

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

فیزیک (۱) و آزمائشگاه

سال اوّل دبیرستان

وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی

نام کتاب : فیزیک (۱) و آزمایشگاه سال اول دبیرستان - ۲۰۶/۲

شورای برنامه‌ریزی : احمد احمدی، دکتر اعظم پورقاضی، دکتر محمد سپهری‌راد، سیدمهدی شیوایی،

دکتر حسن عزیزی، شیرین فراهانی و غلامعلی محمودزاده

مؤلفان : اعظم پورقاضی، سیدمهدی شیوایی، حسن عزیزی و غلامعلی محمودزاده

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره‌ی کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره‌ی ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹.

وب‌سایت: www.chap.sch.ir

رسام : هدیه‌بندار

صفحه‌آرا : فائزه محسن‌شیرازی

طراح جلد : محمدحسن معماری

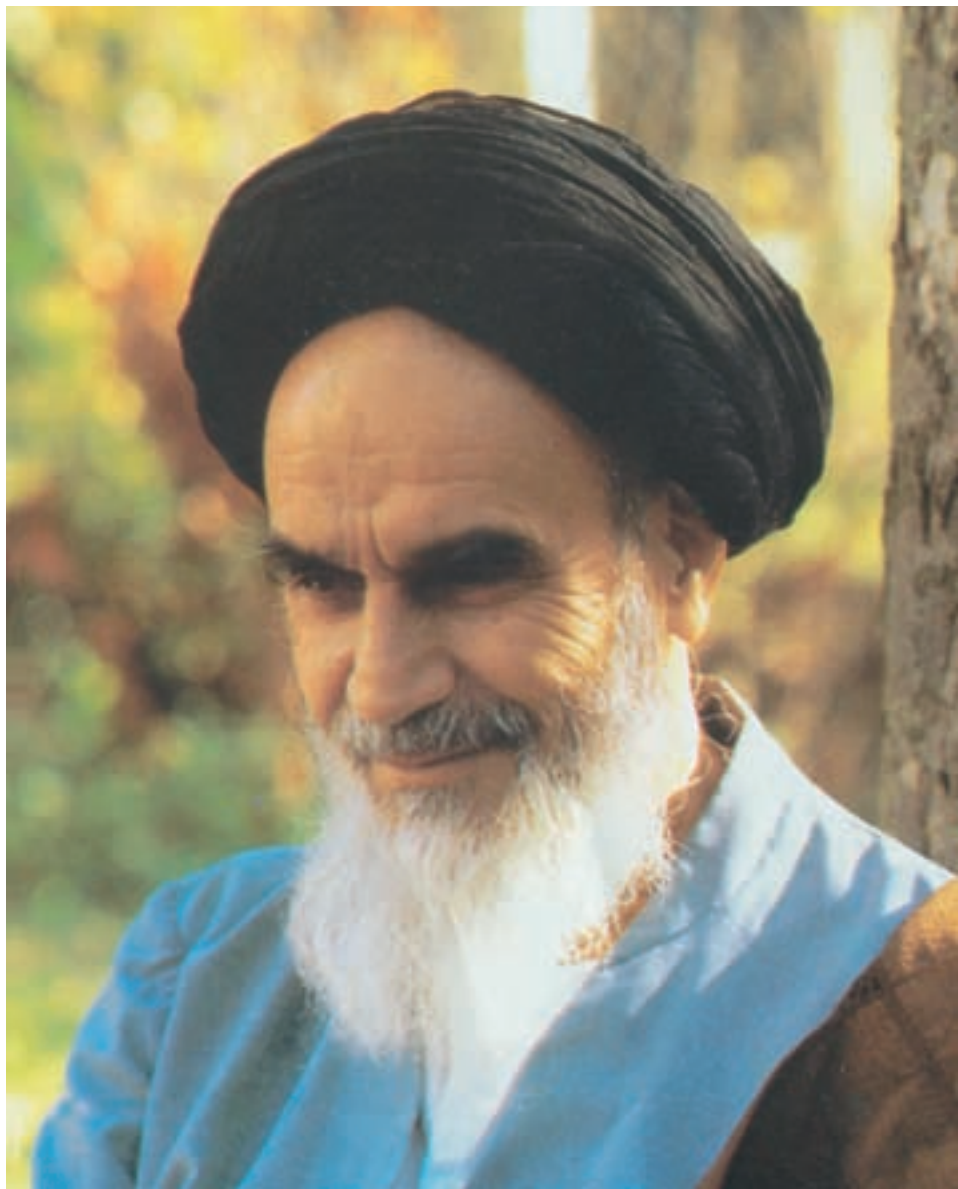
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده‌ی مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروبخش)

تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۴۴۵/۶۸۴

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ سیزدهم ۱۳۹۰

حق چاپ محفوظ است.



شما متوقع نباشید که همین امروز بتوانید طیاره درست کنید، میگ درست کنید. البته الان نمی‌شود؛ اما مایوس نباشید از اینکه نمی‌توانیم درست کنیم. باید بیدار شوید، بروید دنبال اینکه آن صنایع پیشرفته را خودتان درست کنید. وقتی این فکر در یک ملتی پیدا شد و این اراده در یک ملتی پیدا شد کوشش می‌کند و دنبال کوشش، این مطلب حاصل می‌شود.

امام خمینی

فهرست

		پیشگفتار
۵۴	فصل ۳- الکتریسیته	
۵۵	۳-۱- بار الکتریکی	
	۳-۲- بار الکتریکی در اجسام	فصل ۱- انرژی ۱
۵۶	باردار	۱-۱- انرژی و شما ۵
۵۸	۳-۳- جسم رسانا و نارسانا	۲-۱- انرژی جنبشی ۸
۵۹	۳-۴- پایداری بار الکتریکی	۳-۱- انرژی درونی ۹
۶۰	۳-۵- القای بار الکتریکی	۴-۱- قانون پایداری انرژی ۱۰
	۳-۶- اختلاف پتانسیل	۵-۱- انرژی پتانسیل گرانشی ۱۳
۶۵	الکتریکی	۶-۱- انرژی پتانسیل کشسانی ۱۶
۶۶	۳-۷- مولد	۷-۱- منابع انرژی ۱۸
۶۹	۳-۸- مدار الکتریکی	۸-۱- بهینه‌سازی مصرف انرژی ۲۵
۷۰	۳-۹- جریان الکتریکی	تمرین‌های فصل اول ۲۷
۷۲	۳-۱۰- مقاومت الکتریکی	
۷۴	۳-۱۱- قانون اهم	فصل ۲- دما و گرما ۳۱
	۳-۱۲- مصرف انرژی	۲-۱- دما ۳۲
۷۶	الکتریکی	۲-۲- تعادل گرمایی، دمای ۳۹
	۳-۱۳- توان الکتریکی مصرفی در	تعادل ۳۹
۷۹	رسانا	۲-۳- گرما ۴۰
	۳-۱۴- بهای انرژی الکتریکی	۲-۴- رسانش گرما ۴۱
۸۰	مصرفی	۲-۵- گرمای ویژه ۴۷
۸۳	تمرین‌های فصل سوم	تمرین‌های فصل دوم ۵۲

- فصل ۴- نور - بازتاب نور ۸۷
- ۴-۱- انتشار نور ۸۸
- ۴-۲- باریکه‌ی نور ۸۹
- ۴-۳- انتشار نور به خط راست ۹۰
- ۴-۴- بازتاب نور ۹۳
- ۴-۵- تصویر در آینه‌های تخت ۹۶
- ۴-۶- آینه‌های کروی ۱۰۰
- ۴-۷- کانون آینه‌ی مقعر (کاو) ۱۰۱
- ۴-۸- رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی مقعر ۱۰۲
- ۴-۹- چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های مقعر ۱۰۴
- ۴-۱۰- کانون آینه‌ی محدب (کوژ) ۱۰۷
- ۴-۱۱- رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی محدب ۱۰۸
- ۴-۱۲- محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا آینه‌ی مقعر ۱۱۰
- ۴-۱۳- محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا آینه‌ی محدب ۱۱۲
- ۴-۱۴- بزرگ‌نمایی خطی آینه‌ها ۱۱۳
- تمرین‌های فصل چهارم ۱۱۸
- فصل ۵- شکست نور ۱۲۱
- ۵-۱- شکست نور ۱۲۳
- ۵-۲- عمق ظاهری و واقعی ۱۲۹
- ۵-۳- رابطه‌ی شکست نور با تغییر سرعت نور در دو محیط ۱۳۲
- ۵-۴- زاویه‌ی حد ۱۳۵
- ۵-۵- بازتاب کلی ۱۳۷
- ۵-۶- مسیر نور در منشور ۱۴۰
- ۵-۷- عدسی‌ها ۱۴۳
- ۵-۸- ویژگی‌های عدسی‌های همگرا ۱۴۵
- ۵-۹- رسم پرتوهای شکست در عدسی‌های همگرا ۱۴۶
- ۵-۱۰- چگونگی تشکیل تصویر در عدسی‌های همگرا ۱۴۸
- ۵-۱۱- ویژگی‌های عدسی‌های واگرا ۱۵۰
- ۵-۱۲- محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا عدسی ۱۵۲
- ۵-۱۳- بزرگ‌نمایی عدسی‌ها ۱۵۵
- ۵-۱۴- توان عدسی‌ها ۱۵۶
- ۵-۱۵- چشم و معایب آن ۱۵۸
- تمرین‌های فصل پنجم ۱۶۵
- جدول مثلثاتی ۱۶۹
- واژه‌نامه‌ی فارسی - انگلیسی ۱۷۰
- فهرست مراجع ۱۷۴

پیشگفتار

سخنی با دانش‌آموزان عزیز

شما در کتاب‌های علوم تجربی دوره‌ی ابتدایی و راهنمایی با پدیده‌های مختلفی آشنا شده‌اید و می‌دانید که علوم تجربی را می‌توان به دو شاخه‌ی «علوم فیزیکی» و «علوم زیستی» تقسیم کرد. علوم فیزیکی به مطالعه و بررسی پدیده‌های مربوط به ماده و انرژی و رابطه‌ی آن‌ها با یک‌دیگر می‌پردازد و علوم زیستی همین پدیده‌ها را در دنیای زنده مورد بررسی قرار می‌دهد. در علوم فیزیکی، مفهومی‌ها بیشتر شامل موضوع‌هایی از فیزیک و شیمی است.

اکنون که شما به دوره‌ی دبیرستان وارد شده‌اید با برخی از موضوع‌ها و مفهومی‌های فیزیک، زیست‌شناسی، شیمی و زمین‌شناسی که تشکیل‌دهنده‌ی علوم تجربی‌اند، به طور جداگانه آشنا می‌شوید.

فیزیک واژه‌ای یونانی و در لغت به معنای طبیعت است؛ بنابراین علم فیزیک، پدیده‌های طبیعی را مورد بحث و بررسی قرار داده و در پی کشف راز و رمز این پدیده‌هاست. در این شاخه از دانش، بشر می‌کوشد علت بروز هر پدیده را دریابد و به کمک آن رفتار طبیعت را قانونمند ببیند؛ که در نتیجه، از یک طرف رفتارهای آینده‌ی طبیعت را پیش‌بینی می‌کند و از طرف دیگر در فناوری و صنعت با ساخت ابزارها و ماشین‌ها، زندگی را راحت‌تر و ایمن‌تر خواهد کرد.

در کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه، شما با چند مبحث از دانش فیزیک آشنا می‌شوید. سعی شده است موضوع‌هایی که در زندگی روزانه به عنوان یک شهروند، با آن‌ها بیش‌تر سروکار دارید، آورده شود.

در این کتاب برای شما فعالیت‌هایی در نظر گرفته شده است که باید به‌طور گروهی انجام دهید. با انجام این فعالیت‌ها با مفهومی‌های فیزیکی بیش‌تر آشنا شده و آن‌ها را بهتر درک خواهید کرد. پس از انجام هر فعالیت نتیجه‌ی آن را به کلاس درس ارائه دهید تا دانش‌آموزان دیگر نیز در جریان کارهای شما قرار گیرند.

سخنی با همکاران محترم

درس فیزیک ۱ و آزمایشگاه، درسی عمومی است که تمام دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه آن را می‌گذرانند. به همین دلیل سعی شده است مبحث‌هایی از فیزیک که یک شهروند به آن‌ها نیاز بیش‌تری دارد انتخاب و آورده شود. تردیدی نیست که موضوع‌های دیگری نیز وجود دارند که یک شهروند به دانستن آن‌ها نیازمند است؛ اما کمی وقت اجازه‌ی مطرح کردن همه‌ی آن‌ها را نمی‌دهد. بنابراین سعی شده که همین بخش‌ها به نحوی نگارش شود تا دانش‌آموز را به تفکر وادارد و با بررسی مسائل راه و روش حل آن‌ها را کشف کند. ما به عنوان معلم باید توان خود را در جهت بارور کردن استعداد‌های دانش‌آموزان به کار گیریم و به آن‌ها راه و روش یادگیری را بیاموزیم.

امید است که همکاران گرامی در این راه تلاش کنند و هم خود را به کار گیرند تا دانش‌آموزان با انجام فعالیت‌های کتاب به‌طور گروهی، خود در فرآیند «یاددهی - یادگیری» شرکت کنند و شما بیش‌تر راهنمای آن‌ها باشید تا یاددهنده. انتظار می‌رود همکاران گرامی در عمق بخشیدن به مطالب کتاب اهتمام ورزند و هر جا که لازم می‌دانند با تکیه بر تجربه‌ی خود و دیگر همکاران، فعالیت و یا آزمایشی را که به یادگیری بهتر دانش‌آموز کمک می‌کند، طراحی کرده و دانش‌آموزان را به‌طور گروهی بر انجام آن‌ها ترغیب کنند و از آنان بخواهند که گزارش کار، پیشنهادهای و نتایجی را که از فعالیت‌ها می‌گیرند، در دفتر گزارش کار خود ثبت کرده و به کلاس درس ارائه دهند. چگونگی ارائه‌ی این گزارش می‌تواند به‌عنوان یکی از ملاک‌های ارزشیابی مورد توجه قرار گیرد.

به دنبال تغییر و تحول در کتاب‌های درسی علوم دوره‌های ابتدایی و راهنمایی و اجرای طرح جدید آموزش علوم، که تا پایان سال تحصیلی ۸۲-۸۱ همه‌ی دانش‌آموزان دوره‌های ابتدایی و راهنمایی براساس این طرح جدید آموزش دیده‌اند. لذا با توجه به این که بعضی از مباحث کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه با کتاب‌های جدید علوم دوره‌ی راهنمایی همپوشانی داشت، این کتاب در نیمه‌ی دوم سال ۸۱ در گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی با همکاری خانم‌ها: دکتر منیژه رهبر، احترام اسماعیلی و مهرناز طلوع شمس و آقایان: احمد احمدی، محمدعلی پزشپور، اسماعیل حیدری فر، روح‌الله خلیلی بروجنی، علی اصغر رسایی، حسن قلمی باویل علیایی، شاهرخ لقایی، اسفندیار معتمدی و محمدحسن نیکونژاد مورد تجدید نظر قرار گرفت.

گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی از دریافت نظرها و پیشنهادهای دبیران، صاحب نظران و دانش‌آموزان کنجکاو درباره‌ی کتاب‌های فیزیک، جهت رفع لغزش‌ها و اشتباه‌ها به گرمی استقبال می‌کند. نظرهای اصلاحی خود را از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۱۵۸۵۵/۳۶۳ - گروه فیزیک و با نشانی الکترونیک physics-dept@talif.sch.ir ارسال فرمایید.

گروه فیزیک

<http://physics-dept.talif.sch.ir>

معلمان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند نظر اصلاحی خود را در باره این مطالب

این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران، صندوق پستی ۳۶۳ ۶۵۸۵۵ - گروه درسی مربوطه یا پیام نگار (Email)

talif@talif.sch.ir ارسال نمایند.

دختر نامه یزدی و تألیف کتاب ذبیحی

انرژی



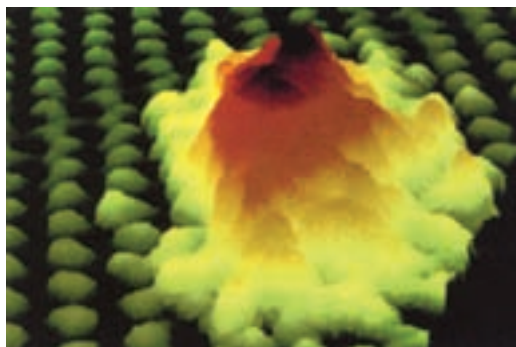
آیا می‌دانید « چگونه می‌توان انرژی تابشی خورشید را مهار کرد؟ »

هنگامی که به اطراف خود نگاه می‌کنیم، با پدیده‌های مختلفی مواجه می‌شویم و سؤال‌های زیادی برای ما مطرح می‌شود؛ چرا آسمان آبی است؟ ابرها چگونه تشکیل می‌شوند؟ رعد و برق چگونه ایجاد می‌شود؟ موقعیت ما در جهان چگونه است؟

در زندگی روزمره‌ی خود نیز با پرسش‌های گوناگونی روبه‌رو هستیم؛ چرا لباس‌های پشمی برای گرم نگاه‌داشتن ما مفیدند؟ چرا وقتی بخاری را خاموش می‌کنیم، پس از مدتی اتاق سرد می‌شود؟ چرا شخصی که در کف استخر با آب زلال ایستاده است، پاهایش کوتاه‌تر به نظر می‌رسند؟ با استفاده از علم فیزیک می‌توان به این پرسش‌ها پاسخ داد. مطالعات علمی نشان داده‌اند که پدیده‌ها از قانون‌های خاصی پیروی می‌کنند. هدف اصلی علم فیزیک کشف و بیان این قانون‌ها است و همان‌طور که در این کتاب خواهید دید، پاسخ به پرسش‌ها نیز براساس این قانون‌ها صورت می‌گیرد.

امروزه فیزیک‌دانان به بررسی و مطالعه‌ی پدیده‌ها، از ذره‌های خیلی ریزی همچون اجزای تشکیل‌دهنده‌ی اتم‌ها گرفته تا اجسام بسیار بزرگی همچون ستارگان و کهکشان‌ها، می‌پردازند. شکل‌های (۱-۱ تا ۸-۱) نمونه‌ای از نتایج پژوهش‌های گسترده‌ی فیزیک‌دانان را نشان می‌دهد که موجب

دگرگونی دانش و بینش ما نسبت به جهان شده است.



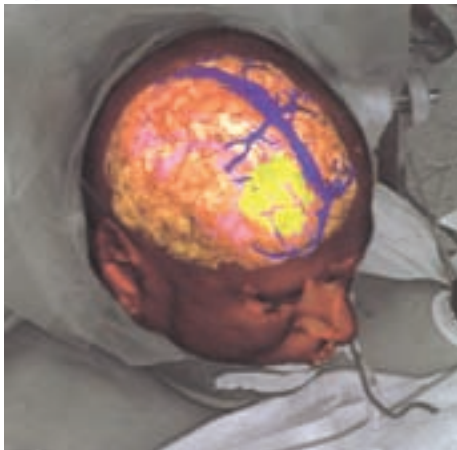
شکل ۱-۱- تصویری را که به کمک یک میکروسکوپ بسیار پیشرفته از اتم‌های طلا (نارنجی) بر سطح گرافیت (سبز) گرفته شده است، نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱- تصویری از دست انسان که به کمک پرتوهای X گرفته شده است. این تصویر پزشک را قادر می‌سازد تا محل آسیب‌دیدگی دست و چگونگی آن را مشخص کند.



شکل ۱-۳- از تارهای نوری استفاده‌های فراوانی می‌شود که از مهم‌ترین کاربرد آن‌ها می‌توان به استفاده از تارهای نوری در انواع گوناگون وسایل ارتباط از دور، نظیر مکالمه‌ی تلفنی، انتقال داده‌ها با رایانه یا پخش تلویزیونی کابلی، اشاره کرد. هر چند فناوری تار نوری در سال‌های اخیر رشدی سریع و گسترده پیدا کرده است. اما بعضی از مفاهیم اصلی مربوط به این وسیله‌ی ارتباطی، که باریکه‌های نور را هدایت می‌کند، خیلی قدیمی‌اند.



شکل ۱-۴- تصویر تومور و رگ‌های خونی مغز یک بیمار را که به کمک رایانه مدل‌سازی شده است، نشان می‌دهد. این تصویر، جراح را قادر می‌سازد تا پیش از عمل جراحی محل دقیق تومور را مشخص کند و در نتیجه آسیب کم‌تری به دیگر رگ‌های خونی بیمار، در حین عمل، وارد شود.



شکل ۱-۵- تلسکوپ کک در هاوایی. قطر آینه‌ی این تلسکوپ ۱۰ m است و از ۳۶ آینه‌ی ۶ وجهی تشکیل شده است. اخترشناسان به کمک این تلسکوپ قادرند تصاویری واضح‌تر و دقیق‌تر از اعماق کیهان به دست آورند.



شکل ۱-۶- ماهواره‌ی مخابراتی اینتلست ۴ که در فاصله‌ی ۳۶۰۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار گرفته و به دور آن می‌چرخد. این ماهواره قادر است اطلاعات را به صورت موج‌های الکترومغناطیسی از یک فرستنده‌ی زمینی دریافت کند و در ناحیه‌ی وسیعی از زمین پخش کند.



شکل ۱-۷- فضاپیمای تحقیقاتی سرنشین‌دار یکی از پروژه‌های پرهزینه‌ای است که با مشارکت جهانی در حال ساخت است. این ایستگاه بین‌المللی فضایی را به صورت قطعه‌های جدا از هم می‌سازند و در فضا به یک‌دیگر وصل می‌کنند.



شکل ۱-۸- یکی از پرشش‌های بنیادی در علوم، پرشش دربارهی میزان سن و نیز اندازه‌ی کیهان است. شکل روبه‌رو یکی از میلیون‌ها کهکشان جهان هستی را نشان می‌دهد که خود از میلیون‌ها ستاره تشکیل شده است. این تصویر توسط تلسکوپ فضایی هابل، که در مداری به فاصله‌ی ۵۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارد، گرفته شده است.

شما نیز به اتفاق دیگر اعضای گروه خود، فهرستی از کاربردهای فیزیک در فناوری تهیه کنید و به کلاس درس ارائه دهید.

موضوع انرژی در فیزیک جایگاه ویژه‌ای دارد و در زمینه‌های مختلفی مطرح می‌شود؛ از جمله در زندگی روزمره‌ی ما، چگونگی تولید و مصرف آن، از لحاظ اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، زیست‌محیطی و ... اهمیت بسیار دارد. در این فصل ضمن یادآوری انواع مختلف انرژی که شما در دوره‌ی راهنمایی با آن‌ها آشنا شدید، قانون پایستگی انرژی را توضیح خواهیم داد و با کاربرد آن در حل بسیاری از مسائل آشنا خواهیم شد. در پایان نیز به بررسی برخی از منابع انرژی و همچنین چگونگی بهینه‌سازی انرژی خواهیم پرداخت.

۱-۱- انرژی و شما

بدن شما که نوجوانی فعال و در حال رشد هستید روزانه به‌طور متوسط حدود ۱۲۰۰۰ کیلوژول انرژی نیاز دارد. این انرژی را با خوردن مواد غذایی به دست می‌آورید. بعضی از غذاها، به‌ویژه غذاهای حاوی پروتئین‌ها، به سلول‌های بدن کمک می‌کنند تا سلول‌های تازه‌ی بدن را بسازند و بعضی غذاهای دیگر، مانند چربی‌ها و مواد قندی، عمدتاً انرژی لازم را برای گرم‌نگه‌داشتن بدن در دمای 37°C و فعالیت‌های روزانه‌ی ما فراهم می‌کنند.

مواد غذایی، همچون سوخت‌های ماشین‌ها، دارای انرژی شیمیایی هستند و برای آزادشدن این انرژی لازم است در آن‌ها تغییرات شیمیایی صورت پذیرد.

در هر گرم از غذایی که می‌خوریم و یا سوختی که در ماشین می‌ریزیم مقداری انرژی شیمیایی ذخیره شده است. این انرژی را با یکای کیلوژول بر گرم و با نماد kJ/g بیان می‌کنند*. در جدول (۱-۱) انرژی شیمیایی موجود در بعضی از غذاها و سوخت‌های معمولی داده شده است. این مقادیر مشخص می‌کنند که هر گرم از یک ماده‌ی غذایی یا سوخت، بر اثر واکنش‌های شیمیایی چند کیلوژول انرژی آزاد می‌کند. مثلاً برای کره عدد $30/2$ ذکر شده است. یعنی، هر گرم کره $30/2 \text{kJ}$ انرژی برای بدن فراهم می‌کند.

* پکاها را با علامت اختصاری آن‌ها نشان می‌دهیم که معمولاً حرف اول کلمه‌ی انگلیسی آن‌هاست.

جدول ۱-۱- انرژی شیمیایی موجود در غذاها و سوخت‌های معمولی
برحسب kJ/g (کیلوژول بر گرم)

غذاهای معمولی	غذاهای معمولی	سوخت‌های معمولی
سیب	۲/۴	چربی
حبوبات، غله	۵	شیر
کره	۳۰/۲	شیر کم چربی
هویج	۱/۸	پرتقال
کرفس	۰/۶	نخود
پنیر تازه	۴/۵	تخم مرغ
مرغ	۶/۷	راسته‌ی گوساله‌ی
شکلات	۲۲/۲	بدون چربی
نوشابه	۱/۵	سیب‌زمینی پخته
پلو	۴/۶	شکر
انگور	۲/۹	گوجه‌فرنگی
گوشت پخته	۹/۴	ماهی تن
بستنی	۹/۳	نان لواش
		۱۱/۳
		۸/۳
		۰/۹
		۱۶/۸
		۳/۹
		۷
		۶/۸
		۳
		۲/۱
		۱/۸
		۲/۷
		۳۹/۱
		زغال
		۳۳/۶
		۴۷/۹
		نفث
		۵۴/۶
		گاز طبیعی
		۱۶/۸
		چوب

فعالیت ۲

فهرستی از غذاهایی که در یک روز معین مصرف می‌کنید به همراه مقدار تقریبی آن‌ها تهیه کنید. با استفاده از این فهرست و جدول (۱-۱) مشخص کنید که در این روز معین، بدن شما چه مقدار انرژی از این مواد غذایی کسب می‌کند.

در جدول (۲-۱) آهنگ مصرف انرژی در فعالیت‌های گوناگون آمده است. منظور از آهنگ مصرف انرژی این است که در یک زمان معین (مثلاً یک دقیقه در این جدول) چه مقدار انرژی مصرف می‌شود. آهنگ مصرف انرژی را توان مصرفی می‌نامیم. به‌عنوان مثال، برای خوابیدن عدد ۵ آمده است که معنی آن این است که در حالت خواب، در هر دقیقه ۵kJ انرژی مصرف می‌شود.

جدول ۱-۲- آهنگ مصرف انرژی برای فعالیت‌های گوناگون

آهنگ مصرف انرژی (kJ/min) (کیلوژول بر دقیقه)	نوع فعالیت
۵	خواب
۷/۱	نشستن در حال استراحت
۷/۶	ایستادن در حالت معمولی
۱۲/۶	نشستن در کلاس
۱۶	به آرامی راه رفتن
۲۳/۹	دوچرخه سواری* (۱۸-۱۳ km/h)
۴۲	دوچرخه سواری (۲۱ km/h)
۱۱۱/۳	دوچرخه سواری (مسابقه)
۲۶/۵	تنیس
۲۸/۶	شنا (فوری باغ)
۴۱/۲	بالا رفتن از پله
۴۷/۹	بسکتبال

مثال ۱

با استفاده از جدول‌های (۱-۱) و (۲-۱) تعیین کنید یک شکلات ده گرمی چه مقدار انرژی برای ما فراهم می‌کند و برای مصرف کردن آن چه مدت زمان باید آرام راه برویم؟

پاسخ: از جدول (۱-۱) به دست می‌آید که یک گرم شکلات ۲۲/۲kJ انرژی فراهم می‌کند. در نتیجه ده گرم شکلات $222 \text{ kJ} = (22/2 \text{ kJ/g}) \times (10 \text{ g})$ انرژی تأمین می‌کند.

در جدول (۲-۱) مشاهده می‌شود که برای راه رفتن آرام در هر دقیقه ۱۶kJ انرژی مصرف می‌شود. در نتیجه، باید $13/8 \text{ min} = (222 \text{ kJ}) \div (16 \text{ kJ/min})$ راه برویم.

* کیلومتر بر ساعت را با نماد km/h نمایش می‌دهند.

تمرین ۱

الف: در ده دقیقه دوچرخه سواری با سرعت 21 km/h ، چه مقدار انرژی مصرف می‌شود؟
ب: با خوردن چه مقدار شیر این انرژی برای او فراهم می‌شود؟

۱-۲- انرژی جنبشی

انرژی ای که جسم‌های متحرک، صرفاً به علت حرکتشان دارند، انرژی جنبشی نامیده می‌شود. بنابراین انرژی تویی که در روی زمین در حال حرکت است، انرژی پرهی پنکه و... از نوع انرژی جنبشی است. انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با سرعت V حرکت می‌کند، مطابق رابطه‌ی (۱-۱) تعریف و محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{1}{2} mV^2 \quad (1-1)$$

در این رابطه، اگر m برحسب کیلوگرم (kg) و V برحسب متر برثانیه (m/s) باشد، K برحسب ژول (J) به دست می‌آید. این رابطه نشان می‌دهد که هر چه سرعت جسم بیش‌تر باشد، انرژی جنبشی آن بیش‌تر است.

مثال ۲

انرژی جنبشی اتومبیلی به جرم 2000 kg که با سرعت 10 m/s حرکت می‌کند، چقدر است؟
حل

$$m = 2000 \text{ kg} \text{ و } V = 10 \text{ m/s} \text{ و } K = ?$$

$$K = \frac{1}{2} mV^2$$

$$K = \frac{1}{2} (2000)(10)^2 = 100000 \text{ J} = 100 \text{ kJ}$$

تمرین ۲

گلوله‌ای به جرم $10^{\circ}g$ و انرژی جنبشی $20J$ با سرعت ثابت در حال حرکت است. سرعت این گلوله چقدر است؟

۱-۳- انرژی درونی

هنگامی که سماور برقی را روشن می‌کنید و یا ظرف آبی را روی شعله قرار می‌دهید، آب پس از مدتی گرم‌تر می‌شود. در اینجا، انرژی الکتریکی و یا انرژی شیمیایی مصرف شده است. این انرژی کجا رفته است؟ آیا انرژی جنبشی سماور یا ظرف افزایش یافته است؟ در مورد انرژی مصرف شده، چه می‌توان گفت؟

در این مثال می‌گوییم که چون سماور و آب انرژی جنبشی کسب نکرده‌اند، انرژی مصرف شده، باید به طریقی در سماور و یا ظرف آب موجود باشد. در این حالت نوع دیگری انرژی را معرفی می‌کنیم که انرژی درونی نامیده می‌شود. در مورد مثال بالا می‌گوییم که انرژی مصرف شده، باعث افزایش انرژی درونی سماور یا ظرف آب شده است. **انرژی درونی یک جسم، مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل دهنده‌ی آن است.** معمولاً بالا رفتن انرژی درونی جسم به صورت گرم‌تر شدن آن ظاهر می‌شود.

برای چند ثانیه کف دست‌های خود را به هم بمالید (تولید انرژی جنبشی). مشاهده می‌کنید که دست‌های شما گرم‌تر می‌شوند. در این حالت انرژی جنبشی دست‌ها کجا رفته است؟ چون دست‌هایتان گرم‌تر شده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که انرژی درونی آن‌ها افزایش یافته است. در نتیجه می‌توان گفت که، در اثر مالش، انرژی جنبشی دست‌ها به انرژی درونی آن‌ها تبدیل شده است.

پاسخ دهید!

- ۱- تویی را که در روی زمین در حال حرکت است، در نظر بگیرید. سرعت توپ رفته‌رفته کم شده و بالاخره متوقف می‌شود. انرژی جنبشی توپ کجا رفته است؟
- ۲- پنکه‌ای را که روشن است خاموش می‌کنیم. پنکه پس از مدتی متوقف می‌شود. انرژی جنبشی پره‌ی پنکه کجا رفته است؟

از آنچه گفته شد، می توان نتیجه گرفت که :

در اثر مالش دو سطح بر روی یکدیگر، مقداری انرژی به انرژی درونی دو جسم تبدیل می شود. در این گونه موارد، اصطلاحاً می گوئیم انرژی تلف شده است. در واقع، همان طور که اشاره شد، در این حالت انرژی تلف نشده است، بلکه به انرژی درونی دو جسم تبدیل شده است ولی چون این انرژی را نمی توان عملاً مورد استفاده قرار داد، از اصطلاح «تلف شدن» استفاده می شود. معمولاً به جای مالش واژه ی اصطکاک به کار می رود و در این حالت گفته می شود که بین دو سطح اصطکاک وجود دارد.

تمرین ۳

اتومبیلی به جرم، 1000 kg با سرعت 20 m/s (72 km/h) در حال حرکت است. اگر اتومبیل ترمز کند و متوقف شود، چه مقدار انرژی به انرژی درونی جاده و لاستیک ها تبدیل می شود؟

پاسخ دهید ۲

در فصل سوم کتاب علوم تجربی سال اول راهنمایی با اثر گرما بر حالت مواد آشنا شدید. با توجه به آنچه تاکنون فرا گرفته اید حالت های را نام بپسید که :

الف : افزایش انرژی درونی جسم به صورت گرم تر شدن آن ظاهر می شود.

ب : افزایش انرژی درونی جسم به صورت گرم تر شدن آن ظاهر نمی شود.

۱-۴- قانون پایستگی انرژی

فرض کنید احمد مقداری پول (مثلاً 10000 ریال به صورت یک اسکناس 5000 ریالی، دو اسکناس 2000 ریالی و یک اسکناس 1000 ریالی) دارد. احمد پس از مدتی پول خود را می شمارد و متوجه می شود که مقدار آن کم تر (مثلاً 8000 ریال) شده است. او چه فکر می کند؟ آیا او فکر می کند که یک اسکناس 2000 ریالی خود به خود در جیب او از بین رفته است؟ خیر، او به یاد می آورد که مثلاً

آن را در مدرسه خرج کرده و یا به دوستش قرض داده است و بالاخره توجیهی برای کم شدن پول پیدا می‌کند. همچنین، ممکن است پس از شمارش دریابد که پولش زیاد (مثلاً ۱۲۰۰۰ ریال) شده است. آیا او فکر خواهد کرد که پول خودبه‌خود در جیبش به‌وجود آمده است؟ خیر، او پس از فکر کردن به یاد می‌آورد که مثلاً از دوستش طلب داشته و او قرض خود را ادا کرده است.

از این مثال می‌توان نتیجه گرفت که: پول احمد هیچگاه از بین نمی‌رود و خودبه‌خود نیز به‌وجود نمی‌آید و همواره ثابت می‌ماند، مگر این که مقداری از آن را به فرد دیگری (به دوستش یا فروشنده و...) بدهد و یا این که مقداری پول از کسی دریافت کند.

انرژی یک جسم نیز چنین رفتاری دارد و قانون پایستگی انرژی نیز این رفتار را بیان می‌کند. بنا بر این قانون:

انرژی یک جسم هیچ‌گاه از بین نمی‌رود و خودبه‌خود نیز به‌وجود نمی‌آید و همواره پایسته (ثابت) می‌ماند، مگر این که مقداری از آن را به جسم دیگری بدهد و یا این که از یک جسم دیگر انرژی دریافت کند.

مثال ۳

یک توپ ساکن را در نظر بگیرید. با پا به آن ضربه‌ای می‌زنید و توپ شروع به حرکت می‌کند. این آزمایش را با قانون پایستگی انرژی توضیح دهید.

پاسخ: بنا بر این قانون، اگر انرژی به توپ منتقل نشود، انرژی آن باید پایسته بماند. در نتیجه تا وقتی به توپ ضربه زده نشده است، توپ ساکن می‌ماند. در اثر ضربه، به آن انرژی منتقل می‌شود و شروع به حرکت می‌کند.

تمرین ۴

در مثال ۳، اگر در اثر ضربه، ۵ ژول انرژی به توپ منتقل شود و جرم توپ ۰/۵ کیلوگرم باشد، سرعت آن چقدر می‌شود؟

مثال ۴

در شکل (۹-۱) توپ‌های ۱ و ۲ را در نظر بگیرید که روی زمین ساکن‌اند. به توپ ۱ طوری ضربه می‌زنیم که به طرف توپ ۲ حرکت کند. پس از برخورد آن‌ها، توپ ۲ شروع به حرکت می‌کند و سرعت توپ ۱ کاهش می‌یابد. قانون پایستگی انرژی را برای توپ‌های ۱ و ۲ به کار برید.



شکل ۹-۱

پاسخ: بنابر این قانون، مقداری از انرژی توپ ۱ در اثر برخورد به توپ ۲ منتقل شده و انرژی توپ ۱ کاهش یافته است. انرژی توپ ۲ به علت دریافت کردن انرژی از توپ ۱، افزایش یافته است.

در این مثال‌ها دیدید که انرژی جسم ثابت می‌ماند، مگر این که به طریقی به آن انرژی داده یا از آن انرژی گرفته شود. اکنون یک حالت جدید را بررسی می‌کنیم. اتومبیلی را در نظر بگیرید که ساکن است. راننده، اتومبیل را روشن می‌کند و در یک جاده‌ی افقی شروع به حرکت می‌کند. اتومبیل از جسم دیگری انرژی دریافت نکرده است. انرژی جنبشی آن از کجا آمده است؟ برای بررسی این وضع، به مثال پول احمد برمی‌گردیم.

اگر احمد متوجه شود که فقط یک اسکناس ۱۰۰۰۰ ریالی دارد، آیا می‌توان نتیجه گرفت که پول‌های احمد خودبه‌خود به یک اسکناس ۱۰۰۰۰ ریالی تبدیل شده است؟ خیر. احمد پس از فکر کردن به یاد می‌آورد که دوستش به پول خرد احتیاج داشته و پول‌های خود را با اسکناس ۱۰۰۰۰ ریالی او عوض کرده است. یعنی، پول احمد از یک نوع به نوع دیگر تبدیل شده است.

در مورد مثال اتومبیل نیز می‌توان گفت که انرژی اتومبیل تغییر نکرده است، بلکه از یک نوع (انرژی شیمیایی) به نوع دیگری (انرژی جنبشی) تبدیل شده است. بنابراین:

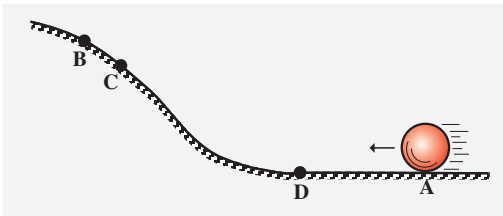
در کاربرد قانون پایستگی انرژی باید این نکته را در نظر داشته باشیم که: مقدار انرژی همواره پایسته (ثابت) می‌ماند، اما ممکن است از یک نوع به نوع دیگر تبدیل شود.

فعالیت ۳

با بحث در گروه خود، قانون پایستگی انرژی را در مورد راه رفتن انسان به کار برید و نتیجه را به کلاس درس ارائه دهید.

۱-۵- انرژی پتانسیل گرانشی

فرض کنید احمد در پایین یک تپه در نقطه‌ی A ایستاده است و به یک توپ ضربه می‌زند. توپ شروع به حرکت می‌کند و از تپه بالا می‌رود. سرعت آن رفته‌رفته کم می‌شود و بالاخره در نقطه‌ی B برای یک لحظه متوقف می‌گردد. در این لحظه، توپ ساکن است و انرژی جنبشی ندارد. اکنون این پرسش پیش می‌آید که انرژی جنبشی توپ کجا رفته است؟ آیا تمام انرژی آن در اثر اصطکاک به انرژی درونی توپ و سطح زمین تبدیل شده است؟



شکل ۱-۱۰

از طرف دیگر مشاهده می‌کنیم که توپ برمی‌گردد و هر چه پایین‌تر می‌آید سرعتش بیش‌تر می‌شود. یعنی، انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد. این انرژی را از کجا کسب می‌کند؟

از بیان‌های بالا نتیجه می‌گیریم که توپ در نقطه‌ی B نیز دارای انرژی است.

همان‌طور که از دوره‌ی راهنمایی به یاد دارید، این نوع انرژی - که جسم صرفاً به علت ارتفاعش از سطح زمین دارد - انرژی پتانسیل گرانشی نام دارد.

پاسخ دهید ۳

الف: فرض کنید توپ را در بین راه، مثلاً نقطه‌ی C در شکل (۱-۱۰) متوقف کنیم. اگر آن را رها کنیم، حرکت توپ چگونه خواهد بود؟ آیا می‌توان گفت که در نقطه‌ی C توپ دارای انرژی پتانسیل گرانشی است؟

ب: اگر توپ را در نقطه‌ی D واقع در قسمت افقی مسیر در شکل (۱-۱) متوقف و سپس رها کنیم، حرکت توپ چگونه خواهد بود؟ آیا می‌توان نتیجه گرفت که توپ در نقطه‌ی D دارای انرژی پتانسیل گرانشی است؟

پ: با استفاده از قانون پایستگی انرژی، بالا رفتن توپ و برگشت آن از شیب تپه را توضیح دهید.

ت: در شکل (۱-۱)، فرض کنید اصطکاک وجود نداشته باشد، آیا توپ می‌تواند بالاتر از نقطه‌ی B برود؟

جسمی به جرم m را که در ارتفاع h از سطح زمین قرار دارد در نظر بگیرید. انرژی پتانسیل گرانشی این جسم را U می‌نامیم. مقدار U نسبت به زمین با رابطه‌ی زیر داده می‌شود:

$$U = mgh \quad (۲-۱)$$

در این رابطه مقدار g ، که شتاب گرانشی زمین نامیده می‌شود، برابر با $۹/۸ \text{ m/s}^2$ است. مقدار آن را می‌توان تقریباً برابر ۱۰ m/s^2 در نظر گرفت.

مثال ۵

انرژی پتانسیل تویی به جرم $۰/۵ \text{ kg}$ که در ارتفاع ۲ متری سطح زمین قرار دارد چقدر است؟

حل

$$m = ۰/۵ \text{ kg} \quad \text{و} \quad h = ۲ \text{ m} \quad \text{و} \quad g = ۱۰ \text{ m/s}^2 \quad \text{و} \quad U = ?$$

$$U = mgh$$

$$= ۰/۵ \times ۱۰ \times ۲$$

$$= ۱۰ \text{ J}$$

مثال ۶

سنگی به جرم ۲kg را از ارتفاع ۴ متری سطح زمین رها می‌کنیم. با نادیده گرفتن مقاومت هوا، سرعت سنگ را در لحظه‌ی برخورد به زمین حساب کنید.

حل

در لحظه‌ی برخورد سنگ با زمین، همه‌ی انرژی پتانسیل گرانشی آن، پس از رهاشدن، به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود؛ در نتیجه داریم:

$$\begin{aligned}U &= mgh \\ &= 2 \times 10 \times 4 \\ &= 80 \text{ J}\end{aligned}$$

$$K = 80 \text{ J}$$

$$\frac{1}{2} mV^2 = 80$$

$$\frac{1}{2} \times 2V^2 = 80$$

$$V \approx 8/9 \text{ m/s}$$

تمرین ۵

جسمی به جرم ۲۰۰ گرم را با سرعت ۱۰ m/s در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. با نادیده گرفتن اتلاف انرژی،

الف: انرژی جنبشی آن در لحظه‌ی پرتاب چقدر است؟

ب: جسم تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟



آزمایش کنید - ۱

وسیله‌های آزمایش: یک گلوله‌ی کوچک، یک قطعه نخ.
گلوله را به انتهای نخ وصل کنید و انتهای دیگر آن را مطابق شکل (۱۱-۱) از نقطه‌ای آویزان کنید. مجموعه‌ی نخ و گلوله را آونگ می‌نامند.

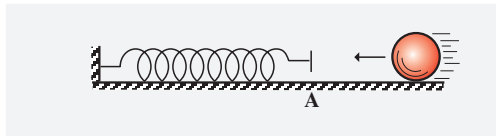


شکل ۱۱-۱

آونگ را از وضعیت قائم منحرف و سپس رها کنید. حرکت آونگ را براساس قانون پایستگی انرژی توضیح دهید.

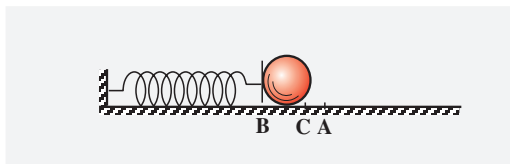
۱-۶ - انرژی پتانسیل کشسانی

مطابق شکل (۱۲-۱) سر یک فنر به دیوار متصل است و سر دیگر آن در نقطه‌ی A قرار دارد.



شکل ۱۲-۱

گلوله‌ای به طرف فنر حرکت می‌کند، با فنر برخورد و فنر را فشرده می‌کند. هر چه فنر بیش‌تر فشرده شود، سرعت گلوله کم‌تر می‌شود و بالاخره گلوله برای لحظه‌ای در نقطه‌ی B متوقف می‌شود (شکل ۱۳-۱) و برمی‌گردد. در این لحظه (در نقطه‌ی B) گلوله ساکن است و انرژی جنبشی ندارد. اکنون این پرسش پیش می‌آید که انرژی جنبشی گلوله کجا رفته است؟



شکل ۱۳-۱

از طرف دیگر مشاهده می‌کنیم که، در ادامه، گلوله به طرف راست حرکت می‌کند و هر چه فشردگی فنر کم‌تر می‌شود، سرعت گلوله بیش‌تر می‌شود و گلوله انرژی جنبشی کسب می‌کند. گلوله این انرژی جنبشی را از کجا به دست می‌آورد؟

با توجه به مطالب فوق، می‌توان گفت، هنگامی که گلوله در نقطه‌ی B قرار دارد، مجموعه‌ی گلوله و فنر دارای انرژی است. ولی این انرژی از چه نوعی است؟ با توجه به آنچه که در مورد انرژی پتانسیل گراشی گفته شد، می‌توان گفت که در این حالت نیز انرژی جنبشی به نوعی از انرژی پتانسیل تبدیل شده است. این انرژی پتانسیل در فنر ذخیره شده است، زیرا اگر فنر وجود نمی‌داشت جسم از نقطه‌ی B حرکت نمی‌کرد (به مثال ۳ مراجعه کنید). **انرژی پتانسیل ذخیره شده در فنر کشیده شده یا فشرده شده را انرژی پتانسیل کشسانی می‌نامند.** در هنگام برگشت گلوله، انرژی پتانسیل کشسانی دوباره به انرژی جنبشی توپ تبدیل می‌شود.

پاسخ دهید ۴

- ۱- در شکل (۱-۱۳) هنگامی که گلوله در نقطه‌ی C بین دو نقطه‌ی A و B قرار دارد، آیا انرژی پتانسیل در فنر ذخیره شده است؟ آیا گلوله دارای انرژی جنبشی است؟
- ۲- فرض کنید پس از برخورد گلوله با فنر، گلوله به فنر بچسبند. حرکت بعدی گلوله را توصیف کنید و تبدیل‌های انرژی را با استفاده از قانون پایستگی انرژی توضیح دهید.
- ۳- اگر سطح بدون اصطکاک باشد فنر بیش‌تر فشرده می‌شود یا وقتی که سطح دارای اصطکاک است؟ چرا؟

در این بخش و بخش (۱-۵) با انرژی‌های پتانسیل کشسانی و گراشی آشنا شدید. نوع‌های دیگری از انرژی پتانسیل نیز وجود دارند. در فصل سوم با انرژی پتانسیل الکتریکی آشنا خواهید شد.

پاسخ دهید ۵

در اسباب‌بازی‌های کوکی، انرژی لازم برای حرکت آن‌ها از کجا تأمین می‌شود؟

۱-۷- منابع انرژی

در یک نگاه کلی، منابع انرژی را می‌توان به دو دسته‌ی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم‌بندی کرد که در ادامه به بررسی هریک خواهیم پرداخت.

منابع انرژی تجدیدناپذیر

انرژی‌های تجدیدناپذیر تنها یک بار قابلیت مصرف دارند، و منابع آن‌ها محدود است و پس از مدتی تمام می‌شوند. سوخت‌های فسیلی و سوخت‌های هسته‌ای از جمله‌ی این منابع محسوب می‌شوند که در زیر به شرح آن‌ها خواهیم پرداخت.

الف: سوخت‌های فسیلی: میلیون‌ها سال طول می‌کشد تا تنه‌های پوسیده‌ی درختان یا باقی‌مانده‌ی جانوران در زیر گل و لای، تحت فشار و دمای مناسب، به زغال‌سنگ یا نفت و گاز، تبدیل شود. از مجموعه‌ی این مواد که سوخت‌های فسیلی نامیده می‌شوند می‌توان در صنایع پالایش و پتروشیمی، هزاران ماده‌ی مفید همچون قطران (از زغال‌سنگ)، بنزین، نفت سفید، نفت گاز، روغن موتور، رنگ، کود شیمیایی، دارو، پلاستیک و حتی غذا به‌دست آورد.

مهم‌ترین مشکل سوخت‌های فسیلی آلوده کردن محیط زیست، ناشی از تولید گازهای مضر مانند CO_2 و SO_2 است که باعث گرم شدن زمین می‌شوند. مقدار این سوخت‌ها، به‌ویژه نفت، محدود است که با توجه به آهنگ مصرف کنونی، بنابر پیش‌بینی‌های انجام‌شده، در چند دهه‌ی آینده منابع آن به اتمام می‌رسد.

ب: سوخت‌های هسته‌ای: بر اثر شکسته شدن هسته‌ی برخی اتم‌های سنگین مانند اورانیم و توریم، انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. این واکنش را شکافت هسته‌ای می‌نامند. همچنین بر اثر جوش خوردن هسته‌ی اتم‌های سبک مانند هیدروژن و تشکیل هسته‌های اندکی سنگین‌تر چون هلیم نیز انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. این واکنش که همجوشی هسته‌ای نامیده می‌شود همان واکنشی است که در ستارگان و خورشید صورت می‌گیرد و انرژی لازم برای تداوم زندگی بر روی کره‌ی زمین را فراهم می‌سازد. در واقع بیش‌تر انرژی مورد نیاز ما را واکنش‌های هسته‌ای با سوزاندن سوخت‌های هسته‌ای تأمین می‌کنند.*

اکنون در بیش‌تر کشورهای توسعه‌یافته و معدودی از کشورهای در حال توسعه از شکافت هسته‌ای در راکتورها برای تولید انرژی الکتریکی و تأمین برق مورد نیاز استفاده می‌شود. در این نیروگاه‌ها به جای زغال سنگ، نفت، یا گاز از ماده‌ی شکافت‌پذیری مانند اورانیم برای تولید گرما و

* در دوره‌ی پیش‌دانشگاهی با واکنش‌های شکافت هسته‌ای و همجوشی هسته‌ای به‌طور کامل‌تری آشنا می‌شوید.

به راه انداختن توربین بخار استفاده می‌شود. انرژی حاصل از این واکنش هزاران بار بیش‌تر از انرژی ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی است.

در کشور ما ایران نیز از ده‌ها سال قبل برنامه‌های جامعی برای تولید انرژی الکتریکی از طریق نیروگاه‌های هسته‌ای انجام شده و ساخت و راه‌اندازی نیروگاه هسته‌ای بوشهر بخش کوچکی از این برنامه‌هاست. به جهت اهمیت راهبردی فناوری‌های نو و از جمله فناوری هسته‌ای در دنیای امروز، مدیران ارشد کشور در دو دهه‌ی اخیر تمرکز بیش‌تری روی توسعه‌ی این گونه فناوری‌ها گذاشته‌اند؛ به طوری که در زمینه‌ی تولید سوخت هسته‌ای هم اینک بخشی از این برنامه‌ها به نتیجه رسیده و امروزه ایران در رده‌ی چند کشور معدودی است که فناوری غنی‌سازی اورانیوم را به جهت استفاده در مصالح صلح‌آمیز در اختیار دارد.

نیروگاه‌های هسته‌ای، آلاینده‌هایی چون CO_2 و SO_2 تولید نمی‌کنند و در نتیجه مسائل زیست‌محیطی ناشی از کار آن‌ها کم‌تر از نیروگاه‌های با سوخت فسیلی است. البته بر اثر شکافت هسته‌ای، مواد پسماند پرتوزایی تولید می‌شود که با دورریزی درست و ایمن آن‌ها می‌توان مسائل زیست‌محیطی ناشی از این نیروگاه‌ها را بسیار کم کرد. همچنین طراحی صحیح و مناسب نیروگاه‌های هسته‌ای خطر ناشی از حوادث آن‌ها را کمینه می‌سازد.

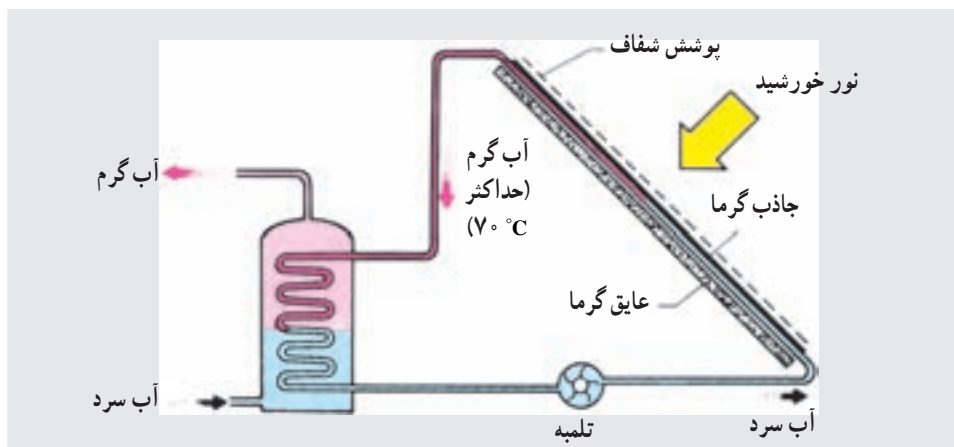
مسائل زیست‌محیطی ناشی از همجوشی هسته‌ای بسیار کم‌تر از واکنش شکافت هسته‌ای است. اما برای راه‌اندازی این واکنش‌ها به دماهای بسیار زیاد نیاز داریم که طراحی نیروگاه‌های مربوطه را به فناوری بسیار پیشرفته‌ای نیازمند می‌سازد. این امید وجود دارد که در آینده با غلبه بر مشکلات مربوط به طراحی این نیروگاه‌ها، همجوشی هسته‌ای علاوه بر ستارگان و خورشید، چشمه‌ی مهم تولید انرژی بر روی زمین نیز بشود.

منابع انرژی تجدیدپذیر

منابع انرژی تجدیدپذیر تمام نمی‌شوند و معمولاً آلودگی به وجود نمی‌آورند. برخی از این منابع عبارت‌اند از: انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی امواج دریا، انرژی هیدروالکتریک (برق آبی)، انرژی زمین‌گرمایی، سوخت‌های گیاهی (بیومس) که به اختصار به شرح هریک می‌پردازیم.

الف: انرژی خورشیدی: مقدار کل انرژی‌ای که زمین از خورشید دریافت می‌کند بسیار زیاد و در هر ثانیه معادل انرژی حاصل از سوختن ۳ میلیون تن بنزین است. تقریباً نیمی از این انرژی به سطح زمین و آب اقیانوس‌ها می‌رسد و خاک و آب و هوای زمین را گرم می‌کند و مقداری از آن بر اثر فوتوسنتز، به صورت انرژی شیمیایی، جذب گیاهان و سبب رشد آن‌ها می‌شود. استفاده از نور خورشید

برای گرم کردن، خشک کردن و حتی آتش زدن از زمان‌های گذشته معمول بوده است ولی بهره‌برداری به روش‌های جدید، در چند دهه‌ی اخیر معمول شده است.



شکل ۱۴-۱

راحت‌ترین راه بهره‌گیری انرژی خورشیدی، در آب‌گرم‌کن‌های با دمای کم است. در این وسیله، از صفحه‌های خورشیدی به‌عنوان وسیله‌ی تبدیل انرژی استفاده می‌شود که نور خورشید را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند (شکل ۱۴-۱). از این وسیله برای تولید آب گرم خانگی با دمای حدود 70°C استفاده می‌شود.



شکل ۱۵-۱

از انرژی خورشیدی می‌توان برای تولید دماهای زیاد، تا 3000°C و بالاتر نیز بهره‌گرفت. در این مورد از آینه‌های مقعر بزرگ (کوره‌ی خورشیدی) برای متمرکز کردن پرتوهای خورشید در ناحیه‌ای کوچک استفاده می‌شود (شکل ۱۵-۱). این انرژی را می‌توان برای تبدیل آب به بخار، برای به‌راه‌انداختن توربین یک نیروگاه برق به‌کار برد.

روش دیگر بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، به‌کاربردن سلول‌های خورشیدی است که نور خورشید را مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می‌کنند. با اتصال تعداد زیادی از این سلول‌ها می‌توان انرژی لازم را برای دستگاه‌های برقی، مخابراتی و ماهواره‌ها تأمین کرد. از این سلول‌ها برای تولید انرژی الکتریکی در مقیاس کوچک، برای نواحی دورافتاده، نیز می‌توان بهره‌گرفت. به تازگی با گسترش فناوری ساخت این سلول‌ها می‌توان آن‌ها را برای تولید برق در مقیاس بزرگ نیز به‌کار گرفت به‌طوری که یک نیروگاه تولید الکتریسیته از این نوع در شیراز به نام نیروگاه خورشیدی شیراز ساخته شده است. همچنین طرح‌های بسیاری برای اتومبیل‌های سبک به مرحله‌ی اجرا درآمده است که با استفاده از انرژی خورشیدی حرکت می‌کنند (شکل ۱-۱۶). همچنین هم‌اکنون روشنایی برخی از پارک‌ها و حتی چراغ‌های احتیاط و راهنمای خیابان‌ها در شهرهای مختلف ایران توسط سلول‌های خورشیدی تأمین می‌گردد.



شکل ۱-۱۶

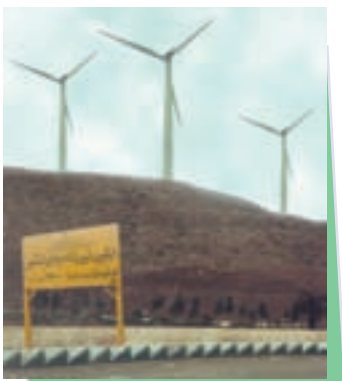
فعالیت ۴

معماری سنتی ایران، به‌ویژه در مناطق گرمسیری، نشان‌دهنده‌ی توجه خاص ایرانیان در استفاده‌ی صحیح و مؤثر از انرژی خورشیدی در زمان‌های قدیم است. در این زمینه تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس خود گزارش دهید.

ب: انرژی باد: آسیاهای بادی عظیم که توربین‌های بادی نامیده می‌شوند با دو یا سه پره به طول تا ۳۰ متر و حتی بیشتر، مولدهای برق را به‌کار می‌اندازند. در هر نیروگاه بادی معمولاً بین ۲۰ تا ۱۰۰ توربین وجود دارد که به فاصله‌ی تقریبی ۴۰۰ متر از هم قرار گرفته‌اند.

شکل (۱۷-۱ الف)، یک نیروگاه بادی را نشان می‌دهد که در حدود ۴۰۰ مگاوات برق تولید می‌کند. این میزان انرژی، برای تأمین برق حدود ۲۵۰۰۰۰ خانه کافی است.

توربین‌های بادی معمولاً پر سر و صدا هستند و منظره‌ی طبیعی را نیز خراب می‌کنند. بنابراین طرفداران محیط زیست با استفاده از این نیروگاه‌ها مخالف‌اند، به ویژه آن‌که محل‌های مناسب برای احداث این نیروگاه‌ها اغلب در منطقه‌هایی قرار دارند که دارای زیبایی طبیعی بسیارند. شکل (۱۷-۱ ب)، قسمتی از نیروگاه بادی منجیل را نشان می‌دهد که در دره‌ی زیبای این شهر احداث شده است.



ب



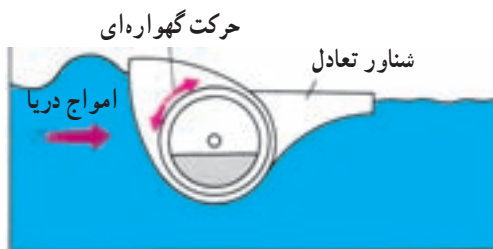
الف

شکل ۱۷-۱

پ: انرژی امواج دریا: افت و خیز امواج دریا را می‌توان به کمک نوعی مبدل به انرژی لازم برای به کار انداختن مولدهای برق تبدیل کرد. هرچند این کار مشکل است و تولید الکتریسیته در مقیاس بزرگ با این روش تا آینده‌ای نزدیک عملی نخواهد بود، ولی اکنون دستگاه‌های کوچکی از این نوع، برای تأمین انرژی لازم برای مردمانی که در جزیره‌ها زندگی می‌کنند توسعه یافته است. شکل (۱۸-۱) طرحی از چگونگی مهار انرژی امواج دریا را مشاهده می‌کنید.

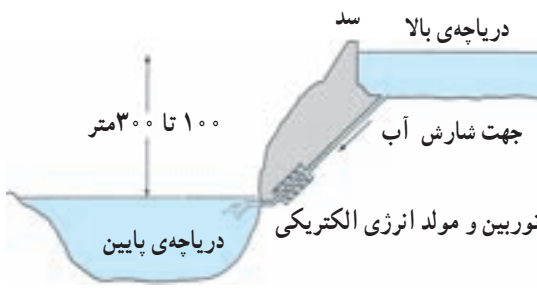


ب



الف

شکل ۱۸-۱



الف



ب

شکل ۱۹-۱

ت: انرژی هیدروالکتریک (برق)

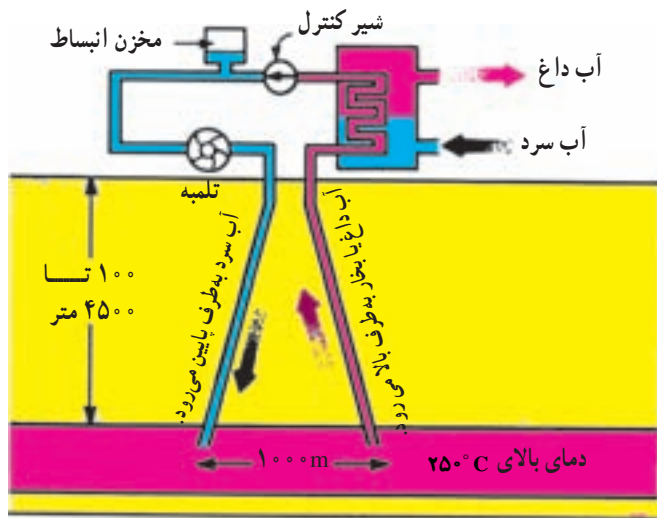
آبی): جریان آب از ارتفاع زیاد به سطح پایین تر از پشت یک سد را می توان در یک طرح هیدروالکتریکی برای به کار انداختن توربین آبی متصل به یک مولد برق به کار برد (شکل ۱۹-۱).

بیش تر نیروگاه های آبی در مناطقی قرار دارند که میزان بارندگی سالیانه در آنها بیش تر از سایر نقاط است. با مدیریت صحیح، انرژی هیدروالکتریکی می تواند منبع انرژی قابل اطمینانی باشد، ولی خطراتی در مورد احتمال خراب شدن سدها، و نیز مسائلی در ارتباط با تأثیر سد بر محیط اطراف وجود دارد. زیرا با احداث سد، زمین هایی که قبلاً به صورت جنگل و یا برای زراعت و دامداری به کار می رفت زیر آب می رود.

ت: انرژی زمین گرمایی: انرژی زمین گرمایی به گرمای موجود در زیر سطح کره ی زمین گفته می شود. مقدار این انرژی به مراتب بیش تر از مصرف فعلی انرژی در جهان است، ولی تولید آن، به جز در نواحی ای که به عنوان محل آتش فشان یا زلزله شناخته می شوند، بسیار کم است.

برای استفاده از انرژی زمین گرمایی، مطابق شکل (۱-۲)، آب سرد را از طریق مجرای به طرف صخره های داغ، در عمق زمین می فرستند و آن را از طریق مجرای دیگر به صورت آب گرم و یا بخار خارج می کنند. از این آب گرم و یا بخار می توان برای گرم کردن خانه ها و به کار انداختن یک توربین بخار مولد برق استفاده کرد.

انرژی زمین گرمایی در صورتی تجدیدپذیر محسوب می شود که انرژی برداشت شده بیش از انرژی ای که از طریق مرکز زمین (این انرژی، بر اثر واکنش های هسته ای به صورت پیوسته تولید می شود) جایگزین می شود نباشد و همچنین مقدار آب تزریق شده و آب خارج شده برابر باشد.



شکل ۱-۲۰

ج: سوخت‌های گیاهی (بیومس): سوخت‌های گیاهی شامل محصولات زراعی (مانند تفاله‌ی دانه‌های روغنی)، بقایای محصولات (مانند کاه)، گیاهان طبیعی که برای استفاده از چوب آن‌ها کشت می‌شود، فضولات حیوانات و فاضلاب‌های انسانی است.

بر اثر تخمیر سوخت‌های گیاهی توسط آنزیم‌ها و یا تجزیه‌ی آن‌ها به وسیله‌ی باکتری‌ها در نبود هوا، می‌توان موادی نظیر الکل (اتانول) و گاز متان به‌دست آورد. سوخت‌های گیاهی مایع می‌توانند جانشین بنزین شوند. هرچند انرژی آن‌ها در حدود ۵۰ درصد کم‌تر از بنزین است ولی سرب و گوگرد ندارند و در نتیجه تمیزترند. زیست‌گاز مخلوطی از متان و کربن دی‌اکسید و با انرژی حدود ۷۰ درصد گاز طبیعی، نیز می‌تواند برای مصارف مختلف مورد استفاده قرار گیرد. در بعضی از کشورهای در حال توسعه، این گاز از طریق فضولات حیوانی و پسماندهای آن‌ها در دستگاه‌هایی مطابق شکل (۱-۲۱) به‌دست می‌آید و برای گرم کردن و آشپزی به‌کار می‌رود.



شکل ۱-۲۱

۸-۱- بهینه‌سازی مصرف انرژی

مصرف روز افزون و بی‌رویه‌ی انرژی، به خصوص سوخت‌های فسیلی، مسایل و مشکلات فراوانی را برای انسان و محیط زیست کره‌ی زمین به‌وجود آورده است. لازم است این مشکلات را بشناسیم و روش‌های برطرف کردن آن مسایل و بهترین راه مصرف انرژی را بیابیم تا زندگی انسان دوام یابد و توسعه‌ی پایدار صورت گیرد.

هر گونه مصرف انرژی، در نهایت صرف گرم کردن محیط می‌شود. به عنوان مثال، یک اتومبیل در حال حرکت را در نظر بگیرید. اتومبیل در اثر احتراق بنزین انرژی جنبشی کسب می‌کند. در اثر احتراق، موتور گرم می‌شود، که برای خنک کردن آن از آبی که به دور آن می‌گردد، استفاده می‌شود. آب نیز در رادیاتور به وسیله‌ی جریان هوا خنک می‌شود. در نتیجه، هوا را گرم می‌کند. انرژی جنبشی نیز در اثر اصطکاک با سطح جاده و ترمز کردن به انرژی درونی تبدیل می‌شود و صرف گرم کردن محیط می‌شود. بنابراین، در یک سفر که از یک محل به محل دیگری می‌رویم، بیشتر انرژی شیمیایی بنزین، به طرق مختلف، صرف گرم کردن محیط می‌شود.

به عنوان یک مثال دیگر، می‌توان یک نیروگاهی را در نظر گرفت که با یک سوخت فسیلی کار می‌کند. مقداری از انرژی شیمیایی سوخت در این نیروگاه به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و بقیه به طریقی که ذکر شد، صرف گرم کردن محیط می‌شود. انرژی الکتریکی از طریق شبکه‌ی سراسری برق به خانه‌ها منتقل و در آنجا برای مقاصد گوناگون به کار گرفته می‌شود. بخشی از این انرژی صرف روشنایی منزل می‌شود. انرژی نورانی، خود توسط دیوارها و وسیله‌های موجود در اتاق جذب می‌شود و باعث گرم‌تر شدن فضای اتاق می‌شود. بخش دیگر، صرف راه‌اندازی وسیله‌های برقی می‌شود که در نهایت آن‌ها نیز صرف گرم کردن محیط می‌شوند.

انرژی‌هایی که به شرح فوق به محیط داده می‌شود دیگر عملاً وجود ندارد و لذا نمی‌توان از آن‌ها استفاده کرد. در نتیجه، می‌توان گفت که بشر دائماً منابع انرژی خود را عمدتاً به نوعی از انرژی تبدیل می‌کند که عملاً برایش غیرقابل استفاده است.

فعالیت ۵

چند وسیله‌ی برقی را در گروه خود در نظر بگیرید و توضیح دهید که انرژی الکتریکی‌ای که به هر یک از آن‌ها داده می‌شود، چگونه در نهایت به گرم‌تر شدن محیط می‌انجامد.

باید دانست که، با توجه به توسعه‌ی اقتصادی کشورها، مصرف انرژی در حال افزایش است و برآورد شده است که در هر ۱۰ سال مصرف انرژی دو برابر می‌شود. اما چون بیش‌تر انرژی‌ها از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود که منابع محدودی دارند (پیش‌بینی می‌شود که ذخیره‌های نفت خام تا حدود ۳۰ سال دیگر پایان می‌یابد) مصرف سوخت‌های فسیلی انواع آلودگی‌ها را به همراه می‌آورد که به شدت برای شهروندان زیان‌آور است و باعث تشدید بعضی بیماری‌ها می‌شود. صرفه‌جویی و استفاده‌ی بهینه از منابع انرژی ضروری است.

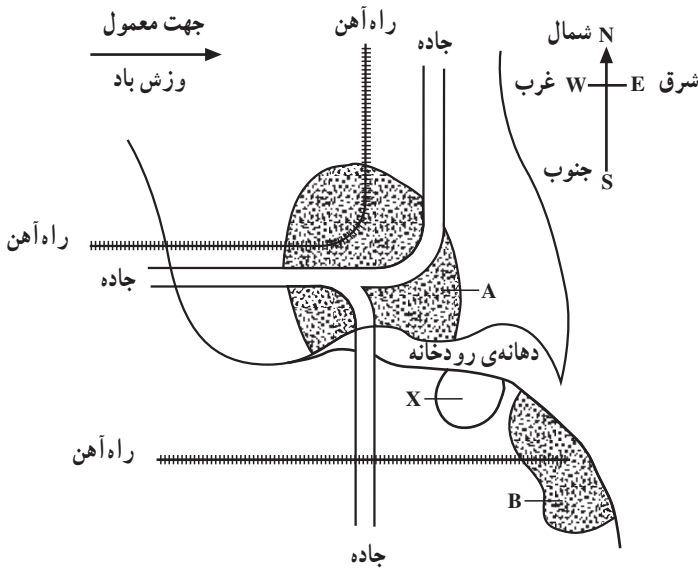
با استفاده‌ی بیش‌تر از وسیله‌های نقلیه‌ی عمومی، به جای استفاده از وسایل شخصی، می‌توان در جهت کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا گام برداشت. همچنین با عایق‌بندی بهتر ساختمان‌ها می‌توان مصرف انرژی برای گرم و یا سرد کردن ساختمان‌ها را کاهش داد که در این باره در فصل دوم صحبت خواهیم کرد. مورد صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی را نیز در فصل سوم مورد بحث قرار می‌دهیم.

فعالیت ۶

در گروه خود تحقیق کنید، گرم‌تر شدن هوای کره‌ی زمین چه اثرهای نامطلوبی می‌تواند بر زندگی بشر و محیط زیست داشته باشد. نتیجه‌ی تحقیق خود را به کلاس درس ارائه دهید.

تمرین‌های فصل اول

- ۱- با توجه به جدول (۱-۲) به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
 - الف - اگر شخصی یک شبانه‌روز بخوابد، چه مقدار انرژی مصرف می‌کند؟
 - ب - انرژی‌ای که برای یک ساعت نشستن در کلاس مصرف می‌شود بیش‌تر است یا انرژی‌ای که صرف ده دقیقه دوچرخه‌سواری با سرعت کم می‌شود؟
 - ۲- شیری با خوردن یک گوزن انرژی کسب می‌کند. شرح دهید چگونه منشأ اصلی این انرژی خورشید است؟
 - ۳- گلوله‌ای به جرم 20 گرم با سرعت 240 m/s به مانع برخورد می‌کند و در آن فرورفته و متوقف می‌شود. انرژی درونی گلوله و مانع چه اندازه افزایش می‌یابد؟
 - ۴- تویی را از ارتفاع یک متری سطح زمین از حال سکون رها می‌کنیم. توپ بعد از برخورد با زمین، تا ارتفاع کم‌تر از یک متر بالا می‌رود. این مثال را براساس پایستگی انرژی توضیح دهید.
 - ۵- گلوله‌ای به جرم یک کیلوگرم مطابق شکل (۱-۱۲) به فنر نزدیک شده و با سرعت 8 m/s به آن برخورد می‌کند. اگر از اصطکاک چشم‌پوشی کنیم، حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی که در فنر ذخیره می‌شود چه مقدار است؟
 - ۶- جمله‌های زیر را با استفاده از واژه‌های داده شده کامل کنید. هر واژه ممکن است بیش از یک بار استفاده شود و یا هیچ استفاده‌ای از آن نشود.
درونی، نوری، صوتی، شیمیایی، الکتریکی، جنبشی
الف - در یک موتور الکتریکی، انرژی الکتریکی به انرژی... و انرژی... تبدیل می‌شود.
ب - در یک رادیو، انرژی الکتریکی به انرژی... و انرژی... تبدیل می‌شود.
پ - در یک چراغ قوه، انرژی... ذخیره شده در باتری، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.
پس از آن لامپ، انرژی الکتریکی را به انرژی... و... تبدیل می‌کند.
 - ۷- دو منبع انرژی تجدیدپذیر را که افراد زیر بتوانند از آن‌ها استفاده کنند، نام ببرید.
الف) کسانی که در نواحی کوهستانی زندگی می‌کنند.
ب) کسانی که در نواحی کویری زندگی می‌کنند.
پ) کسانی که در نواحی ساحلی زندگی می‌کنند.
 - ۸- نقشه‌ی شکل ۱-۲۲ وضعیت شهرهای A و B را در حاشیه‌ی یک رودخانه و در دهانه‌ی آن نشان می‌دهد.



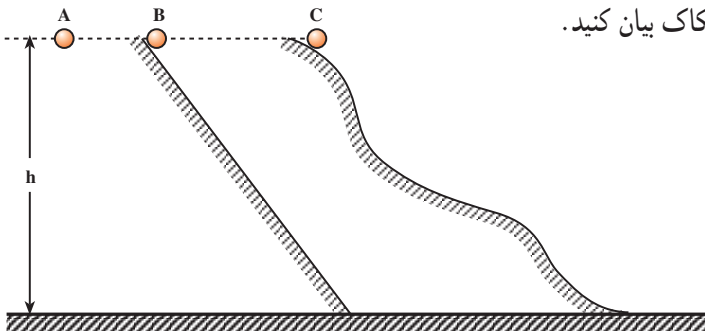
شکل ۱-۲۲

شهر A به خاطر ماهی‌گیری و حمل و نقل اهمیت دارد. باد معمولاً از غرب می‌وزد و جاده و راه‌آهن‌های عمده‌ی شهر در نقشه مشخص شده است. قرار است در منطقه‌ی X ایستگاهی برای تأمین برق ناحیه ساخته شود. این ایستگاه می‌تواند از انرژی هسته‌ای یا زغال‌سنگ استفاده کند.

الف - مزیت‌ها و عیب‌های هریک از این دو روش را بنویسید.
 ب - شما برای این منطقه کدام روش را پیشنهاد می‌کنید؟ دلیل‌های خود را بنویسید.

۹- سه گلوله‌ی A و B و C با جرم‌های مساوی از ارتفاع معینی رها می‌شوند (شکل ۱-۲۳). سرعت کدام یک، هنگام رسیدن به زمین بیش‌تر است؟

پاسخ خود را یک‌بار با در نظر گرفتن اصطکاک و بار دیگر با نادیده گرفتن اصطکاک بیان کنید.



شکل ۱-۲۳

۱۰- تویی به جرم 5 kg را با سرعت 8 m/s در امتداد قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. انرژی پتانسیل گرانشی در بالاترین ارتفاعی که توپ به آن می‌رسد، چه مقدار است؟ از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید.

۱۱- مطابق شکل (۱-۱) تویی به جرم یک کیلوگرم در نقطه‌ی B از حال سکون رها می‌شود. اگر ارتفاع نقطه‌ی B از پایین تپه ۵ متر باشد:

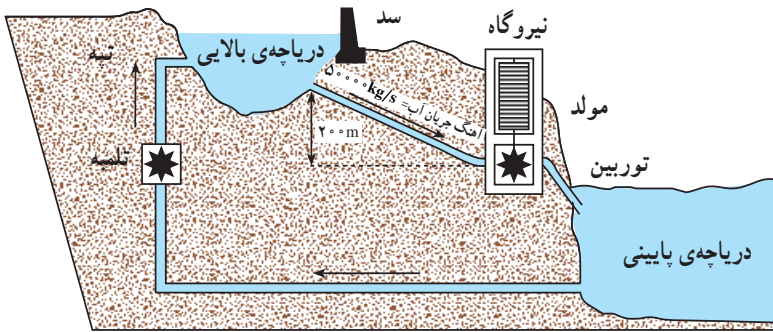
الف - سرعت آن در پایین تپه چه اندازه است؟ از اصطکاک چشم‌پوشی می‌شود.

ب - اگر 20% درصد انرژی توپ در اثر اصطکاک تلف شود، سرعت توپ در پایین تپه چه

اندازه می‌شود؟

۱۲- در یک شبکه مقادیر مصرف انرژی برق در ساعات‌های مختلف شبانه‌روز متفاوت است.

نیروگاه‌های تلمبه - ذخیره‌ای وظیفه انتقال مقادیر انرژی اضافی تولید شده در زمان مصرف انرژی کم به زمان‌های اوج مصرف را برعهده دارند. این کار از طریق پمپاژ آب ذخیره شده از سد پایین دست به سد بالادست در زمان مصرف کم، میسر است. در طول ساعات روز، زمانی که نیاز مصرف بسیار بیش‌تر از توان تولیدی نیروگاه‌های شبکه است، توربین‌های نیروگاه تلمبه - ذخیره‌ای مانند نیروگاه‌های معمولی برقی - آبی با رهاسازی آب ذخیره شده در سد بالادست، انرژی پتانسیل ذخیره شده در زمان مصرف کم را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند.



شکل ۱-۲۴

الف - چرا این نیروگاه برای شرکت‌های برق مفید است؟

ب - آیا این نوع نیروگاه هنگام تولید الکتریسیته جو را آلوده می‌کند؟

پ - انرژی برای تلمبه کردن دوباره‌ی آب به دریاچه‌ی بالایی از کجا تأمین می‌شود؟

ت - چه نوع تبدیل انرژی هنگام جریان یافتن آب از دریاچه‌ی بالایی به دریاچه‌ی پایینی انجام

می‌شود؟

ث - با استفاده از داده‌ها که در شکل (۱-۲۴) مشاهده می‌کنید، تغییر انرژی پتانسیل را در مدت یک ثانیه حساب کنید.

ج - بازده توربین‌ها ۶۰ درصد است. توان الکتریکی خروجی این نیروگاه را بر حسب MW حساب کنید.

۱۳- سوخت‌های فسیلی به هنگام مصرف مقداری گاز متصاعد می‌کنند که سبب آلودگی هوا می‌شود. تحقیق کنید برای جلوگیری از آلودگی هوا چه باید کرد و نتیجه‌ی تحقیقات خود را به صورت پیشنهاد ارائه دهید.

۱۴- در جدول زیر اطلاعاتی درباره‌ی شماری از منبع‌های انرژی که برای تولید برق به کار می‌رود ارائه شده است :

منبع انرژی	تجدیدپذیر	فرآورده‌های سوختی	دوام ذخیره‌های شناخته‌شده‌ی جهانی	بازده تولید برق
زغال‌سنگ	خیر	کربن دی‌اکسید، آب گوگرد دی‌اکسید	۲۰۰ سال	۴۰٪
نفت	خیر	کربن دی‌اکسید، آب گوگرد دی‌اکسید	۴۰ سال	۳۵٪
گاز	خیر	کربن دی‌اکسید، آب	۶۵ سال	۵۰٪
باد	بلی	هیچ	-	۴۰٪

الف -

۱. کدام منبع‌ها سوخت فسیلی‌اند؟

۲. چرا باد را تجدیدپذیر می‌دانیم؟

ب - در سال‌های کنونی، گاز در بسیاری از ایستگاه‌های تولید برق جانشین زغال‌سنگ شده است.

۱. دو مزیت کاربرد گاز به جای زغال‌سنگ را بیان کنید.

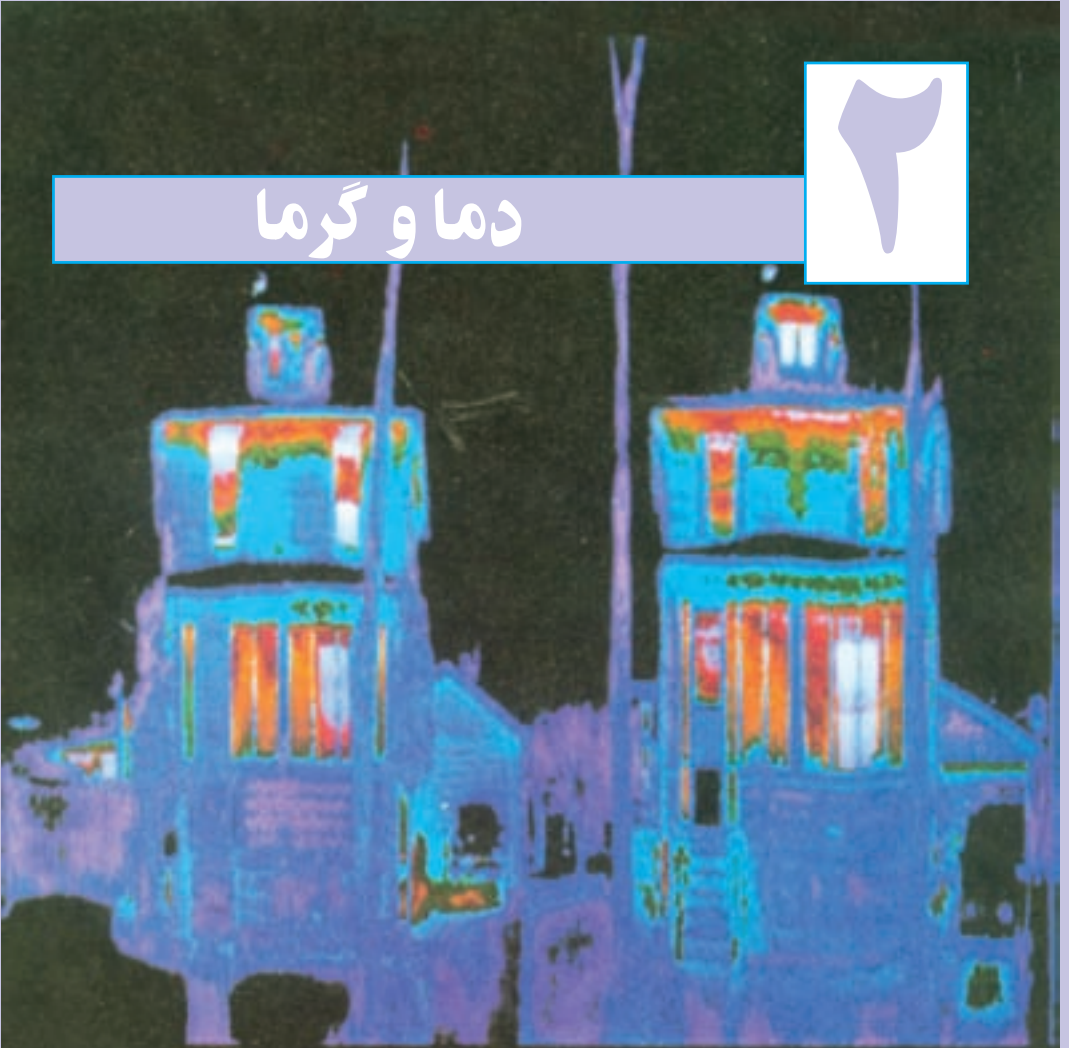
۲. یک عیب برای سوخت گاز نسبت به زغال‌سنگ را بیان کنید.

پ - دو دلیل بیاورید که نشان دهند چرا درصد تولید برق با انرژی باد بسیار کم است.

ت - توضیح دهید چرا یافتن منبع‌های انرژی تجدیدپذیر مهم است؟



دما و گرما



این عکس که «دمانگاشت» نام دارد، با استفاده از نوع ویژه‌ای از فیلم در شب تهیه شده است، با استفاده از این عکس می‌توان نشان داد که اتلاف گرما در چه بخشی از یک ساختمان بیش‌تر روی داده است.

پیش از این در درس‌های علوم دوره‌ی راهنمایی تا حدودی به ارتباط گرمی و سردی با دمای برده‌اید. در این فصل با یادآوری مفهوم دما به شرح برخی از دماسنج‌ها می‌پردازیم.

گرما و روش‌های گرما سنجی: دمای جسم‌هایی که روزانه با آن‌ها سروکار داریم و محیطی که در آن کار و زندگی می‌کنیم، معمولاً تأثیر زیادی روی نحوه‌ی کار و زندگی ما دارد. به یاد بیاورید که برای گرم کردن منزل و مدرسه در زمستان یا سرد کردن این محیط‌ها در تابستان چه هزینه‌ای مصرف می‌شود. ایجاد یک دمای معین و حفظ آن در فناوری و صنعت و همین‌طور در پژوهش‌های علمی اهمیت فراوان دارد. همچنین عایق‌بندی گرمایی، به‌منظور حفظ دمای مورد نظر در یک محیط، یکی دیگر از موضوع‌های مورد بحث در این فصل است.

۲-۱- دما

در درس علوم دوره‌ی راهنمایی دیدید که هر چه یک جسم گرم‌تر باشد، می‌گوییم دمایش بیشتر است و هر چه سردتر باشد، می‌گوییم دمایش کمتر است. در اینجا نخست این موضوع را به‌طور مشروح بررسی می‌کنیم. سپس طرز اندازه‌گیری دما را شرح می‌دهیم.

فرض کنید که در یک روز سرد زمستانی، برای پذیرایی از دوست خود یک استکان چای آورده باشید. اگر دوستان در نوشیدن کمی تأخیر کند، می‌گویید «چای سرد شده است» و منظورتان آن است که چای سردتر از آن است که برای نوشیدن مناسب باشد. با بیان این جمله شما به هیچ‌وجه معلوم نکرده‌اید که چای چقدر سرد شده است؟

برای آنکه بتوانیم پاسخ چنین پرسش‌هایی را مشخص کنیم از مفهوم «دما» استفاده می‌کنیم و به جسم‌های گرم‌تر دمای بیش‌تر و به جسم‌های سردتر دمای کمتری نسبت می‌دهیم. حال اگر دمای چند جسم را بدانیم می‌توانیم به‌طور دقیق بگوییم که هر یک از آن‌ها از کدام‌یک از جسم‌های دیگر سردتر و از کدام‌یک گرم‌تر است. به این ترتیب می‌توان گفت که:

دما معیاری است که میزان گرمی و سردی اجسام را مشخص می‌کند.

حال ببینیم که هر جسمی چه دمایی دارد و آن را چگونه باید تعیین کنیم. راه و شیوه‌ی اندازه‌گیری و تعیین دما را دماسنجی می‌نامیم.

دمای هر جسم را معمولاً می‌توانیم به‌طور تقریبی (و البته به شرط آنکه خیلی گرم یا خیلی سرد نباشد) به کمک حس لامسه‌ی خود تعیین کنیم. این ساده‌ترین (و بی‌دقت‌ترین) نوع دماسنجی است. جالب است که این روش را حتی کسانی هم که هیچ‌گونه آموزش علمی ندیده‌اند

به کار می‌برند. برای مثال، همه، شیشه‌ی نوشابه را با دستان خود لمس می‌کنند تا ببینند که آیا به اندازه‌ی دلخواه سرد هست یا نه؟ یا استکان چای داغ را نخست با لب‌های خود امتحان می‌کنند تا اگر دمای چای آن قدر بالاست که دهان آن‌ها را می‌سوزاند، آن را ننوشند. یا تب شخص بیمار را با قرار دادن کف دست خود بر روی پیشانی او تشخیص می‌دهند.

در این‌گونه دماسنجی به کمک حس لامسه، تنها می‌توانیم به‌طور تقریبی تشخیص دهیم که دمای چه جسمی بالاتر یا پایین‌تر از دمای بدن ما یا دمای یک جسم دیگر است. در این تشخیص به هیچ‌وجه نمی‌توانیم عدد دقیقی به دما نسبت دهیم. علاوه بر این، این تشخیص ممکن است به دلیل خطای حواس ما با اشتباه نیز توأم باشد.

فعالیت ۱

آیا می‌دانید که چگونه خطای حواس ما می‌تواند باعث نتیجه‌گیری اشتباه درباره‌ی دمای اجسام شود؟ آزمایشی طراحی و اجرا کنید که این خطا را نمایش دهد. نتیجه‌ی آزمایش را برای دوستان خود گزارش کنید.

دماسنج: اندازه‌گیری دقیق دما توسط دماسنج صورت می‌گیرد. ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنج، دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی است. اساس کار این دماسنج‌ها بر انبساط مایعات است. در درس علوم تجربی دوره‌ی راهنمایی با پدیده‌ی انبساط جسم‌ها آشنا شدید و دیدید که تقریباً همه‌ی مواد (جامد، مایع و گاز) وقتی گرم شوند منبسط می‌شوند.



آزمایش کنید - ۱

وسایله‌های آزمایش: یک ظرف شیشه‌ای نشکن با درپوش چوب پنبه‌ای یا لاستیکی سوراخ‌دار، یک لوله‌ی شیشه‌ای باریک و بلند، چراغ‌گازی یا الکلی.

۱- ظرف شیشه‌ای را از آب پر کنید و لوله‌ی شیشه‌ای بلند را از سوراخ درپوش بگذرانید. سپس در را ببندید. مقداری آب در لوله‌ی باریک بالا خواهد آمد. ارتفاع آب در لوله را علامت بزنید.

۲- ظرف شیشه‌ای پر از آب را روی شعله قرار دهید و تغییر ارتفاع آب در لوله‌ی باریک را اندازه‌گیری کنید.

از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید که چگونه می‌توانید با درجه‌بندی لوله‌ی باریک نتیجه‌ی آزمایش را به صورت کمی درآورید. آزمایش‌های دیگری طراحی و اجرا کنید که انبساط مایع‌ها و جامدها را نمایش دهد. شرح و نتیجه‌ی آزمایش را بنویسید.

ساختمان دماسنج جیوه‌ای (یا الکلی): این نوع دماسنج، مطابق شکل (۱-۲)، از یک لوله‌ی شیشه‌ای باریک سر بسته‌ی (خالی از هوا) متصل به یک مخزن تشکیل شده است. مخزن پر از جیوه (یا الکل) است. با بالا رفتن دمای مایع درون مخزن، حجم مایع نیز بیشتر می‌شود (انبساط می‌یابد) و مایع در لوله‌ی باریک بالا می‌رود. از ارتفاع مایع در لوله‌ی باریک می‌توان برای اندازه‌گیری دما استفاده کرد، زیرا هر چه دما بالاتر باشد، ارتفاع مایع بیشتر و هر چه دما کمتر باشد، ارتفاع مایع کمتر است.

10°C دمای جوش آب



0°C دمای انجماد آب

شکل ۱-۲- دماسنج جیوه‌ای

مدرّج ساختن دماسنج: حال بینیم چگونه یک دماسنج را درجه‌بندی می‌کنند. دیدیم که در هر درجه‌ای از دما، ارتفاع مایع در لوله‌ی باریک مقدار معینی دارد. از این رو می‌توانیم به جای آن که در مقابل هر ارتفاع، اندازه‌ی آن ارتفاع را بنویسیم، اندازه‌ی دمای مربوط به آن را ثبت کنیم. رایج‌ترین نحوه‌ی انتخاب اندازه‌ی دمای مربوط به هر ارتفاع از ستون مایع، نحوه‌ی انتخابی است که به درجه‌بندی سلسیوس یا سانتی‌گراد (C) معروف است. در درجه‌بندی سلسیوس دمای یخ خالص

در حال ذوب شدن (در فشار یک اتمسفر) را برابر صفر و دمای بخار آب جوش را برابر صد می‌گیرند. مدرج ساختن دماسنج را به ترتیب زیر انجام می‌دهند.

۱- دماسنج را درون مقداری یخ خرد شده‌ی در حال ذوب قرار می‌دهیم، به گونه‌ای که مخزن دماسنج کاملاً درون یخ قرار گیرد. پس از آنکه سطح جیوه در لوله‌ی باریک در پایین‌ترین ارتفاع ثابت شد، محل آن را علامت می‌زنیم و عدد صفر را کنار آن ثبت می‌کنیم.

۲- دماسنج را در بالای سطح آب خالص در حال جوش به گونه‌ای قرار می‌دهیم که قسمت مخزن دماسنج در تماس کامل با بخار قرار گیرد و سطح جیوه در بالاترین ارتفاع قرار گیرد. این بار نیز محل قرار گرفتن سطح جیوه در لوله‌ی باریک را علامت می‌زنیم و عدد صد را کنار آن ثبت می‌کنیم.

۳- فاصله‌ی بین درجه‌ی صفر و درجه‌ی صد را به صد قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم و هر قسمت را «یک درجه‌ی سلسیوس» (به احترام سلسیوس سوئدی)* که اولین بار به این روش دماسنج را درجه‌بندی کرد) می‌نامیم. درجه‌ی سلسیوس را با نماد $^{\circ}\text{C}$ نمایش می‌دهیم.

۴- این درجه‌بندی را (با درجه‌هایی به همین فاصله از یک‌دیگر) به زیر صفر و بالای صد نیز ادامه می‌دهیم. دماهای زیر صفر سلسیوس را با عددهای منفی مشخص می‌کنیم. وقتی دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس مشخص می‌شود، معمولاً آن را با نماد θ (تا) نمایش می‌دهند.

فعالیت ۲

در توضیح ساختمان دماسنج دیدیم که لوله‌ی باریک باید خالی از هوا باشد. تحقیق کنید که وجود هوا در لوله‌ی باریک چه اشکالی به وجود می‌آورد.

نحوه‌ی استفاده از دماسنج: برای اندازه‌گیری دما توسط دماسنج، آن را در تماس با جسمی که می‌خواهیم دمای آن را اندازه بگیریم، قرار می‌دهیم به گونه‌ای که مخزن دماسنج در تماس کامل با جسم موردنظر باشد. مدتی (حدود دو الی سه دقیقه) صبر می‌کنیم تا ارتفاع مایع در لوله‌ی باریک دماسنج دیگر تغییر نکند، آنگاه عددی را که در مقابل سطح مایع در لوله ثبت شده است می‌خوانیم. این عدد دمای آن جسم را نشان می‌دهد.

* Celsius (1701-44)

در جدول (۲-۱) برخی از دماهای مهم ارائه شده است.

جدول ۲-۱- برخی از دماهای مهم

دما بر حسب °C	موضوع
-۲۳۵	نقطه‌ی جوش هیدروژن مایع
-۱۸۳	نقطه‌ی جوش اکسیژن مایع
-۱۱۵	نقطه‌ی انجماد الکل
-۳۹	نقطه‌ی انجماد جیوه
۰	نقطه‌ی ذوب یخ
۲۵	دمای هوا در یک روز معمولی
۳۷	دمای بدن انسان سالم
۵۰	نقطه‌ی ذوب موم
۷۹	نقطه‌ی جوش الکل
۱۰۰	نقطه‌ی جوش آب
۲۳۲	نقطه‌ی ذوب قلع
۳۵۷	نقطه‌ی جوش جیوه
۱۰۶۷	نقطه‌ی ذوب طلا
۳۷۰۰	دمای هسته‌ی زمین
۵۷۰۰	دمای سطح خورشید

گستره‌ی سنجش دما در دماسنج‌های الکلی و جیوه‌ای اندازه‌گیری دما توسط دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی برای دماهایی امکان‌پذیر است که بالاتر از نقطه‌ی انجماد و پایین‌تر از نقطه‌ی جوش مایع درون دماسنج باشد.

فعالیت ۳

با استفاده از جدول (۲-۱) گستره‌ی سنجش دما در هر یک از دماسنج‌های الکلی و جیوه‌ای را تعیین کنید.

پاسخ دهید ۱

آیا می‌شود با یک دماسنج الکلی دمای جوش آب را اندازه‌گیری کرد؟ توضیح دهید.

فعالیت ۴

تحقیق کنید در دماهایی که در گستره‌ی کار دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی نیستند، دما را چگونه و با چه ابزاری می‌توان اندازه گرفت؟



آزمایش کنید - ۲

وسایله‌های آزمایش: یک دماسنج، یک عدد ساعت. به کمک یک دماسنج جیوه‌ای، دمای کلاس درس را در طول یک روز در بازه‌های زمانی معین، مثلاً هر ساعت یک بار، اندازه بگیرید و منحنی تغییرات دمای کلاس را برحسب زمان رسم کنید.

مطالعه‌ی آزاد

بستگی نقطه‌ی انجماد و نقطه‌ی جوش آب به فشار و ناخالصی

پیش از این گفتیم که آب در دمای 0°C یخ می‌زند، ولی دیده می‌شود که در مکان‌هایی که در ارتفاع بالاتری نسبت به سطح دریا قرار دارد آب در دمای اندکی بالاتر یخ می‌زند و به همین ترتیب یخ نیز در این مکان‌ها در دمای نسبتاً بالاتری آب می‌شود.

افزایش یا کاهش ارتفاع از سطح دریا روی دمای جوش نیز اثر می‌گذارد. در ارتفاع‌های بالاتر که فشار هوا کمتر است نقطه‌ی جوش پایین می‌آید، یعنی آب زودتر (در دمای پایین‌تری) به جوش می‌آید. آزمایش نشان می‌دهد که افزایش فشار باعث بالا رفتن نقطه‌ی جوش می‌شود.

وجود ناخالصی در آب نیز باعث تغییر نقطه‌ی جوش و انجماد آن می‌شود (منظور از نقطه‌ی جوش و نقطه‌ی انجماد به ترتیب دماهایی است که آب در آن دماها به جوش می‌آید و یا یخ می‌زند). برای مثال افزودن نمک به آب می‌تواند نقطه‌ی انجماد آن را تا 18°C - پایین بیاورد.

با توجه به تأثیری که فشار و وجود ناخالصی در نقطه‌ی جوش و نقطه‌ی انجماد آب دارد، تعریفی را که برای صفر و صد درجه‌ی سلسیوس دادیم باید به صورت دقیق‌تر زیر بیان کنیم.

آب خالص در جایی که فشار هوا برابر یک اتمسفر باشد در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس یخ می‌زند و در دمای صد درجه‌ی سلسیوس به جوش می‌آید.

فشار یک اتمسفر را فشار متعارف نیز می‌گوییم.

اکنون با توجه به بیان بالا، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

۱- دلیل افزودن ماده‌ی ضدیخ به آب رادیاتور اتومبیل‌ها در زمستان چیست؟

۲- کوهنوردان می‌گویند که تخم مرغ در ارتفاع‌های بالاتر دیرتر آب‌پز می‌شود.

دلیل این امر چیست؟

۳- چرا غذا در دیگ زودپز زودتر پخته می‌شود؟

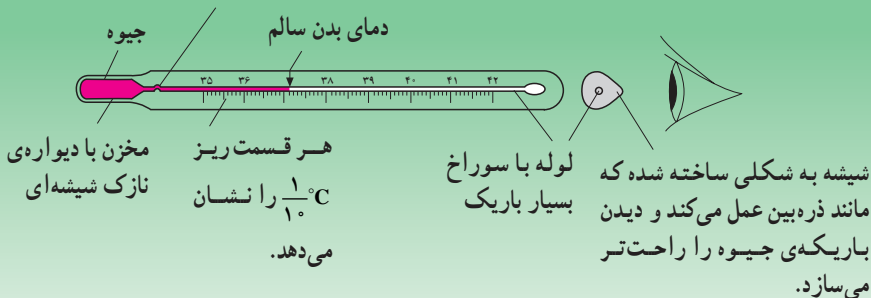
۴- از یک کوهنورد حرفه‌ای بپرسید که برای آن که تخم مرغ در ارتفاع‌های بالا

سریع‌تر آب‌پز شود چه تدبیری باید اندیشید؟

فعالیت ۵

شکل زیر یک دماسنج پزشکی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل تفاوت‌هایی را که این دماسنج با دماسنج جیوه‌ای معمولی دارد بیان کنید.

تنگ شدگی (لوله در اینجا بسیار باریک است)



۲-۲- تعادل گرمایی، دمای تعادل



آزمایش کنید - ۳

وسایله‌های آزمایش: لیوان، دماسنج، شمع یا چراغ گاز، کبریت، ظرف آب، میخ، گیره.

۱- لیوانی را از آب سرد پر کنید و دمای آن را با دماسنجی که درون آن قرار می‌دهید اندازه بگیرید.

۲- میخ را توسط شعله‌ی شمع یا چراغ گاز داغ کنید و آن را درون لیوان بیندازید.

۳- به نحوه‌ی تغییر دمای آب دقت کرده و آن را یادداشت کنید.

۴- پس از آن که تغییر دما متوقف شد، میخ را از آب درون لیوان بیرون بیاورید. آیا میخ هنوز داغ است؟

۵- آزمایش بالا را تکرار کنید. این بار به جای داغ کردن میخ، آن را برای مدتی، حدود یک ربع ساعت، درون قسمت یخساز یخچال قرار دهید تا کاملاً سرد شود و آزمایش را انجام دهید. نتیجه‌ی این آزمایش را با آزمایش قبل مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

با انجام آزمایش‌های مشابه، می‌توانیم نتیجه بگیریم که هرگاه دو جسم، با دو دمای متفاوت، در تماس کامل با یک‌دیگر قرار گیرند، دمای هر دو تغییر می‌کند. به این ترتیب که دمای جسم گرم‌تر پایین می‌آید و این جسم سرد می‌شود و دمای جسم سردتر بالا می‌رود و این جسم گرم می‌شود. این تغییر دما تا جایی ادامه می‌یابد که دمای دو جسم یکسان شود. این دما را **دمای تعادل** دو جسم می‌نامیم. در این وضعیت می‌گوییم که دو جسم با یک‌دیگر در تعادل گرمایی‌اند. به عبارت دیگر:

دو جسم را هنگامی با یک‌دیگر در تعادل گرمایی می‌گوییم که اگر در تماس کامل با یک‌دیگر قرار گیرند، دمای آن‌ها تغییری نکند.

آزمایش‌های دیگری طراحی کنید که در آن‌ها دو یا چند جسم غیر هم‌دما در تماس با یک‌دیگر قرار گیرند. آنگاه دمای تعادل آن‌ها را در وضعیت تعادل گرمایی اندازه بگیرید. روش کار خود را در هر مورد شرح دهید.

هم‌چنین با انجام یک آزمایش تحقیق کنید که وقتی دو جسم هم‌دما در تماس کامل با یک‌دیگر قرار می‌گیرند، تغییری در دمای آن‌ها روی نمی‌دهد.

۳-۲- گرما

اگر از شما خواسته شود که دمای آب درون ظرفی را بالا ببرید، یعنی آب را گرم کنید، چه می‌کنید؟ به احتمال زیاد ظرف آب را روی یک شعله قرار می‌دهید. این شعله را با مصرف انرژی شیمیایی گاز یا نفت به وجود آورده‌اید. با قرار دادن ظرف آب روی شعله، دمای آب بالا می‌رود، یعنی انرژی درونی آن افزایش می‌یابد. روشن است که باید مقداری انرژی از شعله به آب منتقل شده باشد.

این امکان نیز وجود دارد که برای گرم کردن آب، جسم با دمای بالایی را به درون آن بیندازید. در این صورت نیز مشاهده می‌کنید که دمای آب بالا می‌رود، ولی دمای جسم داغی که درون آب انداخته‌اید کاهش می‌یابد. در اینجا انرژی درونی آب نیز افزایش یافته و انرژی درونی جسم کاهش یافته است. روشن است که مقداری انرژی از جسم به آب منتقل شده است.

پاسخ دهید ۲

یک لیوان آب داریم. اگر به جای یک جسم با دمای بالا، جسمی با دمای پایین‌تر از دمای آب را به درون آن بیندازیم، آیا تغییری در انرژی درونی آب و انرژی درونی جسم صورت خواهد گرفت؟ انرژی از کدام یک به دیگری منتقل خواهد شد؟

اگر همین آزمایش را با جسمی انجام دهیم که با آب هم‌دما باشد، تغییری در دمای جسم و آب روی نخواهد داد، یعنی انرژی درونی آب و جسم هر دو ثابت مانده است و تبادل انرژی بین دو جسم یکسان است.

در مثال‌های بالا می‌بینیم که هر وقت اختلاف دمایی بین دو جسم که در تماس با یک‌دیگرند برقرار باشد، انرژی از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود و از انرژی درونی یکی کاسته و به انرژی درونی دیگری افزوده می‌شود.

این انرژی را که در اثر وجود اختلاف دما بین دو جسم، از یکی به دیگری منتقل می‌شود گرما می‌نامیم. گرما را با نماد Q نمایش می‌دهیم. به این ترتیب می‌توانیم بگوییم:

گرما مقدار انرژی‌ای است که به دلیل اختلاف دما، بین دو جسم مبادله می‌شود.

۴-۲- رسانش گرما



آزمایش کنید - ۴

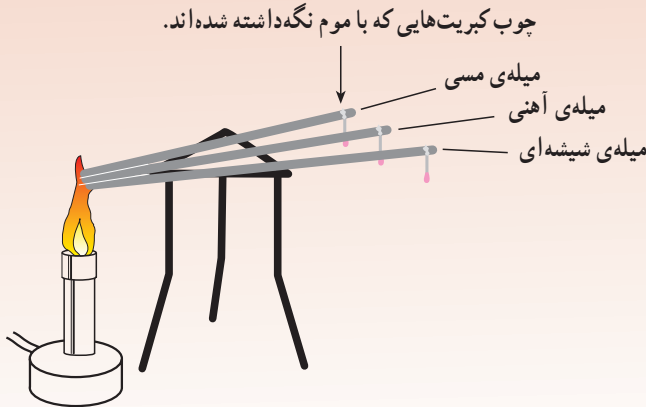
- وسایله‌های آزمایش: میله‌ی فلزی، شمع و کبریت.
- یک سر یک میله‌ی فلزی را در دست خود نگه دارید و سر دیگر آن را روی شعله بگیرید و چند لحظه صبر کنید.
- ۱- چه اتفاقی می‌افتد؟ از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
 - ۲- اگر سر میله را به مدت نسبتاً طولانی روی شعله نگه دارید سر دیگر آن که در دست شماست آنقدر داغ خواهد شد که دیگر نمی‌توانید آن را نگه دارید. سر میله که در دست شما بوده است این انرژی را از کجا دریافت کرده است؟ پاسخ خود را در کلاس به بحث بگذارید.

از مشاهده‌ی پدیده‌هایی نظیر آنچه در آزمایش ۴ دیدیم، نتیجه می‌گیریم که اگر بین دو نقطه از یک جسم، اختلاف دمایی به وجود بیاید، گرمای درون جسم از قسمت با دمای بالاتر به قسمت با دمای پایین‌تر شارش (شارش به معنای جاری شدن است) می‌کند. این نوع شارش یا انتقال گرما را رسانش گرما می‌گوییم. در دوره‌ی راهنمایی با روش‌های دیگر انتقال گرما آشنا شدید.



آزمایش کنید - ۵

وسایله‌های آزمایش: چند میله از جنس‌های مختلف.
چند میله از جنس‌های متفاوت، ولی با طول و ضخامت یکسان را مطابق شکل (۲-۲) روی یک سه‌پایه قرار دهید. به سر هر میله چوب کبریتی را به کمک موم بچسبانید. اکنون سر دیگر هر سه میله را به‌طور هم‌زمان توسط شعله‌ی چراغ گرما دهید. آنچه را مشاهده می‌کنید توضیح دهید.



شکل ۲-۲ - آهنگ رسانش گرما در ماده‌های متفاوت

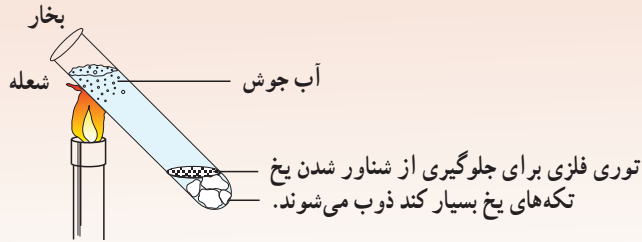
همان‌گونه که در آزمایش شماره‌ی ۵ مشاهده کردید، گرما در میله‌های متفاوت با آهنگ‌های متفاوتی شارش می‌کند. میله‌های فلزی در این آزمایش گرما را بسیار سریع‌تر منتقل می‌کنند. این‌گونه مواد را رسانای گرما می‌گوییم. برخی از جسم‌ها مانند شیشه، چوب و پلاستیک گرما را بسیار آهسته منتقل می‌کنند، این‌گونه مواد را نارسنای گرما (یا عایق گرما) می‌نامیم.
آب رسانای خوبی برای گرما نیست. این موضوع را می‌توانید توسط آزمایش شماره‌ی ۶ تحقیق کنید.



آزمایش کنید - ۶

وسایله‌های آزمایش: قطعه یخ، لوله‌ی آزمایش، توری فلزی، شمع، کبریت، گیره و ظرف آب.

- ۱- یک قطعه یخ را درون یک لوله‌ی آزمایش قرار دهید. روی یخ را با یک توری فلزی بپوشانید تا سنگین شود به طوری که در مرحله‌ی بعد در ته لوله باقی بماند.
- ۲- لوله را از آب سرد پر کنید.
- ۳- سر لوله را مطابق شکل (۲-۳) گرم کنید.
- ۴- آنچه را مشاهده می‌کنید یادداشت کنید و برای دوستان خود گزارش کنید.



شکل ۲-۳ - آب رسانای خوبی برای گرما نیست.

فناوری و کاربرد

چند مورد استفاده از رساناهای خوب گرما

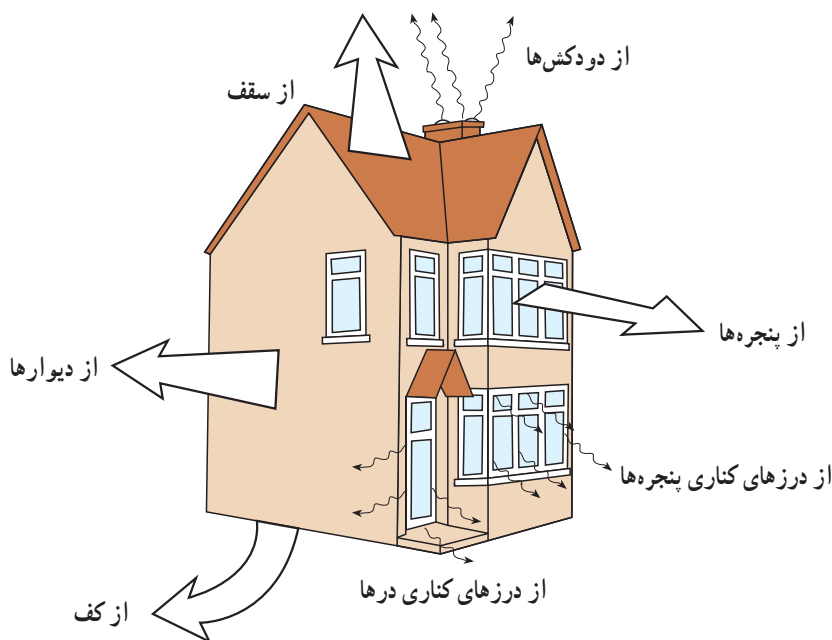
۱- شعله‌پخش‌کن، وسیله‌ای است فلزی که روی شعله‌ی چراغ‌گاز قرار می‌دهند تا گرمای حاصل را در ناحیه‌ی وسیع‌تری پخش کند و از سوختن غذا در یک نقطه، بلافاصله بالای شعله، جلوگیری شود.

۲- قابلمه‌های آلومینیومی، مسی، آهنی و یا ترکیبی از این مواد رساناهای خوبی هستند زیرا گرما را به آسانی از شعله به مواد غذایی درون خود می‌رسانند.

عایق‌بندی گرمایی (صرفه‌جویی در مصرف انرژی): در فصل زمستان معمولاً دمای هوای درون خانه‌ها و اماکن عمومی را با استفاده از انرژی شیمیایی نفت و زغال و گاز و یا انرژی الکتریکی، به اندازه‌ای که برای زندگی راحت مناسب باشد، بالا می‌برند. اختلاف دما بین هوای بیرون و درون

باعث می‌شود که مقدار زیادی گرما، از طریق رسانش، در دیوارها، درها، شیشه‌ها و پنجره‌ها به بیرون نشت کند (به اصطلاح تلف شود). بنابراین اگر سعی شود که در ساختمان خانه‌ها و اماکن عمومی بیشتر از مصالح ساختمانی عایق گرما استفاده شود، صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی صورت می‌گیرد. در شکل (۲-۴) چگونگی اتلاف انرژی از قسمت‌های مختلف یک ساختمان نشان داده شده است.

در جدول (۲-۲) مقایسه‌ای بین مصالح ساختمانی مختلف صورت گرفته است. اعداد این جدول برابر مقدار گرمایی است که در یک ثانیه از سطحی به مساحت یک مترمربع از هر یک از این مواد، با ضخامت معین عبور می‌کند به شرط آنکه بین دو طرف آن اختلاف دمایی برابر یک درجه‌ی سلسیوس وجود داشته باشد. این کمیت را معماران هنگام به کار بردن مصالح ساختمانی مختلف برای محاسبه‌ی اتلاف گرما به کار می‌برند. به این صورت که برای محاسبه‌ی انرژی تلف شده از طریق یک دیوار به‌خصوص، در یک بازه‌ی زمانی معین، ابتدا مقدار کمیت فوق را برای مصالحی که دیوار از آن ساخته شده است از جدول مربوط به دست می‌آوریم، سپس آن را در مساحت دیوار و در بازه‌ی زمانی مورد نظر و در اختلاف دمای بین هوای دو طرف دیوار ضرب می‌کنیم.



شکل ۲-۴- اتلاف انرژی از قسمت‌های مختلف ساختمان

جدول ۲-۲

آهنگ عبور گرما از واحد سطح به ازای واحد اختلاف دما بر حسب $\frac{J}{m^2s^{\circ}C}$

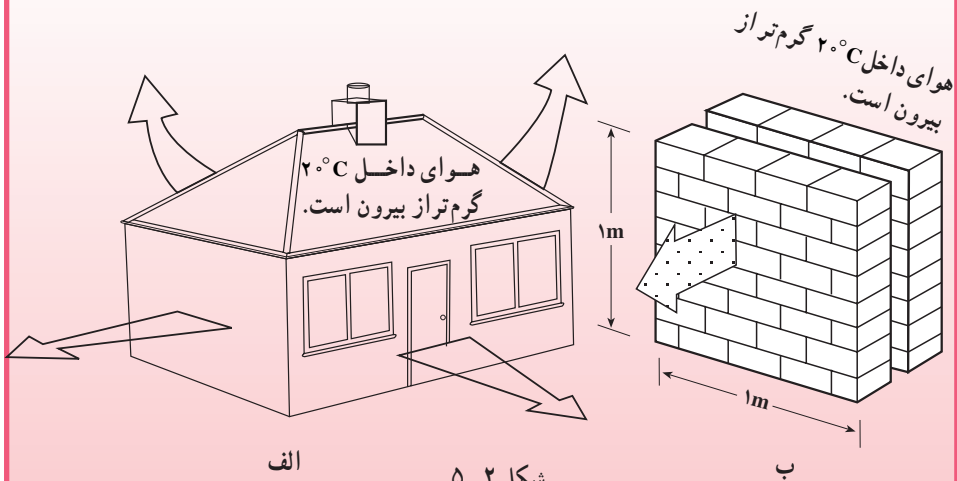
۳/۶	دیوار آجری یک لایه
۱/۷	دیوار آجری دولایه (با یک لایه ی هوا در وسط)
۰/۵	دیوار آجری دولایه (با یک لایه از جنس یک ماده ی عایق گرما در وسط)
۵/۷	شیشه ی پنجره ی تک لایه
۲/۷	شیشه ی پنجره ی دولایه

مثال ۱

در یک روز زمستانی اختلاف دمای داخل و بیرون یک خانه $2^{\circ}C$ است. اگر دیوارهای این خانه از جنس آجری دولایه، با یک لایه ی هوا در وسط، باشد اتلاف انرژی را از یک متر مربع این دیوار برای حالت های زیر حساب کنید (شکل ۲-۵).

الف: در مدت یک ثانیه

ب: در مدت یک شبانه روز



الف

شکل ۲-۵

ب

پاسخ: برای به دست آوردن اتلاف انرژی به صورت زیر عمل می کنیم:

\times (آهنگ عبور گرما از واحد سطح به ازای واحد اختلاف دما) = اتلاف انرژی

(اختلاف دما) \times (مدت زمان) \times (مساحت)

بنابراین با توجه به جدول (۲-۲) داریم :

$$\text{الف : } \text{اتلاف انرژی} = \left(1/7 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{Cs}}\right) \times (1 \text{ m}^2) \times (1\text{s}) \times (2^\circ\text{C}) = 34\text{J}$$

$$\text{ب : } \text{یک شبانه روز برحسب ثانیه} = 24 \times 60 \times 60 = 86400 \text{ s}$$

$$\text{اتلاف انرژی} = \left(1/7 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{Cs}}\right) \times (1 \text{ m}^2) \times (86400 \text{ s}) \times (2^\circ\text{C}) = 2937600 \text{ J}$$

این مقدار انرژی معادل انرژی روشن بودن یک لامپ 100 واتی به مدت 8 ساعت در شبانه روز است.

پاسخ دهید ۳

با مراجعه به جدول (۲-۲) فکر می کنید کدام یک از مواد فوق باعث بیشترین اتلاف انرژی هستند؟

هوای رسانای بسیار ضعیف گرماست: در زمستان که هوا سرد است برای گرم نگه داشتن خود چه می کنیم؟ آیا لباس های زمستانی، به ما گرما می دهند؟ اگر پاسخ منفی است پس چگونه این لباس ها ما را از سرما حفظ می کنند؟
حتماً پاسخ شما این است که این لباس ها عایق گرما هستند. در واقع لباس های ضخیم و پشمی، بسته هایی از هوا را بین تارها و منفذهای خود نگه می دارند و از آنجا که هوا عایق خوبی برای گرمای بدن ما عایق بندی گرمایی می شود.

فعالیت ۷

در آب گرم کن ها چگونه از اتلاف گرمای آب داغ موجود در مخزن جلوگیری می کنند؟



به عکس مقابل نگاه کنید. در زمستان با این حالت پرندگان که پرهای خود را باد کرده اند زیاد روبه رو می شویم. آیا می توانید دلیل این کار را توضیح دهید.



آزمایش کنید - ۷

وسیله‌های آزمایش: ترازو، یک ظرف آب، چراغ الکلی یا گازی، سه پایه و شعله پخش کن، همزن، ظرف شیشه‌ای نسوز برای گرم کردن آب و دماسنج جیوه‌ای. آزمایش زیر را با دو نفر از همکلاسان خود به‌طور گروهی انجام دهید.

شرح آزمایش

۱- ظرف شیشه‌ای را روی یک کفه‌ی ترازو قرار دهید.

۲- مقدار $2/0$ کیلوگرم آب در ظرف بریزید.

۳- ظرف آب را مطابق شکل (۲-۶) روی

سه پایه، بالای چراغ قرار دهید.

۴- آب را با همزن به‌هم بزنید و دمای آن را

اندازه بگیرید (θ_1) و یادداشت کنید.

۵- در یک لحظه‌ی معین چراغ را روشن

کنید. با همزن آب را به‌هم بزنید تا دمای همه‌ی قسمت‌های آب درون ظرف یکی شود.

۶- پس از پنج دقیقه دمای نهایی (θ_2) را یادداشت کرده و شعله‌ی چراغ را

خاموش کنید.

۷- افزایش دمای آب یعنی $\theta_2 - \theta_1$ را محاسبه کنید و آن را با Δ نمایش دهید.*

$$\Delta = \theta_2 - \theta_1$$

۸- این آزمایش را تکرار کنید. این بار به‌جای $2/0$ کیلوگرم آب، $4/0$ کیلوگرم آب

را به همان اندازه‌ی Δ که در بند ۷ آزمایش قبل به‌دست آورده‌اید گرم کنید. آیا در

این آزمایش نباید شعله‌ی چراغ را به مدت بیشتری روشن نگاه دارید؟ (تقریباً دو برابر) چرا؟

۹- بار دیگر آزمایش را تکرار کنید. این بار همان $2/0$ کیلوگرم آب اول را روی

چراغ بگذارید ولی دمای آن را به اندازه‌ی 2Δ افزایش دهید. باز هم می‌بینید که

مجبورید شعله‌ی چراغ را به مدت بیشتری روشن نگاه دارید (تقریباً دو برابر).

نتیجه‌ی آزمایش را به کلاس گزارش کنید.

* در متن‌های علمی معمولاً اختلاف بین دو مقدار از یک کمیت را با نوشتن یک Δ در سمت چپ نماد آن کمیت نمایش

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

می‌دهند. یعنی:

در آزمایش شماره‌ی ۷ اگر می‌دانستید که شعله‌ی چراغ در هر ثانیه چند ژول گرما به آب می‌دهد می‌توانستید مقدار گرمایی را که در هر آزمایش به آب منتقل شده است با اندازه‌گیری زمان روشن بودن شعله‌ی چراغ حساب کنید.

پیش از این گفتیم که گرما همواره از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر منتقل می‌شود. اندازه‌گیری مقدار گرمایی که آب از شعله‌ی چراغ دریافت می‌کند کار ساده‌ای نیست چون مقداری از انرژی شعله به جسم‌های دیگری که در اطراف قرار دارند و در دمای پایین‌تری هستند می‌رسد. اندازه‌گیری دقیق گرمایی که بین دو جسم مبادله می‌شود باید با مراقبت‌های ویژه‌ای انجام شود تا از مبادله‌ی گرما با جسم‌های دیگر تا حد امکان جلوگیری شود.

اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهد که مقدار گرمایی که باید به m کیلوگرم آب بدهیم تا به اندازه‌ی Δ درجه‌ی سلسیوس گرم شود :

۱- متناسب است با m (جرم آب)؛ یعنی :

$$Q \propto m$$

۲- متناسب است با Δ (مقدار افزایش دما)؛ یعنی این دو رابطه را می‌توان در یک رابطه خلاصه کرد :

$$Q \propto \Delta$$

$$Q \propto m\Delta$$

یعنی اگر برای مثال جرم آب یا مقدار افزایش دما را دوبرابر کنیم، مقدار گرمای لازم دوبرابر می‌شود. به عبارت دیگر نسبت $\frac{Q}{m\Delta}$ همواره مقدار ثابتی است. این مقدار ثابت را گرمای ویژه‌ی آب می‌نامیم.

$$\text{مقدار گرمای لازم برای افزایش دما} \\ \text{گرمای ویژه‌ی آب} = \frac{Q}{m\Delta} = \frac{Q}{(\text{جرم آب}) \times (\text{افزایش دما})}$$

اگر در مخرج این کسر m را برابر یک کیلوگرم و Δ را برابر یک درجه‌ی سلسیوس بگیریم، می‌توانیم نتیجه بگیریم که :

گرمای ویژه‌ی آب برابر است با مقدار گرمایی که برای گرم کردن یک کیلوگرم آب به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس لازم است.

یکای گرمای ویژه، ژول بر کیلوگرم بر درجه‌ی سلسیوس است $(\frac{J}{kg^\circ C})$.



آزمایش کنید - ۱

۱- آزمایش ۷ را با $2/0$ کیلوگرم آب خالص تکرار کنید و دمای آب را به اندازه 10°C افزایش دهید. مدت زمانی که لازم است ظرف آب را روی شعله‌ی چراغ نگه‌دارید یادداشت کنید.

۲- بار دیگر آزمایش را تکرار کنید. این بار نخست دو قاشق نمک در آب بریزید و آن را خوب به هم بزنید تا نمک کاملاً در آب حل شود. مدت زمان لازم برای افزایش دمای $2/0$ کیلوگرم آب نمک به اندازه 10°C را اندازه بگیرید.

۳- دو آزمایش را با هم مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ نتیجه را در کلاس با دوستان خود به بحث بگذارید.

با انجام آزمایش ۸ دریافته‌اید که گرمای ویژه‌ی آب نمک کمتر از گرمای ویژه‌ی آب است. اگر به‌جای آب نمک از مایع دیگری استفاده کنید خواهید دید که گرمای ویژه‌ی مایع‌های مختلف با یک‌دیگر تفاوت دارد. همین‌طور می‌توانیم گرمای ویژه‌ی مواد جامد و گازی دیگر را تعریف کنیم. گرمای ویژه‌ی هر جسم مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از آن جسم داده شود تا دمای آن یک درجه‌ی سلسیوس افزایش یابد.

گرمای ویژه را با نماد C نمایش می‌دهیم. گرمای ویژه‌ی چند ماده در جدول (۲-۳) داده شده

است.

جدول ۲ - ۳- گرمای ویژه‌ی چند ماده‌ی مختلف

ماده	گرمای ویژه برحسب $(\frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}})$
آب	۴۲۰۰
آب دریا	۳۹۰۰
یخ	۲۱۰۰
آلومینیوم	۹۰۰
بتون	۸۰۰
گرانیت	۸۰۰
شیشه	۷۰۰
فولاد	۵۰۰
مس	۴۰۰
جیوه	۱۵۰

محاسبه‌ی انرژی گرمایی لازم برای ایجاد یک تغییر معین در دما: برای آنکه دمای m کیلوگرم از جسمی با گرمای ویژه‌ی C را به اندازه‌ی Δ تغییر دهیم، Q ژول انرژی گرمایی لازم است. از تعریف گرمای ویژه داریم:

$$C = \frac{Q}{m\Delta}$$

به عبارت دیگر:

$$Q = mC\Delta \quad mC(\theta_2 - \theta_1) \quad (1-2)$$

در این رابطه Q (انرژی) برحسب ژول، m (جرم) برحسب کیلوگرم، C (گرمای ویژه) برحسب ژول بر کیلوگرم بدرجه‌ی سلسیوس و Δ (تغییر دما) برحسب درجه‌ی سلسیوس است. رابطه‌ی (۱-۲) درباره‌ی جسمی که گرما از دست می‌دهد نیز درست است. به این ترتیب که اگر دمای θ_2 کمتر از θ_1 باشد « $\theta_2 - \theta_1$ » منفی خواهد شد و در نتیجه Q نیز منفی می‌شود. علامت منفی نشان می‌دهد که جسم، انرژی از دست داده است.

مثال ۲

چقدر انرژی به صورت گرما لازم است تا دمای $2/5$ کیلوگرم مس را از 20°C به 30°C برسانیم؟
حل: از جدول (۲-۳) داریم:

$$C_{\text{مس}} = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

در نتیجه با نشان دادن اعداد بالا در رابطه‌ی (۱-۲)، پاسخ مثال را به دست می‌آوریم:
 $Q = mC(\theta_2 - \theta_1) = 2/5 \times 400 \times (30 - 20) = 10000 \text{ J} = 10 \text{ kJ}$ مقدار انرژی لازم

تمرین ۱

قطعه‌ای از موتور یک خودرو به جرم $1/9 \text{ kg}$ که از ترکیب دو فلز آهن و آلومینیوم ساخته شده است باید در دمای 15°C کار کند. اگر انرژی لازم باشد تا دمای آن از 20°C به 15°C برسد، گرمای ویژه‌ی این آلیاژ چه مقدار است؟

مثال ۳

دمای ۲ کیلوگرم آلومینیوم از 35°C به 25°C رسیده است. مقدار گرمایی را که در این فرایند منتقل شده است حساب کنید.

حل: گرمای ویژه‌ی آلومینیوم (با استفاده از جدول ۲-۳) برابر است با:

$$C_{\text{آلومینیوم}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

در نتیجه با استفاده از رابطه‌ی (۲-۱) داریم:

$$Q = mC(\theta_2 - \theta_1)$$

$$Q = 2 \times 900(25 - 35) \rightarrow Q = 1800(-10) = -18000\text{J} = -18\text{kJ}$$

علامت منفی نشان‌دهنده‌ی آن است که جسم، انرژی از دست داده است.

فناوری و کاربرد

در جدول (۲-۳) می‌بینیم که گرمای ویژه‌ی آب نسبت به سایر مواد بیشتر است. این نشان می‌دهد که وقتی یک کیلوگرم آب به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس گرم می‌شود، در مقایسه با سایر مواد مقدار گرمای بیشتری از محیط اطراف خود و از اجسامی که با آن‌ها در تماس است دریافت کرده است. از این خاصیت آب برای انتقال گرما از یک مخزن آب گرم به درون رادیاتورها (تابشگرها) استفاده می‌شود. آب گرم شده که از مخزن به وسیله‌ی تلمبه و از طریق لوله‌کشی‌های مربوط، به رادیاتورها می‌رسد، در آنجا در تماس با رادیاتور، که در تماس با هوای سرد است، سرد می‌شود و انرژی درونی خود را به رادیاتور می‌دهد و بار دیگر، از طریق لوله‌های برگشت، آب به مخزن برمی‌گردد و در آنجا باز همین عمل تکرار می‌شود.

فعالیت ۸

اگر به جای آب از مایع دیگری در لوله‌کشی مخصوص گرم کردن منزل‌ها استفاده شود چه تغییری دیده خواهد شد؟

تمرین‌های فصل دوم

۱- پاسخ دهید :

الف - چرا دیواره‌ی شیشه‌ای مخزن دماسنج باید نازک باشد؟
ب - چرا آب مایع مناسبی برای استفاده در خنک کردن موتور اتومبیل است؟
پ - چرا در زمستان هنگامی که سطح آب دریاچه یخ می‌بندد، با افزایش ضخامت یخ، آهنگ افزایش ضخامت یخ کند می‌شود؟

۲- آزمایشی را طراحی کنید که نشان دهد هوا رسانای ضعیف گرماست.

۳- پاسخ دهید :

الف - چرا موادی نظیر پشم و تارهای شیشه‌ای عایق‌های گرمایی خوبی هستند؟
ب - یک قطعه چوب و یک قطعه آهن هم‌دما را لمس کنید. چرا آهن سردتر به نظر می‌آید؟ آیا این به دلیل خطای لامسه است؟ توضیح دهید. (فرض کنید دمای دو قطعه از دمای دست فرد لمس‌کننده کمتر است).

۴- با توجه به عکس دمانگاشت یک ساختمان که در آغاز این فصل آمده است، شما چه پیشنهادی برای کم شدن اتلاف گرما دارید؟

۵- الف - دمای یک قطعه آلومینیوم ۱۵ کیلوگرمی از 6°C به 10°C می‌رسد. این قطعه آلومینیوم چه مقدار از انرژی درونی خود را از دست داده است؟
ب - اگر ۱۵ کیلوگرم آب از دمای 6°C به دمای 10°C برسد چه مقدار از انرژی درونی خود را از دست داده است؟

ج - با سرد شدن کدام یک از این دو جسم گرمای بیشتری به محیط داده شده است؟ با توجه به نتیجه‌ی این مسئله و با استفاده از جدول (۲-۳) یک دلیل بیاورید که چرا آب مایع مناسبی برای رادیاتورهاست؟

۶- گرمای ویژه‌ی آب بالاست. چند مورد استفاده برای این ویژگی را بیابید.

۷- یک گرمکن الکتریکی در هر ثانیه 1100 ژول انرژی الکتریکی را به گرما تبدیل می‌کند. این گرمکن را درون ۳ کیلوگرم آب قرار می‌دهیم. اگر گرمکن برای 120 ثانیه روشن باشد دمای آب در هر یک از حالت‌های زیر چه مقدار افزایش پیدا می‌کند؟
الف - همه‌ی انرژی گرمایی گرمکن به آب داده شود.

ب - 80% درصد انرژی گرمایی گرمکن به آب داده شود.

۸ - تجربه نشان می‌دهد دمای قسمتی از زمین که برف روی آن است تقریباً 1° درجه‌ی

سلسیوس بیشتر از دمای زمین بدون برف است. علت را توضیح دهید.

۹- تحقیق کنید :

الف - در خانه و مدرسه بررسی کنید و ببینید بیشترین اتلاف انرژی در چه قسمت‌هایی صورت می‌گیرد.

ب - شما برای جلوگیری از این اتلاف‌ها چه پیشنهادهایی می‌توانید ارائه کنید.

پ - یکی از پیشنهادهایی را که به نظر شما و هم کلاسی‌هایتان قابل اجراست زیر نظر دبیر خود به صورت یک طرح کامل بنویسید و به کلاس ارائه کنید.

۱۰ - یک میخ فولادی به جرم 1°g ، در حین کوبیده شدن در چوب، گرم می‌شود. اگر 6° درصد انرژی جنبشی چکشی به جرم $1/2\text{kg}$ که با سرعت 8m/s به میخ برخورد کرده و متوقف شده است به گرما تبدیل شده و به میخ داده شود، دمای آن را چه مقدار بالا می‌برد؟

۱۱- در یک برنامه‌ی رژیم غذایی ادعا شده است: هر مقدار دلتان می‌خواهد بخورید ولی به مقدار کافی آب سرد بنوشید، در این صورت چاق نمی‌شوید. فرض کنید کل انرژی غذا در بدن صرف رساندن دمای آب سرد 7°C به 37°C شود. با استفاده از جدول زیر معین کنید چند لیتر آب سرد 7°C باید بنوشیم تا تأثیر یک همبرگر 100 گرمی و 200 گرم سیب‌زمینی سرخ‌شده‌ی همراه آن را خنثی کنیم.

غذا	همبرگر	سیب‌زمینی
انرژی برحسب ژول بر کیلوگرم	810×10^6	610×10^6

۱۲- این پرسش درباره‌ی هزینه‌ی عایق‌بندی یک خانه است. سقف و دیوارها عایق‌بندی نشده‌اند و شیشه‌ی پنجره تک لایه است.

الف - با استفاده از داده‌های زیر کدام روش را برای عایق‌بندی خانه با هزینه‌ی کم‌تر پیشنهاد می‌کنید؟

ب - چند سال لازم است تا هزینه‌ی پرداخت شده برای عایق‌بندی سقف اتاق‌ها جایگزین شود؟

● هزینه‌ی سوخت برای گرمایش یک خانه 700×10000 ریال در یک سال

● هزینه‌ی دوجداره کردن شیشه‌ی پنجره 500×10000 ریال است که این عمل باعث 20° درصد کاهش سالیانه از هزینه‌ی سوخت می‌شود.

● هزینه‌ی عایق‌بندی سقف اتاق‌ها 450×10000 ریال است که این مبلغ باعث 30° درصد کاهش هزینه‌ی سوخت می‌شود.

● هزینه‌ی دوجداره کردن دیوارهای خانه 1800×10000 ریال است که این عمل سبب 25°

درصد کاهش سالیانه از هزینه‌ی سوخت می‌شود.

الکتریسته



آیا می‌دانید « چرا تکه‌های کاغذ جذب شانه‌ی پلاستیکی شده‌اند؟ »

در کتاب‌های علوم تجربی دوره‌ی راهنمایی با بارالکتریکی آشنا شدیم و دیدیم که:

- ۱- وقتی دو جسم را به یک‌دیگر مالش می‌دهیم، در هر یک از آن‌ها بارالکتریکی ایجاد می‌شود.
- ۲- بارهای الکتریکی بر یک‌دیگر اثر می‌کنند و بارهای همنام یک‌دیگر را می‌رانند و بارهای غیرهمنام یک‌دیگر را می‌ربایند.

در این فصل ضمن یادآوری آن مطالب، جزئیات دقیق‌تری از چگونگی باردار شدن یک جسم و مطالب دیگری در همین زمینه خواهید آموخت. به دنبال آن در مورد اختلاف پتانسیل، به عنوان عامل شارش بار و ایجاد جریان الکتریکی، شرح مختصری خواهد آمد. در انتهای فصل، به بررسی قانون اهم، انرژی و توان الکتریکی مصرفی می‌پردازیم.

۳-۱- بارالکتریکی

در علوم تجربی سال اول راهنمایی دیدیم که اتم از دو قسمت، شامل هسته و الکترون‌ها، تشکیل شده است. هسته فضای بسیار کوچکی از اتم را اشغال می‌کند و الکترون‌ها در فاصله‌ی نسبتاً دوری از هسته (نسبت به بزرگی هسته) به دور آن می‌چرخند، هسته خود از ذره‌های ریزی به نام پروتون و نوترون تشکیل شده است. بارالکتریکی الکترون منفی و بارالکتریکی پروتون مثبت ولی اندازه‌ی بار هر دو با هم مساوی است. نوترون بارالکتریکی ندارد.

در حالت عادی تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی هر اتم برابر تعداد الکترون‌های آن اتم است. در نتیجه اتم از نظر الکتریکی خنثی است. اجسام نیز که از اتم‌های خنثی درست شده‌اند از نظر الکتریکی خنثی هستند. تجربه نشان می‌دهد که جدا کردن پروتون از اتم یک عنصر، به آسانی جدا کردن الکترون از آن نیست.



آزمایش کنید - ۱

وسایله‌های آزمایش: یک تیغه‌ی شیشه‌ای، یک تیغه‌ی پلاستیکی، پارچه‌ی پشمی و ابریشمی، مقداری خرده کاغذ.

- ۱- تیغه‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش دهید و به خرده‌های کاغذ نزدیک کنید. چه اتفاقی رخ می‌دهد؟
- ۲- همین آزمایش را با تیغه‌ی پلاستیکی و پارچه‌ی پشمی انجام دهید و مشاهده‌های خود را بیان کنید.

۳-۲- بار الکتریکی در اجسام باردار

وقتی دو جسم به یکدیگر مالش داده می‌شوند، تعدادی الکترون از یکی به دیگری منتقل می‌شود. در نتیجه، جسمی که الکترون از دست می‌دهد، تعداد الکترون‌هایش کم‌تر از تعداد پروتون‌های آن می‌شود و بار الکتریکی آن مثبت می‌شود و برعکس، جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند، تعداد الکترون‌هایش بیش‌تر از پروتون‌هایش شده و بار الکتریکی آن منفی می‌شود. پس، افزایش تعداد الکترون‌ها در یک جسم، بار جسم را منفی و کاهش تعداد الکترون‌ها بار جسم را مثبت می‌کند.

یکای بار الکتریکی کولن نام دارد. کولن را با نماد C نشان می‌دهیم. اندازه‌ی بار الکتریکی یک الکترون و یا یک پروتون برابر $1.6 \times 10^{-19} C$ است. که آن را با نماد e نمایش می‌دهیم:

$$e = 1.6 \times 10^{-19} C$$

بنابراین، بار الکتریکی الکترون برابر $-e$ و بار الکتریکی پروتون برابر $+e$ است، اگر به جسمی خنثی، یک الکترون بدهیم و یا از آن یک الکترون بگیریم، بار الکتریکی آن به اندازه‌ی e تغییر می‌کند. اگر تعداد الکترون‌هایی که به جسم می‌دهیم و یا از آن می‌گیریم برابر n باشد، بار الکتریکی جسم به اندازه‌ی ne تغییر می‌کند. در این حالت بار الکتریکی جسم، که با نماد q نشان داده می‌شود، برابر است با:

$$q = \pm ne \quad \text{و} \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (1-3)$$



آزمایش کنید-۲

وسایله‌های آزمایش: دو تیغه‌ی شیشه‌ای، دو تیغه‌ی پلاستیکی، پارچه‌ی پشمی و ابریشمی، نخ، پایه.

۱- تیغه‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش دهید و آن را از گرانینگاه به وسیله‌ی نخ خشک آویزان کنید.

سپس تیغه‌ی شیشه‌ای دیگری را با پارچه‌ی ابریشمی مالش داده و به تیغه‌ی شیشه‌ای آویخته شده نزدیک کنید، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۲- همین آزمایش را با دو تیغه‌ی پلاستیکی که با پارچه‌ی پشمی مالش داده‌اید تکرار کنید و مشاهده‌های خود را بیان کنید.

۳- آزمایش را با تیغه‌ای شیشه‌ای و تیغه‌ای پلاستیکی انجام دهید. نتیجه‌ی تجربه‌های انجام شده را در گروه خود تفسیر و ربایشی یا رانشی بودن نیروها را مشخص کنید.

پاسخ دهید ۱

- ۱- موهای تمیز و خشک خود را با یک شانه‌ی پلاستیکی خشک شانه کنید. چرا موهای شما مرتب نمی‌شود و به سوی دانه‌های شانه کشیده می‌شود؟
- ۲- با یک پارچه‌ی خشک، صفحه‌ی تلویزیون را تمیز کنید. چرا پرزهای پارچه به صفحه‌ی تلویزیون می‌چسبند؟
- ۳- در تاریکی لباس خود را از تن بیرون آورید، چرا جرقه زده می‌شود؟ پاسخ این سؤال‌ها را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

فعالیت ۱

- الکتروسکوپ (برق‌نما) بسازید.
برای این کار به ترتیب زیر عمل کنید:
- ۱-۳- الف) تهیه دو ورق آلومینیومی نازک دو نوار باریک مطابق شکل (۱-۳- الف) تهیه کنید.
 - ۱-۳- ب) دو سر قطعه سیم روپوش‌داری به طول تقریبی 20° سانتی‌متر را مطابق شکل (۱-۳- الف) لخت کنید.



شکل ۱-۳- الف



شکل ۱-۳- ب

– یک سرسیم را مطابق شکل (۳-۱-ب) به صورت ماریچ درآورد و ورق‌های آلومینیوم را روی سر دیگر سیم قرار دهید و الکتروسکوپ را کامل کنید.
– با بحث در گروه خود، روش‌های دیگری برای ساخت الکتروسکوپ ساده پیشنهاد کنید.

۳-۳- جسم رسانا و نارسانا

برای آنکه با مفهوم رسانایی و نارسانایی آشنایی بیش‌تری پیدا کنید، آزمایش زیر را انجام دهید.



آزمایش کنید- ۳

وسایله‌های آزمایش: میله‌ی مسی، پارچه، الکتروسکوپ.
یک میله‌ی مسی کوچک را گرفته و تلاش کنید با مالش دادن آن بر روی یک پارچه، در آن بارالکتریکی ایجاد کنید. برای اطمینان از باردار شدن میله‌ی مسی، آن را پس از مالش، به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کنید. آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

پیش از این دیدیم که هر اتم دارای الکترون‌هایی است که در مدارهایی به دور هسته می‌چرخند. الکترون‌هایی که به هسته نزدیک‌ترند، بستگی بیش‌تری به هسته دارند و به آسانی نمی‌توان آن‌ها را از اتم جدا کرد. در بعضی اجسام، برخی از الکترون‌ها، به‌راحتی از اتم جدا می‌شوند. به این الکترون‌ها که به آسانی می‌توانند درون جسم جابه‌جا شوند، الکترون آزاد می‌گویند. تعداد الکترون‌های آزاد در فلزات بسیار زیاد است.

وقتی میله‌ی مسی را با پارچه مالش می‌دهیم، بارالکتریکی‌ای که به علت مالش در آن تولید می‌شود، با جابه‌جا شدن الکترون‌های آزاد، به‌وسیله‌ی دست به بدن انسان منتقل می‌شود. در نتیجه میله‌ی مسی را هنگامی که با بدن در تماس است نمی‌توان به کمک مالش باردار کرد. جسم‌هایی مانند مس و سایر فلزها، که به علت داشتن الکترون آزاد، بارالکتریکی در آن‌ها شارش می‌کند رسانا می‌نامند. جسم‌هایی مانند میله‌ی پلاستیکی و شیشه‌ای که الکترون نمی‌تواند در آن‌ها آزادانه حرکت کند و در

نتیجه بارالکتریکی را از خود عبور نمی‌دهند، نارسانا می‌نامند.

پاسخ دهید ۲

- ۱- چرا آزمایش‌های الکتریسته‌ی ساکن در روزهای سرد و خشک، نتیجه‌ی بهتری می‌دهد؟
- ۲- چرا در بعضی مواد مانند پلاستیک یا نایلون بهتر از سایر مواد می‌توان بارالکتریکی تولید کرد؟

فعالیت ۲

جمله‌های زیر را کامل کنید :

- ۱- وقتی دو جسم به یک‌دیگر داده می‌شود، بین آن‌ها الکترون مبادله می‌شود.
- ۲- با جابه‌جا شدن الکترون‌های آزاد، بار الکتریکی درون شارش می‌کند.
- ۳- در یک جسم بارالکتریکی در محل ایجاد شده باقی می‌ماند.
- ۴- نیرویی که بارهای الکتریکی هم‌نوع بر یک‌دیگر وارد می‌کنند و نیرویی که بارهای الکتریکی غیر هم‌نوع بر یک‌دیگر وارد می‌کنند است.

۳-۴- پایستگی بارالکتریکی

دیدیم که برای باردار کردن یک جسم باید تعدادی الکترون به آن بدهیم و یا از آن بگیریم. در این مبادله‌ی الکترون‌ها، هیچ‌گاه الکترونی تولید نمی‌شود و یا از بین نمی‌رود بلکه الکترون‌ها تنها از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند لذا با توجه به اینکه هر الکترون دارای مقدار معینی بار الکتریکی است، می‌توان گفت: بارالکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. این اصل، پایستگی بارالکتریکی نامیده می‌شود.

تمرین ۱

۱- می‌دانیم که تعداد الکترون‌های آزاد موجود در رساناها بسیار زیاد است. به‌عنوان مثال در یک سانتی‌متر مکعب مس در حدود $۱۰^{۲۲}$ الکترون آزاد وجود دارد. آیا بزرگی این عدد را می‌توانید تصور کنید؟ برای آنکه به بزرگی این عدد پی ببرید، فرض کنید بخواهید این تعداد الکترون را بشمارید. شما در هر ثانیه قادر به شمارش چه تعداد الکترون هستید؟ ۲، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰، ... فرض کنید که در هر ثانیه بتوانید یک تریلیون یعنی $۱۰^{۱۲}$ الکترون را بشمارید. چه مدت طول می‌کشد تا تمام الکترون‌های آزاد موجود در یک سانتی‌متر مکعب مس را بشمارید؟ برای محاسبه یک سال را تقریباً برابر ۳×۱۰^۷ ثانیه در نظر بگیرید.

۲- برای آنکه در جسمی خنثی بار الکتریکی $۶/۴$ میکروکولن ($C \times ۱۰^{-۶} / ۴ +$) ایجاد شود، چه تعداد الکترون باید از آن گرفته شود؟

۳- به تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی اتم، عدد اتمی گفته می‌شود و آن را با Z نشان می‌دهند. عدد اتمی مس برابر ۲۹ است. بار الکتریکی هسته‌ی اتم مس چه قدر است؟ اتم مس چه مقدار بار الکتریکی منفی دارد؟ بار الکتریکی اتم مس چه قدر است؟

۳-۵- القای بار الکتریکی



آزمایش کنید - ۴

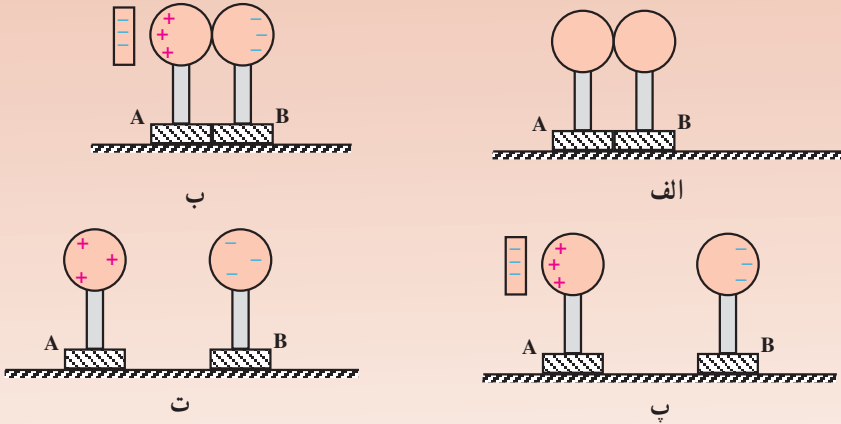
وسایله‌های آزمایش: دو کره‌ی فلزی، پایه‌های عایق، تیغه‌ی پلاستیکی، تیغه‌ی شیشه‌ای، پارچه‌ی پشمی.

۱- دو کره‌ی فلزی را که روی پایه‌های نارسانا قرار دارند مطابق شکل (۳-۲-الف) در تماس با یک‌دیگر قرار دهید. (اگر کره در اختیار ندارید می‌توانید دو تیغه‌ی فلزی کوچک انتخاب و آن‌ها را با دو نخ خشک آویزان کنید؛ و یا این که دو کاسه زنگ دوچرخه را روی پایه‌های نارسانا (مثلاً چوبی) نصب کنید) با تماس دست به آن‌ها مطمئن شوید که بدون بار الکتریکی اند.

۲- یک تیغه‌ی پلاستیکی را با پارچه‌ی پشمی مالش دهید. چه نوع بار الکتریکی

پیدا می کند، منفی یا مثبت؟

۳- مطابق شکل (۲-۳) تیغه‌ی پلاستیکی را به کره‌ی A نزدیک کنید.



شکل ۲-۳- باردار کردن به روش القا

۴- بدون آنکه مکان تیغه‌ی پلاستیکی را تغییر دهید، پایه‌ی چوبی کره‌ها را گرفته و دو کره را از هم جدا کنید شکل (۲-۳) پ.

۵- تیغه‌ی پلاستیکی را دور کنید شکل (۲-۳) ت.

آنچه را که مشاهده می کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

نتیجه‌ی بحث و گزارش خود را با آنچه ما با انجام آزمایش بالا به دست آورده‌ایم و در ادامه آمده است، مقایسه کنید :

۱- هر دو کره باردار شده‌اند.

۲- کره‌ای که به تیغه‌ی پلاستیکی نزدیک‌تر است (کره‌ی A) دارای بار مثبت و کره‌ی دیگر (کره‌ی B) دارای بار منفی است.

روشی که در آن کره‌های رسانا را، بدون تماس با تیغه‌ی باردار، باردار کرده‌ایم، القای بار الکتریکی می‌نامند.

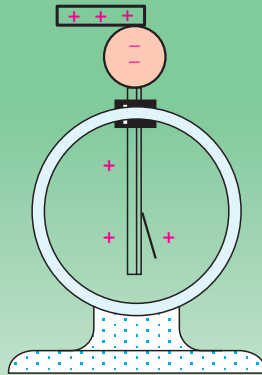
پاسخ دهید ۳

الف : توضیح دهید چرا در آزمایش بالا، کره‌ی A دارای بار مثبت و کره‌ی B دارای بار منفی است.

ب : آیا بار الکتریکی تیغه‌ی پلاستیکی کاهش یافته است؟

فعالیت ۳

۱- هرگاه جسمی را که دارای بار الکتریکی است (مثلاً میله‌ای شیشه‌ای با بار مثبت) به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس دهید (شکل ۳-۳)، چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را توضیح دهید.



شکل ۳-۳- باردار کردن الکتروسکوپ

۲- در گروه خود مراحل باردار کردن یک الکتروسکوپ به روش القای الکتریکی را پیشنهاد کنید، سپس آن را به روشی که پیشنهاد کرده‌اید، باردار کنید.

فعالیت ۴

- ۱- با الکتروسکوپ چگونه می‌توان تعیین کرد که:
 - الف - جسمی باردار است؟
 - ب - جسم چه نوع باری دارد؟
 - پ - جسمی رساناست یا نارسانا؟
- ۲- آیا با الکتروسکوپ می‌توان مقدار بار دو کره‌ی هم‌اندازه، رسانا و باردار را با یک‌دیگر مقایسه کرد؟

آذرخش یا تخلیه‌ی الکتریکی

هنگامی که هوا ابری و طوفانی است، بین یک ابر با ابر دیگر و یا بین ابر و زمین جرقه‌های بزرگی زده می‌شود که آسمان یک منطقه‌ی بزرگ را روشن می‌کند و در پی آن صدای بلندی نیز شنیده می‌شود. به این پدیده آذرخش می‌گویند. آیا می‌دانید آذرخش چگونه به وجود می‌آید؟

ابرها به علت مالش با هوا و یا القای الکتریکی، دارای بار مثبت و یا منفی می‌شوند. در بیش‌تر موارد، قسمت رو به پایین ابر (نزدیک به زمین) دارای بار منفی و قسمت بالای آن دارای بار مثبت می‌شود. اگر دو ابر چنان به هم نزدیک شوند که قسمت‌هایی از آنها که دارای بارهای ناهمنام است، مجاور هم قرار گیرند، امکان دارد تخلیه‌ی الکتریکی (شارش ناگهانی بارهای الکتریکی) بین دو ابر صورت بگیرد، که معمولاً با جرقه‌های بزرگ، تولید گرما و صدا همراه است (شکل ۳-۴-الف).

تخلیه‌ی الکتریکی می‌تواند به صورت دیگری نیز رخ دهد. ابرهای طوفانی می‌توانند با حرکت در مجاورت سطح زمین، آن را به روش القا باردار کنند. در این حالت امکان تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و زمین وجود دارد و می‌تواند موجب آتش‌سوزی شود (شکل ۳-۴-ب).



شکل ۳-۴-ب - تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و زمین

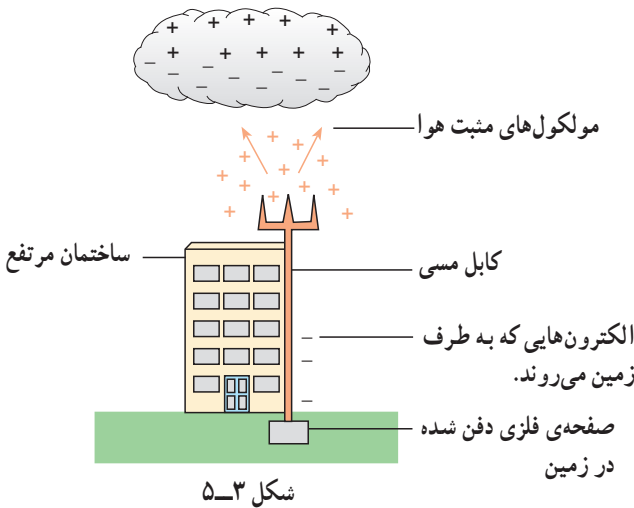


شکل ۳-۴-الف - تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و ابر

فناوری و کاربرد

برق‌گیر یا رسانای آذرخش: در هر ثانیه به‌طور متوسط 10^6 آذرخش بر روی سطح زمین زده می‌شود. آذرخش پدیده‌ی بسیار خطرناکی است، زیرا در اثر شارش ناگهانی و بسیار عظیم بار الکتریکی، انرژی زیادی را آزاد می‌کند. این پدیده می‌تواند به ساختمان‌ها، خطوط انتقال نیرو، انسان‌ها و ... خسارت‌های جدی وارد سازد. بنابراین محافظت در برابر آذرخش مسئله‌ای بسیار مهم است.

برای حفاظت ساختمان‌ها در برابر آذرخش از وسیله‌ای به نام برق‌گیر استفاده می‌کنند. برق‌گیر کابل ضخیمی با نوک تیز است. قسمت نوک تیز برق‌گیر را در بالاترین نقطه‌ی ساختمان نصب می‌کنند و انتهای کابل آن را در اعماق مرطوب زمین قرار می‌دهند. تیزی نوک کابل سبب می‌شود که در صورت به‌وجود آمدن آذرخش، خسارتی به ساختمان وارد نشود شکل (۳-۵).

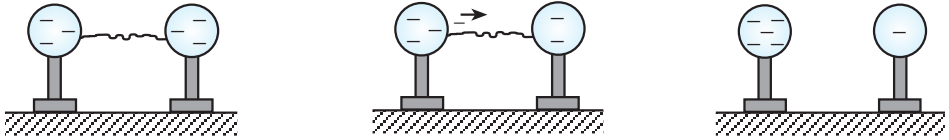


پاسخ دهید ۴

- ۱- با یک جفت دم‌پایی پلاستیکی تمیز و خشک روی فرش طوری راه بروید که کف دم‌پایی روی فرش مالش داده شود. سپس با نوک انگشت خود، گوش و یا نوک بینی یک نفر را که در اتاق است، لمس کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را توضیح دهید.
- ۲- با چه پدیده‌های دیگری، مشابه پدیده‌ی فوق، آشنا هستید؟ آیا ممکن است این پدیده‌ها خطرناک باشند؟
- ۳- چرا زیر تانکرهای مخصوص حمل سوخت، زنجیر آویزان می‌کنند؟
- ۴- هواپیماها هنگام حرکت دارای بار الکتریکی می‌شوند. برای تخلیه‌ی بار الکتریکی آن‌ها چه تدبیری به کار برده می‌شود؟

۳-۶- اختلاف پتانسیل الکتریکی

دو کره‌ی رسانای یکسان را که هر دو بر روی پایه‌های عایقی نصب شده‌اند در نظر بگیرید. فرض کنید هر دو دارای بار الکتریکی منفی باشند، اما مقدار بار الکتریکی یکی از آن‌ها از دیگری بیش‌تر باشد. اگر کره‌ها را مطابق شکل (۳-۶) با سیم مسی نازکی به یک‌دیگر وصل کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟



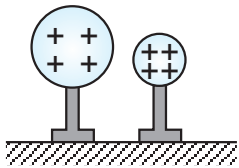
الف - کره‌ها اتصال ندارند. ب - کره‌ها با سیم به هم وصل شده‌اند. پ - پس از مدتی شارش بار قطع می‌شود.

شکل ۳-۶

اینک این سؤال مطرح است که آیا همیشه بارهای الکتریکی از جسمی که بار بیش‌تر دارد به سوی جسمی که بار کم‌تر دارد شارش می‌کند؟ با ذکر یک مثال نقض می‌توان به این سؤال پاسخ منفی داد.

دو کره‌ی رسانای نامساوی که روی پایه‌های عایقی قرار دارند، مطابق شکل (۳-۷) در نظر بگیرید. با فرض این که بار این دو کره یکسان است، آیا فکر می‌کنید اگر با سیم مسی نازکی به یک‌دیگر وصل شوند، در سیم شارش بار خواهیم داشت؟

پاسخ مثبت است. پس اختلاف مقدار بار در اجسام به تنهایی نمی‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ی جهت شارش بار باشد. اکنون می‌خواهیم بدانیم که شارش در کدام جهت است و تا چه زمانی ادامه پیدا می‌کند؟ چه عاملی باعث شارش بار بین این دو کره می‌شود؟



شکل ۳-۷

در شکل (۳-۷) بارهای الکتریکی دو کره یکسان، اما شعاع‌های دو کره متفاوت است و بارهای الکتریکی در کره‌ی کوچک‌تر به هم نزدیک‌ترند و نیروی رانشی بین آن‌ها بیش‌تر از نیروی رانشی بین بارهای کره‌ی بزرگ‌تر است و با اتصال آن‌ها به یک‌دیگر، بارها از کره‌ی کوچک‌تر به کره‌ی بزرگ‌تر شارش می‌کنند.

همان‌گونه که در حالت طبیعی، شارش آب از یک منبع به منبع دیگر تنها به علت وجود اختلاف ارتفاع سطح آب در دو منبع است و شارش گرما از یک جسم به جسم دیگر به علت وجود تفاوت دمای دو جسم است، شارش بارهای الکتریکی مثبت از یک کره به کره‌ی دیگر نیز به علت وجود

کمیتی است که آن را اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌نامیم. بنابراین:

اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو جسم، عامل شارش بار الکتریکی از یک جسم به جسم دیگر است. انباشته شدن بار الکتریکی مثبت بیش‌تر در یک کره و بار الکتریکی مثبت کم‌تر در کره‌ی هم‌اندازه‌ی دیگر باعث به‌وجود آمدن اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو کره شده است. پتانسیل الکتریکی یک رسانا، علاوه بر نوع و اندازه‌ی بار الکتریکی آن، به شکل هندسی رسانا نیز بستگی دارد.

همان‌گونه که در کتاب علوم راهنمایی دیده‌اید، یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی ولت نام دارد که آن را با نماد V نشان می‌دهند. به اختلاف پتانسیل، ولتاژ نیز گفته می‌شود. روی اکثر وسیله‌های الکتریکی عددهایی نوشته شده است. یکی از این عددها برحسب ولت و معرف اختلاف پتانسیل مناسب برای کار دستگاه است که باید به دو سر آن وصل شود. مثلاً روی لامپی که دو عدد $60W$ و $220V$ نوشته شده است، 220 ولت به معنی مناسب‌ترین اختلاف پتانسیلی است که می‌توان به دو سر لامپ وصل کرد. حال اگر اختلاف پتانسیل کم‌تری به آن وصل کنیم، نور لامپ ضعیف می‌شود و اگر اختلاف پتانسیل بیش‌تری به آن وصل کنیم، ممکن است لامپ بسوزد.

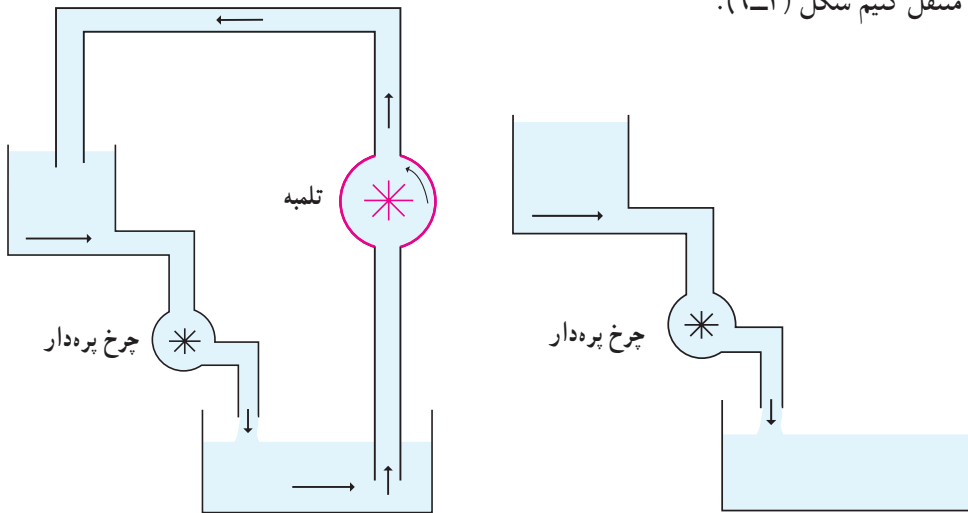
به‌طور کلی اگر به دو سر تمام دستگاه‌های الکتریکی اختلاف پتانسیل کم‌تر و یا بیش‌تری وصل شود، ممکن است دستگاه آسیب ببیند و یا خوب کار نکند. اختلاف پتانسیل مناسب به ساختمان درونی دستگاه بستگی دارد و با توجه به آن تعیین می‌شود که به آن ولتاژ اسمی دستگاه می‌گویند.

۳-۷- مولد

اکنون که دانستیم عامل شارش بار الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی است، این پرسش را در مورد آزمایش شکل (۳-۶) مطرح می‌کنیم. آیا شارش بار الکتریکی از یک کره به کره‌ی دیگر، همواره ادامه دارد و یا پس از مدتی قطع می‌شود؟

همان‌گونه که جریان آب از یک ظرف به ظرف دیگر تا زمانی ادامه می‌یابد که ارتفاع سطح آب در دو ظرف هم‌تراز شوند و یا شارش گرما تا زمانی ادامه می‌یابد که دو جسم هم‌دما شوند، شارش بار الکتریکی میان دو کره‌ی باردار نیز دایمی نیست و تا وقتی ادامه می‌یابد که بین دو کره اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود داشته باشد. وقتی اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو کره صفر شود، یعنی دو کره هم‌پتانسیل شوند، شارش بار الکتریکی میان دو کره متوقف می‌شود. اگر بخواهیم شارش بار الکتریکی بین دو کره ادامه یابد چه باید کرد؟

فرض کنید منبع آبی را در ارتفاع معینی بالای سطح زمین قرار داده ایم شکل (۳-۸). آب از لوله‌ی متصل به منبع، جریان یافته و در پایین با ریختن روی یک چرخ پره‌دار، آن را به گردش درآورده و در ظرف پایینی جمع می‌شود. روشن است پس از مدتی جریان آب قطع می‌شود. اگر بخواهیم جریان آب ادامه یابد، باید به کمک یک تلمبه، آب را از ظرف پایینی به ظرف بالایی منتقل کنیم شکل (۳-۹).



شکل ۳-۹- تلمبه با بردن آب از پایین به بالا، انرژی لازم برای جریان دائم را به آب می‌دهد.

شکل ۳-۸- جریان آب دائمی نیست.

تلمبه با دریافت انرژی الکتریکی، این کار را انجام می‌دهد. وقتی آب توسط تلمبه به منبع بالایی منتقل شد، انرژی لازم را برای جریان یافتن به پایین و به کار انداختن چرخ، کسب می‌کند. در نتیجه اگر تلمبه کار کند، آب از ظرف پایینی به ظرف بالایی منتقل می‌شود و دوباره به علت اختلاف ارتفاع، به ظرف پایین برمی‌گردد و این کار ادامه می‌یابد.

همان‌طور که کار کردن تلمبه اختلاف ارتفاع معینی را بین آب دو ظرف ایجاد می‌کند، برای آن که شارش بار الکتریکی از یک کره به کره دیگر ادامه یابد نیز باید وسیله‌ای نظیر تلمبه در مدار جریان الکتریکی قرار گیرد تا اختلاف پتانسیل الکتریکی لازم را میان دو کره ایجاد کند. این وسیله را مولد می‌نامیم. مولدها انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی را از واکنش‌هایی که داخل آن‌ها رخ می‌دهد، به دست می‌آورند. مولدها نوع‌های مختلفی دارند. با مولدهای شیمیایی (باتری) در دوره‌ی راهنمایی آشنا شده‌اید. در این مولدها انرژی لازم از واکنش‌های شیمیایی که در مولد رخ می‌دهد، به دست می‌آید و بارهای مثبت درون مولد از پایانه‌ی منفی به پایانه‌ی مثبت منتقل می‌شوند. مولد،

انرژی ای را که از واکنش‌ها به دست می‌آورد، صرف ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مدار می‌کند. بیش‌ترین اختلاف پتانسیلی که مولد می‌تواند به وجود آورد نیروی محرکه‌ی مولد نام دارد و با یکای ولت اندازه‌گیری می‌شود. اولین مولد شیمیایی را ولتا، فیزیکدان ایتالیایی ساخت به پاس خدمات او یکای اختلاف پتانسیل را ولت نام نهاده‌اند.

فعالیت ۵

مولد الکتریکی بسازید

وسایله‌های لازم: لیموترش، چاقو، تیغه‌ی مسی و تیغه‌ی رویی، سیم رابط نازک، ولت‌سنج.

یک لیموترش تازه و سالم انتخاب کنید و روی میز بگذارید. سپس به ملایمت و بدون آن‌که فشار زیادی به لیمو وارد کنید، آن را روی میز بغلتانید. تا پرده‌های داخلی آن پاره شوند، سپس دو تیغه، یکی از جنس روی و دیگری از جنس مس، به داخل لیمو فرو کنید. اکنون شما یک مولد الکتریکی ساده ساخته‌اید. اگر با سیم‌های نازک تیغه‌ها را به دو سر یک ولت‌سنج وصل کنید، می‌توانید نیروی محرکه‌ی آن را، که برابر عددی است که ولت‌سنج نشان می‌دهد، اندازه بگیرید. ساختمان داخلی تمام مولدهای شیمیایی شبیه به مولدی است که شما ساخته‌اید، یعنی دو فلز غیر هم‌جنس درون یک مایع شیمیایی خاص قرار دارند.

فعالیت ۶

۱- در شکل (۳-۱) تصویر چند نوع باتری آمده است. علاوه بر این‌ها، باتری‌های

دیگری را که می‌شناسید، نام ببرید.

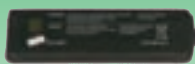
۲- باتری‌های معرفی شده

را از نظر ولتاژ، طول عمر،

شارژپذیری و ... در گروه خود

مقایسه کنید و نتیجه را به صورت

یک جدول تنظیم کنید.



باتری تلفن همراه



باتری قلمی



باتری خودرو

شکل ۳-۱

۳-۸- مدار الکتریکی

وقتی کلید چراغ قوه را وصل می‌کنیم لامپ آن روشن می‌شود. آیا تاکنون به ساختمان داخلی چراغ قوه توجه کرده‌اید؟ آیا به ساز و کار روشن شدن لامپ چراغ قوه فکر کرده‌اید؟ برای دستیابی به پاسخ این پرسش‌ها آزمایش زیر را انجام دهید.



آزمایش کنید- ۵

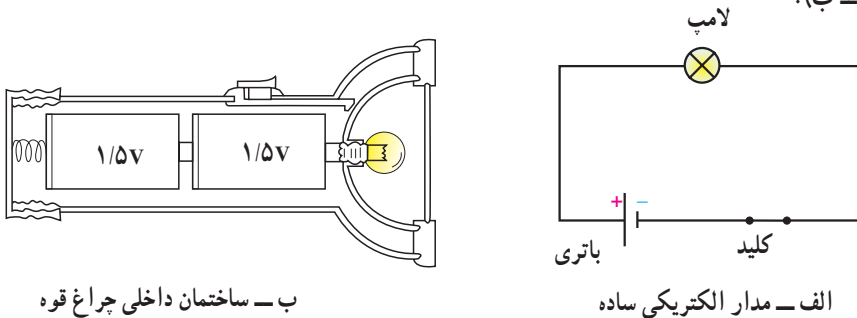
وسایلهای آزمایش: یک لامپ $1/5$ ولتی، یک باتری $1/5$ ولتی، یک کلید قطع و وصل، مقداری سیم رابط.
مطابق شکل (۳-۱۱) لامپ را به باتری وصل کنید. وقتی کلید را می‌بندید، چه اتفاقی می‌افتد که لامپ روشن می‌شود؟



شکل ۳-۱۱- مدار الکتریکی ساده

به آرایش شکل (۳-۱۱)، مدار الکتریکی گفته می‌شود. معمولاً در رسم شکل‌ها، باتری را مطابق شکل (۳-۱۲-الف) نشان می‌دهیم. قطعه خط کوچک‌تر، پایانه منفی و قطعه خط بزرگ‌تر، پایانه مثبت آن است. ساختمان داخلی چراغ قوه نیز مانند مدار ساده‌ی شکل (۳-۱۲-الف) است.

یعنی از یک لامپ و یک کلید تشکیل شده است که هر دو در محفظه‌ی چراغ قوه قرار دارند شکل (۱۲-۳-ب).



شکل ۱۲-۳

۳-۹- جریان الکتریکی

اگر آب یک لیوان را روی سطح شیب‌داری بریزیم، آب به علت اختلاف ارتفاع، از بالا به پایین جریان می‌یابد. به همین ترتیب اگر به دو سر یک رسانا اختلاف پتانسیلی اعمال کنیم، بارهای الکتریکی در مدار شارش می‌کنند. در این حالت اگر مقطعی فرضی در مدار را در نظر بگیریم، در مدت زمان (بازه‌ی زمانی) t از این مقطع بار الکتریکی q شارش می‌کند. بنا به تعریف «آهنگ شارش بار الکتریکی از هر مقطع مدار را **جریان الکتریکی می‌نامیم**» و آن را با نماد I نشان می‌دهیم.

$$I = \frac{q}{t} \quad (۲-۳)$$

یکای جریان الکتریکی به پاس اهمیت کارهای آندره ماری آمپر، فیزیکدان فرانسوی، آمپر نامیده شده و با نماد A نمایش داده می‌شود. طبق قرارداد، جهت جریان الکتریکی در مدار از پایانه‌ی مثبت به پایانه‌ی منفی است. برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی از آمپرسنج استفاده می‌کنیم و آن را به‌طور متوالی در مدار قرار می‌دهیم.

مثال ۱

جریان الکتریکی در یک مدار $1/2A$ است. چند کولن بار الکتریکی در مدت نیم دقیقه از یک مقطع مدار شارش می‌کند؟

حل: می‌توان بار الکتریکی شارش شده را با استفاده از رابطه‌ی $I = \frac{q}{t}$ محاسبه کرد:

$$I = 1/2A, t = 0.5 \times 60 = 30s, q = ?$$

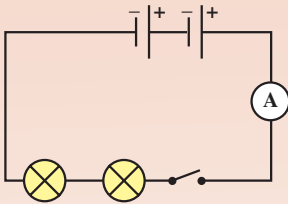
$$q = It$$

$$= 1/2 \times 30 = 36C$$

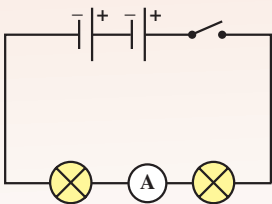


آزمایش کنید - ۶

وسیله‌های آزمایش: باتری ۱/۵ ولتی دو عدد، لامپ ۱/۵ ولتی دو عدد، آمپرسنج ۱ عدد، کلید قطع و وصل و تعدادی سیم رابط.
مداری را مطابق شکل (۳-۱۳-الف) ببندید. اکنون کلید را وصل و جریانی را که آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید.
محل آمپرسنج را مطابق شکل (۳-۱۳-ب) تغییر دهید و جریانی را که نشان می‌دهد یادداشت کنید.



شکل ۳-۱۳-الف



شکل ۳-۱۳-ب

- ۱- آیا آمپرسنج در هر دو مدار جریان یکسانی را نشان می‌دهد؟
- ۲- با توجه به پایداری بار الکتریکی و تعریف جریان الکتریکی توضیح دهید که چرا عددی که آمپرسنج در یک مدار متوالی نشان می‌دهد به محل قرار گرفتن آمپرسنج در مدار بستگی ندارد.

۳-۱۰- مقاومت الکتریکی

پاسخ دهید

آیا تاکنون به حرکت مردم در خیابان و یا بازار شلوغ توجه کرده‌اید؟ آیا برای خودتان موقعیتی پیش آمده است که برای انجام کاری عجله داشته باشید و برای انجام آن مجبور شوید از مکان پررفت و آمدی عبور کنید؟ در این‌گونه موارد با دیگرانی که در رفت و آمد هستند، برخورد می‌کنید که، در نتیجه از سرعت انرژی شما کاسته می‌شود و احساس می‌کنید گرم شده‌اید. آیا به نظر شما تشابهی در شارش بار الکتریکی در یک رسانا و حرکت فرد در محل پررفت و آمد وجود دارد؟ در مقابل حرکت فرد در محل‌های پررفت و آمد نوعی مقاومت وجود دارد که سرعت و انرژی او را کاهش می‌دهد.



آزمایش کنید - ۷

وسایله‌های آزمایش: یک باتری $1/5$ ولتی، 2 لامپ $1/5$ ولتی، آمپرسنج، کلید قطع و وصل و تعدادی سیم رابط.

باتری $1/5$ ولتی، لامپ $1/5$ ولتی و آمپرسنج را مطابق شکل (۳-۱۴-الف) به هم ببندید.

کلید را وصل کنید و عددی را که آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید. سپس کلید را قطع کنید و هر دو لامپ $1/5$ ولتی را مطابق شکل (۳-۱۴-ب) در مدار قرار

دهید و آنگاه دوباره کلید را وصل کنید. عددی را که اکنون آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید.



شکل ۳-۱۴-ب



شکل ۳-۱۴-الف

اگر به تعداد کافی باتری و کلید در اختیار دارید دو آزمایش را همزمان انجام دهید تا بتوانید نور لامپ‌ها را با هم مقایسه کنید. علت تغییر نور لامپ‌ها در آزمایش دوم چیست؟

وقتی به دو سر رسانایی یک اختلاف پتانسیل اعمال می‌کنیم، بارهای الکتریکی با دریافت انرژی از مولد، در رسانا شارش می‌کنند. این بارهای الکتریکی در مسیر حرکت خود با اتم‌های رسانا که در حال نوسان‌اند، برخورد می‌کنند و بخشی از انرژی دریافتی را در این برخوردها از دست می‌دهند. این امر باعث گرم شدن رسانا می‌شود. حرکت بارهای الکتریکی در رسانا مشابه حرکت در یک خیابان و یا بازار شلوغ است. می‌گوییم رسانا دارای مقاومت الکتریکی است، و مقاومت الکتریکی را با نماد R نشان می‌دهیم. یکای مقاومت الکتریکی اهم و نماد آن « Ω » است* که به افتخار خدمات علمی گئورگ زیمون اهم نام‌گذاری شده است. اکنون که با اختلاف پتانسیل الکتریکی به‌عنوان عامل شارش بار، و مولد به‌عنوان عامل ایجاد کننده‌ی اختلاف پتانسیل و عبور جریان الکتریکی آشنا شده‌ایم، می‌توانیم ساز و کار روشن شدن لامپ را شرح دهیم. هنگامی که پایانه‌های یک باتری را به دو سر یک رسانا (لامپ) وصل می‌کنیم، باتری بین دو سر

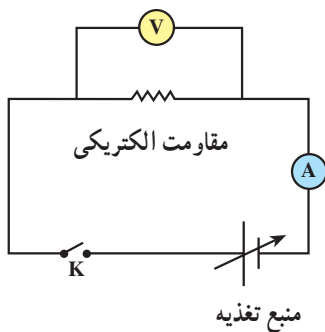
* امگا Ω یکی از حرف‌های الفبای یونانی است.

رسانا اختلاف پتانسیل ثابتی برقرار می‌کند. این اختلاف پتانسیل باعث شارش بار الکتریکی در مدار می‌شود. با شارش بار الکتریکی و ایجاد جریان الکتریکی در مدار، انرژی الکتریکی از باتری به لامپ می‌رسد و لامپ روشن می‌شود.

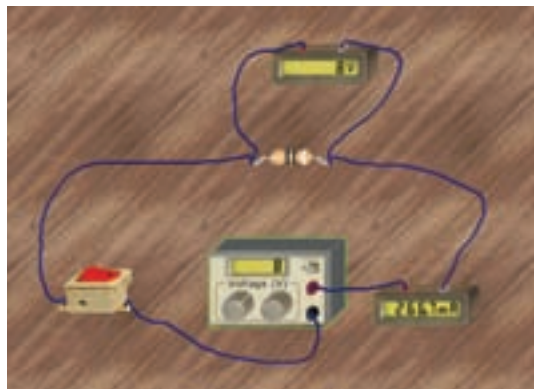
۱۱-۳- قانون اهم

تاکنون متوجه شده‌اید که اگر به دو سر یک رسانا، اختلاف پتانسیلی اعمال کنیم، در آن رسانا جریان الکتریکی برقرار می‌شود. از طرف دیگر، رسانا در مقابل جریان الکتریکی، از خود مقاومت نشان می‌دهد. اکنون می‌خواهیم رابطه‌ای میان کمیت‌های اختلاف پتانسیل، جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی به دست آوریم.

یک مقاومت الکتریکی را به آمپرسنج، ولت‌سنج و منبع تغذیه (دستگاهی است که با آن می‌توان اختلاف پتانسیل‌های مختلفی را در دو سر مدار برقرار کرد) مطابق شکل (۱۵-۳) می‌بندیم. آمپرسنج به‌طور متوالی در مدار قرار گرفته و ولت‌سنج به‌طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است. پس از بسته شدن کلید، جریان الکتریکی از مدار می‌گذرد. ولت‌سنج که به‌طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را نشان می‌دهد و آمپرسنج شدت جریانی را که از مدار می‌گذرد مشخص می‌کند.



شکل ۱۵-۳- ب



شکل ۱۵-۳- الف

در یک آزمایش، اختلاف پتانسیل دو سر مدار را به کمک منبع تغذیه تغییر داده‌ایم و در هر نوبت، شدت جریانی که از مقاومت می‌گذرد و اختلاف پتانسیل دو سر آن را با آمپرسنج و ولت‌سنج اندازه گرفته‌ایم. نتیجه‌ی آزمایش را در جدول (۱-۳) وارد کرده‌ایم.

جدول ۱-۳

۳/۵	۲/۲	۰/۸	اختلاف پتانسیلی که ولت سنج نشان می‌دهد (V بر حسب ولت)
۰/۷۰	۰/۴۳	۰/۱۶	شدت جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد (I بر حسب آمپر)
۵/۰	۵/۱	۵/۰	$\frac{V}{I}$

بررسی جدول (۱-۳) نشان می‌دهد که افزایش اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت باعث افزایش شدت جریان شده است، اما نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به شدت جریانی که از آن می‌گذرد (یعنی نسبت $\frac{V}{I}$) در تمام آزمایش‌ها با تقریب خوبی ثابت مانده است. این نسبت را مقاومت الکتریکی (R) می‌نامند.

اهم دانشمند آلمانی برای نخستین بار به این مسئله توجه کرد و نتیجه‌ی آزمایش‌های خود را به شرح زیر بیان نمود که به آن قانون اهم گفته می‌شود.

قانون اهم: نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به شدت جریانی که از آن می‌گذرد (در دمای ثابت) مقدار ثابتی است؛ این مقدار ثابت همان مقاومت الکتریکی رسانا است.

$$\frac{V}{I} = R \quad (۳-۳)$$

اگر در رابطه‌ی (۳-۳)، اختلاف پتانسیل (V) بر حسب ولت و شدت جریان (I) بر حسب آمپر باشد، مقاومت الکتریکی (R) بر حسب اهم خواهد بود.

مثال ۲

به دو سر یک لامپ، اختلاف پتانسیل ۲۲۰V وصل شده است. اگر شدت جریان در لامپ برابر ۰/۴۴A باشد، مقاومت الکتریکی لامپ چند اهم است؟

حل

$$V = ۲۲۰\text{V} \text{ و } I = ۰/۴۴\text{A} \text{ و } R = ?$$

با استفاده از رابطه‌ی (۳-۳) نتیجه می‌گیریم که:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \frac{۲۲۰}{۰/۴۴} = ۵۰۰\Omega$$

مثال ۳

به دو سر یک رسانا به مقاومت الکتریکی 25Ω اختلاف پتانسیل الکتریکی V را وصل می‌کنیم. شدت جریان در رسانا را در صورتی که الف: $V = 50V$ و ب: $V = 75V$ باشد، به دست آورید.

حل

$$\frac{V}{I} = R \Rightarrow I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{50}{25} = 2A$$

الف:

$$I = \frac{75}{25} = 3A$$

ب:

۱۲-۳- مصرف انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی یکی از تمیزترین انرژی‌هاست و مصرف آن باعث آلودگی محیط‌زیست، که برای انسان بسیار مهم و حیاتی است، نمی‌شود. علاوه بر آن، انرژی الکتریکی را می‌توان به آسانی و با صرف هزینه‌ی کم، از محل تولید به محل مصرف منتقل کرد. به همین علت استفاده از آن به‌طور وسیع و چشم‌گیری مورد توجه قرار گرفته است. اگر در محل کار و زندگی به پیرامون خود نگاه کنید، تعداد زیادی وسیله‌های الکتریکی می‌بینید که زندگی بدون آن‌ها بسیار مشکل و حتی غیرممکن است.

انرژی الکتریکی را به آسانی می‌توان به انرژی‌های نورانی، مکانیکی، صوتی و سایر انرژی‌ها تبدیل کرد. این تبدیل در وسیله‌های الکتریکی که در منزل از آن‌ها استفاده می‌کنیم همواره انجام می‌شود. در بسیاری از این وسیله‌ها بخشی از انرژی الکتریکی به انرژی درونی یک جسم تبدیل و باعث بالا رفتن دمای آن می‌شود.

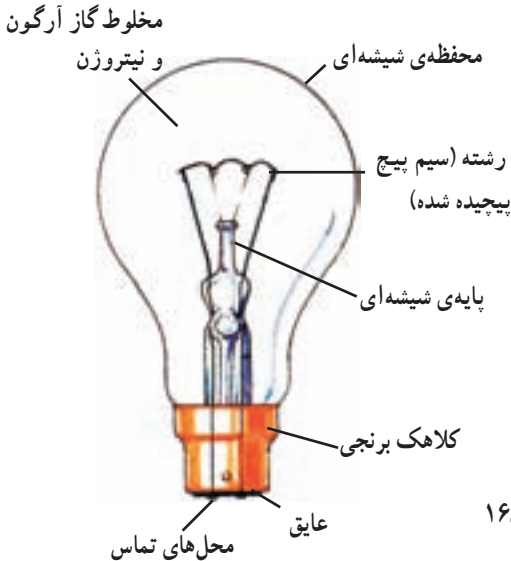
فعالیت ۷

فهرستی از وسیله‌های الکتریکی را که در منزل دارید مانند لامپ، اتو، پنکه، یخچال، تلویزیون و... در جدول زیر ثبت کنید و در هر مورد بنویسید که انرژی الکتریکی

به چه نوع انرژی تبدیل می‌شود.

انرژی / وسیله	نورانی	مکانیکی	صوتی	درونی
لامپ		+		
اتو				
پنکه				
یخچال				
تلویزیون				
.....				

در لامپ‌های رشته‌ای، انرژی الکتریکی به انرژی درونی رشته‌ی داخل لامپ تبدیل می‌شود و دمای آن را تا حدود 3000°C بالا می‌برد. در این دمای بالا، رشته‌ی درون لامپ قسمتی از انرژی درونی خود را به صورت انرژی نورانی تابش می‌کند شکل (۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶

پاسخ دهید ۶

آیا می‌توانید با توجه به آنچه که در مورد مقاومت الکتریکی یک رسانا فرا گرفته‌اید توضیح دهید که چگونه شارش بار الکتریکی در یک رسانا باعث افزایش دمای رسانا می‌شود؟

هنگامی که یک سماور برقی را به برق وصل می کنید، جریان الکتریکی از رسانای درون آن می گذرد و با افزایش انرژی درونی رسانا، دمای سماور افزایش می یابد. اختلاف دمای سماور و آب درون آن باعث می شود که گرما از سماور به آب منتقل شود.

آزمایش نشان می دهد که انرژی الکتریکی مصرف شده (تبدیل شده) در یک رسانا به علت عبور جریان الکتریکی از آن به عامل های زیر بستگی دارد :

۱- مقاومت الکتریکی رسانا (R) ؛ هرچه مقاومت الکتریکی رسانا بیش تر باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن نیز بیش تر می شود.

۲- زمان عبور جریان الکتریکی (t) ؛ هرچه زمان عبور جریان الکتریکی از رسانا بیش تر باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن بیش تر می شود.

۳- مجذور شدت جریان الکتریکی (I^2) ؛ اگر شدت جریان عبوری از رسانا را افزایش دهیم، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن نیز بیش تر می شود، به طوری که اگر شدت جریان را ۲ یا ۳ یا ... برابر کنیم، انرژی مصرف شده $4 = 2^2$ یا $9 = 3^2$ یا ... برابر می شود.

اگر انرژی الکتریکی مصرف شده (که به انرژی درونی رسانا تبدیل شده است) را با نماد W نشان دهیم، داریم :

$$W = RI^2t \quad (4-3)$$

در رابطه ی (۴-۳) مقاومت الکتریکی (R) برحسب اهم (Ω)، شدت جریان الکتریکی (I) برحسب آمپر (A)، زمان عبور جریان الکتریکی (t) برحسب ثانیه (s) و انرژی الکتریکی مصرف شده (W) برحسب ژول (J) است.

مثال ۴

مقاومت قسمت گرماده یک سماور برقی 50Ω اهم است. وقتی آن را به برق وصل می کنیم شدت جریان $4A$ از آن می گذرد. انرژی الکتریکی مصرف شده در آن را الف : در مدت یک ثانیه
ب : در مدت ده دقیقه
حساب کنید.

حل

$$R = 50 \Omega \text{ و } I = 4A \text{ و } t_1 = 1s \text{ و } t_2 = 10 \text{ min}$$

الف : با استفاده از رابطه ی (۴-۳) خواهیم داشت :

$$W = RI^2 t \Rightarrow W = 50 \times (4)^2 \times 1 \Rightarrow W = 800 \text{ J}$$

$$t = 10 \times 60 = 600 \text{ s}$$

ب :

$$W = 50(4)^2 \times 600 \Rightarrow W = 480000 \text{ J} = 480 \text{ kJ}$$

۳-۱۳- توان الکتریکی مصرفی در رسانا

در بخش (۳-۶) اختلاف پتانسیل الکتریکی، یادآور شدیم که روی وسیله‌های الکتریکی نظیر لامپ روشنایی و یا اتوی برقی دو عدد نوشته شده است، یکی از این دو، اختلاف پتانسیل مناسب برای عمل دستگاه است. عدد دیگر مربوط به کمیتی به نام توان الکتریکی است که در ادامه درباره‌ی آن بحث می‌کنیم. همانطور که در فصل اول دیدیم، آهنگ مصرف انرژی را در یک دستگاه الکتریکی توان مصرفی دستگاه می‌نامیم و آن را با نماد «P» نمایش می‌دهیم. بنابه این تعریف توان الکتریکی مصرفی یک رسانا برابر است با :

$$P = \frac{W}{t} \quad (۳-۵)$$

$$P = \frac{RI^2 t}{t} \quad \text{و با توجه به رابطه‌ی (۳-۴)}$$

و در نتیجه :

$$P = RI^2 \quad (۳-۶)$$

بنابراین با معلوم بودن توان مصرفی می‌توانیم انرژی الکتریکی مصرفی را در هر بازه‌ی زمانی حساب کنیم.

با توجه به قانون اهم، رابطه‌ی (۳-۶) را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$P = RI \times I$$

$$P = VI \quad (۳-۷)$$

در این رابطه، V اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر رسانا است. یکای توان مصرفی ژول بر ثانیه است که آن را به احترام جیمز وات، مخترع ماشین بخار، وات می‌نامند و با نماد W نشان می‌دهند. در مبحث اختلاف پتانسیل گفته شد که روی هر دستگاه الکتریکی دو عدد نوشته شده است. یکی از این عددها برحسب ولت است که مناسب‌ترین اختلاف پتانسیلی است که می‌توان به دستگاه وصل کرد. عدد دوم برحسب وات است که توان اسمی آن دستگاه است. توان مصرفی یک دستگاه

در صورتی برابر توان اسمی آن است که دستگاه به اختلاف پتانسیل اسمی آن، یعنی مناسب‌ترین اختلاف پتانسیل برای دستگاه، وصل باشد. اگر دستگاه به اختلاف پتانسیلی کم‌تر و یا به اختلاف پتانسیل بیش‌تری وصل شود، دستگاه ممکن است آسیب ببیند.

نکته‌ی دیگری که باید به آن توجه کرد، شدت جریانی است که از دستگاه می‌گذرد. شدت جریان از مشخصات دستگاه نیست و به اختلاف پتانسیلی بستگی دارد که به دو سر دستگاه وصل می‌شود. البته از یک دستگاه نمی‌توان هر شدت جریانی را عبور داد، زیرا اگر شدت جریان خیلی زیاد باشد، توان مصرفی و در نتیجه دمای دستگاه بالا می‌رود و دستگاه آسیب می‌بیند.

فعالیت ۸

در منزل شما دستگاه‌های الکتریکی زیادی نظیر لامپ‌های روشنایی، اتو، پنکه، کولر، یخچال، فریزر، پلوپز برقی و... وجود دارد که روزانه از آن‌ها استفاده می‌شود. با احتیاط و زیر نظر یکی از والدین خود به مشخصات هر یک از این دستگاه‌ها که روی آن‌ها نوشته شده است نگاه کنید. عددهایی را که روی آن‌ها نوشته شده است یادداشت و با یک‌دیگر مقایسه کنید. نتیجه‌ی مشاهدات خود را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

فعالیت ۹

برای محاسبه‌ی توان، کدام یک از رابطه‌های (۳-۶) و (۳-۷) را به کار بریم؟ آیا می‌توانید رابطه‌ی دیگری برای توان الکتریکی بنویسید؟

۱۴-۳- بهای انرژی الکتریکی مصرفی

در تمام مکان‌های مسکونی و تجاری، شمارگری (کنتور) نصب شده است که انرژی الکتریکی مصرفی را به کمک آن تعیین می‌کنند. اگر توان مصرفی یک دستگاه برابر P باشد، انرژی مصرفی آن دستگاه در مدت زمان t برابر است با:

$$W = Pt \quad (۳-۸)$$

اگر در این رابطه P را برحسب وات و t را برحسب ثانیه قرار دهیم، انرژی مصرفی برحسب

ژول خواهد بود. ولی اگر P را برحسب کیلووات و t را برحسب ساعت قرار دهیم، انرژی الکتریکی مصرفی برحسب کیلووات ساعت (kWh) خواهد شد. شمارگرها، انرژی الکتریکی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت مشخص می کنند.

$$1 \text{ kWh} = 1 \times (1000 \text{ W}) \times (3600 \text{ s}) = 3/6 \times 10^6 \text{ W.s} = 3/6 \times 10^6 \text{ J}$$

مثال ۵

روی یک لامپ عددهای 100 W و 220 V نوشته شده است.
 الف: اگر اختلاف پتانسیل 220 V ولت به دو سر این لامپ اعمال شود، شدت جریان عبوری از آن چند آمپر می شود؟
 ب: اگر این لامپ در هر شبانه روز ۸ ساعت (با اختلاف پتانسیل 220 V ولت) روشن باشد، بهای برق مصرفی آن در یک ماه چقدر می شود؟ بهای هر کیلووات ساعت انرژی مصرفی را 100 ریال فرض کنید.

حل

$$P = VI \Rightarrow I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{100}{220} \Rightarrow I = 0/45 \text{ A} \quad \text{الف:}$$

$$W = P \cdot t \Rightarrow W = \frac{100}{1000} \times 8 \quad \text{ب:}$$

$$W = 0/8 \text{ kWh} \quad \text{انرژی مصرفی لامپ در یک شبانه روز}$$

$$0/8 \times 30 \times 100 = 2400 \quad \text{بهای برق مصرفی لامپ در یک ماه ریال}$$

فعالیت ۱۰

- ۱- مصرف یک ماهه ی برق خانه ای را که در آن زندگی می کنید (با در نظر گرفتن لامپ ها، تلویزیون، یخچال، رادیو و...) به طور تقریبی حساب کنید و نتیجه را با عددی که کنتور برق نشان می دهد مقایسه کنید. اگر اختلافی وجود دارد علت آن را پیدا کنید.
- ۲- بهای برق مصرفی منزل خود را به طور متوسط محاسبه کنید. فرض کنید بهای هر کیلووات ساعت انرژی مصرفی 100 ریال است.

با اعضای گروه خود یک قبض مصرف برق خانگی را مورد مشاهده قرار دهید.

۱- اطلاعات موجود در آن را ذکر کنید.

۲- بهای برق مصرفی هر کیلووات ساعت چند ریال محاسبه شده است؟

صرفه‌جویی در انرژی مصرفی: در فصل اول در مورد مصرف انرژی و تبدیل آن به انرژی درونی صحبت کردیم و دیدیم که مصرف انرژی توسط بشر به تدریج انرژی‌ها را به نوعی که قابل استفاده‌ی مجدد و بازیافت نیستند، تبدیل می‌کند. از این رو در مصرف انرژی باید نهایت دقت را به عمل آورد و از مصرف بی‌رویه‌ی آن جداً خودداری کرد و با درست و به‌جا مصرف کردن آن در حفظ منابع خدادادی کوشید.

بسیاری از وسیله‌های مورد استفاده در منزل برقی هستند. با استفاده‌ی بهینه از آن‌ها می‌توان در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. صرفه‌جویی در انرژی به معنای درست و به‌جا مصرف کردن است. برای مثال، اگر در یخچال و یخساز منزل مرتباً باز و بسته شود و یا زمان زیادی باز بماند، موتور آن‌ها مدت طولانی‌تری روشن می‌ماند و ضمن آنکه از عمر آن‌ها کاسته می‌شود، مصرف انرژی الکتریکی نیز در آن‌ها بیش‌تر می‌شود. یا اگر در زمان‌هایی که به نور چراغ احتیاج نیست، لامپ‌ها را خاموش کنیم، عملاً در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرده‌ایم. روشنایی اتاق در زمان تماشای تلویزیون و یا زمان مطالعه نباید یکسان باشد. در هنگام مطالعه، روشنایی اتاق باید بیش‌تر از هنگام تماشای تلویزیون باشد. بنابراین هنگام مطالعه باید لامپ بیش‌تری (یا لامپ با توان بیش‌تر) روشن باشد و هنگام تماشای تلویزیون باید لامپ‌های اضافی را خاموش کرد.

اگر هنگام ورود به اتاق و ساختمان و یا خروج از آن‌ها درها را ببندیم، در زمستان از خروج هوایی که با مصرف انرژی آن را گرم کرده‌ایم و در تابستان از خروج هوایی که آن را خنک کرده‌ایم جلوگیری می‌کنیم. به این ترتیب به صرفه‌جویی در انرژی و تمیز نگاهداشتن هوا و محیط‌زیست خود کمک شایان توجهی کرده‌ایم. نکته‌ی دیگری که در مصرف انرژی الکتریکی باید به آن توجه کرد، زمان استفاده از وسیله‌های الکتریکی است. در ساعت‌هایی از شبانه‌روز، مانند غروب آفتاب و اوایل شب، مصرف انرژی الکتریکی در منزل‌ها و محل‌های کار بسیار زیاد است. در این ساعت‌ها از وسایل الکتریکی با توان بالا که مصرف انرژی آن‌ها زیاد است (شبیه ماشین لباس‌شویی، کولر، اتوی برقی و...) نباید استفاده کرد. زیرا این کار باعث کاهش شدید اختلاف پتانسیل برق شهر می‌شود و در نتیجه به دستگاه‌های الکتریکی آسیب وارد می‌شود. شما هم فکر کنید و راه‌هایی برای استفاده‌ی بهینه از انرژی الکتریکی پیدا و پیشنهاد کنید.

تمرین‌های فصل سوم

۱- میله‌ی نارسانایی با بار منفی و کره‌ای رسانا و بدون بار روی پایه‌ی نارسانا در اختیار دارید. با رسم شکل توضیح دهید چگونه می‌توان کره را :

الف: دارای بار مثبت کرد؟ ب: دارای بار منفی کرد؟

۲- دو جسم بدون بار را چگونه می‌توان باردار کرد؟ آیا در این روش لازم است به جنس

اجسام توجه شود؟

۳- آزمایش زیر را انجام دهید :

۳-۱- شیر آب سرد را کمی باز کنید تا باریکه‌ای از آب تشکیل شود.

۳-۲- با یک شانه پلاستیکی چند بار سر خود را شانه بزنید.

۳-۳- شانه را به باریکه‌ی آب نزدیک کنید. آیا مسیر آب منحرف می‌شود؟ علت را بنویسید.

۴- در کدام یک از وسیله‌های منزل لازم است بار الکتریکی ایجاد شده را کاهش دهیم (و یا

کنترل کنیم)؟

۵- سوختن زغال‌سنگ در نیروگاه‌ها مقدار زیادی خاکستر، گرد و خاک و گازهای زائد تولید

می‌کند. همه‌ی این فراورده‌ها موجب مشکل‌های زیست‌محیطی می‌شوند. در یک دودکش

رسوب‌دهنده‌ی الکتریکی، خاکستر و گرد و خاک از گازهای زائد حذف می‌شوند (شکل ۳-۱۷).

رسوب‌دهنده شامل شبکه‌ای فلزی است که توسط دو صفحه‌ی فلزی متصل به زمین محصور شده

است. به شبکه‌ی فلزی بار منفی بزرگی داده می‌شود. خاکستر و ذره‌های دود با گذشتن از سیم‌های

شبکه بار منفی پیدا می‌کنند. آن‌ها به طرف صفحه‌های فلزی حرکت می‌کنند و در آن‌جا بار منفی خود

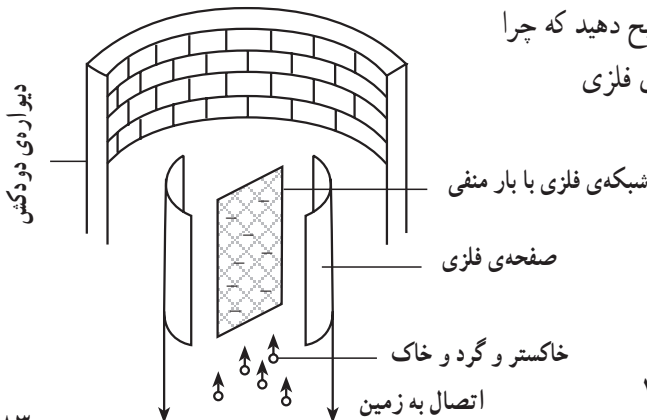
را از دست می‌دهند.

الف - دو مشکل زیست‌محیطی را که پیامد سوختن زغال‌سنگ است نام ببرید.

ب - به‌طور واضح توضیح دهید که چرا

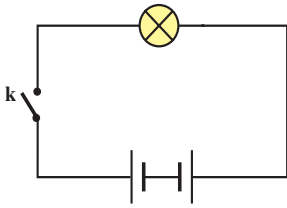
ذره‌های دود به طرف صفحه‌های فلزی

حرکت می‌کنند.



شکل ۳-۱۷

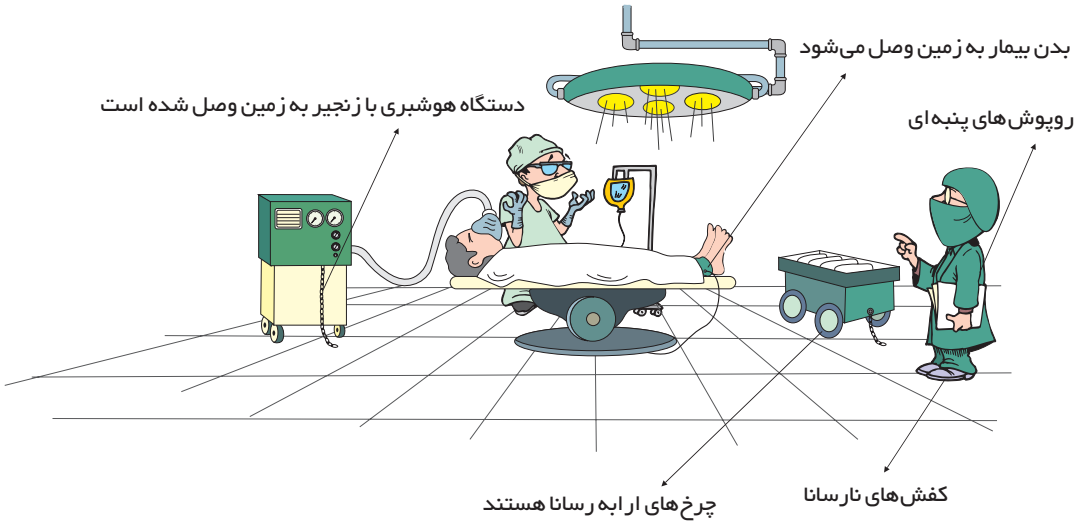
پ - بارهای منفی که توسط ذره‌های خاکستر و دود به صفحه‌های فلزی داده می‌شوند، کجا می‌روند؟



شکل ۳-۱۸

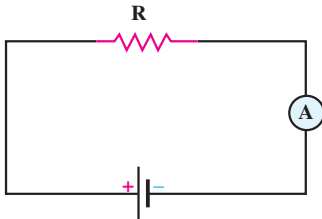
۶- در مدار شکل ۳-۱۸ باتری‌ها مشابه و قطب‌های همنام آن به یک‌دیگر وصل شده‌اند. توضیح دهید با بستن کلید k چه اتفاقی می‌افتد.

۷- با توجه به شکل (۳-۱۹) چند مورد از مشاهده‌های خود که با الکتریسیته‌ی ساکن ارتباط دارد را بنویسید.



شکل ۳-۱۹

۸- در مدار شکل (۳-۲۰) به تدریج دمای مقاومت (R) را بالا می‌بریم. در این صورت:



شکل ۳-۲۰

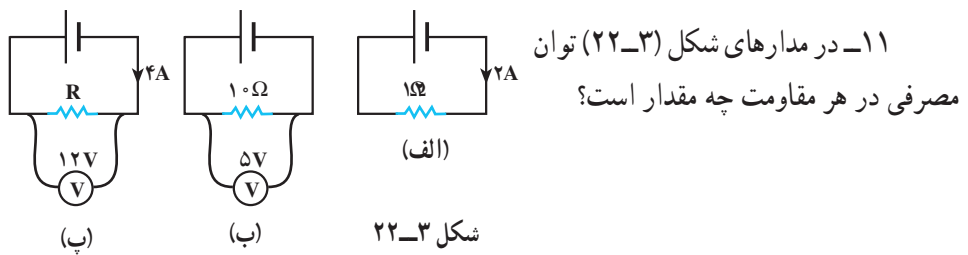
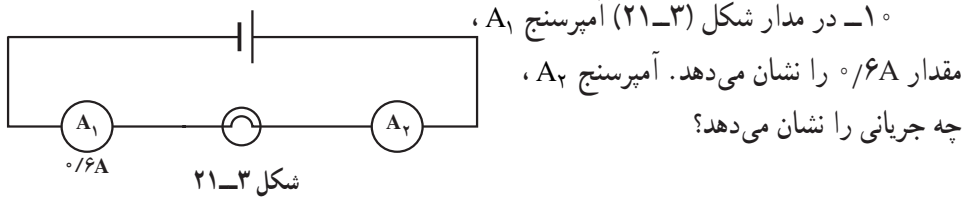
الف - مقاومت، افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد یا تغییر نمی‌کند؟

ب - جریان در مدار، افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد یا تغییر نمی‌کند؟ پاسخ خود را در هر مورد با دلیل بنویسید.

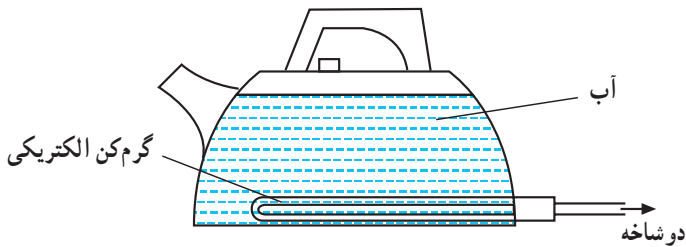
۹- الف - کدام یک از توان‌های 60 W ، 250 W ، 850 W و 2 kW و $3/5\text{ kW}$ برای وسیله‌های زیر مناسب است:

- ۱- کتری برقی.
- ۲- لامپ چراغ مطالعه.
- ۳- اتوی برقی.

برای بررسی درستی پاسخ خود می‌توانید مشخصات درج شده بر روی این وسیله‌ها را ببینید.
ب- جریان عبوری در یک دستگاه 920 W واتی با اختلاف پتانسیل 230 V ولت چند آمپر است؟



۱۲- در شکل (۲۳-۳) یک کتری برقی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۳-۳

الف - فرایندهایی را که توسط آن‌ها همه‌ی آب کتری گرم می‌شود نام ببرید و توضیح دهید.
ب- توان قسمت گرم‌کن الکتریکی این کتری 2800 W است. اگر کتری محتوی 2 kg آب 6°C باشد:

۱- انرژی الکتریکی لازم برای این که دمای آب به 100°C برسد چقدر است؟

۲- زمان لازم را برای این که دمای آب به 100°C برسد حساب کنید.

پ- توضیح دهید چرا در عمل به زمانی بیش تر از آن چه در قسمت ب محاسبه کردید نیازمندید.

۱۳- الف - مصرف ماهانه ی انرژی رادیو، تلویزیون و یکی از لامپ های خانه ی خود را

حساب کنید.

(فرض کنید که هر کدام روزی ۸ ساعت با اختلاف پتانسیل 220° ولت روشن باشد).

ب - بهای برق مصرفی هریک از وسیله های بالا از قرار هر کیلووات ساعت 100° ریال چقدر

می شود؟

پ- اگر در شهر شما هر خانه یک لامپ 100° وات اضافی را به مدت ۳ ساعت در شب روشن

کند، در طول یک ماه چند کیلووات ساعت انرژی اضافی مصرف می شود؟ بهای آن چند ریال

می شود؟ اگر این مبلغ صرفه جویی شود با آن چه کارهای مفیدی می توان برای شهروندان انجام داد؟

۱۴- روی یک آسیاب برقی دو عدد 800W و 220V نوشته شده است. این آسیاب برقی را

به اختلاف پتانسیل 220° ولت وصل می کنیم. حساب کنید :

۱- جریانی که از آن می گذرد.

۲- انرژی الکتریکی مصرفی ماهانه ی این دستگاه، در صورتی که هفته ای دو بار و هر بار به

مدت 20° دقیقه مورد استفاده قرار گیرد.

۱۵- تفسیر کنید :

۱- نمودار شکل (۳-۲۴) مربوط به لامپی است که در یک مدار قرار دارد.

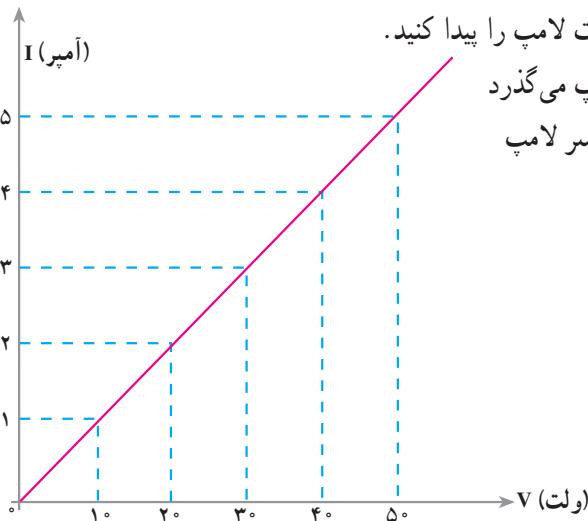
الف - چه رابطه ای بین جریان الکتریکی و اختلاف پتانسیل می توانید پیدا کنید؟

ب - به کمک نمودار، مقاومت لامپ را پیدا کنید.

پ - هرگاه جریانی که از لامپ می گذرد

$2/5$ آمپر باشد، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ

چند ولت می شود؟



شکل ۳-۲۴

نور — بازتاب نور



تصویر یک جسم را در آینه چگونه می‌بینیم؟

آیا تاکنون جهان را بدون نور تصور کرده‌اید؟ با تصور چنین جهانی، به اهمیت شناخت نور و مطالعه درباره‌ی آن پی می‌برید. در واقع بیشترین دانسته‌های مربوط به جهان به کمک نور و از راه دیدن به دست آمده است. اطلاعات قابل توجهی از منظومه‌ی خورشیدی و کهکشان‌ها و بخشی از آنچه که از ساختار درونی اتم می‌دانیم، از نوری که از آن‌ها دریافت می‌کنیم به دست آمده است. دریچه‌ای از عظمت عالم خلقت و نظام قانونمند آن به کمک نور به روی بشر گشوده شده است. علاوه بر این، در زندگی روزانه هم بسیاری از اطلاعات از دنیای پیرامون مان به وسیله‌ی نور و مشاهده با چشم به دست می‌آید. ثابت شده است که بخش قابل توجهی از آموخته‌های ما از راه بینایی است. آنچه با دیدن کند ادراک آن سال‌ها توان نمودن با بیان

مولوی

۴-۱- انتشار نور

هنگام طلوع خورشید، بخشی از سطح زمین را که به طرف خورشید است، روشنایی فرامی‌گیرد. شب هنگام، چراغ روشنی را که در فاصله‌ی دوری از ما قرار دارد می‌بینیم. رسیدن نور خورشید به زمین و رسیدن نور چراغ روشن به چشم و دیده شدن آن از فاصله‌ی دور به سبب انتشار نور آن‌ها است. محیطی که نور از آن عبور می‌کند، محیط شفاف نامیده می‌شود.

پاسخ دهید ۱

- ۱- چرا از بیرون یک جعبه‌ی فلزی یا تخته‌ای، اشیای درون آن دیده نمی‌شود، اما درون یک ظرف شیشه‌ای از بیرون دیده می‌شود؟
- ۲- چند ماده‌ی شفاف و چند ماده‌ی غیرشفاف را که می‌شناسید نام ببرید.

چشمه‌ی نور گسترده و نقطه‌ای: یک شیء نورانی نظیر خورشید، چراغ روشن، شعله‌ی شمع و ... را چشمه‌ی نور گسترده می‌نامیم. اگر صفحه‌ای از مقوا را که روی آن روزنه‌ی کوچکی ایجاد شده است در مقابل چراغ روشنی قرار دهیم، نور چراغ پس از گذشتن از روزنه منتشر می‌شود و روزنه مانند یک چشمه‌ی نور کوچک عمل می‌کند که آنرا **چشمه‌ی نور نقطه‌ای** می‌نامیم. ستاره‌هایی که در فاصله‌ی بسیار دور قرار دارند، به صورت نقطه‌ی نورانی دیده می‌شوند یا چراغ روشنی که در فاصله‌ی دوری از ما قرار گرفته است نیز نمونه‌هایی از چشمه‌های نور نقطه‌ای هستند.

۴-۲- باریکه‌ی نور



شکل ۴-۱- مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین باریکه‌ی نور تشکیل داده است.

برای بررسی رفتار نور به هنگام انتشار ابتدا باید با باریکه‌ی نور و پرتو نور آشنا شویم.

در شکل (۴-۱) مسیر نور را روی زمین، هنگام عبور از شکاف میان در و دیوار مشاهده می‌کنید.

مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین، یک باریکه‌ی نور را نشان می‌دهد. باریکه‌ی نور با پهنای بسیار کم را پرتو نور می‌نامیم. در واقع می‌توان گفت هر باریکه‌ی نور، شامل دسته‌ای از پرتوهای نور است.

با مشاهده‌ی باریکه‌ی نور می‌توانیم مسیر انتشار نور را تشخیص دهیم.



آزمایش کنید - ۱

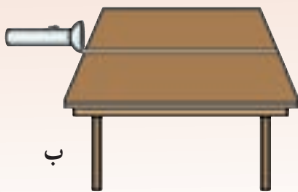
وسایله‌های آزمایش: چراغ قوه، یک تکه مقوای نسبتاً ضخیم، پرگار، قیچی، تیغ و نوار چسب.

۱- از مقوا دایره‌ای به اندازه‌ی سطح شیشه‌ی چراغ قوه ببرید.

۲- شکافی به عرض یک تا دو میلی‌متر، مطابق شکل (۴-۲- الف) بر روی مقوا ایجاد کنید.



۳- مقوا را بر دهانه‌ی چراغ قوه طوری نصب کنید که آن را به‌طور کامل بپوشاند و از اطراف دهانه، نور بیرون نیاید.



۴- در مکانی که خیلی روشن نباشد، چراغ قوه را مطابق شکل (۴-۲- ب) در لبه‌ی میز، نگهدارید.

۵- چراغ قوه را روشن کنید، باریکه‌ی نور را بر سطح میز خواهید دید.

شکل ۴-۲

۳-۴- انتشار نور به خط راست

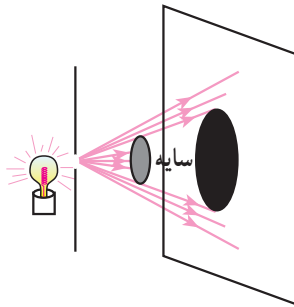
همان‌طور که قبلاً در درس علوم تجربی دیده‌اید و آزمایش هم نشان می‌دهد، نور در یک محیط شفاف به خط راست منتشر می‌شود.

فعالیت ۱

- ۱- برای نشان دادن انتشار نور به خط راست آزمایشی را طراحی و اجرا کنید.
- ۲- گزارشی از کار خود را به کلاس ارائه دهید.

با توجه به اینکه نور به خط راست منتشر می‌شود، هر پرتو نور را با یک خط راست و بی‌کافی بر روی آن، که جهت انتشار نور را مشخص می‌کند، نشان می‌دهیم.

سایه و نیم‌سایه: سایه‌ی اشیا و یا سایه‌ی خودتان را بارها روی زمین یا روی دیوار دیده‌اید. سایه از قرار گرفتن یک جسم کدر (غیرشفاف) در مقابل روشنایی (یا یک چشمه‌ی نور) تشکیل می‌شود. آیا توجه کرده‌اید سایه در کدام طرف تشکیل شده است؟

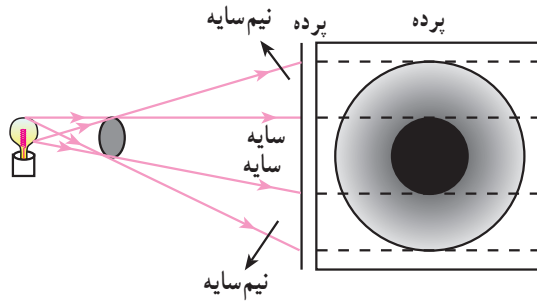


شکل ۳-۴- انتشار نور از چشمه‌ی نقطه‌ای به خط راست و وجود جسم کدر در مسیر نور، سبب تشکیل سایه در طرف دیگر جسم کدر شده است.

پاسخ دهید ۲

- با توجه به شکل (۳-۴) توضیح دهید:
- ۱- سایه چگونه تشکیل شده است؟
 - ۲- اگر نور به خط راست منتشر نمی‌شد چه اتفاقی می‌افتاد؟

هرگاه روزنه را از مقابل چراغ برداریم، مرز سایه کاملاً مشخص نخواهد بود. در این وضع در اطراف سایه، ناحیه‌ای نیمه روشن ایجاد می‌شود که به آن نیم‌سایه می‌گوییم. شکل (۴-۴) چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه را به وسیله‌ی یک چشمه‌ی نور گسترده نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴- چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه

در شکل (۴-۴) فقط از تعداد محدودی از پرتوهای بیشماری که توسط لامپ گسیل می‌شود، برای نشان دادن چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه استفاده شده است.



آزمایش کنید- ۲

وسایله‌های آزمایش: شمع، کبریت، یک تکه مقوای ضخیم.

۱- با یک چشمه‌ی نور نقطه‌ای، سایه‌ی مقوا را بر روی دیوار یا پرده‌ای تشکیل دهید.

۲- چشمه‌ی نور را قدری به مقوا نزدیک و بار دیگر قدری از آن دور کنید.

۳- مقوا را به دیوار نزدیک یا قدری از آن دور کنید.

۴- تغییری را که در اندازه‌ی سایه مشاهده می‌کنید بنویسید.

آیا می‌توانید رابطه‌ای بین قطر مقوا و قطر سایه پیدا کنید. رابطه‌ای را که به دست آورده‌اید با کمک معلم خود تصحیح و تکمیل کنید.



خورشید گرفتگی

الف- خورشید گرفتگی (کسوف) زمانی رخ می‌دهد که ماه بین زمین و خورشید قرار گیرد، در این صورت سایه‌ی ماه روی زمین می‌افتد و ناحیه‌ای از زمین که در سایه‌ی ماه قرار می‌گیرد تاریک می‌شود. این پدیده را با رسم یک شکل ساده نشان دهید.



ماه گرفتگی

ب- با توجه به توضیحی که در مورد خورشید گرفتگی (کسوف) داده شد، توضیح دهید که ماه گرفتگی (خسوف) در چه صورت رخ می‌دهد؟ این پدیده را با رسم یک شکل ساده نشان دهید.





آزمایش کنید - ۳

وسيله‌های آزمایش: کبریت و دو عدد شمع.

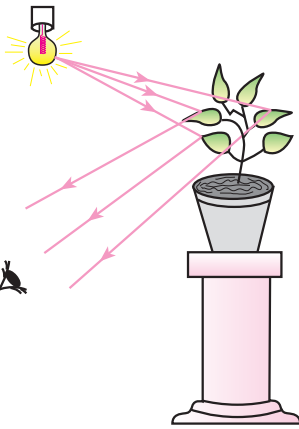
۱- دست خود را مقابل یک شمع روشن نگهدارید به طوری که سایه‌ی دستتان روی دیوار تشکیل شود.

۲- همین آزمایش را با دو شمع روشن انجام دهید.

۳- با مشاهده و مقایسه‌ی سایه‌ی دست در دو حالت نتیجه را بنویسید.

۴-۴- بازتاب نور

می‌دانیم که کره‌ی ماه از خود نوری ندارد، پس چرا شب‌ها سطح آن روشن است؟ اگر در یک



شب تاریک به اتاقی وارد شوید که هیچ نوری به درون آن نمی‌تابد، آیا اشیای درون اتاق را می‌بینید؟ اگر چراغی در اتاق روشن کنید چه طور؟

دیده‌شدن اشیای درون اتاق، هنگامی که چراغ روشن می‌شود، به سبب انتشار نور در اتاق و بازگشت نور از سطح اشیاء و رسیدن آن به چشم است. در شکل (۴-۵) بازگشت نور از روی اشیاء نشان داده شده است. روشن دیده شدن ماه نیز مانند روشن دیده شدن اشیای درون اتاق زیر نور چراغ است.

تابش نور خورشید بر سطح ماه و بازگشت نور از سطح آن سبب روشن دیده شدن ماه می‌شود.

شکل ۴-۵- دیده شدن اشیاء به سبب نوری است که پس از بازتاب از آن‌ها به چشم می‌رسد.

پاسخ دهید ۳

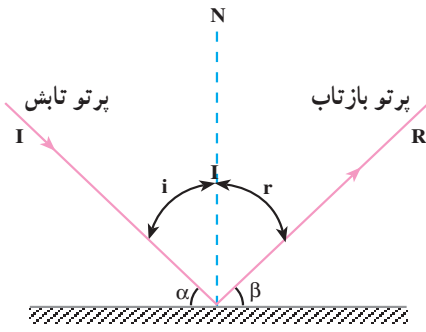
۱- در طول روز که آفتاب به درون اتاق نمی‌تابد چگونه اشیای درون اتاق دیده

می‌شوند؟

۲- برای دیدن اشیاء چه شرایطی لازم است؟

بازگشت نور از سطح اجسام را بازتاب نور می‌نامیم. سطح‌های صیقلی نظیر ورقه‌های تمیز نیکلی یا نقره‌اندود، یا شیشه‌هایی که یک طرف آن‌ها جیوه‌اندود شده است، نظیر آینه‌ها، پدیده‌ی بازتاب را به خوبی نشان می‌دهند. بازتاب از این سطح‌ها را بازتاب آینه‌ای می‌نامند.

پرتو نوری که به سطح جسم می‌تابد پرتو تابش و پرتو بازگشته از سطح را پرتو بازتاب می‌نامند. نقطه‌ای را که نور به آن می‌تابد نقطه‌ی



شکل ۴-۶- بازتاب نور از سطح یک آینه

تابش، زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط عمود بر سطح در نقطه‌ی برخورد نور را زاویه‌ی تابش (i) و زاویه‌ی بین خط عمود و پرتو بازتاب را زاویه‌ی بازتاب (r) می‌نامیم. در شکل (۴-۶) پرتوهای تابش و بازتاب، خط عمود بر سطح و زاویه‌های تابش و بازتاب نشان داده شده است. توجه کنید که زاویه‌ی تابش، متمم زاویه‌ی بین پرتو تابش و سطح آینه است و با توجه به شکل، داریم:

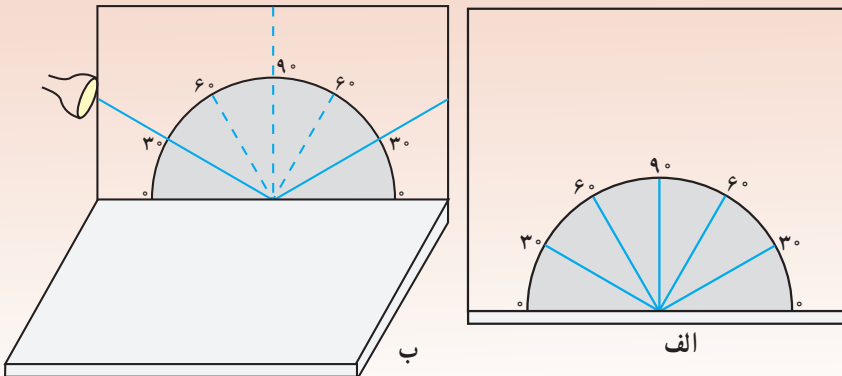
$$i + \alpha = 90^\circ$$



آزمایش کنید-۴

وسایله‌های آزمایش: مقوای ضخیم، نقاله، آینه‌ی کوچک و چراغ قوه.

- ۱- روی یک ورقه‌ی مقوایی نسبتاً ضخیم و کاملاً صاف و تخت مطابق شکل (۴-۷- الف) نقاله‌ای رسم کنید، پس از آن آینه‌ای را روی یک میز قرار دهید. مقوا را مطابق شکل (۴-۷- ب) عمود بر سطح آینه و بر لبه‌ی آینه نصب کنید.



شکل ۴-۷

- ۲- با یک چراغ قوه و یا یک لیزر مدادی، باریکه‌ی نور را به روشی که پیش‌تر شرح داده شد با زاویه‌ی تابش معلومی به آینه بتابانید به طوری که پرتو بازتابش بر سطح مقوا دیده شود. در این وضعیت، اندازه‌ی زاویه‌ی بازتاب را که روی نقاله مشخص است، با زاویه‌ی تابش مقایسه کنید.
- ۳- آیا این دو زاویه با هم برابرند؟
- ۴- آزمایش را برای زاویه‌هایی که در شکل الف مشخص شده است انجام دهید.

اگر آزمایش را به دقت انجام داده باشید، به این نتیجه رسیده‌اید که همواره زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

اگر چراغ را طوری قرار دهید که پرتو تابش در صفحه‌ی نقاله نباشد پرتو بازتاب نیز در آن صفحه نخواهد بود.

قانون‌های بازتاب: با انجام آزمایش بالا، نتیجه‌های زیر به دست می‌آید، که قانون‌های بازتاب نامیده می‌شوند.

الف - پرتو تابش، پرتو بازتاب و خط عمود بر سطح آینه در نقطه‌ی تابش، هر سه در یک صفحه‌اند.

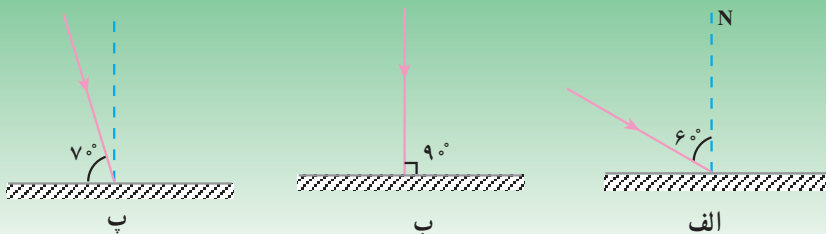
ب - زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

$$i = r$$

(۱-۴)

فعالیت ۳

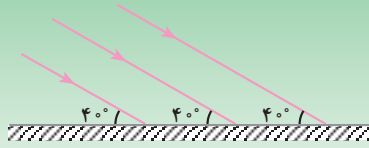
- ۱- در شکل‌های (۴-۸ الف، ب، پ) با مشخص کردن اندازه‌ی زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب، پرتو بازتاب مربوط به هر یک از سطح‌های صیقلی را رسم کنید.



شکل ۴-۸

فعالیت ۴

- ۱- در شکل (۹-۴) زاویه‌ی تابش هر پرتو را تعیین کنید.
- ۲- پرتوهای تابش نسبت به هم چگونه‌اند؟ چرا؟
- ۳- پرتوهای بازتاب را رسم کنید و توضیح دهید این پرتوها نسبت به هم چگونه‌اند؟ چرا؟



شکل ۹-۴

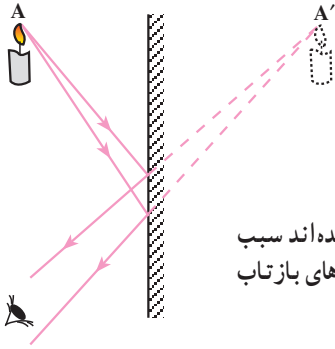
۴-۵- تصویر در آینه‌های تخت

آیا تاکنون تصویر درختان یا منظره‌های اطراف یک استخر آب یا برکه را در آب مشاهده کرده‌اید؟



آینه‌های معمولی را که سطح آن‌ها مسطح است آینه‌ی تخت می‌نامند. هنگامی که روبه‌روی آینه‌ای می‌ایستید خودتان را در آینه می‌بینید. مشاهده‌ی منظره‌های اطراف در سطح آب یک استخر،

دیده شدن اشیای مقابل آینه در آن، به سبب بازتاب نور از سطح آینه و رسیدن پرتوهای بازتاب به چشم است. آنچه در آینه دیده می‌شود تصویر شیء مقابل آینه است. شکل (۴-۱) چگونگی دیده شدن تصویر یک شیء (یک شمع) را در آینه‌ی تخت نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱- پرتوهایی که از شیء به آینه تابیده‌اند سبب می‌شوند که مشاهده‌کننده شیء را در راستای پرتوهای بازتاب که به چشم رسیده‌اند ببیند.

هنگامی که یک شیء مقابل آینه قرار می‌گیرد از هر نقطه‌ی آن (نظیر نقطه‌ی A در شکل ۴-۱) پرتوهای نور به آینه می‌تابد، این پرتوها پس از بازتاب از سطح آینه به چشم بیننده می‌رسند. مثل این است که این پرتوها از A' به چشم می‌رسند. نقطه‌ی A' که محل به هم رسیدن پرتوهای بازتاب‌اند، تصویر نقطه‌ی A است. با این روش می‌توانیم، تصویر هر نقطه‌ی دیگری از شیء را به کمک حداقل دو پرتو که از آن نقطه به آینه می‌تابد مشخص کنیم.

پاسخ دهید ۴

شخصی تصویر شما را در آینه می‌بیند. آیا شما هم در همان حال تصویر او را در آن آینه می‌بینید؟ درباره‌ی جواب خود توضیح دهید.



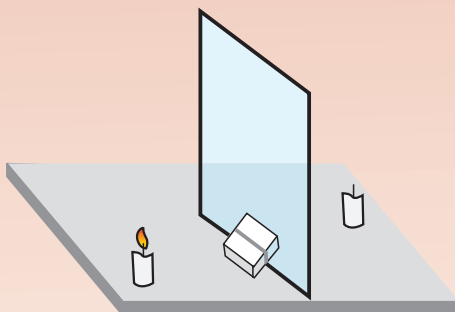
آزمایش کنید - ۵

وسایله‌های آزمایش: شیشه، دو قوطی کبریت، چسب، مقوا و دو عدد شمع.
۱- یک شیشه را مطابق شکل (۴-۱۱) روی میز نصب کنید (برای این کار

می‌توانید دو قوطی کبریت خالی را به فاصله‌ای برابر ضخامت شیشه روی قطعه‌ای مقوّا چسبانده و شیشه را بین آن‌ها قرار دهید و مقوّا را روی میز بگذارید).

۲- دو شمع مشابه را در طرفین شیشه روی میز نصب کنید و پس از آنکه یکی از شمع‌ها را روشن کردید، از طرف شمع روشن به شیشه نگاه کنید.

۳- شمع خاموش و تصویر شمع روشن را در شیشه خواهید دید.



شکل ۴- ۱۱

۴- در همین حال شمع روشن را جابه‌جا کنید، با این کار، تصویر آن نیز جابه‌جا خواهد شد. این کار را آن‌قدر ادامه دهید که تصویر شمع روشن بر شمع خاموش منطبق شود. در این صورت در شیشه فقط یک شمع و آن هم روشن دیده می‌شود.

۵- فاصله‌ی شمع روشن و شمع خاموش را تا شیشه اندازه بگیرید. آیا فاصله‌های آن‌ها یکسان است؟

۶- اگر شمع روشن را قدری به شیشه نزدیک یا از آن دور کنید، برای اینکه در شیشه فقط یک شمع و آن هم روشن دیده شود، چه باید کرد؟ از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

از آزمایش ۵ نتیجه می‌گیریم که همواره فاصله‌ی شیئی تا آینه برابر فاصله‌ی آینه تا تصویر است. ویژگی‌های تصویر در آینه‌ی تخت

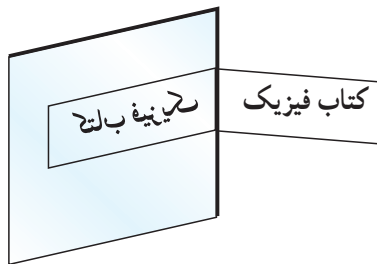
۱- همان‌طور که در مورد چگونگی دیده‌شدن تصویر در آینه، در شکل (۴- ۱۰) شرح داده شده اگر واقعاً در محل A' نقطه‌ی نورانی وجود داشت و پرتوهایی از آن به چشم می‌رسید، آن پرتوها مانند پرتوهایی بودند که از سطح آینه به چشم رسیده‌اند، به همین سبب انسان تصور می‌کند نقطه‌ی

نورانی A در A' است. A' را تصویر مجازی A می‌نامیم. همان‌طور که در شکل (۴-۱) دیده می‌شود، تصویر مجازی از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب حاصل می‌شود.

۲- در آینه‌ی تخت، طول تصویر با طول شیء برابر است.

۳- همان‌گونه که شکل (۴-۱) نشان می‌دهد، تصویر در آینه‌ی تخت نسبت به جسم مستقیم است.

۴- شکل (۴-۱۲) تصویر نوشته‌ای را در کنار یک آینه‌ی تخت نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۲- تصویر در آینه‌ی تخت و آرونی جانبی جسم است.

در حالی که نوشته‌ی روی کاغذ از راست به چپ خوانده می‌شود، تصویر نوشته را باید از چپ به راست خواند. این تغییر سمت را که به وسیله‌ی آینه حاصل شده است و آرونی جانبی می‌نامند.

پاسخ دهید ۵

چرا کلمه‌ی آمبولانس را در جلوی آن به صورت وارونه می‌نویسند؟
آیا این کلمه در پشت این اتومبیل نیز وارونه نوشته می‌شود؟

فعالیت ۵

در آینه‌های تخت :

- ۱- فاصله‌ی تصویر تا آینه فاصله‌ی شیء تا آینه است.
- ۲- طول تصویر با برابر است.
- ۳- تصویر شیء در آینه‌ی تخت و است.

فعالیت ۶

الف : با مشورت دیگر اعضای گروه خود، چند کاربرد از آینه‌های تخت را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

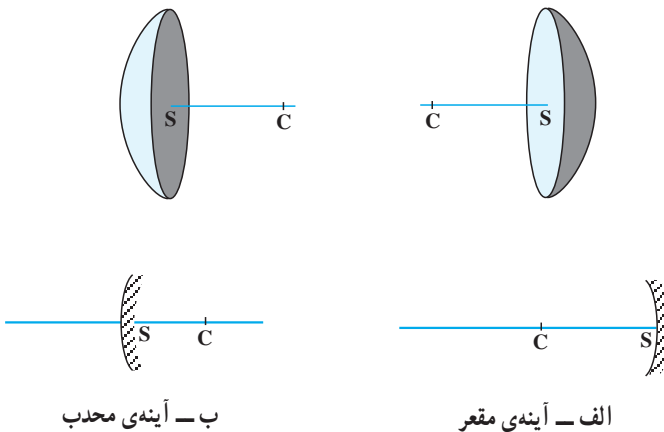
ب : با مشارکت دیگر اعضای گروه خود، با چند عدد آینه‌ی تخت یک وسیله بسازید و درباره‌ی کاربرد آن به کلاس گزارش دهید.

۴-۶- آینه‌های کروی

با آینه‌ی تخت و ویژگی‌های تصویر در آن آشنا شدید. برای پاره‌ای از کاربردهای علمی و تجربی، نوع دیگری از آینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که سطح آن‌ها خمیده است. نوع ویژه‌ای از این گونه سطح‌های خمیده، آینه‌های کروی است که در این بخش بررسی می‌شوند.

سطح آینه‌های کروی، بخشی از سطح یک کره است، یعنی تمام نقاط آن از یک نقطه به نام مرکز آینه (مرکز کره‌ای که آینه بخشی از آن است) به یک فاصله‌اند.

اگر سطح درونی کره صیقلی باشد آن را آینه‌ی کاو یا مقعر و اگر سطح برآمده‌ی آن صیقلی باشد، آن را آینه‌ی کوژ یا محدب می‌نامند. این آینه‌ها به صورت طرح‌وار در شکل (۴-۱۳) نشان داده شده‌اند.



ب - آینه‌ی محدب

الف - آینه‌ی مقعر

شکل ۴-۱۳

مرکز – محور اصلی: مرکز کره‌ای را که آینه قسمتی از آن است، مرکز آینه (نقطه‌ی C) می‌نامند. خطی که از مرکز آینه و وسط آینه (نقطه‌ی S) می‌گذرد، محور اصلی آینه نامیده می‌شود. قانون‌های بازتاب نور در مورد آینه‌های کروی هم به کار می‌رود. یعنی اگر در نقطه‌ی فرود پرتو تابش (نقطه‌ی تابش) یک آینه‌ی کروی، خطی عمود بر سطح آینه رسم کنیم، زاویه‌های تابش و بازتاب مشخص می‌شوند. در این جا نیز زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

فعالیت ۷

پرتوی که در امتداد محور اصلی آینه‌ی مقعر به آن بتابد در چه راستایی باز می‌تابد؟ پرتو تابش و پرتو بازتاب را در این حالت رسم کنید.

۴-۷- کانون آینه‌ی مقعر (کاو)



آزمایش کنید - ۶

وسایله‌های آزمایش: آینه‌ی مقعر، یک ورق کوچک کاغذ

- ۱- آینه‌ی مقعر را مقابل خورشید بگیرید.
- ۲- ورق کاغذ را در جلوی آینه به آرامی جابه‌جا کنید تا دایره‌ی کوچک روشنی روی صفحه پدید آید.

توجه داشته باشید که صفحه‌ی کاغذ را باید طوری بگیرید که مانع رسیدن نور خورشید به سطح آینه نشود. در وضعی که لکه‌ی نورانی بیشترین درخشندگی و کوچک‌ترین اندازه را دارد، صفحه را ثابت نگه دارید. محل تشکیل لکه‌ی روشن درخشان را کانون اصلی آینه می‌نامیم.

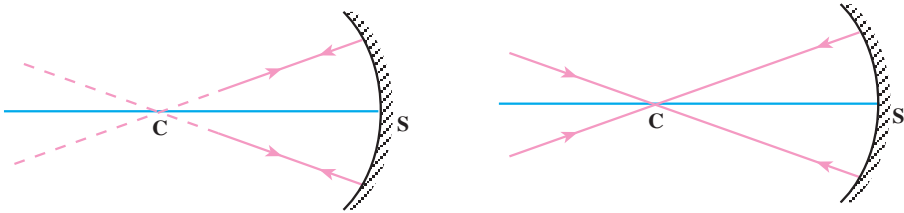
فاصله‌ی کانون تا آینه را فاصله‌ی کانونی آینه می‌نامیم. در آینه‌های مقعر، کانون آینه حقیقی است. با اندازه‌گیری فاصله‌ی کانونی معلوم شده است که این فاصله نصف فاصله‌ی مرکز تا آینه

است. یعنی فاصله‌ی کانونی نصف شعاع آینه است. اگر فاصله‌ی کانونی f و شعاع آینه r باشد، داریم:

$$f = \frac{r}{2} \quad (۲-۴)$$

۸-۴- رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی مقعر

الف: هر پرتوی که از مرکز آینه‌ی مقعر گذشته و به آینه بتابد یا طوری به آینه بتابد که امتداد آن از مرکز آینه بگذرد، روی خودش باز می‌تابد. زیرا این پرتو بر آینه عمود است ($i = r = 0$) (هر خطی که از مرکز کره بگذرد بر کره عمود است) در شکل (۴-۱۴- الف و ب) این‌گونه پرتوها در آینه‌ی مقعر نشان داده شده‌اند (نقطه‌ی C مرکز آینه است).

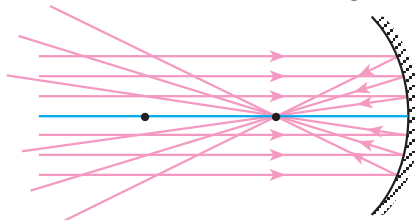


ب- پرتوی که در امتداد مرکز به آینه‌ی مقعر بتابد، روی خودش باز می‌تابد.

الف- پرتوی که از مرکز بگذرد و به آینه‌ی مقعر بتابد، روی خودش باز می‌تابد.

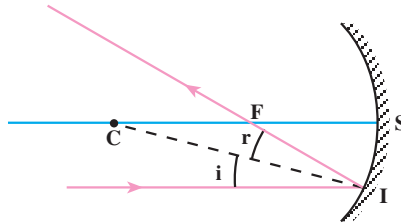
شکل ۴-۱۴

ب: در آزمایش ۶، با توجه به اینکه پرتوهای خورشید که از فاصله‌ی خیلی دور (بی‌نهایت) تابش می‌شوند، همه موازی محور اصلی آینه‌اند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که: هرگاه دسته پرتوهایی موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابند، پرتوهای بازتاب آن‌ها از یک نقطه روی محور اصلی به نام کانون اصلی آینه خواهند گذشت. شکل (۴-۱۵) دسته پرتوهای تابش و بازتاب آن‌ها را در آینه‌ی مقعر نشان می‌دهد. به این ترتیب هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابد پرتو بازتاب آن از کانون آینه می‌گذرد.



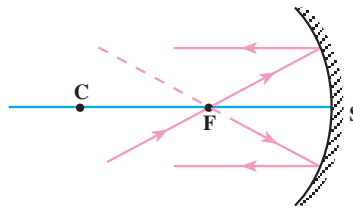
شکل ۴-۱۵- پرتوهایی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابند پس از بازتاب از کانون اصلی آینه می‌گذرند.

در شکل (۴-۱۶) پرتو تابش موازی محور اصلی و پرتو بازتاب آن نشان داده شده است. در این آینه‌ها هم، قانون‌های بازتاب همان است که قبلاً بیان شد. هرگاه در نقطه‌ی تابش I خط عمودی بر سطح آینه (IC) رسم شود، زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.



شکل ۴-۱۶- پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابد، پس از بازتاب از کانون می‌گذرد. می‌توان نشان داد که زاویه‌ی تابش (i) و بازتاب (r) با هم مساوی هستند.

پ: آزمایش نشان می‌دهد که اگر پرتو تابش از کانون گذشته و به آینه بتابد و یا طوری بتابد که امتداد آن از کانون بگذرد، پرتو بازتاب آن موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل (۴-۱۷) این پرتوها نشان داده شده‌اند.



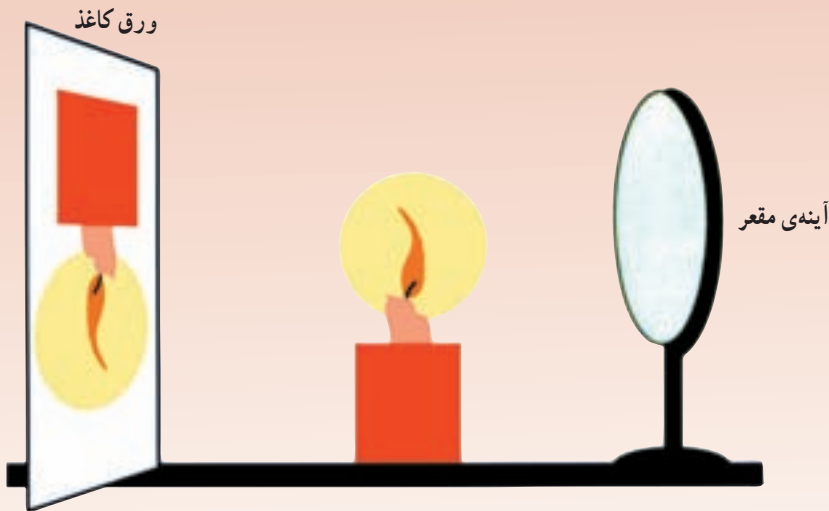
شکل ۴-۱۷- پرتوی که امتداد یا خود آن از کانون آینه‌ی مقعر بگذرد، موازی محور اصلی آینه باز می‌تابد.



آزمایش کنید-۷

- وسایله‌های آزمایش: آینه‌ی مقعر با پایه، شمع، کبریت، یک ورق کوچک کاغذ. این آزمایش باید در یک اتاق نسبتاً تاریک انجام شود.
- به ترتیبی که در آزمایش ۶ شرح داده شد محل کانون آینه‌ی مقعر را تعیین و فاصله‌ی آن را تا آینه اندازه بگیرید.

۲- آینه را روی پایه ثابت کنید و شمع را روشن کنید و آن را مطابق شکل (۴-۱۸) در فاصله‌ای بین مرکز و کانون آینه، در مقابل آینه قرار دهید. ورق کاغذ را مقابل آینه جابه‌جا کنید تا تصویر واضح شمع روی ورقه‌ی کاغذ مشاهده شود. دقت کنید که ورقه‌ی کاغذ مانع رسیدن نور شمع به آینه نشود.



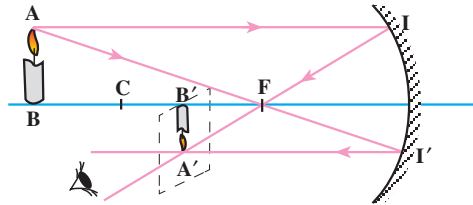
شکل ۴-۱۸

۳- شمع روشنی را به کانون آینه نزدیک یا از آن دور کنید طوری که فاصله‌ی آن تا آینه از فاصله‌ی مرکز تا آینه بیشتر شود و در هر یک از این فاصله‌ها تصویر را بر روی ورق کاغذ مشاهده کنید و نتیجه را در گزارشی که تهیه می‌کنید بنویسید.

۴-۹- چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های مقعر

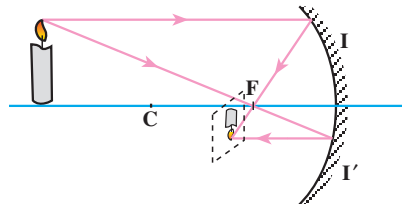
یک شیء، مثلاً یک شمع روشن، را در فاصله‌ای دورتر از مرکز، در مقابل آینه‌ی کاو عمود بر محور اصلی آن مطابق شکل (۴-۱۹) در نظر بگیرید. از هر نقطه‌ی شمع، مانند نقطه‌ی A ، پرتوهای زیادی به آینه می‌تابند، بازتاب دو پرتو تابش AI (موازی محور اصلی) و AI' (پرتو تابشی که از کانون گذشته) را به روشی که گفته شد رسم می‌کنیم، پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را در نقطه‌ی A' قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه‌ی A به آینه بتابند، بازتاب آن‌ها از نقطه‌ی A' می‌گذرد. بنابراین برای به‌دست آوردن نقطه‌ی A' رسم دو پرتو کافی است. A' تصویر نقطه‌ی A است. اگر برای

سایر نقطه‌های شمع هم به همین روش عمل کنیم، تصویر کامل شمع به دست می‌آید. عملاً بازتاب پرتوهای تابش و بازتاب از همه‌ی نقطه‌های شمع را رسم نمی‌کنیم زیرا آزمایش نشان می‌دهد که اگر شیء بر محور اصلی عمود باشد، تصویر هم بر محور اصلی عمود است. بعد از به دست آوردن نقطه‌ی A' (تصویر نقطه‌ی A)، می‌توان تصویر شیء را عمود بر محور اصلی رسم کرد.



شکل ۴-۱۹- رسم تصویر شیء در آینه‌ی کاو

تصویری را که به این ترتیب حاصل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. اگر یک صفحه‌ی کاغذ را در مقابل آینه جابه‌جا کنیم با قرار گرفتن کاغذ در محل تصویر، مطابق شکل (۴-۲۰) تصویر حقیقی بر روی کاغذ تشکیل و مشاهده می‌شود.



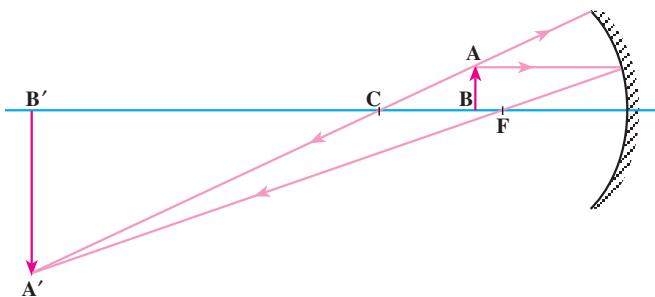
شکل ۴-۲۰- تصویر حقیقی بر روی صفحه‌ی کاغذ تشکیل شده است.

هرگاه مطابق شکل (۴-۱۹) چشم ناظر بعد از تصویر شمع، در راستای پرتوهای بازتاب، قرار گیرد تصویر را می‌بیند. زیرا اگر به جای A' نقطه‌ی روشنی وجود داشت، همین پرتوها از آن نقطه‌ی روشن به چشم می‌رسیدند. می‌توان نتیجه گرفت که **اگر پرتوهای بازتاب خودشان یک دیگر را قطع کنند تصویر حقیقی است.**

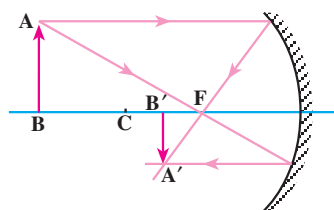
روش رسم تصویر در آینه‌های کاو: از هر نقطه‌ی شیء پرتوهای زیادی به آینه می‌تابد. در بین این پرتوها، پرتویی موازی محور اصلی یا پرتویی که از کانون یا مرکز آینه گذشته، نیز وجود دارد. با انتخاب دو پرتو از این سه پرتو از نقطه‌ی A بالاترین نقطه‌ی جسم و رسم پرتو بازتاب آن‌ها، تصویر نقطه‌ی مزبور، در محل تلاقی پرتوهای بازتاب یا در محل تلاقی امتداد این پرتوها، به دست می‌آید.

با رسم بازتاب هر دو، یا چند پرتو دیگری هم که از نقطه‌ی مورد نظر به آینه تابیده‌اند می‌توان به همان ترتیب تصویر را به دست آورد. با این تفاوت که رسم بازتاب پرتوهای غیر مشخص باید با استفاده از مساوی بودن زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتابش صورت گیرد، درحالی که رسم بازتاب سه پرتو مشخصی که پیش‌تر گفته شد به سادگی صورت می‌گیرد.

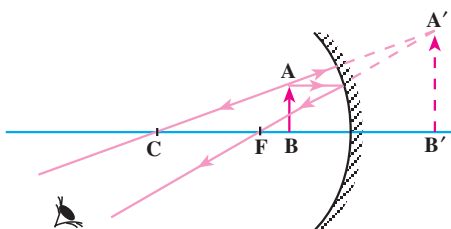
در شکل‌های (۴-۲۱- الف تا ت) روش رسم تصویر شیء AB در یک آینه‌ی کاو نشان داده شده است. در شکل (۴-۲۱- ت) هرگاه چشم ناظر در محل نشان داده شده قرار گیرد، احساس می‌کند که پرتوهای بازتاب از محل $A'B'$ آمده است و در آن محل تصویر را می‌بیند. اما چون واقعاً در آنجا چیزی وجود ندارد آن را تصویر مجازی می‌نامند. در حالتی که تصویر مجازی است، امتداد پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را قطع می‌کنند. اما در شکل‌های الف و ب پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را قطع کرده و نقطه‌ی روشن A' که تصویر نقطه‌ی A است حاصل شده است. همان‌طور که قبلاً هم گفته شد اگر یک صفحه‌ی کاغذ در محل تصویر قرار گیرد (به طوری که مانع تابش نور به آینه نشود) تصویر روی صفحه‌ی کاغذ دیده می‌شود، این تصویر حقیقی است.



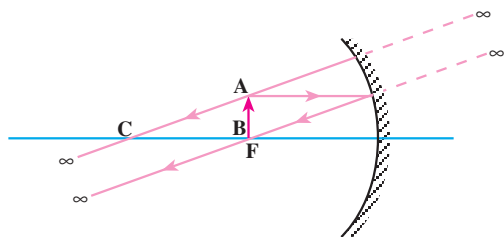
ب - شیء بین مرکز و کانون؛ تصویر دورتر از مرکز، حقیقی، بزرگ‌تر از شیء و وارونه است.



الف - شیء در فاصله‌ای دورتر از مرکز آینه؛ تصویر حقیقی، کوچک‌تر از جسم، وارونه و بین مرکز و کانون است.

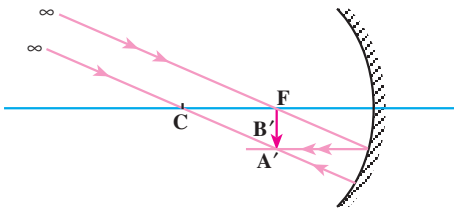


ت - شیء بین کانون و آینه؛ همان‌طور که در شکل دیده می‌شود پرتوهای بازتاب در جلوی آینه از هم دور می‌شوند، امتداد آن‌ها در پشت آینه یک‌دیگر را قطع می‌کنند، تصویر مجازی، بزرگ‌تر از شیء و مستقیم است.



پ - شیء روی کانون؛ پرتوهای بازتاب با هم موازی‌اند و در فاصله‌ی خیلی دور (بی‌نهایت) یک‌دیگر را قطع می‌کنند. در این حالت می‌گوییم تصویر در بی‌نهایت است.

رسم تصویر یک شیء که در فاصله‌ی خیلی دور از آینه‌ی کاو قرار دارد: همان‌طور که در مورد کانون آینه‌های کاو گفته شد، تصویر خورشید در کانون آینه تشکیل می‌شود. از طرفی، پرتوهایی که از یک نقطه‌ی خیلی دور (بی‌نهایت) تابیده می‌شوند، با هم موازی‌اند. بر اساس روش ترسیمی که قبلاً توضیح داده شده، از بین پرتوهای زیادی که از نقطه‌ی خیلی دور به آینه تابیده‌اند، دو پرتو تابش، که یکی از کانون و یکی از مرکز آینه می‌گذرند، برای رسم تصویر کافی است. چگونگی رسم تصویر در این حالت در شکل (۲۲-۴) نشان داده شده است.



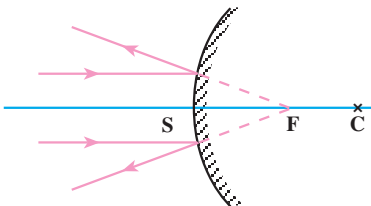
شکل ۲۲-۴- رسم تصویر یک شیء که در فاصله‌ی خیلی دور از آینه‌ی کاو قرار دارد. تصویر حقیقی، کوچک‌تر، وارونه و روی کانون است.

فعالیت ۸

با مشارکت دیگر اعضای گروه خود، آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوانید مرکز یک آینه‌ی کاو را مشخص نمایید.

۴-۱- کانون آینه‌ی محدب (کوژ)

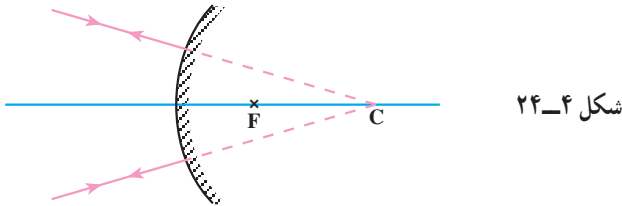
هرگاه پرتوهایی موازی محور اصلی آینه‌ی محدب به آن بتابند، طوری باز می‌تابند که امتداد پرتوهای بازتاب از یک نقطه روی محور اصلی می‌گذرند. این نقطه کانون اصلی آینه‌ی محدب نام دارد. کانون آینه‌ی محدب، مجازی است. فاصله‌ی کانون تا آینه را «فاصله‌ی کانونی» آینه می‌نامند. در آینه‌های محدب نیز فاصله‌ی کانونی آینه نصف فاصله‌ی مرکز تا آینه یعنی نصف شعاع آینه است ($f = \frac{r}{2}$). شکل (۲۳-۴) پرتوهای تابش، موازی محور اصلی آینه‌ی محدب، و چگونگی بازتابش آن‌ها را نشان می‌دهد.



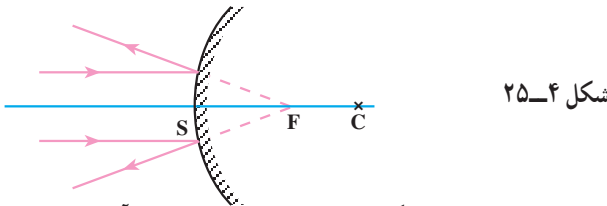
شکل ۲۳-۴- کانون در آینه‌ی محدب

۴-۱۱- رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی محدب

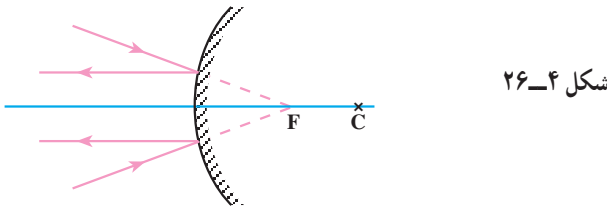
الف: هر پرتو تابش که امتداد آن از مرکز آینه‌ی محدب (در پشت آینه) بگذرد، روی خودش باز می‌تابد. در شکل (۴-۲۴) پرتوهایی که در امتداد مرکز به آینه می‌تابند، نشان داده شده‌اند.



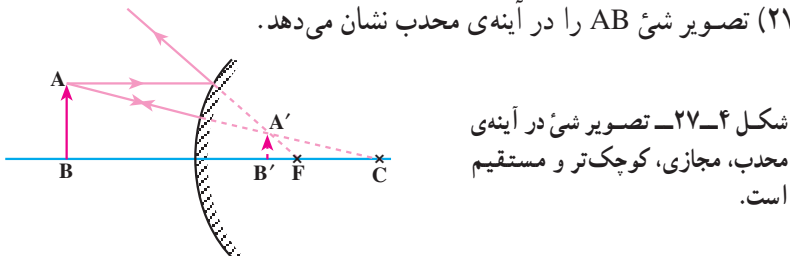
ب: هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی محدب بتابد، طوری باز می‌تابد که امتداد پرتو بازتاب از کانون اصلی آینه‌ی محدب (در پشت آینه) بگذرد (شکل ۴-۲۵).



پ: هرگاه امتداد پرتو تابش از کانون بگذرد، پرتو بازتاب مربوط به آن، موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل (۴-۲۶) این گونه پرتوها نشان داده شده‌اند.



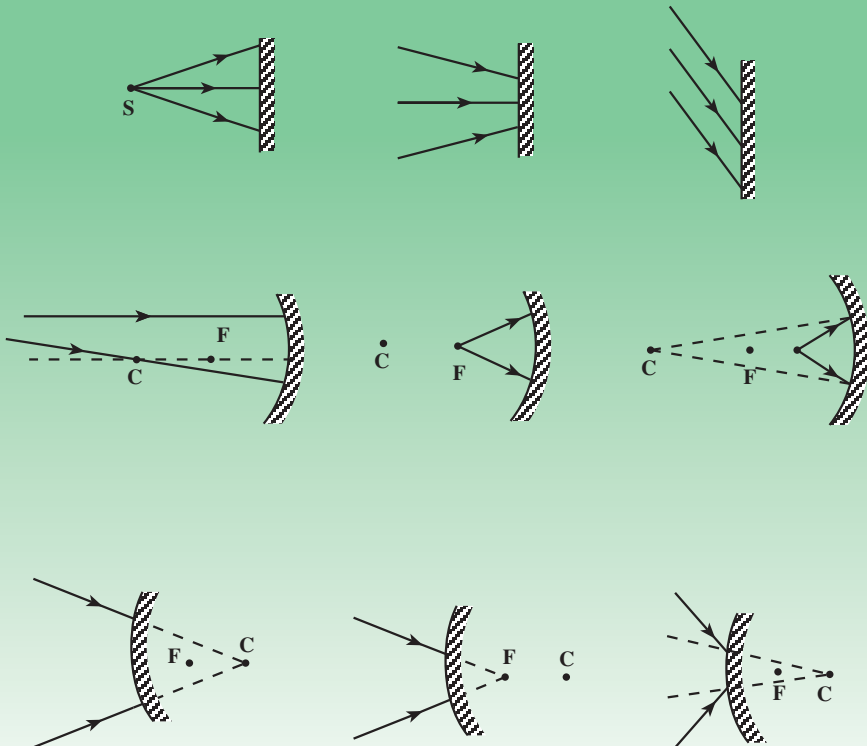
تصویر در آینه‌ی محدب: با رسم دو پرتو تابش مشخص، از بین پرتوهای تابش زیادی که از یک نقطه‌ی یک شیء به آینه می‌تابد، و رسم پرتوهای بازتاب آن‌ها و با توجه به آنچه پیش‌تر شرح داده شد، می‌توان تصویر یک شیء را که مقابل آینه و عمود بر محور اصلی است به دست آورد. شکل (۴-۲۷) تصویر شیء AB را در آینه‌ی محدب نشان می‌دهد.



در این مورد هم کسی که تصویر را می بیند، احساس می کند که پرتوهای از شیء واقع در محل $A'B'$ به چشم او رسیده است و تصویر را در آنجا خواهد دید، چون تصویر از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب حاصل شده است، مجازی است. در آینه های محدب، شیء در هر فاصله ای مقابل آینه قرار داده شود، تصویر آن کوچک تر از شیء، مجازی و نسبت به شیء مستقیم و داخل فاصله ای کانونی آینه دیده می شود.

فعالیت ۹

الف : مطابق شکل های ۴-۲۸، پرتوهای نور به آینه ها می تابند. با استفاده از قوانین بازتابش نور، در هر یک از شکل های زیر مسیر پرتو بازتاب را رسم کنید.



شکل ۴-۲۸

ب: با استفاده از نتایج قسمت الف، جدول زیر را کامل کنید.

نوع آینه	پرتو تابش		پرتو بازتاب
	همگرا	واگرا	
آینه تخت		همگرا	
		واگرا	
		موازی	
آینه مقعر		از نقطه‌ی نورانی در فاصله‌ی دور (واگرا)	
		از نقطه‌ی نورانی واقع در کانون	
		از نقطه‌ی نورانی بین کانون و آینه	
آینه محدب		پرتو همگرا به سمت مرکز	
		پرتو همگرا به سمت کانون	
		پرتو همگرا به سمت نقطه‌ای بین کانون و آینه	

۴-۱۲- محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا آینه‌ی مقعر

همان‌طور که در شکل (۴-۲۱) مربوط به تصویر شیء در آینه‌ی مقعر دیده می‌شود، در این آینه‌ها، فاصله‌ی تصویر تا آینه بستگی به فاصله‌ی شیء تا آینه دارد. در موردی فاصله‌ی تصویر تا آینه بیشتر از فاصله‌ی جسم تا آینه، و در موردی کمتر از آن است. در مواردی تصویر حقیقی و در یک مورد هم تصویر مجازی است.

هرگاه فاصله‌ی شیء تا آینه را با p و فاصله‌ی تصویر تا آینه را با q و فاصله‌ی کانونی آینه را با

f نشان دهیم، ثابت می‌شود که بین p و q و f رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad (۴-۳)$$

هرگاه فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم نباشد، در رابطه‌ی (۴-۳) به جای p و f عدد مربوط را

قرار می‌دهیم و q را محاسبه می‌کنیم. پس از محاسبه اگر عدد به دست آمده مربوط به q مثبت باشد، تصویر حقیقی است و در صورتی که عدد به دست آمده منفی باشد معلوم می‌شود تصویر مجازی است. در صورتی که فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم و تصویر مجازی باشد این فاصله را با علامت منفی

به جای q قرار می‌دهیم.



آزمایش کنید - ۸

«آزمایش کنید» شماره‌ی ۷ را تکرار کنید و با اندازه‌گیری فاصله‌ی جسم تا آینه و فاصله‌ی تصویر تا آینه درستی رابطه‌ی (۳-۴) را تجربه نموده، نتیجه را گزارش کنید.

مثال ۱

یک شیء در فاصله‌ی ۲۰° سانتی متری یک آینه‌ی مقعر قرار داده شده است. اگر شعاع آینه ۳۰° سانتی متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا آینه و نوع تصویر را تعیین کنید.

حل

$$p = ۲۰\text{cm} \text{ و } f = \frac{r}{۲} = \frac{۳۰}{۲} = ۱۵\text{cm}$$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۲۰} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۱۵}$$

بنابراین رابطه‌ی ۳-۴

$$\frac{۱}{q} = \frac{۱}{۱۵} - \frac{۱}{۲۰} = \frac{۴-۳}{۶۰} \Rightarrow \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۶۰}$$

$$q = ۶۰\text{cm}$$

فاصله‌ی تصویر تا آینه

چون q مثبت است تصویر حقیقی است.

مثال ۲

یک شیء در فاصله‌ی ۱۲ سانتی متری از یک آینه‌ی مقعر که فاصله‌ی کانونی آن ۲۴ سانتی متر است قرار دارد. فاصله‌ی تصویر تا آینه، نوع تصویر و فاصله‌ی شیء تا تصویر را تعیین کنید.

حل

$$p = ۱۲\text{cm} \text{ و } f = ۲۴\text{cm} \text{ و } q = ?$$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۲۴}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{24} - \frac{1}{12} = \frac{1-2}{24} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{24}$$

$$q = -24 \text{ cm}$$

فاصله‌ی تصویر تا آینه

چون q منفی است تصویر مجازی است.

$$\begin{aligned} \text{فاصله‌ی جسم از تصویر} &= p + q = 12 + 24 \\ &= 36 \text{ cm} \end{aligned}$$

مثال ۳

یک شیء را در ۹ سانتی متری آینه‌ی مقعری قرار می‌دهیم. آینه از جسم تصویری می‌دهد مجازی و در ۱۲ سانتی متری پشت آینه؛ شعاع آینه را حساب کنید.
حل: چون تصویر مجازی است باید به جای q مقدار آن را با علامت منفی در رابطه قرار داد.

$$p = 9 \text{ cm} \text{ و } q = -12 \text{ cm} \text{ و } r = ?$$

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

$$\frac{1}{9} - \frac{1}{12} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{4-3}{36} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{36} = \frac{1}{f}$$

$$f = 36 \text{ cm}$$

$$r = 2f = 72 \text{ cm}$$

شعاع آینه‌ی مقعر

۱۳-۴ — محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا آینه‌ی محدب

اگر فاصله‌ی جسم تا آینه و فاصله‌ی تصویر تا آینه و فاصله‌ی کانونی در این آینه‌ها هم به ترتیب برابر p ، q و f باشد، ثابت می‌شود که در آینه‌ی محدب هم میان آن‌ها رابطه‌ی $(3-4)$ برقرار است. کانون آینه‌ی محدب مجازی است، بنابراین در محاسبه‌ها باید فاصله‌ی کانونی را با علامت منفی در رابطه‌ی $(3-4)$ قرار دهیم. هرگاه فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم نباشد، در رابطه‌ی $(3-4)$ به جای p و f عددهای مربوط را قرار می‌دهیم و q را محاسبه می‌کنیم. در صورتی که فاصله‌ی تصویر تا آینه یعنی

q معلوم باشد، چون تصویر در آینه‌ی محدب مجازی است، این فاصله را با علامت منفی در رابطه‌ی (۳-۴) قرار می‌دهیم.

مثال ۴

یک شیء در فاصله‌ی ۲۰ سانتی متری آینه‌ی محدب‌ی که شعاع آن ۱۰ سانتی متر است قرار دارد، تصویر آن در چه فاصله‌ای از آینه دیده می‌شود؟

حل

$$p = 20 \text{ cm} \text{ و } r = 10 \text{ cm} \Rightarrow f = \frac{r}{2} = 5 \text{ cm} \text{ و } q = ?$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{20} + \frac{1}{q} = \frac{1}{-5}$$

$$\frac{1}{q} = -\frac{1}{5} - \frac{1}{20} = \frac{-4-1}{20} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{5}{20} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{4}$$

$$q = -4 \text{ cm}$$

فاصله‌ی تصویر تا آینه

علامت منفی نشان می‌دهد که تصویر مجازی است.

۱۴-۴- بزرگ‌نمایی خطی آینه‌ها

نسبت طول تصویر ($A'B'$) به طول شیء (AB) را بزرگ‌نمایی خطی می‌نامیم و آن را با m

نمایش می‌دهیم:

$$m = \frac{A'B'}{AB} \quad (4-4)$$

بزرگ‌نمایی نشان می‌دهد که طول تصویر چند برابر طول شیء است.

ثابت می‌شود که در هر دو نوع آینه‌ی کروی می‌توان نوشت:

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \quad (5-4)$$

یعنی نسبت طول تصویر به طول شیء برابر نسبت فاصله‌ی تصویر تا آینه به فاصله‌ی شیء تا آینه است.

در رابطه‌ی (۵-۴) مقدارهای p و q را بدون علامت قرار می‌دهیم.

مثال ۵

یک شیء را در چه فاصله‌ای از یک آینه‌ی مقعر که فاصله‌ی کانونی آن ۱۲ سانتی‌متر است قرار دهیم تا تصویر حقیقی آن در فاصله‌ی ۳۶ سانتی‌متری آینه تشکیل شود. اگر طول شیء ۴ سانتی‌متر باشد، طول تصویر آن در این حالت چقدر است؟

حل

$$p = ? \text{ و } q = 36 \text{ cm و } f = 12 \text{ cm و } AB = 4 \text{ cm و } A'B' = ?$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p} + \frac{1}{36} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{12} - \frac{1}{36} = \frac{3-1}{36} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{2}{36} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{1}{18}$$

$$p = 18 \text{ cm}$$

فاصله‌ی جسم از آینه

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{4} = \frac{36}{18} \Rightarrow \frac{A'B'}{4} = \frac{2}{1} \Rightarrow A'B' = 8 \text{ cm}$$
 طول تصویر

مثال ۶

یک شیء به طول ۵ سانتی‌متر را در ۱۵ سانتی‌متری آینه‌ی محدب قرار می‌دهیم. تصویر مجازی در ۶ سانتی‌متری آینه دیده می‌شود. فاصله‌ی کانونی آینه و طول تصویر را محاسبه کنید.

حل

$$p = 15 \text{ cm و } q = -6 \text{ cm و } AB = 5 \text{ cm و } f = ? \text{ و } A'B' = ?$$

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

$$\frac{1}{15} - \frac{1}{6} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{2-5}{30} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{-3}{30}$$

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{10} \Rightarrow f = -10 \text{ cm}$$

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{5} = \frac{6}{15} \Rightarrow \frac{A'B'}{5} = \frac{2}{5} \Rightarrow A'B' = 2 \text{ cm}$$

مثال ۷

یک شیء روی مرکز آینه‌ی مقعری که فاصله‌ی کانونی آن ۶ سانتی‌متر است قرار دارد. محل و نوع تصویر و بزرگ‌نمایی خطی آینه را در این حالت حساب کنید و تصویر آن را نیز رسم نمایید.

حل: چون شیء روی مرکز آینه قرار دارد فاصله‌ی آن تا آینه برابر شعاع آینه، یا دو برابر فاصله‌ی کانونی آینه است، یعنی:

$$f = 6\text{cm} \text{ و } p = 2f = 2 \times 6 = 12\text{cm} \text{ و } q = ? \text{ و } m = ?$$

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

$$\frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{6} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{6} - \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{2-1}{12} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{12} \Rightarrow q = 12\text{cm}$$

چون q مثبت شده است تصویر حقیقی است.

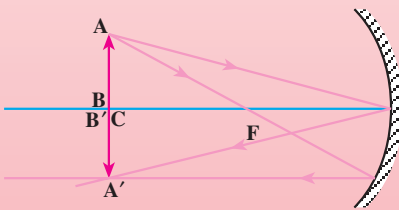
دیده می‌شود $q = p$ شده است و از اینجا معلوم می‌شود که اگر شیئی روی مرکز

باشد تصویر آن روی مرکز تشکیل می‌شود.

$$m = \frac{q}{p} = \frac{12}{12} = 1$$

از محاسبه‌ی بزرگ‌نمایی معلوم می‌شود که در این حالت طول تصویر با طول

شیء، برابر است.



شکل ۴-۲۹

مثال ۸

یک شیء در ۱۲ سانتی‌متری یک آینه‌ی کروی قرار دارد. اگر بزرگ‌نمایی در این حالت برابر $\frac{1}{3}$ و تصویر پشت آینه باشد نوع تصویر، نوع آینه و فاصله‌ی کانونی آن را مشخص کنید.

حل: چون تصویر پشت آینه است، تصویر مجازی است. بزرگ‌نمایی کوچک‌تر از یک است، یعنی طول تصویر مجازی کوچکتر از طول جسم است، در نتیجه آینه محدب است (طول تصویر مجازی در آینه‌ی مقعر از طول جسم بزرگ‌تر است).

$$p = 12 \text{ cm} \quad \text{و} \quad m = \frac{1}{3} \quad \text{و} \quad q = ? \quad \text{و} \quad f = ?$$

$$m = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{q}{12} \Rightarrow 3q = 12 \Rightarrow q = \frac{12}{3} = 4 \text{ cm}$$

چون تصویر مجازی است، $q = -4 \text{ cm}$ را باید در رابطه قرار داد.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{12} - \frac{1}{4} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1-3}{12} = -\frac{2}{12}$$

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{6} \Rightarrow f = -6 \text{ cm}$$

فاصله‌ی کانونی آینه‌ی محدب

منفی شدن f نیز نشان می‌دهد که آینه محدب است.



آزمایش کنید-۹

وسایله‌های آزمایش: پرگار، کاغذ شطرنجی و خط‌کش.

- ۱- بر سطح یک کاغذ شطرنجی آینه‌ی مقعری (با انحنا یا گودی کم) رسم کنید. اندازه‌ی شعاع آن را تعیین و مرکز آینه را مشخص کنید.
- ۲- با نصف کردن شعاع، جای کانون را نیز مشخص کنید.
- ۳- شیء AB را در فاصله‌ی معینی از آینه قرار داده و تصویر آن را به روش زیر رسم کنید.

الف - محل تصویر را با شمارش خانه‌های شطرنجی به‌دست آورید.

ب - محل تصویر را به کمک رابطه‌ی (۳-۴) محاسبه کنید.

پ - اندازه‌های به‌دست آمده در قسمت الف و ب را با هم مقایسه کنید.

ت - بزرگ‌نمایی خطی را با اندازه‌گیری طول شیء و طول تصویر (به کمک خط‌کش)

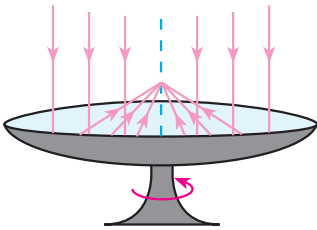
و بار دیگر از رابطه‌ی $m = \frac{q}{p}$ به‌دست آورده و آن‌ها را نیز با هم مقایسه کنید و نتیجه‌ی

مقایسه‌ها را بیان کنید.

فناوری و کاربرد

کوره‌ی آفتاب‌ی

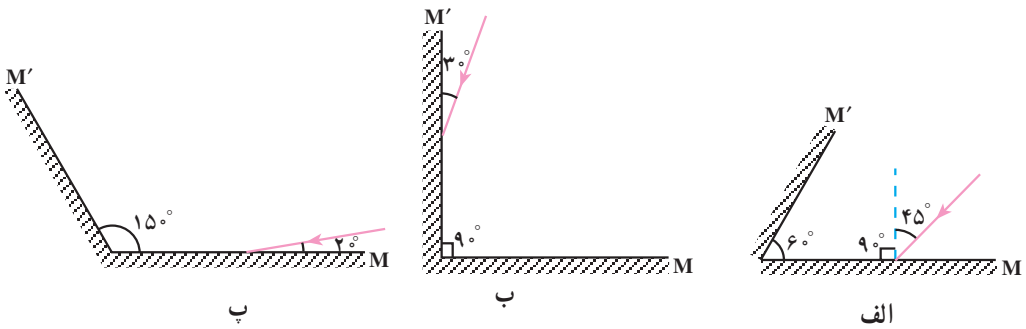
کوره‌ی آفتاب‌ی وسیله‌ای است که با آن می‌توان انرژی تابشی خورشید را در یک نقطه متمرکز و آنرا تبدیل به انرژی گرمایی کرد. این وسیله از یک آینه‌ی مقعر و یک پایه‌ی گردان تشکیل شده است (شکل ۴-۳). حرکت آینه، توسط یک موتور، طوری تنظیم می‌شود که دهانه‌ی آینه همواره متوجه خورشید باشد. پرتوهای خورشید به‌طور موازی به آینه برخورد کرده و در کانون آن متمرکز می‌شوند و دمای این نقطه در صورتی که جسمی در آنجا قرار دهیم به چند هزار درجه‌ی سلسیوس می‌رسد. این تمرکز انرژی که به‌صورت انرژی گرمایی ظاهر می‌شود، در صنعت کاربری‌های مختلفی دارد.



شکل ۴-۳- کوره‌ی آفتاب‌ی که با آن می‌توان انرژی تابشی خورشید را به انرژی گرمایی تبدیل کرد.

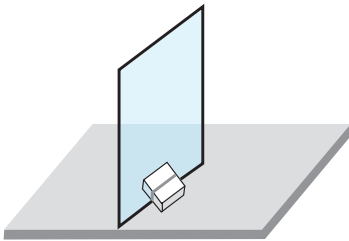
تمرین‌های فصل چهارم

۱- در شکل‌های (۴-۳۱) مسیر پرتو نور را در دو آینه‌ی M و M' ، با رسم، کامل کنید.



شکل ۴-۳۱

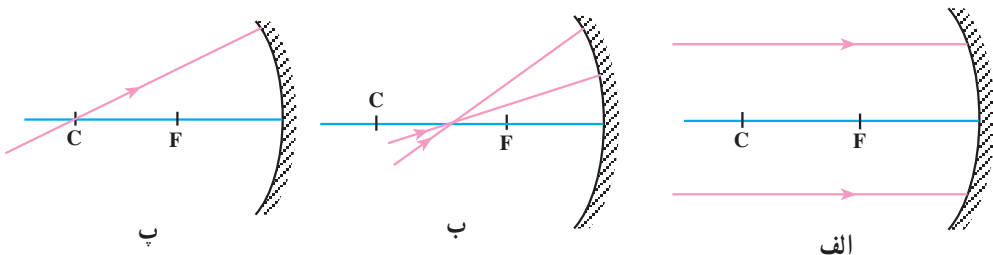
۲- آینه‌ی تختی را مطابق شکل (۴-۳۲) روی میز به‌طور قائم نصب کنید (یا از دوست خود بخواهید که آن را به‌طور قائم روی میز نگه‌دارد) پس از آن یک مداد یا خودکار را طوری روی میز مقابل آینه قرار دهید که:



شکل ۴-۳۲

الف: تصویر آن با مداد در یک راستا باشند.
 ب: تصویر آن با مداد بر هم عمود باشند.
 زاویه‌ی بین راستای مداد و سطح آینه را در هر مورد اندازه بگیرید و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

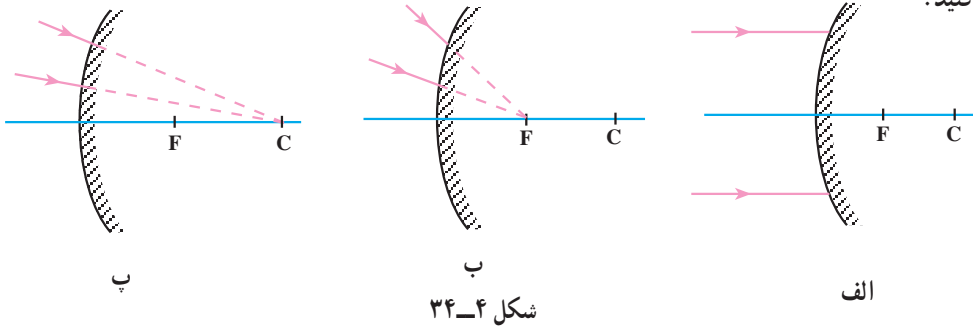
۳- در شکل‌های (۴-۳۳) مسیر نور را پس از تابش به آینه، با رسم، کامل کنید.



شکل ۴-۳۳

۴- در هر یک از شکل‌های (۴-۳۴) پرتوهای بازتاب را برای هر یک از پرتوهای تابش رسم

کنید.



شکل ۴-۳۴

۵- شخصی در مقابل آینه‌ی تخت قائمی ایستاده است :

الف : اگر این شخص ۵۰ cm به آینه نزدیک شود چند سانتی متر به تصویرش نزدیک می‌شود؟

ب : اگر این شخص در جای خود ساکن بماند و فاصله‌ی آینه از او ۱۰ cm زیاد شود، تصویر

او نسبت به تصویر اولیه چقدر جابه‌جا می‌شود؟

۶- الف : جسمی در فاصله‌ی ۱۸ سانتی متری آینه‌ی مقعری به شعاع ۲۴ سانتی متر قرار داده

شده است. فاصله‌ی تصویر تا آینه و نوع تصویر را مشخص کنید.

ب : شکل را با فاصله‌های داده شده برای جسم و فاصله‌ی کانونی رسم کنید و فاصله‌ی تصویر

تا آینه را با خط‌کش اندازه بگیرید و آن را با عدد به دست آمده از راه محاسبه مقایسه کنید.

۷- الف : جسمی مقابل یک آینه‌ی محدب که فاصله‌ی کانونی آن ۱۰ سانتی متر است قرار

دارد. اگر فاصله‌ی جسم تا آینه ۲۰ سانتی متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا آینه را حساب کنید.

ب : اگر طول جسم ۴ سانتی متر باشد طول تصویر چقدر است؟

پ : شکل را با توجه به فاصله‌های داده شده رسم کنید و پس از آن با اندازه‌گیری فاصله‌ی

تصویر تا آینه و اندازه‌گیری طول تصویر (با خط‌کش) آن‌ها را با عددهای به دست آمده در بند الف و ب

مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

۸- تحقیق کنید که :

الف : چرا در پیچ جاده‌ها آینه نصب می‌کنند؟

ب : این آینه از چه نوعی است؟

پ : معمولاً دندان‌پزشک‌ها برای دیدن دندان‌ها در داخل دهان از آینه‌ی کوچک دسته‌داری

استفاده می‌کنند. این آینه از چه نوعی است؟ چرا؟

۹- در یک آینه‌ی مقعر، فاصله‌ی جسم تا آینه ۱۵ cm است. اگر تصویر نسبت به جسم مستقیم

و فاصله‌ی آن تا آینه 20 cm باشد، فاصله‌ی کانونی و شعاع این آینه چقدر است؟

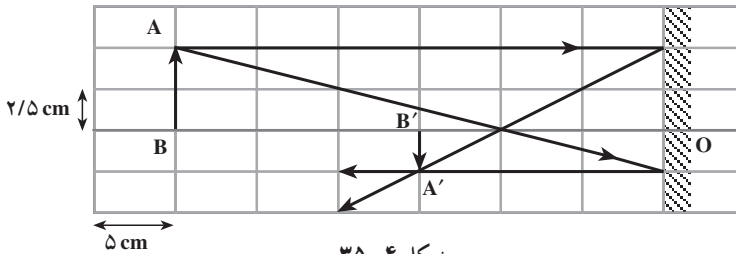
۱۰- با توجه به شکل ۳۵-۴

الف: اندازه‌ی تصویر و جسم را مشخص نمایید.

ب: نوع آینه را تعیین کنید.

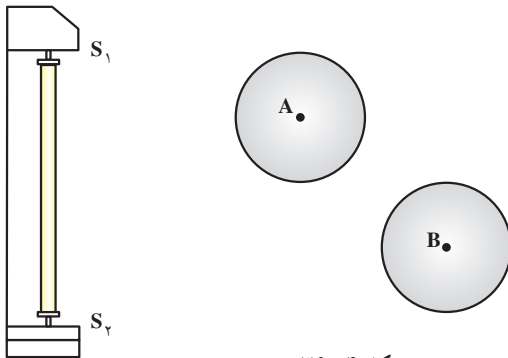
پ: فاصله‌ی کانونی آینه را با توجه به فاصله‌های جسم و تصویر از آینه به دست آورید. و با

اندازه‌ی آن بر روی شکل مقایسه نمایید.



شکل ۳۵-۴

۱۱- توپ‌های کدر A و B را مطابق شکل ۳۶-۴ جلوی یک لامپ مهتابی روشن (S_1, S_2)



شکل ۳۶-۴

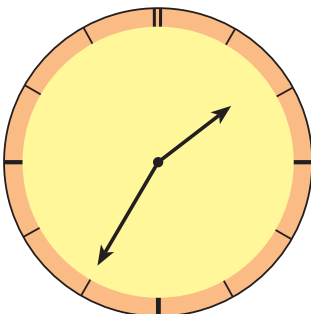
قرار داده‌ایم. با رسم پرتوهایی که از لامپ به دیوار (برده) می‌رسند، نقاط کاملاً تاریک را مشخص نمایید.

برده

۱۲- آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوانید، کانون آینه‌ی مقعر را مشخص کنید.

۱۳- تصویر صفحه‌ی ساعت در یک آینه‌ی تخت مطابق شکل ۳۷-۴ است. اگر به طور

مستقیم به ساعت نگاه کنیم، ساعت را نشان می‌دهد.



شکل ۳۷-۴

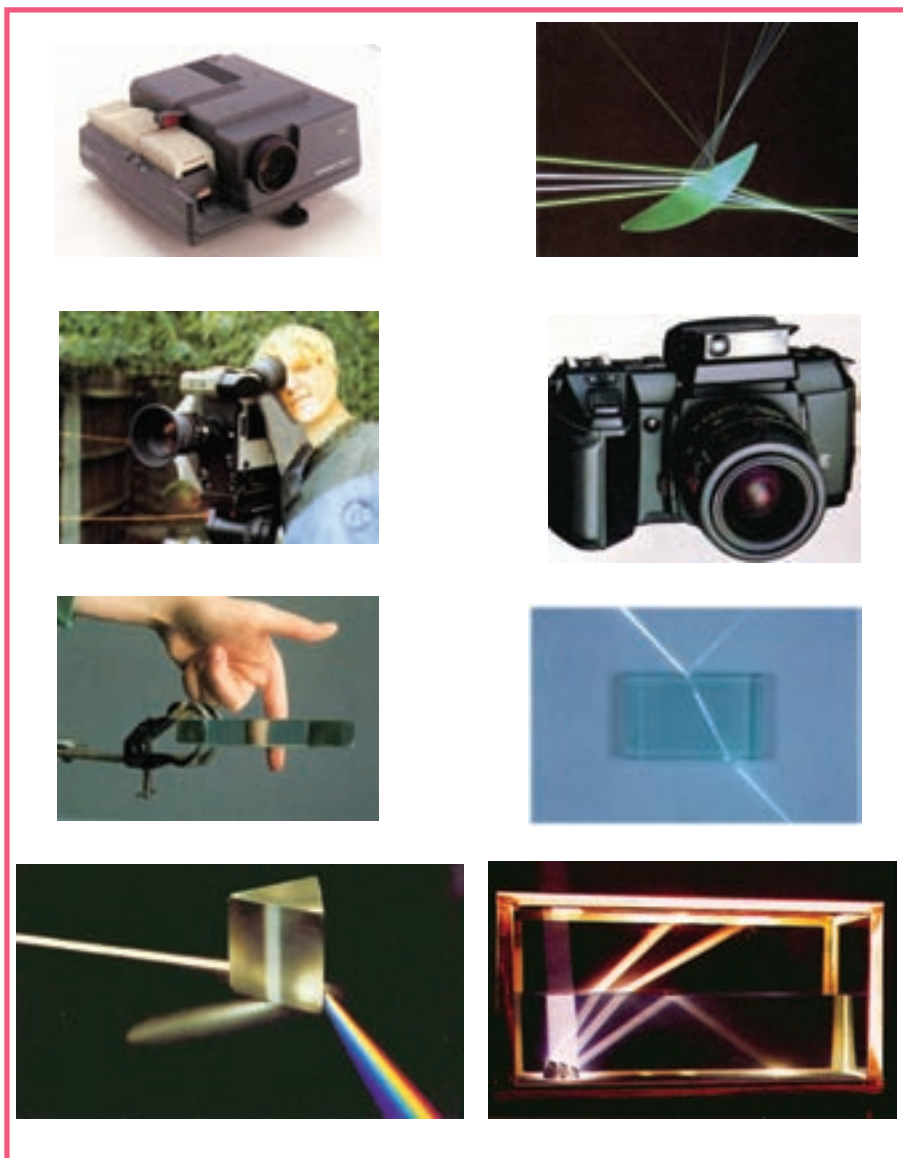
شکست نور

۵



آیا می‌دانید که علت تشکیل رنگین کمان چیست؟

در فصل گذشته با انتشار نور به خط راست در یک محیط شفاف و قوانین بازتابش نور آشنا شدید. در این فصل، رفتار نور را هنگام عبور از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر بررسی می‌کنیم و با استفاده از مفهوم بازتابش کلی، با نحوه‌ی کار تارهای نوری آشنا می‌شویم. سپس به بررسی عدسی‌ها و کاربرد آن‌ها در اصلاح دید چشم، میکروسکوپ و دوربین نجومی می‌پردازیم.



شکل ۵-۱

۵-۱- شکست نور

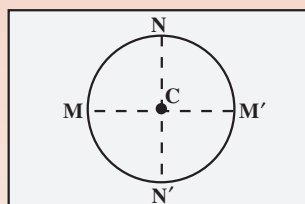
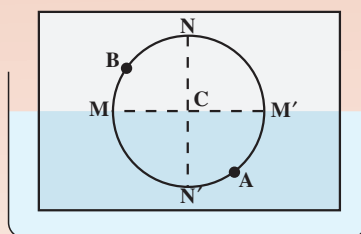
اگر از کنار استخر پر از آب به کف استخر نگاه کنید و در همان حال به تدریج از کنار استخر دور شوید، احساس می‌کنید که کف استخر دارد بالا می‌آید و عمق آب کم می‌شود؛ مشاهده‌ی پدیده‌هایی از این قبیل به سبب پدیده‌ی شکست نور است.



آزمایش کنید - ۱

وسایله‌های آزمایش: ورقه‌ی مقوای گلاسه یا طلق، چند عدد سنجاق، پرگار، خط‌کش، ظرف آب و نقاله.

الف: بر روی ورقه‌ی مقوای گلاسه دایره‌ای با دو قطر عمود بر هم، مطابق شکل (۵-۲-الف) رسم کنید. سپس سنجاقی در مرکز دایره و عمود بر مقوا و سنجاق دیگری به همان ترتیب روی محیط دایره در نقطه‌ی A فرو کنید.



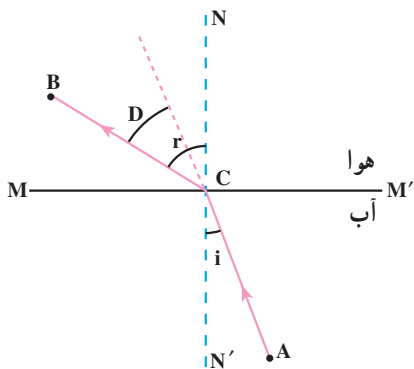
ب

الف

شکل ۵-۲

ب: مطابق شکل (۵-۲-ب) مقوای گلاسه را تا نیمه در آب فرو ببرید به طوری که قطر MM' بر سطح آب مماس شود. در این حالت سنجاق دیگری را عمود بر سطح مقوا بین M و N جا به جا کنید تا هر سه سنجاق را در یک راستا ببینید. در این حالت سنجاق سوم را بر مقوا فرو کنید.

پ: مقوای گلاسه را از آب خارج کنید و نقطه‌های A و B و C را به هم وصل کنید. چرا سنجاق‌های A و B و C روی یک خط راست نیستند؟ در حالی که وقتی سنجاق A در درون آب قرار داشت هر سه سنجاق در یک راستا به نظر رسیدند.



با انجام آزمایش کنید ۱- نتیجه می‌گیریم که نور هنگام عبور از آب به هوا، مسیر شکسته‌ی ACB را پیموده و به چشم رسیده است. این مسیر در شکل (۳-۵) نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل پیداست، نور در گذر از آب به هوا از خط عمود دور می‌شود.

شکل ۳-۵- مسیر نور هنگام گذر از آب به هوا

وقتی نور به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر می‌تابد، مسیرش تغییر می‌کند. به بیان دیگر، پرتو نوری که به طور مایل به سطح جدایی دو محیط شفاف می‌تابد، هنگام گذر از سطح جدایی دو محیط، شکسته می‌شود. به این پدیده شکست نور می‌گوییم.

در آزمایش کنید ۱- پرتوهای نور از آب به هوا وارد می‌شوند. پرتو AC را پرتو تابش و پرتو CB را پرتو شکست می‌نامیم. زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط NN' (خط عمود بر سطح جدایی دو محیط در نقطه‌ی تابش نور) را زاویه‌ی تابش (i) و زاویه‌ی بین پرتو شکست و NN' را زاویه‌ی شکست (r) می‌نامیم.



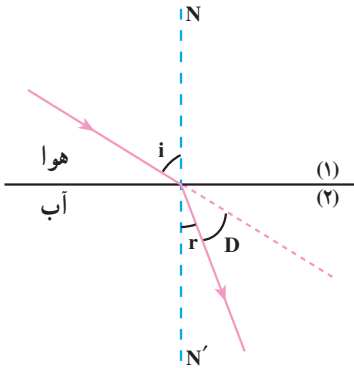
آزمایش کنید-۲

آزمایش کنید ۱- را برای زاویه‌های تابش 10° و 20° و 30° و 40° تکرار کنید.

زاویه‌های شکست r در هر آزمایش نسبت به زاویه‌ی تابش i چه تغییری می‌کند؟

آزمایش نشان می‌دهد که اگر نور از آب به هوا بتابد زاویه‌ی تابش در محیط (۱) کوچک‌تر از زاویه‌ی شکست در محیط (۲) است.

در شکل (۴-۵) تابش نور از محیط (۱) به محیط (۲) (محیط غلیظ) نشان داده شده است. همان‌گونه که می‌بینید هنگام تابش نور از هوا به آب، پرتو شکست به خط عمود نزدیک می‌شود.



زاویه‌ی بین امتداد پرتو تابش و پرتو شکست را زاویه‌ی انحراف می‌نامیم و آن را با D نشان می‌دهیم. در شکل (۳-۵) دیده می‌شود که $D = r - i$ و در شکل (۴-۵)، $D = i - r$ است.

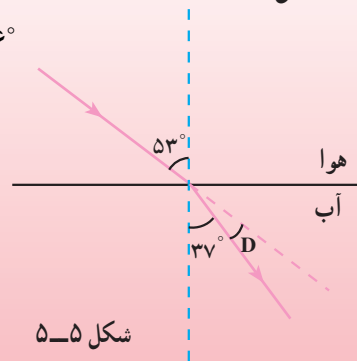
شکل ۴-۵ - مسیر گذر نور از هوا به آب

مثال ۱

شکل (۵-۵) پرتو نوری را نشان می‌دهد که تحت زاویه‌ی تابش 53° از هوا به آب می‌تابد و زاویه‌ی شکست آن 37° است.
الف: زاویه‌ی انحراف چقدر است؟ ب: با رسم پرتو تابش و شکست، زاویه‌ی انحراف را در شکل مشخص کنید.

حل

$$D = i - r \Rightarrow D = 53^\circ - 37^\circ \text{ و } D = 16^\circ$$



شکل ۵-۵

قانون‌های شکست نور

در گذشته، دانشمندان زیادی از جمله بطلمیوس، ابن هیثم، کیپلر و... تلاش کردند تا رابطه‌ای بین زاویه‌ی تابش (i) و زاویه‌ی شکست (r) پیدا کنند. به‌عنوان مثال ابن هیثم دانشمند اسلامی نسبت بین زاویه‌های تابش و شکست را تا زاویه‌ی 8° به‌دست آورد ولی نتوانست رابطه‌ی بین آن‌ها را کشف کند. در قرن هفدهم میلادی اسنل دانشمند هلندی و دکارت دانشمند فرانسوی، هر یک به‌طور مستقل، موفق شدند رابطه‌ی بین این دو زاویه را به‌دست آورند.

تفسیر کنید

دانش آموزی با استفاده از یک لیزر مدادی، تیغه‌ی شیشه‌ای و نقاله، آزمایشی را انجام داده است یعنی باریکه‌ی نور را تحت زاویه‌های تابش مختلف به تیغه تابانده و زاویه‌های شکست مربوط به هریک را توسط نقاله اندازه‌گیری کرده است و جدول ۱-۵ را در حین آزمایش کامل کرده است. شکل ۶-۵ چگونگی انجام آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۵

جدول ۱-۵

شماره‌ی آزمایش	زاویه‌ی تابش i	زاویه‌ی شکست r	$\sin i$	$\sin r$	i/r	$\sin i / \sin r$
۱	15°	10°	$0/26$	$0/17$	$1/50$	$1/53$
۲	20°	13°	$0/34$	$0/22$	$1/54$	$1/52$
۳	30°	21°	$0/51$	$0/34$	$1/42$	$1/50$
۴	40°	25°	$0/64$	$0/42$	$1/60$	$1/52$
۵	45°	28°	$0/71$	$0/47$	$1/60$	$1/51$
۶	50°	30°	$0/77$	$0/50$	$1/67$	$1/53$
۷	60°	35°	$0/87$	$0/57$	$1/71$	$1/53$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots

با توجه به جدول ۱-۵ و مشورت با اعضای گروه خود توضیح دهید:

الف: آیا زاویه‌ی شکست در هر مورد کوچک‌تر از زاویه‌ی تابش است؟ (زاویه‌ی شکست و تابش را با هم مقایسه کنید)

ب: اعداد مربوط به کدام ستون تقریباً در تمام آزمایش‌ها ثابت است؟ این عدد تقریباً چقدر است؟

شما نیز می‌توانید با استفاده از نتایج آزمایش کنید - ۱ و تفسیر کنید صفحه‌ی قبل قانون‌های شکست نور را که به صورت زیر بیان می‌شوند، نتیجه بگیرید.

۱- پرتو تابش، خط عمود بر سطح جداکننده‌ی دو محیط، در نقطه‌ی تابش و پرتو شکست در یک صفحه واقع‌اند.

۲- نسبت سینوس زاویه‌ی تابش به سینوس زاویه‌ی شکست، برای پرتوهایی که از یک محیط شفاف (محیط A) وارد محیط شفاف دیگری (محیط B) می‌شوند مقداری ثابت است. این مقدار را ضریب شکست محیط B نسبت به محیط A می‌گویند و آن را با n نشان می‌دهند. ضریب شکست n بستگی به جنس دو محیطی دارد که نور از یکی وارد دیگری می‌شود.

ضریب شکست یک محیط نسبت به خلأ (یا به طور تقریبی هوا) را ضریب شکست مطلق آن محیط گویند؛ یعنی:

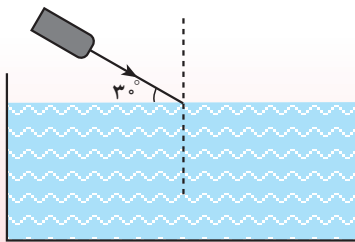
$$n = \frac{\sin i \text{ (در هوا)}}{\sin r \text{ (در محیط شفاف)}} \quad (1-5)$$

مثال ۲

باریکه‌ی نوری همانند شکل (۷-۵) تحت زاویه‌ی 3° به سطح آب می‌تابانیم. این پرتو تحت چه زاویه‌ای وارد ظرف آب می‌شود؟ ضریب شکست آب را $1/33$ فرض کنید.

حل

با توجه به شکل:



شکل ۷-۵

$$i = 6^\circ$$

با استفاده از قانون شکست نور:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \rightarrow \frac{\sin 6^\circ}{\sin r} = 1/33$$

$$\sin r = \frac{\sin 6^\circ}{n} \approx 0/65$$

$$r = 40/5^\circ$$

فعالیت ۱

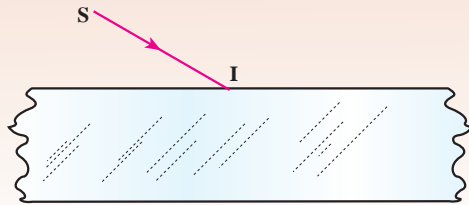
اگر نور از یک محیط شفاف با ضریب شکست n_1 وارد محیط شفاف دیگر با ضریب شکست n_2 شود، به گونه‌ای که $n_1 > n_2$ ، رابطه‌ی (۱-۵) چگونه نوشته می‌شود؟



آزمایش کنید - ۳

وسایله‌های آزمایش: یک قطعه شیشه‌ی ضخیم، وسیله‌ی تولید باریکه‌ی نور، یک تکه مقوا و خط‌کش.

- ۱- مطابق شکل (۸-۵) قطعه شیشه‌ی ضخیم را روی مقوا قرار دهید و باریکه‌ی نور را طوری به قطعه شیشه بتابانید که مسیر نور بر سطح مقوا دیده شود. مسیر پرتو تابش SI را برای ورود به این محیط شفاف و پس از خارج شدن از آن رسم کنید.
- ۲- پرتو تابش ورودی به شیشه و پرتو خروجی از شیشه نسبت به هم چگونه‌اند؟



شکل ۸-۵



ابن هیثم

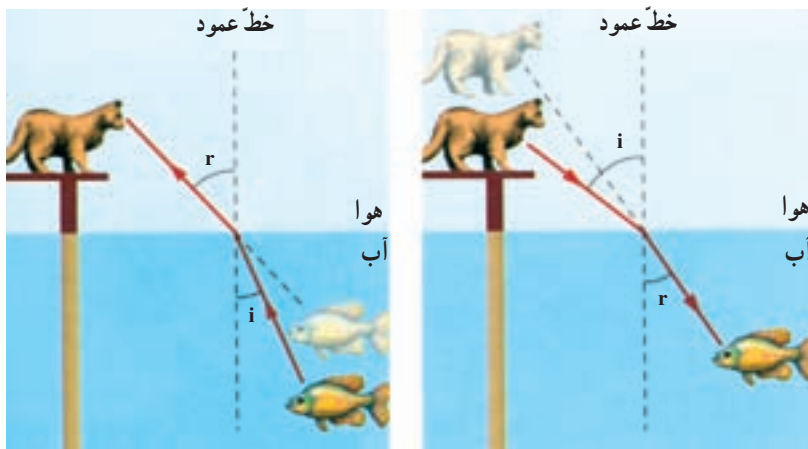
ابوعلی حسن بن حسن بصری معروف به ابن هیثم، ریاضی‌دان، فیزیک‌دان، منجم و از دانشمندان سرشناسی بود که در سال ۳۴۳ هجری شمسی (۳۵۴ هجری قمری) در بصره متولد شد و در سال ۴۱۸ هجری شمسی (۴۳۰ هجری قمری) درگذشت. او با این که از آثار گذشتگان

خود از جمله اقلیدس، بطلمیوس، ارسطو و آپولونیوس استفاده کرده است، اما بنیان نور شناخت را دگرگون کرد و آن را به صورت علم منظم و مشخصی درآورد. او مانند اقلیدس هم فیزیک دان نظری و هم تجربی بود و به منظور تشخیص حرکت مستقیم الخط نور، یافتن خصوصیات سایه، موارد استفاده از عدسی‌ها و ویژگی‌های اتاق تاریک آزمایش‌هایی انجام داد. او برای نخستین بار در مورد بسیاری نمودهای نور شناختی اساسی به تحلیل ریاضی پرداخت. در مبحث شکست نور، وی ثابت کرد که زاویه‌ی شکست متناسب با زاویه‌ی تابش نیست و به تحقیق در مورد شکست نور در عدسی‌ها و در جو پرداخت. هم چنین سهم عمده‌ی او در بحث بازتاب نور که یونانیان پیش از آن به اکتشاف‌های مهمی دست یافته بودند، پژوهش در آینه‌های سهموی (شلجمی) و کروی بود و حتی چرخ تراشی داشت که با آن عدسی‌ها و آینه‌های خمیده را برای آزمایش‌های خود تهیه می‌کرد. او از این آزمایش‌ها دریافت که در آینه‌ی سهموی همه‌ی شعاع‌ها در یک نقطه متمرکز می‌شود و از این رو بهترین آینه‌های سوزاننده همین آینه‌های سهموی هستند.

۲-۵- عمق ظاهری و واقعی

شکل (۹-۵) مکان واقعی و ظاهری یک ماهی را در یک آکواریوم نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینید، گربه، ماهی را بالاتر از مکان واقعی خود می‌بیند و ماهی نیز گربه را دورتر از مکان واقعی خود مشاهده می‌کند.

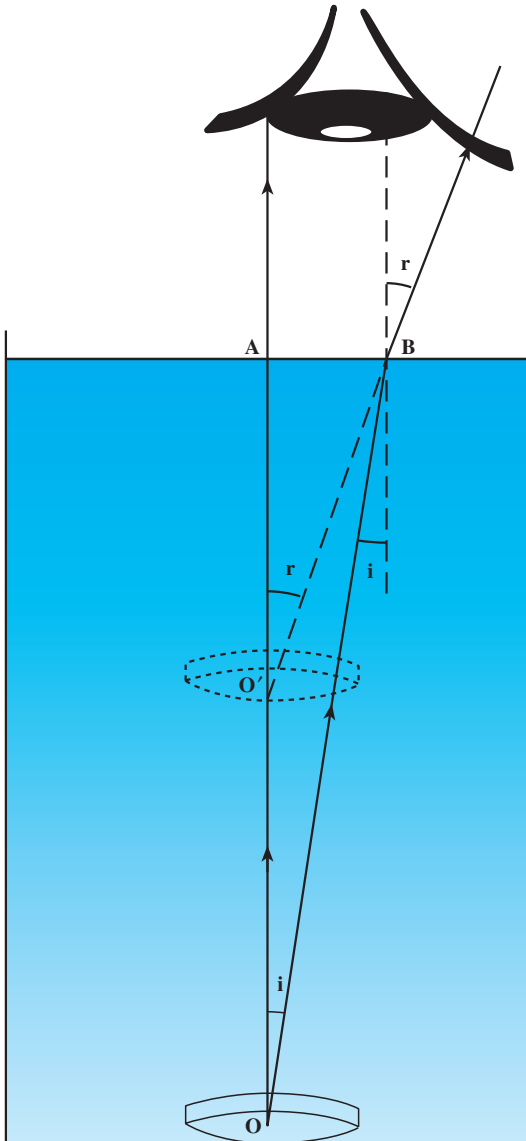
شما نیز احتمالاً تجربه کرده‌اید هنگامی که از هوا به جسمی در داخل آب نگاه می‌کنیم آن جسم به سطح آب نزدیک‌تر و وقتی که از داخل آب به جسمی در هوا نگاه می‌کنیم، دورتر به نظر می‌رسد.



شکل ۹-۵

فعالیت ۲

با رسم حداقل دو پرتو از یک نقطه نشان دهید که چرا گربه، ماهی را نزدیک تر و ماهی، گربه را دورتر از سطح آب می بیند؟



شکل ۵-۱۰

وقتی نور به طور مایل از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر می شود، در مرز مشترک دو محیط، تغییر مسیر می دهد (شکسته می شود) و همین عامل سبب بالاتر دیده شدن ماهی توسط گربه و همچنین دورتر دیده شدن گربه توسط ماهی می گردد.

در شکل (۵-۱) مکان سگه ای در ته یک لیوان پر از آب نشان داده شده است. دو پرتوی را که از نقطه ی O به سطح آب برخورد می کنند در نظر می گیریم:

پرتو قائم OA بدون شکست وارد هوا می شود اما پرتو OB در مرز مشترک دو محیط شکسته شده و از خط عمود دور می شود. ($r > i$)

با استفاده از قانون های شکست نور و زاویه های تابش و شکست i و r می توانیم بنویسیم:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$$

با توجه به شکل، زاویه‌ی AOB برابر با زاویه‌ی تابش i و زاویه‌ی AO'B برابر با زاویه‌ی شکست r است. در مثلث‌های قائم‌الزاویه‌ی AOB و AO'B با توجه به تعریف سینوس یک زاویه می‌توانیم بنویسیم:

$$\sin i = \frac{AB}{OB} \quad \text{و} \quad \sin r = \frac{AB}{O'B}$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{O'B}{OB}$$

در نتیجه داریم

اگر زاویه‌ی تابش و شکست r به اندازه‌ی کافی کوچک باشند، یعنی بتوان تقریباً به سکه به‌طور عمودی نگاه کرد، $O'B \approx O'A$ و $OB \approx OA$ است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{O'A}{OA}$$

$$\frac{O'A}{OA} = \frac{1}{n} \quad \text{و}$$

با توجه به رابطه‌ی (۱-۵):

$$O'A = \frac{OA}{n}$$

یعنی:

$$\text{عمق واقعی} = \frac{\text{عمق ظاهری}}{\text{ضریب شکست محیط شفاف}} \quad (۲-۵)$$

مثال ۳

عمق ظاهری یک استخر m ۱/۵ است. اگر ضریب شکست آب برابر ۱/۳ باشد، عمق واقعی استخر را محاسبه کنید.

حل

$$O'A = \frac{OA}{n}$$

$$۱/۵ = \frac{OA}{۱/۳}$$

$$OA \approx ۲\text{m}$$

عمق واقعی استخر

فعالیت ۳

رابطه‌ی (۲-۵) را برای حالتی که ناظر در محیط شفاف (۱) با ضریب شکست n_1 به جسمی در محیط شفاف (۲) با ضریب شکست n_2 می‌نگرد، بنویسید.

فعالیت ۴

با مشورت و مشارکت اعضای گروه خود، آزمایشی طراحی کنید که توسط آن بتوان عمق ظاهری یک سکه را در ته یک لیوان پر از آب اندازه‌گیری کرد.

۳-۵- رابطه‌ی شکست نور با تغییر سرعت نور در دو محیط

سرعت انتشار نور در خلأ، بیشتر از سرعت انتشار نور در هر محیط شفاف دیگر است. سرعت انتشار نور در خلأ تقریباً $300,000$ کیلومتر بر ثانیه است؛ یعنی نور در خلأ فاصله‌ی $300,000$ کیلومتر را در مدت یک ثانیه می‌پیماید. سرعت نور در هوا نیز تقریباً همین مقدار است. در محیط‌های شفاف مثل آب، شیشه و ... سرعت نور کمتر از سرعت نور در هوا است.

جدول ۲-۵

ضریب شکست	سرعت نور km/s	
۱/۳۰۹	۲۲۹,۱۸۲	بخ
۱/۵۰۱	بنزن
۱/۶۲۸	۱۸۴,۲۷۵	کربن دی‌سولفات
.....	۲۰۱,۳۴۲	پلی‌استیرن
۱/۵۴۴	۱۹۴,۳۰۰	سدیم کلراید
۱/۴۷۳	گلیسرین
۱	۳۰۰,۰۰۰	هوا
.....	۲۲۵,۰۰۰	آب
۱/۵۲۰	شیشه
.....	۱۲۵,۰۰۰	الماس

علت شکست نور هنگامی که به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر گذر می‌کند، همین تفاوت سرعت نور در دو محیط است.
نسبت سرعت نور در هوا به سرعت نور در یک محیط شفاف همان ضریب شکست است:

$$\text{ضریب شکست ماده‌ی شفاف} = \frac{\text{سرعت نور در هوا}}{\text{سرعت نور در ماده‌ی شفاف}}$$

اگر سرعت نور در هوا c و سرعت نور در ماده‌ی شفاف v باشد داریم:

$$n = \frac{c}{v} \quad (3-5)$$

هر قدر ضریب شکست ماده‌ی شفاف بیشتر باشد سرعت نور در آن محیط کمتر است، در نتیجه نور بیشتر شکسته می‌شود و زاویه‌ی انحراف بیشتر می‌شود.

مثال ۴

با استفاده از جدول (۲-۵) ضریب شکست آب را حساب کنید.

حل: با توجه به جدول داریم:

$$c = 300000 \text{ km/s} \quad v = 225000 \text{ km/s} \quad n = ?$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{300000}{225000} = \frac{300}{225}$$

$$n = \frac{4}{3} \quad \text{ضریب شکست آب}$$

تمرین ۱

با توجه به رابطه‌ی سرعت نور در یک محیط شفاف و ضریب شکست آن، مکان‌های خالی جدول (۲-۵) را کامل کنید.

پاسخ دهید ۱

با استفاده از جدول (۲-۵):

الف: ضریب شکست شیشه و آب را با هم مقایسه کنید.

ب: نور یک بار با زاویه‌ی تابش (i) از هوا به آب و بار دیگر با همین زاویه‌ی

تابش به شیشه می‌تابد. در کدام مورد زاویه‌ی انحراف بزرگ‌تر است و پرتو شکست به

خط عمود نزدیک‌تر می‌شود؟ چرا؟

مثال ۵

دو محیط را با ضریب شکست‌های n_1 و n_2 در نظر بگیرید. اگر نسبت سرعت

نور در محیط اول به محیط دوم برابر $\frac{5}{4}$ باشد، نسبت ضریب شکست محیط اول به محیط دوم را حساب کنید.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{5}{4} \text{ و } \frac{n_1}{n_2} = ?$$

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \text{ و } n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{v_1}}{\frac{c}{v_2}}$$

با حذف c خواهیم داشت:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

بنابراین:

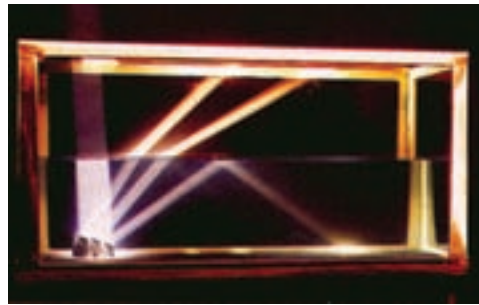
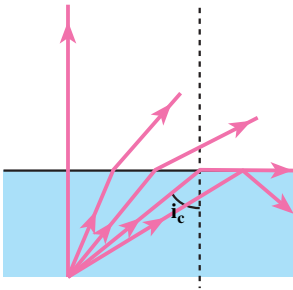
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{4}{5}$$

فعالیت ۵

الف: جدول (۲-۵) را برحسب افزایش سرعت بازنویسی نمایید.
ب: با افزایش سرعت، ضریب شکست چگونه تغییر می‌کند؟

۴-۵- زاویه‌ی حد

دیدیم که اگر نور از محیطی با ضریب شکست بیشتر (غلیظ) وارد محیطی با ضریب شکست کمتر (رقیق) شود (برای مثال از درون آب به هوا) پرتو شکست از خط عمود دور می‌شود و زاویه‌ی شکست از زاویه‌ی تابش بزرگ‌تر خواهد شد. در این صورت هرچه زاویه‌ی تابش زیاد شود زاویه‌ی شکست هم زیاد می‌شود. حال اگر زاویه‌ی شکست به 90° برسد (یعنی پرتو شکست بر سطح جدایی دو محیط مماس شود) زاویه‌ی تابش به مقداری رسیده است که به آن زاویه‌ی حد می‌گوییم. در شکل (۱۱-۵) زاویه‌ی حد نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۵

فعالیت ۶

به کمک یک لیزر مدادی یا باریکه‌ی نور، ظرف شفاف مکعب مستطیل شکل، مایع شفاف، پودر گچ یا پودر مواد معلق در آب و نقاله، زاویه‌ی حد مایع درون مکعب مستطیل را برآورد کنید.

با استفاده از قانون شکست نور می‌توان زاویه‌ی حد هر محیطی را که ضریب شکست آن بزرگ‌تر از ضریب شکست محیطی است که با آن مرز مشترک دارد تعیین نمود، در صورتی که محیط دوم هوا باشد، با استفاده از رابطه‌ی (۲-۵) می‌توان نوشت:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n} \text{ و } r = 90^\circ$$

$$\frac{\sin i}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n}$$

$$\sin i = \frac{1}{n} \quad \text{(۴-۵ الف)}$$

اگر زاویه‌ی حد را با i_c نشان دهیم رابطه‌ی (۴-۵ الف) به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\sin i_c = \frac{1}{n} \quad \text{(۴-۵ ب)}$$

مثال ۶

ضریب شکست پلی‌استیرن تقریباً $1/6^\circ$ است، زاویه‌ی حد را برای پرتوهای نوری که از این ماده وارد هوا می‌شوند به دست آورید.

حل

$$n = 1/6^\circ$$

$$\sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1/6} = 0/625$$

$$i_c \approx 39^\circ$$

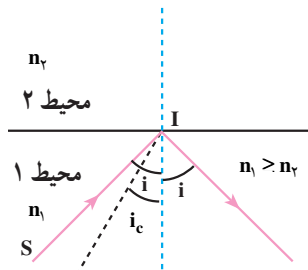
فعالیت ۷

اگر نوری از یک محیط شفاف با ضریب شکست n_1 وارد محیط شفاف دیگر با ضریب شکست n_2 شود به گونه‌ای که $n_1 > n_2$ ، رابطه‌ی (۴-۵ ب) چگونه نوشته می‌شود؟

به جدولی که در فعالیت ۵ تهیه کرده‌اید یک ستون دیگر اضافه کنید و زاویه‌ی حد مربوط به هر ماده‌ی شفاف را، وقتی پرتو نور از آن ماده وارد هوا می‌شود، بنویسید.

۵-۵- بازتاب کلی

هرگاه زاویه‌ی تابش در محیطی با ضریب شکست بیشتر، از زاویه‌ی حد در آن محیط بیش‌تر شود ($i > i_c$) پرتو تابش از آن محیط خارج نمی‌شود و سطح جدایی دو محیط، نظیر یک آینه‌ی تخت، پرتو نور را به درون محیط اول باز می‌تاباند. این پدیده را بازتاب کلی می‌نامند. شکل (۵-۱۲) بازتاب کلی را در یک محیط نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۲- پرتو SI با زاویه‌ی تابش بیش از زاویه‌ی حد به مرز مشترک دو محیط تابیده است، در نتیجه بازتاب کلی رخ داده است.

سراب

پدیده‌ی سراب معمولاً در بیابان‌ها و جاده‌ها در روزهای گرم مشاهده می‌شود (شکل (۵-۱۳)). هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم دمای لایه‌های هوا بیشتر و در نتیجه رقیق‌تر و ضریب شکست آن کم‌تر می‌شود. پرتوهای نور که از یک شیء دور، مثلاً یک درخت، به طور مایل به سطح زمین می‌تابند، در اثر عبور از لایه‌های با ضریب شکست بیش‌تر به لایه‌های با ضریب شکست کم‌تر به تدریج به طرف بالا شکست می‌یابند تا این که در لایه‌های نزدیک به سطح زمین زاویه‌ی تابش آن‌ها از زاویه‌ی حد این لایه‌ها بزرگ‌تر شده و بازتاب کلی صورت می‌گیرد. پرتوهای بازتابیده پس از شکست‌های متوالی (از لایه‌های بالا به پایین) به چشم ما می‌رسند؛ در این صورت لایه‌های نزدیک به سطح زمین که نور را باز می‌تابانند مانند سطح آب به نظر می‌رسند.

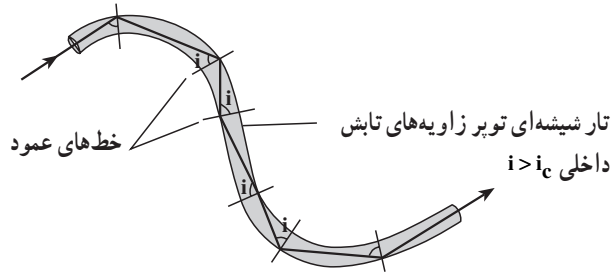


شکل ۵-۱۳- سراب و علت به وجود آمدن آن

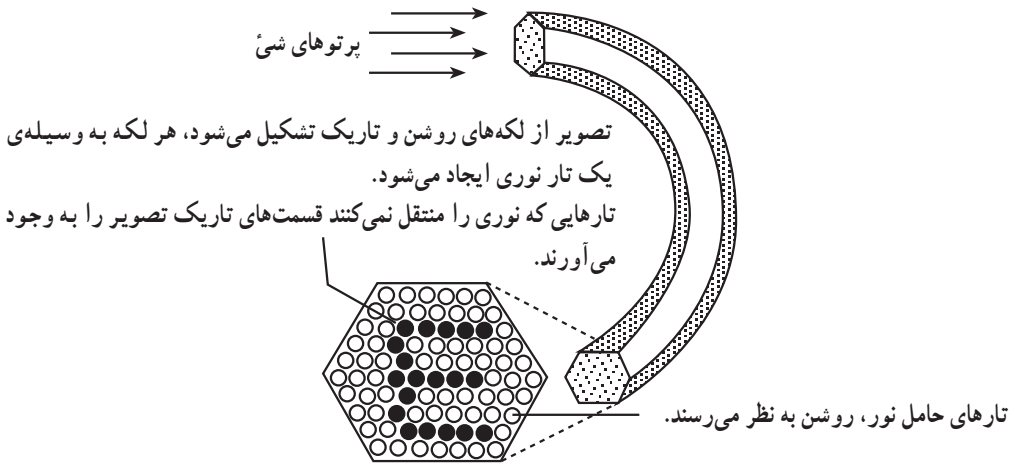
..... فناوری و کاربرد تار نوری

تار نوری رشته‌ای شیشه‌ای است که ضخامت آن، بسته به نوع تار، اغلب از مرتبه 10^{-3} تا 10^{-1} میلی‌متر متغیر است. نور می‌تواند درون تار نوری جلو رود حتی اگر تار خمیده شده باشد. هنگامی که پرتو نوری از درون تار به سطح آن بتابد، اگر زاویه تابش بزرگ‌تر از زاویه حد باشد، بازتاب کلی نور روی می‌دهد و نور نمی‌تواند از تار خارج شود، چنان که گویی سطح درونی تار نقره‌اندود است، در حالی که واقعاً چنین نیست. تار شیشه‌ای توپر، از درون، یک سطح بازتابنده‌ی کامل دارد.

تارهای نوری کاربردهای زیادی دارند. برای مثال می‌توان از مورد استفاده‌ی آن‌ها در آندوسکوپی نام برد که برای دیدن داخل بدن به کار می‌رود (شکل ۵-۱۴). در این ابزار، نور را از یک دسته‌ی باریک از تارهای شیشه‌ای بسیار ظریف و قابل انعطاف عبور می‌دهند و به نقطه‌ی مورد نظر درون بدن می‌تابانند و تصویر حاصل را از طریق دسته‌ی دیگری از تارها برمی‌گردانند. این دسته‌ی دوم



الف - یک تار نوری که در آن پرتو نور چند بار بازتاب داخلی پیدا کرده است.



ب - دسته‌ای از تارهای شیشه‌ای که برای انتقال تصویر استفاده می‌شود.

شکل ۱۴-۵

تصویرساز ممکن است هزاران تار نوری با ضخامتی در حدود ۱/۰ میلی‌متر داشته باشد که در وضعیت‌های ثابت چنان مرتب شده‌اند که تصویر درهم نمی‌شود، لذا هر تار نوری یک لکه از تصویر را ایجاد می‌کند.



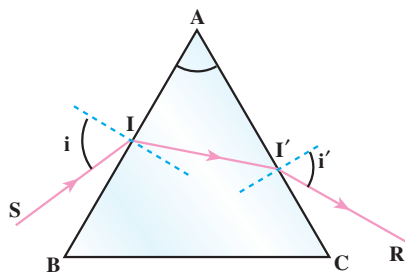
مهم‌ترین کاربرد تارهای نوری در صنعت مخابرات است. کابل‌های تار نوری، در مقایسه با کابل‌های سیم مسی نه تنها می‌توانند داده‌های بیشتری را و با کیفیت بهتر منتقل کنند، بلکه بسیار باریک‌تر و سبک‌تر نیز هستند و با توجه به این که جنس آن‌ها از شیشه است ارزان‌تر نیز تهیه می‌شوند، در حالی که کابل‌های مسی روز به روز گران‌تر می‌شوند.

فعالیت ۹

با مشارکت افراد گروه خود و با استفاده از یک قطعه شیلنگ شفاف محتوی آب و لیزر مدادی، باریکه‌ی نور تشکیل شده را به گونه‌ای به یک طرف شیلنگ بتابانید تا از طرف دیگر آن خارج شود.

۵-۶- مسیر نور در منشور

در شکل (۵-۱۶) مقطع یک منشور شیشه‌ای نشان داده شده است. پرتو SI که به یک وجه منشور تابیده پس از شکست در نقطه‌ی I وارد منشور شده و با شکست مجدد از وجه دیگر خارج شده است. زاویه‌ی A را زاویه‌ی رأس منشور می‌نامند. قرار گرفتن منشور در مسیر نور سبب شده است که نور با انحراف نسبت به امتداد اولیه از منشور خارج شود.



شکل ۵-۱۶- مسیر پرتو نور در منشور

فعالیت ۱۰

با رسم مسیر پرتو نور در منشور زاویه‌ی انحراف را نشان دهید.

پاشیدگی نور در عبور از منشور

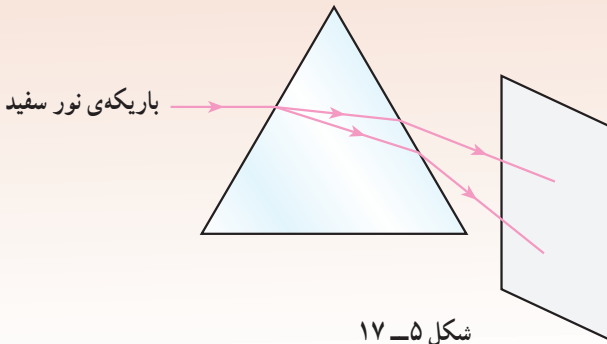


آزمایش کنید-۴

وسیله‌های آزمایش: وسیله‌ی تولید باریکه‌ی نور، منشور، یک ورق کاغذ سفید. در یک اتاق نسبتاً تاریک، باریکه‌ی نوری را به یک وجه منشور بتابانید. (از آویز بلوری چلچراغ‌ها می‌توانید به جای منشور استفاده کنید). در طرف دیگر منشور، ورق کاغذ سفید را در مسیر پرتوهای خروجی قرار دهید. اگر آزمایش را با دقت انجام دهید روی سطح کاغذ نورهای رنگینی را مشاهده خواهید کرد. در شکل (۵-۱۷) ترتیب انجام آزمایش نشان داده شده است.

الف: نام این رنگ‌ها را به ترتیب بنویسید.

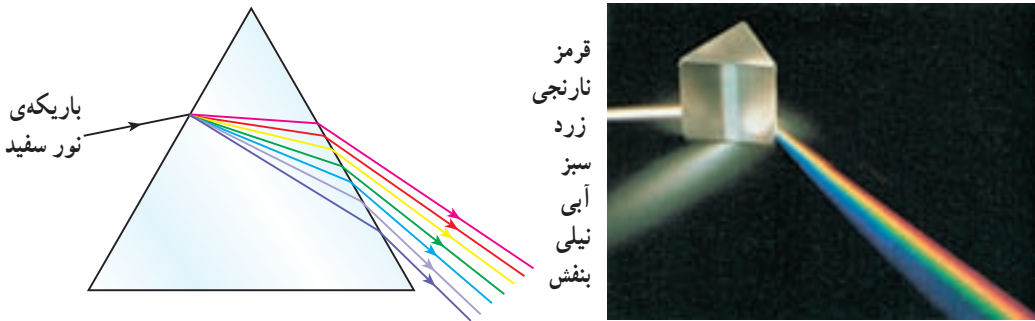
ب: از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید.



شکل ۵-۱۷

نخستین بار نیوتون با عبور دادن نور خورشید از منشور و مشاهده‌ی رنگ‌های مختلف نور، نشان داد که نور سفید ترکیبی از نورهایی با رنگ‌های مختلف است. تجزیه‌ی نور به رنگ‌های متفاوت را به وسیله‌ی منشور، پاشیدگی نور می‌نامیم. علت پاشیدگی نور به وسیله‌ی منشور این است که ضریب شکست منشور برای نورهای با رنگ‌های مختلف، متفاوت است. به عنوان مثال ضریب شکست منشور برای نور قرمز، کمتر از ضریب شکست منشور برای نور سبز یا آبی یا بنفش است. به همین سبب زاویه‌ی شکست و همین‌طور زاویه‌ی انحراف این نورها نیز، هنگام تابش به منشور، یکسان نیست. در نتیجه نورهایی با رنگ‌های متفاوت از منشور خارج می‌شوند در شکل (۵-۱۸)

پاشیدگی نور سفید و رنگ‌های حاصل از آن نشان داده شده است. رنگین کمان و یا نورهای رنگی درخشانی که در چلچراغ‌های بلوری مشاهده می‌شود، در رنگین کمان به سبب پاشیدگی نور به وسیله‌ی قطره‌های باران، و در چلچراغ‌ها در نتیجه‌ی عبور نور از منشورهای بلورین چلچراغ است.

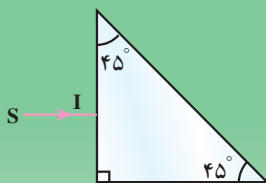


شکل ۱۸-۵- پاشیدگی نور سفید در عبور از منشور

نورهای رنگی حاصل از پاشیدگی نور، در عبور از منشور را طیف آن نور می‌نامند.

فعالیت ۱۱

۱- در شکل (۱۹-۵) مقطع منشور قائم‌الزاویه‌ی متساوی‌الساقینی نشان داده شده

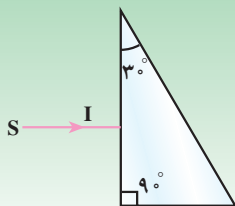


شکل ۱۹-۵

است. زاویه‌ی حد این منشور 42° است. پرتو نور تک‌رنگی (نوری که به وسیله‌ی منشور پاشیده نمی‌شود) عمود بر یک وجه آن تابیده است.

الف: مسیر این پرتو را تا رسیدن به وجه مقابل منشور رسم کنید.

ب: زاویه‌ی تابش در داخل منشور چقدر است؟ این زاویه را با زاویه‌ی حد منشور مقایسه کنید و مسیر پرتو نور را کامل کنید.

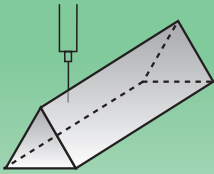


شکل ۲۰-۵

۲- در شکل (۲۰-۵) زاویه‌ی حد منشور 42° است مسیر پرتو تک‌رنگ SI را کامل کنید.

فعالیت ۱۲

با مشارکت افراد گروه خود، با وسایل زیر منشور بسازید.
وسایل لازم: سه قطعه شیشه‌ی مسطح مستطیل شکل به ابعاد $1 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ ،
دو قطعه شیشه به شکل مثلث متساوی‌الاضلاع با ضلع 3 cm ، چسب، سرنگ، آب.
۱- مطابق شکل شیشه‌ها را به یک‌دیگر بچسبانید:



شکل ۵-۲۱

سعی کنید سطح شیشه، به چسب آلوده نشود.
۲- سوزن سرنگ را در محل دلخواه وارد منشور کنید.
۳- وقتی چسب خشک شد به کمک سرنگ، منشور را از آب تمیز پر کنید.
۴- یک روز صبر کنید تا حباب‌های آب جدا شوند آن‌گاه منشور را کاملاً پر کنید.

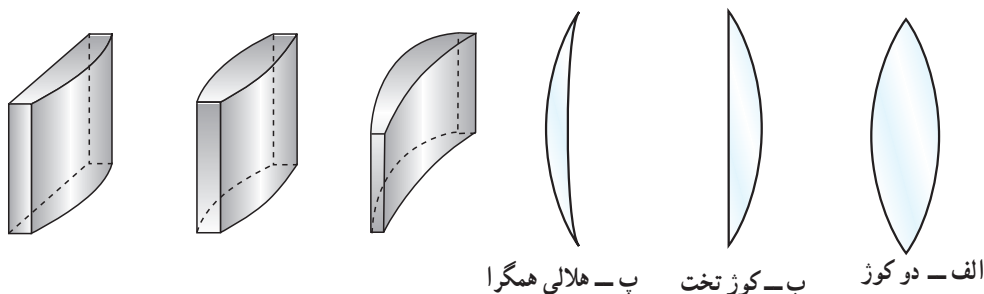
۵- سوزن را از منشور خارج کنید و در محل سوراخ شده چسب بزنید. پس از خشک شدن، منشور شما می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
۶- با این منشور آزمایش طیف نور و بازتابش کلی را انجام دهید.

عدسی‌ها

۵-۷- عدسی‌ها

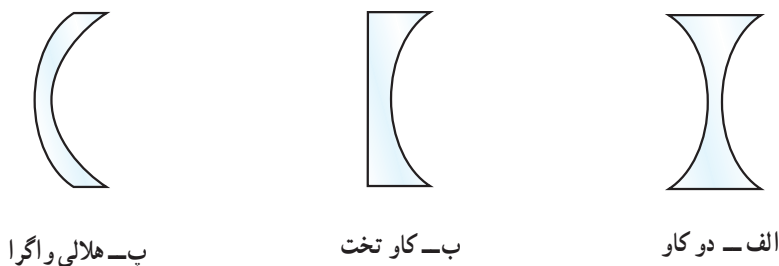
آیا تاکنون از ذره‌بین استفاده کرده‌اید؟ می‌دانید که از پشت ذره‌بین نوشته‌های ریز، درشت‌تر به نظر می‌رسند. برای مثال، تصویرهای کوچکی مثل تمبرها را که جزئیات آن‌ها به خوبی دیده نمی‌شود، با ذره‌بین می‌توان به خوبی مشاهده کرد. به طور معمول افراد مسن برای مطالعه‌ی روزنامه یا کتاب از عینک، که می‌تواند نوعی ذره‌بین باشد، استفاده می‌کنند. بعضی از همکلاسی‌های شما نیز که فاصله‌های نسبتاً دور یا نسبتاً نزدیک را خوب نمی‌بینند از عینک استفاده می‌کنند. آیا تاکنون با میکروسکوپ کار کرده‌اید؟ با میکروسکوپ، موجودات بسیار کوچک را که نه تنها چشم، بلکه ذره‌بین نیز قادر به دیدن آن‌ها نیست می‌توان مشاهده کرد. در تمام موردهایی که به آن‌ها اشاره شد از عدسی استفاده می‌شود. عدسی‌ها از ماده‌های شفاف ساخته می‌شوند و به دو نوع تقسیم می‌گردند: همگرا و واگرا.

۱- عدسی‌های همگرا: در عدسی همگرا، پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، به هم نزدیک می‌شوند (یعنی همگرا می‌شوند). در عدسی‌های همگرا، لبه‌ها نازک‌تر از وسط آن است و به‌طور معمول برای کاربردهای متفاوت به شکل‌های دو کوژ، کوژ تخت و هلالی همگرا ساخته می‌شوند. در شکل (۲۲-۵) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند. همه‌ی این نوع عدسی‌ها، عدسی همگرا نامیده می‌شوند.



شکل ۲۲-۵

۲- عدسی‌های واگرا: در عدسی‌های واگرا پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، از هم دور می‌شوند (یعنی واگرا می‌شوند). لبه‌ی این عدسی‌ها پهن‌تر از وسط آن است و به شکل‌های دو کاو، کاو تخت و هلالی واگرا ساخته می‌شوند. در شکل (۲۳-۵) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند.



شکل ۲۳-۵

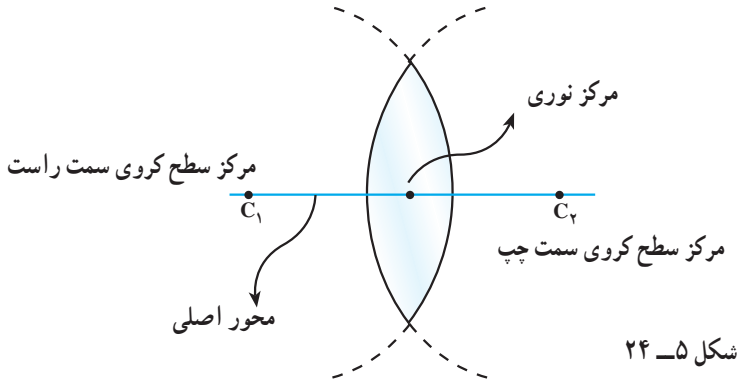
در ادامه‌ی این بخش به بررسی و عملکرد عدسی‌های نازک کروی می‌پردازیم.

فعالیت ۱۳

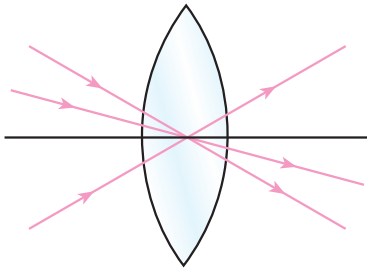
عدسی‌های دو کوژ و دو کاو را به‌صورت مجموعه‌ای از منشورها رسم کنید.

۵-۸- ویژگی‌های عدسی‌های همگرا

الف- محور اصلی، مرکز نوری: خطی که از مرکزهای دو سطح کروی، در یک عدسی می‌گذرد و یا از مرکز سطح خمیده گذشته و به سطح تخت عمود شود، محور اصلی نامیده می‌شود. نقطه‌ی میانی عدسی را که روی محور اصلی قرار دارد مرکز نوری عدسی می‌نامند. در شکل (۵-۲۴) محور اصلی و مرکز نوری عدسی نشان داده شده است.



آزمایش نشان می‌دهد که اگر پرتویی به مرکز نوری یک عدسی بتابد بدون انحراف، از عدسی خارج می‌شود. در شکل (۵-۲۵) چنین پرتوهایی که به یک عدسی همگرا تابیده‌اند نشان داده شده است.



شکل ۵-۲۵- پرتوهایی که به مرکز نوری عدسی بتابند بدون انحراف از عدسی خارج می‌شوند.

ب- کانون عدسی‌های همگرا



آزمایش کنید-۵

وسایله‌های آزمایش: عدسی همگرا، یک صفحه‌ی کاغذ.

۱- عدسی همگرا را مطابق شکل (۵-۲۶) مقابل خورشید بگیرید و صفحه‌ی

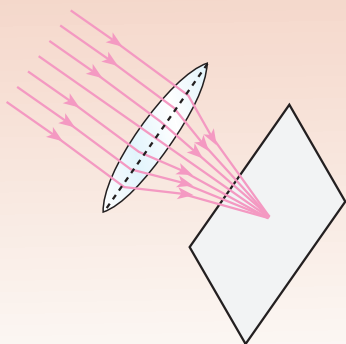
کاغذ را در جلوی عدسی طوری جا به جا کنید که نقطه‌ی نورانی روی آن تشکیل شود. این نقطه را کانون عدسی می‌نامیم. فاصله‌ی کانون تا مرکز نوری عدسی را نیز فاصله‌ی کانونی عدسی می‌نامیم و آن را با f نشان می‌دهیم.

۲- همین آزمایش را با طرف دیگر عدسی انجام دهید و فاصله‌ی کانونی عدسی

را اندازه‌گیری کنید. نتیجه‌ی مشاهده‌ی

خود را در گزارش کار بنویسید.

اگر آزمایش را به‌طور دقیق انجام دهید خواهید دید که این بار هم نقطه‌ی نورانی در همان فاصله تشکیل می‌شود؛ یعنی عدسی در هر یک از دو طرف دارای کانون است.

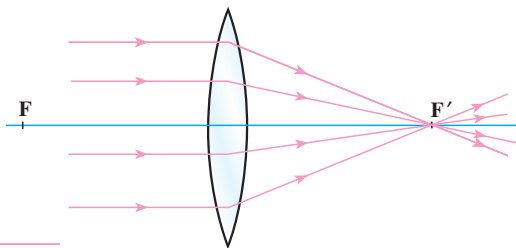
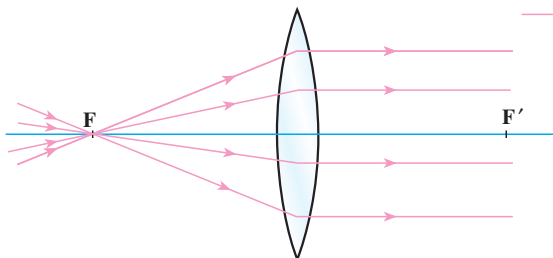


شکل ۵-۲۶- تشکیل کانون عدسی روی صفحه‌ی کاغذ

۵-۹- رسم پرتوهای شکست در عدسی‌های همگرا

چون خورشید در فاصله‌ی خیلی دور از ما قرار دارد، پرتوهایی که از آن به عدسی می‌تابند، با هم موازی هستند، از شکل (۵-۲۶) و آزمایش ۵ می‌توان نتیجه گرفت که اگر پرتو تابش موازی با محور اصلی به عدسی همگرا بتابد، چنان می‌شکند که از کانون عدسی بگذرد (شکل ۵-۲۷). برعکس این موضوع نیز صادق است؛ یعنی پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا گذشته و به آن بتابند، پس از شکست، به موازات محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند (شکل ۵-۲۸).

شکل ۵-۲۷- پرتوهایی که موازی با محور اصلی به عدسی همگرا بتابند پس از شکست، از کانون عدسی می‌گذرند.



شکل ۵-۲۸- پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا گذشته به عدسی بتابند پس از شکست، به موازات محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند.

فعالیت ۱۴

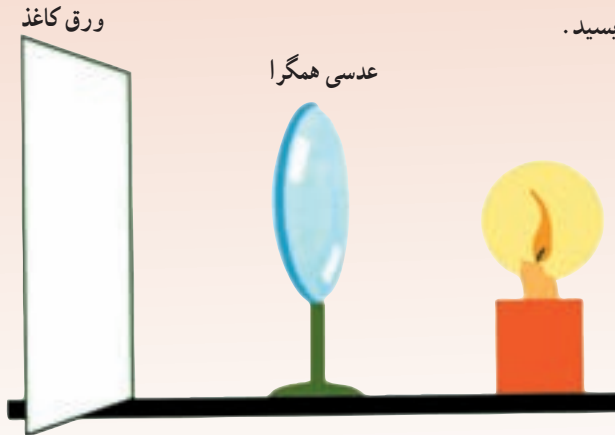
عدسی‌های دو کاو و دو کوژ را به صورت مجموعه‌ای از منشورها در نظر بگیرید و مسیر پرتوهای موازی را در آن‌ها رسم کنید.



آزمایش کنید - ۶

وسایله‌های آزمایش: عدسی همگرا با پایه، شمع، کبریت، یک ورق کاغذ.
این آزمایش باید در یک اتاق نسبتاً تاریک انجام شود.
۱- به ترتیبی که در آزمایش کنید ۵ شرح داده شد فاصله‌ی کانونی عدسی را اندازه‌گیری کنید.

۲- عدسی را روی پایه نصب و شمع را روشن کنید و آن را مطابق شکل (۵-۲۹) در فاصله‌ای دورتر از فاصله‌ی کانونی عدسی، مقابل عدسی قرار دهید. ورق کاغذ را در طرف دیگر عدسی جابه‌جا کنید تا تصویر واضح شمع روی ورق کاغذ مشاهده شود.
۳- شمع روشن را به کانون عدسی نزدیک یا از آن دور کنید و در هر یک از این حالت‌ها تصویر را بر روی ورق کاغذ مشاهده کنید و نتیجه را در گزارشی که تهیه می‌کنید بنویسید.



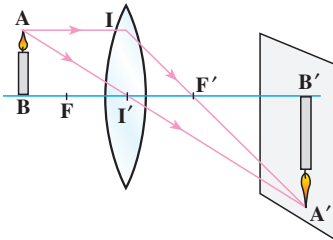
شکل ۵-۲۹

۴- در چه فاصله‌ای از عدسی اندازه‌ی تصویر برابر اندازه‌ی جسم است؟ این فاصله را با فاصله‌ی کانونی عدسی مقایسه کنید.

۵-۱- چگونگی تشکیل تصویر در عدسی‌های همگرا

یک شمع روشن را در مقابل عدسی همگرا، در فاصله‌ای بیشتر از فاصله‌ی کانونی عدسی، مطابق شکل (۵-۳) در نظر بگیرید. از هر نقطه‌ی شمع، مانند نقطه‌ی A پرتوهای زیادی به عدسی می‌تابد. از میان این پرتوها دو پرتوی خاص را در نظر می‌گیریم، یکی پرتو AI (موازی محور اصلی) و دیگری AI' (پرتوی که از مرکز نوری عدسی گذشته است). سپس پرتوهای خروجی هر یک را به روشی که گفته شد رسم می‌کنیم. پرتوهای شکست این دو پرتو یک‌دیگر را در نقطه‌ی A' قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه‌ی A به عدسی بتابد پرتوهای شکست آن‌ها از نقطه‌ی A' خواهد گذشت، به همین علت برای به دست آوردن نقطه‌ی A' (که تصویر نقطه‌ی A است) دو پرتو تابش کافی است. همان‌طور که در مورد آینه‌ها گفته شده، تصویر سایر نقطه‌های شمع را نیز می‌توان به همین روش به دست آورد. آزمایش نشان می‌دهد که تصویر یک شیء عمود بر محور اصلی، بر محور اصلی عمود است و نقطه‌ای روی محور اصلی، تصویرش روی آن محور است. با به دست آوردن نقطه‌ی A' (تصویر نقطه‌ی A) می‌توان تصویر یک شیء را که بر محور اصلی عمود است به دست آورد.

تصویری را که در این حالت تشکیل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. همان‌طور که در شکل (۵-۳) می‌بینید، این تصویر بر روی صفحه‌ی کاغذ یا پرده‌ای که در محل تصویر قرار دارد تشکیل می‌شود. در این حالت پرتوهای شکست خودشان همدیگر را قطع کرده‌اند. در واقع نقطه‌ی A' یک نقطه‌ی روشن واقعی است و اگر چشم در مسیر پرتوهایی که از A' گذشته‌اند قرار گیرد، نقطه‌ی روشن A دیده می‌شود.



شکل ۵-۳- چگونگی تشکیل تصویر در عدسی همگرا

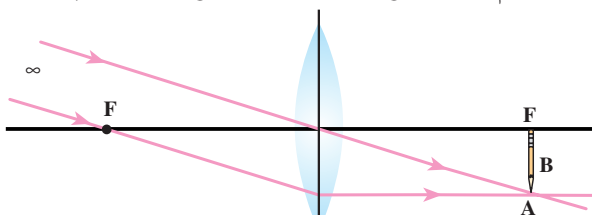


آزمایش کنید - ۷

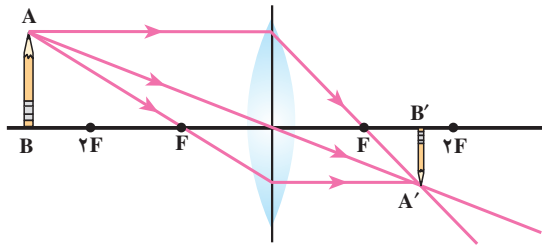
وسایله‌های آزمایش: عدسی همگرا، شمع
با مشارکت افراد گروه خود، به کمک عدسی و شمع فاصله‌ی شمع روشن و عدسی را تغییر دهید و وضعیت تصویر را در هر مورد بنویسید.

در شکل‌های (۵-۳۱- الف تا ج) روش رسم تصویر شیء AB در یک عدسی همگرا در چند

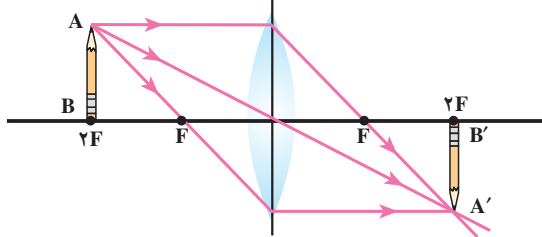
حالت نشان داده شده است.



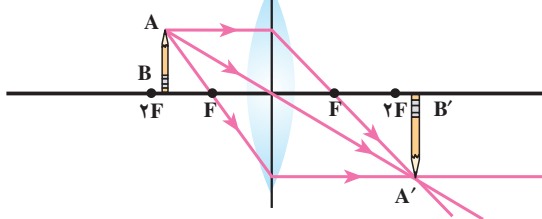
الف- شیء در فاصله‌ی خیلی دور از عدسی، تصویر روی کانون تشکیل می‌شود و حقیقی و وارونه است.



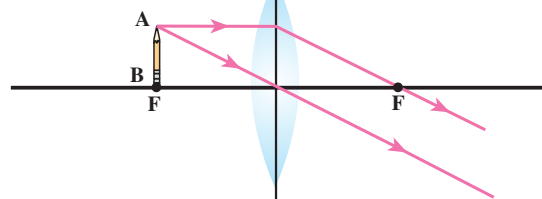
ب- شیء در فاصله‌ای بیشتر از دو برابر فاصله‌ی کانونی. تصویر دورتر از f و نزدیکتر از $2f$ ، حقیقی، کوچکتر از جسم، وارونه



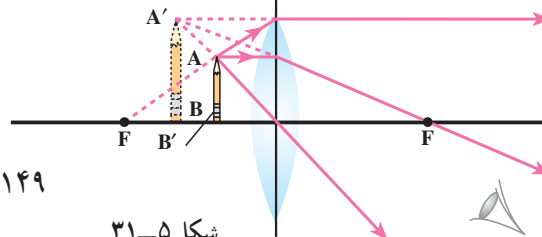
پ- شیء در فاصله‌ی $2f$ از عدسی، تصویر در فاصله‌ی $2f$ به اندازه‌ی شیء، حقیقی، وارونه



ت- شیء در فاصله‌ای بیشتر از f و کمتر از $2f$ ، حقیقی، بزرگتر از جسم، وارونه و دورتر از $2f$

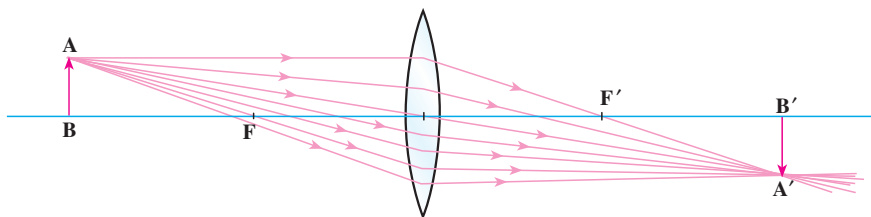


ث- شیء روی کانون، تصویر در بی‌نهایت



ج- شیء بین کانون و عدسی، همان‌طور که در شکل دیده می‌شود پرتوهای شکست از هم دور می‌شوند، امتداد پرتوهای شکست یکدیگر را قطع می‌کنند، تصویر مجازی، بزرگتر از شیء و مستقیم است.

در شکل (۵-۳۱-ج) هرگاه چشم ناظر در محل نشان داده شده در شکل قرار گیرد احساس می‌کند که پرتوهای شکست از $A'B'$ به چشم رسیده‌اند. همان‌طور که می‌دانید این تصویر مجازی است. در رسم تصویر شکل (۵-۳۲) نخست با رسم دو پرتو تابش، یکی موازی محور اصلی و دیگری پرتوی که از مرکز نوری گذشته است، نقطه‌ی A' مشخص شده است. پرتوهای دیگری که از A به عدسی تابیده پس از گذر از عدسی از A' گذشته‌اند.



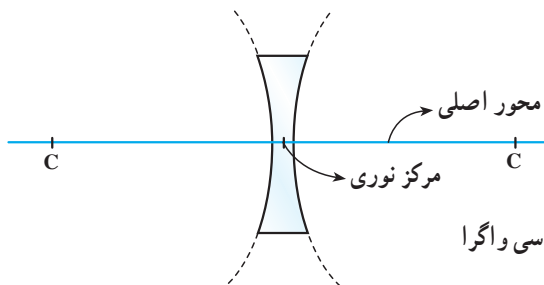
شکل ۵-۳۲- همه‌ی پرتوهایی که از نقطه‌ی A به عدسی می‌تابند از نقطه‌ی A' عبور می‌کنند.

پاسخ دهید ۲

- ۱- با توجه به شکل (۵-۳۲) توضیح دهید که اگر نیمه‌ی بالایی یا پایینی عدسی به وسیله‌ی کاغذ کدری پوشانده شود آیا تصویر تشکیل می‌شود؟ چرا؟
- ۲- روشنایی تصویر نسبت به حالتی که نور به تمام سطح عدسی می‌تابد چه تفاوتی دارد؟

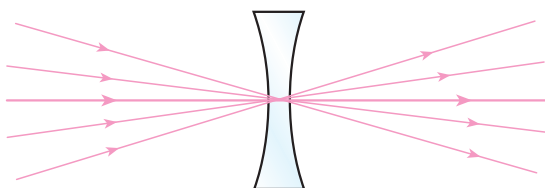
۵-۱۱ ویژگی‌های عدسی‌های واگرا

الف - محور اصلی، مرکز نوری: همان‌طور که در عدسی‌های همگرا دیده شد در این عدسی‌ها نیز محور اصلی خطی است که مرکز دو سطح کروی عدسی را به هم وصل می‌کند. نقطه‌ی میانی عدسی را که روی محور اصلی قرار دارد مرکز نوری عدسی می‌نامند. در شکل (۵-۳۳) محور اصلی و مرکز نوری نشان داده شده است.



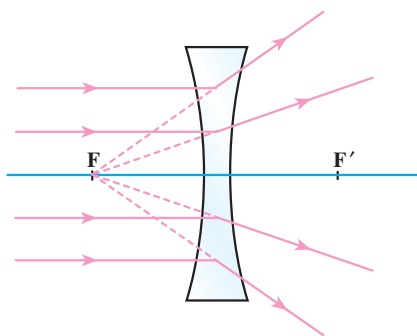
شکل ۵-۳۳- محور اصلی و مرکز نوری عدسی واگرا

در عدسی‌های واگرا نیز پرتوی که به مرکز نوری عدسی می‌تابد بدون انحراف از عدسی خارج می‌شود. در شکل (۳۴-۵) چنین پرتوهایی که به عدسی واگرا تابیده‌اند نشان داده شده است.



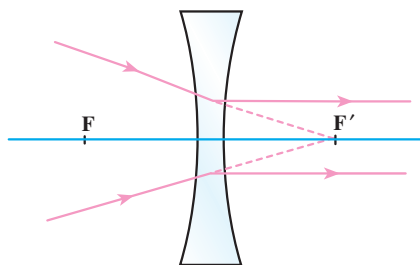
شکل ۳۴-۵- پرتوهایی که به مرکز نوری تابیده‌اند بدون انحراف از عدسی خارج شده‌اند.

ب- کانون عدسی‌های واگرا: هرگاه پرتوهایی موازی محور اصلی به عدسی واگرا بتابند پس از شکست و گذر از عدسی، طوری از هم دور می‌شوند که امتداد آن‌ها از یک نقطه روی محور اصلی بگذرند. این نقطه را کانون عدسی واگرا می‌نامیم. فاصله کانون تا مرکز نوری را فاصله کانونی می‌نامیم و آن را با f مشخص می‌کنیم. در شکل (۳۵-۵) پرتوهای تابش، موازی محور اصلی، و پرتوهای شکست مربوط به آن‌ها نشان داده شده است. در عدسی‌های واگرا کانون مجازی است.



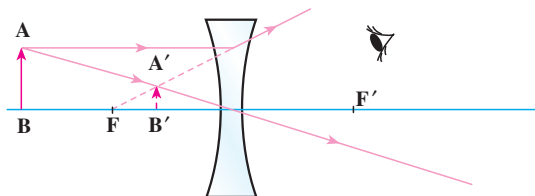
شکل ۳۵-۵- پرتوهای تابش که موازی محور اصلی هستند، پس از شکست در عدسی واگرا از هم دور می‌شوند.

هرگاه پرتو نور طوری به عدسی واگرا بتابد که پس از برخورد به عدسی، امتداد آن از کانون بگذرد، پرتو شکست آن موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل (۳۶-۵) این گونه پرتوها نشان داده شده است.



شکل ۳۶-۵- پرتوهایی که پس از برخورد به عدسی واگرا امتدادشان از کانون بگذرد موازی محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند.

تصویر در عدسی‌های واگرا: در این عدسی‌ها نیز، تصویر هر شیء عمود بر محور اصلی را با رسم تصویر یک نقطه‌ی آن به دست می‌آوریم. از بین پرتوهای زیادی که از هر نقطه‌ی شیء به عدسی می‌تابد دو پرتو تابش مشخص (پرتو موازی محور اصلی، پرتوی که به مرکز نوری می‌تابد یا پرتوی که امتداد آن از کانون می‌گذرد) را رسم و پرتو شکست را به ترتیبی که گفته شد رسم می‌کنیم تا تصویر نقطه‌ی مورد نظر به دست آید. در شکل (۳۷-۵) تصویر شیء AB در یک عدسی واگرا نشان داده شده است.



شکل ۳۷-۵- رسم تصویر شیء در عدسی واگرا

در این عدسی‌ها با قرار گرفتن چشم در مسیر پرتوهای شکست، شیء AB در A'B' به نظر می‌رسد. این تصویر مجازی است. در عدسی‌های واگرا شیء در هر فاصله‌ای مقابل عدسی قرار داده شود تصویر آن کوچک‌تر از شیء، مجازی و نسبت به شیء مستقیم است و در فاصله‌ی بین عدسی و کانون دیده می‌شود.

فحایت ۱۵

با مشارکت و مشورت افراد گروه خود، آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوانیم کانون عدسی واگرا را معین کنیم.

۵-۱۲- محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا عدسی

در مورد عدسی‌های کروی نازک (همان‌طور که در شکل‌های ۵-۳۱- الف تاج دیده می‌شود) فاصله‌ی تصویر تا عدسی به فاصله‌ی شیء تا عدسی بستگی دارد. هرگاه فاصله‌ی شیء تا عدسی را با p و فاصله‌ی تصویر تا عدسی را با q و فاصله‌ی کانونی را با f نشان دهیم، ثابت می‌شود که بین این فاصله‌ها رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad (۵-۵)$$

در عدسی همگرا که کانون حقیقی است، f مثبت و در عدسی واگرا که کانون مجازی است f منفی است. هرگاه فاصله‌ی تصویر تا عدسی (یعنی q) مجهول باشد، پس از محاسبه‌ی مقدار آن، در صورتی که علامت مقدار به دست آمده مثبت باشد، تصویر حقیقی است؛ در غیر این صورت معلوم می‌شود که تصویر مجازی است.



آزمایش کنید - ۸

آزمایش کنید - ۷ را تکرار کنید و با اندازه‌گیری فاصله‌ی جسم تا عدسی و فاصله‌ی تصویر تا عدسی درستی رابطه‌ی (۵-۵) را تجربه کنید و نتیجه را گزارش نمایید.

مثال ۷

یک شیء را یک بار در فاصله‌ی ۱۲ سانتی‌متری و بار دیگر در فاصله‌ی ۴ سانتی‌متری یک عدسی همگرا که فاصله‌ی کانونی آن ۸ سانتی‌متر است قرار می‌دهیم. محل تصویر و نوع تصویر را در هر حالت تعیین کنید. شکل را برای هر دو حالت رسم کنید.

حل: حالت اول؛ $p = 12\text{cm}$ و $f = +8\text{cm}$ و $q = ?$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{8}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{8} - \frac{1}{12} = \frac{3-2}{24} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{24}$$

$$q = 24\text{cm}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی

چون q مثبت شده است تصویر حقیقی است.

حالت دوم: $p = 4\text{cm}$ و $f = +8\text{cm}$ و $q = ?$

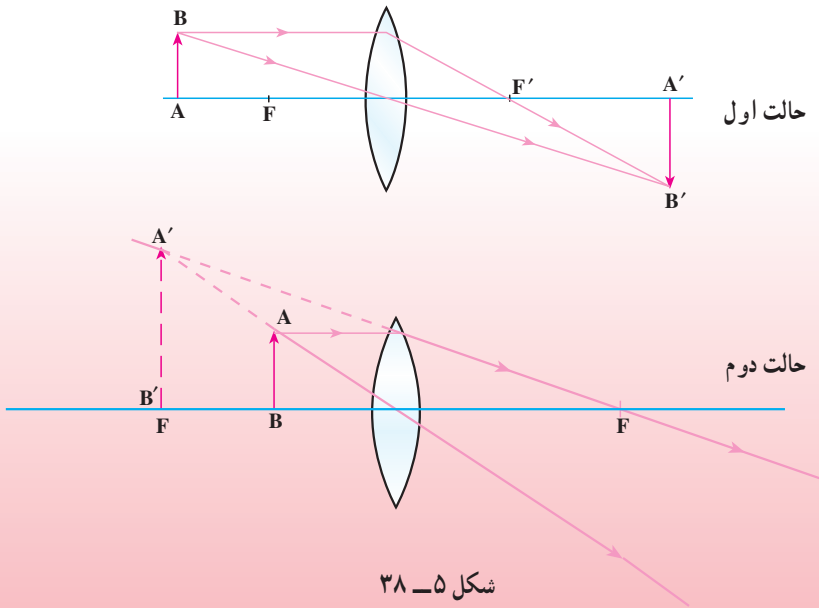
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{4} + \frac{1}{q} = \frac{1}{8} - \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1-2}{8} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{8}$$

$$q = -8\text{cm}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی

چون در این حالت q منفی شده است، تصویر مجازی است.



شکل ۵-۳۸

مثال ۸

شیئی در فاصله‌ی ۱۸ سانتی متری یک عدسی واگرا که فاصله‌ی کانونی آن ۶ سانتی متر است قرار داده شده است. فاصله‌ی تصویر تا عدسی چقدر می‌شود؟
 حل: چون عدسی واگراست فاصله‌ی کانونی منفی است.

$$p = 18 \text{ cm} \text{ و } f = -6 \text{ cm} \text{ و } q = ?$$

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

$$\frac{1}{18} + \frac{1}{q} = -\frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{q} = -\frac{1}{6} - \frac{1}{18} = \frac{-3-1}{18} = -\frac{4}{18}$$

$$q = -\frac{18}{4} = -4.5 \text{ cm}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی

علامت منفی نشان دهنده‌ی این است که تصویر مجازی است.

در عدسی‌ها نیز اگر فاصله‌ی تصویر تا عدسی معلوم باشد، در صورتی که تصویر حقیقی باشد این فاصله را با علامت مثبت و در صورتی که تصویر مجازی باشد، فاصله‌ی آن تا عدسی را با علامت منفی در رابطه‌ی (۵-۵) جای‌گذاری کنید.

۱۳-۵- بزرگ‌نمایی عدسی‌ها

در عدسی‌ها نیز نسبت طول تصویر ($A'B'$) به طول شیء (AB) را بزرگ‌نمایی می‌نامیم و آن را با m نمایش می‌دهیم.

$$m = \frac{A'B'}{AB} \quad (۶-۵)$$

همان‌طور که در آینه‌ها هم بیان شد، بزرگ‌نمایی نشان می‌دهد که طول تصویر چند برابر طول شیء است. ثابت می‌شود که در عدسی‌ها نیز می‌توان رابطه‌ی بزرگ‌نمایی را به صورت زیر نوشت:

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \left| \frac{q}{p} \right| \quad (۷-۵)$$

اگر از عدسی همگرا به عنوان ذره‌بین استفاده شود عدسی را نسبت به شیء مورد نظر طوری قرار می‌دهیم که فاصله‌ی شیء تا عدسی کم‌تر از فاصله‌ی کانونی عدسی باشد (یعنی شیء در فاصله‌ی کانونی عدسی قرار بگیرد). در این صورت تصویر مجازی، مستقیم و بزرگ‌تر از شیء دیده می‌شود.

مثال ۹

اگر بخواهیم به وسیله‌ی یک ذره‌بین (عدسی همگرا) از یک شیء به طول ۵/۰ سانتی‌متر تصویری مستقیم و مجازی به طول ۲ سانتی‌متر به دست آوریم و فاصله‌ی شیء تا عدسی ۶ سانتی‌متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا عدسی و فاصله‌ی کانونی عدسی را حساب کنید.

حل

$$p = 6 \text{ cm} \text{ و } AB = 5 \text{ cm} \text{ و } A'B' = 2 \text{ cm} \text{ و } q = ? \text{ و } f = ?$$

$$\frac{A'B'}{AB} = \left| \frac{q}{p} \right| \Rightarrow \frac{2}{5} = \left| \frac{q}{6} \right|$$

$$5q = 12 \Rightarrow |q| = \frac{12}{5} = 2.4 \text{ cm} \quad \text{فاصله‌ی تصویر تا عدسی}$$

چون گفته شده است تصویر مجازی است، به جای q مقدار آن را با علامت منفی در رابطه جای گذاری می کنیم.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{6} - \frac{1}{24} = \frac{1}{f}$$

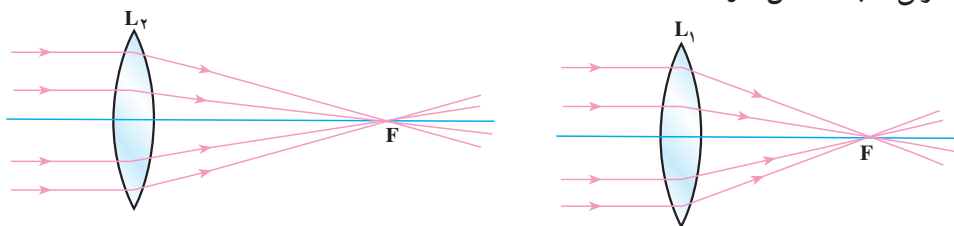
$$\frac{4-1}{24} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{3}{24} = \frac{1}{f}$$

$$3f = 24 \Rightarrow f = \frac{24}{3} = 8\text{cm}$$

فاصله‌ی کانونی عدسی

۵-۱۴- توان عدسی‌ها

در شکل (۵-۳۹- الف و ب) دو عدسی همگرای L_1 و L_2 با فاصله‌ی کانونی متفاوت نشان داده شده است. یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به هر دو عدسی تابیده و عدسی‌ها این دسته پرتو را همگرا (به هم نزدیک) کرده‌اند. توانایی کدام یک از این دو عدسی در همگرا کردن پرتوها بیشتر است؟ همان‌گونه که شکل‌های (۵-۳۹) نشان می‌دهند، عدسی‌ای که فاصله‌ی کانونی آن کم‌تر است، در همگرا کردن پرتوها، توانایی بیشتری دارد. یعنی توانایی عدسی در همگرا کردن پرتوها با فاصله‌ی کانونی نسبت عکس دارد.

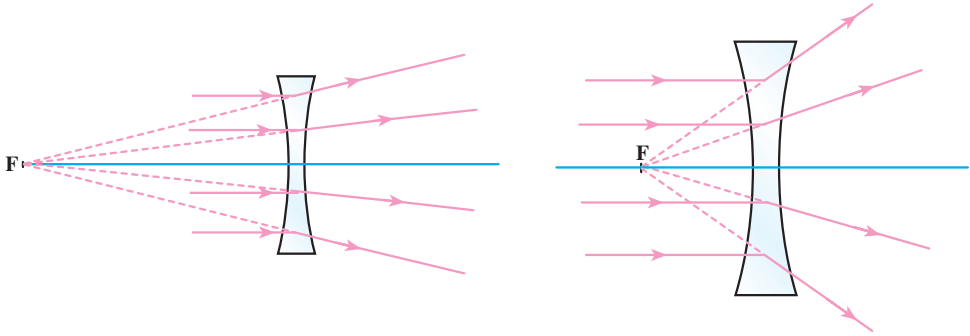


ب- عدسی با فاصله‌ی کانونی بیشتر توانایی کمتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

الف- عدسی با فاصله‌ی کانونی کمتر توانایی بیشتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

شکل ۵-۳۹

در شکل (۵-۴۰- الف و ب) دو عدسی واگرا با فاصله‌ی کانونی متفاوت نشان داده شده است. یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به هر دو عدسی تابیده و عدسی‌ها این دسته پرتو را واگرا (از هم دور) کرده‌اند. در این مورد هم دیده می‌شود که توانایی عدسی، در واگرایی پرتوها با فاصله‌ی کانونی آن نسبت عکس دارد.



ب - عدسی واگرا با فاصله‌ی کانونی بیشتر،
توانایی کمتری در واگرایی دارد.

الف - عدسی واگرا با فاصله‌ی کانونی
کمتر توانایی بیشتری در واگرایی دارد.

شکل ۵-۴

از آن چه در مورد مقایسه‌ی همگرایی دو عدسی گفته شد، می‌توان نتیجه گرفت که هر اندازه شعاع انحنای عدسی کم‌تر باشد فاصله‌ی کانونی کم‌تر و توانایی عدسی برای همگرا یا واگرا کردن پرتوها بیشتر می‌شود. عکس فاصله‌ی کانونی (یعنی $\frac{1}{f}$) را توان عدسی می‌نامیم و آن را با نماد D نشان می‌دهیم.

$$D = \frac{1}{f} \quad (۵-۸)$$

در رابطه‌ی (۵-۸) فاصله‌ی کانونی برحسب متر است. در این رابطه یکای توان عدسی عکس متر ($\frac{1}{m}$) است که دیوپتر نام دارد و آن را با نماد d نشان می‌دهند. توان عدسی‌های همگرا مثبت و توان عدسی‌های واگرا منفی است.

فعالیت ۱۶

فاصله‌ی کانونی هر یک از عدسی‌هایی را که شکل آن‌ها در جدول زیر آمده است با استفاده از اعداد داده شده و شکل عدسی‌ها معین کرده و جدول را کامل کنید (عدسی‌ها هم جنس‌اند).

۲۰cm ، ۵cm ، -۵cm ، -۱۵cm

				عدسی‌ها
				فاصله‌ی کانونی
				توان عدسی

مثال ۱۰

توان عدسی همگرایی به فاصله‌ی کانونی ۲۰cm چقدر است؟

حل

$$f = +20\text{cm} = +0.2\text{m} \text{ و } D = ?$$

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.2} = \frac{1}{2}$$

$$D = 5\text{d}$$

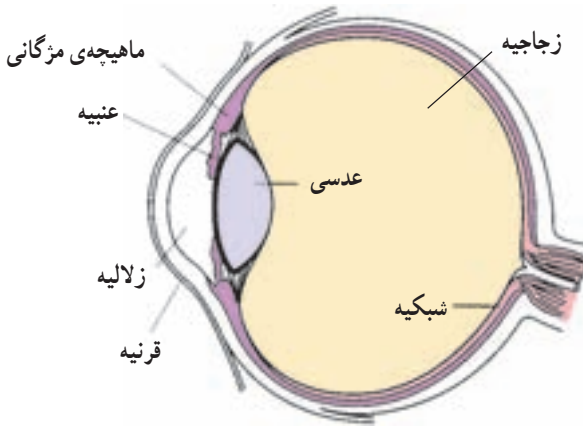
۱۵-۵- چشم و معایب آن

بینایی بیش‌تر از حواس دیگر، ما را با جهان اطراف خود مرتبط می‌کند. مثلاً با کمک چشمان خود رنگ‌ها را تشخیص می‌دهیم و همچنین بزرگی و کوچکی اشیاء را شناسایی می‌کنیم. هنگامی که به یک جسم نگاه می‌کنیم چشمان ما همانند یک دوربین، تصویری از آن در انتهای چشم تشکیل می‌دهد؛ یعنی می‌توان چشم انسان را شبیه یک عدسی همگرا دانست که تصویری حقیقی بر روی یک صفحه‌ی حساس به نور به نام شبکیه تشکیل می‌دهد. چشم عضوی است تقریباً کروی شکل و جنس ژله‌ای مانند که درون پوسته‌ای نسبتاً سخت به نام صلبیه قرار دارد (شکل ۵-۴۱). بخش جلویی صلبیه که شفاف است قرنیه نامیده می‌شود و اولین شکست نور هنگام ورود به چشم در این محل انجام می‌شود. ضریب شکست قرنیه تقریباً $1/376$ است. در پشت قرنیه مایع شفاف به نام زلالیه با ضریب شکست $1/336$ قرار دارد و چون ضریب شکست قرنیه نیز تقریباً همین اندازه است در مرز مشترک قرنیه و زلالیه شکست چندانی برای نور اتفاق نمی‌افتد. مردمک چشم دریچه‌ای است که با تغییر قطر آن، شدت نور عبوری تنظیم می‌شود. در جریان این تنظیم، قطر مردمک بین ۲ تا ۸ میلی‌متر تغییر می‌کند. در پشت مردمک، عدسی چشم قرار دارد. عدسی چشم یک عدسی همگرای دوکوژ است که از ماده‌ای ژله مانند، انعطاف‌پذیر و شفاف ساخته شده است.

ضریب شکست عدسی تقریباً $1/437$ است. پس از شکست نور در قرنیه، عدسی چشم تصویری حقیقی، وارونه و کوچک‌تر بر روی شبکیه تشکیل می‌دهد.

عدسی چشم به وسیله‌ی یک دسته تارهای آویزی که به ماهیچه‌ای به نام ماهیچه‌ی مژگانی متصل‌اند نگه داشته می‌شود. همین ماهیچه‌های مژگانی است که می‌تواند ضخامت عدسی را تغییر دهد. هنگامی که این ماهیچه در حال استراحت است، عدسی بزرگ‌ترین فاصله‌ی کانونی خود را دارد

و تصویر اشیاء دور را روی شبکیه می‌اندازد، اما برای دیدن اشیاء نزدیک، ماهیچه‌ی مژگانی منقبض می‌شود و ضخامت عدسی چشم را زیاد می‌کند که در نتیجه، فاصله‌ی کانونی عدسی کم‌تر می‌شود و تصویر روی شبکیه تشکیل می‌گردد. تغییر فاصله‌ی کانونی چشم را، برای ایجاد تصویرهای واضح از اجسام دور یا نزدیک روی شبکیه، تطابق می‌گویند.



شکل ۴۱-۵

پاسخ دهید ۳

چرا در آب نمی‌توان اجسام اطراف خود را خوب دید؟

فعالیت ۱۷

تحقیق کنید که چرا روی صفحه‌ی تلویزیون و یا پرده‌ی سینما تصاویر را به‌طور

پیوسته می‌بینید.

گسترده‌ی دید طبیعی

یک چشم سالم می‌تواند برای فاصله‌های از حدود ۲۵cm تا بی‌نهایت عمل تطابق را انجام دهد. در افراد جوان این فاصله از فاصله‌ی ۲۵cm نزدیک‌تر است که با افزایش سن دورتر می‌شود.

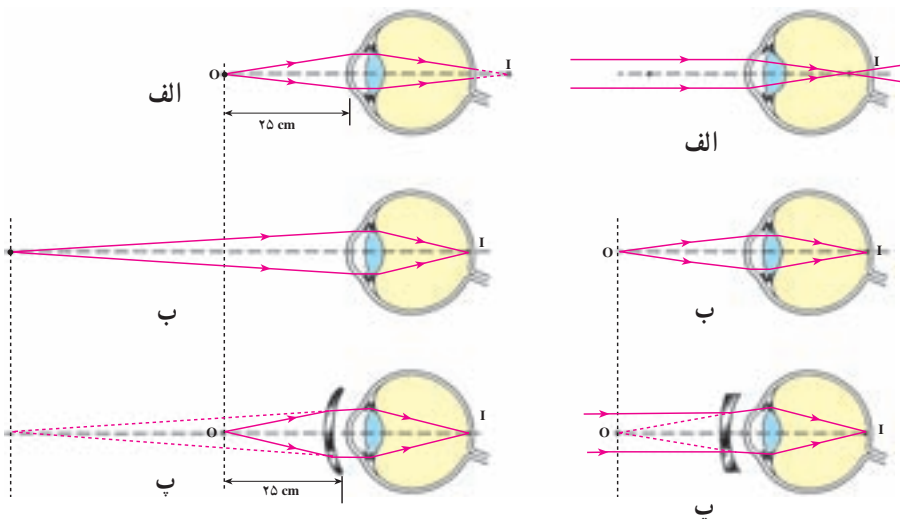
به طور کلی قدرت تطابق چشم ما با افزایش سن محدود و محدودتر می‌شود.
 کم‌ترین فاصله‌ی دید چشم نزدیک‌ترین مکانی است که اگر جسمی در آن‌جا باشد چشم می‌تواند آن را واضح ببیند؛ بدون آن که فشار زیادی بر چشم وارد شود.
 بیشترین فاصله‌ی دید چشم، دورترین مکانی است که اگر جسمی در آن‌جا باشد چشم بدون تطابق می‌تواند آن را واضح ببیند.

مطالعه‌ی آزاد

معایب چشم

نزدیک‌بینی: یک چشم نزدیک‌بین می‌تواند تنها اجسام نزدیک را واضح ببیند. تصویر اشیاء دور در جلو شبکیه تشکیل می‌شود (شکل ۵-۴۲-الف). بیش‌ترین فاصله‌ی دید چشم نزدیک‌بین از بیش‌ترین فاصله‌ی دید چشم سالم کم‌تر است (شکل ۵-۴۲-ب).

این عیب با استفاده از عدسی هلالی واگرا (شکل ۵-۴۲-پ) اصلاح می‌شود. این عدسی تصویر مجازی جسم دور را در نقطه‌ی دور چشم نزدیک‌بین می‌اندازد. انحنای عدسی‌هایی که روی چشم می‌گذارند باید دقیقاً برابر انحنای قرنیه باشد.



شکل ۵-۴۳- دوربینی

شکل ۵-۴۲- نزدیک‌بینی



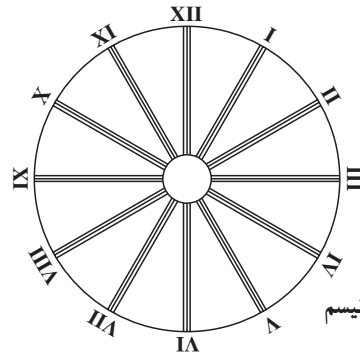
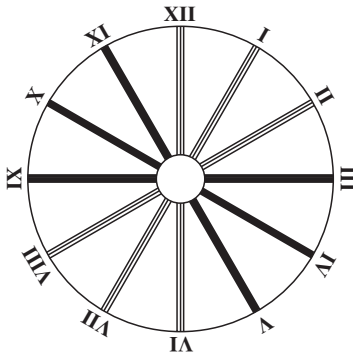
شکل ۵-۴۴ - روی چشم این شخص یک عدسی گذاشته شده است.

دوربینی: یک چشم دوربین می تواند تنها اجسام دور را واضح ببیند. تصویر اجسام نزدیک در پشت شبکیه تشکیل می شود (شکل ۵-۴۳-الف). کم ترین فاصله ی دید چشم دوربین از کم ترین فاصله ی دید چشم سالم، بیش تر است (شکل ۵-۴۳-ب). این عیب با استفاده از یک عدسی هلالی همگرا اصلاح می شود. این عدسی تصویر مجازی شیئی نزدیک را در نقطه ی نزدیک چشم دوربین می اندازد (شکل ۵-۴۳-پ).

کاهش تطابق یا پیرچشمی: با افزایش تدریجی سن، ضخامت عدسی نمی تواند تغییر کافی پیدا کند تا اشیای دور یا خیلی نزدیک دارای تصویرهای واضح باشند. این عیب را کاهش تطابق یا پیرچشمی گویند. پیرچشمی با استفاده از یک عینک با عدسی همگرا برای دیدن اشیای نزدیک اصلاح می شود.

آستیگماتیسم: آستیگماتیسم هنگامی روی می دهد که حداقل یکی از سطح های شکست دهنده ی نور (قرنیه یا عدسی) در چشم کروی بودن خود را از دست بدهد. برای چشم آستیگمات تصویر تشکیل شده در یک راستا واضح است ولی در راستای دیگر واضح نیست، در صورتی که برای چشم سالم تصویر در همه ی راستاها واضح است (شکل ۵-۴۵-الف و ب).

واضح نبودن تصویر در یک راستا به علت کافی نبودن انحنای قرنیه در این راستاست. این عیب به وسیله ی یک عدسی استوانه ای به گونه ای اصلاح می شود که انحنای بیش تر این عدسی، انحنای کم تر قرنیه را در این راستا جبران کند.



آستیگماتیسم

ب- برای چشم آستیگمات هر مجموعه از خط‌های موازی وضوح متفاوتی دارد.

الف- برای چشم سالم هر مجموعه از خط‌های موازی وضوح یکسانی دارد.

شکل ۵-۴۵

کوررنگی: کوررنگی کامل بسیار کم پیش می‌آید، اما برخی از افراد هیچ رنگی را نمی‌بینند و دنیای آن‌ها، مانند تصویر سیاه و سفید تلویزیون، تک‌رنگ است. بعضی افراد نمی‌توانند بین دو یا چند رنگ را تمیز بدهند یا برای این کار با مشکل روبه‌رو می‌شوند. یک شکل متداول کوررنگی جزئی، تمیز دادن بین قرمز و سبز را مشکل می‌کند. این عیب ممکن است به علت کمبود یک نوع سلول مخروطی در شبکه باشد.

پاسخ دهید ۴

چشمان دانش‌آموزی از پشت عینکش درشت‌تر به نظر می‌رسد.
عیب چشم این دانش‌آموز را تشخیص دهید.

فعالیت ۱۸

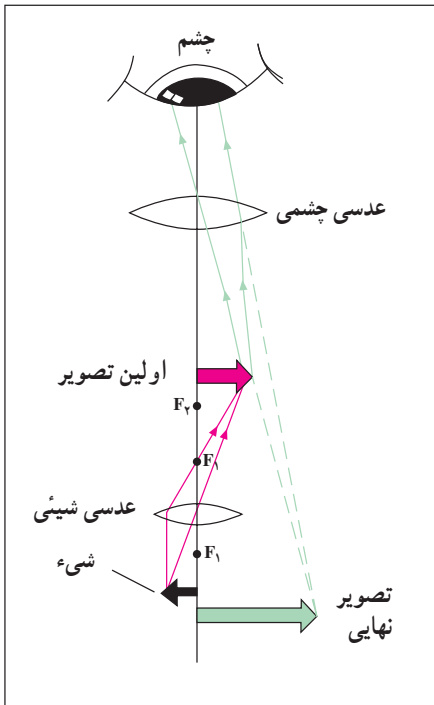
به همراه اعضای گروه خود، از یک کارگاه عینک‌سازی بازدید کنید و گزارشی از این بازدید تهیه نمایید و به کلاس ارائه دهید.

فناوری و کاربرد

از وسیله‌هایی که به کمک عدسی‌ها ساخته می‌شود یکی میکروسکوپ و دیگری دوربین نجومی است.

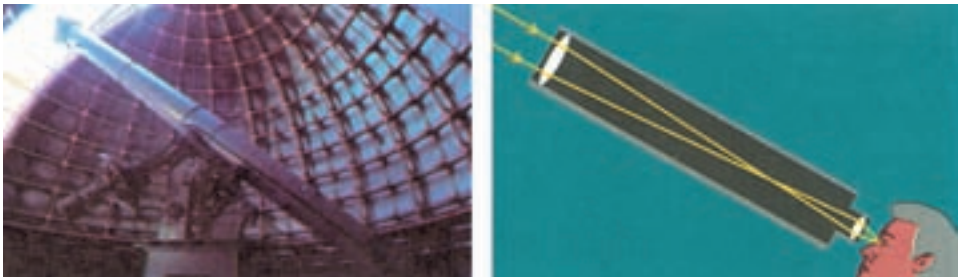
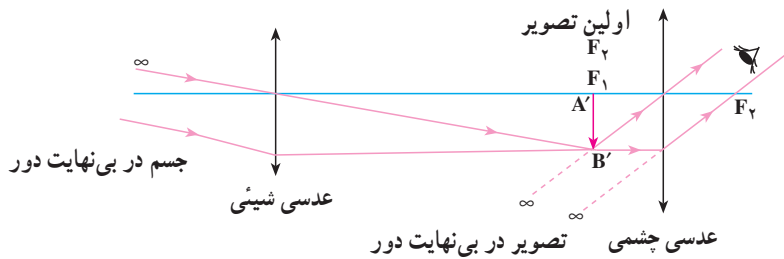
میکروسکوپ: ساختمان اصلی میکروسکوپ، از دو عدسی همگرا تشکیل شده است که در دو انتهای یک لوله کار گذاشته شده‌اند. محور اصلی دو عدسی بر یک‌دیگر منطبق است. فاصله‌ی کانونی عدسی اول که جسم در مقابل آن قرار می‌گیرد حدود چند میلی‌متر است و به آن عدسی شیئی گفته می‌شود. فاصله‌ی کانونی عدسی دوم که چشم در پشت آن واقع می‌شود، حدود چند سانتی‌متر است و عدسی چشمی نام دارد.

جسم‌های کوچک و روشن را خارج از فاصله‌ی کانونی، اما خیلی نزدیک به کانون عدسی شیئی قرار می‌دهند. در میکروسکوپ از جسم تصویری دیده می‌شود که از جسم بزرگ‌تر، معکوس و مجازی است. در شکل (۵-۴۶) طرز تشکیل تصویر در یک میکروسکوپ نشان داده شده است.



شکل ۵-۴۶- طرز تشکیل تصویر در میکروسکوپ

دوربین نجومی: دوربین نجومی برای دیدن اجرام آسمانی به کار می‌رود. ساختمان آن مشابه ساختمان میکروسکوپ است و از دو عدسی هم‌گرای هم محور درست شده است. فاصله‌ی کانونی عدسی شیئی آن حدود متر است و عدسی چشمی آن مانند عدسی چشمی میکروسکوپ است. برای دوربین، جسم در بی‌نهایت دور قرار دارد. در شکل (۵-۴۷) طرز تشکیل تصویر در دوربین نشان داده شده است. آخرین تصویر در دوربین، مجازی، معکوس و از جسم کوچک‌تر است.



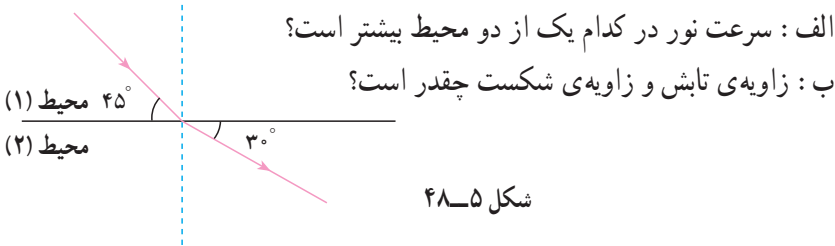
شکل ۵-۴۷- طرز تشکیل تصویر در دوربین نجومی

اولین تصویر ($A'B'$) در سطح کانونی عدسی شیئی تشکیل می‌شود. معمولاً دوربین را طوری تنظیم می‌کنند که کانون‌های دو عدسی بر یک‌دیگر منطبق شود. در این صورت آخرین تصویر نیز در بی‌نهایت دور دیده می‌شود.

تمرین های فصل پنجم

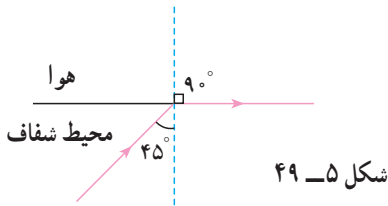
۱- شکل (۴۸-۵) مسیر نور را در دو محیط مختلف نشان می دهد. با توجه به شکل، به پرسش های

زیر پاسخ دهید :



۲- با توجه به شکل (۴۹-۵) که مسیر نور را هنگام گذر از یک محیط شفاف به هوا نشان

می دهد، عبارت های زیر را کامل کنید :



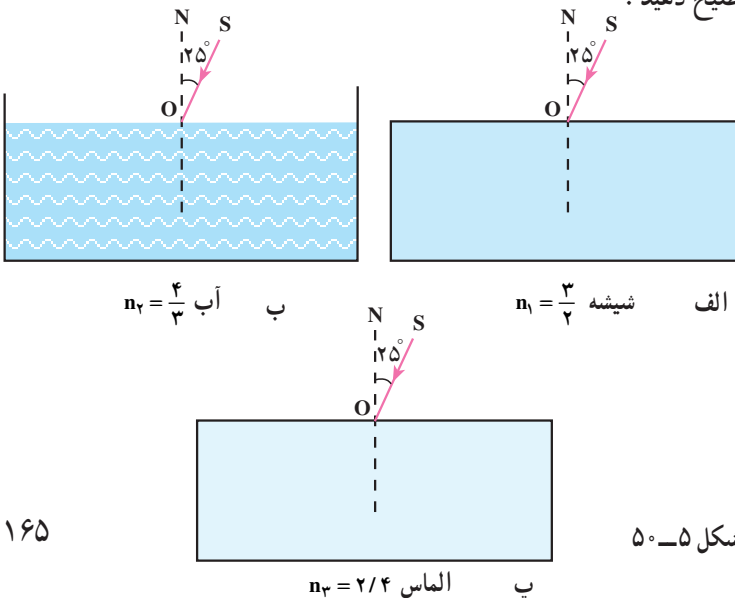
الف : از این شکل معلوم می شود زاویه ی در محیط شفاف 45° است.

ب : هرگاه نور با زاویه ی تابش از 45° بتابد از این محیط می شود.

پ : هرگاه نور با زاویه ی تابش از 45° بتابد رخ می دهد.

۳- پرتوهای تابش با زاویه ی تابش یکسان از هوا به سه محیط با ضریب شکست متفاوت تابیده

است. با رسم شکل توضیح دهید :



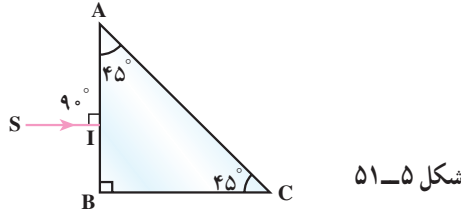
الف: پرتوهای شکست در کدام محیط به خط عمود نزدیک تر است؟

ب: سرعت نور در کدام محیط بیش تر است؟

پ: زاویه انحراف در کدام محیط کم تر است؟

۴- در شکل (۵-۵) زاویه حد منشور 42° است و پرتو SI عمود بر وجه AB تابیده

است. مسیر نور را پس از ورود به منشور و خارج شدن از آن رسم کنید.



۵- الف: ظرفی (با بدنه‌ی غیر شفاف) را روی میز بگذارید و سکه‌ای را در کف آن قرار دهید.

ب: در فاصله‌ای از میز بایستید که اگر قدری نزدیک تر شوید سکه دیده شود.

پ: در همان حال از کسی (مثلاً از یکی از دوستان خود) بخواهید که به آرامی درون ظرف آب

بریزد. آن چه را که مشاهده می کنید و علت آن را توضیح دهید.

۶- تحقیق کنید که معمولاً از چه نوع عدسی به عنوان ذره بین استفاده می شود. چرا؟ چگونگی

استفاده را توضیح دهید.

۷- الف: جسمی را یک بار در فاصله‌ی ۱۵ سانتی متری و بار دیگر در فاصله‌ی ۵ سانتی متری

عدسی همگرایی که فاصله‌ی کانونی آن 1 cm است قرار می دهیم. فاصله‌ی تصویر و بزرگ‌نمایی

عدسی را در هر یک از دو حالت حساب کنید.

ب: فاصله‌ی شیء تا تصویر را در هر دو حالت پیدا کنید.

۸- الف: توان عدسی همگرایی 1° دیوپتر است. جسمی به طول $1/5$ سانتی متر را به فاصله‌ی

۵ سانتی متری این عدسی قرار می دهیم. محل تصویر و طول تصویر را به دست آورید و شکل آن را

رسم کنید.

۹- جسمی به طول 4 cm در فاصله‌ی ۲۴ سانتی متری عدسی واگرایی به فاصله‌ی کانونی

۸ سانتی متر قرار دارد.

الف: فاصله‌ی تصویر از عدسی و طول تصویر را به دست آورید.

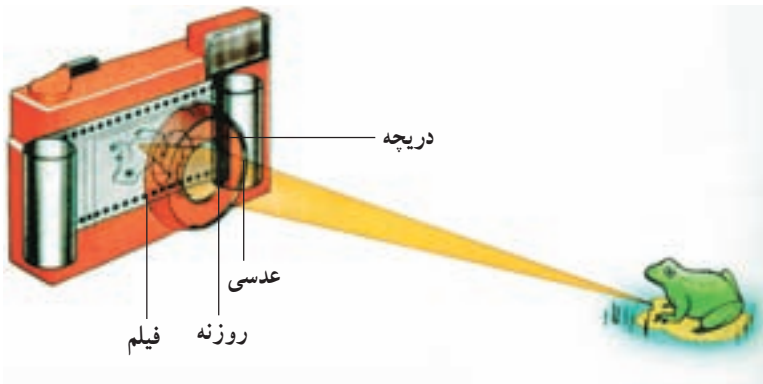
ب: توان عدسی را محاسبه کنید.

پ: شکل را با مقیاس $\frac{1}{4}$ رسم کنید.

۱۰- شکل (۵-۵۲) ساختمان یک دوربین عکاسی را نشان می‌دهد که فاصله‌ی فیلم (پرده) از عدسی آن برابر ۵cm است. هرگاه فاصله‌ی شیئی از عدسی برابر ۱۰cm باشد تصویر واضحی از آن بر روی فیلم ایجاد می‌شود.

الف: طول تصویر روی فیلم چند برابر جسم است؟

ب: فاصله‌ی کانونی عدسی را حساب کنید.

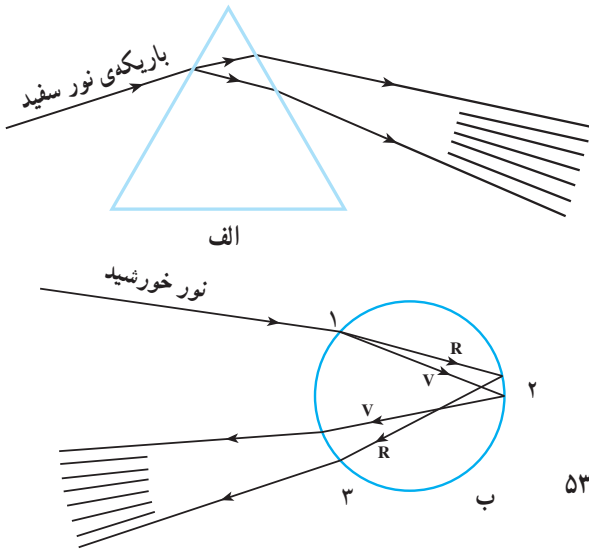


شکل ۵-۵۲

۱۱- تحقیق کنید که برای تولید هر یک از تصویرها یا حالت‌های زیر، جسم نورانی، باید در چه

فاصله‌ای از عدسی همگرا قرار گیرد؟

محل جسم	بین کانون و عدسی	روی کانون	بین F و ۲F	روی ۲F	خارج از ۲F	فاصله‌ی دور
تصویر سینمایی روی پرده						
تصویر کوچک روی فیلم عکاسی						
تولید پرتوهای موازی نور						
تولید لکه‌ی نورانی کوچک						
تولید تصویر روی شبکیه‌ی چشم						



۱۲- الف : شکل (۵-۵۳-الف)

طیف پیوسته‌ای ایجاد شده توسط یک منشور را نشان می‌دهد. نام نوارهای مختلف رنگی را مشخص نمایید.

ب : شکل (۵-۵۳-ب) نحوه‌ی

تشکیل رنگین کمان توسط یک قطره باران را نشان می‌دهد.

شکل ۵-۵۳

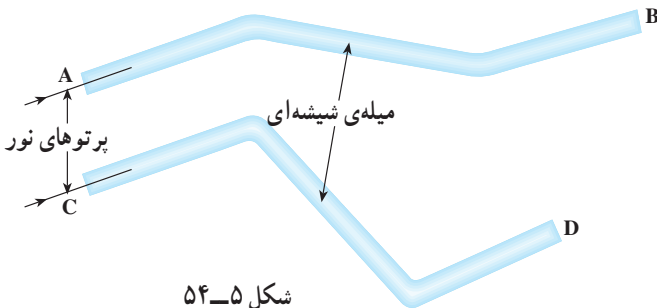
ب-۱- برای دیدن رنگین کمان باید رو به خورشید ایستاد یا پشت به آن؟

ب-۲- ترتیب نوارهای مختلف رنگی را بر روی این شکل نیز مشخص نمایید.

ب-۳- در هر یک از نقطه‌های ۱ و ۲ و ۳، کدام پدیده‌های نوری (بازتابش یا شکست) رخ می‌دهد؟

۱۳- شکل (۵-۵۴)، دو میله‌ی شیشه‌ای هم‌جنس را که در هوا قرار گرفته‌اند نشان می‌دهد.

این دو میله شبیه تارهای نوری هستند.



شکل ۵-۵۴

الف : پرتو نوری که از A

وارد میله شده است، به B می‌رسد، ولی پرتو نوری که از نقطه‌ی C وارد می‌شود به D نمی‌رسد. علت را توضیح دهید.

ب : مسیر پرتو نور را از

A تا B رسم کنید.

ج : اگر طول یک تار نوری برابر 1.6×10^6 m باشد، نور طول آن را در مدت زمان 10^{-2} s

طی خواهد کرد. سرعت نور را در آن محاسبه کنید.

د : سرعت نور در خلأ 3×10^8 m/s است. هرگونه اختلافی بین این عدد و سرعت نور در

تار را، توضیح دهید.

جدول مثلثاتی

زاویه بر حسب رادیان	زاویه بر حسب درجه	سینوس	کسینوس	تانژانت	زاویه بر حسب درجه	زاویه بر حسب رادیان	سینوس	کسینوس	تانژانت
0°	0.000	0.000	1.000	0.000					
1°	0.017	0.017	1.000	0.017	46°	0.803	0.719	0.695	1.036
2°	0.035	0.035	0.999	0.035	47°	0.820	0.731	0.682	1.072
3°	0.052	0.052	0.999	0.052	48°	0.838	0.743	0.669	1.111
4°	0.070	0.070	0.998	0.070	49°	0.855	0.755	0.656	1.150
5°	0.087	0.087	0.996	0.087	50°	0.873	0.766	0.643	1.192
6°	0.105	0.105	0.995	0.105	51°	0.890	0.777	0.629	1.235
7°	0.122	0.122	0.993	0.123	52°	0.908	0.788	0.616	1.280
8°	0.140	0.139	0.990	0.141	53°	0.925	0.799	0.602	1.327
9°	0.157	0.156	0.988	0.158	54°	0.942	0.809	0.588	1.376
10°	0.175	0.174	0.985	0.176	55°	0.960	0.819	0.574	1.428
11°	0.192	0.191	0.982	0.194	56°	0.977	0.829	0.559	1.483
12°	0.209	0.208	0.978	0.213	57°	0.995	0.839	0.545	1.540
13°	0.227	0.225	0.974	0.231	58°	1.012	0.848	0.530	1.600
14°	0.244	0.242	0.970	0.249	59°	1.030	0.857	0.515	1.664
15°	0.262	0.259	0.966	0.268	60°	1.047	0.866	0.500	1.732
16°	0.279	0.276	0.961	0.287	61°	1.065	0.875	0.485	1.804
17°	0.297	0.292	0.956	0.306	62°	1.082	0.883	0.469	1.881
18°	0.314	0.309	0.951	0.325	63°	1.100	0.891	0.454	1.963
19°	0.332	0.326	0.946	0.344	64°	1.117	0.899	0.438	2.050
20°	0.349	0.342	0.940	0.364	65°	1.134	0.906	0.423	2.145
21°	0.367	0.358	0.934	0.384	66°	1.152	0.914	0.407	2.246
22°	0.384	0.375	0.927	0.404	67°	1.169	0.921	0.391	2.356
23°	0.401	0.391	0.921	0.424	68°	1.187	0.927	0.375	2.475
24°	0.419	0.407	0.914	0.445	69°	1.204	0.934	0.358	2.605
25°	0.436	0.423	0.906	0.466	70°	1.222	0.940	0.342	2.747
26°	0.454	0.438	0.899	0.488	71°	1.239	0.946	0.326	2.904
27°	0.471	0.454	0.891	0.510	72°	1.257	0.951	0.309	3.078
28°	0.489	0.469	0.883	0.532	73°	1.274	0.956	0.292	3.271
29°	0.506	0.485	0.875	0.554	74°	1.292	0.961	0.276	3.487
30°	0.524	0.500	0.866	0.577	75°	1.309	0.966	0.259	3.732
31°	0.541	0.515	0.857	0.601	76°	1.326	0.970	0.242	4.011
32°	0.559	0.530	0.848	0.625	77°	1.344	0.974	0.225	4.331
33°	0.576	0.545	0.839	0.649	78°	1.361	0.978	0.208	4.705
34°	0.593	0.559	0.829	0.675	79°	1.379	0.982	0.191	5.145
35°	0.611	0.574	0.819	0.700	80°	1.396	0.985	0.174	5.671
36°	0.628	0.588	0.809	0.727	81°	1.414	0.988	0.156	6.314
37°	0.646	0.602	0.799	0.754	82°	1.431	0.990	0.139	7.115
38°	0.663	0.616	0.788	0.781	83°	1.449	0.993	0.122	8.144
39°	0.681	0.629	0.777	0.810	84°	1.466	0.995	0.105	9.514
40°	0.698	0.643	0.766	0.839	85°	1.484	0.996	0.087	11.43
41°	0.716	0.656	0.755	0.869	86°	1.501	0.998	0.070	14.301
42°	0.733	0.669	0.743	0.900	87°	1.518	0.999	0.052	19.081
43°	0.750	0.682	0.731	0.933	88°	1.536	0.999	0.035	28.636
44°	0.768	0.695	0.719	0.966	89°	1.553	1.000	0.017	57.290
45°	0.785	0.707	0.707	1.000	90°	1.571	1.000	0.000	∞

واژه‌نامه‌ی فارسی – انگلیسی

		ب		آ	
Battery	باتری	Astigmatism	آستیگماتیسم		
Charge	بار	Ammeter	آمپرسنج		
Electric Charge	بار الکتریکی	Pendulum	آونگ		
Charging by Induction	باردار کردن از طریق القا	Rate	آهنگ		
Charging by Contact	باردار کردن از طریق تماس	Flow Rate	آهنگ شارش		
Charging by Rubbing	باردار کردن از طریق مالش	Plane Mirror	آینه‌ی تخت		
Unlike Charges	بارهای ناهمنام	Curved Mirror	آینه‌ی خمیده		
Like Charges	بارهای همنام	Concave Mirror	آینه‌ی کاو (مقعر)		
Beam	باریکه	Convex Mirror	آینه‌ی کوژ (محدب)		
Reflection	بازتابش				
Internal Reflection	بازتابش داخلی				
Total Reflection	بازتابش کلی	Atom	اتم		
Regular Reflection	بازتابش منظم	Potential Difference	اختلاف پتانسیل		
Irregular Reflection	بازتابش نامنظم	Expansion	انبساط		
	برق‌گیر (رسانای آذرخش)	Propagation	انتشار		
Lightning Conductor		Transfer	انتقال		
Magnification (Linear)	بزرگ‌نمایی (خطی)	Solidification	انجماد		
Maximum	بیشینه، حداکثر	Deviation	انحراف		
		Wind Energy	انرژی بادی		
		Potential Energy	انرژی پتانسیل		
Dispersion	پاشیدگی	Kinetic Energy	انرژی جنبشی		
Conservation	پایستگی	Solar Energy	انرژی خورشیدی		
Potential	پتانسیل	Internal Energy	انرژی درونی		
Ray	پرتو	Hydroelectric Energy	انرژی هیدروالکتریکی		
Ray Box	پرتوافکن	Electrostatics	الکتروستاتیک		
Reflected Ray	پرتوی بازتابش	Electroscope	الکتروسکوپ		
Incident Ray	پرتوی تابش (فرودی)	Magnitude	اندازه (بزرگی)		

	ح	Refracted Ray	پرتوی شکست
Volume	حجم	Periscope	پریسکوپ
Motion	حرکت	Cell	پیل

	خ		ت
Normal	خط عمود	Incidence	تابش (فرودی)
Vacuum	خلاء	Optical Fiber	تار نوری
	خورشید گرفتگی (کسوف)	Electric Discharge	تخلیه الکتریکی
Eclipse of the Sun, Solar Eclipse		Image	تصویر

	د	Real Image	تصویر حقیقی
Degree	درجه	Direct Image	تصویر مستقیم
System	دستگاه	Virtual Image	تصویر مجازی
Beam	دسته‌ی پرتو	Inverted Image	تصویر معکوس
Parallel Beam	دسته‌ی پرتو موازی	Accommodation	تطابق
Divergent Beam	دسته‌ی پرتو واگرا	Equilibrium	تعادل
Convergent Beam	دسته‌ی پرتو همگرا	Thermal Equilibrium	تعادل گرمایی
Temperature	دما	Definition	تعریف
Thermometer	دماسنج	Power	توان

Clinical Thermometer	دماسنج پزشکی		ج
Camera	دوربین عکاسی	Solid	جامد
Astronomical Telescope	دوربین نجومی	Direction	جهت
Far Sightedness	دوربینی	Mass	جرم
Biconcave	دوکاو (عدسی)	Electric Current	جریان الکتریکی
Biconvex	دوکوژ (عدسی)	Body	جسم

	ذ		چ
Magnifying Glass	ذره بین	Source	چشمه، منبع
	ر	Extended Source	چشمه‌ی گسترده
Repulsion	رانش	Point Source	چشمه‌ی نقطه‌ای
Conductor	رسانا	Light Source	چشمه‌ی نور

Object	شیء	Conductivity	رسانایی
		Conduction	رسانش
	ض	Rain Bow	رنگین کمان
Refractive Index	ضریب شکست		
			ز
	ط	Angle	زاویه
Length	طول	Critical Angle	زاویه حد
Spectrum	طیف	Angle of Refraction	زاویه شکست
			ژ
Insulator	عایق	Joul	ژول
Insulation	عایق بندی		
Lens	عدسی		س
Eyepiece	عدسی چشمی	Mechanism	سازوکار
Objective Lens	عدسی شیئی	Stationary	ساکن
Spherical Lens	عدسی کروی	Shadow	سایه
Meniscus Lens	عدسی هلالی	Mirage	سراب
Apparent Depth	عمق ظاهری	Velocity	سرعت
Real Depth	عمق واقعی	Umbra	سایه کامل
		Shale Stone	سنگ های رُسی
	ف	Vegetable Fuels (Biomass)	سوخت های گیاهی
Focal Length	فاصله ی کانونی	Fossil Fuels	سوخت های فسیلی
Physics	فیزیک	Nuclear Fuels	سوخت های هسته ای
			ش
	ق	Flow	شارش
Law	قانون	Retina	شبکیه
		Acceleration of Gravity	شتاب گرانش
	ک	Radius	شعاع
Focus	کانون	Transparent	شفاف
Concave	کاو (مقعر)	Refraction	شکست
Plano - Concave	کاو - تخت		

	ن	
Nonconductor	نارسانا	
Near Sightedness	نزدیک بینی	
Theory	نظریه	
Upper Fixed Point	نقطه ی ثابت بالایی	
Lower Fixed Point	نقطه ی ثابت پایینی	
Light	نور	
Projector	نورافکن	
Visible Light	نور مرئی	
Geometrical Optics	نورهندسی	
Force	نیرو	
Power Station (Plant)	نیروگاه	
Penumbra	نیم سایه	

	و	
Unit	واحد (یکا)	
Lateral Inversion	وارونی جانبی	
Divergent	واگرا	
Weight	وزن	
Equilibrium State	وضع تعادل	
Voltmeter	ولتسنج	

	هـ	
Nucleus	هسته ی اتم	
Divergent Meniscus	هلالی واگرا	
Convergent Meniscus	هلالی همگرا	

	ی	
Unit	یکا (واحد)	

Opaque	کدر
Elastic	کشسانی
Quantity	کمیت
Minimum	کمینه، حداقل
Convex	کوژ
Plano - Convex	کوژ - تخت

	گ	
Heat	گرما	
Specific Heat	گرمای ویژه	

	م	
	ماه گرفتگی (خسوف)	

Eclips of the Moon, Lunar Eclipse	
Liquid	مایع
Principal Axis	محور اصلی
Electric Circuit	مدار الکتریکی
Center of Curvature	مرکز انحنا
Optical Center	مرکز نوری
Rectilinear	مستقیم الخط
Path	مسیر
Resistor	مقاومت
Energy Sources	منابع انرژی

Renewable Energy Sources	منابع انرژی تجدیدپذیر
	منابع انرژی تجدیدناپذیر

Non - Renewable Energy Sources	
Prism	منشور
Microscope	میکروسکوپ

فهرست مراجع

1. GCSE Physics, Tom Duncan, John Murray, 2001.
2. Understanding Physics, Robin Millar, Collins Educational, 1994.
3. Physical Processes, Brian Arnold, Hodder & Stoughton, 2001.
4. College Physics, Serway & Faughn, Saunders College Publishing, 2000.
5. Contemporary College physics, Jones & Childers, Mc Graw Hill, 1999.
6. Physics Principles with Applications, Douglas C. Gioncoli, Prentice Hall Int. Editions, 1991.
7. The physics of Every day Phenomena, W. Thomes Griffth, Mc Grow Hill, 2001.

- فهرست کتاب‌های برگزیده‌ی سومین جشنواره کتاب رشد، دوره‌ی متوسطه
- ۱- کتاب کار و راهنمای مطالعه‌ی دانش‌آموز، فیزیک (۱) و آزمایشگاه، انتشارات فاطمی
 - ۲- فیزیک برای زندگی، تألیف پیتر وارن، انتشارات مبتکران

