰\Rightarrow\theta_۰=\frac{\pi}{۶}$$

$$\frac{T}{۲}=۵\times۱۰^{-۲}s\rightarrow T=۱۰^{-۲}s$$

$$\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{۱۰^{-۲}}=۲۰۰\pi\frac{rad}{s}$$

$$y=\sin\left(۲۰۰\pi t+\frac{\pi}{۶}\right)$$

۴-۲۰۶

$$x=A\sin\omega t$$
$$V=\frac{dx}{dt}=A\omega\cos\omega t$$
$$\frac{V_m}{۲}=V_m\cos\omega t$$
$$\cos\omega t=\frac{۱}{۲}$$
$$\omega t=۲K\pi\pm\frac{\pi}{۳}$$
$$K=۱\Rightarrow\frac{۲\pi}{T}t=\frac{\pi}{۳}\rightarrow t=\frac{T}{۶}$$

۱-۲۰۷

$$a_m=r\omega^۲=r\left(\frac{۲\pi}{T}\right)^۲$$
$$\frac{a_A}{a_B}=\frac{r_A}{r_B}\times\left(\frac{T_B}{T_A}\right)^۲\rightarrow\frac{a_A}{a_B}=۲\times\left(\frac{۱}{۲}\right)^۲=\frac{۱}{۲}$$

۲-۲۰۸

چون گشتاور نیرویی از خارج بر دستگاه وارد نمی‌شود قانون بقای اندازه حرکت زاویه‌ای برقرار است

$$L_۱=L_۲$$
$$I_۱\omega_۱=I_۲\omega_۲$$

با توجه به‌اینکه لختی دورانی به توزیع جرم بستگی دارد ($I=\sum mr^۲$) لذا با بازکردن دستها به طرفین لختی دورانی شخص افزایش می‌یابد یعنی:

$$I_۲>I_۱\Rightarrow\omega_۲<\omega_۱$$

۳-۲۰۹

لوله صوتی بسته هماهنگهای فرد و لوله صوتی باز هماهنگهای فرد و زوج را تولید می‌کند

درمورد لوله صوتی بسته داریم: $f_k=(۲k-۱)\frac{V}{۴l}$

شماره هماهنگ $=۲k-۱$، شماره صوت k

$$k=۳\Rightarrow۲k-۱=۵$$

۲-۲۱۰

$$B=۱۰log\frac{I_۲}{I_۱}$$
$$B=۱۰\ log\frac{۱}{۱۰^{-۱۰}}=۱۰log\ ۱۰^{۱۰}=۱۰۰$$ دسی‌بل

۴-۲۱۱ دریك لوله صوتی بسته شماره صوت (k) برابر تعداد گره‌ها یا شکمهاست لذا:

$$k=۱ \qquad k'=۳$$

$$f=(۲k-۱)\frac{V}{۴l}$$

با توجه به ثابت بودن طول لوله l و سرعت صوت V داریم:

$$\frac{f'}{f}=\frac{۲k'-۱}{۲k-۱}$$

$$\frac{f'}{f}=۵$$

$$\lambda=\frac{V}{f} \Rightarrow \frac{\lambda'}{\lambda}=\frac{f}{f'} \Rightarrow \frac{\lambda'}{\lambda}=\frac{۱}{۵}$$

۲-۲۱۲

$$\frac{f_۰}{V-V_۰}=\frac{f_s}{V-V_s}$$

با توجه به اینکه جهت واندازه سرعت ناظر ومنبع یکسان است داریم: $V_۰=V_s \Rightarrow f_۰=f_s$

ونیز می‌توان گفت چون سرعت منبع نسبت به ناظر صفر است لذا فرکانس صوتی که ناظر می‌شنود تغییر نمی‌کند

۱-۲۱۳

پلاریزاسیون نور نشان می‌دهد که امواج نوری از نوع امواج عرضی هستند

۲-۲۱۴

$$P=RI_{e}^{۲}=R\left(\frac{I_m}{\sqrt{۲}}\right)^{۲}=\frac{۱}{۲}RI_m^{۲}$$

(توان مصرفی درسلف وخازن صفراست)

۳-۲۱۵

$$\cos\varphi=\frac{R}{Z}=\frac{R}{۲R}=\frac{۱}{۲} \Rightarrow \varphi=\frac{\pi}{۳}$$

۱-۲۱۶

$$\omega=۲\pi f=۲\pi\times۵۰=۱۰۰\pi\frac{rad}{s}$$

چون شدت جریان مدارثابت مانده $\left(I_e=\frac{V_e}{Z}\right)$ مقاومت ظاهری مدارنیز باید ثابت باشد.

$$Z_۱=Z_۲$$

$$\sqrt{R^۲+X_L^۲}=\sqrt{R^۲+(X_L-X_C)^۲}$$

$$X_L^۲=(X_L-X_C)^۲ \Rightarrow \pm X_L=X_L-X_C$$

$$X_L=X_L-X_C \Rightarrow X_C=۰$$

$$\frac{۱}{\omega C}=۰ \Rightarrow C=\infty$$

$$-X_L=X_L-X_C \Rightarrow X_C=۲X_L$$

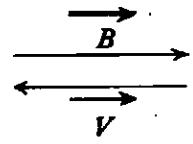
$$C=\frac{۱}{۲\omega^۲L}=\frac{۱}{۲(۱۰۰\pi)^۲\times ۰/۲}$$

$$C\simeq\frac{۱}{۴۰۰۰۰}F=۲۵\ \mu F$$

۴-۲۱۷

طبق قانون فارادی برای آنکه در سیم‌پیچ جریان الکتریکی القاء شود، باید شارمغناطیسی که از آن میگذرد تغییرکند پس میدان باید اولاً مغناطیسی ثانیاً متغیر باشد.

۳-۲۱۸



$$\vec{F}=q\vec{V}\times\vec{B}$$

$$F=q\ V\cdot B\sin\alpha$$

α زاویه بین $\vec{V}$ و $\vec{B}$ برابر با π رادیان است.

$$F=qVB\sin\pi=qVB\times۰=۰$$

۱-۲۱۹

$$_{۸۸}^{۲۲۶}X \rightarrow {}_{۸۶}^{۲۲۲}Y+{}_{۲}^{۴}K$$

$$۲۲۶=۲۲۲+A \Rightarrow A=۴$$

$$۸۸=۸۶+Z \Rightarrow Z=۲$$

پس ذره دارای‌عدد جرمی ۴ وعدد اتمی ۲ است واین مشخصات مربوط به ذره آلفا است.

۳-۲۲۰

$$E=h\cdot f=h\frac{c}{\lambda}$$

$$\frac{E_A}{E_B}=\frac{\lambda_B}{\lambda_A} \rightarrow \frac{E_A}{E_B}=۲$$

جدول پخش درسهای فیزیک از شبکه دوم سیما

اداره‌کل آموزش و پرورش استان

احتراماً،

از آنجاکه ضروری است برای اعتلای سطح آموزشی و تقویت معلمان از همه امکانات در ظرفیتهای آموزشی کشور استفاده شود، به‌پیوست جدول پخش برنامه‌های درسی دانشگاه پیام‌نور را در مواد درسی ریاضی و فیزیک و شیمی، که از شبکه دوم سیمای جمهوری اسلامی ایران پخش می‌شود ارسال می‌دارد تا به‌نحو مقتضی به‌اطلاع دبیران محترم رسانده شود.

دکتر غلامعلی حداد عادل

معاون وزیر و رئیس سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

۷۱/۱/۳۰

جدول پخش برنامه‌های درسی دانشگاه پیام‌نور

(درس فیزیک)

روز تاریخ	ساعت	عنوان برنامه	عنوان درس	شمارهٔ برنامه
پنج‌شنبه ۷۱/۱/۲۰	۱۶/۴۵	فیزیک ۱	مکانیک کلاسیک	۲
پنج‌شنبه ۷۱/۱/۲۷	۱۶/۴۵	فیزیک ۱	قانون دوم نیوتن دربارهٔ اصطکاک	۳
پنج‌شنبه ۷۱/۲/۳	۱۶/۴۵	فیزیک ۱	اصطکاک و انرژی	۴
پنج‌شنبه ۷۱/۲/۱۰	۱۶/۴۵	فیزیک ۱	مفهوم مرکز جرم	۵
پنج‌شنبه ۷۱/۲/۱۷	۱۶/۴۵	فیزیک ۱	برخورد دو جسم و حرکت دورانی	۶
پنج‌شنبه ۷۱/۲/۳۱	۱۶/۴۵	فیزیک ۱	روابط مکانیکی	۷
پنج‌شنبه ۷۱/۳/۷	۱۷/۱۵	فیزیک ۱	حرکتهای نوسانی	۸

اخبار علمی

گزارش کنفرانس فیزیک ۱۳۷۰

کنفرانس فیزیک سال ۱۳۷۰ به میزبانی دانشگاه اصفهان در تاریخ ۱۹ تا ۲۴ شهریور ماه ۷۰ در محل دانشگاه اصفهان برگزار شد. کنفرانس فیزیک سال ۷۰، شامل سمینار تارهای نوری و کنفرانس ویژهٔ دبیران نیز بود. در برگزاری سمینار تارهای نوری، علاوه بر انجمن فیزیک ایران دانشگاه اصفهان، وزارت پست و تلگراف و تلفن نیز شرکت داشت. ضمناً دورهٔ فشرده‌ای از کلاسهای تخصصی تارهای نوری طی سه روز از ۲۱ تا ۲۲ شهریورماه ۷۰ در دانشگاه اصفهان برگزار شد. در این دوره، تعدادی از استادان و پژوهشگران ایرانی دانشگاهها و مراکز پژوهشی و صنعتی امریکا، کانادا، هندوستان و ایران سخنرانی و تدریس کردند.

در کنفرانس فیزیک سال ۷۰ در دانشگاه اصفهان، تعداد ۹۷ مقاله تحقیقی در ۱۴ شاخهٔ تخصصی فیزیک توسط استادان و پژوهشگران مدعو داخل و خارج کشور ایراد شد. بعلاوه، تعداد ۱۳ مقاله تخصصی در سمینار تارهای نوری وتعداد ۱۰ سخنرانی عمومی توسط استادان مدعو داخلی در جلسات ویژهٔ دبیران ارائه شد.

در حاشیهٔ این کنفرانس تعدادی میزگرد در باب مسائل مختلف آموزشی و پژوهشی در زمینهٔ فیزیک تشکیل شد. از آن جمله می‌توان میزگرد مربوط به برنامه آموزش پیش دانشگاهی در دست تدوین با شرکت بعضی از مسئولان وزارت آموزش و پرورش، میزگرد ماده چگال برای ایجاد زمینه‌های مشترک تحقیقاتی در این رشته، و میزگرد اپتیک برای برنامه‌ریزی کارهای تحقیقاتی و صنعتی در این رشته را نام برد.

تعداد شرکت کنندگان در کنفرانس به ۱۴۰۰ نفر بالغ شد که از این میان ۵۸۴ تن از اعضای انجمن فیزیک ایران بودند. ترکیب اعضای شرکت کننده در کنفرانس فیزیک سال ۷۰ به این صورت بود: ۲۲۱ تن از اعضای هیأت علمی دانشگاهها، ۱۶ دانشجوی دورهٔ دکتری، ۱۰۳ دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، ۱۵ تن از استادان و محققان ایرانی مقیم خارج کشور، ۶۵ تن از سازمان انرژی اتمی، ۱۴ تن از مرکز نشر دانشگاهی، ۲۰۲ تن از سازمان مخابرات، ۲۱۴ تن از دبیران آموزش و پرورش، و بقیه از دانشجویان دانشگاهها و محققان و کارکنان مؤسسات دیگر. بعلاوه، در حدود ۱۴ سازمان و مؤسسه شرکت کننده، در طی برگزاری این کنفرانس، نمونه‌هایی از تولیدات آموزشی، تحقیقاتی، آزمایشگاهی، صنعتی و انتشاراتی خود را به نمایش گذاشتند. برای شرکت در کنفرانس فیزیک امسال، از استادان متقدم فیزیک سراسر کشور و همچنین از دبیران متقدم فیزیک اصفهان نیز دعوت به عمل آمده بود.

در روزهای برگزاری کنفرانس، بازدیدهایی نیز از تأسیسات صنعتی و پژوهشی و مراکز تاریخی اصفهان ترتیب داده شد که طی آنها گروههای از شرکت کنندگان از تأسیسات سد زاینده‌رود، پالایشگاه اصفهان، نیروگاه شهید منتظری، کارخانه ذوب آهن اصفهان، مرکز تکنولوژی هسته‌ای اصفهان و غیره بازدید به عمل آوردند.

مجمع عمومی انجمن فیزیک ایران نیز، در یکی از روزهای برگزاری کنفرانس، با شرکت اعضای پیوستهٔ انجمن تشکیل شد و طی آن علاوه بر رسیدگی به امور جاری و گزارش فعالیتهای انجمن و گزارش مالی و انجام انتخابات جهت انتخاب بازرسان انجمن، هیئت مدیرهٔ انجمن فیزیک ایران از سوی خود و شرکت کنندگان در کنفرانس از هیئت رئیسهٔ دانشگاه اصفهان و کمیتهٔ برگزاری کنفرانس

فیزیک ایران تشکر فراوان به عمل آورد و از برگزاری این کنفرانس اظهرا رضایت کامل کرد.

در این کنفرانس نمایندگانی از رسانه‌های گروهی نیز شرکت داشتند و از جلسات سخنرانیها و دیگر فعالیتهای کنفرانس گزارش و خبر تهیه کردند، و مصاحبه‌هایی نیز با متقدمین فیزیک، برگزارکنندگان کنفرانس، هیئت مدیرهٔ انجمن فیزیک ایران و بعضی از شرکت کنندگان به عمل آوردند.

جایزهٔ دبیر نمونه

انجمن فیزیک ایران بنا دارد همه ساله به بهترین مدارس فیزیک کشور جایزه‌ای اهداء کند. طبق تصمیم کمیته اعطاءکننده، امسال این جایزه برای دبیران فیزیک کشور در نظر گرفته شد. از میان ۵۴ کاندیدای امسال، خانم فرزانه کاظمی بجستانی از مشهد و آقای ایرج رئیس دانایی از شهریار به عنوان «دبیر برگزیده» انتخاب شدند. همچنین از سه نفر از دبیران به نام آقایان محمد شکیبایی فرد از مشهد، محمود مهدوی گلمیشه از میانه، و محمدعلی ساجدی از سعادت شهر فارس به خاطر خدمات ارزنده‌شان در آموزش فیزیک تقدیر شد. جوایز دبیران برگزیده توسط آقای احمد آرام در روز جمعه ۲۲ شهریور در مجمع عمومی سالانهٔ انجمن در دانشگاه اصفهان به برندگان اهداء شد.

به نقل از خبرنامهٔ انجمن فیزیک ایران، سال سوم ــ شمارهٔ سوم، پاییز ۱۳۷۰

معلمان علوم تجربی چه می‌گویند؟

آقای اسدالله ذکری از دبیران مجرب و علاقمند دبیرستانهای اصفهان دربارهٔ تدریس فیزیک و علوم تجربی مطالب قابل توجهی مرقوم داشته‌اند، اهم آنها عبارتند از:

* در درس الکتریسیته به‌جای آزمایش و... مسائلی از این قبیل مطرح می‌شود: «اگر بینهایت مقاومت را به‌طریق مخصوصی به‌هم متصل کنیم، مقاومت معادل چقدر می‌شود؟» و... این گونه مسائل از منابع خارجی ترجمه و تکثیر می‌شود و به‌جای آزمایش فیزیک در دبیرستانها بین دانش‌آموزان توزیع می‌گردد و بعضی اوقات در امتحانات داده می‌شود.

* امتحانات داخلی فقط به‌صورت تئوری و کتبی است و امتحانات نهائی مکانیک و فیزیک تقریباً به‌صورت محفوظات و حل مسائل نظری است.

* اگر بخواهیم دانش‌آموزان به‌خصوص در کلاسهای چهارم دبیرستان را به‌آزمایشگاه ببریم اغلب آنان می‌گویند وقت ما تلف می‌شود و به‌جای آزمایش چند سؤال تست حل کنید تا احتمال قبولی ما در کنکور بیشتر شود. اصلاً کم کم آزمایش و آزمایشگاه از کلیه دروس علوم تجربی فاصله گرفته و حذف شده است و همگی به‌مطالب و مسائل نظری مشغول شده‌ایم و حل مسائل را موفقیت کامل می‌دانیم.

* در کدام کشور مترقی سراغ دارید که دانش‌آموزان و یا دانشجویان فقط کتابهای فیزیک را بخوانند و حفظ کنند بدون اینکه آزمایشهای فیزیکی انجام دهند تا لااقل از آنها تقلید کنیم:

* دانش‌آموزان برای موفقیت در امتحانات و کنکور دانشگاه علاوه بر شرکت در کلاسهای تقویتی و غیره و داشتن معلمین خصوصی چندین جلد کتاب درسی و غیره برای خود فراهم کرده‌اند و حتی برخی از آنها زیراکس فلان مجلات علمی را به‌مبلغ چندین هزار تومان تهیه می‌نمایند در صورتی که همین دانش‌آموزان یک کولیس ارزان قیمت خریداری نمی‌کنند زیرا با روش موجود در تدریس فیزیک و امتحانات آن اصلاً کاری ندارند که تهیه کنند. و با اینکه مسائل کولیس $\frac{1}{20}$ و حتی $\frac{1}{50}$ را به‌صورت نظری حل می‌نمایند.

دربارهٔ نشریات رشد آموزش تخصصی

مجلات رشد آموزش مواد درسی مدارس کشور که به منظور ارتقاء سطح دانش معلمان و ایجاد ارتباط متقابل میان صاحبنظران، معلمان و دانشجویان با برنامه‌ریزان امور درسی از سوی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کُتب درسی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش هر سه ماه یکبار ــ چهار شماره در سال ــ منتشر می‌شود و در حال حاضر عبارتند از:

۱ ــ آموزش ریاضی ۳۲
۲ ــ آموزش شیمی ۲۹
۳ ــ آموزش جغرافیای ۲۷
۴ ــ آموزش ادب فارسی ۲۷
۵ ــ آموزش زیست‌شناسی ۲۵
۶ ــ آموزش زبان ۲۹
۷ ــ آموزش زمین‌شناسی ۲۴
۸ ــ آموزش فیزیک ۲۵
۹ ــ آموزش معارف اسلامی ۱۳
۱۰ ــ آموزش علوم اجتماعی ۹

دبیران، دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر علاقمندان به اشتراک این مجلات می‌توانند جهت دریافت چهار مجله درسال مبلغ ۸۰۰ ریال به‌حساب ۹۰۰۵۷ نزدبانک ملّی شعبه‌خردمند جنوبی ـ قابل‌پرداخت‌درکلیهٔ شعب‌بانک ملّی ـ واریز و فیش آن را همراه با فرم تکمیل شده زیر به نشانی تهران، جادّه آبعلی، خیابان سازمان آب بیست‌متری خورشید مرکز توزیع انتشارات کمک آموزشی کدپستی ۱۶۵۹۸ ــ تلفن ۷۷۵۱۱۰ ــ ارسال دارند. ضمناً: معلمان، کارشناسان، مدیران، پژوهشگران و سایر علاقمندان به امور تعلیم و تربیت جهت آگاهی بیشتر از یافته‌های صاحبنظران می‌توانند با پرداخت مبلغ ۸۰۰ ریال در هر سال ۴ جلد فصلنامه تعلیم و تربیت‌دریافت نمایند.

مجلات‌رشدتخصصی‌در مراکز استان در کتابفروشیهای زیر و سایر شهرستانها در فروشگاههای معتبرمطبوعات‌بصورت فروش‌آزادعرضه‌می‌شود

تهران: انتشارات مدرسه ــ اوّل خیابان ایرانشهر شمالی
اهواز: کتابفروشی ایرانپور زیتون کارمندی خیابان کمیل بین زاویه و زهره پلاک ۲۰
اصفهان: کتابفروشی مهرگان چهار باغ ابتدای سید علی خان
ارومیه: کتابفروشی زینالپور نمایندگی و خبرنگاری روزنامه
اراک: کتابفروشی گنج دانش بازارچه امیرکبیر
بندرعباس: کتابفروشی مالوک خیابان سید جمال الدین اسدآبادی
باختران: کتابفروشی دانشمند خیابان مدرس مقابل پارکینگ شهرداری
خرم‌آباد: کتابفروشی آسیا خیابان شهدا شرقی
رشت: کتابفروشی فرهنگستان خیابان نسامجو جنب دانشگاه
زنجان: کتابفروشی شهید بهشتی خیابان آیت‌ا... طالقانی
سنندج: کتابفروشی شهریار خیابان فردوسی
ساری: شرکت ملزومات و معارف خیابان انقلاب روبروی اداره برق داخل کوچه
شیراز: پیام قرآن میدان شهدا جنب اداره آموزش و پرورش مرکز فرهنگی
کرمان: فرهنگ‌سرای زمین پارک مطهری
مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی خیابان امام خمینی روبروی باغ ملی
یاسوج: کتابفروشی فرهنگ جنب سینما دنا خیابان شهید هرمزپور.

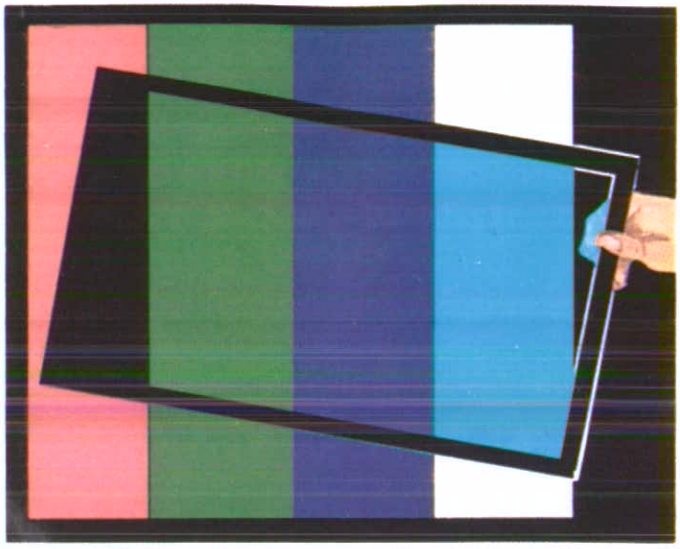
*** دانشجویان مرکز تربیت معلم می‌توانند با ارسال فتوکپی کارت تحصیلی خود از ۵۰٪ تخفیف برخوردار شوند.**

فرم اشتراک مجلات رشد تخصصی

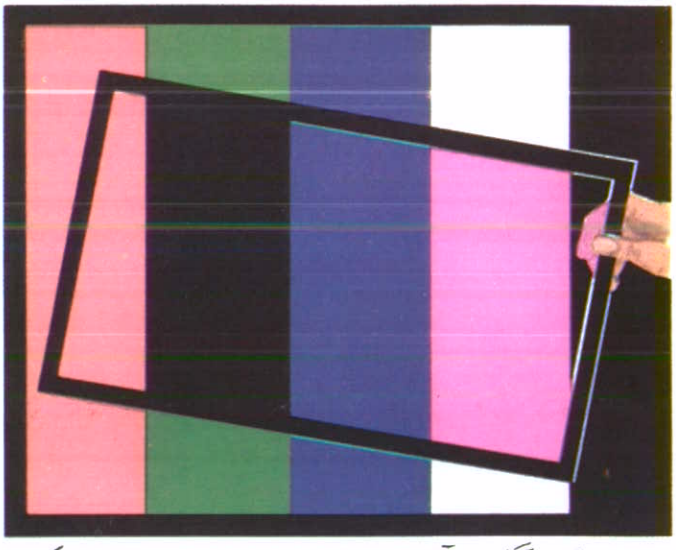
اینجانب ..... با ارسال فیش واریز مبلغ ۸۰۰ ریال، متقاضی اشتراک یکسالهٔ مجلهٔ رشد آموزش ..... هستم.

نشانی دقیق متقاضی: استان ..... شهرستان ..... خیابان .....

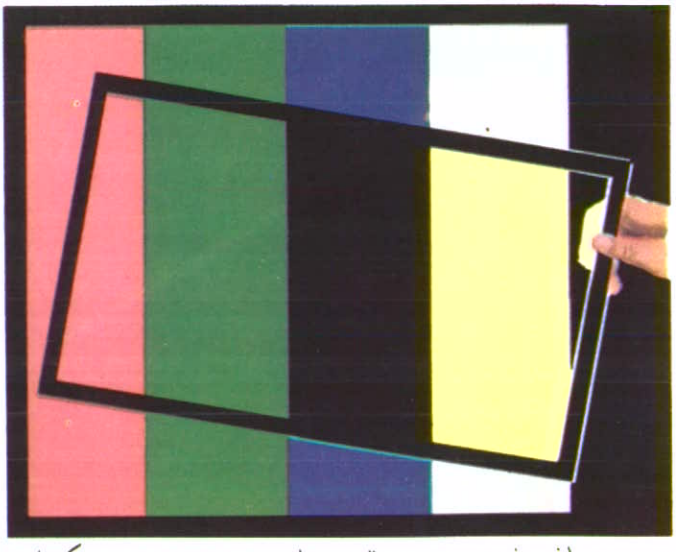
کوچهٔ ..... پلاک ..... کُدپستی ..... تلفن



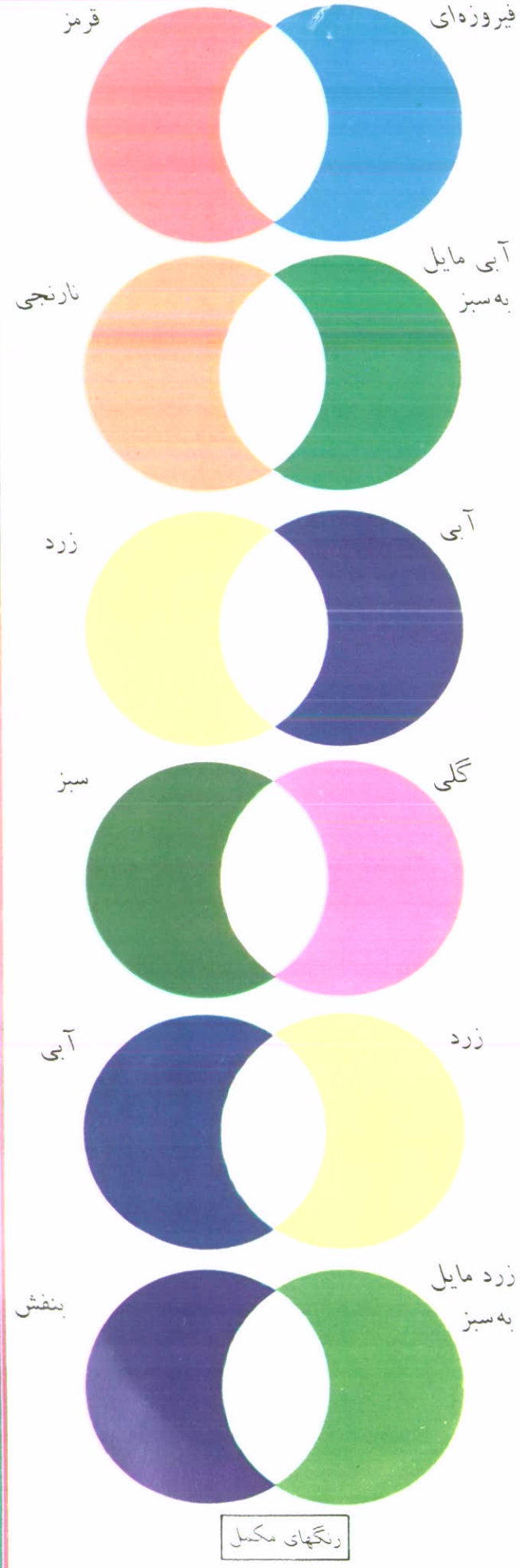
الف ـ صافی فیروزه‌ای، از بین نورهای اصلی سبز و آبی و قرمز، سبز و آبی را عبور می‌دهد و مکمل خود یعنی قرمز را جذب می‌کند.



ب ـ صافی گلی، آبی و قرمز را عبور می‌دهد و مکمل خود یعنی سبز را جذب می‌کند.

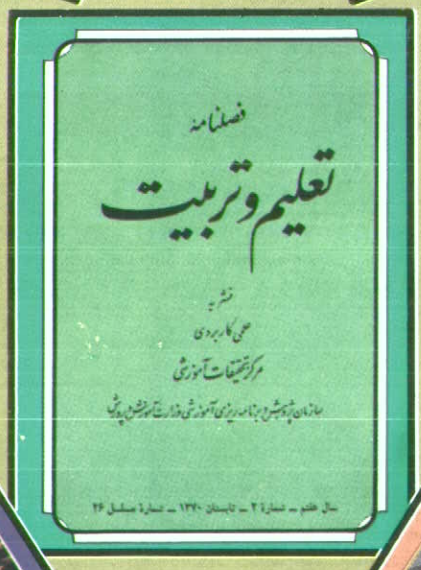


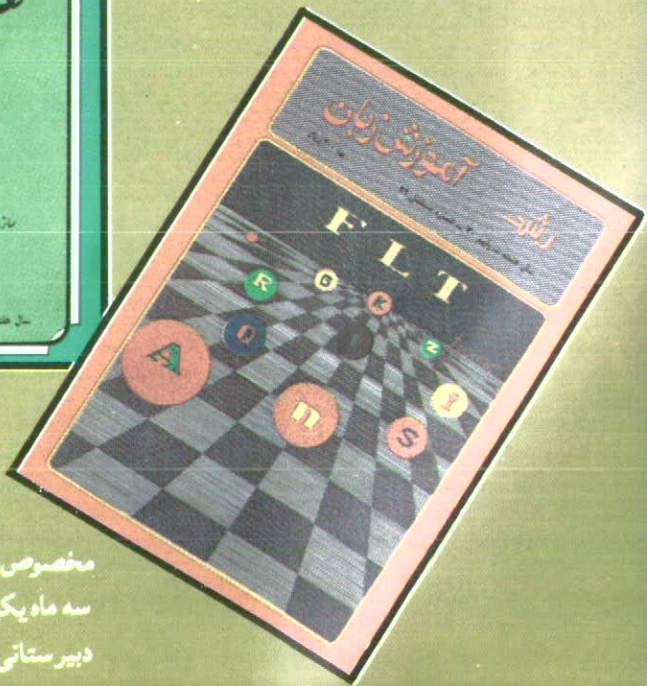
پ ـ صافی زرد، سبز و قرمز را عبور می‌دهد و مکمل خود یعنی آبی را جذب می‌کند.



رنگهای مکمل

قابل توجه
دبیران و
دانشجویان





آیا شما

مجلات

رشد تخصصی

مخصوص دبیران و دانشجویان را که هر
سه ماه یکبار در زمینه آموزش دروس
دبیرستانی منتشر می‌شود می‌خوانید؟