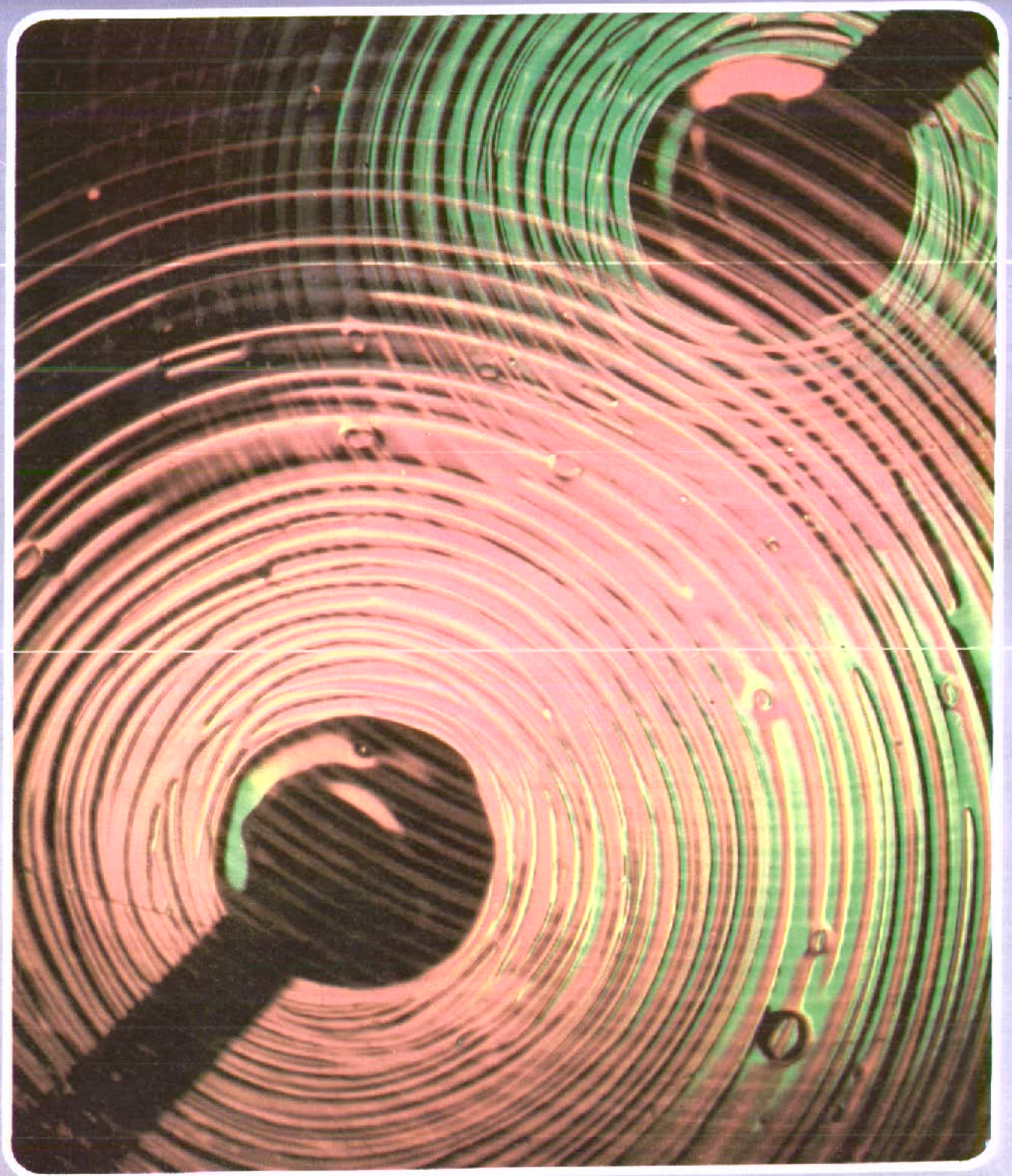
رشد آموزش فیزیک

سال هفتم و هشتم ـ بهار و تابستان ۱۳۷۱ ـ شماره مسلسل ۲۸ و ۲۹

بها ۲۰۰ ریال



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

رشد آموزش فیزیک

سال هفتم و هشتم ـ بهار و تابستان ۱۳۷۱ ـ شماره مسلسل ۲۸ و ۲۹

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

مجله رشد آموزش فیزیک هر سه ماه یکبار به منظور اعتلای دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر دانش‌پژوهان در 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، صفحه‌آرایی و رسامی: خالد قهرمانی‌دهبکری
دستیار ناظر چاپ: محمد کشمیری

پیشگفتار ۳
مرگ‌شناسی فیزیک (قسمت چهارم) دکتر ابوالقاسم قلمسیاه ۳
زمان و عناصر ترجمه دکتر منیژه رهبر ۸
در حاشیهٔ آموزش فیزیک سیدجعفر مهرداد ۱۴
آزمایش امواج پیچشی حسنعلی وحید ۱۸
فیزیک بی‌دردی ترجمه سیدمرتضی میرحائی ۲۲
مجله و خوانندگان ۲۶
سؤالات امتحانات نهایی چهارم ریاضی و تجربی، دی‌ماه ۱۳۷۰ ۲۷
پرسشها و پاسخهای کنکور دانشجو رشته‌های ریاضی و تجربی، ۱۳۷۰ ۳۲
لیوانها، مدهای رنگ و لرد رولی ترجمه محمدعلی سعادت‌بخت ۵۲
قانون سوم نیوتن ترجمه آزیتا مصباح ۵۷
مسائل هشتمین المپیاد بین‌المللی فیزیک، ۱۹۷۵ ترجمه دکتر منیژه رهبر ۵۸
بقایای نمای فیزیک ترجمه جلیلوس عظیم‌پور ۶۳

پیشگفتار

مهمترین دلیل تغییر نظام آموزش و پرورش موجود این است که: فلسفه حاکم بر آموزش و پرورش *(یعنی نظام ارزشی)* با فرهنگ اسلامی و ویژگیهای ملی کشور ما هماهنگی ندارد. برنامه‌ها و محتوای آموزشی *(یعنی نظام آموزشی)* آتش شوق مدرک گرایی را تیزتر و تعداد بیکاران پشت کنکور را بیشتر می‌سازد. امور اخلاقی و فعالیتهای فرهنگی *(یعنی نظام پرورشی)* متناسب با هدفهای جمهوری اسلامی نیست. شیوه گزینش دانش‌آموز و معلم و تشکیلات اجرایی *(یعنی نظام اداری)* نمی‌تواند جوابگوی مشکلات و تنگناها باشد.

هم‌اکنون، وزارت آموزش و پرورش در آستانه اجرای نظام جدید آموزش و پرورش است. در انجام این امر مهم و ارتباط آن با آموزش فیزیک، نکات زیر قابل عنایت و توجه است:

* علوم فیزیک در مقایسه با علوم دیگر در چند دهه اخیر با شتاب زیادی پیشرفت کرده است. فیزیک اساس همه علوم طبیعی است و رابطه محکمی با شیمی، زیست‌شناسی و...، به‌خصوص پزشکی و مهندسی دارد. تأثیر و نفوذ شدید آن در بسیاری از امور زندگی به چشم می‌خورد. قلمرو فیزیک در تمام میدانهای علوم گسترده شده است.

تا آنجا که این شاخه از معارف بشری در گذشته حکمت طبیعی (natural philosophy) نامیده می‌شد. (به همین دلیل بر روی جلد کتابهای فیزیک قدیمی ایران عنوان حکمت طبیعی دیده می‌شود.) پیشرفت در فیزیک همواره با پیشرفت در تجارت و صنعت همراه است. تدوین قوانین ترمودینامیک ساختن کشتی بخاری، راه‌آهن، تراکتور و بعدها اتومبیل و هواپیما را در پی داشت. افزایش اطلاعات درباره الکتریسیته و قوانین الکترومغناطیس به ساختن ژنراتورها و موتورهای الکتریکی و سپس رادیو و تلویزیون و استفاده از اشعه و... کشیده شد و در قرن بیستم بررسی ساختمان اتم و پژوهشهای فیزیکی خواص جامد با استفاده از منابع قوی هسته‌ای و ترانزیستور و کامپیوتر و ابزار الکترونیک و لیزر و... قرین و همراه بود. خلاصه اینکه پیشرفت در علوم به خصوص فیزیک همواره پیشرفت در تکنولوژی را به دنبال دارد.

بنابراین وزارت آموزش و پرورش باید آموزش علوم به‌خصوص آموزش فیزیک را مورد نظر خاص قرار دهد. توجه دانش‌آموزان به درس فیزیک، در سالهای اخیر و علاقمندی چشمگیر آنها برای شرکت در امتحانات المپیاد فیزیک کشور، زمینه مناسب امر آموزش فیزیک را فراهم ساخته است.

* تدریس علوم به خصوص فیزیک باید ازدبستان آغازشود ووسائل ساده آزمایشگاهی در دبستانها مورد استفاده قرار گیرد تا دست و پنجه دانش‌آموزان با وسایل و ابزار کار آشنا شود.

در بسیاری موارد سطح مطالب علمی (برای یک گروه سنی معین) که در مدارس آموخته می‌شود از موضوعهای مطرح شده در برنامه‌های آموزشی رسانه‌های گروهی پایین‌تر است. مطالب علمی باید متناسب با پیشرفتهای علمی و هماهنگ با شوق و نیاز دانش‌آموز با روش مطلوب آموخته شود.

* در نظام آموزش جدید حفظ تعاریف بدون فهم، ضبط اصول و قوانین بدون ادراک آنها و مسائلی از این گونه، باید از پایه تحول و تغییر یابد. این امر جز با تربیت معلمان متخصص امکان‌پذیر نخواهد بود. علاوه بر آن باید امکان مطالعه مداوم و بازآموزی مستمر برای همه معلمان فراهم شود.

* هم‌اکنون تعداد ساعات تدریس با حجم مطالب علمی هماهنگی ندارد. از وسائل سمعی و بصری و گردش علمی به طور منظم در آموزش علوم استفاده نمی‌شود، راهنمایی دانش‌آموزان برای ادامه تحصیل به نحو جدی و درست انجام نمی‌گیرد. تعداد معلمان علوم به‌خصوص در مدارس دختران به اندازه نیاز نیست و ده‌ها مشکل دیگر... اجرای نظام جدید وقتی با توفیق همراهست که این تنگناها به‌طور دقیق شناخته و راه مقصد و مقصود به درستی پیموده شود.

* *واحدی کردن دروس متوسطه*، مسأله‌ای دقیق و مشکل و قابل تأمل است. اگر واحدهای درسی اجباری باشد فقط تغییر در عنوان است و اگر اختیاری باشد حتماً دانش‌آموز به *راهنما* نیاز دارد. با توجه به تعداد کثیر دانش‌آموزان متوسطه به مشکل کمبود دبیر مشکل کمبود معلم *راهنما* نیز اضافه می‌شود. نکته مهم این است که دانش‌آموزان در سن و سالی نیستند که در انتخاب واحد کفایت لازم را داشته باشند.

با توجه به واحدهای متفاوت درسی که دانش‌آموزان می‌پذیرند، بافت سنتی حضور دبیران در مدارس به کلی بهم می‌خورد. بنابراین ادارات آموزش و پرورش با مسأله تازه‌ای که حل آن آسان هم نیست برخورد خواهند کرد.

برای تنظیم امور دروس واحدی و اجرای آئین‌نامه‌های امتحانی آن دستگاه اداری وسیع‌تر و هزینه بیشتری لازم است. علاوه بر آن برای تجدید نظر و تعویض واحدها عموماً مدت زمانی منظور می‌شود. با توجه به اقتضای سن دانش‌آموزان، این خود نیز موجب تلف شدن وقت است و خالی از اشکال نخواهد بود.

فراموش نکنیم که ما در کشوری پهناور با شرایط و اوضاع اقتصادی و اجتماعی و سنتی بسیار متفاوتی زندگی می‌کنیم. قطعاً در نظام جدید آموزش و پرورش، این تفاوتها و همه مشکلات دیگر و راه‌های برطرف کردن آنها مورد دقت و توجه خاص قرار گرفته است.

سرگذشت فیزیک

(قسمت چهاردهم)

پایان قرن نوزدهم

(از ۱۸۸۰ تا ۱۹۰۰ م.)

دکتر ابوالقاسم قلمسیاه

از ۱۸۸۰ میلادی تصوّر بر این بود که فیزیک تقریباً به پایان خط رسیده و عصر کشفیات بزرگ آن خاتمه یافته است؛ اصول با استحکام برقرار شده‌اند، تدقیق قوانین به خوبی آغاز شده است؛ فیزیکدانان می‌پنداشتند تنها چیزی که باقیمانده است تنظیم نهائی نظریه‌ها و بسط کاربردهای عملی آنها است؛ کار اصلی انجام شده تلقی می‌شد و محققان انتظار نداشتند حوزه‌های جدیدی بطور ناگهانی کشف شوند.

ولی در ظرف چند سال کشفیات غیرمنتظره یکی پس از دیگری به ظهور رسیدند: کشف پرتوهای کاتودی، پرتوهای X، رادیواکتیویته، دانشمندان را متحیّر و تصوّرات استوار و مطمئن آنان را متزلزل کرد. تضادهای شدیدی در مجموع نظریه‌های کلاسیک بروز کردند.

بنابراین قرن نوزدهم در شرایط نسبتاً کنجکاوانه‌ای به پایان رسید. در بعضی از زمینه‌ها، از جمله امواج هرتز و تلگراف بی‌سیم، موفقیّت‌هایی بدست آمد، امّا در بسیاری از موارد باید به عدم اطلاع کافی در این دوره اعتراف کرد. توجّه به این مطلب جلب شد که بنای زیبای فیزیک کلاسیک ناقص است و باید بنای کاملتری بجای آن ساخته شود ولی روش کلی دستیابی به آن را نمی‌دانستند. دوران جداً مثبتی برای بسط فرضیه‌های اتمی و الکترونی که از قیود سابق آزاد شده بودند آغاز شد. گرچه این فرضیه‌ها بخودی‌خود قابل بررسی نبودند امّا سازنده منابع غنی برای پیشرفت بشمار می‌رفتند. معلوم شد که فیزیک به پایان خط نرسیده است و بدون شک هرگز هم نخواهد رسید.

پرتوهای کاتودی ــ از مدّتها پیش عدّه‌ای از دانشمندان سرگرم ایجاد جرقّه در گازهای «رقیق» و مطالعه نمودِ لیانی (لومینسانس) حاصل از آن بودند. هاینریش گایسلر[1] (شهرت فارسی گیسلر) مخترع آلمانی (۱۸۷۹ ــ ۱۸۱۴م.) که از ابتدا شیشه‌گر بود برای این منظور لوله‌های شیشه‌ای مخصوصی با شکلهای مختلف و محتوی گازهای رقیق متفاوت ساخت و با تخلیه الکتریکی در آنها آثار نورانی بسیار جالبی به دست آورد. یولیوس پلوکر[2] فیزیکدان و ریاضیدان آلمانی (۱۸۰۱ ــ ۱۸۶۸م.) مشاهده کرد که درخشندگی گاز داخل لوله با کاستن فشار گاز کاهش می‌یابد ولی شیشه جدار لوله خاصیت فلوئورسانس پیدا می‌کند. بعد از آن، یوهان‌ویلهلم هیتورف[3] فیزیکدان آلمانی و شاگرد پلوکر (۱۸۲۴ ــ ۱۹۱۴م.) به تعدادی از خواص این پرتوها پی برد و در ۱۸۷۰ خاطر نشان ساخت که به نظر می‌رسد خاصیت فلورسانس از کاتود نشأت می‌گیرد، امّا در مقابل پدیده مردّد ماند. اِ. گولدشتاین[4] فیزیکدان دیگری از آلمان و شاگرد دیگر پلوکر

رابرت میلیکان (۱۸۶۸ ــ ۱۹۳۵)

(۱۸۵۰ ــ ۱۹۳۰)، نشان داد چنانچه درون لوله یک شیئی فلزی قرار داده شود سایه آن در ته لوله تشکیل می‌شود، چیزی که ظاهراً گسیل پرتوهایی از کاتود را اثبات می‌کرد؛ او اندیشه «**پرتو کاتودی**» را القاء کرد.

تا اینجا هنوز خواص کامل این پرتوها، مخصوصاً جنس آنها را نمی‌دانستند. در ۱۸۷۹، کروکس دانشمند انگلیسی (که به عنوان کاشف عنصر تالیوم قبلاً از او نام برده‌ایم) هوای درون لوله را (که به نام خود او معروف است) تا حدود میلیونیم آتمسفر خالی کرد و نتایج دقیقتری به دست آورد؛ او چرخ کوچک پره‌دار بسیار حساسی را که خود اختراع کرده بود درون حباب لوله قرار داد، این چرخ هنگامی که لوله روشن می‌شد به حرکت در می‌آمد (رادیومتر کروکس)، چیزی که به طور قطع نشان می‌داد پرتوهای نامرئی از کاتود خارج می‌شوند. پژوهشگران آن دوران اشیاء مختلفی را درون لوله جای می‌دادند و خاصیت فلوئورسانس آنها را که با ایجاد رنگهای باشکوه و درخشان همراه بود مشاهده می‌کردند؛ علاوه بر این کروکس بوسیله کاتود مقعّر پرتوها را در نقطه‌ای متقارب کرد که در آنجا گرمای شدیدی تولید می‌شد و می‌توانست قطعات کوچک پلاتین را ذوب کند. اندکی بعد، فیلیپ ادوارد آنتون لنارد[5] فیزیکدان آلمانی (۱۸۶۲ ــ ۱۹۴۷م.) که تحقیقات زیادی درباره پرتوهای کاتودی به عمل آورده بود پنجره آلومینیومی نازکی در ته لامپ شیشه‌ای که ساخته بود قرار داد، پرتوهای کاتودی از این پنجره عبور می‌کردند و در هوا پخش می‌شدند. خلاصه، کم‌کم خواص این پرتوها بخوبی نمایان شدند. باقی‌مانده بود جنس آنها نیز معین شود و این کار پس از بحثهای مفصّل و طولانی انجام گرفت.

کروکس برای توجیه خواص پرتوهای کاتودی از حالت چهارم ماده، «**حالت تابان**» سخن گفت که به گمان وی برای اجسام بسیار رقیق حاصل می‌شود؛ ولی این فرضیه برای توجیه همهٔ خواص پرتوهای کاتودی نارسا بود. فیزیکدانان دیگر، بویژه گولدشتاین صحبت از حرکات موجی شبیه به امواج نورانی می‌کردند؛ امّا سِرجان ــ جوزف تامسن[6] دانشمند انگلیسی (۱۸۵۶ ــ ۱۹۴۰ م.) سرعت این پرتوها را اندازه گرفت و آن را در حدود ۵۰۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه به دست آورد. این سرعت با سرعت تابشهای برق ــ مغناطیسی اختلاف زیاد داشت و سبب مردود شناختن نظریه آن دسته از کسانی شد که این پرتوها را از جنس امواج نورانی تصور می‌کردند. در ۱۸۹۵ میلادی، ژان بابتیست پرِّن فیزیکدان فرانسوی (۱۸۷۰ ــ ۱۹۴۲) اثبات کرد که این پرتوها حامل الکتریسیته منفی هستند؛ علاوه بر این در میدان الکتریکی یا مغناطیسی منحرف می‌شدند. گردآوری همهٔ این اطلاعات به این نتیجه منجر شد که پرتوهای کاتودی جریانی از ذرات باردار الکتریکی با بار منفی هستند و تصوّر الکترونها دربارهٔ آنها قوّت گرفت.

الکترون ــ در تمام طول مدت قرن نوزدهم هیچگاه برای پی بردن به ماهیت الکتریسیته کشش و جاذبه‌ای ایجاد نشد. در اینجا مسئله بسیار حساسی، مانند همهٔ مسائلی که مربوط به جوهر پدیده‌هایند، وجود داشت: بسیاری از دانشمندان، که به فلسفه عملی و مثبت اوگوست کوْمت[7] فیلسوف فرانسوی وفادار بودند، ابا داشتند تسلیم چنین مسئله‌ای شوند و

خود را درگیر در اندیشه‌های بحث‌انگیزی کنند که آنها را متافیزیک می‌گفتند.

بنابراین از ۱۸۸۰ میلادی تعدادی آزمایش فیزیکدانان را متوجه این نکته کرد که الکتریسیته را مانند مادّه ناپیوسته بدانند و متشکل از دانه‌های کوچک (اتم الکتریسیته!) در نظر بگیرند. این فکر ابتدا بوسیلهٔ پدیدهٔ الکترولیز القاء شد؛ در ۱۸۸۱ هلمهولتز اظهار داشت بار الکتریکی که توسط یک یون تک ظرفیتی حمل می‌شود دارای همهٔ ویژگیهای یک اتم الکتریسیته است. و نظر به درخشان «یون»ها که توسط سوانته آوگوست آرنیوس[۸] شیمی ــ فیزیکدان سوئدی (۱۸۵۹ ــ ۱۹۲۷) در ۱۸۸۷ بسط داده شد مؤیّد این نظر بود. بدین جهت توسّط جورج جانستن استوُونی فیزیکدان ایرلندی (۱۸۲۶ ــ ۱۹۱۱) پیشنهاد شد به این ذرّات حامل بار الکتریکی منفی نام «الکترون» داده شود. بنابراین، ابتدا الکترون عبارت بود از کوچکترین مقدار الکتریسیته‌ای که امکان داشت به دست آید: آن از مادّه متمایز بود ولی به وسیله مادّه حمل می‌شد. امّا کم‌کم این تصوّر تغییر کرد و الکترون را ذرّه مادّی دانستند که نه تنها نقش اتم الکتریسیته را بازی می‌کند، بلکه از اجزای عمومی سازنده ماده است؛ به طوری که غالباً می‌توانستند از جسم خنثی الکترونها را گسیل دارند.

هر چند دیدن الکترونها مستقیماً غیرممکن بود، ولی علّت پیروزی موفّقیت‌آمیز فرضیه الکترونی این بود که آزمایشهای بسیاری در جهت تأیید آن توافق داشتند. ابتدا محققان به این راضی بودند که جریان الکتریسیته را در مادّه (سیم، محلول نمکها، و غیره) برقرار سازند و آثار حاصل را بررسی کنند، و این عملی نبود که مطالعه الکترون را آسان سازد. امّا از ۱۸۸۰ میلادی به بعد، پدیده‌های بسیاری کشف شدند که در آنها الکترون به اصطلاح حالت آزاد داشت، از جمله: پرتوهای کاتودی، اثر نور ــ برقی (فتوالکتریک)، اثر گرما ــ برقی (ترموالکتریک)، پرتوهای بتای رادیوم، و غیره. در همهٔ این پدیده‌ها، خواص ذرّات

ویلهلم کنراد رونتگن (۱۸۴۵ ــ ۱۹۲۳)

سرجان ــ جوزف تامسن (۱۸۵۶ ــ ۱۹۴۰)

پیش فرض شده، مخصوصاً انحراف آنها بوسیله ترکیب دو میدان الکتریکی و مغناطیسی، مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج همهٔ این پدیده‌ها با هم توافق داشتند و اعداد بدست آمده یکی بودند. توافق کامل نتایج سبب پیروزی اطمینان‌بخش فرضیه الکترونی شد، و از آن زمان الکتریسیته (برق) را متشکل از دانه‌های یکسان «الکترون‌ها» در نظر گرفتند که آنها را تقریباً دو هزار بار سبکتر از اتمهای هیدروژن یافتند؛ این عدد نخستین بار در ۱۸۹۷ توسط ویشرت[۹] اعلام شد و ج. ج. تامسن، متخصص بزرگ روش انحرافها، اندکی بعد آنرا تأیید کرد.

با وجود این، نباید تصور کنیم که نظریه الکترونی بلافاصله پس از ظهور به شکوفایی کامل خود رسید. در ۱۹۰۰ میلادی هم هنوز ناقص و تردیدآمیز بود. تنها در ۱۹۰۹ بود که آزمایش مشهوری توسّط رابرت میلیکن[۱۰] فیزیکدان امریکائی (۱۸۶۸ ـ ۱۹۳۵) انجام گرفت و امکان داد برای نخستین بار مستقیماً ساختار دانه‌ای برق (الکتریسیته) آشکار و با دقّت بسیار خوبی بار الکتریکی الکترون اندازه‌گیری شود. بنابراین در آغاز قرن بیستم نظریه الکترونی تأیید شده و تثبیت شده تلقّی شد. ابتدا پاول کارل لودویگ درووه،[۱۱] سپس هندریک آنتون لورنتس[۱۲] فیزیکدان هلندی (۱۸۵۳ ـ ۱۹۲۸) بر اساس این نظریه خواص الکتریکی فلزات را بیان کردند. در اینجا روی یکی از اندیشه‌های نسبتاً بدیعی که در ۱۸۹۵ میلادی توسط لورنتس اظهار شد تکیه می‌کنیم. این دانشمند می‌خواست نظریه‌های فرنل و ماکسول را با توضیح دادن سازوکار (مکانیسم) گسیل نور کامل کند. بنابراین اصل زیر را بیان کرد:

هر شتاب حرکت الکترون مبدأ ایجاد یک موج برق ــ مغناطیسی است.

در نتیجه، امواج نور مرئی، فرابنفش، و فرو سرخ از حرکات شتابدار بسیار سریع الکترونها، حتی در داخل اتومها نشأت می‌گیرند؛ امواج هرتز، و پرتوهای X که در همین سال کشف شدند نیز به همین طریق توضیح داده شدند. تنها چیزی که باقیمانده بود تأیید تجربی بود؛ در ۱۸۹۶ پیترزیمان[۱۳] فیزیکدان هلندی (۱۸۶۵ ــ ۱۹۴۳)، کاشف پدیده تجزیه شدن خطوط طیف نور گسیل شده از یک گاز در اثر میدان مغناطیسی شدید (اثر زیمان)، نظریه لورنتس را تأیید کرد. اثر زیمان این است که هرگاه منبع نور مولّد طیف خطی (مانند یک گاز یا یک بخار) در میدان مغناطیسی شدید قرار گیرد هر یک از خطوط طیف حاصل از آن به دو یا چند خط باریک تجزیه می‌شود. اثر زیمان ابتدا چند سال غیرقابل درک بود، امّا بوسیلهٔ نظریه لورنتس بطریقی بسیار ساده و رضایت‌بخش مورد تفسیر قرار گرفت و موفقیت این نظریه تضمین شد. تصوّر می‌رفت که نظریه لورنتس آخرین جواب مسأله باشد. ولی معلوم شد که این نظریه هم برای توجیه بعضی از پدیده‌ها ناکافی است و خواهیم دید که **نظریه کوانتومی** کلاً جای آنرا گرفت.

پرتوهای X ــ در پایان سال ۱۸۹۵ میلادی ویلهلم کنراد رونتگن[۱۴] فیزیکدان آلمانی (۱۸۴۵ ــ ۱۹۲۳ م.) کشف جدیدی را اعلام کرد: او که پرتوهای کاتودی را بوسیله لوله کروکس مطالعه می‌کرد برای جلوگیری از مزاحمت ناشی از فلوئورسانس شدید، جدار شیشه‌ای لوله کروکس خود را با کاغذ سیاه ضخیم پوشانیده بود. ولی با وجود این احتیاط، صفحه آغشته به پلاتینو سیانور باریومی که در نزدیکی لوله قرار داده بود درخشان می‌شد. بنابراین لولهٔ مولّد پرتوهای کاتودی اشعه نامرئی گسیل می‌داشت که از کاغذ سیاه لفّافه عبور می‌کردند. رونتگن خود یک رشته آزمایش از روی کنجکاوی انجام داد که نشان می‌دادند این پرتوهای ناشناخته تا چه اندازه می‌توانند در اجسام نفوذ کنند. این پرتوها از مقوّا، چوب، گوشت می‌گذشتند ولی استخوان و فلزات سنگین آنها را به آسانی متوقّف می‌کردند. این نتایج در محافل علمی و همچنین بین مردم حسّ کنجکاوی را برانگیختند که جنس این پرتوها چیست؟ رونتگن به همعصران خود مهلت نداد که این پرتوها را به نام وی نامگذاری کنند و بلافاصله آنها را قاطعانه «**پرتوهای X**» نامید. این نامگذاری وضع نامشخص آنها را نشان می‌داد. دانشمندان مدّتی در تردید بودند که آیا این پرتوها نور غیر مرئی‌اند که دنباله گام تشعشع را تشکیل می‌دهند؟ آیا تابش ذره‌ای نظیر پرتو کاتودی هستند؟ از نقطه‌نظرهای بسیاری، فرضیّه اول نسبتاً گمراه‌کننده بود؛ زیرا پرتوهای X هیچیک از خواص مشخص نور، یعنی بازتابش، شکست، تداخل، پراش (تفرّق)، پاشندگی را، آنچنان که در مورد نور مرئی دیده می‌شود، نشان نمی‌دادند؛ آنها همواره به خط راست منتشر می‌شدند. خلاصه، قرن نوزدهم بدون حل این مسأله پایان یافت.

(ادامه دارد)

زیرنویسها:

۱ ــ Heinrich Geissler
۲ ــ Julius Plücker
۳ ــ Johann Wilhelm Hittorf
۴ ــ E. Goldstein
۵ ــ Philipp Eduard Anton Lenard
۶ ــ John Joseph Thomson
۷ ــ Auguste Comte
۸ ــ Arrhenius
۹ ــ Wiechert
۱۰ ــ Millikan
۱۱ ــ Paul Karl Ludwig Drude
۱۲ ــ Hendrid Antoon Lorentz
۱۳ ــ Zeemann
۱۴ ــ Wilhelm Conrad Rontgen

زنان و عناصر[1]

نقش زنان در اکتشافات مربوط به عناصر و شکافت هسته‌ای[2]

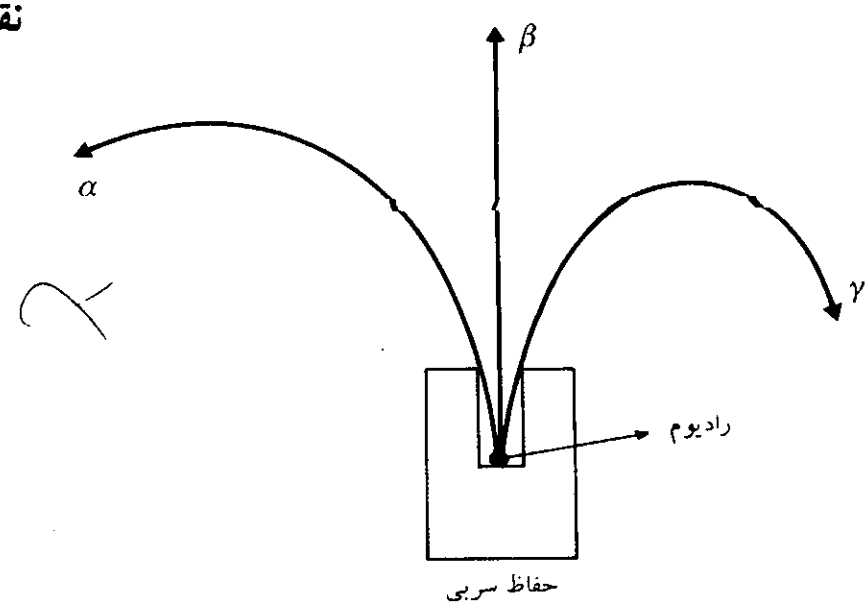
نوشتهٔ ژوزف اسپرادلی[3]
ترجمهٔ دکتر منیژه رهبر

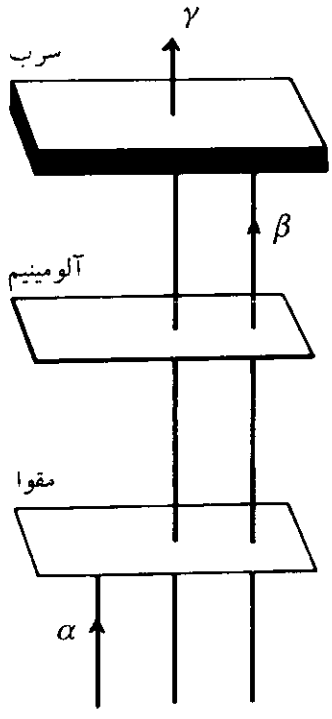
کشف آخرین عنصر موجود در طبیعت و انتشار خبر مربوط به شکافت هسته‌ای در سال ۱۹۳۹ میلادی / ۱۳۱۸ هجری شمسی به طور همزمان صورت گرفت، بدین طریق یک فصل در تاریخ علم به پایان رسید و فصل دیگری آغاز شد. در هریک از اکتشافات فوق زنان نقش مهمی برعهده داشتند که نمایانگر سهم فزایندهٔ زنان در دانش قرن بیستم است.

از میان ده عنصری که در این قرن کشف شدند، کشف پنج عنصر (پولونیم، رادیم، پروتاکتینیم، رنیم و فرانسیم[4]) و حداقل یک دو جین ایزوتوپ عناصر شناخته شده در نتیجهٔ کار زنان بوده است. این مطلب تضاد قابل‌توجهی با کشف ۷۹ عنصر اولیه دارد که همگی به وسیلهٔ مردان انجام شده است (سه عنصر از ۹۲ عنصر ساخت بشر هستند: تکنسیم، پرومتیم و استاتین[5]).

در کشف شکافت هسته‌ای سه زن نقش بسیار مهمی داشتند و بسیاری از مطالعات هسته‌ای حائزاهمیت توسط زنان انجام شده است.

تعداد زنانی که در این نوع مطالعات سهیم بوده‌اند بسیار بالاتر از درصد زنان دانشمند این عصر است.





در سالهای اخیر مقالات چندی در مورد نقش زنان در تاریخ علم نوشته شده است که اغلب بر نگرش زنانه و یا شخصیت آنها تأکید داشته است. هدف این مقاله بررسی کار علمی این زنان و ارتباط بین کشفیات آنان است. بررسی مختصر سهم زنان در زمینه‌های مربوط به شناسایی عناصر و مطالعات هسته‌ای تاریخچه بسیار جالب توجهی از نقش استراتژیک زنان در گشایش زمینه‌های جدید در فیزیک است (ر ک. جدول ۱). پیشاهنگ این کار ماری‌کوری بود و پژوهشهای وی با کار قابل‌توجه لیزه‌مایتنر و آیدا تاکه‌نوداک[۶] در آلمان و ایرن ژولیو ــ کوری[۷] دختر ماری‌کوری در فرانسه دنبال شد.

این سه زن هریک در کشف عناصر یا ایزوتوپها سهیم بودند و هریک نقشی در کشف شکافت هسته‌ای داشتند. سپس مارگریت پری[۸] درفرانسه‌ومارياگوپرت‌مایر و چیان‌شیونگ‌وو[۹] در ایالات متحده کار آنها را دنبال کردند. چهار جایزهٔ نوبل بین سه تن از این زنان تقسیم شده است و کار مربوط به دو زن دیگر منجر به اهداء دو جایزهٔ نوبل دیگر گردیده است.

ماری‌کوری و تأثیر وی

کار علمی ماری‌اسکلودوسکا کوری[۱۰] (۱۸۶۷ ــ ۱۹۳۴) به خوبی شناخته شده است و در فراهم ساختن الگویی برای سایر زنان به خصوص در زمینهٔ جدید رادیواکتیویته و مطالعات هسته‌ای تأثیر بسیار داشته است. موفقیت او در پژوهش موجب شد که شوهر فیزیکدانش پی‌یرکوری (۱۸۵۹ ــ ۱۹۰۶) کار پژوهشی خود را رها کند و به طرح وی که منجر به کشف عنصر رادیواکتیو پولونیم (عدد اتمی ۸۴) و رادیم (عدد اتمی ۸۸) در سال ۱۸۹۸ شد، ملحق شود. آنها در سال ۱۹۰۳ به اتفاق هنری بکرل جایزه نوبل فیزیک را برای کشف رادیواکتیویته که در سال ۱۸۹۶ انجام شده بود، دریافت داشتند. پس از مرگ پی‌یر در سال ۱۹۰۷ در اثر تصادف، ماری به اتفاق آراء به تصدی کرسی استادی شوهرش در سوربن برگزیده شد. وی اولین زنی بود که به این مقام انتخاب می‌شد.

در سال ۱۹۱۰ ماری موفق به تهیهٔ فلز رادیم خالص شد. بهرحال، وی در ادامه کارش با تعصب مردان روبرو بود و همین امر سبب شد که در انتخابات سال ۱۹۱۱ برای ورود به آکادمی علوم فرانسه با اختلاف یک رأی شکست بخورد. جایزهٔ نوبل شیمی سال ۱۹۱۱ برای کشف دو عنصر جدید به وی اهداء شد و او هنوز تنها فردی است که موفق به دریافت دو جایزهٔ نوبل علوم در زمینه‌های مختلف شده است.

در مورد تأثیر ماری کوری در تاریخ علم تردیدی وجود ندارد، اگرچه این نقش تا اندازه‌ای به علت تجربه‌گرایی وی که مانع از نظریه‌پردازی در مورد ماهیت رادیو اکتیویته شد، محدود شده است. یکی از اولین همکاران او آندره دبیرن[۱۱] از روشهای وی برای کشف اکتینیم (عدد اتمی ۸۹) در سال ۱۸۹۹ استفاده کرد. روشهای ماری کوری همچنین در آلمان توسط فردریک دورن[۱۲] برای کشف رادُن (عدد اتمی ۸۶) در سال ۱۹۰۰ مورد استفاده قرار گرفت. تأثیر وی مخصوصاً در تربیت دخترش ایرن و موفقیتهای برجسته وی نمایان است. همچنین یکی از دستیاران وی الین گلدیش[۱۳] نقش مهمی در تعیین منشأ هسته‌ای رادیواکتیویته داشت و طی سالیان متمادی به پژوهش در سرزمین خود نروژ در این مورد ادامه داد. در سالهای بعد ماری کوری به کمک دو زن دیگر به نامهای سونیا کوتل و سی. شامی[۱۴] موفق به جدا ساختن مشتقات اکتینیم شد.

ماری کوری در تهیهٔ نمونه‌های رادیم برای پژوهشگران دیگر از جمله ارنست رادرفورد که در کانادا کار می‌کرد، بسیار سخاوتمند بود. هاریت بروکس[۱۵] (۱۸۷۶ ــ ۱۹۳۳) که با رادرفورد در دانشگاه مک گیل در مونترال قدرت نفوذ ذرات آلفا را بررسی می‌کرد در سال ۱۹۰۲ موفق شد که چگالی رادُن را با روش پخش تعیین کند. بروکس که در سال ۱۹۰۴ رسوبات با نیمه عمر کوتاه بر روی موادی که در معرض تابش رادن قرار گرفته‌اند را بررسی می‌کرد به این نتیجه رسید که رادن دارای سه محصول واپاشی متوالی A و B و C است که بعدها به عنوان ایزوتوپهای پولونیم، سرب و بیسموت شناسایی شدند.

اکتشافات قبل از شکافت ــ لیزه مایتنر، آیدا نوداک و ایرن کوری

لیزه مایتنر (۱۸۷۸ ــ ۱۹۶۸) یکی از مهمترین دانشمندان زن نیمهٔ اول قرن بیستم است. اگرچه والدین وی دارای زمینهٔ کلیمی بودند ولی او غسل تعمید یافت و به عنوان یک پروتستان در وین بزرگ شد. او دومین زنی بود که موفق به دریافت درجهٔ دکترای فیزیک از دانشگاه وین شد. مایتنر کار خود را در سال ۱۹۰۶ به پایان رساند، سپس برای کار با ماکس پلانک به برلین رفت و بزودی همکاریِ ۳۰ ساله‌ای را با اوتو هان[۱۶] آغاز کرد. او در ابتدا اجازه کار با دانشجویان مرد را در آزمایشگاه نداشت. بنابراین، یک کارگاه کوچک چوبی با ورودی مجزا برای اندازه‌گیریهای تابش جهت وی ساخته شد. مایتنر مانند ماری کوری طی جنگ جهانی اول به عنوان پرستار با پرتوهای ــ X کار می‌کرد. در ایام مرخصی همراه اوتو هان برای استخراج مواد رادیو اکتیو از پیچبلاند کار می‌کرد و در سال ۱۹۱۷ موفق به کشف عنصر پروتاکتینیم شد که نیا هستهٔ اکتینیم است.

مایتنر در سال ۱۹۱۸ به سمت رئیس گروه فیزیک انستیتوی قیصر ویلهلم برگزیده شد و در سال ۱۹۲۶ به عنوان استاد برجستهٔ دانشگاه برلین انتخاب شد. در این دانشگاه پلانک، اینشتین و شرودینگر همکاران وی بودند. وی در مدت بیش از یک دهه به مطالعهٔ رابطهٔ پرتوهای بتا و گاما پرداخت. در سال ۱۹۳۴ آگاه شد که انریکو فرمی در جستجوی عناصر فوق اورانیوم است و ارتسرهان را متقاعد ساخت که به پروژه بمباران نوترونی اورانیوم جهت شناسایی محصولات ناشی از آن بپیوندد. تصور می‌رفت که یکی از محصولات با نیمه عمر ۱۳ دقیقه ایزوتوپ پروتاکتینم باشد. آنها بزودی واپاشیهای بتازای بسیاری را یافتند و نشان دادند که هیچیک از عناصر پروتاکتینم، اکتینم و توریوم حضور ندارند و مانند فرمی نتیجه گرفتند که باید موفق به تولید عنصر فوق اورانیوم با عدد اتمی ۹۳ یا بیشتر شده باشند. تقریباً پنج سال طول کشید تا متوجه اشتباه خود شدند و نشان دادند که در حقیقت شکافت رخ داده است. در این فاصله یک زن دیگر یعنی آیدانوداک اولین کسی بود که ایده شکافت هسته را پیشنهاد کرد.

آیدا نوداک در سال ۱۸۹۶ متولد شد و در سال ۱۹۲۱ دکترای خود را از دانشگاه برلین دریافت داشت. در سال ۱۹۲۲ همکاری علمی خود را با والتر نوداک (۱۸۹۲ ــ ۱۹۶۰) و اوتوبرگ[17] برای جستجوی دو عنصر گمشدهٔ (۴۳ و ۷۵) که در سال ۱۹۱۴ توسط هنری موزلی[18] پیش‌بینی شده بود آغاز کرد. پس از سه سال غنی سازی سیستماتیک سنگ معدن کولومبیت[19] بالاخره با روش طیف نمایی پرتو ــ X یک نمونهٔ ۲ میلی‌گرمی در ماه مه سال ۱۹۲۵ موفق به کشف عنصر با عدد اتمی ۷۵ شدند. این آخرین عنصر پایداری بود که کشف می‌شد و به نام رودخانهٔ راین که آیدا نوداک در ساحل آن متولد شده بود به نام رنیم خوانده شد. گزارش وی در این مورد اولین گزارش توسط یک زن بود. آنها همچنین مدعی کشف عنصر با عدد اتمی ۴۳ شدند و آنرا مزوریم[20] نامیدند. ولی در سال ۱۹۳۷ که این عنصر در سیکلوترون برکلی تولید شد، امیلیو سگره و کارلو پریه[21] دریافتند که نیمه عمر آن برای حضور در طبیعت بسیار کوتاه است، بنابراین مجدداً آنرا به نام تکنسیم نام‌گذاری کردند که مشتق از لغت یونانی به معنی «مصنوعی» است. آیدانوداک در سال ۱۹۲۶ با والتر نوداک ازدواج کرد. آنها به پژوهش خود در برلین ادامه دادند و با تولید اولین گرم رنیم توانستند خصوصیات آنرا تعیین کنند. هنگامی که آنها در سال ۱۹۳۵ به دانشگاه فرایبورگ منتقل شدند پیشگامان علم خاکهای نادر بودند.

ایرن ــ ژولیوکوری (۱۸۹۷ ــ ۱۹۵۶) سومین زن در رابطه با کشف شکافت هسته‌ای و چند ایزوتوپ است. وی در سال ۱۹۱۸ دستیارانستیتوی رادیم شد که مادرش رئیس آن بود. همراه با سی. شامسی در سال ۱۹۲۴ نیمه عمرگاز رادُن را به روش جدیدی اندازه گرفت. در رسالهٔ دکترایش نوسانات برد ذرات آلفا را با عکسبرداری از مسیر آنها در اتاقک ابری ویلسون تحلیل کرد. سپس در مطالعه رادیواکتیو با فردریک ــ ژولیوی فیزیکدان (۱۹۰۰ ــ ۱۹۵۸) به همکاری پرداخت و در سال ۱۹۲۶ با او ازدواج کرد. در سال ۱۹۳۲ آنها تابشهای بسیار نافذی را مطالعه می‌کردند که در اثر بمباران بریلیم توسط ذرات آلفا به وجود می‌آمد. آنها متوجه شدند که قراردادن پارافین در مسیر این باریکهٔ ذرات، یونش تولید شده توسط این پرتوها را افزایش می‌دهد و نشان دادند که برای پرتاب پروتون از پارافین پرتوهای گامای بسیار پرانرژی لازم است. متأسفانه، آنها متوجه اهمیت واقعی کار خود نشدند. و جیمز چادویک در سال ۱۹۳۲ از نتایج کار آنها برای کشف نوترون استفاده کرد. ضمن این کار، آنها پوزیترون راقبل از کارل آندرسون دراتاقک ابری مشاهده کردند ولی به غلط آنرا به عنوان الکترونهایی توجیه کردند که به طرف چشمه حرکت می‌کنند.

پس از دست دادن دو موقعیت جالب توجه ژولیو ـ کوری بالاخره مهمترین نقش خود را در جهان علم با کشف رادیواکتیویتهٔ مصنوعی ایفا کردند و برای این کشف موفق به دریافت جایزهٔ نوبل شیمی در سال ۱۹۳۵ شدند. بمباران آلومینیم، بُرومنیزیم توسط ذرات آلفا، نوترون و ایزوتوپهای جدیدی تولید می‌کرد که به عنوان فسفر (P^{30})، نیتروژن (N^{13}) و سیلیسیم (Si^{27}) شناسایی شدند. نیمه عمر آنها در گسترهٔ حدود ۳ تا ۱۴ دقیقه قرار داشت و در هر مورد پوزیترون گسیل می‌شد. سال قبل از آن، تولید زوج الکترون ـ پوزیترون توسط پرتو گامای حاصل از یک چشمهٔ پرتوگاما به جای یک چشمهٔ پرتوکیهانی برای اولین بار مشاهده شده بود.

کشف شکافت هسته‌ای

در سال ۱۹۳۴ از والتر و آیدا نوداک خواسته شد که نمونه‌ای از سنگ معدن اورانیوم را که تصور می‌شد حاوی عناصر فوق اورانیم است بررسی کنند. آنها با استفاده از روشهای شیمیایی ثابت کردند که فرض بالا صحیح نیست. آیدانوداک، فرمی را برای عدم ارائه دلیل قانع کننده برای حضور عناصر فوق اورانیم مورد انتقاد قرارداد و امکان ایجاد عناصر سبک در اثر شکافت اورانیم را مطرح کرد. بیش از چهارسال قبل از کشف شکافت هسته‌ای، آیدا طی مقاله‌ای این فرضیهٔ جسورانه را مطرح کرده بود:

این امکان وجود دارد که در هنگام از بین رفتن هسته توسط نوترونها به‌این روش جدید واکنشهای هسته‌ای رخ دهد که از آنچه تاکنون به‌وسیله پروتون و پرتوهای آلفا بر روی

هسته‌های اتمی بوجود آمده است به طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت باشد. شکافته شدن هسته‌های سنگین در اثر بمباران نوترونی به‌تعدادی قطعات بزرگ موجه بنظر می‌رسد. این قطعات بدون شک ایزوتوپهای عناصر شناخته شده هستند ولی همسایهٔ عناصری که تحت تابش قرار گرفته‌اند، نیستند.

فرمی و هان هیچیک این پیشنهاد را جدی نگرفتند. متأسفانه، نوداک هرگز اقدام به‌انجام آزمایشهایی نکرد که فرضیهٔ او را ثابت کند.

در سال ۱۹۳۷ ایرن ــ ژولیوکوری علاقمند شد که با بمباران نوترونی اورانیم (عدد اتمی ۹۲) به‌جستجوی عناصر فوق اورانیم بپردازد. وی با همکاری فیزیکدان یوگسلاو پاول ساویچ[۲۲] موفق به‌کشف یک ایزوتوپ رادیواکتیو با نیمه عمر ۳/۵ ساعت شد که به‌روش هان ــ مایتنر رسوب پلاتین از سایر محصولات اورانیم جدا نمی‌شد. بهرحال، وی توانست با کمک لانتانوم (عدد اتمی ۵۷) این عنصر را جدا سازد که نمایانگر شباهت آن با عناصر نسبتاً سبک بود. اگر آنها تشخیص داده بودند که این عنصر در حقیقت یک ایزوتوپ لانتانوم است موفق به‌کشف شکافت هسته‌ای می‌شدند.

در ژوییه ۱۹۳۸ پس از اشغال اتریش توسط رژیم نازی لیزه مایتنر مجبور شد که از آلمان فرار کند. او پس از خروج از آلمان، شغلی را در انستیتوی جدیدالتأسیس نوبل در استکهلم سوئد پذیرفت.

کار فوق اورانیم که وی آغاز کرده بود توسط هان‌وفریتزاشتراسمان[۲۳] که‌به‌آزمایشهای کوری ــ ساویچ مشکوک بودند و درصدد تکرار آنها برآمدند، ادامه یافت. آنها متوجهٔ حضور غیرمنتظرهٔ ایزوتوپهای رادیم در بین محصولات حاصل از بمباران نوترونی اورانیم شدند. به‌پیشنهاد مایتنر آنها به‌بررسی این نتایج پرداختند و تعجب آنها از کشف باریم رادیواکتیو (عدد اتمی ۵۶) در بین این محصولات که آنها آن را به‌اشتباه رادیم در نظر گرفته بودند، بیشتر شد. حضور باریم با انجام آزمایشهای شیمیایی و بررسی محصولات دختر باریم که شامل ایزوتوپ لانتانم با نیمه عمر ۳/۵ ساعت نیز می‌شد، تأیید گردید. این ایزوتوپ را کوری و ساویچ نیز مشاهده کرده بودند. بنابراین، ناگزیر نتیجه گرفتند که برخلاف کلیهٔ فرایندهای شناخته شدهٔ واپاشی رادیواکتیو، باریم تولید شده است: به‌عنوان شیمیدان هسته‌ای باید در نمودار واپاشی قبلی تجدیدنظر کرده و نشانه‌های La, Ba و Ce را جایگزین Ra, Ac و Th نماییم. بهرحال به‌عنوان «شیمیدان هسته‌ای» که در زمینه‌ای بسیار نزدیک به‌فیزیک کار می‌کند، نمی‌توانیم خود را به‌برداشتن این گام که برخلاف کلیهٔ تجربیات قبلی ما در فیزیک هسته‌ای است، متقاعد کنیم. شاید یک رشته تطابقهای غیرعادی سبب شناسایی غلط شده باشد.

مطالب فوق را هان قبل از انتشار نتایج در کریسمس سال ۱۹۳۸ به مایتنر نوشت. وی بلافاصله متوجه اهمیت نتایج فیزیکی شد که هان به‌عنوان یک شیمیدان در مورد آنها اظهار تردید کرده بود. شکافت هستهٔ اورانیم به‌دو پارهٔ تقریباً مساوی تنها راه تولید یک عنصر سبک مانند باریم بود. مایتنر این مطلب را به‌خواهرزادهٔ خود اوتوفریش[۲۴] که مانند او از آلمان فرار کرده و در انستیوی نیلزبُور در کپنهاک کار می‌کرد، اطلاع داد. آنها بزودی متوجه شدند که مدل قطره مایعی هسته می‌تواند تقسیم هستهٔ اورانیم به‌دو هستهٔ کوچکتر را در اثر نیروی دافعهٔ بین پروتونهای آنها توجیه کند، مانند یک قطرهٔ مایع که کشش سطحی آن در اثر بار الکتریکی کاهش می‌یابد. مایتنر اختلاف جرم هستهٔ اورانیم (به‌اضافهٔ نوترون فرودی) و جرم اندکی کاهش یافته پاره‌های شکافت: باریم (عدد اتمی ۵۶) و کریپتون (عدد اتمی ۳۶) با در نظر گرفتن ۹۲ پروتون اورانیم را محاسبه کرد. این محاسبه نشان می‌داد که معادل انرژی این اختلاف جرم با انرژی جنبشی پاره‌های شکافت سازگار است.

دو هسته یکدیگر را دفع می‌کنند و با توجه به‌شعاع و بار هسته باید دارای انرژی جنبشی ۲۰۰ MeV باشند. این مقدار انرژی ممکن است واقعاً از اختلاف انرژی بستگی اورانیوم و عناصر میانی جدول تناوبی ناشی شده باشد. بنابراین کل فرایند «شکافت» را می‌توان به‌طور کلاسیک توجیه کرد.

این کار که در فوریه ۱۹۳۹ منتشر شد، اصطلاح «شکافت» را برای این فرایند پیشنهاد کرد و دلایلی بر تشکیل U^{239} و واپاشی آن به‌عنصر فوق اورانیوم با عدد اتمی ۹۳ (نپتونیم که در سال ۱۹۴۰ کشف شد) ارائه می‌داد.

طی چند هفته چند پژوهشگر آزمایشهای شکافت موفقیت‌آمیزی را گزارش دادند. ایرن کوری، ساویچ و فریش از جملهٔ این پژوهشگران بودند. مایتنر به‌مدت ۲۰ سال دیگر در سوئد به‌کار تحقیقاتی ادامه داد و مقالاتی چند در مورد ایزوتوپهای رادیواکتیوی که در سیکلوترون جدید انستیوی نوبل تشکیل شده بودند، انتشار داد. از مایتنر برای شرکت در پروژه بمب اتمی دعوت به‌عمل آمد ولی وی این دعوت را رد کرد و امیدوار بود که تهیه بمب غیرممکن باشد. در سال ۱۹۴۵ اوتوهان جایزه نوبل شیمی سال ۱۹۴۴ را برای کاری که منجر به‌شکافت هسته‌ای شده بود، دریافت داشت.

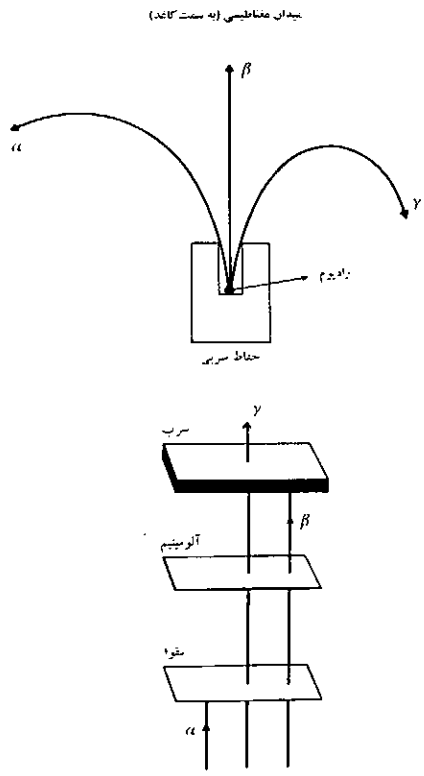
اکتشافات پس از شکافت ــ مارگریت پری، چی ین شیونگ وو و ماریا مایر

کشف رادیواکتیویتهٔ مصنوعی توسط ایرن و فردریک ژولیو ــ کوری که دختر آنها هلن

نیز یک فیزیکدان هسته‌ای شد، راه را برای آخرین عنصر در جدول تناوبی و ایزوتوپهای جدید بسیاری گشود. از جملهٔ زنانی که در این اکتشافات سهیم بودند می‌توان ایوت کوشوا[25] نام برد که همراه هوریا هلوبی[26] در سال ۱۹۴۰ ایزوتوپ پایدار پولونیم را با بررسی سنگ معدنهای طلا ــ تلوریم به‌وسیلهٔ پرتو ــ X کشف کرد. هلوبی و کوشوا مدارکی دال بر وجود عنصر ۸۵ و ناپایداتر و واپاشی رادن پس از کشف آن در سیکلوترون برکلی یافتند. نام این عنصر با توجه به‌لغت یونانی برای «ناپایدار» استاتین انتخاب شد، زیرا نیمه عمر آن فقط ۸/۳ ساعت بود.

مارگریت پری در سال ۱۹۳۹ یعنی همان سالی که انجام شکافت هسته‌ای اعلان شد، آخرین عنصر موجود در طبیعت را در انستیتوی کوری در پاریس کشف کرد. او با شروع از سن ۲۰ سالگی به‌مدت ده سال در انستیتوکار کرده بود. وی با حذف کلیهٔ محصولات شکافت شناخته شده از آمایش اکتینیم نشان داد که ۱/۲ درصد واپاشی آن با گسیل آلفا صورت می‌گیرد و عنصر جدیدی به‌وجود می‌آید. مشکل اساسی در کشف این عنصر با عدد اتمی ۸۷ آن بود که باگسیل بتا با نیمه عمر ۲۲ دقیقه به‌سرعت واپاشیده می‌شد و ایزوتوپی از رادیم را تولید می‌کرد که مستقیماً از واپاشی اکتینیم اولیه حاصل می‌شد. پری پس از این که موفق به‌خلوص این عنصر شد، نام فرانسیم را برای آن پیشنهاد کرد. او به‌مدت چند سال به‌مطالعهٔ خصوصیات و اثرات زیست شناختی فرانسیم پرداخت.

چی‌ین‌شیونگ وو یکی دیگر از زنان دانشمند با سابقه‌ای درخشان در مطالعات هسته‌ای است. مانند ماری وایرن او با یک فیزیکدان بنام لوک یوآن[27] ازدواج کرد و مادر یک فیزیکدان است. او در سال ۱۹۱۲ در شانگهای چین متولد شد و دکترای فیزیک خود را به راهنمایی امیلیوسگره در سال ۱۹۴۰ در دانشگاه برکلی کالیفرنیا به پایان رساند. او در کارهای اولیه‌اش با سگره تکنسیم را از محصولات شکافت اورانیم به مقداری بسیار بیش از مقدار تولید شده در سیکلوترون بدست آورد. وی شناسایی چند ایزوتوپ خاکهای نادر را از بمباران سیکلوترونی در سال ۱۹۴۲ تأیید کرد. عنصر مصنوعی با عدد اتمی ۶۱ که پس از جدا کردن آن از محصولات شکافت اورانیم در اُک ریج تنسی به نام پرومتیم خوانده شد، از جملهٔ این عناصر بود. وو در آزمایشهای شکافت و شتابدهنده چند ایزوتوپ دیگر را کشف کرد و یک متخصص برجسته در واپاشی بتازا گردید. در سال ۱۹۵۷ او مهمترین نقش خود را به عنوان رهبر یک گروه در دانشگاه کلمبیا در آزمایشی مربوط به گسیل بتا از کبالت رادیواکتیو ایفا کرد. این آزمایش منجر به تأیید نقض پاریته در واپاشی بتازا با نشان دادن این مطلب شد که الکترونهای گسیلی دارای جهت‌گیری اسپین ترجیحی در جهت موازی با اسپین هسته می‌باشند. این اثر توسط تی. دی. لی و سی. ان. یانگ[28] پیش‌بینی شده بود که جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۵۷ را برای فرضیهٔ خود دریافت داشتند.



ماریا گوپرت مایر (۱۹۰۶ ــ ۱۹۷۲) تنها زنی است که پس از ماری کوری موفق به دریافت جایزهٔ نوبل فیزیک شده است و کاری را که ماری کوری پنجاه سال قبل آغاز کرده بود به اوج خود رساند. ماریا گوپرت دکترای خود را در فیزیک نظری در سال ۱۹۳۰ در دانشگاه گوتینگن به پایان رساند و سپس با جوزف مایر امریکایی که با استفاده از بورس راکفلر درگوتینگن به مطالعهٔ شیمی مشغول بود، ازدواج کرد. آنها در سال ۱۹۳۰ به دانشگاه جان هاپکینز رفتند و در آنجا ماری به بررسی نظری واپاشی دوبتایی پرداخت. مایرها در سال ۱۹۳۹ به دانشگاه کلمبیا رفتند و در آنجا ماریا باهارولد اوری[29] در مورد جدا کردن ایزوتوپهای اورانیم به کار پرداخت و از نظریهٔ کوانتومی برای محاسبهٔ احتمال وجود یک عضو خاکی نادر در گروه عناصر فوق اورانیم به مطالعه پرداخت. او همچنین با ادوارد تلر در مورد نظریهٔ «کهبانگ»[30] برای توجیه فراوانی کیهانی عناصر کار کرده است. در سال ۱۹۴۶ مایرها به دانشگاه شیکاگو منتقل شدند و در آنجا ماریا به عنوان دانشیار افتخاری به کار پرداخت (یک شغل بدون حقوق) و به پژوهش خود در آزمایشگاه ملی‌ارگون ادامه داد. در این آزمایشگاه ماریا به مطالعهٔ سیستماتیک خصوصیات تجربی هسته‌ها پرداخت که منجر به مدل لایه‌ای هسته برای توجیه پایداری

استثنایی بعضی از ایزوتوپها شد. برای این کار او جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۶۳ را همراه باهانس جنسن[۳۱] دریافت داشت. جنسن در آلمان به نتیجه‌ای مشابه با مایر رسیده بود. اولین شغل رسمی ماریا گوپرت استادی دانشگاه کالیفرنیا در سن دیه گو در سال ۱۹۶۰ بود.

موفقیت زنان در کار علمی مربوط به عناصر جدید واکتشافات در زمینهٔ شکافت هسته‌ای پتانسیل آنان را برای ایفای نقش قابل ملاحظه در زمینه‌ای نشان می‌دهد که مردان بر آن مسلط بوده‌اند.

تأثیر فردپیشگامی مانند ماری کوری و تمایل پیروان او به اشتغال پژوهشی مشکل و خسته کننده در زمینه‌ای جدید و هیجان انگیز سبب این موفقیتها شده است. تعهد این زنان به پژوهش علمی از آنجا نمایان می‌شود که پنج نفر از آنها با همکارانی ازدواج کردند که در زمینه علمی با آنها علایق مشترک داشتند. همزمان با آن تنوع تعداد همکاران این زنان نمایانگر استقلال فکری آنهاست. سهم بارز آنان در پژوهشی علمی میدان مبارزه جدیدی را نشان می‌دهد که بر روی زنان دیگر نیز گشوده شده است.

جدول ۱ ــ تاریخچه اکتشافات مربوط به عناصر و شکافت

سال	نام	اکتشافات اساسی
۱۹۳۷	امیلیوسگره و سی.پریه	تکنسیم (۴۳) از سیکلوترون
۱۹۳۸	اوتوهان واشتراسمن	ایزوتوپ باریم ناشی از شکافت
۱۹۳۹	لیزه مایتنر و اوتوفریش	توجیه شکافت
۱۹۳۹	مارگریت پری	فرانسیم (۸۷)
۱۹۴۰	دی. کورسون و همکاران	استاتین (۸۵) از سیکلوترون
۱۹۴۰	ای. مک‌میلان و پی آبلسون	نپتونیم (۹۳)
۱۹۴۰	ای. سگره و جی‌ین شیونگ‌وو	تکنسیم از شکافت
۱۹۴۲	ای. سگره و جی‌ین شیونگ‌وو	پرومتیم‌از سیکلوترون
۱۹۴۵	سی. کوریل و همکاران	جدا کردن پرومتیم (۶۱)
۱۹۴۸	ماریا مایر و هانس جنسن	مدل لایه‌ای هسته
۱۹۵۷	جی‌ین شیونگ‌وو و همکاران	ناپایستگی پاریته
۱۸۹۸	پی‌یر و ماری کوری	پولونیم (۸۴)، رادیم (۸۸)
۱۸۹۹	آندره دِبیرن	اکتینیم (۸۹)
۱۹۰۰	فردریک دورن	رادن (۸۶)
۱۹۰۲	ارنست رادرفورد واف. سودی	نظریهٔ استحالهٔ هسته‌ای
۱۹۱۴	هنری موزلی	پیش‌بینی هفت عنصر مفقود
۱۹۱۷	اوتوهان و لیزه مایتنر	پروتاکتینیم (۹۱)
۱۹۲۵	والتر و آیدا نوداک و برگ	رنیم (۷۵)
۱۹۳۲	فردریک و ایرن ژولیوکوری	مبنای کشف نوترون
۱۹۳۴	آیدا نوداک	فرضیهٔ شکافت
۱۹۳۷	ایرن کوری و پاول ساویچ	به خطا رفتن در مورد ایزوتوپ شکافت

زیرنویسها:

۱ ــ Women and the Elements

۲ ــ The Role of Women in Element and Fission Discoveries

۳ ــ Joseph L. Spradley

۴ ــ polonium, radium, protactinium, rhenium, Francium

۵ ــ technetium, promethium, astatine

۶ ــ Lise Meitner and Ida Tacke Noddack

۷ ــ Iréne Joliot – Curie

۸ ــ Marguerite Perey

۹ ــ Maria Geoppert – Mayer and Chien – Shiung Wu

۱۰ ــ Marie Sklodowska Curie

۱۱ ــ André Debierne

۱۲ ــ Fredrich Dorn

۱۳ ــ Ellen Gleditsch

۱۴ ــ Sonia Cotelle and C. Chamié

۱۵ ــ Harriet Brooks

۱۶ ــ Otto Hahn

۱۷ ــ Otto Berg

۱۸ ــ Henry Moseley

۱۹ ــ Columbite

۲۰ ــ masurium

۲۱ ــ Emilio Segrè and Carlo Perrier

۲۲ ــ Pavel Savitch

۲۳ ــ Fritz Strassmann

۲۴ ــ Otto Frisch

۲۵ ــ Yvette Cauchois

۲۶ ــ Horia Hulubei

۲۷ ــ Luke Yuan

۲۸ ــ T.D. Lee and C.N. Yang

۲۹ ــ Harold Urey

۳۰ ــ «little – bang» theory

۳۱ ــ Hans Jensen

مرجع:

THE PHYSICS TEACHER, DEC. 1989, P. 656 – 662

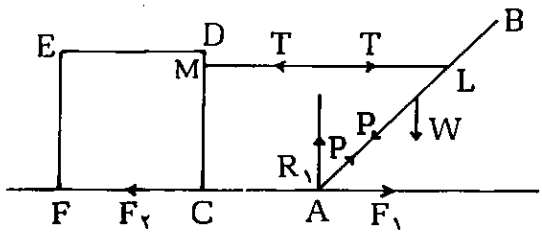
در حاشیه آموزش فیزیک

سیدجعفر مهرداد

در این مجموعه سعی شده است که با طرح پرسشها و مثالهای گوناگون و تصویرهای ساده، روشهای مناسب و قابل فهمی برای کمک به آموزش مباحث مختلف فیزیک فراهم آید.

I ـ قانونهای حرکت

۱ ـ اسب و ارابه



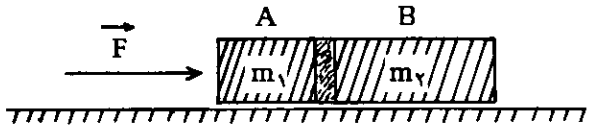
شکل ۱

درشکل ۱، AC زمین، AB اسب، CDEF ارابه و LM طناب است: اسب ارابه را با نیروی T می‌کشد و بنا به قانون سوم نیوتن، ارابه نیز براسب نیروی T وارد می‌کند.

اسب برای اینکه به جلو برود با پاهای خود برزمین نیروی P وارد می‌کند بنا به قانون سوم نیوتن، زمین نیز نیرویی باهمان اندازه P ولی در جهت مخالف براسب وارد می‌کند که دارای دو همنهٔ R_1 و F_1 است. R_1 با وزن W تعادل می‌کند و F_2 نیروی اصطکاک وارد بر ارابه است. هرگاه $F_1 > F_2$ باشد مجموعهٔ اسب و ارابه به حرکت درمی‌آید.[1]

۲ـ دوپارادوکس یامتناقض‌نما:

الف ـ



شکل ۲

مطابق شکل ۲ دوقطعه A و B که به‌ترتیب دارای جرم m_1 و m_2 می‌باشند برروی سطح بدون اصطکاکی قرار دارند. نیروی $\vec{F}$ برقطعه A وارد می‌شود، قطعه B نیزبراثر تماس با A تحت اثرنیرویی‌قرار می‌گیرد. بنابه‌قانون سوم نیوتن قطعه B نیرویی‌مساوی ومخالف $\vec{F}$ برقطعه A وارد می‌کند. درنتیجه برآیند نیروهای وارد بر A عبارت است از:

$$\vec{a}=\frac{\Sigma\vec{F}}{m_1}=0 \quad و \quad \vec{F}+(-\vec{F})=0$$

در این صورت $\vec{F}$ هرقدر هم بزرگ باشد قطعه A نمی‌تواند به‌حرکت‌درآید. درحالی‌که این‌نتیجه درست نیست. **نادرستی آن درکجاست؟**

این تناقض ظاهری ناشی از استدلال نادرست ما است. فرض‌کرده‌ایم‌که نیروی $\vec{F}$ بر Aوارد شده وبه‌وسیلهٔ آن همین نیرو انتقال یافته وبرB وارد شده است. قانون سوم نیوتن به هیچ‌وجه چنین سخنی‌نمی‌گویدکه هرگاه دوجسم درتماس‌باشند وبریکی ازآنها نیرویی وارد شود وخود آن‌جسم نیز آن‌نیرورا برجسم دیگروارد می‌کند. می‌گوییم A نیرویی مانند $\vec{F'}$ بر B وارد می‌سازد ومطابق قانون سوم نیوتن، B نیز بـر A نیروی $(-\vec{F'})$ وارد می‌کند. برآیند نیروهـای وارد بـر A برابر $(\vec{F}-\vec{F'})$ است وشتاب حرکت ازرابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\vec{F}-\vec{F'}=m_1\vec{a}$$

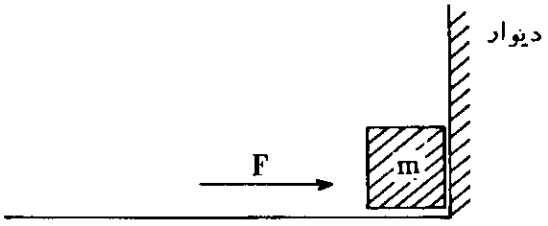
چون B درتماس با A است همان شتاب $\vec{a}$ را خواهد داشت $\vec{F'}=m_2\vec{a}$ ازجمع دورابطهٔ اخیرخواهیم داشت:

$$\vec{F}=m_1\vec{a}+m_2\vec{a}=(m_1+m_1)\vec{a}\Longrightarrow$$

$$\vec{a}=\frac{\vec{F}}{m_1+m_2}\Longrightarrow \text{شتاب}=\frac{\text{نیروی به‌کار رفته}}{\text{جرم کل}}$$

واین‌رابطه همان نتیجه‌ایست‌که مورد انتظارماست.

ب:



شکل ۳

مطابق شکل ۳ قطعه چوبی به‌جرم m درپای دیـوار با نیروی $\vec{F}$ به‌سوی دیواررانده می‌شود. مطابق قانون دوم نیوتن این قطعه چوب باید باشتابی برابر $\vec{a}=\frac{\vec{F}}{m}$ به‌حرکت درآید. درصورتی‌که تجربه‌نشان می‌دهدکه قطعه چوب حرکت‌نمی‌کند نادرستی این مطلب درکجاست؟

اشتباه دراین است‌که دررابطه $\vec{a}=\frac{\vec{F}}{m}$، $\vec{F}$ نیروی‌ویژه وارد برجسم یابرآیند نیروهای واردبرجسم است. براین‌قطعه چوب علاوه برنیروی $\vec{F}$ کـه درشکل نشان داده شده، نیروی دیگری برابر $\vec{F'}$ ازطرف دیوار وارد می‌شود برآیند نیروهای وارد بر قطعه چوب $(\vec{F}+\vec{F'})$ است. مطابق قـانون سوم $\vec{F'}$ برابرومخالف $\vec{F}$ است $(\vec{F'}=-\vec{F})$ پس‌نیروی‌ویژه یابرآیند نیروها برابر صفر است.

$$\Sigma\vec{F}=(\vec{F}+\vec{F'})=\vec{F}+(-\vec{F})=0$$

بنابراین $\vec{a}=\frac{\Sigma\vec{F}}{m}=0$ و شتاب حـرکت قطعه چوب صفر است؟.

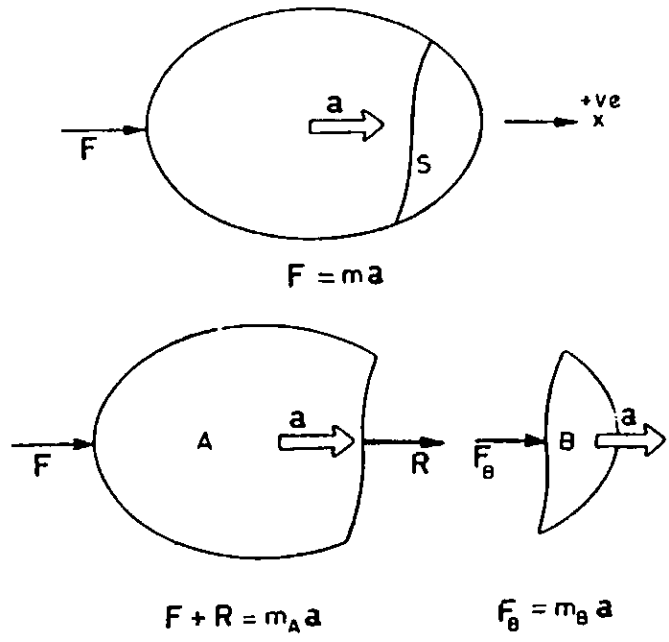
۳ـ ارتباط قانونهای حرکت باهم:

آیا می‌توانیم از قانون‌دوم نیوتن، قانون اول وقانون

سوم را به‌دست آوریم؟ پاسخ این پرسش مثبت است،

مطابق قانون دوم نیوتن $\vec{F}=m\vec{a}=m\frac{d\vec{v}}{dt}$ است.

هرگاه $\vec{F}=o$ باشد $\frac{d\vec{v}}{dt}=\vec{a}=\vec{o}$ است. ودراین‌صورت $\vec{V}$ صفر ویا ثابت خواهد بود. بنابراین در نبودن نیروی خارجی، جسم حالت سکون ویاحرکت باسرعت یکنواخت خودرا حفظ می‌کند واین بیان دیگری‌ازقانون اول حرکت است. می‌توانیم از قانون دوم حرکت، قانون سوم را نیز نتیجه بگیریم.



شکل ۴

مطابق شکل (۴) جسم صلبی براثر نیروی $\vec{F}$ با شتاب $\vec{a}$ حرکت می‌کند بنابه‌قانون دوم‌نیوتن:

$$\vec{F}=m\vec{a} \qquad (I)$$

فرض می‌کنیم این جسم از دوقطعه A و B باسطح مشترک S تشکیل شده وجرم آنها به‌ترتیب m_A و m_B است.

$$m_A+m_B=m \qquad (II)$$

چون تمام جسم باشتاب $\vec{a}$ حرکت می‌کند بنابراین هرقطعه نیز دارای‌شتاب $\vec{a}$ است. هرگاه نیروی وارد ازطرف قطعه A بر قطعه B را $\vec{F}_B$ بنامیم:

$$\vec{F}_B=m_B\vec{a} \qquad (III)$$

به‌عبارت دیگر«عمل» جسم A برB نیروی $\vec{F}_B$ است . «عکس‌العمل B برA را $\vec{R}$ می‌نامیم. برآیند نیروهای وارد بر A عبارت است‌از:

$$\vec{F}+\vec{R}=m_A\vec{a} \qquad (Iv)$$

طرفین رابطه‌های (III) و (Iv) را باهم جمع می‌کنیم:

$$\vec{F}_B+\vec{F}+\vec{R}=m_B\vec{a}+m_A\vec{a}=(m_B+m_A)\vec{a}$$

وباتوجه به‌رابطه‌های (I) و (II)

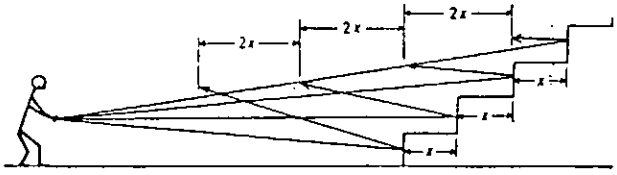
$$\vec{F}_B+\vec{F}+\vec{R}=m\vec{a}=\vec{F}$$

$$\Longrightarrow \vec{F}_B+\vec{R}=o \Longrightarrow \boxed{\vec{R}=-\vec{F}_B}$$

رابطهٔ اخیر نشان می‌دهد نیرویی‌که قطعه B برقطعه A وارد می‌کند برابر ومختلف‌الجهت با نیرویی است‌که قطعهٔ A بر B وارد می‌کند واین بیان دیگری است ازقانون سوم حرکت۳.

II- پژواک

ناظری مقابل‌پلکان سنگی‌ایستاده است. کف دستهای‌خود را به‌هم می‌زند وپژواک صوت دست‌خودرا مستقلا می‌شنود اگر سرعت صوت درهوا V وعرض هرپله x باشد تواترصوتی‌که این‌ناظر براثر پژواک می‌شنود برحسب V و X چقدراست؟



شکل ۵

مطابق شکل ۵ ناظری کف دستهارا به‌هم می‌زند. فرض

می‌کنیم زمانی‌که طول می‌کشد تا این‌صوت پس از انعکاس از پایین‌ترین پله به‌گوش ناظر برسد برابر t باشد، صوتی‌که از پله دوم به‌گوش ناظر می‌رسد مسافتی به‌اندازه ۲x بیشتر می‌پیماید. این صوت پس ازمدت زمان $(t+\frac{۲x}{v})$ به‌گوش ناظر خواهد رسید. به‌همین ترتیب ناظر صوت پله سوم را پس از زمان $(t+\frac{۴x}{v})$ و صوت پله چهارم‌را پس از زمان $(t+\frac{۶x}{v})$ و ... می‌شنود. در نتیجه ناظر صوتهایی با فاصله زمانی $\frac{۲x}{v}$ و باتواتر $f=\frac{v}{۲x}$ خواهدشنید. به‌عنوان مثال هرگاه‌عرض پله $x=۰/۳۴m$ باشد.

$$f=\frac{V}{۲x}=\frac{۳۴۰}{۲\times ۰/۳۴}=۵۰۰c/s$$

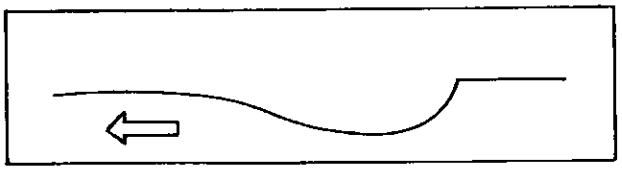
است.[۴]

III ـ دو پرسش و پاسخ

پرسش اول:

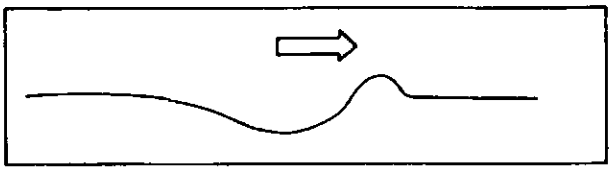
شکل ۱ الف

مطابق شکل ۱ الف یك‌تپ (= پالس) درطول سیم‌پیچ فلزی به‌طرف راست می‌رود. تپ دیگری را نشان دهید که به‌طرف چپ می‌رود و می‌تواند **در یك لحظه** تپ شکل ۱ را خنثی‌کند. پاسخ مطابق شکل ۱ب است.



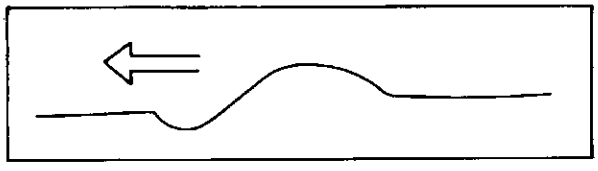
شکل ۱ب

پرسش‌دوم:



شکل ۲ الف

مطابق شکل ۲ الف هریك ازتپهای موج‌تناوبی در طول فنر به‌طرف راست می‌رود. می‌خواهیم بافرستادن تپهای متناوب مناسب درجهت مناسب درجهت‌مقابل، گرههایی ایجاد کنیم. شکل این‌تپها چگونه باید باشد؟
پاسخ مطابق شکل ۲ب است[۵].



شکل ۲ ب

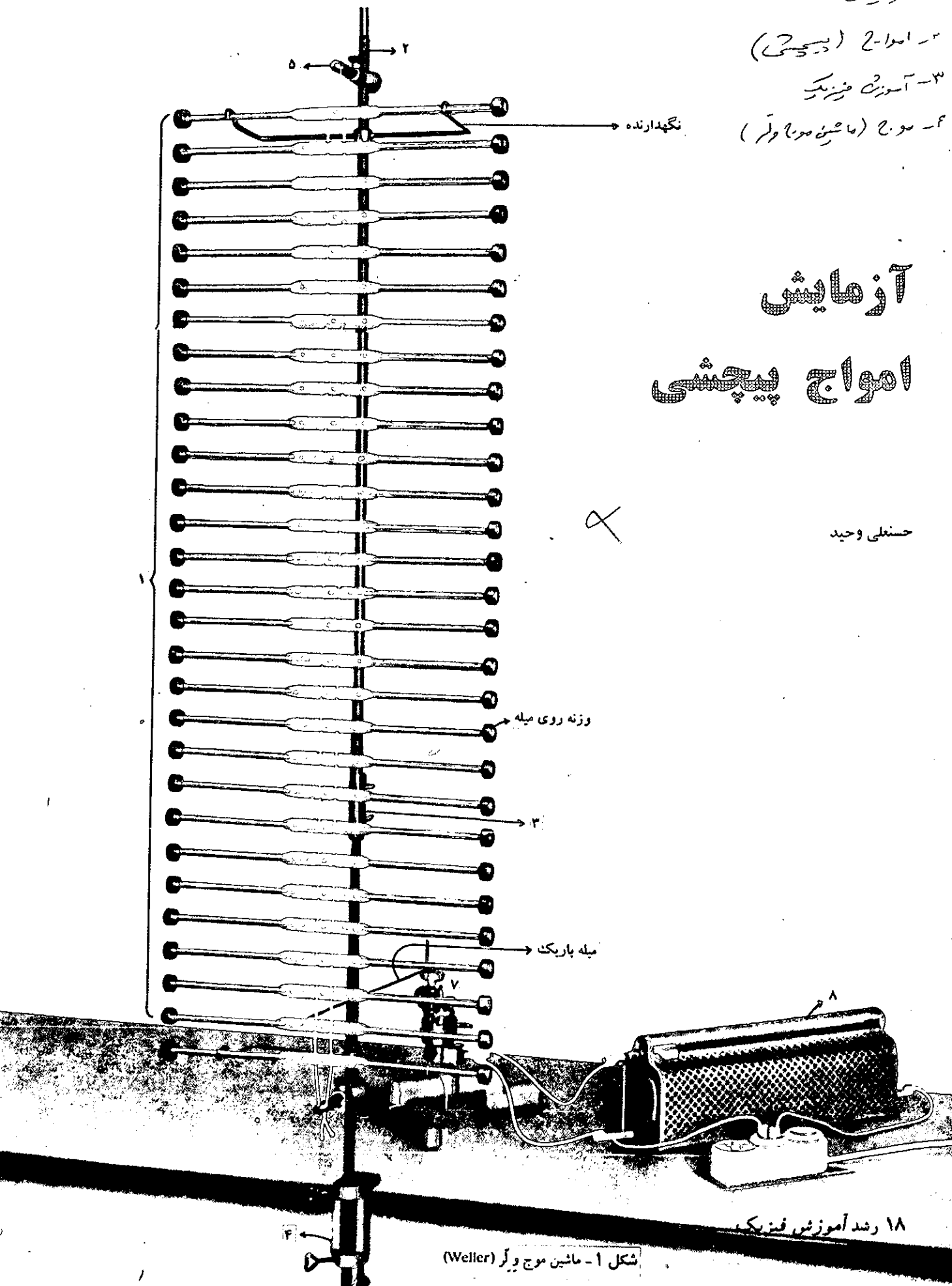
مراجع:

۱ـ M. RAYD. Sc, A TEXTBOOK ON DYNAMICS ,1963, P. 22.
۲ـ N. K. BAJAJ, TEXTBOOK of RHYSICS, 1983, 55.
۳ـ K. L. KUMAR,ENGINEERING MECHAINCS, 1986, P. 23.
۴ـ F. J. H. DIBDIN, ESSENTIALS OF SOUND, 1968, P. 45.
۵ـ PSSC PHYSICS, 1967, P. 104, P. 142.

۱- آزمایش
۲- امواج (پیچشی)
۳- آموزش فیزیک
۴- موج (ماشین موج ویلر)

آزمایش
امواج پیچشی

حسنعلی وحید



شکل ۱ - ماشین موج ویلر (Weller)

ارتعاشات پیچشی - از پیچیدن یک جسم در دو طرف وضع تعادل خود ارتعاشات پیچشی حاصل می‌شود که یک نوع حرکت نوسانی است و در صفحه‌ای عمود بر راستای انتشار صورت می‌گیرد. برای مطالعه این حرکت از دستگاهی به نام ماشین موج ولِر استفاده می‌شود (شکل ۱).

شرح - ماشین موج ولر شامل یک سیستم ۲۹ میله آونگی است که به وسیلهٔ دو نخ به یکدیگر متصل می‌شوند. این سیستم به یک گیره T مانند (۵) که بر روی حائل دو متری (۲) [دو میلهٔ یک متری که با میله اتصال (۳) به هم وصل می‌شوند] پیچ و آویزان می‌شود، و در پایین هم به وسیلهٔ گیره T مانند دیگری وصل می‌شود به طوری که میله‌ها کاملاً افقی قرار می‌گیرند. بر روی هر میلهٔ آونگی در دو طرف نخ دو وزنه قرار دارند که می‌توان آنها را نسبت به نخ دور یا نزدیک کرد و با این ترتیب لختی دورانی (گشتاور ماند) آنها را زیاد یا کم کرد.

دو گیرهٔ نگهدارنده میله‌ها یکی در بالا و دیگری در پایین روی حائل پیچ می‌شوند که در صورت لزوم برای جلوگیری از حرکت میله بالایی یا پایینی یا هر دو میله به کار می‌روند.

هدف - بررسی امواج پیچشی و اندازه گیری سرعت انتشار این امواج و ارتباط آن با لختی دورانی و ایجاد امواج ایستاده.

وسائل مورد نیاز:

۱ - ماشین موج ولِر شامل سیستم آونگی و میله‌های مخصوص برای آویزان کردن و نگه داشتن میلهٔ انتهائی به اضافهٔ یک میلهٔ جداگانه به صورت آونگ پیچشی و یک میله باریک.

۲ - میله یک متری	۲ عدد
۳ - میله اتصال	۱ عدد
۴ - گیره کنار میز	۱ عدد
۵ - گیره T مانند	۲ عدد
۶ - کرونومتر $\frac{۱}{۱۰}$ ثانیه	۱ عدد
۷ - موتور روی میله با ضمیمه‌های مخصوص	۱ عدد
۸ - رئوستای ۱۰۰۰ اهم	۱ عدد
۹ - نیروسنج ۱۰۰ نیوتنی	۱ عدد
۱۰ - سیم رابط	۱ عدد

روش آزمایش - دستگاه را مطابق شکل ۱ سوار می‌کنند.

آزمایش ۱ - مشاهده و اندازه‌گیری سرعت انتشار امواج پیچشی - وزنه‌های روی میله‌ها را در دورترین فاصله تا نخ قرار می‌دهند و از حرکت آخرین میله‌های بالایی و پایینی به وسیلهٔ نگهدارنده جلوگیری می‌کنند و با دست میلهٔ ماقبل آخر را تقریباً ۸۰ درجه منحرف نموده رها می‌سازند. این پیچش، میله به میله انتقال یافته باعث انتشار موج پیچشی در دستگاه می‌شود. در لحظه رها ساختن میلهٔ ماقبل آخر، کرنومتر را هم به کار می‌اندازند. و هنگامی که حرکت پیچشی به بالاترین میله آزاد دستگاه می‌رسد کرنومتر را از حرکت باز داشته زمان انتشار موج (t) را تعیین می‌کنند و با اندازه گیری فاصله دو میله آزاد طرفین (L) و تقسیم این مسافت بر زمان انتشار موج، سرعت انتشار موج را تعیین می‌کنند:

$$V = \frac{L}{T}$$

آزمایش ۲ - اثر لختی دورانی بر سرعت انتشار - وزنه‌های روی میله‌ها را در نزدیک‌ترین فاصله تا نخ قرار می‌دهند، در این صورت لختی دورانی آنها تغییر می‌کند. مجدداً سرعت انتشار موج پیچشی (V') را طبق آنچه در آزمایش اوّل گفته شد اندازه می‌گیرند.

$$V' = \frac{L'}{t} \qquad \text{(بدون تغییر کشش نخ)}$$

بین سرعت انتشار و لختی دورانی در دو حالت فوق رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{V'}{V} = \frac{\sqrt{I}}{\sqrt{I'}}$$

که I و I' لختی دورانی در دو حالت هستند.

در آزمایشی به ازاء نیروی کششی برابر ۴ کیلوگرم نیرو نتایج زیر حاصل می‌شود:

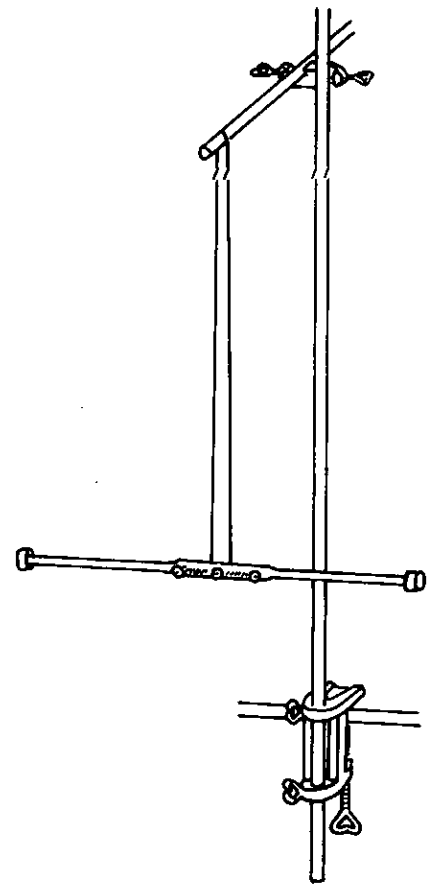
$$\begin{cases} L = ۱/۱۵ m \\ t = ۴ s \end{cases} \qquad V = \frac{L}{t} = \frac{۱/۱۵}{۴} \cong ۰/۲۹ \frac{m}{S}$$

و با همان نیروی کشش و می‌نیمم برای لختی دورانی داریم:

$$\begin{cases} L = ۱/۱۵ m \\ t = ۱/۸ s \end{cases} \qquad V' = \frac{L}{t'} = \frac{۱/۱۵}{۱/۸} \cong ۰/۶۴ \frac{m}{s}$$

و در نتیجه نسبت سرعت انتشار در دو حالت به صورت زیر است:

$$\frac{V'}{V} = \frac{t'}{t} \cong ۲/۲$$



شکل ۲ - آونگ میله‌ای منفرد

چنانچه میله جداگانه را که ضمیمه دستگاه است به تنهایی به صورت آونگ پیچشی مورد آزمایش قرار دهیم (شکل ۲)، اگر D مقدار ثابت این آونگ باشد بر طبق قوانین معروف آونگ بین پریود آونگ (T) و لختی دورانی در حالت ماکزیمم (I) رابطه زیر برقرار است:

$$T = ۲\pi \sqrt{\frac{I}{D}}$$

در حالت می‌نیمم لختی دورانی (I') و پریود آونگ (T') رابطه زیر برقرار است:

$$T' = ۲\pi \sqrt{\frac{I'}{D}}$$

و در نتیجه $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{I'}{I}}$ که مقدار آن آزمایش شده است:

$$T = ۲۳s \text{ و } T' = ۱۰s$$

بنابراین

$$\frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{I}{I'}} = ۲/۳$$

از مقایسه این نتایج تجربی چنین حاصل می‌شود:

$$\frac{V'}{V} = ۲/۲ \text{ و } \frac{T}{T'} = ۲/۳$$

و با توجه به دقّت آزمایش نتیجه زیر به طریق تجربی به دست می‌آید:

$$\frac{V'}{V} = \sqrt{\frac{I}{I'}}$$

یعنی:

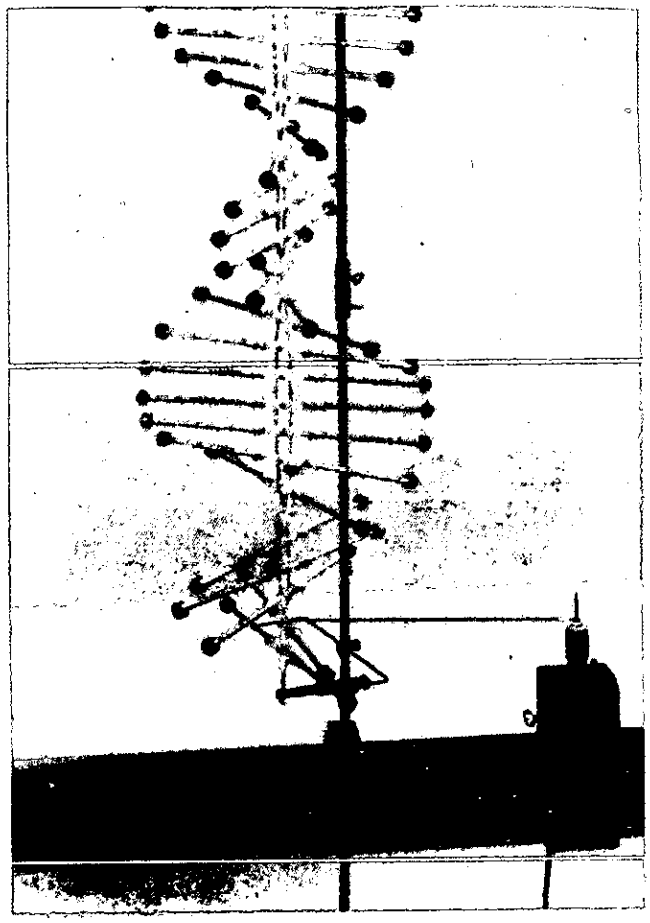
$$V \sim \frac{۱}{\sqrt{I}}$$

و این همان نتیجه حاصل از تئوری است.

آزمایش ۳ - اثر کشش نخ بر سرعت انتشار - می‌توان گیره T مانند (شماره ۵) را باز کرده و آن را بالاتر بست تا نیروی کشش نخ زیادتر شود و مجدداً آزمایش را مانند آزمایش ۲ تکرار کرد. ملاحظه می‌شود که سرعت انتشار تغییر می‌کند ولی نسبت $\frac{V'}{V}$ ثابت می‌ماند.

آزمایش ۴ - امواج پیچشی ایستاده - دستگاه را مطابق شکل (۱) آماده می‌کنند و موتور روی میله (شماره ۷) را در نزدیکی آن قرار می‌دهند به طوری که نوک خم شده میله باریک بتواند داخل سوراخ آخرین میله سیستم ولو قرار گیرد. در سر راه جریان موتور یک رئوستای ۱۰۰۰ اهمی (شماره ۸) می‌گذارند. به وسیلهٔ رئوستا سرعت دور موتور را تغییر

می‌دهند تا ترکیب موجهای تابش و بازتابش به وسیلهٔ تشکیل گره‌ها و شکمها به خوبی دیده شود. در این صورت دستگاه ولر متناوباً به وسیلهٔ موتور تحریک می‌شود، چنانچه موتور موجود نباشد باید به وسیله دست در زمانهای مساوی عمل تحریک را انجام داد. نتایج سه گانه زیر را می‌توان به دست آورد:



شکل ۳- تشکیل امواج ایستاده.

الف) میله بالایی نگه داشته شده و میله پایینی آزاد است.

ب) هر دو میله بالا و پایین نگه داشته شده‌اند.

پ) هر دو میلهٔ بالا و پایین آزاد هستند.

و امواج ایستاده به صورتهای زیر دیده می‌شوند:

الف	ب	پ
$L=\frac{\lambda}{۴}$	$L=\frac{\lambda}{۲}$	$L=\frac{\lambda}{۲}$
$L=۳\frac{\lambda}{۴}$	$L=۲\frac{\lambda}{۲}$	$L=۲\frac{\lambda}{۲}$
$L=۵\frac{\lambda}{۴}$	$L=۳\frac{\lambda}{۲}$	$L=۳\frac{\lambda}{۲}$
$L=۷\frac{\lambda}{۴}$	$L=۴\frac{\lambda}{۲}$	$L=۴\frac{\lambda}{۲}$

شکل ۴

آزمایش ۵- تغییر سرعت انتشار - وزنه‌های ۱۹ میله پایینی را در می‌نیمم لختی دورانی و بقیه را در ماکزیمم لختی دورانی قرار می‌دهند و با این ترتیب دو محیط مختلف برای انتشار موج آماده می‌شود. با انحراف پایین‌ترین میله یک موج پیچشی ایجاد می‌شود که سرعت انتشار آن در مرز بین دو محیط تغییر می‌کند و این تغییر سرعت به آسانی قابل ملاحظه است.

مراجع:

۱- T.P.DE Physique, **Enseignment Superieur, Jouchin Geiger - Ulrich Plüquett**

۲- کتابهای درسی دبیرستان

فیزیک بی‌وزنی [1]

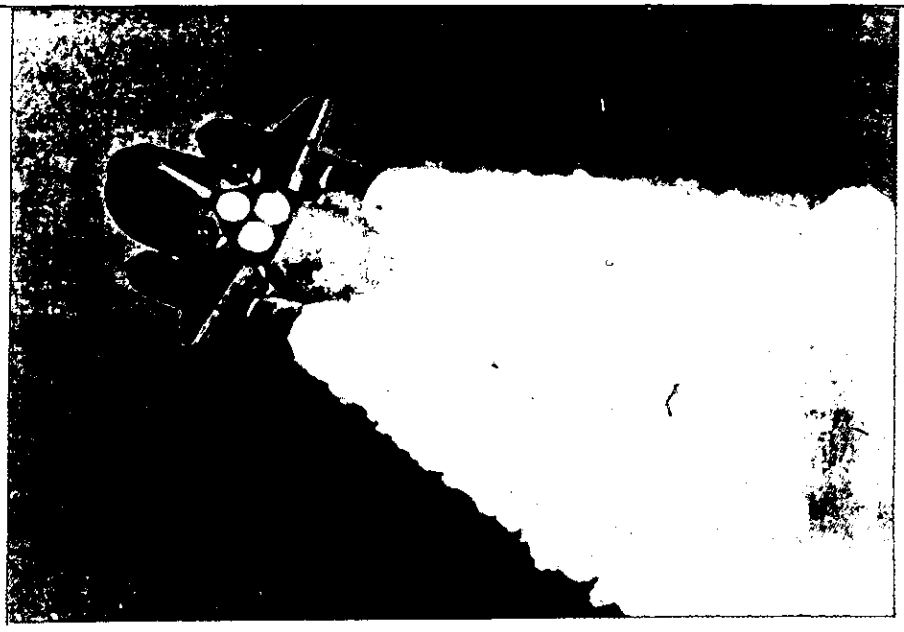
نوشتهٔ سَلی راید[2]
ترجمهٔ سید مرتضی میرخانی

داستانهای روزنامه‌ها، فضانوردان را دور از جاذبه گرانش زمین توصیف می‌کنند و این موضوع دبیری را واداشته است که شاکیانه بگوید «سفر فضایی مطمئناً برای معلّم علوم درد سر به‌وجود می‌آورد». منظور او اینست که عبارت «g = ۰» گمراه کننده است و بیشتر مردم آنرا به‌معنای «نبود گرانش» تفسیر می‌کنند. البته، سفینه فضایی آزاد از قید گرانش نیست. در واقع، همان گرانش است که فضاپیما، و هرچه را که در آنست، در مداری دور زمین نگه می‌دارد. این ابهام ناشی از بی‌وزنی فضانوردان است ــ آنها در بالای هر ترازویی که متصل به‌کف سفینه است شناور می‌شوند. بی‌وزنی آنها به‌علت «دور بودن از گرانش» نیست، بلکه از آن جهت بی‌وزنند که سفینه و هرچه در آنست (از جمله فضانوردان و ترازوها) در حال سقوط آزادند. فضانورد در سفینه فضایی به‌مانند دانشمندی که در زمین، درون آسانسور در حال سقوط آزاد است (اگرچه خوشبختانه کم اتفاق می‌افتد!) نمی‌تواند روی ترازو بایستد.

اینکه فضاپیما در مدار «سقوط می‌کند» به‌این معناست که از خط راستی سقوط می‌کند که اگر نیرویی بر آن وارد نمی‌شد در این خط در فضای بین کرات حرکت می‌کرد. فضاپیما با زمین برخورد نمی‌کند زیرا سرعت افقی کافی برای حرکت «در بالای افق» دارد. با سقوط فضاپیما سطح زمین به‌صورت منحنی از آن دور می‌شود. از نظر تئوری قرار دادن ماهواره (یا سنگ) در مداری به‌فاصله چند متر بالاتر از زمین امکانپذیر است، امّا انرژی آن به‌علت مقاومت هوا سریعاً از بین می‌رود (و نیز احتمالاً در اثر برخورد با ساختمانها و تپّه‌ها!). برای آنکه فضاپیما بیشتر از چند دور در مدار باقی بماند، باید انرژی کافی به‌آن داده شود تا بتواند در مداری قرار بگیرد که در ارتفاع بالاتری از جو زمین است.

سفینه فضایی به‌وسیلهٔ دو موشک با سوخت جامد، و سه موتور با سوخت مایع در مدار قرار می‌گیرد (شکل ۱). موشکهای جامد برای ۲ دقیقه و موتورهای پرتاب برای ۸/۵ دقیقه کار می‌کنند. این پیش رانش یا ضربه هماهنگ[3] کافیست که سفینه را در مداری بیضی شکل نزدیک به‌زمین قرار دهد (مدار دقیق از یک پرواز به‌پرواز دیگر تغییر می‌کند). در اوج مدار (که به‌اندازه شعاع زمین دور از سکوی پرتاب است)، موتورهای کوچک مداری سفینه در حدود چند دقیقه کار می‌کنند تا انرژی کافی برای دایره‌ای کردن مدارِ سفینه فراهم کند. هنگامی که سرعت مناسب بدست آمد این موتورهای مداری خاموش می‌شوند. دیگر نیاز به‌هیچ موتوری برای نگهداشتن سفینه در مدار نیست. گرانش سبب گردش آن در مدار می‌شود. مثلاً در یک مدار دایره‌ای به‌فاصله ۴۰۰ کیلومتر از سطح زمین، سرعت سفینه در حدود ۸ کیلومتر بر ثانیه است و ۹۰ دقیقه طول می‌کشد تا سفینه یک دور بزند.

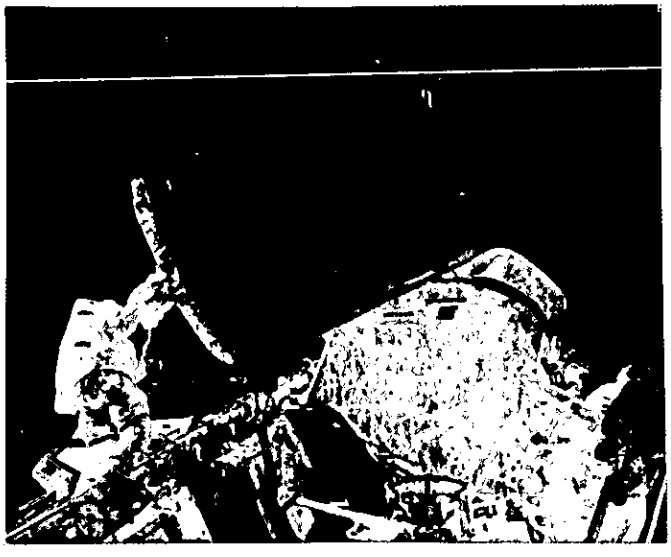
هنگامی که سفینه و هر چیز در آن سرعت لازم را برای چرخیدن به‌دور زمین پیدا کردند، گرانش دیگر اشیاء را به‌طرف کف سفینه شتاب نمی‌دهد، بلکه سفینه و هر آنچه که در آن است را با هم شتاب می‌دهد. تمامی اشیاء درون سفینه هم مدار هستند ــ همگی با هم به‌طرف زمین سقوط می‌کنند. اینکه همگی با هم سقوط می‌کنند در نتیجهٔ اصل هم ارزی است که ابتدا به‌وسیله گالیله به‌نمایش درآمد. او نشان داد که (با نادیده گرفتن مقاومت هوا) اگر یک شیء سنگین و یک شیء سبک را از ارتفاعی رها کنیم با هم به‌زمین می‌رسند. این موضوع بارها تحقیق شده است ــ که اغلب آنها دقیق‌تر، امّا نه زیباتر، از نمایشی است که دیوید اسکات فضانورد آپولو ۱۵ انجام داد. وی یک چکش و یک پر را به‌سطح ماه (که دارای جو و در نتیجه مقاومت هوا نیست) برد و بیرون از مدول قمری[4] ایستاد، آنها را در فاصله‌ای از خود نگه داشت و سپس رها کرد. چکش و پر با هم به‌سطح ماه رسیدند. اصل هم ارزی در هر پرواز فضایی به‌نمایش در می‌آید: زیرا تمامی چیزهای در سفینه ــ فضانوردان، مدارها،



شکل ۱ ــ سفینه فضایی به‌وسیله ۵ موشک در مدار قرار می‌گیرد.

ماهواره‌ها، دفترچه‌های یادداشت، جورابهای اضافی ــ با آهنگ یکسانی سقوط می‌کنند، آنها حرکتی نسبت به‌هم ندارند بلکه شناورند.

محیط بی‌وزنی برای فضانوردان مزایا و معایبی دارد. به‌راحتی می‌توان یک ماهواره ۲۰۰۰ کیلوگرمی را بلند کرد (شکل ۲)، تجهیزات «سنگین» را در اتاق شناور ساخت، یا ضربه‌ای به‌پاکت شیری زد به‌طوری که شیر آن بر کف سفینه نریزد. از طرف دیگر برای آنکه دفترچه‌ای را نگهداریم تا در آن مطلبی بنویسیم، یا تکه نانی را کره بمالیم، با اشکال مواجه می‌شویم. گرچه جالب است که



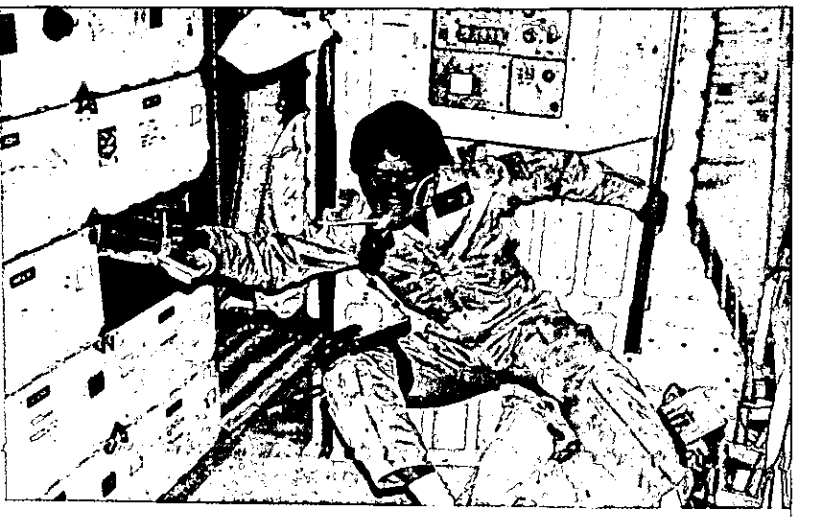
شکل ۲ ــ فضانوردی که ماهواره بزرگی را جابه‌جا می‌کند.

می‌توانیم پشتکی همراه با سه چرخش بزنیم بدون آنکه نگران زمین خوردن باشیم، در عین حال از اینکه با ضربه دوست خود به‌پشتک ناخواسته‌ای در آییم برآشفته می‌شویم.

چنان که انتظار دارید، برخی اثرات فیزیولوژیکی در ارتباط با بی‌وزنی وجود دارند. بدن انسان بر روی زمین تکامل یافته است، هنگامی که خود را در محیط جدیدی بیابد دچار تغییر می‌شود. شاید مشهودترین تغییر، پف کردن فضانورد باشد. روی زمین، گرانش مایع بدن را به‌طرف پا می‌کشاند. در مدار، توزیع مایع در حالت تعادل متفاوت است، و تمایل به‌انتقال مایع به‌قسمت بالاتر بدن دارد. برخی از فضانوردان متوجّه این موضوع در پرواز می‌شوند و از بینیهای گرفته (گرفتگی سینوسها) و سردرد به‌زحمت می‌افتند؛ برخی از آنها هنگامی متوجّه می‌شوند که در آینه نگاه کنند یا بعداً عکسشان را ببینند.

اثر جالب دیگر هنگامی است که قد فضانوردان در مدار در حدود ۲ الی ۳ سانتیمتر بلندتر می‌شود. از آنجا که هیچ نیرویی رو به‌پایین بر ستون فقرات وارد نمی‌شود، دیسکهای اسفنجی در ستون فقرات دیگر فشرده نمی‌شوند. هنگامی که دیسکها در استراحت باشند قد فضانوردان بلندتر می‌شود. این اثر همیشگی نیست و قد فضانوردان در بازگشت به‌زمین به‌حالت عادی برمی‌گردد.

در شرایط بی‌وزنی دستگاه گردش خون[۵] برای حرکت در آوردن خون در بدن احتیاج به‌کار چندانی ندارد. و چون آسان‌تر است که خون را از پاها بگیرد یا به‌مغز برساند، ماهیچه‌های دستگاه گردش خون شرایط خود را از دست می‌دهند. مادامی که فضانوردان در مدارند این موضوع اشکالی ندارد، امّا هنگامی که به‌زمین برمی‌گردند دستگاه گردش خون بار دیگر برای رساندن خون برخلاف گرانش به‌کار می‌افتد و برای این کار باید شرایط اولیّه



شکل ۳ ــ حتی اعمال ساده ایجاب می‌کند که فضانورد به جایی متصل باشد.

خود را باز یابد.

اگر فضانورد به‌مدت یک هفته یا در این حدود در مدار باشد این مسأله مهمّ نیست امّا برای سفرهای طولانی در ایستگاه‌های فضایی باید به‌آن توجّه کرد و پیش از فرستادن فضانوردان به‌مریخ، نیاز به‌تحقیقات قابل ملاحظه‌ای است.

در بی‌وزنی «جهت مرجّعی»، نه «رو به پایین» و نه «رو به بالا»، وجود ندارد. از نظر فیزیولوژی، هیچ راهی برای تشخیص بین بالا و پایین نیست. احساسگرهایی که به توازن و تعادل مربوط می‌شوند و به ما کمک می‌کنند که جهت خود را تشخیص بدهیم در گوش داخلی ما قرار دارند و به گرانش زمین، حساس هستند. وقتی که سر خود را خم می‌کنیم، ساختارهای نازک مویین خم می‌شوند و علامتهایی به مغز می‌فرستند که سرراست نیست. در شرایط بی‌وزنی، این احساسگرها از تغییرات در جهت متأثر نمی‌شوند، و هیچ نشان دهنده دیگر فیزیولوژیکی شناخته شده‌ای (مثل رفتن مایع به سر) وجود ندارد تا برای مغز نشانه‌هایی دربارهٔ جهت‌گیری بدن به دست دهد. فضانوردان چه پایشان به طرف زمین باشد و چه به طرف ستارگان احساس یکسانی دارند. در واقع، ممکن است که دماغه یا باله یا عقب سفینهٔ در مدار به طرف زمین باشد در حالی که فضانوردان بدون نگاه کردن به بیرون نمی‌توانند تفاوت این حالتها را بگویند.

فضانوردان مجبورند با محیط سازگار شوند که نمی‌توان شبیه آن را روی زمین ایجاد کرد. به نظر می‌رسد که قوانین فیزیکی متفاوتی در مورد اجسام بی‌وزن وجود دارد. البته این قوانین یکسانند، امّا گاهی اشارات ضمنی آن قوانین روشن‌ترند، برای مثال، اثرات اصطکاک مطالعهٔ قوانین نیوتن در حرکت را روی زمین مشکل می‌کند. اجتناب از اصطکاک به علّت وجود گرانش سخت است. گرانش اشیاء را در تماس با زمین، میز، یا کف اتاق نگه می‌دارد. هنگامی که دیگر گرانش اشیاء را در تماس با یکدیگر نگه نمی‌دارد، اجتناب از اثرات اصطکاک آسان است. شرایط بی‌وزنی بر روی میز با بالش هوا میسر و پیشرفته‌تر است! در واقع، به نظر می‌رسد که فضانورد، جزء بی‌اختیاری از آزمایشگاه فیزیک پایه است.

قوانین حرکت نیوتن بسیار واقعی می‌شوند... و باید به این موضوع عادت کرد. فضانوردی که در وسط کابین سفینه به حال سکون قرار می‌گیرد، نمی‌تواند خود را به کف، سقف، یا دیوارهای آن برساند ــ بی‌یاور در وسط کابین مانده ــ تا اینکه دوستی بیاید و بر او نیروی خارجی وارد کند. اگر بادامی را به حرکت درآوریم به حرکت خود ادامه می‌دهد تا به دیوار، یا سقف، یا به دهان کسی برخورد کند. و با زدن به شانه فضانورد می‌توان به او ضربه کافی بزنیم تا در اتاق حرکت کند.

انسانها که در روی زمین لنگر انداخته‌اند چگونگی برخورد با قانون عمل و عکس‌العمل را آموخته‌اند. هر کسی که کشویی را می‌کشد بی‌آنکه به این عمل توجّه داشته باشد بر کف اتاق نیرو وارد می‌کند. هنگامی که یک فضانورد در حالی که به جایی متصل نیست کشویی را بکشد کار او بی‌نتیجه امّا قابل پیش‌بینی است (شکل ۳). و اگر همین فضانورد بخواهد با استفاده از پیچ‌گوشتی، پیچی را ببندد یا باز کند؛ نتیجه آنست که خود فضانورد می‌چرخد، نه پیچ.

اثرات کشش سطحی بر روی زمین به راحتی دیده می‌شوند: حبابهای صابون تشکیل می‌شوند قطره‌های آب از شیرهایی که چکه می‌کنند، آویخته‌اند، و ستون آزاد آبی که در لوله‌های شیشه‌ای بالا می‌آید، دارای سطح محدب است. کشش سطحی نتیجهٔ نیروهای بین مولکولی است. مولکولهای درون مایع بر یکدیگر نیروی جاذبه وارد می‌کنند، بنابراین به مولکولهایی که در سطح هستند نیروی اندکی وارد می‌شود که آنها را در سطح نگه می‌دارد. به طور مشابه، اگر مایع با جامد در تماس باشد مولکولهای مایع، جاذبهٔ اندکی را از طرف مولکولهایی که در سطح جامدند حس می‌کنند.

همانطور که انتظار دارید، کشش سطحی در مدار واضح‌تر است، زیرا اثرات ماکروسکوپی آن تحت تأثیر اثرات گرانشی قرار نمی‌گیرد. (اگر شیر آبی که چکه می‌کند در سفینه باشد، هیچگاه قطره فرو نمی‌چکد).

کشش سطحی تمایل دارد که نسبت سطح به‌حجم مایع را به حداقل برساند. این موضوع در بی‌وزنی آشکار است، در آنجا مایعات واقعاً به صورت کره‌هایی در می‌آیند. این موضوع بر روی زمین چندان آشکار نیست: شیر در روی کف اتاق پخش می‌شود؛ در شرایط بی‌وزنی همین شیر روی کف اتاق پخش نمی‌شود بلکه به صورت کره‌ای در می‌آید که در وسط سفینه شناور می‌شود.

نیروهای باقی مانده بین مولکولهای سطح مشترک جامد و مایع باعث می‌شود که مایه به جامد «بچسبد». به علت کشش سطحی است که غذا خوردن در فضا به صورت عادی (یعنی مانند زمین) تقریباً امکانپذیر است. فضانوردان می‌توانند از ظرفهای باز غذا بخورند و برای آنکه غذا را به دهانشان ببرند از قاشق استفاده کنند. البته رمز آن استفاده از غذاهای «چسبان» است. بیشتر غذاها را خشک می‌کنند و در ظرفهای پلاستیکی با سرپوشهای نازک پلاستیکی که هوای درون آنها تخلیه شده است بسته‌بندی می‌کنند. بعداً با فرو کردن سوزن یک تفنگ آبی در سرپوش آن و تزریق آب این غذا را تر می‌کنند. تمامی این غذاها (مثلاً ماکارونی و پنیر، میگو، نوشابه، سوپ گوجه‌فرنگی) همین که تر می‌شوند حداقل قسمتی از آنها مایع است و کشش سطحی آنها را در ظرف یا روی قاشق نگه می‌دارد. فضانوردان نمی‌توانند در ظرف سوپ را باز کنند و سوپ را با قاشق بخورند. تفاوتی که وجود دارد اینست که اگر قاشق کج شود (یا «بیفتد»، یا بچرخد)، سوپ روی آن باقی می‌ماند.

کشش سطحی غذای تر شده را روی قاشق نگه می‌دارد، اما باعث خارج شدن نوشیدنی از ظرف نیز می‌شود. اگر از یک نی پلاستیکی برای نوشیدن استفاده شود، مولکولهای مایع نیروی جاذبه‌ای بر مولکولهای نی، از جمله مولکولهایی که بالاتر از سطح مایع هستند، وارد می‌کند. در بی‌وزنی جاذبه باعث می‌شود که مایع در نی نازک بالا کشیده شود و در دهانهٔ نی به صورت یک قطره بزرگ ــ یک کره ــ در آید. در همهٔ نی‌هایی که در سفینه استفاده می‌شود گیره‌ای وجود دارد که از بالا آمدن نوشیدنی در نی جلوگیری می‌کند.

برخی اثرات فیزیکی که با آن آشناییم در نتیجهٔ نیروهای گرانشی است که در زمین بر اشیاء وارد می‌شود؛ این اثرات در سفینهٔ فضایی واقع در مدار وجود ندارد. نیروی ارشمیدس مثال خوبی است. چوب در گودالی از آب شناور می‌شود و حال آنکه گِل در آن فرو می‌رود. علت شناوری چوب این است که چگالی آن از آب کمتر است لذا نیروی ارشمیدس آنرا در بالا نگه می‌دارد. گل به کف آب فرو می‌رود زیرا چگال‌تر از آب است، و نیروی ارشمیدس نمی‌تواند آنرا در بالا نگه دارد. روی زمین، خامهٔ شیر بالا می‌آید، لایهٔ روغن روی آب شناور می‌شود، و گل و لای در دهانه رودخانه‌ها ته‌نشین می‌شود. تمامی اینها پدیده‌های آشنایی هستند.

در مدار، ستون مایع وزنی ندارد؛ هیچ فشار هیدروستاتیک و در نتیجه هیچ نیروی ارشمیدس و ته‌نشینی وجود ندارد. یک چوب پنبه بالا و پایین نمی‌رود، حباب به سطح مایع بالا نمی‌آید (که به این معناست گاز حل شده در نوشابه‌ها باقی می‌ماند، بنابراین برای نوشیدن خیلی مناسب نیستند)، و دیگر هیچ لایهٔ شکلات در ته شیشه شیر شکلاتی وجود ندارد.

همین اصل ــ که ماده چگال‌تر فرو می‌رود و ماده با چگالی کمتر بالا می‌آید ــ باعث همرفتی گرمایی می‌شود. در زمین، همرفتی هنگامی روی می‌دهد که قسمتی از مایع یا گاز گرم و یا سرد شوند. یک قطره چسبناک با گرم شدن منبسط می‌شود، چگالی آن کاهش می‌یابد بنابراین (روی زمین) بالا می‌آید، چگالی یک قطره چسبناک با سرد شدن کاهش یافته پایین می‌رود. همرفتی در بی‌وزنی رخ نمی‌دهد و از آن رو که ستونی از (مثلاً) هوا وزنی ندارد، هوای داغ بالا نمی‌آید: هنگامی که این هوا گرم می‌شود منبسط شده ولی همان جا باقی می‌ماند.

آزمایش جالبی (که به دلایل ایمنی تا کنون انجام نشده است) روشن کردن کبریت یا شمع در فضاپیمای واقع در مدار است. همرفتی باعث می‌شود که آتش ادامه پیدا کند. هنگامی که اکسیژن در هوا می‌سوزد و از اطراف شعله تخلیه می‌شود، گاز گرم شده بالا می‌رود. و هوای سردتر به طرف شعله حرکت می‌کند تا جایگزین آن شود و اکسیژن بیشتری را برای مصرف حمل کند. بدون همرفتی یک شمع به سرعت خاموش می‌شود.

دنیای بی‌وزنی متفاوت با دنیایی است که با آن آشنا هستیم. بعضی از اثرات فیزیکی معمولی وجود ندارد، در حالی که اثرات دیگر به روشنی وجود دارند. همانطور که تصور می‌کنید، یک محیط زندگی غیرمعمولی است. هم چنین محیط بی‌وزنی آزمایشگاه یگانه‌ای است که امکان می‌دهد تا آزمایشهای بنیادی در فیزیک، شیمی، و فیزیولوژی تحت شرایط آزمایشگاهی جدید انجام شود.

زیرنویسها:

۱ ــ PHYSICS IN WEIGHTLESSNESS

۲ ــ SALL YRIDE

Center for International Security and Arms Control, Stanford University

۳ ــ integrated thrust or impulse

۴ ــ lunar module

۵ ــ cardiovascular system

مرجع:

FUNDAMENTALS OF PHYSICS, 3rd Edition, David Halliday and Robert Resnick, Essay 5.

مجله و خوانندگان

قائم‌شهر ــ دانش‌آموز عزیز آقای ولی سیدعابدین‌هاشمی

از اظهار محبت شما متشکریم. نام مجله هماهنگ با نام باقی 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 موردنظر است.

ارومیه ـ دانش‌آموز عزیز آقای رضا سهند

پیشنهاد شما انجام می‌شود.

تبریز ـ آقای اورنگ شریعت‌زاده

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

بروجن ـ آقای مجید محسنی

متن اصلی مطلب موردنظر به آدرس جناب‌عالی ارسال شد.

تاکستان ـ دانش‌آموز عزیز آقای داریوش طاهرخانی

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

سبزوار ـ دانشجوی گرامی آقای جمال الهامی‌نیا

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 $v=-gt+v_0$ از زمین به بالا پرتاب شده است (g اندازهٔ شتاب ناشی از ثقل و v_0 سرعت اولیهٔ پرتاب 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 ـ دانشجوی گرامی آقای ابراهیم قاسمی

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

مازندران ـ دانش‌آموز عزیز خانم سارا ساوه‌ای

۱ ـ شدت میدان گرانش در پریود نوسان فنر 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 ـ دبیر محترم آقای غلامرضا کوششکار

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

باختران ـ دانش‌آموز عزیز آقای محسن وحیدی‌نیا

با درنظرگرفتن مقاومت درونی پیل استدلال شما درست است.

۱- درس فیزیک
۲- آزمون فیزیک
۳- سؤالات (امتحان نهایی)

سؤالات امتحان نهایی

درس فیزیک

کلاس چهارم رشته تجربی دانش‌آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشور در دی ماه ۷۰

وقت امتحان ۲ ساعت

سؤالات **بارم**

۱- عوامل زیر را تعریف کنید و معادله دیمانسیون هریک را بنویسید. ۳ نمره
شتاب لحظه‌ای - اندازه حرکت - کار - ضریب اتمیسیته

۲- اگر R شعاع متوسط زمین باشد اولاً بیان کنید اگر ماهواره‌ای به جرم M از مسیری به شعاع R به مسیری به شعاع ۳R انتقال داده شود انرژی مکانیکی ماهواره کاهش می‌یابد یا افزایش ؟ (با ذکر دلیل) ثانیاً تغییر انرژی جنبشی ماهواره را در این تغییر مکان بر حسب M و R محاسبه کنید. ۱/۷۵

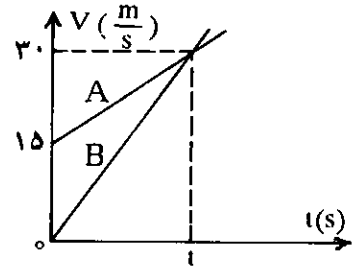
۳- از دو سؤال زیر یکی را انتخاب نموده و به آن پاسخ دهید (فقط به یک سؤال جواب داده شود.) ۱/۷۵
الف - محاسبه زمان تناوب آونگ ساده در انحرافات کم دامنه (رسم شکل - توضیح - اثبات رابطه)
ب - وضعیت ارتعاشی یک نقطه از محیط قابل انتشار امواج را در لحظه غیر مشخص t به دست‌آورده و شرایطی را بیان کنید که این نقطه با مبدأ ارتعاشی هم فاز و در فاز مخالف باشد.

۴- واحد ظرفیت خازن را بیان نموده و تعریف کنید و عوامل موثر در ظرفیت خازن را با ذکر رابطه آن بنویسید. ۱/۷۵

۵- واحد شار یا فلوی مغناطیسی را نام برده و تعریف کنید و عوامل موثر در شار مغناطیسی را با ذکر رابطه نام ببرید. ۱/۷۵

۶- نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B که در ابتدا از مبدأ حرکت می‌کنند مطابق شکل مقابل است اگر شتاب متحرک A برابر ۱ متر بر مجذور ثانیه باشد اولاً معین کنید زمان T را که سرعت دو متحرک ۱/۵

برابر گردیده و شتاب متحرک B را. ثانیاً در چه زمانی فاصله دو متحرک از مبدأ مساوی است.



۷ـ شخصی داخل آسانسوری روی باسکولی (دستگاه تعیین وزن) قرار دارد هنگامی که آسانسور ایستاده است باسکول ۱۰۰۰ نیوتن را نشان می‌دهد و هنگامی که با شتاب a به طرف بالا می‌رود باسکول ۱۲۰۰ نیوتن را نشان می‌دهد. معین کنید وقتی که با همین شتاب a به طرف پایین حرکت کند چه عددی را نشان خواهد داد ($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$). ۱/۵

۸ـ گلوله‌ای به جرم ۰/۲ کیلوگرم به انتهای نخی به طول L بسته شده است و با سرعت زاویه‌ای ۵ رادیان بر ثانیه حول محور قائمی به صورت پاندول مخروطی دوران می‌کند اگر نیروی کشش نخ پاندول $T = ۴\ N$ باشد. معین کنید طول نخ و زاویه امتداد نخ با وضع قائم و نیروی جانب مرکز وارد بر گلوله را ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$). ۱/۵

۹ـ سیرنی که دارای ۳۳ سوراخ متساوی الفاصله است هر دقیقه ۶۰۰ دور می‌چرخد. صوت حاصل از آن هم صدا با صوت دوّم لوله بسته‌ای است. اگر سرعت صوت در هوای داخل لوله ۳۳۰ متر بر ثانیه باشد معین کنید اولاً طول لوله بسته را ثانیاً چه اندازه باید سرعت صوت در هوای داخل لوله باشد تا فرکانس صوت دوّم آن ۲۰ هرتز زیاد شود. ۱/۷۵

۱۰ـ معادله شدت جریان متناوبی در یک مدار $I=۴\sqrt{۲}\sin ۴۰۰t$ است این مدار شامل یک مقاومت ۴۰ اهمی و یک خازن به ظرفیت ۵۰ میکرو فاراد و یک سلف (سیم پیچ) به ضریب خودالقائی ۰/۲ هانری و بدون مقاومت گرمایی که به طور متوالی بسته شده‌اند. معین کنید مقاومت القائی (x_L) و مقاومت ظرفیتی (x_c) و مقاومت ظاهری (z) و اختلاف پتانسیل دو سر مدار را (v_c). ۲/۲۵

۱۱ـ بر روی صفحه‌ای نوارهای تداخلی توسط دو منبع نور تک رنگ و همسان تشکیل می‌گردد (آزمایش یانگ). فاصله صفحهٔ مذکور از سطح دو منبع ۲ متر است و فاصله دو منبع ۲ میلیمتر و فاصله نوار پنجم روشن از نوار مرکزی ۳ میلیمتر. طول موج نور و فرکانس نور مربوطه و انرژی فوتون مربوط به آن را به دست آورید. ۱/۵

$c = ۳\times۱۰^۸\ m/s$ سرعت نور

$h = ۶/۶\times۱۰^{-۳۴}\ J.s$ ثابت پلانک،

سؤالات

درس مکانیک

کلاس چهارم رشته ریاضی‌فیزیک دانش‌آموزان و داوطلبان آزاد سراسرکشور در دی ماه ۷۰

وقت امتحان ۲ ساعت

سؤالات	بارم
۱ـ مکانیک کلاسیک در توجیه چه پدیده‌هایی قابل قبول ۰/۵ و در توجیه کدام پدیده‌ها بی‌اعتبار است؟	۰/۵
۲ـ اندازه حرکت زاویه‌ای و شتاب زاویه‌ای	۰/۷۵

انات نهایی

متوسط را تعریف کرده، دیمانسیون لختی دورانی را بنویسید.

۳ـ سرعت پرتاب اوّلیه جسمی که در راستای قائم به سمت پایین پرتاب می‌شود چه تأثیری در سرعت حدّ سقوط جسم در هوا، و زمان رسیدن آن به سرعت حدّ دارد؟ (سرعت اولیه پرتاب از سرعت حد کمتر است.) ۰/۵

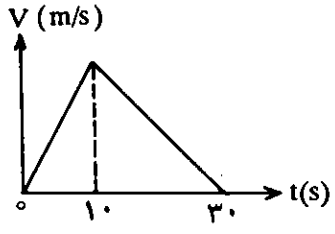
۴ـ با یک مثال توضیح دهید آیا ممکن است بردار شتاب متحرکی ثابت ولی مسیر آن خطی مستقیم نباشد؟ ۰/۵

۵ـ با استفاده از مفهوم اندازه حرکت و با محاسبه، قانون دوم نیوتن را بیان کنید. ۱/۲۵

۶ـ محاسبه شتاب جانب مرکز در حرکت دایره‌ای یکنواخت (شرح، شکل، محاسبه) ۱/۵

۷ـ با توضیح کافی انرژی پتانسیل فنر را محاسبه کنید ۱/۲۵

۸ـ نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند مطابق شکل است. در صورتی که سرعت متوسط متحرک در مدت حرکتش ۱۰ m/s باشد، حداکثر سرعت متحرک و شتاب آنرا در مراحل مختلف حساب کنید. ۱/۲۵



۹ـ معادله مکان ذره‌ای که روی یک خط راست در حرکت است در SI به صورت $x = t^2 - 10t$ ۱

می‌باشد. با استدلال توضیح دهید در چه فاصلهٔ زمانی حرکت این ذره کند شونده است؟

در مسائل زیر

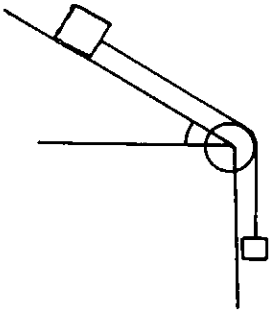
$g = 10\ m/s^2$ و $\sin 37^\circ = 0/6$ و $\pi = \frac{25}{8}$

فرض می‌شوند.

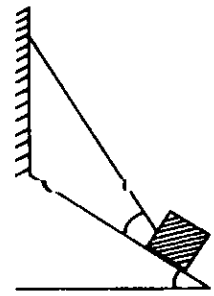
۱۰ـ از بالنی که با سرعت ثابت ۵ m/s در راستای قائم در حرکت است گلوله‌ای رها میشود. در صورتیکه بالن به سمت بالا در حرکت باشد گلوله ۱ ثانیه پس از رها شدن به زمین می‌رسد و اگر بالن به سمت پائین در حرکت باشد گلوله در مدّت $\frac{1}{2}$ ثانیه به زمین خواهد رسید. ارتفاع بالن در لحظه رها شدن گلوله چقدر بوده است؟ (از مقاومت هوا صرفنظر می‌شود) ۱/۲۵

۱۱ـ یک گلوله کروی به شعاع ۲ سانتیمتر و جرم حجمی $2500 \frac{kg}{m^3}$ درون مایعی به جرم حجمی $1300 \frac{kg}{m^3}$ سقوط میکند اگر نیروی مقاومت مایع در مقابل حرکت گلوله از رابطه $f = 0/4v$ در SI بدست آید سرعت حدّ گلوله را در مایع حساب کنید.(v سرعت گلوله است) ۱

۱۲ـ در شکل مقابل جرم A برابر ۲۰۰ گرم جرم B برابر ۵۰ گرم، ضریب اصطکاک بین وزنه A و سطح شیبدار هنگام حرکت $\frac{1}{4}$ و دستگاه از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. شتاب حرکت، نیروی کشش نخ و سرعت وزنه‌ها را در یک ثانیه پس از شروع حرکت تعیین کنید. (از جرم نخ و قرقره و اصطکاک قرقره صرفنظر می‌شود.) ۱/۷۵



۱۳ - در شکل مقابل وزن جسم ۱۰۰ نیوتن، وزن طناب و اصطکاک سطح ناچیز و جسم در حال تعادل است. نیروی کشش طناب و نیرویی که جسم بر سطح وارد میکند چقدر است؟ ۱/۵



۱۴ - گلوله‌ای را در شرایط خلأ از ارتفاع h با سرعت اولیه V_0 تحت زاویه ۳۰° نسبت بافق به سمت بالا پرتاب می‌کنیم در صورتیکه سرعت گلوله در نقطه اوج $۲۰\sqrt{۳}$ متر بر ثانیه و اندازهٔ مؤلفه قائم سرعت در لحظه برخورد به زمین با اندازهٔ سرعت اولیّه برابر باشد زمان کل حرکت برای رسیدن به زمین و ارتفاع h را حساب کنید. ۱/۵

۱۵ - ماهواره‌ای به جرم ۶۰۰kg روی مدار دایره شکلی که شعاع آن ۱۰ برابر شعاع ماه است به دور ماه می‌چرخد. اندازهٔ نیرویی که از طرف ماه بر آن وارد می‌شود چقدر است؟ ۱
(شتاب ثقل در سطح کره ماه $\frac{۱}{۶}$ شتاب ثقل در سطح کره زمین است).

۱۶ - گلوله‌ای به جرم ۱۰۰ گرم در شرایط خلأ از ارتفاع ۱/۸ متری بالای سطح صاف و سختِ افقی یک سندان که به زمین متصل است بدون سرعت اولیه رها می‌شود. اگر ضریب جهندگی این گلوله $\frac{۲}{۳}$ باشد تا چه ارتفاعی به سمت بالا برمی‌گردد و ضربهٔ وارد بر گلوله در مدتی که با سطح در تماس است چقدر است؟ ۲/۲۵

۱۷ - چرخی به دور محور ثابتی می‌چرخد و اندازه حرکت زاویه‌ای آن ۲۰۰۰ ژول ثانیه است. اگر این چرخ در اثر اعمال یک گشتاور نیرو با شتاب زاویه‌ای ثابت در مدت ۲۰ ثانیه متوقف گردد، اندازهٔ گشتاور نیرو را حساب کنید؟ ۱/۲۵

سؤالات ا

درس فیزیک

کلاس چهارم رشتهٔ ریاضی فیزیک دانش‌آموزان و داوطلبان آزاد سراسر کشور در دی ماه ۷۰

وقت امتحان ۲/۵ ساعت **تاریخ امتحان ۱۳۷۰/۱۰/۲۸**

سؤالات	بارم
۱ - امواج عرضی را تعریف کرده و توضیح دهید که سرعت انتشار موج‌های عرضی در طول طناب به چه عواملی بستگی دارد.	۱
۲ - آزمایش نشان می‌دهد که زمان تناوب آونگ ساده به جنس و جرم آن بستگی ندارد علّت آن را بنویسید.	۱
۳ - با استفاده از رابطهٔ $a = ۲a_1 \cos\frac{\phi}{۲}$ و باتوجّه به اصل ترکیب حرکات ارتعاشی کم دامنه محل نقاط با دامنه ماکزیموم را به دست آورید.	۱
۴ - با استفاده از فرمول لاپلاس با محاسبه نشان دهید که سرعت صوت در یک گاز کامل با جذر جرم ملکولی گاز نسبت عکس دارد.	۱
۵ - قانون جابجایی ویلهلم وین را با ذکر رابطه بنویسید - واحد ضریب خود القایی را تعریف کنید.	۱
۶ - قانون بروستر را نوشته و با رسم شکل زاویه	۱

نات نهایی

پلاریزاسیون را محاسبه کنید.

۷- در یک مدار الکتریکی دو جریان متناوب یکی با تواتر کم و دیگری با تواتر زیاد با هم وجود دارند با رسم شکل توضیح دهید چگونه می‌توان این دو جریان را از هم جداکرد - در مدار نوسان‌کننده (LC) پریود نوسانات از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟ ۱

۸- نیمه رسانا چیست و افزایش دما در رسانایی اجسام رسانا و نیمه رسانا چه تأثیری دارد. ۱

۹- نارساییهای مدل اتمی را در فورد را بنویسید. ۱

۱۰- سوّمین و آخرین فرضیه بور رادرمورد اتم ئیدروژن که مربوط بتابش نور است بنویسید. ۱

مسائل:

۱۱- ذرّه‌ای دارای حرکت نوسانی ساده با دامنه ۴ سانتیمتر و پریود $\frac{\pi}{۲}$ ثانیه است. اولاً ماکزیموم سرعت و شتاب ذرّه را پیدا کنید. ثانیاً در لحظه عبور از وضع تعادل سرعت اولیّه به آن می‌دهیم دامنه‌اش ۶ سانتیمتر می‌شود مقدار سرعت اولیّه را پیداکنید. ۱/۵

۱۲- دو حرکت ارتعاشی هم امتداد و هم پریود به معادلات ۱/۵

$$y_۱ = ۴\cos(۱۰\pi t - \frac{\pi}{۳})$$

و

$$y_۲ = a_۲ \sin(۱۰\pi t + \theta_۲)$$

باهم نقطه‌ای از محیط قابل ارتعاش می‌رسند اگر معادله ارتعاش نقطه مزبور بصورت $y = ۲\sin(۱۰\pi t + \frac{\pi}{۶})$ باشد مطلوبست محاسبهٔ $a_۲$ و $\theta_۲$ (واحدها بر حسب میلیمتر است)

۱۳- طول یک لوله صوتی باز یکمتر و تواتر هماهنگ سوّم آن با هوای(۱۷-)درجه‌سلسیوس ۴۸۰ هرتز است اولاً وضع ارتعاشی ستون هوای درون لوله را رسم کرده و طول موج صوت حاصل وسرعت انتشار صوت را در هوای داخل لوله پیداکنید. ثانیاً دمای هوای لوله چند درجه سلسیوس‌باشد تا تواتر هماهنگ سوّم آن ۵۱۰ هرتز شود. ۲

۱۴- طول موج یک پرتو نورتکرنگ در هوا ۰/۶ میکرون است مطلوبست ۱- تعیین پریود نور ($C=۳\times۱۰^۸$ m/s) ۲- انرژی فوتونهای مربوط به این طول موج ($h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴}$ Js) ۳- آزمایش یانگ را با نور کمرنگ فوق ($\lambda = ۰/۶۳$) انجام می‌دهیم مشاهده می‌کنیم اگر تیغه‌ای بضریب شکست $n=\frac{۳}{۲}$ در مقابل یکی از شکافها قرار دهیم روی پرده نوار مرکزی تغییر مکان یافته و در محّل سوّمین نوار تاریک تشکیل می‌شود از این آزمایش ضخامت تیغه را پیداکنید. ۲

۱۵- جریان متناوبی که معادله اختلاف پتانسیل آن بصورت $v = ۲۰۰\sin ۴۰۰t$ است شامل مقاومت R و خازن C به ظرفیت ۱۲۵ میکروفاراد می‌گذرد. اختلاف پتانسیل مؤثر دو سر مقاومت ۱۰۰ ولت است. الف: شدّت جریان مؤثر مدار و مقاومت R را پیدا کرده و معادلهٔ شدّت جریان را بنویسید. ب - ضریب خود القایی سلف بدون مقاومتی را پیداکنید که اگر به طور متوالی در مدار قرار دهیم شدّت جریان مؤثر مدار تغییر نکند. ۳

پرسشهای گزینش دانشجو ۱۳۷۰

(مرحله دوم)

(ریاضی ـ فنی)

۶۶ـ در یك ریزسنج وقتی پیچ یك‌دور کامل می‌زند، زبانه به‌اندازهٔ ۰/۵mm جابه‌جا می‌شود. اگر لبهٔ پیچ بین صفر تا ۱۰۰ مدرج شده باشد دقت ریزسنج چند میلی‌متر است؟

۱) ۰/۰۰۵ ۲) ۰/۰۰۱ ۳) ۰/۰۱ ۴) ۰/۰۵

۶۷ـ دریك ماشین چرخ ومحور، شعاع چرخ چهاربرابرشعاع محوراست، دراین ماشین:

۱) بازده ۷۵ درصد است.

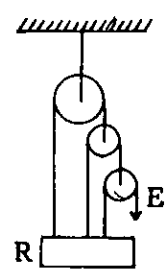
۲) به‌ازاء هردور چرخش چرخ، محورچهار دور می‌چرخد.

۳) جابه‌جایی نیروی محرك چهار برابر جا به‌جایی نیروی مقاوم است.

۴) کارنیروی مقاوم چهاربرابرکارنیروی محرك است.

۶۸ـ در شکل مقابل مزیت مکانیکی کامل سیستم چقدر است؟

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۷



۶۹ـ هریك ازدوانتهای‌فنری را با ۱۲ نیوتن نیرو ودرخلاف جهت هم می‌کشیم. اگر ثابت این فنر $400\frac{N}{m}$ باشد، افزایش طول فنرچند سانتی‌متر خواهد بود؟

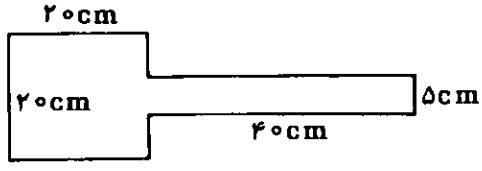
۱) صفر ۲) ۱/۵ ۳) ۳ ۴) ۶

۷۰ـ هرگاه درمدت ۱/۵ ثانیه اندازه حرکت جسمی به‌اندازهٔ ۳۶کیلوگرم متر برثانیه تغییرکند نیروی متوسط وارد به‌جسم چند نیوتن است؟

۱) ۲۴ ۲) ۵۴ ۳) ۲۴۰ ۴) ۵۴۰

۷۱ـ شکل مقابل یك صفحهٔ همگن را نشان می‌دهد. فاصلهٔ گرانیگاه صفحه ازانتهای سمت راست چند سانتی‌متراست؟

۱) ۲۵ ۲) ۳۰ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰



۷۲ـ دمای یك‌لیتراز مایعی را به‌اندازهٔ ۲۵°C بالا می‌بریم افزایش حجم واقعی مایع ۶سانتی‌متر مکعب می‌شود. ضریب انبساط حجمی مطلق این‌مایع چند $°C^{-1}$ است؟

۱) $1/2\times10^{-3}$ ۲) $1/2\times10^{-4}$

۳) $2/4\times10^{-5}$ ۴) $2/4\times10^{-4}$

۷۳ـ برای جسمی که برسطح مایعی شناور باشد...
۱) وزن آن الزاماً برابر وزن قسمتی ازمایع است که توسط جسم جابه‌جا می‌شود.
۲) نیروی وارد بر جسم ازطرف آب از وزن جسم بیشتر است.
۳) وزن آن باید کمتر ازوزن آب جابه‌جا شده باشد.
۴) نیروی وارد بر جسم ازطرف آب نسبت معکوس با وزن جسم دارد.

۷۴ـ جرم حجمی گاز کاملی درفشار P ودمای مطلق T برابر ρ می‌باشد. اگر فشار آن دو برابر، ودمای مطلق آن نصف شود؛ جرم حجمی آن چند ρ است؟

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

۷۵ـ دمای گازی را باثابت بودن حجم آن از $27^\circ C$ به $87^\circ C$ می‌رسانیم، جرم حجمی گاز چندبرابر می‌شود؟

۱) ۰/۸۳ ۲) ۱ ۳) ۱/۲ ۴) ۲/۲

۷۶ـ ۱۰ گرم یخ صفردرجه سلسیوس را داخل ۱۰۰ گرم آب ۴ درجه سلسیوس می‌اندازیم. پس‌ازحصول تعادل چندگرم یخ درآب است؟ (گرمای نهان ذوب یخ را $80 cal/g$ و مبادلهٔ گرما را فقط بین آب ویخ فرض کنید.)

۱) صفر ۲) ۳ ۳) ۵ ۴) ۸

۷۷ـ فاصلهٔ یك صفحهٔ کدر از یك چشمهٔ نورانی کوچك ۱ متر وفاصلهٔ صفحه از دیواری که به موازات آن قرار گرفته است ۵۰ سانتی‌متر است. مساحت سایه چند برابر مساحت صفحه است؟

۱) $\frac{3}{2}$ ۲) $\frac{9}{4}$ ۳) ۲ ۴) ۴

۷۸ـ ضریب شکست مطلق شیشه‌ای ۱/۵ و ضریب شکست آن نسبت به‌یك مایع شفاف ۱/۲ است. سرعت نور در این مایع چه‌کسری ازسرعت نوردرخلاء است؟

۱) ۰/۵۵ ۲) ۰/۶۶ ۳) ۰/۸ ۴) ۰/۸۳

۷۹ـ وقتی می‌گویندنمرهٔ عینك شخصی ۲ — است، دراین‌صورت عیب چشم و فاصلهٔ مشخصی که نمرهٔ عینك را به‌کمك آن تعیین کرده‌اند عبارتنداز:
۱) دوربینی، حداقل فاصلهٔ رؤیت ۰/۵ متر.
۲) دوربینی، حداقل فاصلهٔ رؤیت ۲ متر.
۳) نزدیك بینی، حداکثرفاصلهٔ رؤیت ۲متر.
۴) نزدیك بینی، حداکثرفاصلهٔ رؤیت ۰/۵متر.

۸۰ـ دریك آینهٔ مقعرفاصلهٔ یك‌لکه روشن ازآینه ۱/۵ برابر فاصلهٔ کانونی آینه است، بزرگنمایی ونوع تصویر کدامند؟

۱) ۲ ، حقیقی ۲) ۰/۴، حقیقی
۳) ۲ ، مجازی ۴) ۰/۴، مجازی

۸۱ـ ضریب شکست منشوری که در آن زاویهٔ رأس و مینیمم انحراف هریك ۶۰ درجه باشد برابراست با:

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

۸۲ـ همگرایی یك‌عدسی محدب‌الطرفین که شعاعهای انحناء هرطرف آن ۴۰ سانتی‌متر است برابر است با ۳ دیوپتری. ضریب شکست شیشه عدسی چنداست؟

۱) ۱/۲ ۲) ۱/۳ ۳) ۱/۵ ۴) ۱/۶

۸۳ـ دریك عدسی محدب به‌فاصلهٔ کانونی f جسمی‌را درفاصلهٔ f ازعدسی می‌گذاریم. فاصلهٔ مزدوج‌جسم ازخودش کدام‌است؟

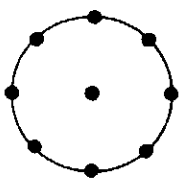
۱) f
۲) 2f
۳) 3f
۴) بی‌نهایت

۸۴ـ دوعدسی نازك، یکی‌مقعر به‌فاصلهٔ‌کانونی ۵۰ سانتی‌متر و دیگری محدب به‌فاصلهٔ کانونی ۱متر را به‌هم چسبانده وعدسی مرکبی می‌سازیم. همگرایی عدسی مرکب چنددیوپتری است؟

۱) ۰/۲۵ — ۲) ۱ — ۳) ۱ ۴) ۲

۸۵ـ هشت بارالکتریکی نقطه‌ای هریك 5×10^{-9} کولن با فواصل‌مساوی روی‌محیط دایره‌ای به‌شعاع ۳۰سانتی‌متر توزیع شده‌اند. هرگاه فقط یکی از بارها منفی باشد، شدت میدان‌کل درمرکزاین دایره چند نیوتن برکولن است؟

۱) 10^2 ۲) 5×10^2
۳) 3×10^2 ۴) 15×10^2



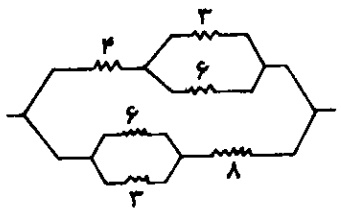
۸۶ـ دوبارمساوی هریك‌برابربا Q بریکدیگر نیروی F وارد می‌کنند. اگر نصف یکی ازبارها را برداشته و به‌دیگری اضافه کنیم، درهمان فاصلهٔ قبلی، نیروی متقابل چند F می‌شود؟

۱) $\frac{3}{4}$ ۲) $\frac{4}{3}$ ۳) $\frac{9}{16}$ ۴) $\frac{16}{9}$

۸۷ـ درشکل مقابل اگرجریانی به‌شدت ۰/۴ آمپر ازمقاومت

۴ اهمی بگذرد، ازمقاومت ۸ اهمی چندآمپر جریان می‌گذرد؟

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۸ ۳) ۰/۲۴ ۴) ۰/۶۶



۸۸ـ اگردریك مدارالکتریکی دو مقاومت R_1 و $R_2 = 2R_1$ *دارای توانهای* P_1 و P_2 *باشند؛ آنگاه در بارهٔ چگونگی* اتصال R_1 و R_2 می‌توان گفت:

۱) الزاماً متوالی‌هستند.

۲) الزاماً موازی‌هستند.

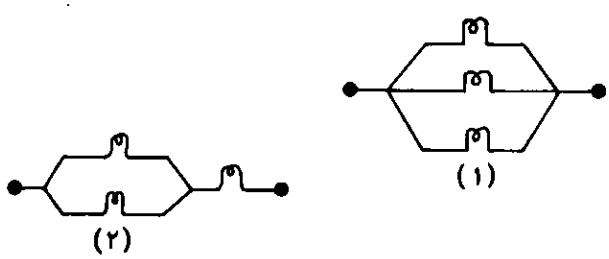
۳) بسته به‌سایرمقاومتهای مدار، ممکن است متوالی یا موازی باشند.

۴) موازی یامتوالی نیستند.

۸۹ـ ۳ لامپ مشابه یك دفعه به‌صورت شکل(۱) وبار دیگر به‌صورت (۲) می‌بندیم.

نسبت توانهای دوحالت یعنی $\frac{P_1}{P_2}$ کدام است؟

۱) $\frac{2}{3}$ ۲) $\frac{3}{2}$ ۳) $\frac{9}{2}$ ۴) $\frac{4}{9}$


(۱)

(۲)

۹۰ـ یك میلی‌آمپرمتر با مقاومت داخلی ۱۰ اهم حداکثر جریان ۲۰mA را می‌تواند اندازه‌بگیرد. برای‌تبدیل آن به‌ولت‌سنجی که تا ۲۰ ولت‌را بتواند اندازه‌گیری کند چند اهم مقاومت و چگونه باید به‌آن بسته‌شود؟

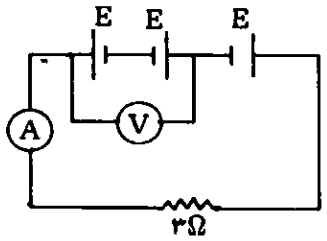
۱) ۹۰، موازی ۲) ۱۱۰، موازی

۳) ۹۹۰، متوالی ۴) ۱۰۰۰، متوالی

۹۱ـ درمدار شکل مقابل نیروی محرکه هریك ازمدارها ۱/۵ ولت ومقاومت داخلی آنها ونیزمقاومت داخلی آمپرسنج ناچیز است.مقداری که ولت‌سنج (برحسب‌ولت) و آمپرسنج (برحسب آمپر)می‌خوانند به‌ترتیب کدام است؟

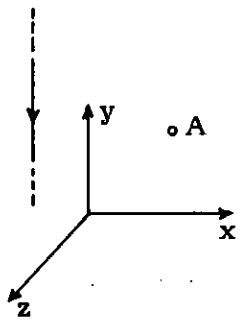
۱) صفر، صفر ۲) صفر، ۰/۵

۳) ۱/۵، ۱/۵ ۴) ۳، ۱/۵



۹۲ـ ازسیم بلند شکل مقابل جریان ثابت I می‌گذرد. میدان مغناطیسی درنقطهٔ A در کدام جهت ممتد است؟

۱) $-z$ ۲) $+z$ ۳) $-x$ ۴) $+x$



۹۳ـ سنگی را درشرائط خلاء باسرعت V_0 درراستای قائم به‌طرف بالا پرتاب می‌کنیم. V_0 چندمتر برثانیه باشد تا اگر سنگ دیگری را بعداز دوثانیه با همین سرعت درهمین راستا روبه بالا پرتاب‌کنیم، درارتفاع ۱۵ متری نقطه پرتاب، سنگ اول را تلاقی‌کند. $g = 10 m/s^2$

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۳۰

۹۴ـ اگرمعادلات شدت جریان واختلاف پتانسیل دوسر مدار

جریان متناوبی $I = 4\sin(100\pi t + \frac{\pi}{4})$ و $V = 100\sqrt{2}\sin 100\pi t$ باشد، توان مصرف شده درمدار چند وات است؟

۱) $200\sqrt{2}$

۲) $400\sqrt{2}$

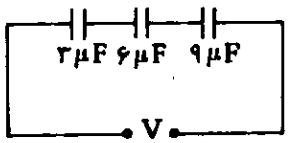
۳) ۱۰۰

۴) ۲۰۰

۹۵ـ درشکل مقابل اگردرخازن ۶ میکروفارادی ۰/۰۹ ژول انرژی ذخیره شود، درمجموع سه‌خازن چند ژول انرژی‌ذخیره

می‌شود؟

۱) ۰/۱۸ ۲) ۰/۲۷ ۳) ۰/۳۳ ۴) ۰/۳۶



۹۶ـ کدام عامل باعث کاهش ظرفیت یك خازن می‌شود؟

۱) افزایش بارالکتریکی خازن

۲) برداشتن عایق بین دوصفحهٔ خازن

۳) کاهش پتانسیل دوسرخازن

۴) کاهش فاصلهٔ بین دوصفحهٔ خازن

۹۷ـ کدام دسته از خواص زیرمعرف اشعه کاتودیك است؟

۱) بدون بارالکتریکی وحامل انرژی زیاد

۲) داشتن بارمنفی وعدم انحراف درمیدان الکتریکی

۳) داشتن بارمثبت و از اشعه الکترومغناطیسی بودن

۴) داشتن بارمنفی وانحراف درمیدان مغناطیسی

۹۸ـ وقتی‌سیم‌پیچی دریك میدان مغناطیسی یکنواخت باسرعت زاویه‌ای ثابت می‌چرخد درکدام یك از وضعیتهای زیر نیروی محرکهٔ القایی‌حلقه صفرمی‌شود؟

۱) چون حلقه باسرعت ثابت می‌چرخد نیروی محرکه همواره صفر است.

۲) درلحظاتی‌که شار عبوری ازحلقه ماکزیمم باشد.

۳) وقتی‌که شارعبوری ازحلقه مثبت باشد.

۴) هرزمان‌که شارعبوری ازحلقه صفرشود.

۹۹ـ شارمغناطیسی‌گذرنده ازیك سیم‌پیچ درمدت ۰/۲۵ ثانیه از ۰/۲ ـ وبر به ۱/۲ وبر می‌رسد. نیروی محرکهٔ القایی متوسط چند ولت است؟

۱) ۴

۲) ۴/۸

۳) ۵/۶

۴) ۶/۴

۱۰۰ـ برای داشتن جریان زیادتر دریك‌لامپ دوقطبی چه‌باید کرد؟

۱) سطح‌کاتد را بزرگ ودمای آن‌را افزایش دهیم.

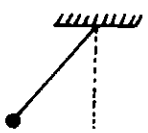
۲) سطح کاتد رابزرگ وفاصلهٔ بین آند وکاتدرا کوچك‌بگیریم.

۳) دمای‌کاتد وفشارگاز داخل لامپ‌راکاهش دهیم.

۴) فشارگاز داخل لامپ را افزایش دهیم.

۱۰۱ـ گلولهٔ متصل به‌نخ شکل مقابل درحال تعادل است. حداقل چند نیرو برگلوله اثرکرده است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴



۱۰۲ـ ازترکیب دوموج $X_1=3\sin(\omega t-\frac{\pi}{6})$ و X_2 ، موجی به‌معادلهٔ $X=5\sin(\omega t+\frac{5\pi}{6})$ نتیجه شده‌است. کدام گزینه، معادلهٔ موج X_2 را درست نشان می‌دهد؟

۱) $X_2=2\sin(\omega t-\frac{\pi}{3})$

۲) $X_2=4\sin(\omega t+\frac{\pi}{3})$

۳) $X_2=4\sin(\omega t+\frac{4\pi}{3})$

۴) $X_2=8\sin(\omega t+\frac{5\pi}{6})$

۱۰۳ـ دونوسانگر، اولی یك‌آونگ ساده و دومی جسم متصل به‌یك‌فنر هردو روی زمین نوسان می‌کنند. وقتی این‌دونوسانگر درفواصل بسیارزیادی اززمین قرارگیرند ونوسان‌کنند، پریود نوسانات چگونه تغییر می‌کند؟

۱) اولی بزرگ شده و دومی بی‌تغییر می‌ماند.

۲) اولی بزرگ شده ودومی کوچك می‌شود.

۳) اولی‌کوچك شده ودومی بزرگ می‌شود.

۴) هردوپریودکوچك می‌شوند.

۱۰۴ـ کولن برولت معادل‌است با:

۱) اهم ۲) ژول

۳) فاراد ۴) وات

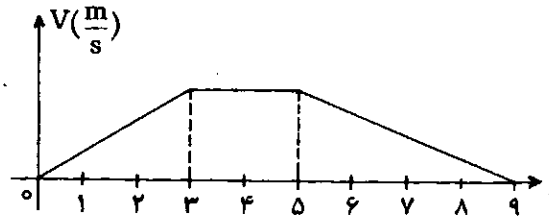
۱۰۵ـ جسمی به‌جرم m را ازپایین سطح شیبداری با سرعت اولیهٔ V_0 به‌طرف‌بالای سطح‌پرتاب می‌کنیم. سرعت دربرگشت به‌نقطهٔ پرتاب نصف سرعت‌اولیه V_0 است. چه‌کسری‌ازانرژی جنبشی اولیه به‌صورت اصطکاك تلف شده‌است؟

۱) ۰/۱۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۳۷۵ ۴) ۰/۷۵

۱۰۶ـ نمودار سرعت ـ زمان حرکت مستقیم‌الخطی به‌صورت شکل مقابل است. درصورتی‌که‌کل مسافت پیموده شده ۱۶۵ متر باشد، قدرمطلق شتاب کند شونده حرکت چند متر برمجذور

ثانیه است؟

۱) ۷/۵ ۲) ۶/۵ ۳) ۵/۵ ۴) ۴/۵



۱۰۷ــ دیمانسیون شدت میدان گرانش کدام است؟

۱) LT^{-1} ۲) LT^{-2}

۳) MLT^{-2} ۴) $M^{-1}LT$

۱۰۸ــ وقتی در یك لولهٔ صوتی، هماهنگهای صوت اصلی ایجاد می‌شوند سرعت صوت داخل لوله و طول موج ارتعاشات به‌ترتیب (از راست به‌چپ) چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ثابت مانده، کم می‌شود.

۲) ثابت مانده، زیاد می‌شود.

۳) زیاد می‌شود، زیاد می‌شود.

۴) کم می‌شود، کم می‌شود.

۱۰۹ــ منبع صوتی با سرعت $\frac{1}{5}$ سرعت صوت و شنونده با سرعت $\frac{1}{20}$ سرعت صوت از هم دور می‌شوند. نسبت طول موج منبع صوت به طول موج صوتی که شنونده دریافت می‌کند کدام است؟

۱) $\frac{19}{24}$

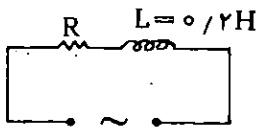
۲) $\frac{19}{25}$

۳) $\frac{24}{19}$

۴) $\frac{25}{19}$

۱۱۰ــ در شکل مقابل معادلهٔ ولتاژ و شدت جریان به‌صورت $v = V_m \cos(500t + 10^\circ)$ و $i = I_m \sin(500t + 10^\circ)$ می‌باشد، مقاومت R چند اهم است؟

۱) ۵۰ ۲) ۶۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۰۰



۱۱۱ــ در یك مدار نوسان‌کننده LC برای افزایش فرکانس، کدام یك از تدابیر زیر مناسب است؟

۱) افزایش ضریب خودالقائی و کاهش ظرفیت خازن

۲) افزایش ضریب خودالقائی و افزایش ظرفیت خازن

۳) کاهش ضریب خودالقائی و افزایش ظرفیت خازن

۴) کاهش ضریب خودالقائی و کاهش ظرفیت خازن

۱۱۲ــ در واکنش هسته‌ای $_{2}^{4}He + {}_{1}^{3}H \longrightarrow \ldots + {}_{3}^{6}Li$ جای خالی مربوط به کدام ذره است؟

۱) نوترون

۲) پوزیترون

۳) پروتون

۴) الکترون

۱۱۳ــ در مورد ترانزیستور تقویت‌کنندهٔ PNP در حال کار، کدام گزینه درست است؟

۱) ولتاژ گردآور (کلکتور) بزرگتر از ولتاژ پایه است.

۲) ولتاژ گسیل‌کننده (امیتر) بزرگتر از ولتاژ پایه است.

۳) جریان پایه بزرگتر از جریان راه‌اندازاست.

۴) جریانهای پایه و گردآور و گسیل‌کننده هر سه باهم برابرند

۱۱۴ــ براثر تشعشع پرتوهای گاما از یك عنصر رادیواکتیو، تغییرات عدد اتمی و عدد جرمی به‌ترتیب (از راست به‌چپ) چگونه‌اند؟

۱) ثابت، ثابت

۲) زیاد، کم

۳) کم، زیاد

۴) کم، کم

۱۱۵ــ پرتو نور تکرنگی به‌مایع شفافی می‌تابانیم، وقتی پرتو بازتابش کاملاً پلاریزه می‌شود که پرتو شکست با خط عمود زاویهٔ ۳۰° می‌سازد. ضریب شکست مایع برای این پرتو کدام است؟

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

علوم تجربی

۱۲۶ـ جرم ۵۰ سانتی‌مترمکعب محلول یك‌اسید ۶۰ گرم است. جرم حجمی این‌محلول برحسب gr/lit و kg/m^3 ازراست به‌چپ کدام است؟

۱) ۱/۲ و ۰/۱۲ ۲) ۱۲ و ۱۲
۳) ۱/۲ و ۱۲۰ ۴) ۱۲۰۰ و ۱۲۰۰

۱۲۷ـ مفهوم کدام‌گزینه صحیح است؟

۱) بازده ماشین‌های واقعی از واحد بزرگتراست.
۲) بازده ماشین‌های واقعی برابرواحداست.
۳) مزیت مکانیکی دوچرخه ازواحدکوچکتراست.
۴) مزیت مکانیکی چرخ ومحور ازواحدکوچکتراست.

۱۲۸ـ باذوب M گرم ازعنصری استوانه‌ای به‌طول L وشعاع داخلی R_1 وخارجی R_2 ساخته‌ایم. اگر بخواهیم ازهمان ماده استوانه دیگری به‌طول $3L$ وشعاع‌داخلی $2R_1$ وخارجی $2R_2$ بسازیم جرم‌مورد نیازچند M می‌شود؟

۱) ۴ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۱۲

۱۲۹ـ مایعی به‌جرم حجمی $2gr/cm^3$ تاارتفاع ۲/۷۲ متر درظرفی ریخته‌ایم. اگرفشارهوا ۷۶ سانتی‌مترجیوه باشد فشار کلی‌وارد برکف ظرف محتوی مایع برحسب سانتی‌مترجیوه برابراست با:

۱) ۱۲۰/۴ ۲) ۱۱۶ ۳) ۹۶ ۴) ۸۰

۱۳۰ـ چوبی درآب قرارگرفته و $\frac{1}{5}$ آن از آب بیرون است. جرم حجمی چوب نسبت به‌آب کدام است؟

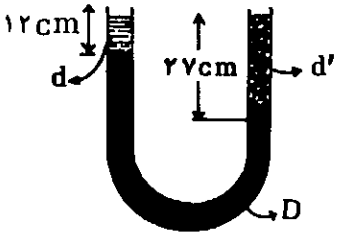
۱) $\frac{1}{5}$ ۲) $\frac{3}{5}$ ۳) $\frac{4}{5}$ ۴) $\frac{5}{4}$

۱۳۱ـ برای‌بالابردن یك‌جعبهٔ ۵کیلوگرمی روی سطح‌شیبداری با زاویهٔ شیب ۳۰ درجه به‌طور یکنواخت نیروئی برابر با ۴ کیلوگرم نیرو به‌موازات سطح شیبدار اعمال می‌شود. نیروی اصطکاك چندکیلوگرم نیرواست؟

۱) ۱/۵ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۴/۵

۱۳۲ـ درشکل مقابل، سه مایع درحال تعادل‌اند. اگر چگالی d باتوجه به‌اعداد داده شده‌کدام است؟

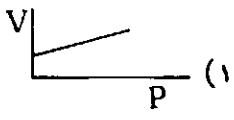
۱) ۰/۷ ۲) ۱ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۷

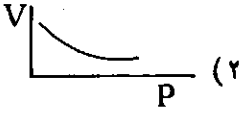


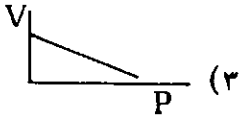
۱۳۳ـ اگرفشارگازکاملی‌را ۲ برابر ودمای مطلق آن‌را به $\frac{1}{4}$ برسانیم جرم حجمی‌گاز چند برابرمی‌شود؟

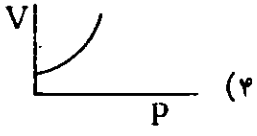
۱) ۰/۵ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

۱۳۴ـ کدام نمودار، تغییرات حجم یك‌گاز کامل براثر تغییرات فشاررا در دمای ثابت درست‌نشان می‌دهد؟

۱)


۲)


۳)


۴)


۱۳۵ـ ۸۰ گرم یخ ۱۰ ـ درجه سلسیوس را دریك ظرف بزرگ محتوی‌آب صفردرجه می‌اندازیم. درصورتی‌که‌گرمای ذوب‌یخ ۸۰کالری برگرم وگرمای ویژه یخ دردمای‌فوق‌برابر $0/5\ cal/gr°C$ باشد پس‌ازبرقراری تعادل‌گرمایی:

۱) ۵گرم برجرم یخ افزوده می‌شود.
۲) ۵گرم ازجرم یخ‌کاسته می‌شود.

۳) تمام یخ ذوب می‌شود.
۴) جرم یخ تغییر نمی‌کند.

۱۳۶ـ درآزمایش اطاق تاریك اگرطول شیئی را دوبرابر و فاصله‌آن ازروزنه را نصف‌کنیم طول‌تصویرچند برابرمی‌شود؟

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

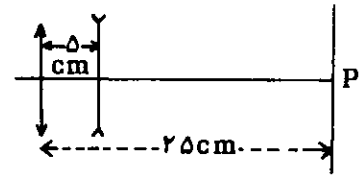
۱۳۷ـ ضریب‌شکست مطلق شیشه‌ای ۱/۵ است. سرعت‌انتشار نور درآن چندمتر برثانیه است؟

۱) $۱/۵ \times ۱۰^{۸}$ ۲) ۲×۱۰^{۵}
۳) ۲×۱۰^{۸} ۴) ۳×۱۰^{۸}

۱۳۸ـ درآینهٔ مقعری فاصله جسم حقیقی از تصویرش‌که روی پرده تشکیل شده ۶۰cm و بـزرگنمایی‌آینه ۳ می‌باشد. شعاع آینه چندسانتی‌متراست؟

۱) ۲۲/۵ ۲) ۴۵ ۳) ۶۰ ۴) ۹۰

۱۳۹ـ عدسی محدبی به‌فاصله‌کانونی ۱۵ سانتی‌متررا مقابـل جسم‌بی‌نهایت دور می‌گذاریم. اگرعدسی مقعری به‌فاصله‌کانونی f را پشت‌آن مطابق شکل قراردهیم تصویرنهائی جسم‌بـرروی پرده P تشکیل می‌شود. قدرمطلق فاصله‌کانونی عدسی دوم‌چند سانتی‌متراست؟



۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

۱۴۰ـ سه‌آینه محدب‌ـمقعرـتخت هم‌اندازه دراختیار داریم. میدان دید کدامیك گسترده‌تر است؟

۱) تخت. ۲) محدب
۳) مقعر. ۴) میدان دید هرسه باهم برابراست

۱۴۱ـ تصویرحقیقی.... تشکیل می‌شود.

۱) درفاصله‌کانونی آینه‌های محدب
۲) درآینه‌های مقعر
۳) درهردونوع آینه‌های محدب ومقعر
۴) فقط درآینه‌های محدب وبصورت وارونه

۱۴۲ـ یك‌عدسی دوطرف‌کاوبه‌شعاعهای $R_۱ = R_۲ = ۱۰cm$ وضریب شکست ۱/۵ داخـل محیط شفافـی به‌ضریب شکست $n' = ۲$ قراردارد همگرایی این عدسی درمحیط مذکور چند دیوپتری است؟

۱) $+۱۰$ ۲) -۱۰ ۳) -۵ ۴) ۵

۱۴۳ـ دردمای $۲۰۰^{\circ}C$ مقاومت عنصری به‌اندازه ۹/۰ مقاومت آن دردمـای صفراست. ضریب تغییرمقاومت با دما (α) ایـن عنصرچند $^{\circ}C^{-۱}$ است؟

۱) $-۱/۸ \times ۱۰^{-۳}$ ۲) -۵×۱۰^{-۴}
۳) $۱/۸ \times ۱۰^{۳}$ ۴) ۵×۱۰^{-۴}

۱۴۴ـ مقاومت ویژه فلزB سه‌برابرمقاومت ویژه فلزA ، طول A نصف‌طول B وقطرB دوبرابرقطرAمی‌باشد. نسبت‌مقاومت الکتریکی A به B دردماهای مساوی کدام است؟

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

۱۴۵ـ برای‌آنکه جرم‌حجمی‌گازی‌را ۴ برابرکنیم لازم‌است:

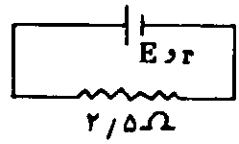
۱) دمای مطلق را دوبرابر وفشار را نصف‌کنیم
۲) دمای مطلق وفشارگاز هردورا نصف‌کنیم
۳) دمای مطلق و فشارگاز هردورا دوبرابرکنیم
۴) دمای مطلق‌آن را نصف وفشارش را دوبرابرکنیم

۱۴۶ـ معادله حرکت ارتعاشی به‌صورت $y = ۵\sin ۲۰۰\pi t$ می‌باشد، پریود آن برحسب ثانیه چقدراست؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) $\frac{۱}{۱۰۰}$ ۴) $\frac{۱}{۲۰۰}$

۱۴۷ـ افت پتانسیل درمقاومت داخلی پیل‌شکل مقابـل ۰/۲۵ ولت واختلاف پتانسیل دوسرمقاومت ۲/۵ اهمی برابر ۱/۲۵ ولت‌است نیروی محرکه (برحسب‌ولت) ومقاومت داخلی‌مولد (برحسب اهم) ازراست به‌چپ برابر است با:

۱) ۱/۵ و ۰/۵ ۲) ۲/۵ و ۰/۵
۳) ۰/۵ و ۱/۵ ۴) ۱/۵ و ۲/۵



۱۴۸ـ می‌خواهیم یك لامپ ۲۰V و ۱۰W را بـااستفاده از برق ۲۲۰ ولت مستقیم روشن‌کنیم. برای این‌کار مقاومتی‌را با لامپ بطورمتوالی درمدار قرار می‌دهیم. اندازه ایـن مقاومت (برحسب اهم) وتوانی‌که درآن مصرف می‌شود (برحسب‌وات) از راست به‌چپ کدام‌اند؟

۱) ۴۰۰ ، ۱۰۰ ۲) ۲۰ ، ۱۱۰
۳) ۴۴۰ ، ۲۰۰ ۴) ۱۰۰ ، ۴۰۰

۱۴۹ـ دریك ترانسفورماتور ایده‌آل:

۱) اختلاف پتانسیل‌های دو مدار با تعداد حلقه‌ها نسبت عکس دارند.

۲) توان درمدارخروجی بیشتر ازتوان درمدار ورودی است.

۳) شدت جریان‌های دومدار باتعداد حلقه‌های دومدار نسبت عکس دارند.

۴) شدت جریان‌های دومدار باتعداد حلقه‌های دومدار نسبت مستقیم دارند.

۱۵۰ـ درمدارجریان متناوبی یك‌مقاومت بدون اندوکتانس R با یك‌خازن‌که دی‌الکتریك‌آن هوا است به‌طورمتوالی قرار دارند اگر یك دی‌الکتریك شیشه بین دوصفحه‌خازن قراردهیم بارخازن وشدت جریان چگونه تغییرمی‌کنند؟

۱) هردوافزایش می‌یابد

۲) هردوکاهش می‌یابد

۳) اولی افزایش، دومی‌کاهش می‌یابد

۴) اولی‌کاهش، دومی افزایش می‌یابد

۱۵۱ـ اگردیمانسیون شدت جریان برق‌را با I نمایش دهیم. دیمانسیون هم‌ارزالکتروشیمیائی‌کدام است؟

۱) $MI^{-2}T^{-2}$ ۲) $MI^{-1}T^{-1}$

۳) MIT ۴) هم‌ارزشیمیائی‌دیمانسیون‌ندارد

۱۵۲ـ هسته ترانسفورماتور بجای آهن یکپارچه، به‌صورت ورقه‌هایی ازآهن است‌که بین‌آنها عایق‌بندی شده است. این عمل برای چیست؟

۱) ایجاد یك‌نوع جریان القائی.

۲) بالابردن ولتاژ ثانویه.

۳) جلوگیری ازیکنوع جریان القائی.

۴) سبك‌کردن هسته.

۱۵۳ـ از ۱۲ گرم ماده رادیواکتیوی بعدازه۳۰ ساعت ۳گرم تجزیه نشده باقی‌مانده‌است. نیم‌عمرماده رادیواکتیوچندساعت است؟

۱) ۷/۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

۱۵۴ـ دررابطهٔ $X=At^3+Bt$، که درآن X و t به‌ترتیب نمایش دهندهٔ جابجایی وزمان‌است، دیمانسیون AوB ازراست به‌چپ کدام است؟

۱) LT^{-2} و LT^{-1}

۲) LT^{-3} و LT^{-1}

۳) LT^{3} و LT^{1}

۴) LT^{-2} و LT

۱۵۵ـ گلوله تفنگی بـاسرعت ۲۵۰ متربرثانیه به‌تنه درختی برخورد می‌کند و۱۵ سانتی‌متر درامتداد خطراست درآن فرو رفته وباسرعت ۵۰ متربرثانیه ازآن خارج میشود، درصورتی که حرکت‌گلوله درداخل درخت باشتاب ثابت‌فرض‌شود مدت حرکت در داخل درخت چند ثانیه است؟

۱) 10^{-4} ۲) $\frac{3}{2}\times10^{-3}$

۳) 10^{-3} ۴) $\frac{2}{3}\times10^{-3}$

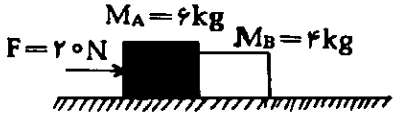
۱۵۶ـ فرض‌کنید بارالکترون به‌جای $1/6\times10^{-19}$ کولن برابر با 5×10^{-19} کولن باشد. دراین‌صورت هرژول چند الکترون ولت می‌شود؟

۱) 2×10^{-18} ۲) 2×10^{18}

۳) 5×10^{19} ۴) 5×10^{-19}

۱۵۷ـ باتوجه به‌شکل نیروی ۲۰ نیوتنی به‌یکطرف A وارد می‌شود. اگرضریب اصطکاك هردوجسم باسطح ۰/۲ باشد، B چندنیوتن نیرو به A وارد می‌کند؟

۱) صفر ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۲



۱۵۸ـ جسمی به‌انتهای نیروسنجی درون یك‌آسانسور آویزان است،تفاوت‌وزن‌ظاهری‌جسم‌وقتی‌آسانسورباشتاب $0/4m/s^2$ بالا می‌رود و وقتی که با سرعت ثابت ۲ پائین می‌آید برابر ۱ نیوتن است. جرم این‌جسم چندکیلوگرم است؟

۱) ۲ ۲) ۲/۵ ۳) ۵ ۴) ۰/۸

۱۵۹ـ نیروی وارد برذره‌ای به‌جرم۱۰گرم‌که حرکت‌نوسانی سادهٔ دارد در SI به‌صورت $F=-\pi^2x$ است. فرکانس این نوسان چندهرتز است؟

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۵۰ ۴) ۱۰۰

۱۶۰ـ فرکانس صوت دوم لوله بازی بافرکانس هم‌آهنگ سوم‌لولهٔ بسته‌ای برابراست. نسبت‌طول لوله بسته به‌طول‌لوله بازکدام است؟

۱) $\frac{4}{5}$ ۲) $\frac{5}{4}$ ۳) $\frac{4}{3}$ ۴) $\frac{3}{4}$

بسته، تبدیل کنیم و فرکانس‌های صوت اصلی این‌دو لوله را به‌ترتیب f' و f'' بنامیم چه‌رابطه‌ای بین f و f' و f'' برقرار است؟

۱) $f'=۲f''=۲f$ ۲) $f'=\frac{۱}{۲}f''=f$

۳) $f'=f''=۲f$ ۴) $f'=۲f''=۴f$

۱۶۲ـ معادلات اختلاف پتانسیل دو سر یك مدار الکتریکی و جریان آن در SI به‌ترتیب به‌صورت $V=۲۰\sin ۱۰۰\pi t$ و $I=۲\sin(۱۰۰\pi t+\frac{\pi}{۳})$ می‌باشد. توان مصرفی مدار چند وات است؟

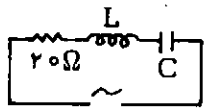
۱) ۲۰ ۲) ۱۰ ۳) $۱۰\sqrt{۲}$ ۴) $۲۰\sqrt{۲}$

۱۶۳ـ درمدارشکل‌مقابل $X_L=۲X_C$ ومعادلات ولتاژ و شدت جریان به‌صورت:

$$V=۱۰۰\sqrt{۲}\sin(\omega t+۵۵^\circ)$$
$$i=I_m\sin(\omega t+۱۰^\circ)$$

می‌باشد دراین صورت I_m چندآمپر است؟

۱) ۱۰ ۲) $۱۰\sqrt{۲}$ ۳) $۵\sqrt{۲}$ ۴) ۵



۱۶۴ـ خروج الکترون از یك سیم فلزی ملتهب را پدیدهٔ... می‌نامند.

۱) ترموالکتریك ۲) ترمودینامیك

۳) ترمویونیك ۴) فوتوالکتریك

۱۶۵ـ درآزمایش یانگ بانورتك رنگ عرض هرنوارتاریك یاروشن ۰/۲mm است. فاصله دومین نوار تاریك از نوار روشن مرکزی چند میلی‌متر است؟

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۳ ۳) ۰/۴ ۴) ۰/۶

پاسخهای گزینش دانشجو ۱۳۷۰ مرحله دوم

(ریاضی و فنی)

۱۶۶ـ۱ بایك‌دورچرخش پیچ (یعنی به‌اندازهٔ ۱۰۰درجه) زبانه به‌اندازهٔ ۰/۵mm جابه‌جا می‌شود، لذا دقت‌ریزسنج برابر $\frac{۰/۵^{mm}}{۱۰۰}=۰/۰۰۵mm$ است.

۳ـ۶۷ $A=\frac{d_E}{d_R}$ ،

$$\text{مزیت مکانیکی کامل هرماشین}=\frac{\text{جابجایی‌نیروی‌محرك}}{\text{جابجایی‌نیروی‌مقاوم}}$$

$$A=\frac{r_E}{r_R}\text{ ،}\quad \text{مزیت‌مکانیکی‌کامل‌چرخ‌ومحور}=\frac{\text{شعاع چرخ}}{\text{شعاع محور}}$$

بنابراین:

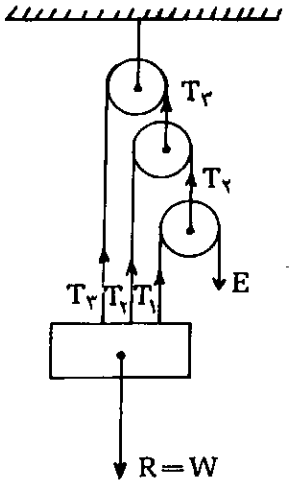
$$d_E=۴d_R \qquad \frac{d_E}{d_R}=\frac{۴r_R}{r_R} \qquad \frac{d_E}{d_R}=\frac{r_E}{r_R}$$

$T_۲ = ۲T_۱ = ۲E$

$T_۳ = ۲T_۲ = ۴E$

$R = T_۱ + T_۲ + T_۳ = ۷E$

مزیت مکانیکی واقعی $A = \frac{R}{E} = ۷$



درصورتی که ماشین کامل باشد، مزیت مکانیکی کامل برابر مزیت مکانیکی واقعی است (برای ماشین واقعی، مزیت مکانیکی کامل بزرگتر ازمزیت مکانیکی واقعی است)

۳-۶۹

$F = K\Delta l$

$\Delta l = \frac{F}{K} = \frac{۱۲\,N}{۴۰۰\,N/m} = \frac{۳}{۱۰۰}m$

$\Delta l = ۳cm$

۱-۷۰

$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{۳۶\ kgm/s}{۱/۵s} = ۲۴\ kgm/s^۲$

$F = ۲۴\ N$

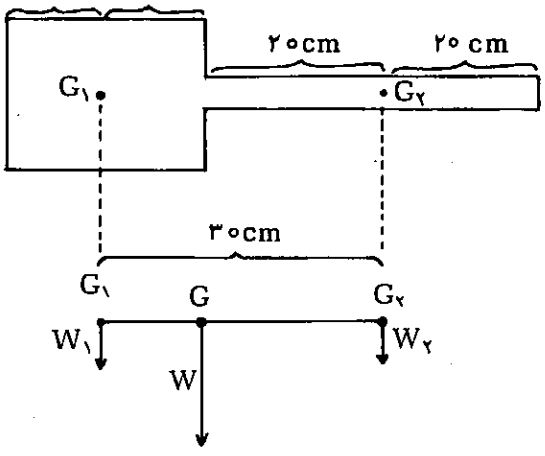
۳-۷۱

به‌فرض آنکه گرانیگاه جسم G ، محور چرخش باشد:

$W_۱ \cdot G_۱G = W_۲ \cdot G_۲G$

$m_۱g \cdot G_۱G = m_۲g \cdot G_۲G$

$\rho V_۱ \cdot G_۱G = \rho V_۲ \cdot G_۲G$



اگر d ضخامت و A مساحت صفحه باشد:

$A_۱d \cdot G_۱G = A_۲d(G_۱C_۲ - G_۱G)$

$۲۰ \times ۲۰ \times G_۱G = ۵ \times ۴۰(۳۰ - G_۱G)$

$G_۱G = ۱۰cm$

یعنی، G درفصل‌مشترک دوقطعه است لذا فاصله‌آن ازلبهٔ‌راست ۴۰cm است.

۴-۷۲

$a = \frac{\Delta v}{V_۱\Delta\theta} = \frac{۶cm^۳}{۱۰۰۰cm^۳ \times ۲۵^\circ C}$

$a = ۲/۴ \times ۱۰^{-۴}{}^\circ C^{-۱}$

۱-۷۳

برجسم، وزن روبه‌پایین ونیروی ارشمیدس (وزن‌سیال جابجا شده) رو به‌بالا وارد می‌شود، وچون جسم‌شناور درتعادل است برآیند این‌دونیرو صفراست.

۴-۷۴

$\frac{\rho_۲}{\rho_۱} = \frac{P_۲}{P_۱} \times \frac{T_۱}{T_۲}$

$\frac{\rho_۲}{\rho} = \frac{۲P}{P} \times \frac{T}{\frac{T}{۲}} = ۴$

$\rho_۲ = ۴\rho$

۲-۷۵ چون حجم و جرم گاز ثابت است باتوجه به فرمول $\rho = \frac{m}{V}$ چگالی‌گاز نیز ثابت می‌ماند

۳-۷۶ گرمای لازم برای تبدیل‌تمام یخ‌صفردرجه به‌آب صفر

درجه:

$Q_1 = m_1 L_F = 10 \times 80 = 800$ کالری

گرمای لازم برای تبدیل تمام آب چهار درجه به آب صفر درجه:

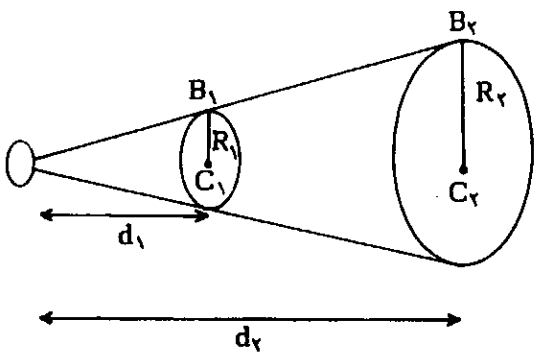
$Q_2 = m_2 c(\theta_2 - \theta_1) = 100 \times 1(4-0) = 400$ کالری

چون $Q_1 > Q_2$ ، تمام یخ ذوب نمی‌شود. اگر جرم یخ ذوب شونده m باشد:

$$Q_2 = mLf \qquad m = \frac{400}{80} = 5 \text{ گرم}$$

لذا جرم یخ باقیمانده برابر $\Delta = 5 - 1/5$ گرم است.

۲-۷۷



$R_2 \| R_1$

$\therefore \Delta OC_2B_2 \sim \Delta OC_1B_1$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{\pi R_2^2}{\pi R_1^2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = \left(\frac{150}{100}\right)^2$$

$$A_2 = \frac{9}{4} A_1$$

۳-۷۸

$$\begin{cases} n_1 = \dfrac{c}{V_1} \\ \dfrac{n_1}{n_2} = \dfrac{V_2}{V_1} \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} 1/5 = \dfrac{c}{V_1} \\ 1/2 = \dfrac{V_2}{V_1} \end{cases}$$

$$\frac{1/5}{1/2} = \frac{c}{V_2}$$

$$V_2 = \frac{1/2}{1/5} c = 0/8c$$

۴-۷۹ چون نمره عینک شخص (همگرایی) منفی است لذا عدسی آن واگرا بوده چشم نزدیک بین است.

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{1}{f} = C$$

$$\frac{1}{\infty} - \frac{1}{q} = C$$

$$q = -\frac{1}{C} = -\frac{1}{-2} = \frac{1}{2} m$$

حداکثر فاصلهٔ رؤیت چشم $q = 50$ cm

۱-۸۰ در آینه مقعر اگر $p > f$ ، آنگاه تصویر حقیقی است.

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

$$\frac{1}{1/5f} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{f} - \frac{1}{1/5f} = \frac{1}{3f}$$

$$q = 3f$$

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} = \frac{3f}{1/5f}$$

$$\gamma = 2$$

۲-۸۱ در حالت مینیمم انحراف زاویهٔ ورودی برابر زاویهٔ خروجی است.

$$i = i' \Longrightarrow r = r'$$

$$A = r + r' = 2r \Longrightarrow r = \frac{A}{2}$$

$$D = i + i' - A \Longrightarrow D_m = 2i - A$$

$$i = \frac{D_m + A}{2}$$

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

$$n = \frac{\sin \frac{60+60}{2}}{\sin \frac{60}{2}} = \frac{\sin 60}{\sin 30}$$

۱-۸۶

$$F = k\frac{qq}{r^2} = k\frac{q^2}{r^2}$$

$$F' = k\frac{\frac{q}{2}\cdot\frac{3q}{2}}{r^2} = \frac{3}{4}k\frac{q_2}{r^2}$$

$$F' = \frac{3}{4}F$$

۳-۸۷

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

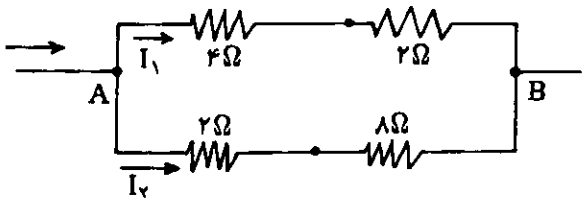
$$R_1 = 4+2 = 6\Omega$$

$$R_2 = 2+8 = 10\Omega$$

$$V_{AB} = I_1R_1 = I_2R_2$$

$$0/4\times 6 = I_2\times 10$$

$$I_2 = 0/24A$$



۴-۸۸

اگردومقاومت متوالی باشند شدت جریان درهردویکسان‌است.

$$P_1 = R_1I^2$$

$$P_2 = R_2I^2 = 2R_1I^2 = 2P_1$$

اگردومقاومت موازی باشند اختلاف‌پتانسیل دوسرهردو یکسان است.

$$P_1 = \frac{V^2}{R_1}$$

$$P_2 = \frac{V^2}{R_2} = \frac{V^2}{2R_1} = \frac{1}{2}P_1$$

درنتیجه دومقاومت موازی یامتوالی نیستند.

۳-۸۹ اگر اختلاف پتانسیل دوسر مدار در هردوحالت V و مقاومت هریك ازلامپها را R فرض‌کنیم، باتوجه به‌فرمول‌توان

$$n = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$$

۴-۸۲

$$C = (n-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$$

$$R_1 = R_2 = R \Longrightarrow C = \frac{2(n-1)}{R}$$

$$n-1 = \frac{RC}{2} \Longrightarrow n = \frac{RC}{2}+1$$

$$n = \frac{0/4\times 3}{2}+1 = 1/6$$

۴-۸۳ دونقطه را مزدوج گویند هرگاه شیء دریکی از این‌دو نقطه قرارگیرد تصویر آن دردیگری‌تشکیل‌شود. باتوجه‌به‌اینکه شیء درکانون اصلی عدسی قرار دارد تصویر آن دربی‌نهایت تشکیل می‌شود، لذا کانون وبی‌نهایت دونقطهٔ مزدوج هستند.

۲-۸۴

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

$$C = \frac{1}{-0/5}+\frac{1}{1} = -1\ D$$

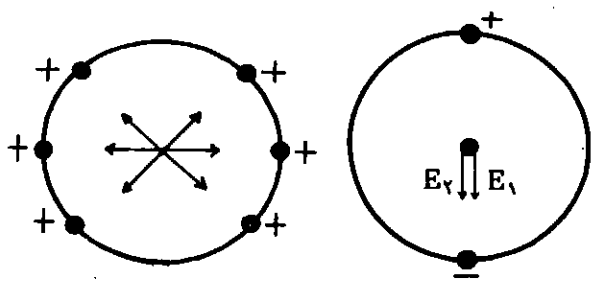
۱-۸۵ شدت میدان حاصل ازهردوبارمثبت واقع دردوانتهای یك قطردرمرکزدایره، مساوی ودرخلاف جهت هم‌بوده برآیند آنها صفرمی‌شود ولی شدت میدان‌دوبار مثبت ومنفی واقع در دوانتهای یك‌قطربرابروهم‌جهت هستند پس‌اندازه شدت میدان کل درمرکزدایره دوبرابرشدت میدان‌یکی‌ازبارهاست.

$$E = E_1+E_2 \quad و \quad E_1 = E_2$$

$$E = 2E_1 = 2k\frac{q}{r^2}$$

$$E = 2\times 9\times 10^9\times \frac{5\times 10^{-9}}{(0/3)^2}$$

$$E = 10^2\frac{N}{C}$$



برآیند صفر

$P=\frac{V^2}{R}$ داریم:

$$\frac{P_1}{P_2}=\frac{R_2}{R_1}$$

$$R_1=\frac{R}{3} \quad و \quad R_2=\frac{R}{2}+R=\frac{3}{2}R$$

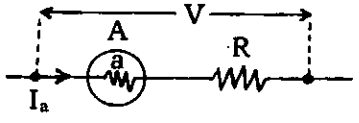
$$\frac{P_1}{P_2}=\frac{\frac{3}{2}R}{\frac{R}{2}}=\frac{9}{2}$$

۳-۹۰ اولا مقاومت ولت سنج باید بسیارزیاد باشد بنابراین مقاومت R را باید با آمپرسنج (با مقاومت a) بصورت متوالی وصل نمود. ثانیاً شدت جریان در این دومقاومت نباید بزرگتر ازشدت جریان قابل تحمل برای آمپرسنج (I_a) باشد.

$$V=I_a(a+R)$$

$$20=20\times10^{-3}(10+R)$$

$$R=990\Omega$$



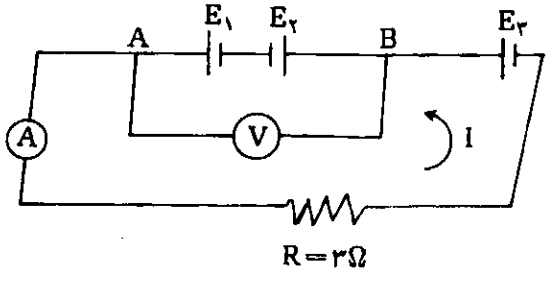
۲-۹۱

$$V=V_A-V_B=E_1-E_2$$

$$V=0$$

$$V=E_2-RI=0 \Longrightarrow 1/5-3I=0$$

$$I=0/5A$$



۲-۹۲ به‌فرض آنکه نقطه A وسیم حامل جریان هردودرصفحه xy باشند، طبق‌قاعده دست راست شدت میدان‌مغناطیسی B در این‌نقطه درجهت $+z$ است.

۳-۹۳

$$y=-\frac{1}{2}gt^2+v_0t$$

$$15=-\frac{1}{2}\times10\times t^2+v_0t$$

$$5t^2-v_0t+15=0$$

$$t_2=\frac{v_0+\sqrt{v_0^2-300}}{10}$$

$$t_1=\frac{v_0-\sqrt{v_0^2-300}}{10}$$

$$t_2-t_1=2$$

$$\frac{2\sqrt{v_0^2-300}}{10}=2 \Longrightarrow v_0^2-300=100$$

$$v_0^2=400$$

$$v_0=\pm20m/s$$

مثبت قابل‌قبول‌است زیرا پرتاب روبه‌بالا(درجهت مثبت‌محور y) است.

۴-۹۴

$$\varphi=\theta_v-\theta_I$$

$$\varphi=100\pi t-(100\pi t+\frac{\pi}{4})$$

$$\varphi=-\frac{\pi}{4}$$

$$P=V_e\,I_e\cos\varphi=\frac{V_m}{\sqrt{2}}\times\frac{I_m}{\sqrt{2}}\cos\varphi$$

$$P=\frac{1}{2}V_mI_m\cos\varphi$$

$$P=\frac{1}{2}100\sqrt{2}\times4\times\frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$P=200W$$

۳-۹۵

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{9}+\frac{1}{6}+\frac{1}{3}=\frac{11}{18}$$

$$C = \frac{18}{11}\mu F$$

$$q_1 = q_2 = q_3 = q$$

$$\left.\begin{aligned} W &= \tfrac{1}{2}q^2/C \\ W_2 &= \tfrac{1}{2}q^2/C^2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{W}{W_2} = \frac{C_2}{C}$$

$$W = \frac{C_2}{C}W_2 = \frac{6}{\frac{18}{11}} \times 0/09 = 0/33\,J$$

۹۶–۲ ظرفیت خازن به‌مشخصات ساختمانی آن بستگی داشته، مستقل از اختلاف پتانسیل بین دو صفحه و بار الکتریکی هر صفحه است. طبق رابطهٔ ظرفیت خازن مسطح $C = k\epsilon_0\frac{A}{d}$ با برداشتن دی‌الکتریك (k) ظرفیت کاهش می‌یابد.

۹۷–۴ اشعه کاتودی جریانی از الکترونهای سریع (حامل انرژی زیاد) هستند. اگر سرعت ذرات باردار در راستای خطوط یك میدان الکتریکی یا مغناطیسی نباشد نیروی وارد از طرف میدان باعث انحراف این ذرات خواهد شد. (اگر سرعت ذرات باردار در راستای خطوط میدان باشد نیروی وارد از طرف میدان الکتریکی باعث شتاب خطی این ذرات شده ولی از طرف میدان مغناطیسی نیرویی بر آن وارد نخواهد شد.)

۹۸–۲ با توجه به قانون فارادی $(E = -\frac{d\varphi}{dt})$ هنگامی که شار عبوری از مدار ماکزیمم است، مشتق زمانی آن یعنی نیروی محرکه القائی صفر است.

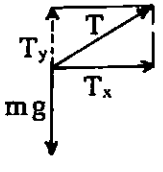
۹۹–۳
$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\Delta t}$$

$$E = -\frac{1/2 - (-0/2)}{0/25}$$

$$E = -5/6\ V$$

۱۰۰–۱

۱۰۱–۳ برای آنکه گلوله در تعادل باشد لازم است بر آیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد. روشن است که دو نیروی وزن



و کشش نخ بر آن وارد می‌شود. همنهٔ قائم کشش، وزن را خنثی می‌کند لذا لازم است نیروی سومی همنه افقی کشش را خنثی نماید (از نیروی ارشمیدس وارد بر گلوله صرف نظر شده است.).

۱۰۲–۴
با توجه به رسم فرنل چون موج بر آیند در خلاف جهت موج اول است لذا موج دوم هم‌جهت با موج بر آیند است.

$$\theta = \theta_2 - \theta_1$$

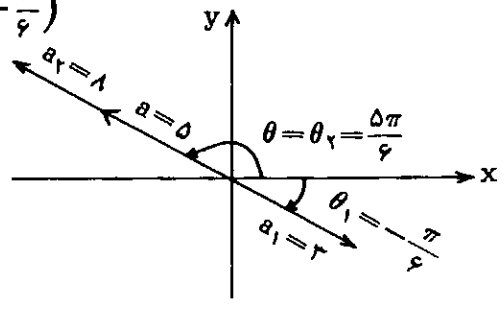
$$\pi = \theta_2 - \left(-\frac{\pi}{6}\right)$$

$$\theta_2 = \frac{5\pi}{6}$$

$$a = a_2 - a_1$$

$$5 = a_2 - 3$$

$$a_2 = 8$$



۱۰۳–۱ پریود آونگ ساده از رابطهٔ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ بدست می‌آید. هرچه از سطح زمین بالاتر رویم شدت میدان گرانش g کمتر شده در نتیجه پریود آونگ ساده بیشتر می‌شود.

پریود جسم متصل به یك فنر از رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$ بدست می‌آید که به تغییرات g بستگی ندارد.

۱۰۴–۳
$$C = \frac{q}{V}$$

$$1F = \frac{1C}{1V}$$

۱۰۵–۴ طبق قضیه کار–انرژی داریم:

$$W_f = \Delta E_C$$

$$W_f = E_C - E_{C_0} = \tfrac{1}{2}m(V^2 - V_0^2) \quad و \quad V = \frac{V_0}{2}$$

$$W_f = \tfrac{1}{2}m\left(\frac{V_0^2}{4} - V_0^2\right) = -\frac{3}{4} \times \tfrac{1}{2}mV_0^2$$

$$W_f = -0/75E_{C_0}$$

۱۰۶–۱
سطح محصور بین نمودار سرعت زمان و محور زمان برابر جابه‌جایی متحرك است.

$$165 = \frac{9+2}{2} \times V$$

$V = ۳۰\ m/s$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{۰ - ۳۰}{۹ - ۵} = -۷/۵ m/s^۲$$

۲-۱۰۷

$$g = \frac{F}{m}$$

$$[g] = \frac{MLT^{-۲}}{M} = LT^{-۲}$$

۱-۱۰۸ سرعت صوت فقط به‌مشخصات فیزیکی محیط انتشار بستگی‌دارد و بستگی به‌فرکانس‌ندارد (زیرا فرکانس‌ازویژگیهای منبع‌ارتعاشی است).

با افزایش شمارهٔ هماهنگها، فرکانس صوت‌افزایش یافته و طبق‌رابطهٔ $\lambda = \frac{V}{f}$ طول موج کاهش می‌یابد.

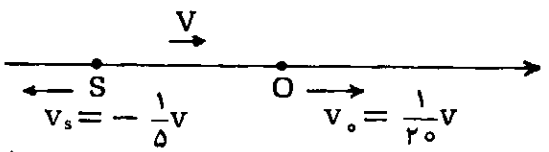
۱-۱۰۹

$$\begin{cases} \lambda_۰ = \frac{V}{f_۰} \\ \lambda_s = \frac{V}{f_s} \end{cases} \Longrightarrow \frac{\lambda_۰}{\lambda_s} = \frac{f_s}{f_۰}$$

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

$$\frac{\lambda_۰}{\lambda_s} = \frac{V - V_s}{V - V_۰} = \frac{V - (\frac{۱}{۲۰}V)}{V - (-\frac{۱}{۵}V)}$$

$$\frac{\lambda_۰}{\lambda_s} = \frac{۱۹}{۲۴}$$



۴-۱۱۰

$$V = V_m \cos(۵۰۰t - ۳۵^\circ) =$$

$$V_m \sin(۹۰ + (۵۰۰t - ۳۵))$$

$$V = V_m \sin(۵۰۰t + ۵۵)$$

$$\varphi = \theta_V - \theta_I = ۴۵^\circ$$

$$X_L = \omega L = ۵۰۰ \times ۰/۲ = ۱۰۰\Omega$$

$$tg\varphi = \frac{X_L}{R}$$

$$۱ = \frac{۱۰۰}{R}$$

$$R = ۱۰۰\Omega$$

۴-۱۱۱ فرکانس مدار نوسانگر Lc

$$f = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

با کاهش ضریب خودالقائی L وکاهش ظرفیت خازن C ، فرکانس افزایش می‌یابد.

۱-۱۱۲

$${}^۶_۳Li + {}^A_Z X \longrightarrow {}^۳_۱H + {}^۴_۲He$$

$$۶ + A = ۳ + ۴ \Longrightarrow A = +۱$$

$$۳ + Z = ۱ + ۲ \Longrightarrow Z = ۰$$

بنابراین ذرهٔ موردنظر ${}^۱_۰X$ بوده‌که همان نوترون ${}^۱_۰n$ است.

۳-۱۱۳

۱-۱۱۴ پرتوهای‌گاما، بخشی ازطیف امواج الکترومغناطیسی هستندکه ازتغییرات انرژی درهسته‌اتم ایجاد می‌شوند بنابراین درعدد اتمی وعدد جرمی تغییری ایجادنمی‌کنند.

۳-۱۱۵ طبق قانون بروستر پرتوبازتابش هنگامی‌کاملاً پلاریزه است‌که برپرتوشکست عمود باشد.

$$i + r = ۹۰^\circ \text{ و } r = ۳۰^\circ \Longrightarrow i = ۶۰^\circ$$

$$tg\, i = n \Longrightarrow n = \sqrt{۳}$$

علوم تجربی

۴-۱۲۶ $\rho=\frac{m}{V}=\frac{۶۰g}{۵۰\times۱۰^{-۳}lit}=۱۲۰۰g/lit$

$\rho=\frac{۶۰\times۱۰^{-۳}kg}{۵۰\times۱۰^{-۶}m^{۳}}=۱۲۰۰\ kg/m^{۳}$

۳-۱۲۷ مزیت مکانیکی کامل دوچرخه نسبت شعاع پدال به شعاع چرخ است.

۴-۱۲۸ $V=(\pi R_{۲}^{۲}-\pi R_{۱}^{۲})L$

$V'=[\pi(۲R_{۲})^{۲}-\pi(۲R_{۱})^{۲}]۳L$

$V'=۱۲(\pi R_{۲}^{۲}-\pi R_{۱}^{۲})=۱۲\ V$

$$\begin{cases}\rho=\frac{M}{V}\\ \rho=\frac{M'}{V'}\end{cases}\Longrightarrow\frac{M}{V}=\frac{M'}{V'}$$

$$\frac{M}{V}=\frac{M'}{۱۲V}$$

$M'=۱۲M$

۲-۱۲۹ جیوه $P=P$ مایع

$\rho gh=\rho' gh'$

$\rho h=\rho' h'$

$۲\times۲۷۲=۱۳/۶h'$

$h'=۴۰cm$

فشار مایع + فشار هوا = فشار کل

$P_{T}=۷۶+۴۰=۱۱۶cm\ Hg$

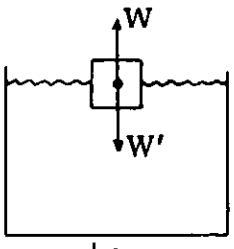
۳-۱۳۰ چون جسم شناور در تعادل است

وزن مایع جابجاشده $W=W'$ وزن حقیقی جسم

$mg=m'g$

$m=m'$

$\rho V=\rho' V'$



جسم شناور

V' حجم مایع جابجاشده بعبارت دیگر حجم قسمتی از جسم است که درون مایع فرورفته است لذا $V'=\frac{۴}{۵}V$

$\frac{\rho}{\rho'}=\frac{V'}{V}$

$\frac{\rho}{\rho'}=\frac{\frac{۴}{۵}V}{V}$

$\frac{\rho}{\rho'}=\frac{۴}{۵}$

۱-۱۳۱ چون حرکت در خط راست است لذا طبق قانون اول نیوتن:

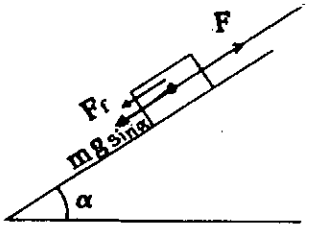
$F_{f}+W\ sin\alpha=F$

$m=۵kg$

$W=۵\ kgf$ ۱

$F_{f}+۵\times\frac{۱}{۲}=۴$

$F_{f}=۱/۵\ kgF$



۱-۱۳۲

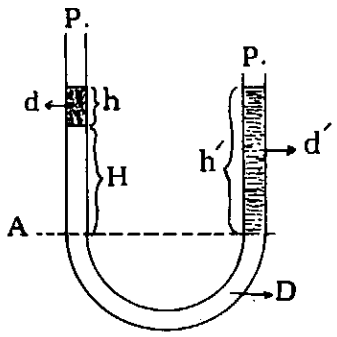
$h=۱۲cm\ ,\ H=۲۷-۱۲=۱۵cm\ ,\ h'=۲۷cm$

برای فشارهای وارد برسطح افقی A در دو شاخه داریم:

شاخه راست $P=P$ شاخه چپ

$P_{۰}+\rho gh+\rho gH=P_{۰}+\rho' gh'$

$\rho h+\rho H=\rho' h'$



با تقسیم طرفین بر چگالی آب داریم:

$$dh+DH=d'h'$$

$$d\times ۱۲+۱/۲۴\times ۱۵=۱\times ۲۷$$

$$d=\frac{۸/۴}{۱۲} \Longrightarrow d=۰/۷$$

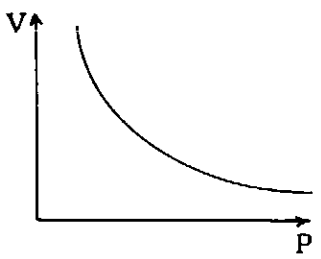
تذکر: d علامت چگالی نسبی است که بدون واحد است

۴–۱۳۳

$$\frac{\rho_۲}{\rho_۱}=\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{T_۱}{T_۲}$$

$$\frac{\rho_۲}{\rho_۱}=\frac{۲P_۱}{P_۱}\times\frac{T_۱}{\frac{۱}{۴}T_۱} \Longrightarrow \frac{\rho_۲}{\rho_۱}=۸$$

۲–۱۳۴ طبق قانون بویل–ماریوت داریم $V\times\frac{۱}{P}$ که یك تابع هموگرافیك است



۱–۱۳۵ دریك ظرف چون مقدار آب صفردرجه درمقایسه با مقداریخ بسیارزیاداست لذا دمای تعادل صفردرجه خواهدبود ازطرف دیگرمقداری ازآب صفردرجه گرمااز دست داده و به یخ صفردرجه تبدیل می‌شود وهمین مقدار گـرمارا یخ ۱۰– گرفته به‌یخ صفردرجه تبدیل می‌شود درنتیجه پس‌ازتعادل‌جرم یخ افزایش‌یافته است واندازه‌آن‌بصورت زیرمحاسبه می‌شود:

$$m'c'(\theta_۲-\theta_۱)=m'L_f'$$

$$۸۰\times ۰/۵(۰+۱۰)=m'\times ۸۰$$

$m'=۵g$ آب‌منجمدمی‌شود

۴–۱۳۶ فاصلهٔ وجه نیم‌شفاف تا روزنـهٔ اتاق تاریك یعنی q همواره ثابت‌است.

$$\begin{cases}\frac{IB}{OA}=\frac{q}{P} & IB=\frac{q\times OA}{P}\\ \frac{I'B'}{O'A'}=\frac{q}{P'} & I'B'=\frac{q\times O'A'}{P'}\end{cases}\Longrightarrow$$

با تقسیم این‌دورابطه بریکدیگرداریم:

$$\frac{IB}{I'B'}=\frac{P'}{P}\times\frac{OA}{O'A'}$$

$$\frac{IB}{I'B'}=\frac{\frac{۱}{۲}P}{P}\times\frac{OA}{۲OA}=\frac{۱}{۴}$$

$$I'B'=۴IB$$

۳–۱۳۷

$$\text{ضریب شکست مطلق یك محیط}=\frac{\text{سرعت نور در خلا}}{\text{سرعت نور درمحیط}}$$

$$n=\frac{c}{V}$$

$$V=\frac{c}{n}=\frac{۳\times ۱۰^۸}{۱/۵}$$

$$V=۲\times ۱۰^۸\ m/s$$

۲–۱۳۸

$$\frac{q}{p}=۳ \Longrightarrow q=۳P$$

چون جسم وتصویرش دریك طرف‌آینه قراردارند و $q>P$ لذا:

$$q-P=۶۰ \Longrightarrow ۳P-P=۶۰$$

$$P=۳۰\ cm \text{ و } q=۹۰\ cm$$

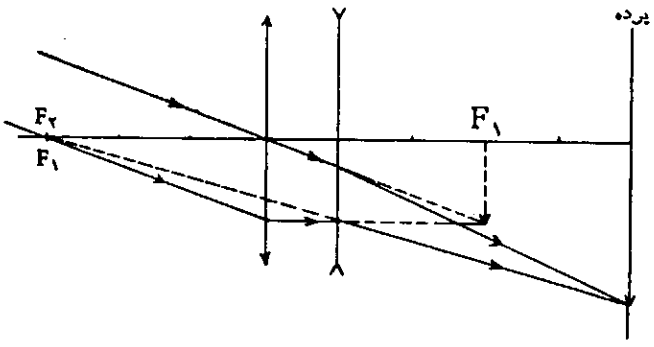
$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f} \Longrightarrow \frac{۱}{۳۰}+\frac{۱}{۹۰}=\frac{۲}{r}$$

$$r=۴۵\ cm$$

۴-۱۳۹

$$P_1=\infty \implies q_1=f_1=15\ cm$$

$$P_2=15-5=10\ cm$$



تصویر جسم درعدسی محدب، یك‌جسم مجازی برای عدسی‌مقعر محسوب می‌شود وچون تصویراین جسم مجازی بـرروی پرده تشکیل شده پس‌این تصویر حقیقی است.

$$q=25-5=20\ cm$$

$$-\frac{1}{P_2}+\frac{1}{q_2}=-\frac{1}{f_2}$$

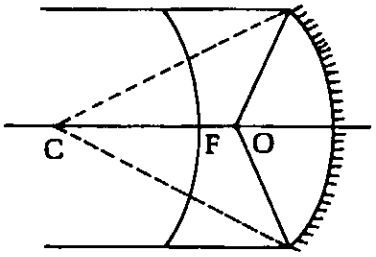
$$-\frac{1}{10}+\frac{1}{20}=-\frac{1}{f_2}$$

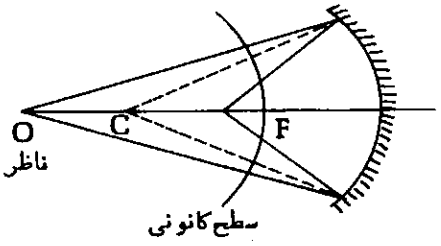
$$f_2=20\ cm$$

لذاکانونهای چپ دوعدسی منطبق بریکدیگرند.

۲-۱۴۰

میدان دیدآینه به‌سه‌عامل نوع‌آینه، اندازهٔ‌آینه، وموقعیت ناظر نسبت به‌آینه بستگی‌دارد. اگراندازه وموقعیت شخص درهرسه آینه ثابت‌باشد میدان دیدآینه محدب‌گسترده‌تر است.





تذکر: میدان دیدی‌کـه درآینه مقعررسم می‌شود بین سطح کانونی وسطح آینه محدود می‌شود زیـرا شیء واقع درخارج فاصله‌کانونی آینه مقعردارای تصویرحقیقی است.

۲-۱۴۱ معمولاً هرگاه نوع شیء ذکرنشود منظورشیء حقیقی است. در آینه‌های مقعر اگرشیء حقیقی خارج ازفاصلهٔ کانونی باشد تصویرش حقیقی است.

۴-۱۴۲

$$\frac{1}{f}=(\frac{n}{n'}-1)(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2})$$

$$R_1=R_2=R$$

باتوجه به‌کاوبودن سطوح عدسی داریم:

$$C=(\frac{n}{n'}-1)(-\frac{2}{R})$$

$$C=(\frac{1/5}{2}-1)(-\frac{2}{0/1})=-\frac{1}{4}(-20)$$

$$C=+5D$$

هرگاه یك‌عدسی درمحیطی قرارگیردکه ضریب شکست محیط بزرگترازضریب شکست عدسی باشد نوع‌عدسی تغییرمی‌کند.

۲-۱۴۳

$$R=R_0(1+\alpha\theta)$$

$$0/9R_0=R_0(1+200\alpha)$$

$$1+200\alpha=0/9$$

$$\alpha=-5\times10^{-4}\ \ 1/°C$$

۱-۱۴۴

$$R=\rho\frac{l}{A}\ \ و\ \ A=\pi\frac{d^2}{4}$$

$$R=4\rho\frac{l}{d^2}$$

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{l_A}{l_B}\times(\frac{d_B}{d_A})^2$$

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{1}{3}\times\frac{1}{2}\times(2)^2=\frac{2}{3}$$

۴-۱۴۵ جرم حجمی یك‌گازکامل بافشارش نسبت مستقیم وبا دمای مطلقش نسبت عکس‌دارد.

۳-۱۴۶

$$\begin{cases}y=5\ sin200\pi t\\ y=r\ sin\omega t\end{cases}$$

$$\omega=200\pi\ \ و\ \ \frac{2\pi}{T}=200\pi$$

$$T=\frac{1}{100}s$$

۱-۱۴۷

$E-IR-Ir=۰$

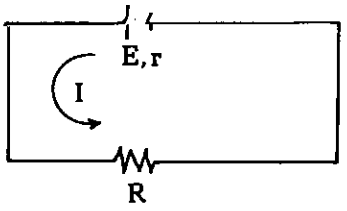
$E=Ir+IR=۰/۲۵\times۱/۲۵=۱/۵V$

$IR=۱/۲۵$

$I\times۲/۵=۱/۲۵ \Longrightarrow I=۰/۵A$

$Ir=۰/۲۵$

$۰/۵r=۰/۲۵ \Longrightarrow r=۰/۵\,\Omega$



۱-۱۴۸

$V=V_۱+V_۲$

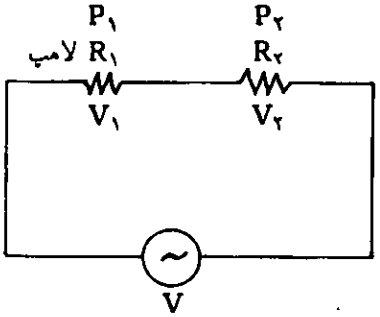
$۲۲۰=۲۰+V_۲ \Longrightarrow V_۲=۲۰۰V$

$\begin{cases}P_۲=IV_۲\\P_۱=IV_۱\end{cases} \Longrightarrow \frac{P_۲}{P_۱}=\frac{V_۲}{V_۱}$

$\frac{P_۲}{۱۰}=\frac{۲۰۰}{۲۰} \Longrightarrow P_۲=۱۰۰\,W$

$P_۲=\frac{V_۲^۲}{R_۲}$

$۱۰۰=\frac{۴۰۰۰۰}{R_۲} \Longrightarrow R_۲=۴۰\Omega$



۳-۱۴۹

در ترانسفورماتور کامل (ایده‌آل) انرژی و در نتیجه توان از بین نمی‌رود یعنی:

$P_۲=P_۱ \Longrightarrow V_۲I_۲=V_۱I_۱$

$\begin{cases}\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{I_۱}{I_۲}\\ \frac{V_۲}{V_۱}=\frac{N_۲}{N_۱}\end{cases}$ از طرف دیگر طبق قانون فارادی $(E=-N\frac{d\varphi}{dt})$:

$\frac{I_۱}{I_۲}=\frac{N_۲}{N_۱}$

۱-۱۵۰

طبق $C=k\varepsilon_۰\frac{A}{d}$ با قراردادن شیشه $(k>۱)$ ظرفیت خازن افزایش می‌یابد و طبق $X_C=\frac{۱}{\omega C}$ ، X_C کاهش یافته مطابق $Z^۲=R^۲+X_C^۲$ ، Z کاهش می‌یابد و بنابر $V_e=I_eZ$ ، I_e افزایش می‌یابد. از طرف دیگر می‌دانیم $dq=idt$ با انتگرال گیری از این رابطه و با توجه به $i=I_m sin\omega t$ داریم:

$q=\int I_m\, sin\,\omega t\times dt$

$q=-\frac{I_m}{\omega}cos\,\omega t$

$q=\frac{I_m}{\omega}\,sin\,(\omega t-\frac{\pi}{۲})$

یعنی اولاً بار لحظه‌ای q به اندازهٔ $\frac{\pi}{۲}$ از شدت جریان لحظه‌ای i عقب‌تر است و ثانیاً با مقایسه با فرمول $q=q_m\,sin(\omega t-\frac{\pi}{۲})$ داریم: $q_m=\frac{I_m}{\omega}$ یا $q_e=\frac{I_e}{\omega}$ در نتیجه با افزایش شدت جریان، بار نیز افزایش می‌یابد.

باید توجه داشت که شدت جریان و بار لحظه‌ای متغیر هستند و نمی‌توان مقدار آنها را بدون داشتن زمان به‌دست آورد.

۲-۱۵۱

$z=\frac{m}{q}=\frac{m}{It}$

$[z]=\frac{M}{IT}=MI^{-۱}T^{-۱}$

۳-۱۵۲

این عمل برای جلوگیری ازجریان‌گردابی (جریان فوکو) که نوعی جریان‌القایی می‌باشد.

۳-۱۵۳

$$m=\frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}}$$

$$3=\frac{12}{2^{\frac{30}{T}}} \Longrightarrow 2^{\frac{30}{T}}=4=2^2$$

$$\frac{30}{T}=2 \Longrightarrow T=15h$$

۲-۱۵۴

$$\begin{cases}[X]=[At^2]\\ [X]=[Bt]\end{cases} \Longrightarrow \begin{cases}L=[A]T^2\\ L=[B]T\end{cases}$$

$$\begin{cases}[A]=LT^{-2}\\ [B]=LT^{-1}\end{cases}$$

۳-۱۵۵

$$x=\frac{V+V_0}{2}t$$

$$15\times10^{-2}=\frac{250+50}{2}t$$

$$t=10^{-2}s$$

۲-۱۵۶

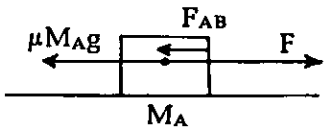
$$1eV=5\times10^{-19}C\times1V=5\times10^{-19}J$$

$$1J=2\times10^{18}eV$$

۳-۱۵۷

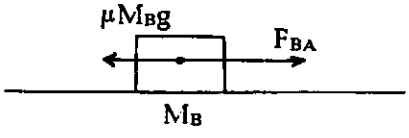
طبق قانون دوم نیوتن:

$$F-\mu M_Ag-F_{AB}=M_Aa \qquad (1)$$



طبق قانون دوم نیوتن:

$$F_{BA}-\mu M_Bg=M_Ba \qquad (2)$$



طبق قانون سوم نیوتن:

$$F_{AB}=F_{BA} \qquad (3)$$

اگر رابطهٔ(۱) را به‌رابطهٔ(۲) تقسیم‌کنیم بااستفاده ازرابطه (۳) مستقیماً مقدار $F_{AB}=F_{BA}$ به‌دست می‌آید.

راه دیگر- باجمع روابط (۱) و(۲) شتاب به‌دست‌می‌آید که ازروی‌آن می‌توان وضعیت سکون وحرکت دوجسم را نیز دانست:

$$F-\mu(M_A+M_B)g=(M_A+M_B)a$$

$$a=\frac{F-\mu(M_A+M_B)g}{M_A+M_B}$$

$$a=\frac{20-0/2(6+4)\times10}{6+4}=0$$

یعنی جسم درتعادل است (یاساکن یا متحرك باسرعت‌ثابت)

$$F_{BA}=\mu M_Bg=0/2\times4\times10$$

$$F_{AB}=F_{AB}=8N$$

۲-۱۵۸

درحالت اول (شتاب ثابت روبه‌بالا) وزن ظاهری کوچك تر ازوزن حقیقی است. $W_1'=m(g-a)$

درحالت دوم (سرعت ثابت) وزن ظاهری برابروزن حقیقی است. $W_2'=mg$

$$W_2'-W_1'=ma$$

$$1=m\times0/4$$

$$m=2/5\ kg$$

۱-۱۵۹

$$\begin{cases}F=ma\\ a=-x\omega^2\end{cases} \Longrightarrow F=-mx\omega^2$$

$$-\pi^2x=-mx\omega^2 \Longrightarrow \omega^2=\frac{\pi^2}{m}$$

$$4\pi^2f^2=\frac{\pi^2}{m} \Longrightarrow f^2=\frac{1}{4m}=\frac{1}{4\times10^{-2}}$$

$$f^2=25 \Longrightarrow f=5$$

۴-۱۶۰

$$\begin{cases}f_k=\frac{kV}{2L}\\ f_k=\frac{(2k-1)V}{4L'}\end{cases} \Longrightarrow \frac{V}{L}=\frac{3V}{4L'}$$

$$\frac{L'}{L}=\frac{3}{4}$$

بقیه در صفحه ۶۵

لیوانها، مُدهای زنگ و لُرد ریلی[1]

نوشتهٔ توماس دی. راسینگ[2]
ترجمهٔ محمدعلی سعادت بخت

بسیاری از معلمان فیزیک، در موقع اثبات تجربی درس یا در سر میز غذاخوری، برای ایجاد صوت در لیوان، لبهٔ آن را با انگشت مرطوب مالش داده‌اند. امّا چند نفر از ما می‌توانیم حرکت ارتعاشی لیوان را به درستی تشریح کنیم؟

کوشش کنید پیش از آنکه چیزی در این باره بخوانید با پاسخ دادن به پرسشهای زیر خود را بیازمایید:

۱ ــ آیا هنگامی که لیوان را مالش می‌دهید، در آن موجهای ایستاده برمی‌انگیزید، یا موجهای رونده[3]، یا هر دو نوع را؟

۲ ــ آیا موجهای صوتی در لیوان برانگیخته می‌شوند؟

۳ ــ آیا لیوان در راستای یک قطر حرکت ارتعاشی دارد، یا در راستای محیط و یا در هر دو راستا؟

۴ ــ آیا هنگامی که در لیوان آب می‌ریزید بسامد (فرکانس) صوت بالا می‌رود یا پایین می‌آید؟

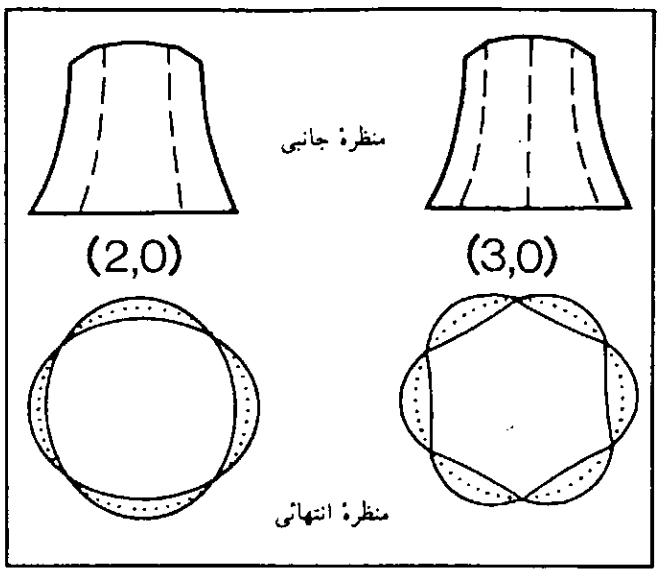
۵ ــ اگر دو لیوان به قطرهای مساوی ولی به ضخامتهای متفاوت را مالش دهید، کدام لیوان بسامد بالاتری خواهد داشت؟

۶ ــ اگر دو لیوان به ضخامتهای مساوی ولی به قطرهای متفاوت را مالش دهید، کدام لیوان بسامد بالاتری خواهد داشت؟

۷ ــ اگر دو لیوان به ضخامتها و قطرهای مساوی ولی به ارتفاعهای متفاوت را مالش دهید، کدام لیوان بسامد بالاتری خواهد داشت؟

چنانچه در پاسخ دادن به هر یک از این پرسشها اشکال دارید، احساس نامطلوبی نداشته باشید. در تمام کتابهای درسی فیزیک تقریباً برای همهٔ این پرسشها پاسخهای نادرستی یافته‌ام. خوشبختانه صدسال پیش ریلی بیشتر پاسخهای درست را به ما داده است و اخیراً فرنچ[4] این نظریه را با تفصیل قابل توجهی مورد بحث قرار داده است.

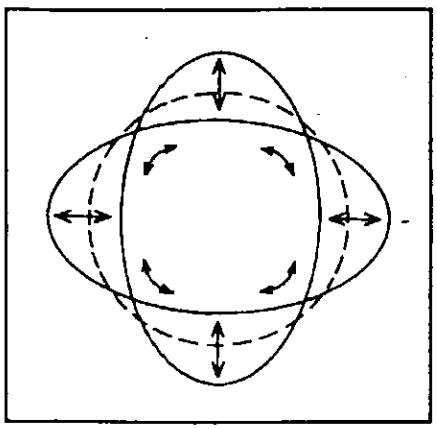
برای پی بردن به حرکت ارتعاشی لیوان، ابتدا باید توجه کنیم که اگر با قاشق به لیوان ضربه بزنیم اصولاً لیوان با همان بسامد به نوسان در می‌آید که اگر لبهٔ آن را مالش دهیم. این واقعیت بیانگر آنست که حرکت ارتعاشی، هم شعاعی و هم مماسی است و زمینه را برای پاسخ دادن به پرسشهای ۲ و ۳ فراهم می‌کند. در واقع، با ضربه زدن به لیوان تعدادی «مد زنگ» برانگیخته می‌شوند و حال آنکه اساساً با مالش دادن لیوان پایین‌ترین این مُدها یعنی مد (۲،۰) با دو گرهٔ نصف النهاری ایجاد می‌شود (همان مدی که صوت یکنواخت «هوم» زنگ را تولید می‌کند، شکل ۱).



شکل ۱ ــ منظره‌های جانبی و انتهائی یک زنگ که در دو وضع از پایین‌ترین مدهای خود ارتعاش می‌کند و دارای دو و سه گره نصف‌النهاری است.

یکی از ویژگیهای جالب مدهای زنگ، تشابه آنها با مدهای ارتعاشی یک صفحهٔ تخت است. گره‌های نصف‌النهاری زنگ جایگزین گره‌های قطری صفحهٔ تخت می‌شود، علامت (m,n) را به مدی نسبت می‌دهیم که m گره نصف‌النهاری کامل و n گره دایره‌ای داشته باشد (با جزئی تصرف در قانون کلادنی[5]، می‌توان آن را برای انواع مختلف صفحه‌های دایره‌ای شکل غیرتخت، از جمله زنگهای کلیسا و زنگهای موسیقی کوک شده به کار برد). مد اصلی ارتعاش در صفحه دایره‌ای تخت، زنگ موسیقی، یا لیوان، مد (۲،۰) است که دارای دو گره نصف‌النهاری (یا قطری) کامل است و هیچ گره دایره‌ای ندارد. در هر سه مورد بسامد این مد متناسب با ضخامت (t) است. زیرا سفتی صفحه با t^3 افزایش می‌یابد ولی جرم تنها متناسب با t است.

بنابراین اگر پرسش ۵ را چنین پاسخ داده باشید که لیوان ضخیم‌تر بسامد بالاتری دارد، کاملاً درست گفته‌اید. البته ریختن آب در لیوان تنها جرم را زیاد می‌کند، لذا بسامد پایین می‌آید (پرسش ۶). همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، لبهٔ بالایی لیوان در هر نوسان دست کم در اولین تقریب دوبار از دایره به بیضی تغییر شکل می‌دهد.



شکل ۲ ــ منظرهٔ فوقانی (با اغراق) یک لیوان که در مد اصلی خود [مشابه با مد (۲،۰) در شکل ۱] ارتعاش می‌کند. برای m = ۲، دامنهٔ مماسی نصف دامنهٔ عمودی (شعاعی) است.

اگر فرض کنیم حرکت تقریباً به طور کامل خمشی[6] است (برخلاف حرکت کششی[7])، می‌بینیم که باید هر دو حرکت شعاعی و مماسی وجود داشته باشند. همنه‌های شعاعی و مماسی حرکت به ترتیب متناسب با $m\sin m\theta$ و $\cos m\theta$ هستند؛ برای مد (۲،۰) حداکثر دامنهٔ حرکت عمودی (شعاعی) دو برابر حداکثر دامنهٔ حرکت مماسی است. به طور کلی حداکثر دامنهٔ حرکت عمودی m برابر حداکثر دامنهٔ حرکت مماسی است و هر یک در حداقل دیگری روی می‌دهد. لیوان را می‌توانیم هم از طریق ضربه زدن با قاشق (در جهت عمودی) و هم از طریق مالش دادن لبه با انگشتمان (در جهت مماسی) به ارتعاش درآوریم. ریلی ظاهراً زنگهای بزرگ را، در اثبات تجربی درس، با آرشه ویلن (در جهت عمودی) برانگیخته می‌کرده است.

ریلی آزمایش جالبی را شرح می‌دهد که تاکنون در انجام آن نکوشیده‌ام (شاید بعضی از خوانندگان انجام داده باشند). یک تُنگ شیشه‌ای دهان گشاد به شکل زنگ (که وی آن را سربوش پمپ [تخلیه] هوا[8] می‌نامد) از راه مالش لبهٔ آن با انگشت مرطوب به ارتعاش در می‌آید. «قطعه کوچکی از لبه تنگ، که باز تابنده نور یک شمع بود لکه روشنی می‌داد که حرکت آن می‌توانست به وسیله یک عدسی کودینگتون[9]، قرار گرفته در وضع مناسب، مشاهده شود.

هنگامی که انگشت به دور لبه مالیده می‌شود، خط ارتعاش با سرعت زاویه‌ای دو برابر سرعت زاویه‌ای انگشت دور می‌زند؛ و مقدار دامنهٔ نوسان (که به وسیلهٔ طول پاره خط نور مشخص می‌شد)، با اینکه متغیر بود، در هر وضعیتی محدود بود». فکر می‌کنم آنچه را که ریلی شرح داده است یک نوع سکون و حرکت[10] پی در پی (مماسی) نسبتاً پیچیده است، تا اندازه‌ای شبیه به حرکت یک تار نواخته شدهٔ ویلن که به آن اصطلاحاً «حرکت هلمهولتز[11]» می‌گویند. بدون شک، درباره حرکت لیوان با استفاده از وسائل جدید استروبوسکوپی و عکّاسی تحقیق شده است، ولی از هیچ گزارشی که در این باره منتشر شده باشد اطلاعی ندارم.

چگونه به پرسش ۱ پاسخ بدهیم؟ فکر می‌کنم که ما موجهای ایستاده‌ای را مشاهده می‌کنیم که از موجهای خمشی به وجود می‌آیند و در دو جهت به دور لیوان حرکت می‌کنند (با سرعتی بسیار بزرگ‌تر از سرعتی که انگشتمان بتواند حرکت کند). چنانچه انگشتمان با لیوان در تماس باشد، موجب آن می‌شویم که یکی از گره‌ها در نزدیکی (اما نه دقیقاً در) نقطهٔ تماس به وجود آید. هنگامی که انگشتمان را برمی‌داریم، گره‌ها آزادند که بچرخند (به شرط آنکه لیوان تقریباً تقارن کامل داشته باشد) یا آنکه به علت نقصهای کوچکی که در لیوان ممکن است وجود داشته باشند در جایی تثبیت شوند. به پرسش ۲ قبلاً پاسخ داده‌ایم — آنها موجهای صوتی نیستند بلکه موجهای خمشی هستند.

در مورد پرسش ۶، ریلی کار فنکنر[12] (۱۲۵۸ هـ. / ۱۸۷۹ م.) را نقل می‌کند. فنکنر بسامدهای ارتعاشی یک استوانه با دیوارهٔ نازک را که متناسب با عکس مجذور شعاع بوده و بستگی چندانی به ارتفاع آن ندارند به دست آورد. امّا چرا مجذور شعاع؟ زیرا سرعت موجهای خمشی متناسب با $\sqrt{f}$ است [$v = k\sqrt{f}$]. از اینرو، اگر پریود یک موج زمانی باشد که این موج محیط لیوان را می‌پیماید، می‌توانیم بگوییم: (۱)

$$T = 1/f = 2\pi r/k\sqrt{f}$$

$$f = (k/2\pi r)^2 \Rightarrow f \propto 1/r^2$$

امّا وضعیت در مورد مدهای بالاتر ارتعاش در لیوان چگونه است؟ مد بعدی تقریباً همیشه مُد (۳،۰) است که برای آن داریم $2\pi r = 3\lambda$. چون سرعت موج متناسب با $\sqrt{f}$ است، بسامد مدهای (m،۰) تقریباً متناسب با m^2 بوده، بنابراین بسامد مد (۳،۰) تقریباً ۹/۴ بسامد مد (۲،۰) است. می‌توان مدهای بسیاری را در زنگهای بزرگ شناسایی کرد. همکارانم در لاف بارو[13] در انگلستان، ۱۳۴ مد ارتعاشی را در یک زنگ کلیسای انگلیسی شناسایی کرده‌اند. مدهای بالاتر ارتعاش را می‌توان به چند طریق در لیوان ایجاد کرد: با ضربه زدن به لیوان، یا با اِعمال نیروی سینوسی به وسیله یک آهنربای کوچک و سیم پیچ الکتریکی، و یا با قرار دادن لیوان در جلوی بلندگو. تا کنون نتوانسته‌ام با مالش دادن لبهٔ لیوان با انگشت، مدهای بالاتر را ایجاد کنم. آیا کسی این کار را کرده است؟

موجهای ایستاده در لیوان به موجهای در مدل اتمی بور تشبیه شده‌اند. درست است که در هر دو حالت داریم $2\pi r = m\lambda$، امّا تشابه به همین جا ختم می‌شود. در اتم بور، شعاع مدار با m^2 افزایش می‌یابد، امّا در لیوان این شعاع ثابت می‌ماند. از این رو رابطه‌های پاشندگی[14] کاملاً متفاوتند. مشابه اتمی[15] لیوان تا اندازه‌ای می‌تواند یک الکترون در اتمهای تاری باشد که دور هسته در گردش است.

حال که تا حدودی دربارهٔ فیزیک لیوانها آشنایی پیدا کردیم، شاید لازم باشد ساختن یک موزیک جدی را در نظر بگیریم. اگر مجموعه‌ای از لیوانها را به دقت انتخاب کنیم، می‌توانیم آهنگهایی را با آنها بنوازیم. ما واقعاً می‌توانیم با لیوانها موزیک دلنوازی را بسازیم، و باید بدانیم که با این کار به موتسارت، گلوک، بنجامین فرانکلین[16]، و کسان بسیار دیگری می‌پیوندیم که با هارمونیکاهای لیوانی، موزیکهایی ساخته و تنظیم و اجرا کرده‌اند. در واقع، سازمان بسیار فعالی به نام «موسیقی لیوانی بین المللی»[17] وجود دارد که متشکل از نوازندگان حرفه‌ای و آماتور است.

هارمونیکای لیوانی (که به نام «آرمونیکا» نیز خوانده می‌شود) اساساً بر دو نوعست: در نوعی از آن لیوانهای قائم به کار می‌روند به طوری که نوازنده می‌تواند لیوانهای متعدّدی را به یک باره لمس کند. در نوع دیگر، که توسط بنجامین فرانکلین اختراع شده است، جامهای شیشه‌ای به کار رفته‌اند که به وسیله یک محور افقی می‌چرخند به طوری که یک طرف جام درتشت آبی فرو می‌رود (شکل ۳). آلات اصلی فرانکلین را می‌توان در چند موزه، از جمله موزه فرانکلین در فیلادلفیا دید.

آیا با آواز خواندن می‌توان لیوانی را خرد کرد؟ بله، اگر یک خواننده با صدای زیر[18] دهان خود را نزدیک یک لیوان قرار دهد، و دقیقاً با بسامد مُد (۲،۰) بخواند، لیوان تشدیدی به اندازه نیم پرده بالاتر («Q ی بالاتر») داشته باشد. اینکه آیا شرط اخیر برآورده می‌شود یا نه معمولاً می‌تواند به این طریق تعیین شود که به لیوان ضربه‌ای بزنند و توجه کنند که چه مدت به ارتعاش ادامه می‌دهد.

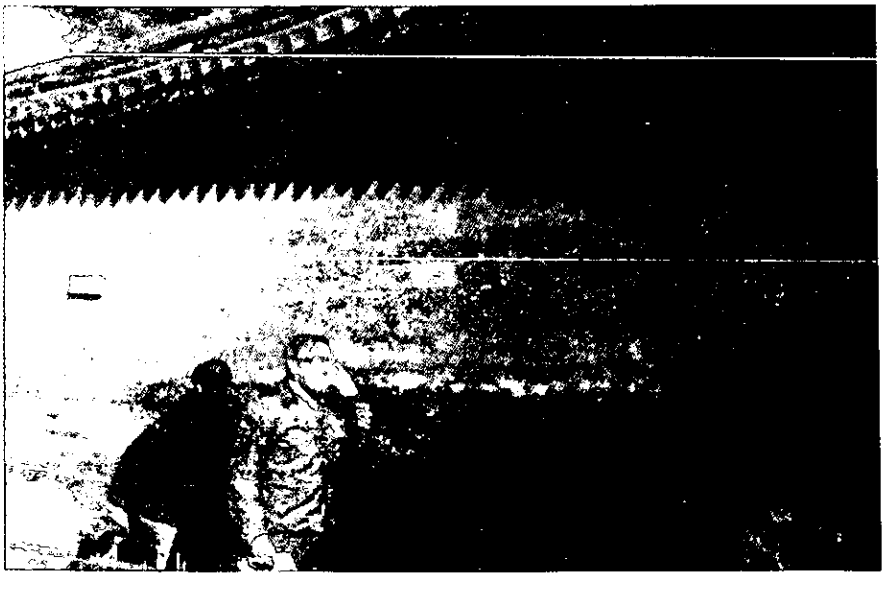
تا اینجا تنها ارتعاشات لیوان را بررسی کرده‌ایم. وضع در مورد آب درون لیوان چگونه است؟ به طوری که آپفل[20] نشان داده است، ارتعاشات لیوان می‌تواند موجهای سطحی بسیار جالبی در آب به وجود آورد. او نشان می‌دهد که در شرایط نمونه‌ای از لیوان، این موجهای

شکل ۳ ــ اقتباسی از هارمونیکای لیوانی بنجامین فرانکلین که در آن جامهای شیشه‌ای روی محوری می‌چرخند. این آلت موسیقی را گرهارد فینکن باینر[۱۸] اختراع کرده است که نوازندهٔ لیوانی علمی در والتهام، ماساچوست می‌باشد.

سطحی تقریباً با سرعت:

$$V = (2\pi fT/\rho)^{1/2}$$

منتشر می‌شوند که در آن T کشش سطحی و ρ چگالی آب است؛ و در این شرایط سرعتهایی در حدود ۷۰ cm/s به دست می‌آید. این سرعتهای کوچک شگفت‌آور (قابل مقایسه با سرعت قدم زدن) موجب می‌شوند که موجهای جالبی با طول موج کوتاه دور لبهٔ لیوان به وجود آید، که از خیلی جهات شبیه به موجهای «تالار نجوا»[۲۱] است که ریلی در گنبد کلیسای جامع سنت پاول در لندن مشاهده کرده است. ریلی نشان داد که این پدیده مربوط به اثر کانونی[۲۲] نبوده بلکه به محدودیت هندسی آن مربوط می‌شود. شکل ۴ نویسنده مقاله را در حال گوش



شکل ۴ ــ دیوار دایره‌ای در معبد بهشت (در بیجینگ) که مانند موج بر[۲۳] عمل می‌کند.

دادن به امواج مشابهی نشان می‌دهد که در طول یک دیوار دایره‌ای منتشر می‌شود، این دیوار دور تا دور «معبد بهشت»[۲۳] در پیجینگ [پکن، پایتخت چین] کشیده شده است.

آپفل هم چنین نشان می‌دهد که با جایگزین کردن اتیلن گلیکول به جای آب در یک لیوان چرخان، می‌توان موجهای تلاطمی مویین[۲۵] ایجاد کرد. در یک مقیاس کمی بزرگتر «لگنهای فوران آب»[۲۶] است که در دوران سلسلهٔ مینگ (۱۰۲۳ ــ ۷۴۷ ه./ ۱۶۴۴ ـ ۱۳۶۸ م.) ساخته شده‌اند. با مالش دادن دسته‌های آن که به طور استراتژیک تعبیه شده‌اند یک مد ارتعاشی قوی (۲،۰) در ظرف ایجاد می‌شود، که به نوبهٔ خود باعث فوران آب تا ارتفاع ۵۰ cm یا بیشتر می‌شود چنانکه گویی از دهانهای چهار ماهی که ته لگن را تزئین می‌کنند بیرون می‌آید (شکل ۵). بدون شک مثالهای متعدد و جالب دیگری از انتشار موج در مایعات وجود دارند که به وسیلهٔ ارتعاشات دیواره‌های ظرف آنها ایجاد می‌شوند.

شکل ۵ ــ یوکسی چینی[۲۷] یا «لگن فوران آب». با مالش دادن دسته‌های آن یک مدقوی (۲،۰) ایجاد و باعث فوران آب می‌شود.

یک لیوان مانند خیلی چیزهای دیگر ممکن است هم ساده و هم پیچیده باشد. شما در این آزمون تا چه اندازه موفّقید؟ اگر به تمام هفت پرسش پاسخ درست دادید، به آزمایشگاه آکوستیک ما هر زمان که خواستید خوش آمدید!

زیرنویسها:

۱ ــ *Glasses, Bell Modes, and Lord Rayleigh*
۲ ــ Thomas D. Rossing
۳ ــ Traveling waves
۴ ــ French
۵ ــ Chladni's law
۶ ــ flexural
۷ ــ extensional
۸ ــ air-pump receiver
۹ ــ Coddington lens
۱۰ ــ stick-slip motion
۱۱ ــ Helmbolz motion
۱۲ ــ Fenkner
۱۳ ــ Loughborough
۱۴ ــ dispersion relationship
۱۵ ــ atomic analog
۱۶ ــ Benjamin Franklin
۱۷ ــ Glass Music Internotional
۱۸ ــ Gerhard Finkenbeiner
۱۹ ــ Soprano
۲۰ ــ Apfel
۲۱ ــ whispering gallery
۲۲ ــ Focusing effect
۲۳ ــ Temple of Heaven
۲۴ ــ waveguide
۲۵ ــ Capillary shock waves
۲۶ ــ water - spouting basins
۲۷ ــ Chinese yu xi

مرجع:

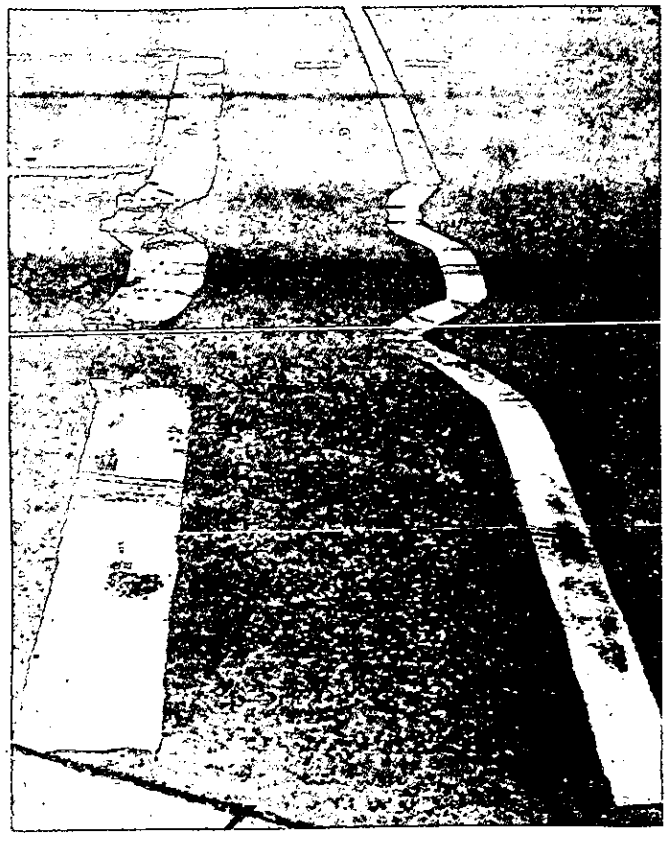
The physics Teacher, December 1990, P.582 - 585.

قانون سوم نیوتن در یک چهارراه

نوشته : ارمنی‌مک فارلند
ترجمه : آزیتا مصباح

به‌نظر می‌رسد بسیاری از دانشجویان فیزیک تصور می‌کنند فیزیک چیزی است که آن را می‌توان در کتابهای درسی یافت؛ از اینرو به جاست که پدیده‌های فیزیک را در دنیای «واقعی» به آنها نشان داد اخیراً به‌مثال جالبی از قانون سوم نیوتن در چهارراه محوطه دانشکده برخوردم که دانشجویان کاملاً فریفته این مثال شدند.

تصویر ۱ نشان‌دهنده بخشی ازاین محل تقاطع را از لبه پیاده‌رو وجوی‌آب درجلوی‌عکس (پائین تصویر) تا وسط جاده (دربالا)

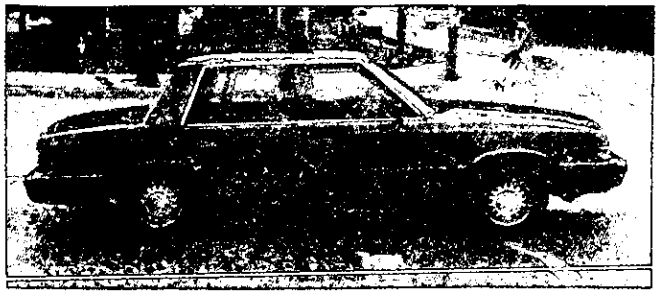


شکل ۱- چه برسرخط‌کشیهای جاده آمده است؟

نشان می‌دهد.

خط‌کشی‌های سفیدرنگ جاده نقش غیرعادیی را نشان می‌دهد، در واقع مثل این است که مسئول خط‌کشی خیابان سر به‌هوا بوده است! اما خطها از ابتدا صاف ومستقیم کشیده شده‌اند و سرانجام به‌این شکل عجیب درتصویر درآمده‌اند.

برسر خطها چه‌آمده است؟ در این چهارراه، چراغهای راهنمایی قرار گرفته‌اند، وهر روزصدها اتومبیل طرف چپ این خطها می‌ایستند. وقتی چراغ سبز می‌شود، اتومبیلها به‌طرف راست شتاب می‌گیرند (تصویر ۲).



شکل ۲- اتومبیلی که در حال شتابگیری به طرف راست خطها می‌باشد

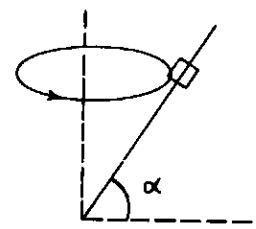
برای رسیدن به‌این شتاب تایرهای اتومبیل نیرویی به‌سمت عقب برجاده وارد می‌کنند. (در این تصویر به سمت چپ) و براساس قانون سوم نیوتن جاده نیز نیرویی به‌سمت جلو برتایرها یعنی اتومبیل وارد می‌کند، چنانکه در تصویر مشاهده می‌شود در این چهارراه لایهٔ بالایی‌کف خیابان پیوند ضعیفی با لایه‌های زیرین دارد و نیرویی که جاده به‌سمت عقب برتایرها وارد می‌کند موجب شده است که لایه بالایی به سمت چپ بلغزد، و منجر به خمهای غیرعادی در خط‌کشی‌ها شود.

1- The Physics Teacher May 1990.

مسائل هشتمین المپیاد بین‌المللی فیزیک (سال ۱۹۷۵)، گوستراو، جمهوری دموکراتیک آلمان (سابق)

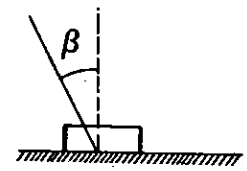
نوشتهٔ پروفسور آر، کونفالوی[۱]
ترجمهٔ دکتر منیژه رهبر[۲]

مسألهٔ ۱ میله‌ای با سرعت زاویه‌ای ω دور یك محور عمودی می‌چرخد. میله با این‌محور زاویهٔ α — 90° می‌سازد. ذره‌ای به جرم m می‌تواند در راستای میله بلغزد، ضریب اصطکاك بین آنها μ است. شرط باقی‌ماندن ذره در ارتفاع معین هنگام چرخش را پیدا کنید (شکل ۳۴).



شکل ۳۴

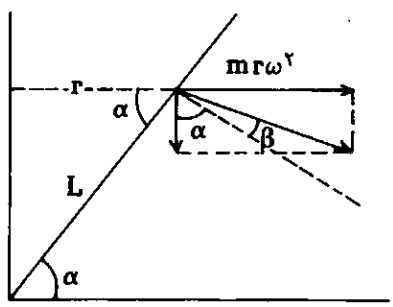
حل ـ استفاده از مفهوم «زاویهٔ اصطکاك لغزشی» در اینجا مناسب است. زاویهٔ اصطکاك لغزشی را β می‌نامیم اگر تانژانت این زاویه برابر ضریب اصطکاك لغزشی باشد (شکل ۳۵):



شکل ۳۵

باید برآیند نیروهایی را بیابیم که جسم را به صفحه می‌فشارند. اگر این برآیند درون زاویهٔ اصطکاك لغزشی با خط عمود بر سطح باشد، مقدار نیروی اصطکاك برای جلوگیری از حرکت کافی است. حالت حدی آن هنگامی است که نیروی برآیند برزاویهٔ اصطکاك منطبق باشد.

در این‌مورد هنگامی که درجستجوی حالت حدی لغزش‌رو به‌بالای ذره روی میلهٔ چرخان هستیم، نیروی برآیند باید درون زاویهٔ $\alpha+\beta$ قرار گیرد (شکل ۳۶).



شکل ۳۶

برآیند وزن mg ونیروی $mr\omega^2 = m\omega^2 \cos\alpha$ ذره را روی میله می‌فشارد. تانژانت زاویهٔ $\alpha+\beta$ در حالت حدی لغزش روبه‌بالا برابر است با:

$$\operatorname{tg}(\alpha+\beta)=\frac{mL\omega^2\cos\alpha}{mg}=\frac{L\omega^2\cos\alpha}{g}$$

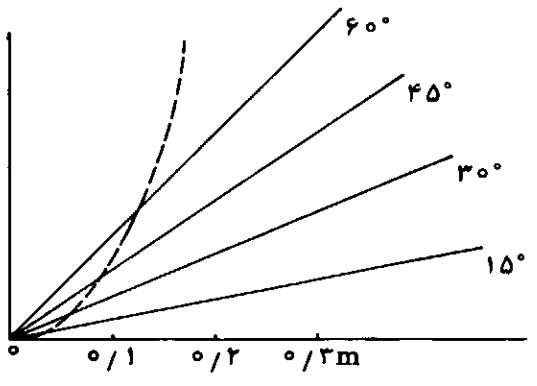
حالت حدی برای لغزش روبه‌پایین، به طریق مشابه، با استفاده از تانژانت $\alpha-\beta$ به‌دست می‌آید. بنابراین ذره هنگامی بر روی میلهٔ چرخان در تعادل است که:

$$\operatorname{tg}(\alpha-\beta)\leqslant\frac{L\omega^2\cos\alpha}{g}\leqslant\operatorname{tg}(\alpha+\beta)$$

با استفاده از شرایط مرزی یک‌حد بالای L_f و یک‌حد پایین L_a به‌دست می‌آیند. ذره در هر وضعیتی بین این دو مقدار در حالت تعادل پایدار است. خارج از این حدود، تعادل ناپایدار است؛ یعنی ذره روبه‌بالا یا روبه‌پایین می‌لغزد. برای حالت بی‌تفاوت L_f-L_a با استفاده از شرایط مرزی داریم:

$$L_f-L_a=\frac{2g\operatorname{tg}\beta}{\omega^2\cos^3\alpha\,(1-\operatorname{tg}^2\alpha\,\operatorname{tg}^2\beta)}$$

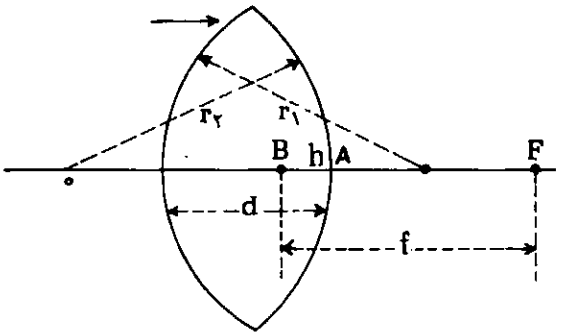
شکل ۳۷ قسمتهایی از میله‌را که ذره در حالت تعادل پایدار است برای زوایای مختلف α نشان می‌دهد ($\omega=10\,s^{-1}$، $\mu=0/268$، $\beta=15^\circ$) منحنی نقطه‌چین حالت بدون اصطکاک را برای وضعیت ناپایدار نمایش می‌دهد.



شکل ۳۷

مسأله ۲ شرط مساوی بودن فاصله کانونی برای یک‌عدسی ضخیم برای دو طول موج مختلف را پیدا کنید. با در نظر گرفتن انواع مختلف عدسی دربارهٔ مواردعملی بحث کنید.

حل - باید خواص عدسیهای ضخیم را بدانیم. یک‌عدسی ضخیم با داده‌های زیر مشخص می‌شود: شعاع سطوح کروی r_1 و r_2، ضخامت d، وضریب شکست n (شکل ۳۸).



شکل ۳۸

برای فاصلهٔ کانونی BF داریم

$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_1}-d\times\frac{n-1}{n}\times\frac{1}{r_1r_2}\right)$$

فاصلهٔ کانونی از نقطهٔ اصلی B اندازه‌گیری می‌شود.
فاصلهٔ B ازسطح برابر است با:

$$BA=h=\frac{dr_2}{n(r_1+r_2)-d\,(n-1)}$$

روابط فوق برای عدسیهای ضخیم، بدون توجه به ضخامتشان هستند. اما چون با استفاده از تقریبهایی به‌دست آمده‌اند تنها برای پرتوهای پیرامحوری (مجاورمحور) نتایج خوبی را می‌دهند.

نور به‌وسیلهٔ عدسی پاشیده می‌شود وضریب شکست برای طول موجهای λ_a و λ_b به‌ترتیب n_a و n_b است.

با مرتب کردن رابطهٔ فاصلهٔ کانونی برحسب توانهای n داریم:

$$f(r_1+r_2-d)n^2+[2fd-f(r_1+r_2)-r_1r_2]n-fd=0$$

که یک معادله درجه دوم است. برای f معینی باید دومقدار برای

n وجودداشته باشد وبنابراین می‌توان معادله را حل کرد.

درمعادلهٔ

$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}-d\times\frac{n-1}{nr_1r_2}\right)$$

ابتدا n_a سپس n_b را جایگذاری‌کرده و مساوی یکدیگر قرار می‌دهیم.

$$(n_a-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}-d\times\frac{n_a-1}{n_ar_1r_2}\right)=$$

$$(n_b-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}-d\times\frac{n_b-1}{n_br_1r_2}\right)$$

از این‌معادله رابطه زیر به‌دست می‌آید:

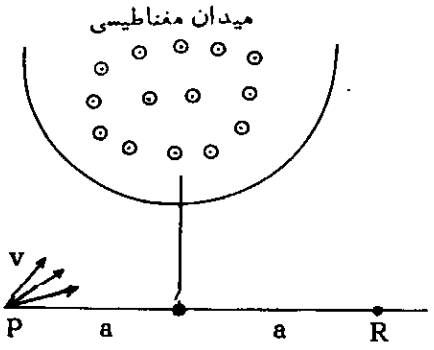
$$r_1+r_2=d\left(1-\frac{1}{n_an_b}\right)$$

اگرمقادیرشعاعهای r_1، r_2 وضخامت d دررابطهٔ فوق صدق‌کنند فاصلهٔ کانونی برای هردوطول موج یعنی برای هردو ضریب شکست یکسان‌است. جالب‌است توجه‌کنیم‌که پاشندگی n_a-n_b هیچ‌نقشی ندارد بلکه تنها حاصل‌ضرب n_an_b مؤثر است. ضرایب‌شکست بزرگ‌تر از ۱ بوده بنابراین مقدارداخل پرانتزکوچکتر از ۱ ومجموع‌شعاعهاکوچك‌تر ازضخامت‌عدسی است.

اولین نتیجهٔ این‌بحث آن است‌که‌عدسی نمی‌تواندکوژ-تخت یاکاو - تخت‌باشد زیرا این‌عدسهاشعاعهای بینهایت‌دارند. عدسی می‌تواند واگرا باشد به‌شرط آنکه تنها یکی‌ازشعاعهای r_1 یا r_2 منفی باشد یعنی دوکاو نباشد.

تحقق‌عملی‌امکان‌پذیر است اگر به‌جای f مقدار $h-f$ برای هردوضریب شکست یکسان باشدکه مسئله‌ای بسیارپیچیده‌است.

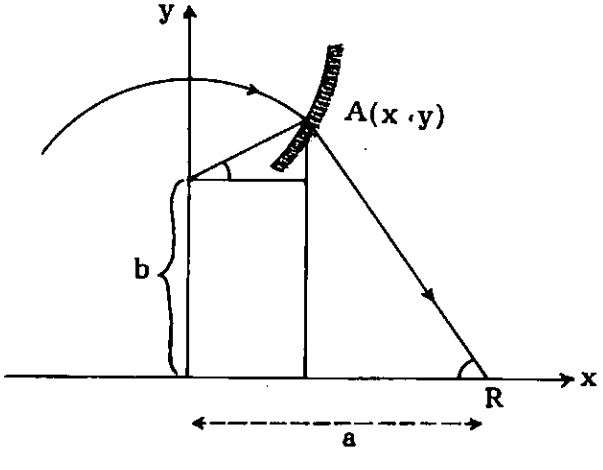
مسأله ۳- یونهایی باجرم برابر m وسرعت v ازنقطهٔ P در جهات متفاوت پخش می‌شوند (شکل ۳۹). یك میدان‌مغناطیسی یکنواخت به‌شدت B ، عمود برصفحهٔ‌کاغذ باید این یونها را درنقطهٔ R به‌فاصلهٔ $PR=2a$ متمرکز کند. مسیرهای‌آنها باید نسبت به‌محور متقارن باشد. حدود میدان مغناطیسی را تعیین کنید.



حل- نیروی لورنتسی برای ذره‌ای با بار q ، سرعت v دریك میدان مغناطیسی B برابر qvB است. درنتیجه این ذره دریك مسیردایره‌ای به‌شعاع r حرکت می‌کند، بنابراین

$$qvB=\frac{mv^2}{r}$$

تمام ذرات به‌جرم m مسیر دایره‌ای یکسانی را به شعاع $r=\frac{mv}{qB}$ می‌پیمایند. پس ازخروج ازمیدان مغناطیسی ذرات درامتداد خط مستقیم آخرین مماس بر مسیرحرکت می‌کنند. خط‌مرزی‌باید چنان باشدکه تمام‌یونها به‌نقطهٔ R برخوردکنند. مسئله ریاضی پیداکردن نقاطی است که یونها باید دایره‌هایی باشعاع r را چنان ترك‌کنند تاماس برآنها ازنقطهٔ R بگذرند. مراکز دایره‌های به‌شعاع r روی محور y قرار دارند (شکل ۴۰).



شکل ۴۰

یونهایی که درمسیر دایره‌ای به‌شعاع r حرکت می‌کنند، میدان مغناطیسی را درنقطهٔ A به‌مختصات x و y ترک کرده در راستای مماسها به R می‌رسند. ازمثلثهای متشابه داریم:

$$\frac{y-b}{x}=\frac{a-x}{y}$$

بامحاسبهٔ $y-b$ ازرابطهٔ فوق‌وجایگذاری آن درمعادلهٔ دایره $x^2+(y-b)^2=r^2$ کانون نقاط A را کـه در شرط صدق می‌کنند به‌دست می‌آوریم، بنابـراین تابعی کـه مرزهای میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد به‌صورت زیر است:

$$y=\frac{x(a-x)}{\sqrt{r^2-x^2}}$$

این تابع ازدرجهٔ چهارم است. کافی است که منحنی‌را تنها در ربع اول رسم کنیم وسپس تصویر آنرا نسبت به‌محور y تعیین کنیم.

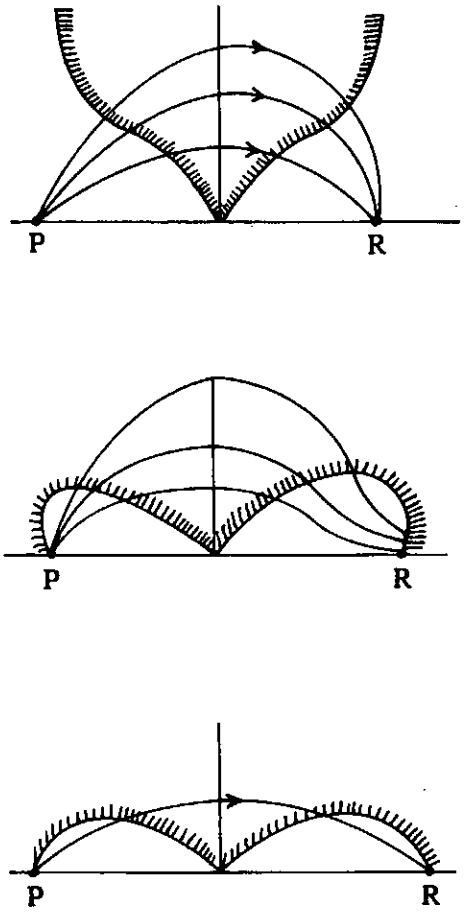
فرم تابعی که حـدود میدان مغناطیسی را نشان می‌دهـد بستگی به‌اندازهٔ نسبی فـاصلهٔ a و شعاع r درحـالت فوق دارد (شکل ۴۱)

اگرشعاع r کوچك‌تر از a باشد (باسرعت‌کم درمیدان قوی) مرزهای میدان تابینهایت امتداد می‌یابد. یونهایی را که درهرجهت شروع به حـرکت می‌کنند می‌توان متمرکـز نمود (شکل ۴۱ a).

اگرشعاع r برابر a باشد ازتمامی یونها می‌توان‌استفاده کرد. مرزها درمحدوده‌ای هستندکه درجهت عمودی از P تا R قرارگرفته است (شکل ۴۱ b).

اگرشعاع r بزرگ‌تر از a باشد، مرزها مسطح‌ترهستند. یـونهایی بـازاویـه‌ای بیش از شیب در P به R نـمی‌رسند (شکل ۴۱ c).

مساله تجربی-می‌خواهیم منحنی مشخصهٔ یك نیمرسانا با دونقطهٔ تماس را تعیین‌کنیم. حـداکثر بارمجاز ۰/۲۵ وات است. دو دستگاه بامقاومتهای‌داخلی‌معلوم، برای تمامی‌گستره‌ها، یك‌باتری ۹ ولتی، ومقاومتهای متغیر وثابت در دسترس هستند. با درنظر گرفتن ولتاژ دوسر آمپرمتروشدت جریان ولتمتر، منحنی‌مشخصه نشان می‌دهدکه نیمرسانا یك دیود زنر است.



شکل ۴۱

زیرنویسها:

1. PROFESSOR R. KUNFALVI

۲ــ استاد فیزیك دانشگاه تهران.

مرجع:

Collection of Competition Tasks
from the 1st through xvth
International Olypiads
1967–1984

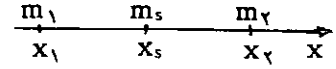
متناقض نمای فیزیکی

این مقاله به‌وسیله آقای جالینوس عظیم‌پور دانشجوی فیزیک دانشگاه تربیت معلم ترجمه و ازطرف مجله ویراستاری و بازنویسی شده است.

آجرکاری: یک بنا برای ساختن قرنیز، آجرها را طوری روی‌هم می‌چینند که قسمتی از هر آجر از آجر پایینی جلوتر باشد. جالب این است که بدانیم، بدون اینکه سیمان، شفته، آهک یا ملاط دیگری به‌کار رود، آجر بالایی روی آجر پایینی چقدر می‌تواند جلوتر باشد. ابتدا به‌نظر می‌رسد که این جلورفتگی بیش از حدود نصف هر آجر نیست. اما درواقع، با تعداد کافی آجر، آجر بالایی به‌قدر لازم می‌تواند از پایین‌ترین آجر جلوتر باشد! برای اثبات آن کوشش کنید!

حل:

دوجسم نقطه‌ای به‌جرم m_1 و m_2 را بر روی محور xها درنظر می‌گیریم و مکان آنها را به‌ترتیب x_1 و x_2 می‌نامیم. مرکز جرم دستگاه شامل این دوجسم، نقطه‌ای است مانند S که مکان آن‌را با x_s نشان می‌دهیم. مطابق تعریف:



$$\frac{x_s-x_1}{x_2-x_s}=\frac{m_2}{m_1} \Longrightarrow x_s=\frac{m_1x_1+m_2x_2}{m_1+m_2}$$

بنابراین مرکز جرم دستگاه شامل دوجسم نقطه‌ای، عبارت است از نقطه‌ای که فاصله بین دوجسم را به‌نسبت عکس جرمهای دوجسم تقسیم می‌کند.

هرگاه دستگاه شامل جرم دیگر m_3 بامکان x_3 بر روی محور xها باشد مرکز جرم تمام دستگاه عبارت است از مرکز جرم (m_1+m_2) بامکان x_s و جرم m_3 بنابراین مرکز جرم دستگاه عبارت است از:

$$x_0=\frac{(m_1+m_2)x_s+m_3x_3}{(m_1+m_2)+m_3}=$$

$$\frac{m_1x_1+m_2x_2+m_3x_3}{m_1+m_2+m_3}$$

و برای n نقطه در راستای محور xها مرکز جرم عبارت است از:

$$x_0=\frac{m_1x_1+m_2x_2+\cdots+m_nx_n}{m_1+m_2+\cdots+m_n}$$

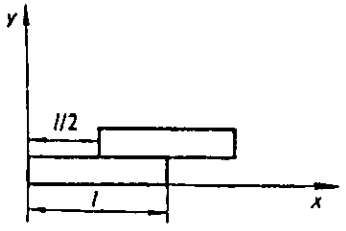
به‌همین ترتیب برای مشخص کردن مرکز جرم چندجسم نقطه‌ای درفضا دورابطه دیگر نیز موردنیاز است:

$$y_0=\frac{m_1y_1+m_2y_2+\cdots+m_ny_n}{m_1+m_2+\cdots+m_n}$$

$$z_0=\frac{m_1z_1+m_2z_2+\cdots+m_nz_n}{m_1+m_2+\cdots+m_n}$$

این رابطه‌ها را، رابطه‌های توریچلی می‌نامند. برای حـل این مسأله می‌توان رابطه اول‌را به‌کاربرد.

برای اینکه آجر بالایی ازروی آجر پایینی نیفتد باید مرکز جرم آجر بالایی درمحدوده‌تکیه‌گاه باشدیعنی‌مطابق‌شکل ۱ دریك امتداد، مکان x مرکز جرم آجر بالایی نباید بزرگتراز l شود.

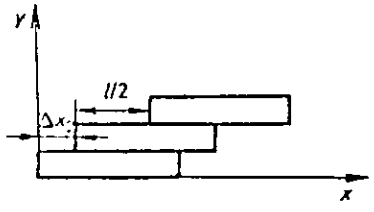


شکل ۱

بنابراین پیش‌رفتگی هرآجر تادیوار یعنی Δx_1 ، روی آجرپایینی باید درشرط زیرصدق‌کند:

$$\Delta x_1 \leqslant \frac{l}{2}$$

حال دستگاه سه‌آجر را مطابق شکل۲ درنظر می‌گیریم.



شکل ۲

هرگاه x_0 مرکز جرم دوآجربالایی باشد باید نامساوی زیرصدق‌کند:

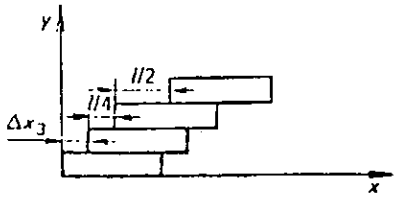
$$l \geqslant x_0$$

ویا

$$l \geqslant \frac{m(\Delta x_2+\frac{l}{2})+m(\Delta x_1+\frac{l}{2}+\frac{l}{2})}{2m}$$

درنتیجه :

$$\Delta x_2 \leqslant \frac{l}{4}$$



شکل ۳

برای دستگاه شامل چهار آجر مطابق شکل ۳ خواهیم داشت:

$$l \geqslant \frac{m(\Delta x_3+\frac{l}{2})+m(\Delta x_2+\frac{l}{4}+\frac{l}{2})+m(\Delta x_1+\frac{l}{4}+\frac{l}{2}+\frac{l}{2})}{3m}$$

$$\Longrightarrow \Delta x_3 \leqslant \frac{l}{6}$$

به‌همین‌طریق داریم:

$$\Delta x_4 \leqslant \frac{l}{8} \; ; \quad \Delta x_5 \leqslant \frac{l}{10} \; , \ldots \Delta x_n \leqslant \frac{1}{2n}$$

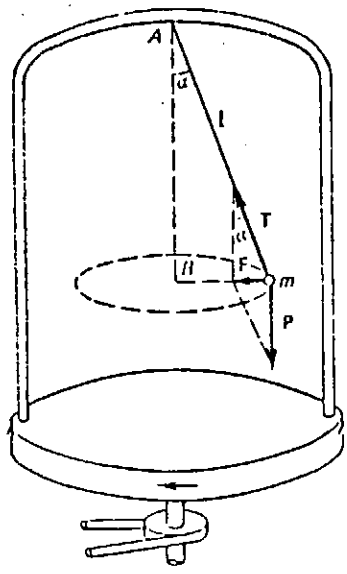
پیش رفتگی‌آجر بالایی عبارت است ازمجموع:

$$\Delta x_1+\Delta x_2+\Delta x_3+\cdots+\Delta x_n = \frac{l}{2}(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\cdots+\frac{1}{n})$$

رشته داخل پرانتزواگراست یعنی مجموع رشته به‌طورنامحدود به‌همان اندازه‌که جمله‌های بیشتری اضافه‌شود، نمو می‌کند. و این بدان معنی‌است‌که چون تعدادآجرها به‌سوی بی‌نهایت‌میل می‌کند جلورفتگی‌آجر بالایی‌ازآجر پایینی‌باهراندازه‌دلخواهی ممکن است.

آونگ مخروطی :

صفحه‌ای با میله‌ای به‌شکل‌کمان به‌محور ماشین‌گریز از مرکزی بسته شده‌است. گلوله‌کوچکی به‌جرم m به‌وسیله نخی به‌طول l از نقطهٔ وسط کمان آویزان است. هنگامی‌که صفحه ساکـن است نخ درامتداد محـور ماشین است. وقتی مـاشین می‌چرخد نخ باگلولـه انتهای‌آن درفضا مخروطـی می‌پیماید.



شکل ۴

(نام آونگ مخروطی از اینجا گرفته شده است). مطابق شکل ۴ نخ با امتداد قائم زاویه α می‌سازد. می‌خواهیم این زاویه‌را برای سرعت‌زاویه‌ای‌چرخش ω به‌دست‌آوریم. به‌گلوله دونیرو وارد می‌شود یکی‌نیروی‌کشش نخ $\vec{T}$ و دیگر وزن گلوله $\vec{P}=mg$. برایند این‌دو نیرو، نیروی مرکز گرای $\vec{F}$ است. هنگامی که گلوله درصفحه افقی‌حرکت می‌کند زاویه بین دونیروی $\vec{F}$ و $\vec{P}$ قائمه است. بنابراین:

$$F=P\times tg\alpha=mg\times tg\alpha$$

با استفاده ازقانون دوم نیوتن‌اندازه نیروی برآیند $\vec{F}$ برحسب‌شتاب مرکزگرای $a=\omega^2R=\omega^2l\sin\alpha$ به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$F=m\omega^2l\sin\alpha$$

بامساوی‌قراردادن دوطرف رابطه‌های $\vec{F}$ خواهیم‌داشت:

$$m\omega^2l\sin\alpha=mg\times tg\alpha$$

پس ازحذف $m\sin\alpha$ ازدوطرف این‌رابطه داریم:

$$\omega^2l=\frac{g}{\cos\alpha}$$

ورابطه اخیررا به‌صورت زیر می‌توان نوشت:

$$\cos\alpha=\frac{g}{\omega^2l}$$

هرگاه فرض‌کنیم طول نخ ۰/۲ متر وسرعت زاویه‌ای چرخش ماشین ۳/۵ رادیان برثانیه‌است نتیجه می‌شود:

$$\cos\alpha=\frac{۹/۸}{۳/۵^2\times ۰/۲}=۴$$

اما $\cos\alpha$ نمی‌تواند بیش‌از یك باشد. چرا فیزیك با ریاضی ناسازگاری دارد؟

حل:

رابطه $m\omega^2l\sin\alpha=mg\times tg\alpha$ را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$m\omega^2l\cos\alpha\sin\alpha=mg\sin\alpha$$

چون جرم‌گلولـه صفرنیست، دوطرف رابطه را بر m تقسیم می‌کنیم:

$$\omega^2l\cos\alpha\cdot\sin\alpha=g\sin\alpha$$

باحذف $\sin\alpha$ ازدوطرف رابطه یکی ازجوابهای ممکن (یعنی $\alpha=0$) حذف می‌شود و این مطابق با حالتی است‌که نخ در امتدادقائم است. می‌توان به‌آسانی نشان دادکه برای‌سرعتهای زاویه‌ای‌کم، چنین حالتی عملاً ممکن است.

فرض‌کنید نخ بسته به‌گلوله با امتداد قائم زاویه‌کوچك α می‌سازد، در این صورت دردستگاه مرجع وابسته به صفحه، برگلوله علاوه‌بروزن $\vec{P}=m\vec{g}$، نیروی اینرسی گریزازمرکز $F_{in}=m\omega^2R=m\omega^2l\sin\alpha$ وارد می‌شود.

به‌شکل ۴ توجه‌کنید. گشتاور نیروی وزن‌گلولـه نسبت به‌نقطه A گلوله‌را به‌طرف امتدادقائم وگشتاور نیروی‌گریزاز مرکز نسبت محورگلوله را به‌طرف خارج امتداد قائم متمایل می‌سازد.

نخ درصورتی به‌وضع اولیه خود برمی‌گردد که‌گشتاور وزن‌گلوله بزرگتر از گشتاور نیروی‌گریز ازمرکز باشد یعنی:

$$PR>F_{in}\,l\cos\alpha$$

یا

$$mg\,l\sin\alpha>m\omega^2\,l\sin\alpha\cos\alpha$$

ازتقسیم دوطرف این‌نامساوی بر $ml\sin\alpha$ (فرض شده‌است که زاویه α کوچك ولی صفر نیست) نامساوی زیر به‌دست می‌آید:

$$\omega<\sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}}$$

چون زاویه α کوچك است کسینوس آن می‌تواند تقریباً برابر یك باشد بنابراین:

$$\omega < \sqrt{\frac{g}{l}}$$

هرگاه سرعت زاویه‌ای ماشین $\omega > \sqrt{\frac{g}{l}}$ باشد، وضع قائم نخ ناپایدار بوده ونخ باامتداد قائم زاویه α می‌سازد. دراین‌صورت می‌توان باروشی که درمسئله شرح داده شد آنرا به‌دست‌آورد. زیرا دراین‌حال $\sin\alpha$ صفر نیست ومی‌توان دو طرف رابطه را به‌مقدار قابل قبول تقسیم کرد.

بنابراین، مسأله بسته به‌سرعت زاویه‌ای دارای دو راه حل است:

۱) $\alpha = ۰$ برای $\omega < \sqrt{\frac{g}{l}}$

۲) $\alpha = \arccos\frac{g}{\omega^۲ l}$ یا $\omega > \sqrt{\frac{g}{l}}$

به‌طور خلاصه جالب است که یادآوری شود برای $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ زمان تناوب آونگ مخروطی عبارت است از:

$$T = \frac{۲\pi}{\omega} = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

واین مدت زمان برابر است با زمان تناوب آونگ ریاضی هم‌طول باآونگ مخروطی. معنای آن این‌است که هرگاه صفحه به‌آرامی بچرخد تغییرمکانهای اتفاقی نخ به‌طرف خارج‌امتداد قائم، گلوله را به‌نوسانات هماهنگ در صفحه قائم وادار می‌سازد.

درحالی که اگر صفحه به‌سرعت بچرخد نوسانات به‌چرخش گلوله دریك صفحه افقی تبدیل می‌شود.

مرجع :

V.N. LANGE
Science for Everyone, 1978, P. 143-152.

بقیه از صفحهٔ ۵۱

۴-۱۶۱

$$f = \frac{V}{۴L}$$

$$f' = \frac{V}{۲L'} \Longrightarrow f' = \frac{V}{۲\frac{L}{۲}} = \frac{V}{L} = ۴ \times \frac{V}{۴L}$$

$$f' = ۴f$$

$$f'' = \frac{V}{۴L''} \Longrightarrow f'' = \frac{V}{۴\frac{L}{۲}} = \frac{V}{۲L} = ۲ \times \frac{V}{۴L}$$

$$f'' = ۲f$$

۱-۱۶۲

$$P = V_e I_e \cos\varphi = \frac{V_m}{\sqrt{۲}} \times \frac{I_m}{\sqrt{۲}} \cos\varphi$$

$$P = \frac{۱}{۲} V_m I_m \cos\varphi = \frac{۱}{۲} \times ۲۰ \times ۲ \times \frac{۱}{۲}$$

$$P = ۱۰ W$$

۴-۱۶۳

$$\varphi = \theta_v - \theta_i = ۵۵^\circ - ۱۰^\circ = ۴۵^\circ$$

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

$$R = \cos\varphi \times Z$$

ازطرف دیگرطبق قانون‌اهم:

$$V_m = I_m \times Z$$

باتقسیم دورابطهٔ اخیر بریکدیگرداریم:

$$\frac{R}{V_m} = \frac{\cos\varphi}{I_m}$$

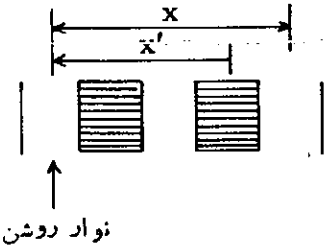
$$I_m = \frac{V_m \cos\varphi}{R} = \frac{۱۰۰\sqrt{۲} \times \frac{\sqrt{۲}}{۲}}{۲۰}$$

۴-۱۶۴

$$I_m = ۵ A$$

۴-۱۶۵

$$\delta = ۰/۲ mm$$



نوار روشن مرکزی

هرگاه x فاصلهٔ k امین نواردروشن تانوار روشن مرکزی و x' فاصلهٔ k امین نوارتاریك تانوار روشن مرکزی و δ عرض هر نوارباشد داریم:

$$x = ۲k\delta$$

$$x' = (۲k-۱)\delta$$

$$x' = (۲ \times ۲ - ۱) \times ۰/۲ = ۰/۶ mm$$

اطلاعیه

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 ۳۴
۲ ــ آموزش شیمی ۲۹
۳ ــ آموزش جغرافیای ۲۸
۴ ــ آموزش ادب فارسی ۲۸
۵ ــ آموزش زیست‌شناسی ۲۶
۶ ــ آموزش زبان ۲۹
۷ ــ آموزش زمین‌شناسی ۲۴
۸ ــ آموزش فیزیک ۲۷
۹ ــ آموزش معارف اسلامی ۱۵
۱۰ ــ آموزش علوم اجتماعی ۱۰

دبیران، دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر علاقه‌مندان به اشتراک این مجلات می‌توانند جهت دریافت چهار مجله در سال مبلغ ۸۰۰ ریال به حساب ۹۰۰۵۷ نزد بانک ملی شعبه خردمند جنوبی ـ قابل پرداخت در کلیهٔ شعب بانک ملی ـ واریز و فیش آن را همراه با فرم تکمیل شده زیر به نشانی تهران، جاده آبعلی، خیابان سازمان آب، بیست‌متری خورشید، مرکز توزیع انتشارات کمک آموزشی کد پستی ۱۶۵۹۸ ــ تلفن ۷۷۵۱۱۰ ــ ارسال دارند. ضمناً: معلمان، کارشناسان، مدیران، پژوهشگران و سایر علاقه‌مندان 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 تربیت*** *دریافت نمایند.*

مجلات رشدتخصصی در مراکز استان در کتابفروشیهای زیر و سایر شهرستانها در فروشگاههای معتبرمطبوعات بصورت فروش آزادعرضه می‌شود

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

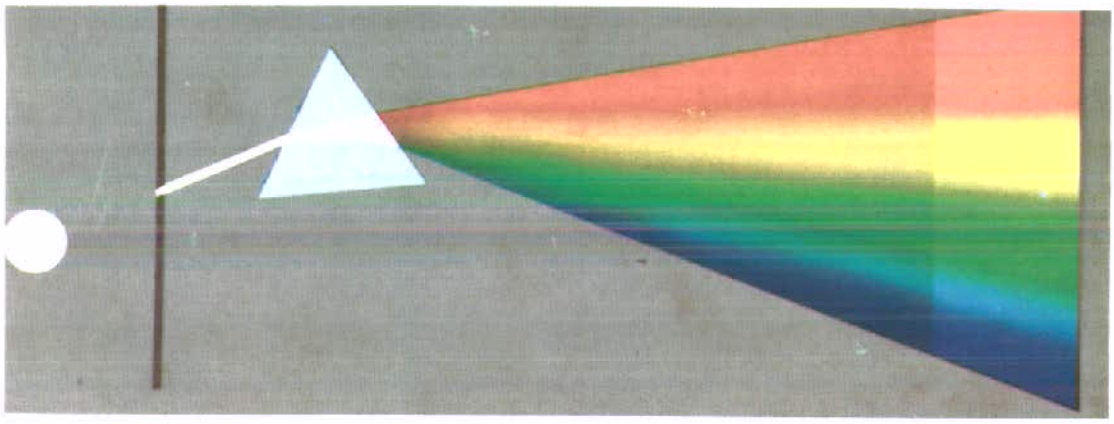
** دانشجویان مرکز تربیت معلم می‌توانند با ارسال فتوکپی کارت تحصیلی خود از ۵۰٪ تخفیف برخوردار شوند.*

فرم اشتراک مجلات رشد تخصصی

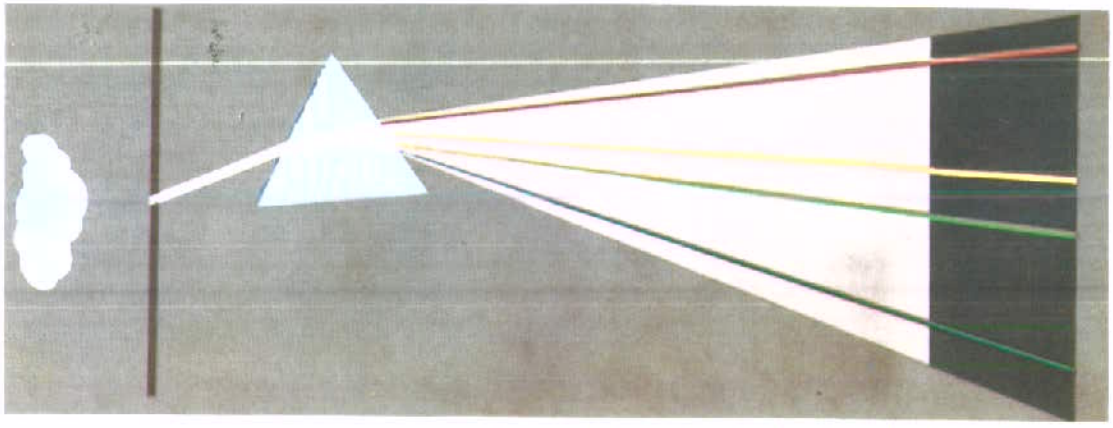
اینجانب ..... با ارسال فیش واریز مبلغ ۸۰۰ ریال، متقاضی اشتراک یکسالهٔ مجلهٔ رشد آموزش ..... هستم.

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

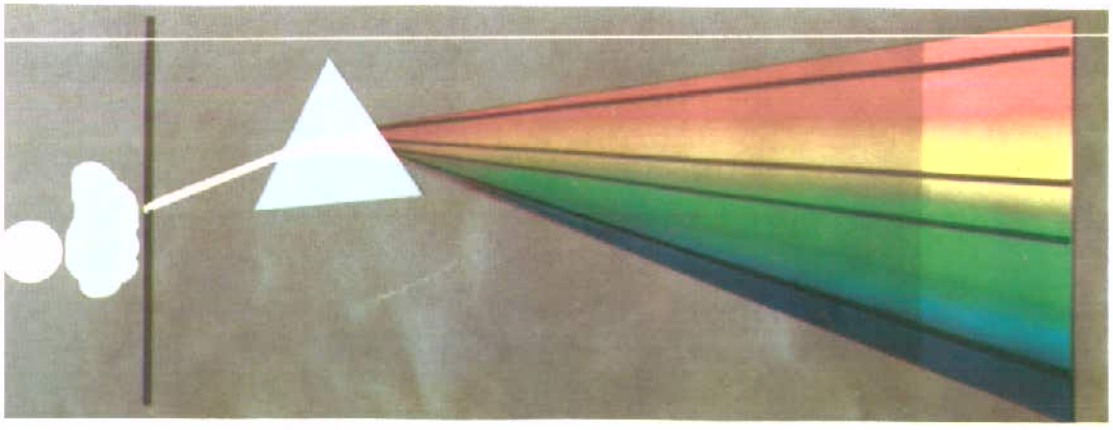
کوچهٔ ..... پلاک ..... کُدپستی ..... تلفن .....



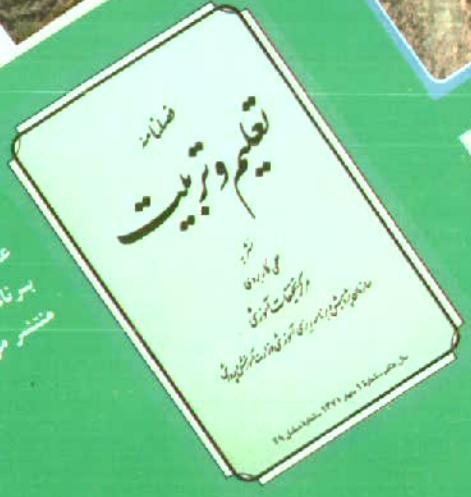
الف ـ جامدات، مایعات، و گازهای با فشار زیاد طیف پیوسته ایجاد می‌کنند.
طیف گازهای فروزان درون خورشید و ستارگان نیز پیوسته است.

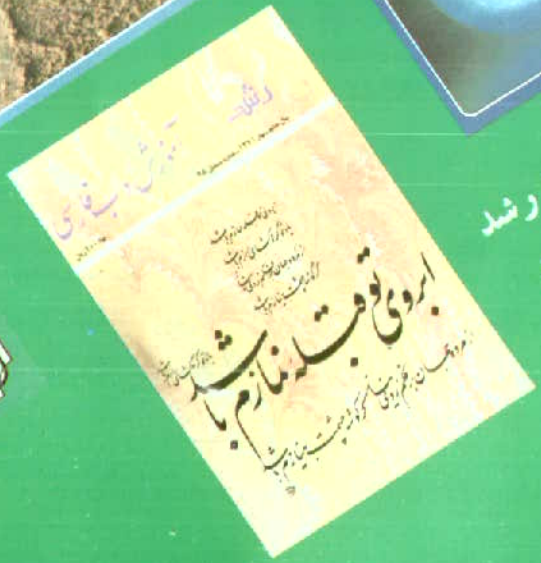


ب ـ گازهای فروزان با چگالی کم طیف نشری خطی ایجاد می‌کنند.
مجموعه خطوط مشخص طیف هر ماده با مادهٔ دیگر تفاوت دارد.



ج ـ قرارگرفتن یک گاز در جلو یک منبع فروزان طیف جذبی خطی ایجاد می‌کند.
گاز بخشهایی از طیف منبع را جذب کرده است که اگر تا حد فروزش گرم می‌شد همانها را تابش می‌کرد.





مجلات رشد تخصصی

مربوط ماه یکبار، برای استفاده دبیران دانشجویان رشته‌های مختلف و دانش‌آموزان علاقمند، دبیرستانها از سوی سازمان پژوهش برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش منتشر می‌شود

آیا شما مجلات رشد مخصوص دبیران را می‌خوانید؟