

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيمِ

فیزیک (۱) و آزمایشگاه

سال اول دبیرستان

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری

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

شورای برنامه‌ریزی: احمد احمدی، سیامک خادمی، روح‌الله خلیلی بروجنی، منیژه رهبر، محمدرضا شریفزاده اکباتانی،

حیدر شکری، مهرناز طلوع شمس، مجید فلاخ، حمید فدایی فرد و اسفندیار معتمدی

مؤلفان: اعظم پورقاضی، سیدمهدي شيوابي، حسن عزيزي و غلامعلی محمودزاده

بازنگری و اصلاح: احمد احمدی، محمدرضا خوشبین خوشنظر، محمدرضا شریفزاده اکباتانی، حیدر شکری،

مهرناز طلوع شمس و حمید فدایی فرد

آماده‌سازی و نظارت بر جاپ و توزیع: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

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

تلفن: ۹۰۸۸۳۱۱۶۱ - ۸۸۳۰۹۲۶۶، دورنگار: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹، کد پستی:

وبسایت: www.chap.sch.ir

مدیر امور فنی و چاپ: سید احمد حسینی

رسام: مریم دهقانزاده

طراح جلد: محمد حسن معماری

صفحه‌آرا: راحله زادفتح الله

حروفچن: سیده فاطمه محسنی، زهرا ایمانی نصر

مصحح: فاطمه گیتی جیین، علیرضا ملکان

امور آماده سازی خبر: زینت بهشتی شیرازی، فریبا سیر

امور فنی رایانه‌ای: حمید ثابت کلاچاهی، پیمان حبیب‌پور

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارو پخش)

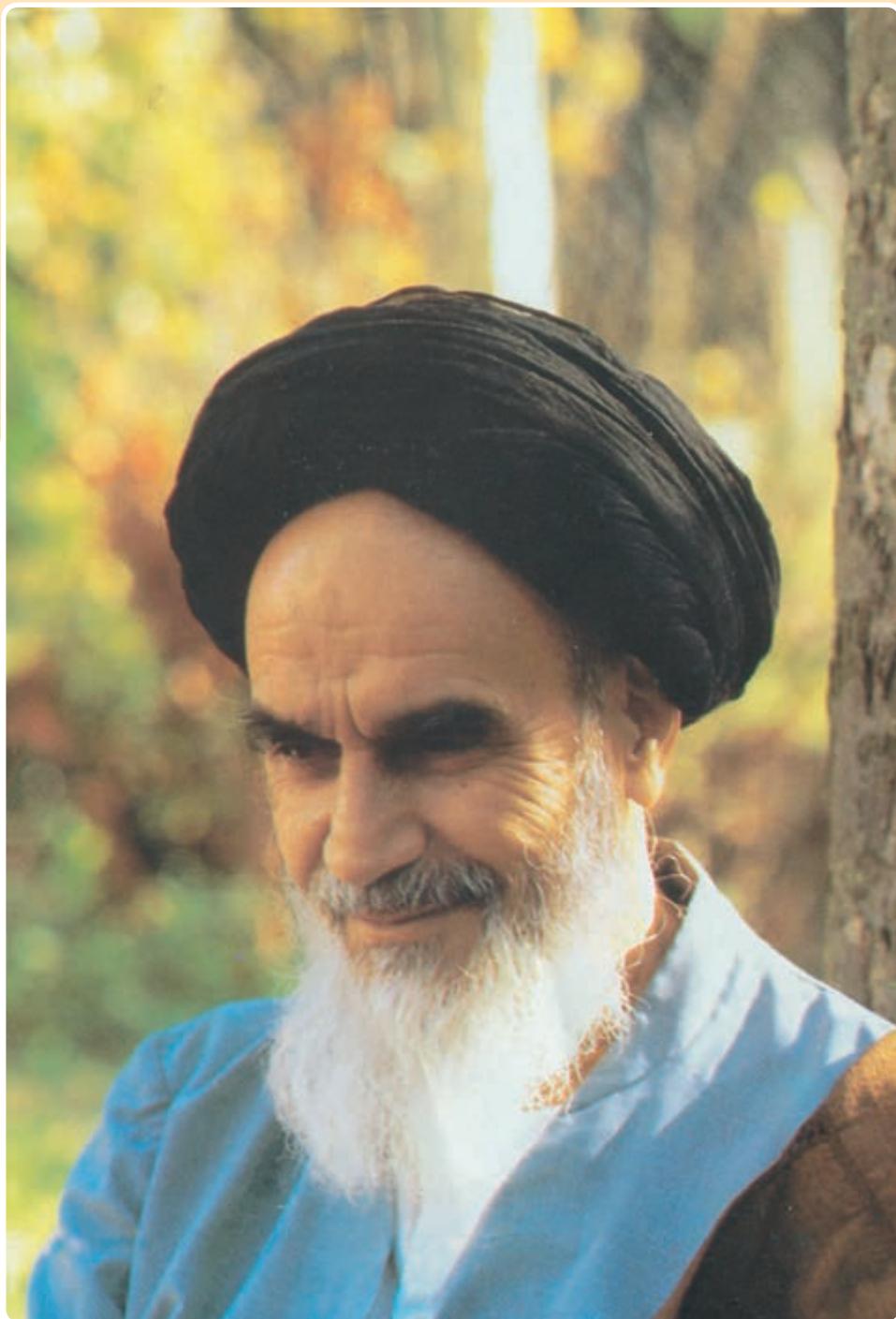
تلفن: ۰۵-۴۴۹۸۵۱۶۱ - ۰۵-۴۴۹۸۵۱۶۰، دورنگار: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

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

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ شانزدهم ۱۳۹۳

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۵-۰۴۵۰-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-0450-5



شما متوقع نباشید که همین امروز بتوانید طیاره درست کنید، میگ درست کنید. البته
لان نمی شود؛ اما مأیوس نباشید از اینکه نمی توانیم درست کنیم. باید بیدار شوید، بروید
دبال 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 می کند و دبال کوشش، این مطلب حاصل می شود.
امام خمینی (رحمه الله علیه)

فهرست

۱	.....	فصل ۱: انرژی
۲	.....	۱-۱- انرژی و شما
۶	.....	۱-۲- انرژی جنبشی
۷	.....	۱-۳- انرژی درونی
۹	.....	۱-۴- قانون پایستگی انرژی
۱۱	.....	۱-۵- انرژی پتانسیل گرانشی
۱۲	.....	۱-۶- انرژی پتانسیل کشسانی
۱۴	.....	۱-۷- منابع انرژی
۲۱	.....	۱-۸- بهینه‌سازی مصرف انرژی
۲۲	.....	پرسش‌ها
۲۷	.....	فصل ۲: دما و گرما
۲۸	.....	۲-۱- دما
۲۲	.....	۲-۲- تعادل گرمایی، دمای تعادل
۲۳	.....	۲-۳- گرما
۲۴	.....	۲-۴- رسانش گرما
۲۸	.....	۲-۵- گرمای ویژه
۴۲	.....	پرسش‌ها
۴۶	.....	فصل ۳: الکتریسیته
۴۷	.....	۳-۱- ساختار اتمی
۴۷	.....	۳-۲- اجسام دارای بار الکتریکی
۴۹	.....	۳-۳- جسم رسانا و نارسانا
۵۰	.....	۳-۴- پایستگی بار الکتریکی
۵۱	.....	۳-۵- القای بار الکتریکی
۵۵	.....	۳-۶- اختلاف پتانسیل الکتریکی
۵۷	.....	۳-۷- مولد
۵۹	.....	۳-۸- مدار الکتریکی
۶۰	.....	۳-۹- جریان الکتریکی
۶۲	.....	۳-۱۰- مقاومت الکتریکی
۶۴	.....	۳-۱۱- قانون اهم
۶۶	.....	۳-۱۲- مصرف انرژی الکتریکی
۶۷	.....	۳-۱۳- توان الکتریکی مصرفی در رسانا
۶۹	.....	۳-۱۴- بهای انرژی الکتریکی مصرفی
۷۱	.....	پرسش‌ها

فصل ۱۰: نور—بازتاب نور.....

۷۸	۴-۱- انتشار نور
۷۸	۴-۲- باریکه نور
۷۹	۴-۳- انتشار نور به خط راست
۸۱	۴-۴- بازتاب نور
۸۳	۴-۵- تصویر در آینه‌های تخت
۸۵	۴-۶- آینه‌های کروی
۸۶	۴-۷- کانون آینه مکعر (کاو)
۸۷	۴-۸- رسم پرتوهای بازتاب در آینه مکعر
۸۸	۴-۹- چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های مکعر
۹۱	۴-۱۰- کانون آینه محدب (کوز)
۹۲	۴-۱۱- رسم پرتوهای بازتاب در آینه محدب
۹۴	۴-۱۲- معادله آینه‌های کروی
۱۰۱	پرسش‌ها

فصل ۱۱: شکست نور.....

۱۰۷	۵-۱- شکست نور
۱۱۱	۵-۲- عمق ظاهری و واقعی
۱۱۴	۵-۳- رابطه ضریب شکست نور با سرعت نور در دو محیط
۱۱۶	۵-۴- زاویه حد و بازتاب کلی
۱۲۰	۵-۵- پاشیدگی نور در منشور
۱۲۲	۵-۶- عدسی‌ها
۱۲۲	۵-۷- عدسی‌های همگرا
۱۲۵	۵-۸- چگونگی تشکیل تصویر در عدسی‌های همگرا
۱۲۹	۵-۹- عدسی‌های واگرا
۱۳۰	۵-۱۰- معادله عدسی‌ها
۱۳۳	۵-۱۱- توان عدسی‌ها
۱۳۵	۵-۱۲- ابزارهای نوری
۱۴۱	پرسش‌ها

۱۴۷ پیوست

۱۴۷	جدول مثلثاتی
۱۴۸	واژه‌نامه فارسی- انگلیسی
۱۵۲	فهرست مراجع

سخنی با دانش آموزان و همکاران محترم

فیزیک، علمی تجربی و حاصل تلاش انسان برای درک دنیای اطراف است. این علم دانشی آزمودنی است که می‌تواند با مشاهده پدیده‌های جدید دستخوش تغییر شود. به عبارت دیگر در فیزیک هیچ نظریه‌ای به عنوان حقیقت پایانی و غایب وجود ندارد. پرورش علمی دانش آموزان و بخوردان شدن آنان از سواد علمی فناورانه از لازمه‌های زندگی سالم و موفقیت‌آمیز در جهان امروز است. به دنبال تحولات سریع در علم و فناوری، شیوه‌های زندگی نیز دچار تغییر زیادی شده است. این امر سبب می‌شود تا نیازهای فردی دانش آموزان در زمینه علم و فناوری برای برنامه‌ریزان آموزشی، به طور کامل آشکار نباشد. به همین دلیل شیوه‌های آموزش فیزیک نیز به تبع نیازهای جدید، تغییرات چشمگیری داشته است.

در شیوه‌های نوین آموزش، تلاش زیادی می‌شود تا دانش آموز، چگونگی آموختن را بیاموزد و مهارت بخورد با یک پدیده و پیمودن مراحلی را که منجر به شناسایی آن پدیده می‌شود، فرآیند. در کتاب‌های درسی فیزیک تلاش شده است، دانش آموز در تولید مفاهیم درسی نقش فعالی داشته باشد. قسمتی از نقش دیران محترم، طرح مناسب موضوعات درسی و سپس راهنمایی دانش آموزان برای باز کشف مفاهیم مربوط به موضوعات مطرح شده است. با توجه به اینکه بکی از موضوعات موردن تأکید در این کتاب، فعل بودن دانش آموزان و نقش داشتن آنها در تولید مفاهیم است، لازم است که همکاران محترم از افزودن مطالب اضافی به مباحث کتاب که به شکل مبسوط در سالهای آتی به آنها پرداخته خواهد شد، جداً پرهیزند تا نقش فعالی که دانش آموزان در تولید مفاهیم می‌توانند داشته باشند، سبب رشد عقلی و مهارتی آنها شود این موضوع خود یکی از هدف‌های اصلی آموزش در دوره‌های عمومی و متوسطه است.

مناسب است همکاران محترم، موضوعات درسی را به گونه‌ای طرح کنند که اکثر دانش آموزان در فرایند آموزش و یادگیری درگیر شوند و مهارت‌های علمی و عملی آنها رشد یابد.

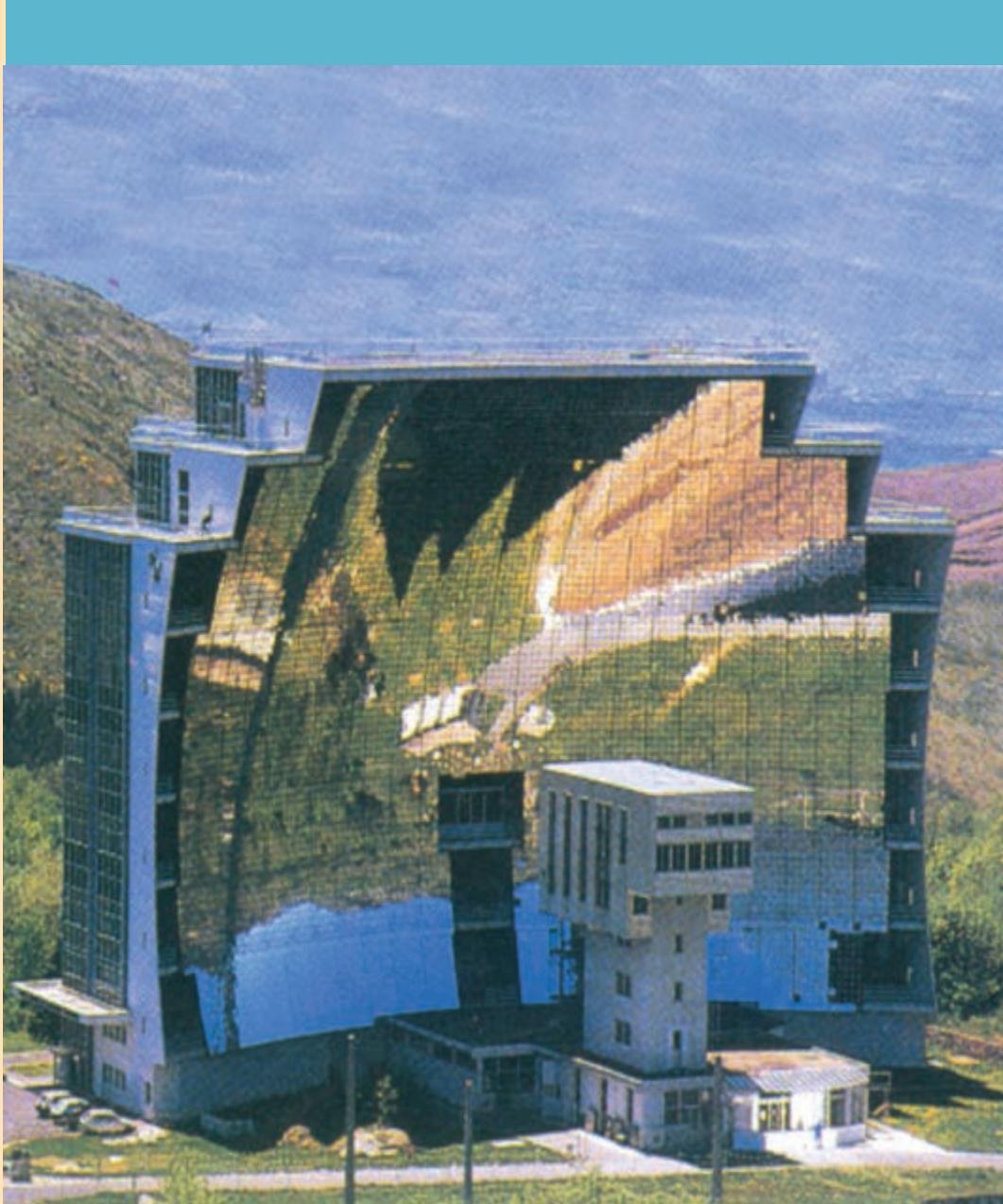
درس فیزیک (۱) و آزمایشگاه درسی عمومی است که تمام دانش آموزان دوره متوسطه آن را می‌گذرانند. به همین دلیل سعی شده است موضوعات انتخاب شده به گونه‌ای ارائه شوند که نیازی به ریاضیات پیچیده‌ای نداشته باشد. انتظار می‌رود همکاران گرامی هر جا که لازم می‌دانند با تکیه بر تجربه خود و دیگر همکاران، فعالیت و یا آزمایشی را که به یادگیری بهتر دانش آموزان کمک می‌کند، طراحی کنند و آنها را به طور گروهی برانجام آزمایش‌ها ترغیب کنند و از آنان بخواهند که گزارش کار، بیشنهادها و نتایجی را که از فعالیت می‌گیرند، در دفتر خود ثبت و به کلاس ارائه کنند. چگونگی ارائه این گزارش می‌تواند به عنوان یکی از ملاک‌های ارزشیابی مورد توجه قرار گیرد.

گروه فیزیک دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری همواره از دریافت نظرهای ارزشمند دیران محترم، صاحب‌نظران و دانش آموزان جهت رفع نارسانی‌ها و لغزش‌های احتمالی به گرمی استقبال می‌کنند. نظرهای اصلاحی خود را به نشانی تهران – صندوق پستی ۱۵۸۵۵/۳۶۳ – گروه فیزیک و یا نشانی الکترونیک physics-dept @ talif.sch.ir ارسال نمایید.

گروه فیزیک دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری

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

انرژی



آیا می‌دانید «پگونه می‌توان انرژی تابشی فوتشید را مهار کرد؟

هنگامی که به اطراف خود نگاه می‌کنیم، با پدیده‌ها و دستگاه‌های مختلفی مواجه می‌شویم و سوال‌های زیادی برای ما مطرح می‌شود رنگین کمان چگونه تشکیل می‌شود؟ دمای سطح خورشید را چگونه اندازه می‌گیرند؟ بنیادی ترین ذرات تشکیل دهنده عالم چه ذراتی هستند؟ سن و ابعاد کیهان چقدر است؟ یک DVD چگونه اطلاعات زیادی را در خود ذخیره می‌کند؟ باتری‌های شارژ شدنی مانند باتری تلفن همرا، لپ‌تاپ و ... چگونه کار می‌کنند؟ کارت‌های اعتباری مانند کارت عابریانک، کارت سوت، کارت تلفن و ... چگونه طراحی می‌شوند؟ چگونه با دستگاه آندوسکوپی درون بدن را می‌بینیم؟ چگونه یک دستگاه سونوگرافی تصویری سه‌بعدی از بدن را ایجاد می‌کند؟ اجاق میکروموج چگونه غذا را گرم می‌کند؟ یک مولد تولید برق چگونه انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید؟ موتور یک خودروی امروزی برچه اساسی طراحی می‌شود تا قدرت آن با کمترین مصرف بهینه باشد؟ کوچک‌ترین ذراتی که توسط میکروسکوپ‌های پیشرفته امروزی نشان داده می‌شوند، چه ابعادی دارند؟ در طراحی یک ساختمان چه مسائلی را باید رعایت کرد تا اتلاف انرژی به حداقل برسد؟ با فراگیری فیزیک می‌توانیم پاسخ‌ها و توضیحات مناسبی برای هریک از این پرسش‌ها یا پرسش‌های مشابه بیاییم. پس فیزیک در زندگی هر کس نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند، چه با فیزیک آشنا باشد، چه نباشد. بسیاری از مردم مانند خلبان هواپیما، تعمیر کار خودرو یا هواپیما، یک جوشکار حرفه‌ای و ... چیزهای زیادی از فیزیک می‌دانند، و از آن در زندگی روزمره استفاده می‌کنند. هر وقت بخواهید پدیده‌های اطراف خود را به طور علمی توضیح دهید به دنیای فیزیک وارد می‌شوید.

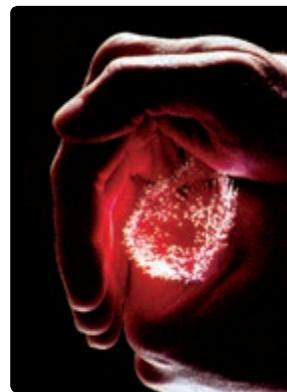
مطالعات علمی نشان داده‌اند که پدیده‌ها از قانون‌های خاصی پیروری می‌کنند. هدف اصلی علم فیزیک کشف و بیان این قانون‌ها است و همان‌طور که در این کتاب بخواهید دید، پاسخ به پرسش‌ها نیز براساس این قانون‌ها صورت می‌گیرد. قلمرو فیزیک از ریزترین ذرات همچون اجزای تشکیل دهنده اتم‌ها تا اجسام بسیار بزرگی همچون ستارگان و کهکشان‌های شامل می‌شود (شکل‌های ۱-۱ تا ۱-۷).



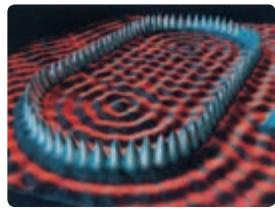
شکل ۱-۱- تصویری از استخوان بازوی دست انسان که به کمک پرتوهای X گرفته شده است و بیشک را قادر می‌سازد تا محل آسیب‌دیدگی و چگونگی آن را مشخص کند.



شکل ۱-۶- برخی از ایستگاه‌های بین‌المللی فضایی را به صورت قطعه‌هایی جدا از هم می‌سازند و در فضا به یکدیگر وصل می‌کنند.



شکل ۱-۵- از تارهای نوری می‌توان در انواع گوناگون وسایل ارتباطی از دور، انتقال داده‌ها بارایانه یا آندوسکوپی استفاده کرد.



شکل ۱-۱- چیدن دقیق و هدفمند اتم‌های آهن روی اتم‌های مس که به وسیله فناوری جدید فیزیک امکان‌پذیر شده است.



شکل ۱-۲- تصویر توموگرافی اکسونی مغزیک بیمار که به کمک رایانه مدل‌سازی شده است.



شکل ۱-۳- ماهواره مخابراتی قادر است اطلاعات را به صورت موج‌های الکترومغناطیسی از یک فرستنده زمینی دریافت کند و در ناحیه وسیعی از زمین پخش کند.



شکل ۱-۴- تصویر، 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 فاصله ۵۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارد، گرفته شده است.

موضوع انرژی در زندگی روزمره ما جایگاه ویژه‌ای دارد و در زمینه‌های مختلفی مطرح می‌شود.

چگونگی تولید و مصرف انرژی، ملاحظات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، زیست‌محیطی و ... انرژی اهمیت زیادی دارد. در این فصل ضمن بادآوری انواع مختلف انرژی که در دوره راهنمایی با آنها آشنا شدید موضوع انرژی را در فیزیک بررسی می‌کیم و قانون پایستگی انرژی را توضیح می‌دهیم و با کاربرد آن در برخی مثال‌ها آشنا می‌شویم. در پایان نیز به بررسی تعدادی از منابع انرژی و چگونگی بهینه‌سازی انرژی می‌پردازم.



شکل ۱-۸- تصویر خودرو در حال دریافت گاز CNG

۱- انرژی و شما

بدن شما که نوجوانی فعال و در حال رشد هستید روزانه به طور متوسط حدود ۱۲۰۰۰ کیلوژول انرژی نیاز دارد. این انرژی را با خوردن مواد غذایی به دست می‌آورید. بعضی از غذاها، به ویژه غذاهای حاوی پروتئین‌ها، به سلول‌های بدن کمک می‌کنند تا سلول‌های تازه بدن را بسازند و بعضی غذاهای دیگر، مانند چربی‌ها و مواد قندی، عمدتاً انرژی لازم را برای گرم نگهداشتند بدنه در دمای 37°C و فعالیت‌های روزانه‌ما فراهم می‌کنند. مواد غذایی، همچون سوخت ماشین‌ها (شکل ۱-۸)، دارای انرژی شیمیایی هستند و برای آزادشدن این انرژی لازم است در آنها تغییرات شیمیایی صورت پذیرد.

جدول ۱-۱- انرژی شیمیایی موجود در غذاها و سوخت معمولی به طور تقریبی
بر حسب kJ/g (کیلوژول بر گرم)

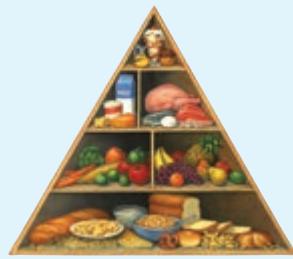
سوخت‌های معمولی		غذاهای معمولی		غذاهای معمولی	
۳۲/۶	زغال	۳۹/۱	چربی	۲/۴	سیب
۴۷/۶	نفت	۲/۷	شیر	۵	حیویات، غله
۵۴/۶	گاز طبیعی	۱/۸	شیر کم چربی	۳۰/۲	کره
۱۶/۸	چوب	۲/۱	پرقال	۱/۸	هویج
۴۴	بنزین	۳	نخود	۰/۶	کرفس
		۶/۸	تخم مرغ	۴/۵	پنیر تازه
		۷	راسته گوساله	۶/۷	مرغ
		۳/۹	سیب زمینی پخته	۲۲/۲	شکلات
		۱۶/۸	شکر	۴/۶	پلو
		۰/۹	گوجه فرنگی	۲/۹	انگور
		۸/۳	ماهی تن	۹/۴	گوشت پخته
		۱۱/۳	نان لواش	۹/۳	بستنی

در هر گرم از غذاهایی 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 عدددها نشان می‌دهند که هر گرم از یک ماده 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 بدنه فراهم می‌کند. یا انرژی شیمیایی موجود در گاز طبیعی $54/6 \text{ kJ/g}$ است، یعنی هر گرم گاز طبیعی بر اثر واکنش شیمیایی $54/6 \text{ kJ}$ انرژی آزاد می‌کند.^۱

۱- یکاهرا را با علامت اختصاری آنها نشان می‌دهیم که معمولاً حرف اول کلمه انگلیسی آنهاست.

۲- یکای مرسوم دیگر برای انرژی شیمیایی موجود در غذاها kcal/g است که معمولاً به ازای هر 100 g ماده غذایی به صورت

kcal بر روی ظرف مواد غذایی حک می‌شود.



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.

انرژی حاصل از خوردن غذا در بدن افراد صرف انجام فعالیت‌های گوناگون می‌شود. **آهنگ**

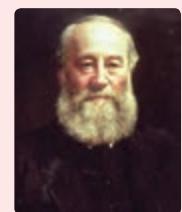
صرف انرژی برای برخی فعالیت‌ها در جدول ۲-۱ آمده است. منظور از آهنگ مصرف انرژی این است که در یک زمان معین (مثلاً یک دقیقه در این جدول) چه مقدار انرژی مصرف می‌شود. آهنگ مصرف انرژی را توان مصرفی نامیم. به عنوان مثال، برای خوابیدن عدد ۵ آمده است که معنی آن این است که در حالت خواب، در هر دقیقه 5 kJ انرژی مصرف می‌شود با اینکه فرد در حالت خواب جبش خاصی ندارد ولی دمای بدن او حدود 37°C می‌ماند، نفس می‌کشد و قلبش می‌پد؛ به همین دلیل فرد در حالت خواب انرژی مصرف می‌کند. یا وقتی مثلاً می‌گوییم آهنگ مصرف انرژی در بالا رفتن از پله $41/2\text{ kJ/min}$ است یعنی وقتی از پله بالا می‌رویم $41/2\text{ kJ}$ انرژی در مدت یک دقیقه صرف بالا رفتن از پله، تنفس، گردش خون، گرم نگهداشت بدن و ... می‌شود.

جدول ۲-۱ - آهنگ مصرف انرژی در فعالیت‌های گوناگون

آنگ 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	راه رفتن آرام
۲۳/۹	دوچرخه‌سواری*(با سرعت کم)
۴۲	دوچرخه‌سواری (با سرعت معمولی)
۱۱۱/۳	دوچرخه‌سواری (مسابقه)
۲۶/۵	تیسیس
۲۸/۶	شنا (قورباغه)
۴۱/۲	بالا رفتن از پله
۴۷/۱	بسکتبال

* معمولاً محدوده سرعت دوچرخه سواری آرام بین 13° تا 18° کیلومتر بر ساعت و دوچرخه‌سواری با سرعت معمولی حدود 20° کیلومتر بر ساعت فرض می‌شود.

جیمز پری اسکات زول



فیزیکدان انگلیسی در ۲۴ دسامبر ۱۸۱۸ م. (ن.ه. ۱۱۹۷) به دنیا آمد و در ۱۱ اکتبر ۱۸۸۹ م. (ه.ش. ۱۲۶۸) درگذشت. او به اندازه‌گیری علاوه زیادی داشت

و به طور تجربی ثابت کرد که گرمایشکلی از انرژی مکانیکی است و تخصیص اندازه‌گیری مستقیم برای نشان دادن این موضوع را به انجام رساند. زول با یک رشته آزمایش‌های دقیق مکانیکی، گرمایی، و الکتریکی قانون پاسنگی انرژی را به طور تجربی ثابت کرد و نیز نشان داد که مقدار گرمایی که از عبور جریان الکتریکی در یک مدار حاصل می‌شود متناسب با محدوده جریان الکتریکی و مقاومت مدار است. او همچنین بالردکلوین در تعیین مقیاس دقیق دما همکاری داشت. یکای SI انرژی به افتخار او، زول نامیده شده است.

این فرض که «بدن از خرد کردن بافت‌های چربی خود همان اندازه انرژی می‌گیرد که از هضم چربی» یک فرض معقول است. دانش‌آموزی در طی روز مجموعاً ۲ ساعت آرام راه می‌رود، ۶ ساعت در کلاس می‌نشیند، ۸ ساعت می‌خوابد و بقیه روز به طور متوسط در هر دقیقه 14 kJ انرژی مصرف می‌کند.

الف) کل انرژی مصرفی دانش‌آموز در یک شبانه روز چقدر است؟

ب) اگر این دانش‌آموز روزانه 13230 kJ انرژی با مصرف موادغذایی کسب کند در هر روز چندگرم چربی از دست می‌دهد؟

پاسخ: الف) با استفاده از جدول ۱-۱ انرژی مصرفی در هر فعالیت دانش‌آموز را به دست می‌آوریم :

$$2 \times 60 \times 16 = 1920 \text{ kJ}$$

$$6 \times 60 \times 12/6 = 4536 \text{ kJ}$$

$$8 \times 60 \times 5 = 2400 \text{ kJ}$$

$$8 \times 60 \times 14 = 6720 \text{ kJ}$$

$$1920 + 4536 + 2400 + 6720 = 15576 \text{ kJ}$$

ب) مصرف انرژی این دانش‌آموز روزانه بیش از انرژی‌ای است که با مصرف موادغذایی کسب می‌کند.

$$15576 - 13230 = 2246 \text{ kJ}$$

با استفاده از جدول ۱-۱ می‌توانیم مقدار چربی‌ای که برای تأمین این انرژی سوخته می‌شود را به دست آوریم :

$$\frac{2246}{39/1} = 60 \text{ g} = \text{مقدار چربی سوخته شده}$$

انرژی شیمیایی موجود در هر گرم بنزین 44 kJ/g است. یک خودروی جدید در هر 100 کیلومتر ، 7 لیتر بنزین (معادل 560 گرم) مصرف می‌کند.

الف) این خودرو در مسافت یکصد کیلومتر چه مقدار انرژی بر حسب کیلوژول مصرف می‌کند؟

ب) از کرج تا زنجان به طور تقریبی 300 کیلومتر است. اگر شرایط مصرف بنزین مانند قسمت قبل باشد، اتومبیل چه

مقدار بنزین مصرف می‌کند و این مقدار بنزین معادل چه مقدار انرژی بر حسب کیلوژول است؟

پاسخ: الف) در یکصد کیلومتر 7 لیتر معادل $g = 560 \text{ گرم}$ بنزین مصرف می‌کند، بنابراین $\text{kJ/g} = 44 \times 560 = 24640 \text{ kJ}$

انرژی مصرف می‌کند.

$$\text{لیتر} = \frac{300}{100} \times 7 = 21 = \text{حجم بنزین مصرف شده} \quad (b)$$

$$\text{جرم} = \frac{21}{7} \times 560 = 1680 \text{ g} \quad \text{است.}$$

یک گرم بنزین 44 کیلوژول انرژی فراهم می‌کند؛ بنابراین، 1680 گرم بنزین، $\text{kJ/g} = 73920 \times 44 \text{ kJ}$ انرژی تأمین می‌کند.

تمرین ۱

الف) در ده دقیقه دوچرخه‌سواری با سرعت 21 km/h ، چه مقدار انرژی مصرف می‌شود؟

ب) با خوردن چه مقدار بستنی این انرژی برای او فراهم می‌شود؟

۱-۲ انرژی جنبشی

اجسام متحرک می‌توانند اجسام دیگر را به حرکت درآورند؛ مثلاً چکش در حال حرکت با برخورد به یک میخ سبب فرورفتن میخ در چوب می‌شود (شکل ۱-۹). بنابراین چکش در حال حرکت دارای انرژی است. انرژی‌ای که اجسام متحرک، به علت حرکتشان دارند، **انرژی جنبشی** نامیده می‌شود.

توب در حال حرکت، پرۀ پنکه روشن، خودروی در حال حرکت، چکش متحرک و ... انرژی جنبشی دارند. انرژی جنبشی یک جسم، به جرم جسم (m) و سرعت آن (v) بستگی دارد و با رابطه

۱-۱ محاسبه می‌شود.



شکل ۱-۹- چکش با برخورد به میخ، سبب فرو رفتن آن می‌شود.

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

در این رابطه، اگر m بر حسب کیلوگرم (kg) و v بر حسب متر بر ثانیه (m/s) باشد، K بر حسب ژول (J) به دست می‌آید.

مثال ۳



انرژی جنبشی اردکی را حساب کنید که جرم آن 3 kg است و با سرعت 2 m/s پرواز می‌کند.

پاسخ:

$$m = 3\text{ kg}, v = 2\text{ m/s}, K = ?$$

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

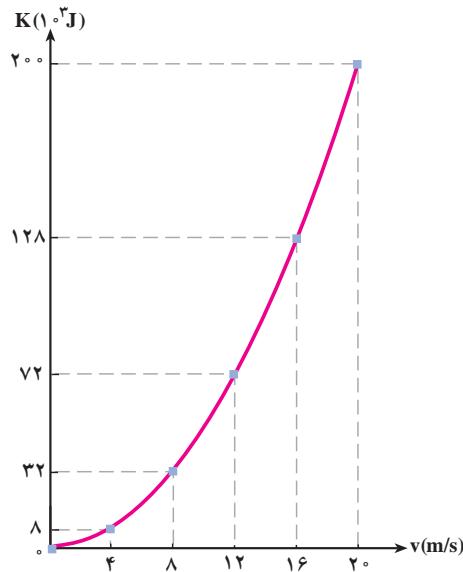
$$K = \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 = 6\text{ J}$$

مثال ۴

اتومبیلی به جرم 1000 kg از حال سکون به راه می‌افتد و پس از مدتی سرعتش به 72 km/h (20 m/s) می‌رسد.

نمودار انرژی جنبشی اتومبیل را بر حسب سرعت رسم کنید.

پاسخ: ابتدا جدولی رسم می‌کنیم و انرژی جنبشی اتومبیل را برای سرعت‌های مختلف به دست می‌آوریم. توجه داریم حداقل سرعت انتخابی 20 m/s است. سپس نمودار K بر حسب v را رسم می‌کنیم.



m(kg)	v(m/s)	K(J)
1000	0	0
1000	4	8 × 10 ³
1000	8	32 × 10 ³
1000	12	72 × 10 ³
1000	16	128 × 10 ³
1000	20	200 × 10 ³

تمرین ۲

دانه تگرگی به جرم 2 g با سرعت 10 m/s به سطح زمین برخورد می‌کند. انرژی جنبشی دانه تگرگ در لحظه برخورد با زمین چقدر است؟

۱-۳ انرژی درونی



شکل ۱-۱- باگرفتن ترمز، لاستیک‌های خودرو و سطح جاده گرم‌تر می‌شود و بر انرژی درونی آنها افزوده می‌شود.

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

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

هرچه ذرات سازنده یک جسم بیشتر و انرژی هر ذره آن زیادتر باشد، انرژی درونی آن جسم بیشتر است. وقتی خودرویی ترمز می‌کند و در اثر اصطکاک متوقف می‌شود لاستیک‌های آن و سطح جاده گرم‌تر می‌شود. در این حالت انرژی جنبشی خودرو کجا رفته است؟ چون لاستیک‌ها و سطح جاده گرم‌تر شده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که انرژی درونی آنها افزایش یافته است. در نتیجه می‌توان گفت که، در اثر اصطکاک، انرژی جنبشی خودرو به انرژی درونی آنها تبدیل شده است.

پاسخ دهید ۱

۱- توپی را که بر روی زمین در حال حرکت است، در نظر بگیرید. سرعت توپ رفته‌رفته کم شده و سرانجام متوقف می‌شود. انرژی جنبشی توپ کجا رفته است؟



۲- پنکه‌ای را که روشن است خاموش می‌کنیم. پنکه پس از مدتی متوقف می‌شود. انرژی جنبشی پرہ پنکه کجا رفته است؟



توجه داریم که در اثر مالش دو سطح بر روی یکدیگر، مقداری انرژی به انرژی درونی دو جسم تبدیل می‌شود. در این گونه موارد، اصطلاحاً می‌گوییم انرژی تلف شده است. در واقع، همان طور که اشاره شد، در این حالت انرژی از بین نرفته است، بلکه به انرژی درونی دو جسم تبدیل شده است ولی چون این انرژی را در اغلب موارد نمی‌توان عملاً مورد استفاده قرار داد، از اصطلاح «تلف شدن» استفاده می‌شود.

مثال ۱

خودروی سمندی را در نظر بگیرید که با جرم تقریبی $kg\ ۹۰$ ($m/s\ ۲۵$) در یک بزرگراه در حال حرکت است. اگر راننده ترمز کند و خودرو متوقف شود، افزایش انرژی درونی لاستیک، سطح جاده و ... چقدر است؟

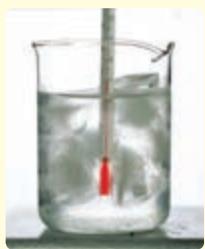
پاسخ: انرژی جنبشی خودرو بر اثر ترمز به طور کامل به انرژی درونی لاستیک و ... تبدیل می‌شود. بنابراین می‌توانیم بنویسیم :

$$\text{اندازه کاهش انرژی جنبشی} = \text{افزایش انرژی درونی}$$

$$= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times ۹۰ \times ۲۵^2 = ۳۷۵۰۰ J = ۳۷۵ kJ$$

تمرین ۳

دوچرخه سواری سرعت خود را از $m/s\ ۸$ به $m/s\ ۵$ می‌رساند. اگر جرم دوچرخه سوار و دوچرخه $kg\ ۸۰$ باشد، چند زول انرژی جنبشی به انرژی درونی لاستیک دوچرخه، محیط و ... تبدیل شده است؟



در ظرفی حاوی مخلوط آب و یخ دماسنجی می‌گذاریم و مجموعه را روی شعله چراغ قرار می‌دهیم. درحالی که از شعله به ظرف و محتویات آن انرژی منتقل می‌شود و انرژی درونی آنها را بالا می‌برد، دماسنج تغییر دمایی را نشان نمی‌دهد. علت را توضیح دهید.

۴- قانون پایستگی انرژی

فرض کنید احمد مقداری پول (مثلاً ۱۰۰۰۰ تومان) به صورت یک اسکناس ۵۰۰۰ تومانی، دو اسکناس ۲۰۰۰ تومانی و یک اسکناس ۱۰۰۰ تومانی، دارد. احمد پس از مدتی پول خود را می‌شمارد و متوجه می‌شود که مقدار آن کمتر (مثلاً ۸۰۰۰ تومان) شده است. او چه فکر می‌کند؟ آیا او فکر می‌کند که یک اسکناس ۲۰۰۰ تومانی خود به خود در جیب او از بین رفته است؟ خیر، او به یاد می‌آورد که مثلاً آن را در مدرسه خرج کرده 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 تومان) شده است. آیا او فکر خواهد کرد که پول خود به خود در جیبش به وجود آمده است؟ خیر، او 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 خود به خود نیز به وجود نمی‌آید و همواره ثابت می‌ماند، مگر اینکه مقداری از آن را به فرد دیگری (به دوستش یا فروشنده و...) بدهد یا اینکه مقداری پول از کسی دریافت کند.

آزمایش‌های متعدد نشان می‌دهد انرژی یک جسم نیز چنین رفتاری دارد و قانون پایستگی انرژی نیز این رفتار را بیان می‌کند. بنابراین قانون:

انرژی یک جسم هیچ گاه از بین نمی‌رود و خود به خود نیز به وجود نمی‌آید و همواره پایسته (ثبت)
می‌ماند، مگر اینکه مقداری از آن را به جسم دیگری بدهد یا اینکه از جسم دیگری انرژی دریافت کند.

مثال ۷



توب ساکنی را روی سطح افقی زمین در نظر بگیرید. با پا به آن ضربه‌ای می‌زنید و توب شروع به حرکت می‌کند. این آزمایش را با قانون پایستگی انرژی توضیح دهید.

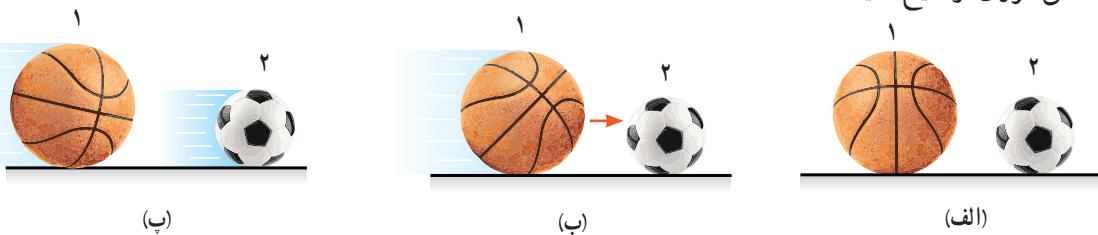
پاسخ: بنابر قانون پایستگی انرژی، اگر به توب انرژی منتقل نشود، باید انرژی آن پایسته بماند. پس تا وقتی به آن ضربه نزنیم ساکن می‌ماند. با ضربه زدن به توب مقداری انرژی به آن منتقل کرده‌ایم و به همین دلیل توب به حرکت درآمده است.

تمرین ۴

در مثال قبل اگر جرم توپ 5 kg و سرعت آن هنگام جدا شدن از پا 1 m/s باشد، انرژی انتقال یافته به توپ در اثر ضربه چند زول است؟

مثال ۷

در شکل الف توپ‌های ۱ و ۲ روی زمین ساکن‌اند. به توپ ۱ طوری ضربه می‌زنیم که به طرف توپ ۲ حرکت کند (شکل ب). پس از برخورد آنها، توپ ۲ شروع به حرکت می‌کند و سرعت توپ ۱ کاهش می‌باید (شکل پ). این آزمایش را با قانون پایستگی انرژی توضیح دهید.



پاسخ: بنابر این قانون توپ ۱ در اثر ضربه انرژی گرفته و به حرکت درآمده است. پس از برخورد آن به توپ ۲، مقداری از انرژی توپ ۱ به ۲ منتقل شده است. پس انرژی توپ ۱ در نتیجه سرعت آن کاهش یافته و در عوض توپ ۲ با گرفتن انرژی به حرکت درآمده است.

در این مثال‌ها دیدید که انرژی جسم ثابت می‌ماند، مگر اینکه به طریقی به آن انرژی داده یا از آن انرژی گرفته شود. اکنون یک حالت جدید را بررسی می‌کنیم. خودرویی را در نظر بگیرید که ساکن است. راننده، خودرو را روشن می‌کند و در یک جاده افقی شروع به حرکت می‌کند. خودرو از جسم دیگری انرژی دریافت نکرده است، پس انرژی جنبشی آن از کجا آمده است؟

انرژی جنبشی خودرو از تبدیل انرژی شیمیایی موجود در سوخت آن حاصل شده است. توجه داریم که وقتی خودرو شروع به حرکت می‌کند همه انرژی شیمیایی سوخت تبدیل به انرژی جنبشی نمی‌شود، بلکه بخش زیادی از آن به انرژی درونی خودرو و محیط اطرافش تبدیل می‌شود و سبب گرم شدن آنها می‌گردد. بنابراین می‌گوییم، **انرژی خلق یا نابود نمی‌شود؛ بلکه از شکلی به شکل دیگر تبدیل یا از جسمی به جسمی دیگر منتقل می‌شود.**

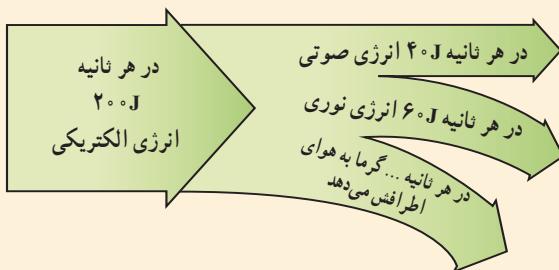
تمرین ۵

تبدیل انرژی در هر دستگاه را می‌توان با نمودارهایی نشان داد که پهنای هر نوار در آن با مقیاس مناسبی، نشان دهنده یک شکل از انرژی است. با استفاده از قانون پایستگی انرژی، جاهای خالی در شکل‌های الف و ب را پرکنید.

ب) موخشک کن (سیشور)



الف) تلویزیون



۵-۱ انرژی پتانسیل گرانشی

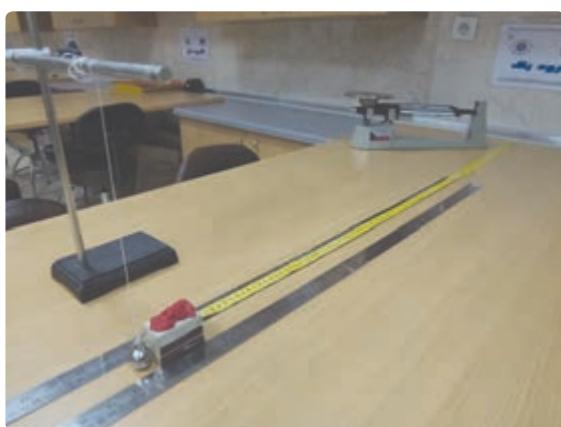
در پارک تفریحی پدری کودک خود را روی سرسره می گذارد و رها می کند. کودک روبه پایین به حرکت درمی آید و به تدریج سرعت و انرژی جنبشی اش بیشتر می شود. انرژی جنبشی کودک از کجا آمده است؟ تجربیات روزمره دیگری هم به ما نشان می دهند که جسمی که در بلندی قرار دارد می تواند به حرکت درآید. یعنی اجسامی که از سطح زمین بالاتر هستند انرژی دارند و این انرژی می تواند به انرژی جنبشی تبدیل شود.

انرژی ای که هر جسم به دلیل قرار گرفتن در ارتفاع نسبت به زمین دارد را انرژی پتانسیل گرانشی می نامیم.

آزمایش کنید ۱

وسیله های آزمایش : ریل پرده ساده و یا چند خط کش (به طول تقریبی 5 متر) - پایه - نخ - وزنه قلاب دار - مکعب چوبی (جرم آن با وزنه قلاب دار برابر باشد و یا با چسباندن خمیر بازی هم جرم شود) - گیره پرده - چسب نواری (در صورت امکان چسب حرارتی)

شرح آزمایش :



- ۱- گیره پرده را داخل ریل قرار دهید.
- ۲- مکعب چوبی را روی ریل و مماس بر گیره قرار دهید و گیره را به آن بچسبانید. و یا خط کش ها را به موازات هم در طرفین جعبه روی میز بچسبانید. به این ترتیب مکعب روی ریل و یا بن دو خط کش به راحتی عقب و جلو می رود.

- ۳- با پایه، نخ و وزنه قلاب دار آونگی درست کنید که در حالت تعادل بتوان وزنه را مماس بر جعبه نگهداشت.

- ۴- وزنه آونگ را با دست بگیرید و بالا بیاورید تا فاصله عمودی آن از سطح ریل پرده 1 متر باشد.

شکل ۱۱-۱- برای سادگی می توانید به جای ریل پرده از خط کش هایی در طرفین جعبه چوبی استفاده کنید.

شماره آزمایش	ارتفاع و وزنه (cm)	جا به جایی جعبه (cm)
۱	۱۰	
۲	۱۵	
۳	۲۰	
۴	۲۵	

- ۵- وزنه را رها کنید تا با برخورد به جعبه آن را حرکت دهد.
جا به جایی جعبه را اندازه بگیرید و در جدول ثبت کنید.
- ۶- آزمایش را برای ارتفاعات ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی متر تکرار کنید.
- ۷- با تحلیل عدددهای به دست آمده نتیجه را بنویسید.
- ۸- در مورد تبدیل انرژی های مربوط به این آزمایش با اعضای گروه خود بحث کنید.

در آزمایش کنید ۱ دیدید که هرچه ارتفاع وزنه بیشتر باشد انرژی پتانسیل گرانشی آن بیشتر است. به نظر شما چه عامل های دیگری در اندازه انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم مؤثرند؟

فعالیت ۲

آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد در یک ارتفاع معین از سطح زمین هرچه جرم جسمی بیشتر باشد انرژی پتانسیل گرانشی آن جسم بیشتر است.

با توجه به آزمایش هایی که انجام دادیم و آزمایش های مشابه نتیجه می گیریم که انرژی پتانسیل گرانشی هر جسم (U)، به جرم (m) و ارتفاع آن از زمین (h) بستگی دارد. این بستگی را می توانیم در رابطه ۲-۱ بیینیم.

$$U = mgh \quad (2-1)$$

در این رابطه یکای اندازه گیری انرژی از J (Joule)، جرم کیلوگرم (kg) و ارتفاع متر (m) است. g در این رابطه شتاب گرانشی زمین نام دارد و مقدار آن 9.8 m/s^2 است که معمولاً می توانیم آن را برابر با 10 m/s^2 در نظر بگیریم.

مثال ۸

انرژی پتانسیل گرانشی کوکی به جرم 10 kg را حساب کنید وقتی که بالای سرسره ای به ارتفاع 2 m نشسته است.
پاسخ :

$$U = mgh$$

$$U = 10 \times 10 \times 2 = 200 \text{ J}$$

سنگی به جرم 2 kg را از ارتفاع 4 m سطح زمین رها می کنیم. با نادیده گرفتن مقاومت هوا، سرعت سنگ را در لحظه برخورد به زمین حساب کنید.

پاسخ: در لحظه برخورد سنگ با زمین همه انرژی پتانسیل گرانشی آن پس از رهاشدن، به انرژی جنبشی تبدیل می شود؛ درنتیجه طبق قانون پایستگی انرژی داریم :

$$m = 2\text{ kg}, \quad h = 4\text{ m}, \quad g = 10\text{ m/s}^2$$

$$K = U \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mgh \Rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 4} \approx 9\text{ m/s}$$

در آزمایش کنید ۱۰۰ گرمی را تا ارتفاع 20 cm از سطح زمین بالا ببریم و رها کنیم، با نادیده گرفتن مقاومت هوا، وزنه با چه سرعتی به جعبه می رسد؟

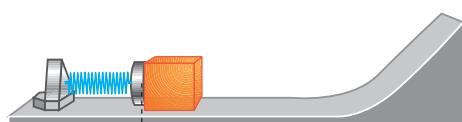
پاسخ: وزنه در ارتفاع 20 cm سانسی متري دارای انرژی پتانسیل گرانشی است که پس از رهاشدن و با پایین آمدن وزنه اين انرژی به انرژی جنبشی تبدیل می شود. بنابراین از پایستگی انرژی داریم :

$$K = U \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mgh \Rightarrow v^2 = 2gh \Rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 0.2} = 2\text{ m/s}$$

کارگری آجری به جرم 2 kg را با سرعت 8 m/s رویه بالا پرتاب می کند.

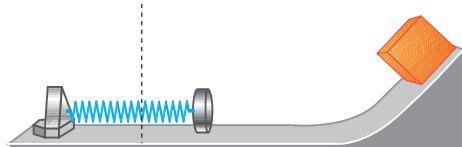
الف) انرژی جنبشی آجر در لحظه پرتاب چقدر است؟

ب) با نادیده گرفتن اتلاف انرژی، آجر تا چه ارتفاعی بالا می رود؟



۱۲-۶ انرژی پتانسیل کشسانی

مطابق شکل ۱۲-۱ هرگاه جعبه ساکن واقع در جلوی فنر فشرده را رها کنیم، جعبه به حرکت درمی آید. تجربه نشان می دهد که هرچه فشردگی فنر بیشتر باشد جعبه با انرژی بیشتری پرتاب خواهد شد.



شکل ۱۲-۱—فنر فشرده شده، جعبه ساکن را به بالای شیب پرتاب می کند.

فعالیت ۳

اگر جعبه‌ای به یک فنر وصل باشد و در ابتدا طوری جعبه و فنر را نگه داریم تا فنر کشیده شده باشد، پیش‌بینی کنید که پس از رها کردن جعبه چه رخ خواهد داد؟

انرژی ذخیره شده در فنر کشیده با فشرده شده را انرژی پتانسیل کشسانی می‌نامیم.

در زندگی روزمره با وسائل دیگری غیر از فنر آشنا هستید که در آنها نیز انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره می‌شود. از جمله این وسائل اسباب بازی‌های کوکی، تیروکمان، نیزه خمیده و تفنگ‌های ساقمه‌ای را می‌توان نام برد که در شکل ۱۳–۱ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۳–۱– تعدادی از وسائلی که در آنها از ذخیره انرژی پتانسیل کشسانی استفاده می‌شود.

فعالیت ۴

نمونه‌های دیگری مثل بزنید که در آنها انرژی پتانسیل کشسانی عامل ایجاد حرکت است.

۷-۱ منابع انرژی

در یک نگاه کلی، منابع انرژی را می‌توان به دو دستهٔ 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 جمله این منابع محسوب می‌شوند که در زیر به شرح آنها خواهیم پرداخت.

(الف) سوخت‌های فسیلی : میلیون‌ها سال طول می‌کشد تا تنه‌های پوسیده درختان یا باقی مانده

جانوران در زیر گل و لای، تحت فشار و دمای مناسب، به زغال‌سنگ یا نفت و گاز تبدیل شود. از مجموعه این مواد که سوخت‌های فسیلی نامیده می‌شوند می‌توان در صنایع پالایش و پتروشیمی

هزاران ماده مفید همچون قطران (از زغال سنگ)، بنزین، نفت سفید، نفت گاز، روغن موتور، رنگ، کود شیمیایی، دارو، پلاستیک و حتی غذا بدست آورد.

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

(ب) سوخت‌های هسته‌ای: بر اثر شکسته شدن هسته برقی اتم‌های سنگین مانند اورانیوم و توریم انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. این واکنش را **شکافت هسته‌ای** می‌نامند. همچنین بر اثر جوش خوردن هسته اتم‌های سبک مانند هیدروژن و تشکیل هسته‌های اندکی سنگین تر 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 کره زمین را فراهم می‌سازد.^۱

اکنون در بیشتر کشورهای توسعه یافته و محدودی 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 ماده شکافت پذیری مانند اورانیوم برای تولید گرما و 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 راه اندازی نیروگاه هسته‌ای بوشهر (شکل ۱۴-۱) بخش کوچکی از این برنامه‌های است. به جهت اهمیت راهبردی فناوری‌های نو و از جمله فناوری هسته‌ای در دنیای امروز، مدیران ارشد کشور در دو دهه اخیر تمرکز بیشتری روی توسعه این گونه فناوری‌ها گذاشته‌اند؛ به طوری که در زمینه تولید سوخت هسته‌ای هم اینک بخشی از این برنامه‌ها به نتیجه رسیده و امروزه ایران در رده چند کشور محدودی است که فناوری غنی‌سازی اورانیوم را به جهت استفاده در مصالح صلح‌آمیز در اختیار دارد. نیروگاه‌های هسته‌ای آلاند هایی چون CO_2 و SO_2 تولید نمی‌کنند و در نتیجه مسائل زیست محیطی ناشی از کارآئی کمتر از نیروگاه‌های با سوخت فسیلی است. البته بر اثر شکافت هسته‌ای مواد پسماند پرتوزایی تولید می‌شود که با دور ریزی درست و این‌آنها می‌توان مسائل زیست محیطی ناشی از این نیروگاه‌ها را بسیار کم کرد. همچنین طراحی صحیح و مناسب نیروگاه‌های هسته‌ای خطر ناشی از حوادث آنها را کمینه می‌سازد.

مسائل زیست محیطی ناشی از همجوشی هسته‌ای بسیار کمتر از واکنش شکافت هسته‌ای است. اما واکنش‌های آن در دماهای بسیار زیاد انجام می‌شوند که طراحی نیروگاه‌های مربوطه را به فناوری بسیار پیشرفته‌ای نیازمند می‌سازد. دانشمندان امیدوارند که در آینده با غلبه بر مشکلات مربوط به طراحی این نیروگاه‌ها، همجوشی هسته‌ای علاوه بر ستارگان و خورشید، چشمۀ مهم تولید انرژی بر روی زمین نیز بشود.

۱ - در دوره پیش‌دانشگاهی با واکنش‌های شکافت هسته‌ای و همجوشی هسته‌ای به طور کامل تری آشنا می‌شوید.

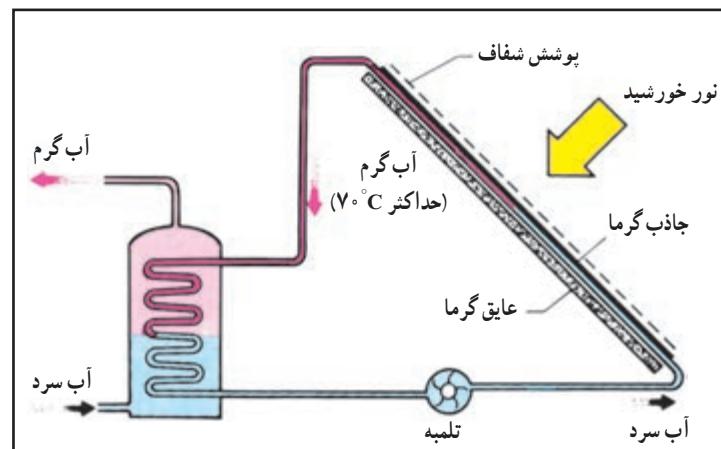


شکل ۱۴-۱ - نمایی از نیروگاه هسته‌ای بوشهر

منابع انرژی تجدیدپذیر

منابع انرژی تجدیدپذیر تمام نمی‌شوند و معمولاً آنودگی 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) و هیدروژن که با 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 فتوستنتز به صورت انرژی شیمیایی جذب گیاهان و سبب رشد آنها می‌شود. از نور خورشید برای گرم کردن، خشک کردن و حتی آتش‌زنی از زمان‌های گذشته استفاده می‌شده ولی بهره‌برداری به روش‌های جدید، در چند دهه اخیر معمول شده است.



الف— طرحی از چگونگی تبدیل انرژی نورانی خورشید به انرژی گرمایی در آب گرم‌کن‌های خورشیدی

شکل ۱۵-۱

راحت‌ترین راه بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، در آب گرم‌کن‌های با دمای کم است. در این وسیله از **صفحه‌های خورشیدی** به عنوان وسیله تبدیل انرژی استفاده می‌شود که نور خورشید را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند (شکل ۱۵-۱). از این وسیله برای تولید آب گرم خانگی با دمای حدود ۷۰°C استفاده می‌شود.

از انرژی خورشیدی می‌توان برای تولید دماهای زیاد، تا ۳۰۰°C و بالاتر، نیز بهره گرفت.

در این مورد از آینه‌های مقعر بزرگ (**کوره خورشیدی**) برای متوجه کردن پرتوهای خورشید در ناحیه‌ای کوچک استفاده می‌شود (شکل ۱۶-۱). این انرژی را می‌توان برای تبدیل آب به بخار، برای به راه‌انداختن توربین یک نیروگاه برق به کار برد.

روش دیگر بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، به کاربردن **سلول‌های خورشیدی** است که نور خورشید

را مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می‌کنند. با اتصال تعداد زیادی از این سلول‌ها می‌توان انرژی لازم را برای



شکل ۱۶-۱— نمایی از نوعی کوره خورشیدی که در آن از آینه‌های مقعر بزرگ استفاده شده است.



شکل ۱۷-۱ - خودرویی که با انرژی خورشیدی کار می‌کند.

دستگاه‌های برقی، مخابراتی و ماهواره‌ها تأمین کرد. می‌توان از این سلول‌ها برای تولید انرژی الکتریکی در مقیاس کوچک و برای نواحی دورافتاده بهره گرفت. به تازگی با گسترش فناوری ساخت این سلول‌ها می‌توان آنها را برای تولید برق در مقیاس بزرگ نیز به کار گرفت به طوری که یک نیروگاه تولید الکتریسیته از این نوع در طالقان به نام نیروگاه خورشیدی طالقان ساخته شده است. همچنین طرح‌های بسیاری برای خودروهای سبک به مرحله اجرا درآمده است که در آنها با استفاده از انرژی خورشیدی حرکت ایجاد می‌شود (شکل ۱۷-۱). هم‌اکنون روشنایی برخی از پارک‌ها و حتی چراغ‌های احتیاط و راهنمای خیابان‌ها در شهرهای مختلف ایران توسط سلول‌های خورشیدی تأمین می‌گردد.

فعالیت ها

معماری سنتی ایران، به ویژه در مناطق گرمسیری، نشان‌دهنده توجه خاص ایرانیان در استفاده 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: انرژی باد مانند سایر منابع انرژی تجدیدپذیر از نظر جغرافیایی گسترده و در عین حال به صورت پراکنده و تقریباً همیشه در دسترس است. بیشترین منابع انرژی باد در نواحی ساحلی و کوهستانی واقع شده‌اند. بهره‌برداری از انرژی باد توسط توربین‌های بادی تفکری بسیار قدیمی است. کاربرد آسیاب‌های بادی پیش از قرن دهم میلادی در ایران معمول بوده و در قرن هیجدهم در اروپا گسترش فراوان داشته است. آسیاب‌های بادی با استفاده از انرژی باد سنگ‌های آسیاب را می‌چرخانند و بدین وسیله دانه‌های غلات را خرد می‌کنند. آسیاب‌های بادی خواه به صورت قدیمی یا به صورت جدید با اصول یکسانی کار می‌کنند. پره‌های آسیاب (توربین بادی) پیچش خاصی دارند که وقتی باد به آنها برخورد می‌کند آسیاب یا توربین را می‌چرخاند و در واقع انرژی باد باعث چرخش توربین می‌گردد.

امروزه از انرژی باد بیشتر برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شود (شکل ۱۸-۱). چرخش توربین باد باعث چرخش قسمت چرخنده (روتور) مولد برق می‌شود و بدین ترتیب انرژی الکتریکی تولید می‌گردد.

براساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط انجمن جهانی انرژی باد، این انرژی تا سال ۲۰۲۰ قادر به تأمین دست کم ۱۲٪ از برق مصرفی جهان خواهد بود. همچنین ظرفیت نصب شده جهانی در این سال به حداقل ۱۵۰۰ گیگاوات خواهد رسید که حدوداً برابر با انرژی حاصل از ۱۵۰ نیروگاه هسته‌ای است. به طور کلی با استفاده از انرژی باد به عنوان یک منبع انرژی در درازمدت می‌توان دو برابر مصرف انرژی الکتریکی فعلی جهان را تأمین کرد.

از مزایای بهره‌برداری از انرژی باد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- عدم نیاز توربین‌های بادی به سوخت، که در نتیجه از میزان مصرف سوخت‌های فسیلی می‌کاهد.
- رایگان بودن انرژی باد



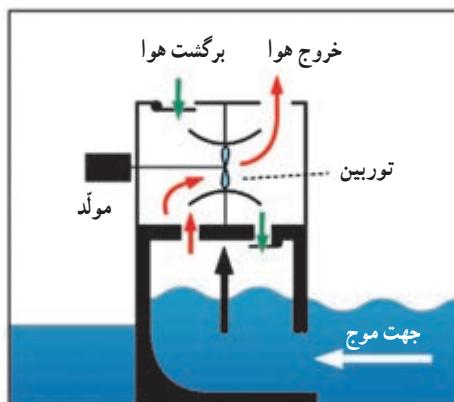
شکل ۱۸-۱ - تصویری از نیروگاه بادی منجیل

- ۳- کمتر بودن نسبی قیمت انرژی حاصل از باد نسبت به انرژی های فسیلی
 ۴- عدم نیاز به آب

۵- کم بودن آلودگی زیست محیطی آن نسبت به سوخت های فسیلی

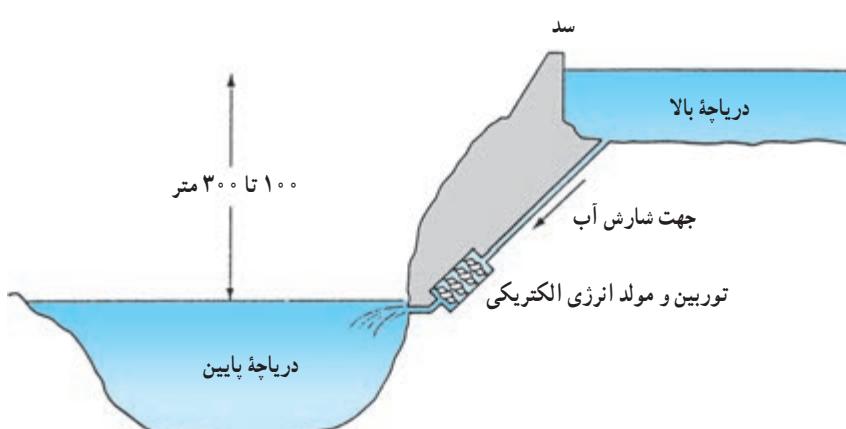
پ) انرژی امواج دریا: افت و خیز امواج دریا را می توان به کمک نوعی مبدل به انرژی

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 در تأمین انرژی لازم برای مردمانی به کار می‌رود که در جزیره‌ها زندگی می‌کنند. در شکل ۱۹-۱ طرحی از چگونگی مهار انرژی امواج دریا را مشاهده می‌کنید.



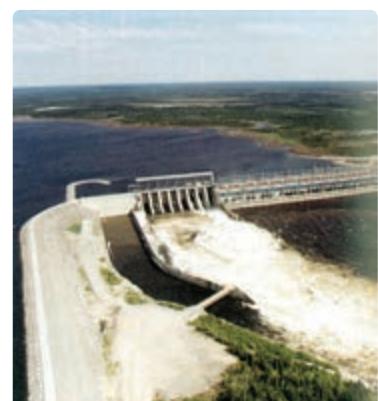
شکل ۱۹-۱- موج در داخل محفظه بالا می‌رود.
 آب بر هوای داخل محفظه نیرو وارد می‌کند. این هوای توربین را می‌چرخاند و مولد را راه می‌اندازد.

ت) انرژی برق آبی (هیدروالکتریک): در مناطقی که بارش سالانه آنها زیاد است و یا رودخانه‌های پرآبی دارند با ساخت سد و احداث دریاچه‌های مصنوعی آب را ذخیره می‌کنند تا هم مصرف آب در طول سال مدیریت شود و هم انرژی الکتریکی تولید شود (شکل ۲۰-۱). آب از دریچه‌های روی دیواره سد خارج می‌شود و در مسیر کanalی حرکت می‌کند که به همین منظور ساخته شده است.



ب - با پایین آمدن آب، انرژی پتانسیل گرانشی به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود و پره‌های توربین را می‌چرخاند.

شکل ۲۰-۱



الف - آب از دریچه‌های روی دیواره سد خارج می‌شود.

با پایین آمدن آب از کanal انرژی پتانسیل گرانشی آن به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود. در پایین کanal آب با برخورد به پرهای توربین آنها را می‌چرخاند. چرخش توربین باعث چرخیدن قسمت چرخنده مولد جریان برق (روتور) و تولید انرژی الکتریکی می‌شود (شکل ۱-۲۱).

نیروگاه‌های برق آبی از منبع انرژی‌ای استفاده می‌کنند که در صورت مصرف نشدن هدر می‌رود. علاوه بر آن موجب آلودگی محیط زیست هم نمی‌شوند.

امروزه حدود ۲۰ درصد از انرژی الکتریکی تولید شده در جهان برق آبی است. این سهم در ایران حدود ۱۰ درصد است، که به کم‌آبی کشور ایران باز می‌گردد.

ث) انرژی زمین‌گرمایی: انرژی زمین‌گرمایی به گرمای موجود در زیر سطح کره زمین گفته می‌شود. مقدار این انرژی به مراتب بیشتر از مصرف فعلی انرژی در جهان است، ولی تولید آن، به جز در نواحی‌ای که به عنوان محل آتش‌نشان یا زلزله شناخته می‌شوند، بسیار کم است.

برای استفاده از انرژی زمین‌گرمایی، مطابق شکل ۲۲-۱، آب سرد را از طریق مجرای (چاه تزریق) به طرف صخره‌های داغ، در عمق زمین می‌فرستند و آن را از طریق مجراهای (چاه‌های تولید) دیگر به صورت آب گرم خارج می‌کنند. از این آب گرم می‌توان برای گرم کردن خانه‌ها و به کارانداختن یک توربین بخار مولد برق استفاده کرد.

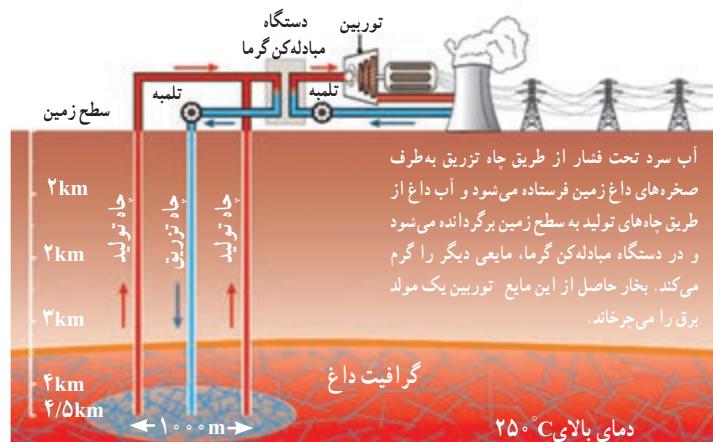
انرژی زمین‌گرمایی در صورتی تجدیدپذیر محسوب می‌شود که انرژی برداشت شده بیش از انرژی‌ای که از طریق مرکز زمین (این انرژی، براثر واکنش‌های هسته‌ای به صورت پیوسته تولید می‌شود) جایگزین می‌شود نباشد و همچنین مقدار آب تزریق شده و آب خارج شده برابر باشد.

شکل ۱-۲۱-چرخش توربین باعث تولید انرژی الکتریکی می‌شود.



ب- نمایی از یک نیروگاه زمین‌گرمایی

الف- طرحی از چگونگی استفاده از انرژی زمین‌گرمایی



شکل ۲۲-۱

ج) زیست توده (بیومس): زیست توده همه اجزای قابل تجزیه زیستی از محصولات و زایدات کشاورزی، صنایع جنگلی و سایر صنایع مرتبط، فاضلاب‌ها و زباله‌های شهری و صنعتی است. تفاله دانه‌های روغنی و کاه، ضایعات کشاورزی مانند نیشکر و چغندر، فضولات حیوانی، فاضلاب‌ها و زباله‌های شهری، پسماندهای صنایع غذایی، چوبی و جنگلی و ... از جمله منابع زیست توده هستند.

انرژی زیست توده، بعد از انرژی خورشیدی بالاترین پتانسیل انرژی را دارد و در حال حاضر بالاترین سهم مصرف را در میان انرژی های تجدیدپذیر به خود اختصاص داده است. منابع انرژی حاصل از زیست توده می تواند مانند برق و یا حامل های انرژی چون سوخت های گازی و مایع نیاز بخشن های مختلف جامعه بشری را تأمین کند. منابع زیست توده حاوی ترکیبات آلی با مولکول هایی هستند که اغلب آن ها پلیمر هستند. این مولکول ها در طی فرایندهای هضم (مدفون در زمین، داخل مخازن مخصوص و یا رها شده در طبیعت) شکسته و به مولکول های ساده تبدیل می شوند. محصول نهایی این فرایند، گازی قابل اشتعال به نام بیوگاز است. این گاز شامل دو جزء عمدۀ متان و کربن دی اکسید است. این مخلوط گازی با ارزش حرارتی ۴۰ تا ۷۰ درصد ارزش حرارتی گاز طبیعی، می تواند به شکل های مختلف مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۲۳-۱).



ب - نمایی از نیروگاه تولید انرژی از زیست توده
استحصال بیوگاز
شکل ۲۳-۱



الف - تصویری از چاه واقعی
استحصال بیوگاز

گفته می شود محمد بن حسین عاملی معروف به شیخ بهایی جزء نخستین کسانی بوده که از بیوگاز حاصل از زیست توده (فاضلاب انسانی) استفاده کرده و آن را به عنوان سوخت یک حمام در اصفهان به کار برده است.

امروزه سوخت های زیستی مایع مانند بیوتانول، بیومتانول و بیودیزل در کشورهای زیادی مورد توجه و استفاده قرار گرفته اند. در کشور بزریل بخش زیادی از مصارف بنزین و گازوئیل با این سوخت های جدید جایگزین شده است و در برخی از کشورها از این سوخت به عنوان ماده افروزنده به بنزین به عنوان جایگزین سرب برای بهسوزی و ... استفاده می شود.

چ) هیدروژن: امکان دسترسی به انرژی های نو و تجدیدپذیر در هر زمان و مکانی وجود ندارد. می توان با استفاده از منابع انرژی نو و همین طور با استفاده از منابع انرژی فسیلی، هیدروژن تولید کرد. یکی از راه های تولید هیدروژن الکترولیز آب به وسیله جریان الکتریکی است. هیدروژن از فراوان ترین عناصر موجود در سطح زمین است. هیدروژن تولید شده را به شکل های مختلفی مثل گاز یا مایع ذخیره و به محل مصرف منتقل می کنند. به این ترتیب هیدروژن به عنوان یک واسطه عمل می کند که انرژی را از منابع انرژی نو یا منابع انرژی فسیلی می گیرد و به محل مصرف می رساند. در محل مصرف، می توان هیدروژن را به عنوان سوخت در موتورهای احتراق داخلی سوزاند، یا از آن

شیخ بهایی

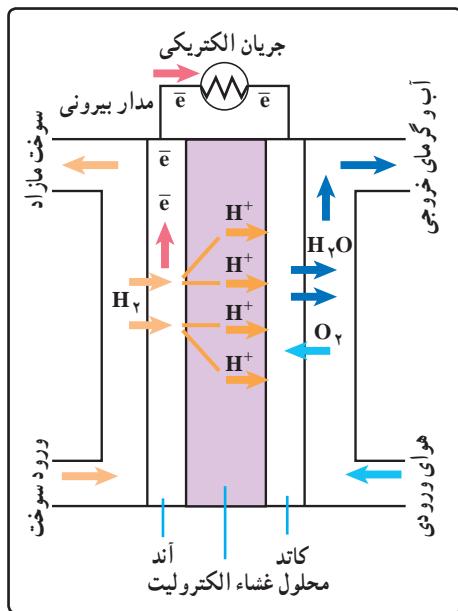


بهاء الدین محمد بن حسین عاملی معروف به شیخ بهایی در سال ۹۲۵ هجری شمسی در بعلک لبنان پرورده شد. در این سن اندکی بعد به جبل عامل رفت. در زمانی که شیخ بهایی تقریباً ۱۳ سال داشت،

به همراه پدر به قزوین کوچ کرد که در آن زمان پاپتخت صفویان بود. شیخ بهایی در همین شهر فارسی را آموخت و تا ۳۱ سالگی در همین شهر سکنی گزید و سپس به امر شاه تهماسب عازم هرات شد. پس از آنکه شاه عباس اول بر تخت سلطنت نشست، پاپتخت را از قزوین به اصفهان منتقل کرد و شیخ بهایی نزدیک اصفهان کوچ کرد. از شیخ بهایی پیش از ۱۰۰ رساله و کتاب در حوزه های مختلف علوم دین و غیر آن به زبان های فارسی و عربی بر جای مانده است.

گفته شده است شیخ بهایی در ریاضی و معماری و مهندسی هم دستی بر آش داشت. برخی بڑوهنگان بر این عقیده اند که تعدادی از بناهای معروف دوره صفویه نتیجه تدبیر و طراحی او بوده است، گرچه برخی دیگر از بڑوهنگان با این امر موافق نیستند. مشهورترین ساخته منتسب به شیخ بهایی، کوره مشهور او در حمام موسوم به شیخ بهایی بوده است. این کوره تنها با یک شمع، آب حمام را گرم می کرد. در واقع طبق طراحی، فاضلاب شهر به وسیله لوله های در مخزنی جمع آوری می شد. از این فاضلاب گاز مatan متصاعد می شد که گازی قابل اشتعال است. سپس این گاز به محل شمع هدایت می شد و چون فاضلاب همواره وارد مخزن می شد، شعله شمع برافروخته باقی می ماند. شمع، مخزن آبی از جنس طلا را گرم می کرد که انتخاب طلا به دليل رسانایی بالای آن در انتقال گرماست. شیخ بهایی علاوه بر علمه طبیعی، در سیاست، ادبیات، فلسفه، عرفان و فقه نیز سرآمد دوران خود بود. از شاگردان معروف شیخ بهایی می توان به ملاصدرا شیرازی و ملامحسن فیض کاشانی اشاره کرد. شیخ بهایی در سال ۱۰۰۰ هجری شمسی در اصفهان درگذشت و بنا به وصیت خویش در مشهد به خاک سپرده شد.

در پیل های سوختی استفاده کرد. پیل سوختی هیدروژن و اکسیژن را مصرف و با یک واکنش شیمیایی الکتریسیته تولید می کند (شکل ۱-۲۴). پیل های سوختی و موتورهای احتراقی که هیدروژن مصرف می کنند آلاینده های شیمیایی و آلودگی زیست محیطی ندارند، بنابراین هیدروژن را یک حامل انرژی پاک می نامند. در چنین پیل های سوختی برخلاف باتری ها تازمانی که به آنها سوخت رسانده شود از کار نمی افتد و نیاز به شارژ مجدد ندارند. امروزه سلول های سوختی تازه ای نیز به بازار راه یافته اند که در آنها به جای گاز خطرناک و آتش گیر H_2 از سوخت های ارزان تری مثل گاز شهری استفاده می کنند.



شکل ۱-۲۴-۱—در این پیل سوختی، اتم های هیدروژن آند، در حضور اکسیژن های کاتد به یون های هیدروژن و الکترون شکسته می شوند. یون های هیدروژن به غشاء الکترولیت نفوذ کرده و به سمت کاتد می روند، اما الکترون ها نمی توانند از محلول غشاء عبور کنند زیرا برای جابه جایی الکترون ها به وسیله ای خارجی نیاز است و بنابراین الکترون ها مجبور به طی مدار بیرونی تعییه شده در شکل می شوند که همین باعث تولید جریان الکتریکی می شود. در کاتد، الکترون ها و یون های هیدروژن با اکسیژن ترکیب شده و تشکیل آب می دهند.

فعالیت ۷

در مورد مزايا و معایب انواع پیل های سوختي، و نحوه عملکرد آنها تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس گزارش کنيد.

۱-۸ بهینه سازی مصرف انرژی

صرف روز افزون و بی رویه انرژی، به خصوص سوخت های فسیلی، مسائل و مشکلات فراوانی را برای انسان و محیط زیست کره زمین به وجود آورده است. لازم است این مشکلات را بشناسیم و روش های برطرف کردن آن مسائل و بهترین راه مصرف انرژی را بیابیم تا زندگی انسان دوام یابد و توسعه پایدار صورت گیرد.

هر گونه مصرف انرژی در نهایت صرف گرم کردن محیط می شود. به عنوان مثال یک خودرو در حال حرکت را در نظر بگیرید. خودرو در اثر احتراق بنزین انرژی جنبشی کسب می کند. در اثر احتراق موتور گرم می شود. برای خنک کردن موتور از آبی استفاده می شود که به دور آن می گردد. آب نیز در رادیاتور به وسیله جریان هوای خنک می شود و درنتیجه هوای را گرم می کند. انرژی جنبشی نیز در اثر اصطکاک با سطح جاده و ترمز کردن به انرژی درونی تبدیل می شود و صرف گرم کردن محیط می شود. بنابراین در یک سفر که از یک محل به محل دیگر می رویم، بیشتر انرژی شیمیایی بنزین به روش های مختلف صرف گرم کردن محیط می شود. به عنوان یک مثال دیگر، می توان نیروگاهی را در نظر گرفت که با نوعی سوخت فسیلی کار می کند.

مقداری از انرژی شیمیایی سوخت در این نیروگاه به انرژی الکتریکی تبدیل می شود و بقیه به روشهای گفته شد، صرف گرم کردن محیط می شود. انرژی الکتریکی از طریق شبکه سراسری برق به خانه ها منتقل و در آنجا برای مقاصد گوناگون به کار گرفته می شود. بخشی از این انرژی صرف روشنایی منزل می شود.

انرژی نورانی توسط دیوارها و وسیله‌های موجود در اتاق جذب و باعث گرم ترشدن فضای اتاق می‌شود. بخشی دیگر، صرف راه اندازی وسیله‌های برقی می‌شود که در نهایت آنها نیز محیط را گرم می‌کنند. به این ترتیب می‌بینیم که در زنجیره تبدیل منابع انرژی همواره در انتهای به نوعی از انرژی می‌رسیم که در عمل غیرقابل استفاده و موجب گرم شدن محیط است.

فعالیت ۷

چند وسیله برقی را در گروه خود در نظر بگیرید و توضیح دهید که انرژی الکتریکی ای که به هر یک از آنها داده می‌شود، چگونه در نهایت به گرم ترشدن محیط می‌انجامد.

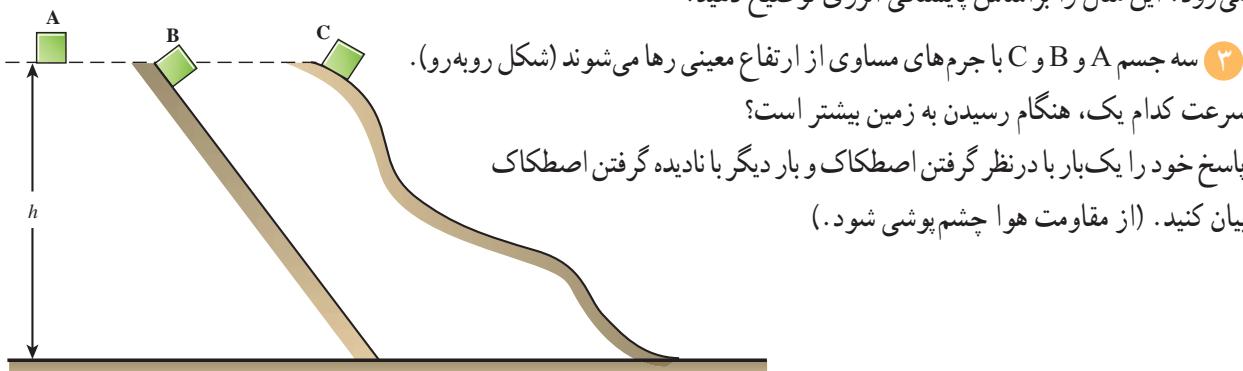
باید دانست که، با توجه به توسعه اقتصادی کشورها، مصرف انرژی در حال افزایش است و برآورد شده است که در هر ۱۰ سال مصرف انرژی دو برابر می‌شود. اما چون پیشتر انرژی‌ها از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود که منابع محدودی دارند (پیش‌بینی می‌شود که ذخیره‌های نفت خام تا چند دهه دیگر پایان می‌یابد) مصرف سوخت‌های فسیلی انواع آلدگی‌هارا به همراه می‌آورد که بهشت برای شهر و ندان زیان آور است و باعث تشدید بعضی بیماری‌ها می‌شود. صرفه جویی و استفاده بهینه از منابع انرژی ضروری است. با استفاده پیشتر از وسیله‌های نقلیه عمومی، به جای استفاده از وسایل شخصی، می‌توان در جهت کاهش مصرف سوخت و کاهش آلدگی 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 صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی را نیز در فصل سوم مورد بحث قرار می‌دهیم.

فعالیت ۸

در گروه خود تحقیق کنید، گرم ترشدن هوای کره زمین چه اثرهای نامطلوبی می‌تواند بر زندگی بشر و محیط زیست داشته باشد. نتیجه تحقیق خود را به کلاس درس ارائه دهید.

۱ شیری با خوردن یک گوزن انرژی کسب می‌کند. شرح دهید چگونه منشأ اصلی این انرژی خورشید است؟

۲ توپی 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.



A

B

C

D

E

۳ در شکل رو به رو گلوله‌ای از نقطه A رها شده و به سطح زمین (نقطه E) رسیده است. نقطه‌های C, B, D و E در امتداد قائم و در فاصله‌های مساوی قرار دارند. اگر انرژی پتانسیل گرانشی در سطح زمین صفر باشد، در چه نقطه‌ای ممکن است انرژی پتانسیل و جنبشی باهم برابر باشند؟ (از مقاومت هوا چشم پوشی نمایید).

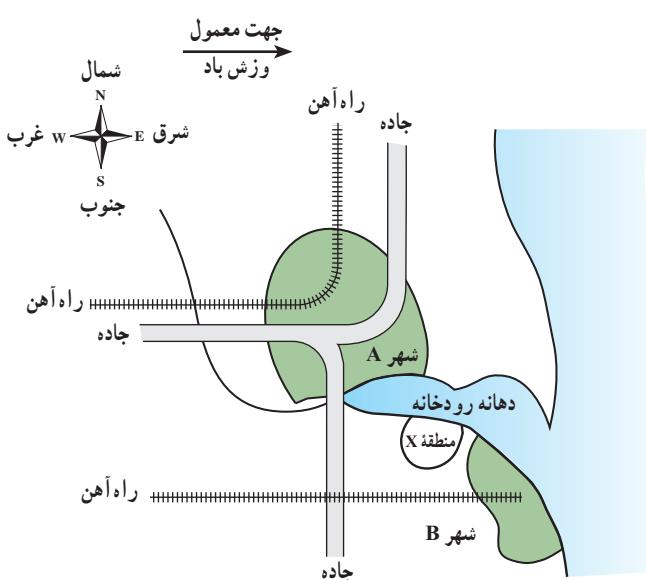
چشم پوشی کنید)

۴ دو منبع انرژی تجدیدپذیر را نام ببرید که افراد زیر توانند از آنها استفاده کنند.
الف) کسانی که در نواحی کوهستانی زندگی می‌کنند.

ب) کسانی که در نواحی کویری زندگی می‌کنند.

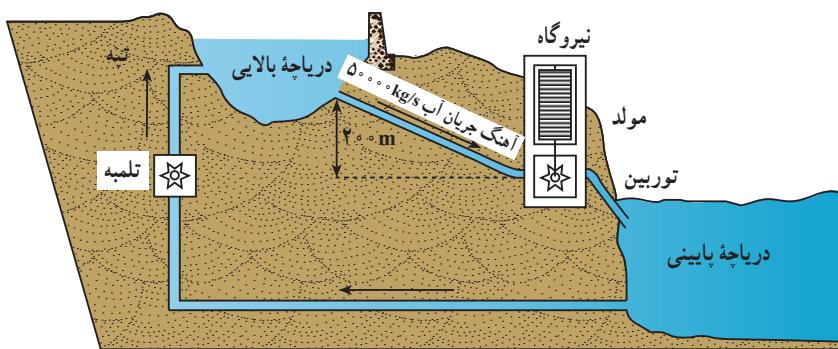
پ) کسانی که در نواحی ساحلی زندگی می‌کنند.

ت) کسانی که در نواحی دارای چشمه‌های آب گرم زندگی می‌کنند.



۵ نقشه شکل رو به رو وضعیت شهرهای A و B را در حاشیه یک رودخانه و در دهانه آن نشان می‌دهد. شهر A به خاطر ماهیگیری و حمل و نقل اهمیت دارد. باد معمولاً از غرب می‌وزد و جاده و راه آهن‌های عمده شهر در نقشه مشخص شده است. قرار است در منطقه X ایستگاهی برای تأمین برق ناحیه ساخته شود. این ایستگاه می‌تواند از انرژی هسته‌ای یا زغال‌سنگ استفاده کند.
الف) مزیت‌ها و عیوب‌های هر یک از این دو روش را بنویسید.

ب) شما برای این منطقه کدام روش را پیشنهاد می‌کنید؛ دلیل‌های خود را بنویسید.



۷ در یک شبکه برق مقدادی مصرف انرژی در ساعت‌های مختلف شباهه روز متفاوت است. نیروگاه‌های تلمبه – ذخیره‌ای وظیفه انتقال مقدادی انرژی اضافی تولید شده در زمان مصرف انرژی کم به زمان‌های اوج مصرف را بر عهده دارند. این کار از طریق تلمبه 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 برق – آبی با رهاسازی آب ذخیره شده در سد بالادست، انرژی پتانسیل ذخیره شده در زمان مصرف کم را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند.

- 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 دوباره آب به دریاچه بالایی از کجا تأمین می‌شود؟
 ت) چه نوع تبدیل انرژی هنگام جریان یافتن آب از دریاچه بالایی به دریاچه پایینی انجام می‌شود؟

مسئله‌ها

۱ با توجه به جدول ۲-۱ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

- الف) اگر شخصی یک شباهه روز بخواهد، چه مقدار انرژی مصرف می‌کند؟
 ب) انرژی‌ای که برای ۵ دقیقه نشستن در کلاس مصرف می‌شود بیشتر است یا انرژی‌ای که صرف ۲۰ دقیقه دوچرخه‌سواری با سرعت کم می‌شود؟

- ۲ شخصی به طور متوسط، روزانه 12000 kJ از انرژی مصرف می‌کند. آیا این شخص می‌تواند انرژی موردنیازش در یک روز را با مصرف مواد زیر تأمین کند؟ (از جدول ۱-۱ استفاده کنید).
- ۵۰ پنیر، $g = 100$ سیب، $g = 200$ پلو، $g = 200$ نان، $g = 150$ گوشت پخته، $g = 200$ شیر، $g = 100$ سیب‌زمینی پخته، $g = 100$ کرفس.

۳ انرژی جنبشی اجسام زیر را به دست آورید.

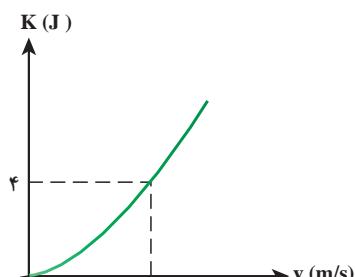
- الف) شخصی به جرم 60 kg که با سرعت 4 m/s در حال دویدن است.
 ب) گلوله‌ای به جرم $g = 20 \text{ g}$ که با سرعت 200 m/s از دهانه تفنگی خارج می‌شود.
 پ) خودرویی به جرم یک تن که با سرعت 72 km/h در حال حرکت است.
 ت) زمین که با سرعت تقریباً $10^4 \text{ m/s} \times 3$ به دور خورشید می‌چرخد. (حرکت چرخشی زمین به دور خودش را در نظر نگیرید. جرم زمین تقریباً $kg = 10^{24} \times 6 \times 10^6$ است)
 ث) الکترونی که با سرعت $m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ در حالت حرکت است.

۱) یک بازیکن حرفه‌ای با شوت کردن یک توپ 5 kg کیلوگرمی، به آن انرژی ای معادل $156/25\text{ J}$ می‌دهد. سرعت این توپ هنگام جدا شدن از پای بازیکن چند m/s است؟

۲) جرم خودرویی با راننده حدود 130 kg است.

الف) انرژی جنبشی این خودرو و راننده اش وقتی با سرعت 54 km/h در حرکت باشد چقدر است؟

ب) اگر راننده سرعت خودرو را به دو برابر (یعنی 108 km/h) برساند انرژی جنبشی چند برابر می‌شود؟



۳) نمودار تغییرات انرژی جنبشی جسمی بر حسب سرعت آن، همانند شکل رو به رو است.

الف) جرم این جسم چقدر است؟

ب) وقتی سرعت این جسم 5 m/s است، انرژی جنبشی آن چقدر است؟

۴) بهداد سلیمی قهرمان وزنه برداری سنگین وزن جهان، وزن 247 kg کیلوگرمی را در حرکت دو ضرب تا ارتفاع تقریباً 2 m تری سطح زمین بالا برد است.



الف) انرژی پتانسیل گرانشی ذخیره شده در وزنه بالای سر او در این حالت نسبت به زمین چند رُول است؟

ب) اگر وزنه از همان ارتفاع رها شود، سرعت آن در برخورد با زمین چقدر است؟

۵) توپی به جرم 20 g را با سرعت 10 m/s در امتداد قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم.

الف) انرژی پتانسیل گرانشی در بالاترین ارتفاعی که توپ به آن می‌رسد، چقدر است؟ از مقاومت هوا چشم پوشی کنید.

ب) حداکثر ارتفاعی که توپ به آن می‌رسد، چند متر است؟

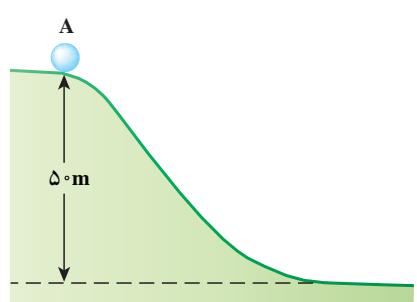
۶) گلوله‌ای به جرم 20 g با سرعت 20 m/s به مانع برخورد می‌کند و در آن فرورفته و متوقف می‌شود.

انرژی درونی گلوله و مانع چقدر افزایش می‌یابد؟

۷) مطابق شکل رو به رو گلوله کوچکی به جرم 1 kg از نقطه A از حال سکون رها می‌شود. اگر ارتفاع نقطه A از پایین تپه 5 m تر باشد:

الف) سرعت آن در پایین تپه چقدر است؟ از اصطکاک چشم پوشی شود.

ب) اگر 20 m درصد انرژی پتانسیل گرانشی که جسم در مسیر از دست می‌دهد در اثر اصطکاک تلف شود، سرعت جسم در پایین تپه چقدر می‌شود؟



۸) گلوله‌ای به جرم یک کیلوگرم به فنر تزدیک شده و با سرعت 6 m/s به آن برخورد می‌کند. اگر از اصطکاک چشم پوشی کنیم، حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی که در فنر ذخیره می‌شود چقدر است؟

۹) در یک نیروگاه برق آبی، ارتفاع آب دریاچه بالای حدود 200 m تر از توربین تزدیک دریاچه پایینی است.

الف) سرعت برخورد آب با توربین، تقریباً چقدر است؟

ب) اگر در هر ثانیه حدود 130 Tn آب به مجموعه توربین‌ها برخورد کند و بازده توربین‌ها حدود 40% درصد باشد، توان این نیروگاه چقدر است؟

پ) اگر برق مصرفی یک خانواده به طور متوسط 1600 W باشد، این نیروگاه برق چند خانواده را می‌تواند تأمین کند؟

پرسش‌ها و تمرین‌های اضافی

۱) اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط فضایپماهای خارج از جو زمین نشان می‌دهد که مقدار انرژی ناشی از تابش خورشید در هر ثانیه به ازای هر متر مربع 136 W ژول است. با باتری‌های خورشیدی می‌توان انرژی خورشیدی را به طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل کرد. اما بازده این باتری‌ها بسیار کم است (حدود 10% الی 20% درصد). اگر مساحت هریک از صفحه‌های خورشیدی 25 m^2 و بازده صفحه‌های خورشیدی 14% درصد فرض شود، توان الکتریکی تولید شده توسط این صفحه‌های خورشیدی چقدر است؟

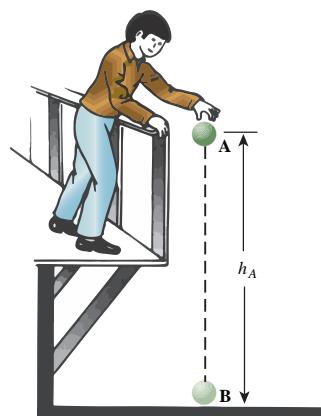
۲) در یک نیروگاه برق آبی، آب دریاچه پشت سد بالای حدود 30 m بالاتر از توربین در دریاچه پائینی است.

الف) انرژی جنبشی هر کیلوگرم آب هنگام برخورد با توربین چقدر است؟

ب) سرعت برخورد آب با توربین به طور تقریبی چقدر است؟

پ) اگر در هر دقیقه 30 t آب به مجموعه توربین‌ها برخورد کند و بازده توربین‌های 50% درصد فرض کنیم، توان این نیروگاه چقدر است؟

۳) شخصی یک توپ به جرم 30 g را از روی پلی که ارتفاع آن از سطح آب 12 m است، رها می‌کند.

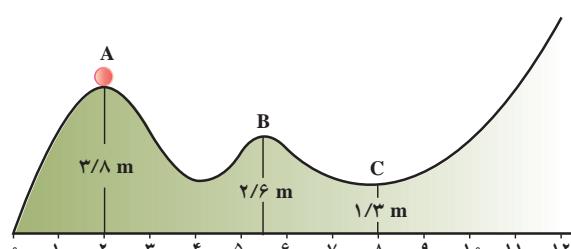


الف) سرعت برخورد توپ با سطح آب چه مقدار است؟ (از مقاومت هوای چشم‌پوشی می‌شود.)

ب) اگر 20 m درصد از انرژی پتانسیلی که توپ در مسیر سقوط از دست می‌دهد به انرژی درونی توپ و هوای تبدیل شود، سرعت توپ هنگام برخورد با سطح آب چه مقدار است؟

پ) به نظر شما اگر جرم توپ 30 g نبود، آیا سرعت برخورد توپ با آب در حالت الف تغییر می‌کرد؟ چرا؟

۴) شکل زیر مسیر حرکت جسمی را نشان می‌دهد که از نقطه A رها شده است. اگر جرم جسم 2 kg باشد؛

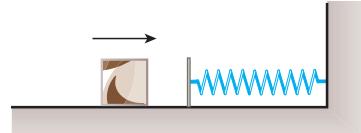


الف) به طور کیفی در مورد تغییر سرعت جسم از نقطه A تا نقطه‌ای که متوقف می‌شود، بحث کنید.

ب) انرژی پتانسیل گرانشی جسم در نقطه‌های A، B و C را به دست آورید.

پ) انرژی جنبشی گلوله در نقطه‌های A، B و C را به دست آورید.

۵) در شکل روبه‌رو جرم مکعب 2 kg است و با سرعت $1/\sqrt{8}\text{ m/s}$ به فنر برخورد می‌کند.

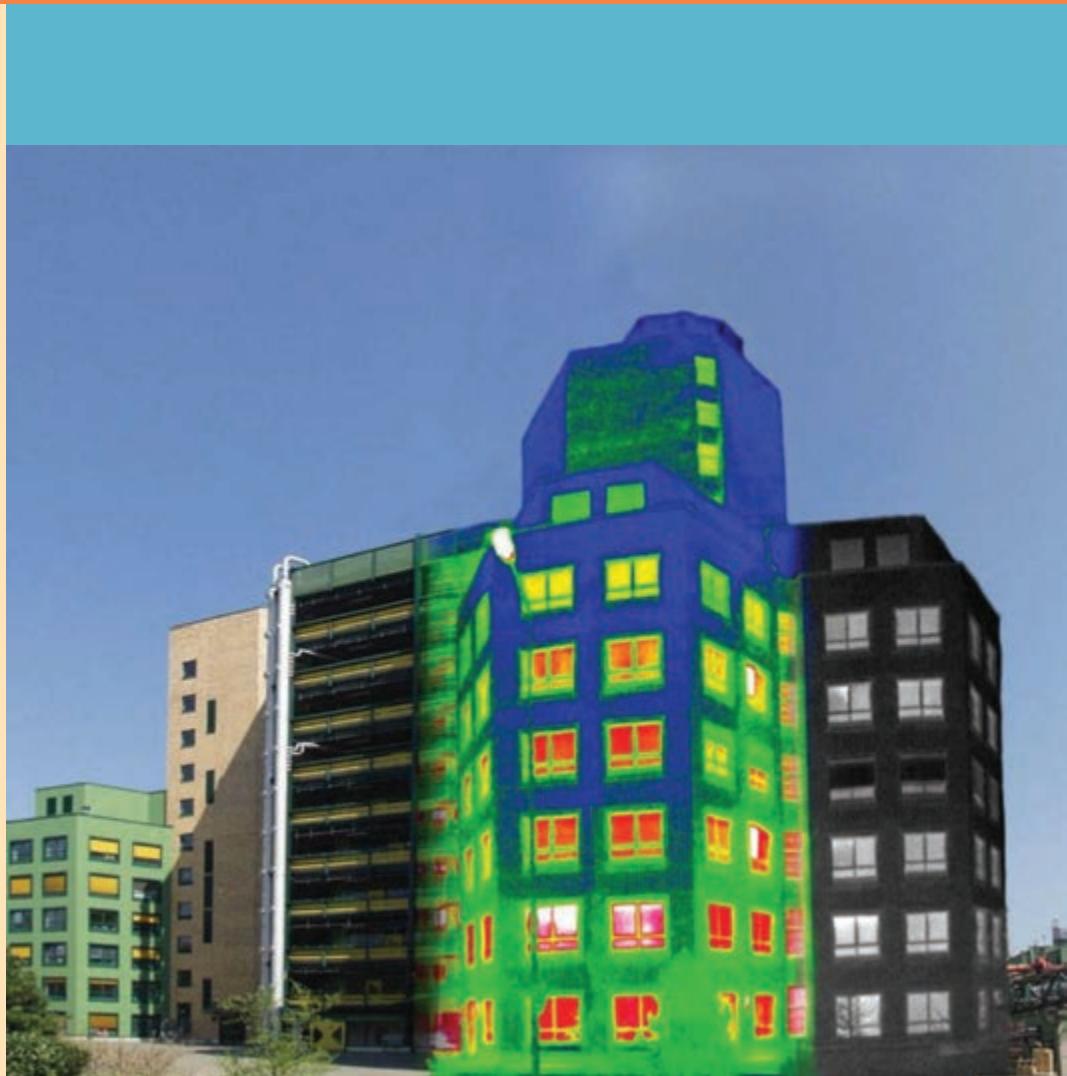


الف) حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر چند ژول است؟

ب) در بازگشت، وقتی انرژی پتانسیل کشسانی فنر 2 J است، سرعت مکعب چقدر است؟ (از اتلاف انرژی چشم‌پوشی می‌شود.)



دما و گرما



این عکس که «دمانگاشت» نام دارد، با استفاده از یک دوربین ویژه تهیه شده است. به کمک این تصویر می‌توان نشان داد که اتلاف گرما در چه بخشی از ساختمان، بیشتر روی داده است.

دماهی محیط کار و زندگی و نیز دمای جسم‌هایی که روزانه با آنها سروکار داریم معمولاً تأثیر زیادی روی نحوه 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 پرداخت می‌شود. شکل ۱-۲ برخی وسایل مختلف برای کاهش یا افزایش دما را نشان می‌دهد. ایجاد یک دمای معین و حفظ آن در فناوری و صنعت و همین‌طور در پژوهش‌های علمی اهمیت فراوان دارد. در این فصل با یادآوری مفهوم دما به شرح برخی از دماسنجهای و همچنین عایق‌بندی گرمایی، به منظور حفظ دمای مورد نظر در یک محیط می‌برداریم.



شکل ۱-۲ - برخی وسایل مختلف برای کاهش یا افزایش دما

در درس علوم راهنمایی دیدید که هرچه یک جسم گرم‌تر باشد، می‌گوییم دمایش بیشتر است و هرچه سردتر باشد، می‌گوییم دمایش کمتر است.

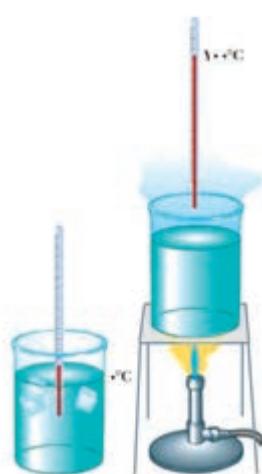
فرض کنید در یک روز سرد زمستانی، برای پذیرایی از دوست خود یک استکان چای آورده باشید. اگر دوستتان در نوشیدن چای کمی تأخیر کند، او را به نوشیدن چای ترغیب می‌کنید و می‌گویید «چای سرد شده است» و منظورتان آن است که چای سردتر از آن است که برای نوشیدن مناسب باشد. با بیان این جمله شما به هیچ وجه معلوم نکرده‌اید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

برای آنکه بتوانیم پاسخ چنین پرسش‌هایی را مشخص کنیم از کمیتی به نام **دما** استفاده می‌کنیم و به جسم‌های گرم‌تر دمای بیشتر و به جسم‌های سردتر دمای کمتر نسبت می‌دهیم. اگر دمای چند جسم را بدانیم می‌توانیم به طور دقیق بگوییم که هریک از آنها از کدام یک از جسم‌های دیگر سردتر و از کدام یک گرم‌تر است. به عبارتی دما معیاری است که میزان گرمی و سردی اجسام را مشخص می‌کند. دمای برخی اجسام را می‌توانیم به طور تقریبی به کمک حس لامسه خود برآورد کنیم. این روش یکی از ساده‌ترین و بی‌دقیق‌ترین شیوه‌های دماسنجه (شیوه اندازه‌گیری و تعیین دما) است. جالب این است که این روش را حتی کسانی هم که هیچ گونه آموزش علمی ندیده‌اند به کار می‌برند. برای مثال، بطری آب را با دستان خود لمس می‌کنیم تا بینیم که آیا به اندازه دلخواه سرد است یا نه. استکان چای داغ را نخست بالبهای خود امتحان می‌کنیم تا اگر دمای چای آن قدر بالاست که دهان را می‌سوزاند، آن را نوشیم. تب شخص بیمار را با قرار دادن دست خود روی پیشانی او تشخیص می‌دهیم.

در این گونه دماسنجه به کمک حس لامسه، تنها می‌توانیم به طور تقریبی تشخیص دهیم که دمای چه جسمی بالاتر یا پایین‌تر از دمای بدن ما است. در این تشخیص نمی‌توانیم عدد دقیقی به دمای جسم نسبت دهیم.

دماسنجه: اندازه‌گیری دقیق دما با **دماسنجه** انجام می‌شود. ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنجه، دماسنجه‌ای جیوه‌ای و الکلی است. به جز چند استثنای تمام مواد با افزایش دما منبسط و با کاهش آن منقبض می‌شوند. دما در اغلب دماسنجه‌ها با انبساط یا انقباض یک مایع (معمولًاً جیوه یا الکل رنگی) در لوله شیشه‌ای مدرج اندازه گرفته می‌شود.

در متداول‌ترین مقیاس دما، عدد صفر مختص دمایی است که آب در آن بخ می‌زند و عدد 100° به دمای جوشیدن آب (در فشار استاندارد) اختصاص دارد. فاصله بین این دو به 100° قسمت مساوی



شکل ۲-۲ - به دمایی که در آن آب بخ می‌زند عدد صفر و به دمای جوش آب عدد 100° را اختصاص می‌دهیم.

به نام درجه تقسیم شده است (شکل ۲-۲). از این رو دماسنجدی که چنین مدرج شده باشد دماسنجد با مقیاس سانتی گراد (برگرفته از سانتی (centi) به معنی «یک صدم» و گراد (grade) به معنی «درجه») نامیده می‌شود. با این همه، اکنون به افتخار آندره سلسیوس، منجم سوئدی و کسی که اولین بار این مقیاس را پیشنهاد کرد، آن را درجه‌بندی سلسیوس می‌نامند. وقتی دما بر حسب درجه سلسیوس مشخص می‌شود معمولاً آن را با θ (تا) نمایش می‌دهند.



آندره سلسیوس

منجم سوئدی در ۲۷ نوامبر ۱۷۰۱ م. (۱۰۸۰ ه.ش) به دنیا آمد و در ۲۵ آوریل ۱۷۴۴ م. (۱۱۲۳ ه.ش) درگذشت. او بنیان‌گذار رصدخانه اُپسالا^۱ بود و در سال ۱۷۴۲ م. (۱۱۲۱ ه.ش) مقیاس دمای مشهور سلسیوس را پیشنهاد داد. جالب است که او در مقیاس دمای خود برای نقطه انجماد عدد 100° و برای نقطه جوش آب عدد 0° را انتخاب کرده بود. یک سال پس از مرگ او کارل لیناوس^۲ این مقیاس را به مقیاس امروزی سلسیوس تغییر داد. او در ابتدا مقیاس خود را سانتی گراد نامید که برآمده از واژه لاتینی به معنای 100 گام است.

چگونگی استفاده از دماسنجد: برای اندازه‌گیری دما، مخزن دماسنجد را در تماس با جسمی قرار می‌دهیم که می‌خواهیم دمای آن را اندازه‌گیریم. مدتی صبر می‌کنیم تا ارتفاع مایع در لوله باریک دماسنجد دیگر تغییر نکند. آنگاه عددی را می‌خوانیم که در مقابل سطح مایع در لوله نوشته شده است. این عدد دمای آن جسم را نشان می‌دهد. بنابراین دما کمیتی است که نشان می‌دهد هر جسم، با مقیاسی استاندارد، چه قدر گرم یا سرد است.

در جدول ۱-۲ و شکل ۲-۳ برخی از دماهای مهم ارائه شده است.

جدول ۱-۲- برخی از دماهای مهم*

موضوع	دما بر حسب $^{\circ}\text{C}$
نقطه جوش هیدروژن مایع	-۲۳۵
نقطه جوش اکسیژن مایع	-۱۸۳
نقطه انجماد الكل	-۱۱۵
نقطه انجماد جیوه	-۳۹
نقطه ذوب بخش	۰
دماهی هوا در یک روز معمولی	۲۵
دماهی بدن انسان سالم	۳۷
نقطه ذوب مو	۵ $^{\circ}$
نقطه جوش الكل اتیلیک (اتانول)	۷۸
نقطه جوش آب	۱۰۰
نقطه ذوب قلع	۲۳۲
نقطه جوش جیوه	۲۵۷
نقطه ذوب طلا	۱۰۶۷
دماهی هسته زمین	3700 ± 100
دماهی سطح خورشید	5700 ± 100

* نقاط جوش، ذوب و انجماد، در فشار یک اتمسفر داده شده است.



ت) دما در فضای بین ستاره‌ای
(حدود -27°C)

ب) دمای بدن انسان
(حدود 37°C)

ب) دما در سطح خورشید
(حدود 6000°C)

الف) دما در مرکز قارچ انفجار هسته‌ای
(حدود 10°C)

شکل ۳-۲- برخی از دماهای مهم

فعالیت ۱



الف) با استفاده از جدول ۱-۲ گستره سنجش دما در دماسنج‌های جیوه‌ای را تعیین کنید.

ب) آیا با استفاده از این دماسنج می‌توان دمای قطب جنوب که به 5°C می‌رسد را اندازه‌گیری کرد؟

پاسخ دهید ۱

مایع درون دماسنج‌هایی که اصطلاحاً الكلی نامیده می‌شوند و در زندگی روزمره به کار می‌روند می‌تواند الكل، تولوئن، کروزین (فت چراغ) و یا برخی مواد دیگر باشد. به همین دلیل گستره دماسنجی آنها با محدوده نقطه جوش و انجماد الكل اتیلیک خالص متفاوت است.

اگر دماسنج مورد استفاده ما از اتانول خالص برشده باشد، آیا با این دماسنج می‌توان دمای جوش آب را اندازه‌گرفت؟

فعالیت ۲



امروزه از انواع دماسنج‌ها در زندگی روزمره استفاده می‌شود. برخی از این دماسنج‌ها عبارت‌اند از: دماسنج ترموموکوپل، تئسنج، دماسنج نواری (کربستال مایع)، دماسنج الکترونیکی و تحقیق کنید که هریک از این دماسنج‌ها چه گستره دمایی را می‌تواند اندازه‌گیری کند.

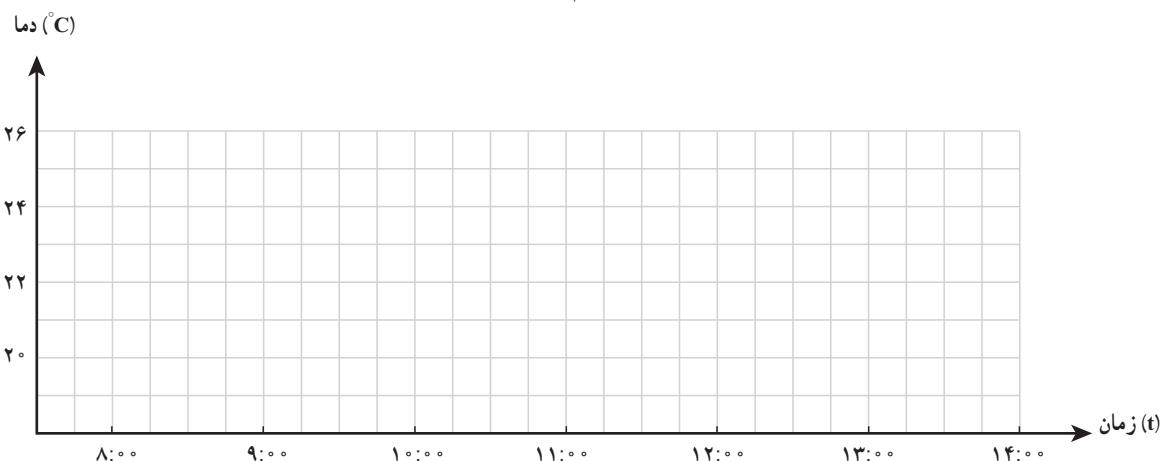
آزمایش کنید ۱

وسیله‌های آزمایش: یک دماسنجد، یک عدد ساعت.

شرح آزمایش:

۱- به کمک یک دماسنجد جیوه‌ای، دمای کلاس درس را در طول یک روز درسی در بازه‌های زمانی معین، مثلاً هر ۱۵ دقیقه یک بار، اندازه بگیرید.

۲- منحنی تغییرات دمای کلاس بر حسب زمان را در نمودار رسم کنید.



بستگی نقطه انجماد و نقطه جوش آب به فشار و ناخالصی: پیش از این گفتیم که آب در دمای 0°C می‌زند؛ ولی دیده می‌شود در مکان‌هایی که در ارتفاع بالاتری نسبت به سطح دریا قرار دارند، آب در دمای بالاتری می‌زند و به همین ترتیب در این مکان‌ها می‌زند در دمای بالاتری نسبت به سطح دریا. این می‌تواند باعث شود.

افزایش ارتفاع از سطح دریا روی دمای جوش نیز اثر می‌گذارد. آزمایش نشان می‌دهد در ارتفاع‌های بالاتر که فشار هوا کمتر است دمای نقطه جوش پایین می‌آید، و همچنین افزایش فشار باعث بالا رفتن نقطه جوش می‌شود.

وجود ناخالصی در آب نیز باعث تغییر نقطه جوش و انجماد آن می‌شود. برای مثال افزودن نمک به آب می‌تواند نقطه جوش آب را بالا و نقطه انجماد آن را بیشتر از 18°C - پایین ببرد.

با توجه به تأثیری که فشار و وجود ناخالصی بر نقطه جوش و نقطه انجماد آب دارد، به صورت دقیق‌تر می‌توان گفت:

آب خالص در جایی که فشار هوا یک اتمسفر باشد در دمای صفر درجه سلسیوس می‌زند و در دمای صد درجه سلسیوس می‌جوشد.

پاسخ دهید ۴

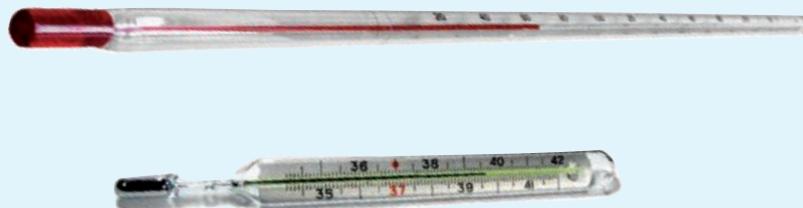


الف) دلیل افزودن ماده ضدیخ به آب رادیاتور
آتموبیل‌ها در زمستان چیست؟

ب) کوهنوردان می‌گویند که تخم مرغ در ارتفاعات
دیرتر آب پز می‌شود. دلیل این امر چیست؟ برای رفع این
مشکل چه باید کرد؟

پ) چرا غذا در دیگ زودپز زودتر پخته می‌شود؟

فعالیت ۳



با توجه به تصویرها دماسنجد
پزشکی را با دماسنجد جبوه‌ای
معمولی مقایسه کنید.

۲-۲ تعادل گرمایی، دمای تعادل

آزمایش کنید ۴

وسیله‌های آزمایش: لیوان آب، دماسنجد، چراغ گاز، وزنه فلزی قلابدار
شرح آزمایش:

- ۱- در لیوان تانیمه آب بریزید و دمای آن را اندازه بگیرید.
- ۲- وزنه را با شعله داغ کنید و آن را در لیوان بیندازید.
- ۳- به تغییر دمای آب توجه و آن را یادداشت کنید.
- ۴- پس از آنکه تغییر دما متوقف شد، وزنه را از آب درون لیوان بیرون بیاورید. آیا وزنه هنوز داغ است؟
- ۵- بار دیگر به جای داغ کردن وزنه، آن را در قسمت یخساز یخچال قرار دهید تا کاملاً سرد شود و آن را به سرعت درون آب لیوان بیندازید.
- ۶- نتیجه دو آزمایش را با هم مقایسه کنید.
از این آزمایش‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

ابن ساطر

علاوه‌الدین ابوالحسن علی بن ابراهیم ملقب به ابن ساطر شاید برجسته‌ترین منجم مسلمان قرن هشتم بوده است. از جزئیات زندگی ابن ساطر اطلاع چندانی در دست نیست. شش سال پیشتر نداشت که پدرش درگذشت و پدریزگش سربرستی او را به عهده گرفت و به او هنر کنده کاری روی عاج را آموخت. ابن ساطر حدوداً ده ساله بود که به قاهره و اسکندریه سفر کرد تا علم نجوم را یادآورد و ظاهراً توجه وی به نجوم و ابزار مربوط به این علم، از همانجا آغاز شد. یکی از کارهای این دانشمند تعیین اوقات نماز از طریق علم نجوم بود. به اسطر لاب و رُبع علاقه داشت و ساعت‌های آفتابی می‌ساخت. مهم‌ترین کار وی در علم نجوم نظریه سیاره‌ای اوست. ابوالحسن تعییرات بدیعی در الگوهای بطمبویوسی وارد کرد. نظریه سیاره‌ای ابن ساطر اولین بار در دهه ۱۳۳۰ هجری شمسی مورد پژوهش قرار گرفت. این پژوهش‌ها شان می‌داد که الگوهای او از نظر ریاضی با الگوهای کوپرنيک منطبق هستند و جنبه «زمین مرکزی» دارند. بعد از این پژوهش‌ها پرسشی جالب مطرح شد که «آیا نظریه سیاره‌ای او به اروپا انتقال یافته است یا خیر؟» در مورد این پرسش از آن به بعد تحقیقاتی انجام شده است.

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 گرم تر پایین می‌آید و این جسم سرد می‌شود و دمای جسم سرددتر بالاتر می‌رود و این جسم گرم می‌شود. تغییر دما تا جایی ادامه می‌یابد که دمای دو جسم یکسان شود. این دمای **تعادل گرمایی** دو جسم می‌نامیم. در این وضعیت می‌گوییم که دو جسم با یکدیگر در **تعادل گرمایی** اند. به عبارت دیگر جسم‌هایی که در تماس با یکدیگر باشند و دمای آنها تغییر نکند، در **تعادل گرمایی** هستند. دمای این جسم‌ها در این حالت، دمای تعادل نامیده می‌شود.



شکل ۴-۲- تعادل گرمایی از دیدگاه مولکولی

فعالیت ۴

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 درونی ظرفی را بالا بیرید، 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 قراردادن 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 نیز انرژی درونی آب افزایش یافته و انرژی درونی جسم کاهش یافته است. روشن است که مقداری انرژی از جسم به آب منتقل شده است.

در یک لیوان آب، جسمی با دمای پایین‌تر از دمای آب می‌اندازیم. آیا تغییری در انرژی درونی آب و انرژی درونی جسم رخ می‌دهد؟ انرژی از کدام جسم به دیگری منتقل می‌شود؟

اگر همین آزمایش را با جسمی انجام دهیم که دمای آن با آب یکسان باشد، تغییری در دمای جسم و آب روی نمی‌دهد. یعنی انرژی درونی آب و جسم هر دو ثابت می‌مانند.

در مثال‌های قبل دیدیم اگر دو جسم در تماس با یکدیگر اختلاف دما داشته باشند، انرژی از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر 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 **گرمایش** می‌نامیم و آن را با Q نشان می‌دهیم. به این ترتیب می‌توان گفت:

گرمایش ای است که به دلیل اختلاف دما بین دو جسم مبادله می‌شود.

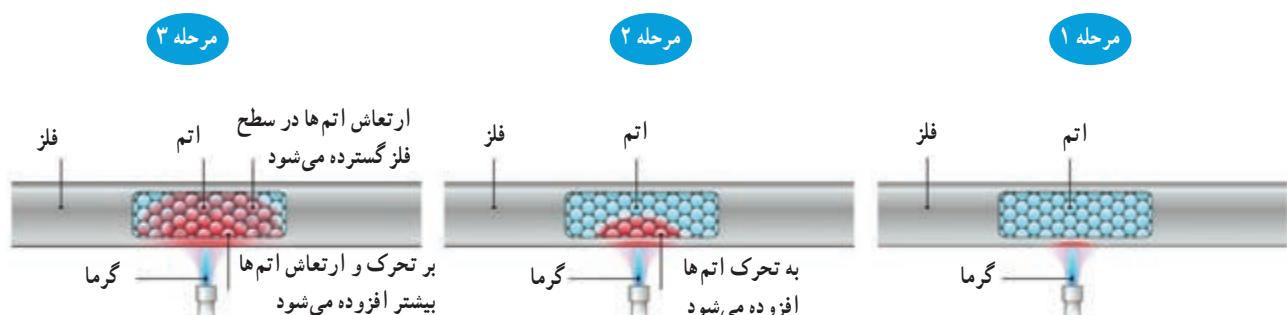
۴-۲ رسانش گرمایش

اگر یک سرمه‌ای فلزی را مطابق شکل ۲-۵ روی شعله نگه دارید، طولی نمی‌کشد که سر دیگر آن آنقدر داغ می‌شود که دیگر نمی‌توانید آن را در دست بگیرید. گرمایش سری که روی شعله است به سر دیگر منتقل می‌شود. انتقال گرمایش بین روش را **رسانش گرمایش** می‌نامیم. آتش باعث می‌شود که الکترون‌های آزاد، که می‌توانند در فلز رانده شوند، انرژی بگیرند و در برخورد با اتم‌ها و دیگر الکترون‌های آزاد انرژی را در میله منتقل کنند. شکل ۲-۶ رسانش گرمایش را در چنین میله‌ای نشان می‌دهد.

رسانش گرمایش در یک جسم به پیوند‌های ساختار اتمی یا مولکولی آن جسم مستقیم دارد. جامد‌هایی که از اتم‌های با یک یا چند الکtron خارجی سُست تشکیل شده باشند، گرمایش را خوب هدایت می‌کنند. فلز‌ها سُست ترین الکترون‌های خارجی را دارند، که می‌توانند انرژی را آزادانه از طریق برخورد در فلز منتقل کنند. به همین دلیل، آنها رساناهای بسیار خوب گرمایش هستند.



شکل ۲-۵- سرمه‌ای فلزی را در بالای شعله یک اجاق نگه داشته‌ایم.



شکل ۲-۶- چگونگی رسانش گرمایش در یک میله از دیدگاه اتمی. با برخورد الکترون‌های آزاد با اتم‌ها، بر تحرک و ارتعاش اتم‌ها افزوده می‌شود.

آزمایش کنید ۳

و سیله‌های آزمایش: چند میله فلزی هم اندازه از جنس‌های مختلف، چراغ‌گاز، سه پایه، چوب کبریت و پارافین جامد (یا واژلین) شرح آزمایش:



۱- میله‌ها را مطابق شکل رو به رو روی سه پایه قرار دهید.

۲- به انتهای هر میله، چوب کبریتی را به کمک پارافین بچسبانید.

۳- سر دیگر میله‌ها را به طور همزمان روی شعله چراغ بگیرید و کمی صبر کنید.

۴- مشاهدات خود را گزارش دهید و نتیجه گیری کنید.



با انجام این آزمایش مشاهده می‌شود که گرما در میله‌های متفاوت، با آهنگ‌های مختلفی شارش می‌کند (حریان پیدا می‌کند). نقره بهترین رسانا است و مس پس از آن قرار دارد. در میان فلزهای معمولی آلومینیوم، برنج و آهن به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. از طرف دیگر پشم، چوب، کاه، کاغذ، چوب پنبه و پلاستیک رساناهای ضعیف گرمایند، زیرا الکترون‌های خارجی این مواد دارای پیوند محکمی با اتم‌ها هستند. رساناهای ضعیف گرما را **عایق** می‌نامند.

شكل ۲-۷- از چوب و کانوچو در ساخت دسته قابل‌مدها استفاده می‌شود.

از عایق‌های گرمایی در دسته و سایل آشپزخانه استفاده می‌شود. می‌توانید دسته چوبی یک قابلمه داغ را با دست بگیرید و آن را بدون هیچ آسیبی از روی اجاق داغ بردارید. گرفتن دسته آهنی با همان دما حتماً دستتان را می‌سوزاند.

فعالیت ۲

در دوره راهنمایی برای بررسی رسانایی گرمایی آب، آزمایش نشان داده شده در شکل رو به رو را انجام داده‌اید. در این آزمایش چند قطعه یخ کوچک را درون لوله آزمایش انداخته و یک توری فلزی را روی آن قرار داده‌اید. سپس درون لوله آزمایش آب ریخته و بالای لوله را روی شعله گرفته‌اید. در حالی که آب در بالای لوله می‌جوشید، قطعه‌های یخ در پایین لوله باقی مانده بودند.



با توجه به این آزمایش، عبارت‌های زیر را کامل کنید:

الف) دما در پایین لوله تقریباً و در بالای آن است.

ب) این آزمایش نشان می‌دهد که آب

آزمایش کنید ۱۶

وسیله‌های آزمایش: المنت (سیم گرماده) سماور برقی، بطری پلاستیکی شفاف، دو عدد تب‌سنجد نواری، منبع تغذیه، سیم رابط، لوله پلاستیکی یا کائوچویی نازک

شرح آزمایش :



- ۱- مطابق شکل دو سر المنت را به سیم‌های نازک وصل کنید و سیم‌ها را از داخل لوله پلاستیکی بیرون آورید.
- ۲- تب‌سنجد های نواری را در بالا و پایین بطری بچسبانید.
- ۳- سیم‌های نازک متصل با المنت را به دو سر منبع تغذیه وصل کنید.
- ۴- ولتاژ منبع تغذیه را روی کمترین مقدار قرار دهید و منبع را روشن کنید. به تدریج ولتاژ منبع را افزایش دهید تا المنت افروخته شود.
- ۵- پس از مدتی به دمایابی که تب‌سنجد ها نشان می‌دهند توجه کنید.
- ۶- از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

با انجام این آزمایش مشاهده می‌شود که هوا رسانای بسیار ضعیف گرما است. در زمستان که هوا سرد است، برای گرم نگه داشتن خود لباس‌های ضخیم و بشمی می‌پوشیم. در واقع این لباس‌ها بسته‌هایی از هوا را بین تارها و منفذ‌های خود نگه می‌دارند و از آنجا که هوا عایق خوبی برای گرماست، به این ترتیب بدن ما عایق‌بندی گرمایی می‌شود.

پاسخ دهید ۱۶



- الف) برای جلوگیری از اتلاف گرمای مخزن‌ها و لوله‌های آب گرم در ساختمان‌ها از چه روش‌هایی استفاده می‌شود؟
- ب) به عکس مقابل نگاه کنید. در زمستان با این حالت پرندگان، که پرهای خود را باد کرده‌اند، زیاد موواجه می‌شویم. دلیل این حالت پرندگان را توضیح دهید.

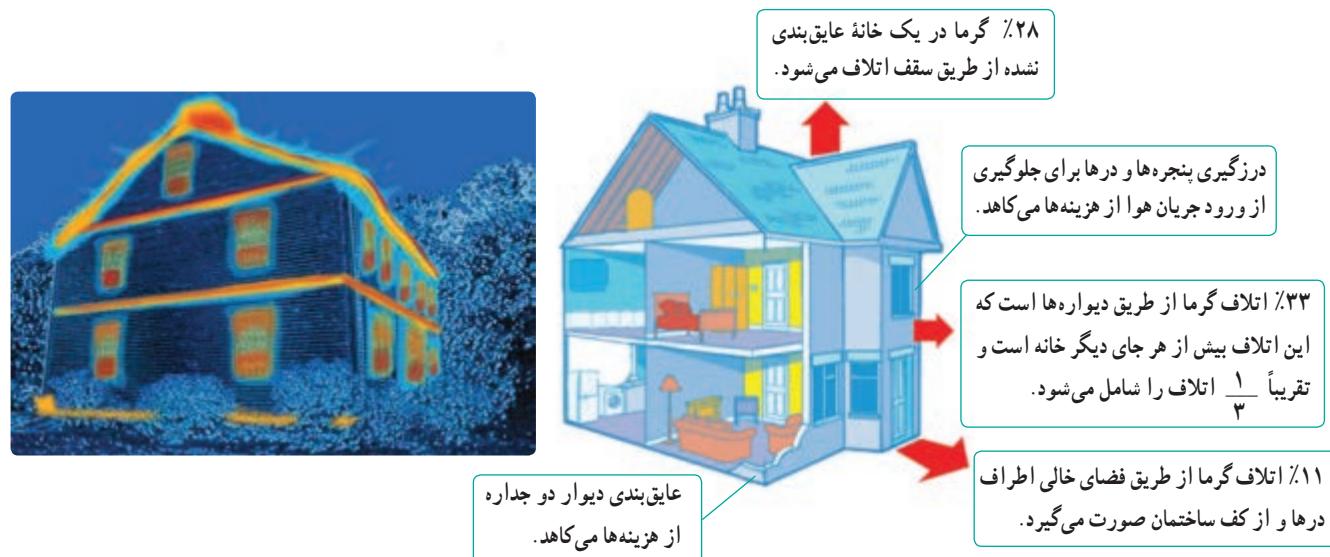
فناوری و کاربرد - چند مورد استفاده از رساناها و نارساناهاي خوب گرما در خانه

- ۱- شعله‌پخش کن، وسیله‌ای است فلزی که روی شعله چراغ گاز قرار می‌دهند تا گرمای حاصل را در ناحیه وسیع‌تری پخش کند و از سوختن غذای بالای شعله، جلوگیری شود.
- ۲- قابلمه‌های آلومینیومی، چدنی، مسی، آهنی و یا ترکیبی از این مواد رساناهاي خوبی هستند زیرا گرمای را به آسانی از شعله به مواد غذایی درون خود می‌رسانند.
- ۳- چوب و کائوچو عایق‌های خوبی هستند. از آنها در دسته ظرف‌های آشپزخانه استفاده

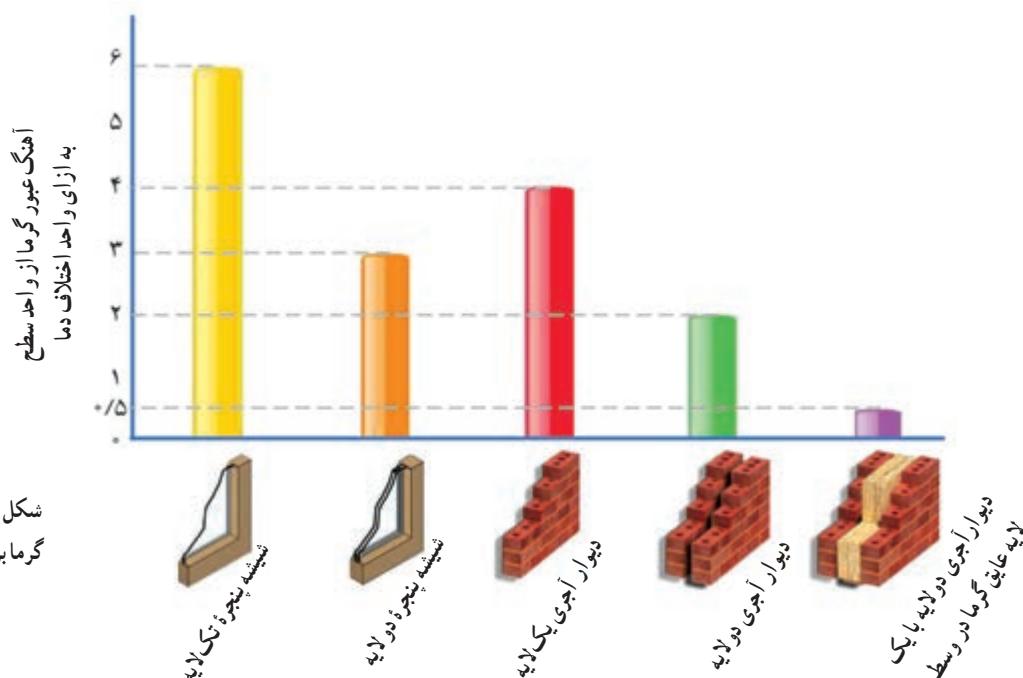
می‌شود. دسته‌های چوبی و کائوچوبی قابل‌مُهاده غذای داغ را می‌توانیم به راحتی با دست بگیریم.

۴- در فصل زمستان، اختلاف دمای بین هوای بیرون و درون خانه باعث می‌شود که مقدار زیادی گرما، از طریق رسانش گرمایی دیوارها، درها، شیشه‌ها و پنجره‌ها به بیرون نشست کند یا به اصطلاح تلف گرما، از طریق دیوارها، درها، شیشه‌ها و پنجره‌ها به بیرون نشست کند یا به اصطلاح تلف شود. بنابراین اگر سعی شود که در ساختمان خانه‌ها و اماکن عمومی بیشتر از مصالح ساختمانی عایق باشد، استفاده شود، صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی صورت می‌گیرد. در تصویر ۸-۲ چگونگی اتلاف انرژی از قسمت‌های مختلف نوعی خاص از یک ساختمان نشان داده شده است.

در نمودار شکل ۹-۲ مقایسه‌ای بین اتلاف انرژی از طریق سطوح مختلف یک ساختمان صورت گرفته است. این ستون‌ها آهنگ عبور گرما از واحد سطح را به ازای واحد اختلاف دما نشان می‌دهند.



شکل ۸-۲- اتلاف انرژی در بخش‌های مختلف از یک ساختمان خاص در شکل نشان داده شده است



۵- گرمای ویژه

فرض کنید تکمای گوشت و مقداری سبب زمینی هم اندازه آن را در قابلیه کاملاً پخته باشیم. وقتی گوشت و سبب زمینی را هم زمان در بشقاب بگذاریم، پس از گذشت مدت زمان کوتاهی دمای گوشت آنقدر کم می شود که آن را می توان به راحتی خورد. اما سبب زمینی همچنان داغ و غیرقابل خوردن است. این تجربه ها و تجربه های مشابه نشان می دهد که مواد مختلف برای ذخیره انرژی درونی، ظرفیت های مختلفی دارند.

آزمایش کنید ۶

وسیله های آزمایش : ترازو، بشر، چراغ گاز، سه پایه، توری نسوز، ساعت (زمان سنج)

شرح آزمایش :

- ۱- ۰/۲ کیلوگرم آب در بشر بریزید و دمای آن (θ_1) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.
- ۲- ظرف آب را روی چراغ قرار دهید و زمان لازم برای آنکه دمای آب 20°C افزایش یابد را اندازه بگیرید.
- ۳- مراحل ۱ و ۲ را با $4/0$ کیلوگرم آب تکرار کنید.
- ۴- زمان های اندازه گیری شده را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه های می گیرید؟

در این آزمایش، اگر بدانیم که شعله چراغ در هر ثانیه چند زول گرما به آب می دهد، می توانیم گرمای داده شده به آب در هر مرحله را حساب کنیم. اندازه گیری های دقیق نشان می دهند برای آنکه دمای مقداری آب به اندازه معینی افزایش یابد، گرمای لازم (Q) مناسب با جرم آب (m) است. یعنی :

$$Q \propto m$$

آزمایش کنید ۷

وسیله های آزمایش : ترازو، بشر، چراغ گاز، سه پایه، توری نسوز، ساعت (زمان سنج)

شرح آزمایش :

- ۱- ۰/۲ کیلوگرم آب در بشر بریزید و دمای آن (θ_1) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.
- ۲- ظرف آب را روی شعله چراغ قرار دهید و زمان لازم برای آنکه دمای آب 20°C افزایش یابد را اندازه بگیرید.
- ۳- مراحل ۱ و ۲ را برای تغییر دمای 40°C انجام دهید.
- ۴- زمان های اندازه گیری شده را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه های می گیرید؟

اندازه گیری های دقیق نشان می دهد که گرمای لازم (Q) برای افزایش دمای مقدار معینی آب، با تغییر دمای آن ($\Delta\theta$) مناسب است. یعنی :

$$Q \propto \Delta\theta$$

نتیجه آزمایش های ۵ و ۶ را می توان به شکل زیر خلاصه کرد :

$$Q \propto m \cdot \Delta\theta$$

يعنى برای مثال اگر جرم آب یا افزایش دما را دو برابر کنیم، گرمای لازم دو برابر می‌شود. به

عبارت دیگر نسبت $\frac{Q}{m \cdot \Delta\theta}$ همواره مقدار ثابتی است. این مقدار ثابت را **گرمای ویژه آب** می‌نامیم.

آزمایش کنید ۷

جدول ۲-۲- گرمای ویژه چند ماده مختلف

گرمای ویژه J $\text{kg}^{\circ}\text{C}$	ماده
جامدات	
۹۰۰	آلومینیوم
۳۸۷	مس
۲۵۰۰	بدن انسان (37°C)
۲۰۰۰	پیخ (-15°C)
۴۵۲	استیل
۱۲۸	سرپ
۲۲۵	نقره
۸۰۰	بتن
۸۰۰	گرانیت
۸۵۰	شیشه
۵۰۰	فولاد
۱۵۰	جیوه
۳۸۰	برنج
مایعات	
۲۴۵۰	الکل اتیلیک
۲۴۱۰	گلیسیرین
۱۳۹	جیوه
۴۱۸۵	آب (15°C)
۳۹۰۰	آب دریا

وسیله‌های آزمایش: ترازو، بشر، چراغ گاز، سه پایه، توری نسوز، ساعت (زمان سنج)

شرح آزمایش:

۱- ۲/۰ کیلوگرم آب در بشر بریزید و دمای آن (۰) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۲- ظرف آب را روی شعله چراغ قرار دهید و زمان لازم برای آنکه دمای آب 20°C افزایش یابد را اندازه بگیرید.

۳- مراحل ۱ و ۲ را با $2/0$ کیلوگرم روغن مایع خوراکی انجام دهید.

۴- زمان‌های اندازه گیری شده را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

با انجام این آزمایش نتیجه می‌گیریم که مقدار $\frac{Q}{m \cdot \Delta\theta}$ برای هر ماده، مقدار ثابتی است که گرمای ویژه آن نام دارد و آن را با c نمایش می‌دهیم.

$$\frac{\text{گرمای لازم برای افزایش دما}}{\text{افزایش دما} \times \text{جرم آب}} = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta} = \text{گرمای ویژه آب}$$

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta} \quad (1-2)$$

اگر در مخرج این کسر m را برابر یک کیلوگرم و $\Delta\theta$ را برابر یک درجه سلسیوس بگیریم، $c = Q$ می‌شود. یعنی:

گرمای ویژه هر ماده برابر گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از آن ماده بدھیم تا یک درجه سلسیوس افزایش دما پیدا کند.

باتوجه به رابطه ۱-۲ یکای گرمای ویژه، زول بر کیلوگرم درجه سلسیوس ($\text{J/kg} \cdot {}^{\circ}\text{C}$) است.

گرمای ویژه چند ماده در جدول ۲-۲ داده شده است.

با توجه به آنچه بیان شد می‌توان نتیجه گرفت برای آنکه دمای جسمی به جرم m و با گرمای ویژه c را به اندازه $\Delta\theta$ تغییر دهیم، گرمای Q لازم است که با استفاده از تعریف گرمای ویژه به صورت زیر به دست می‌آید:

$$Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_f - \theta_i) \quad (2-2)$$

در این رابطه، Q (گرمای) برحسب ژول، m (جرم) برحسب کیلوگرم، c (گرمای ویژه) برحسب ژول بر کیلوگرم درجه سلسیوس و $\Delta\theta$ (تغییر دما) برحسب درجه سلسیوس است. رابطه ۲-۲ درباره جسمی که گرمای از دست می‌دهد نیز درست است. به این ترتیب که اگر دمای θ_f کمتر از θ_i باشد، $\theta_f - \theta_i$ منفی خواهد شد و درنتیجه Q نیز منفی می‌شود. علامت منفی برای Q نشان می‌دهد که جسم گرمای از دست داده است.

مثال ۱

دو لیتر آب 24°C را درون یخچالی قرار می‌دهیم که دمای آن روی 4°C تنظیم شده باشد. پس از مدتی دمای آب نیز 4°C می‌شود. در این مدت آب چه مقدار گرمای از دست داده است؟ جرم هر لیتر آب را 1kg در نظر بگیرید.

پاسخ :

$$\theta_i = 24^\circ\text{C}, \quad \theta_f = 4^\circ\text{C}, \quad m = 2\text{kg}, \quad c = 4200 \text{ J/kg} \cdot {}^\circ\text{C}$$

$$Q = mc\Delta\theta = 2 \times 4200 \times (4 - 24) = -168000 \text{ J}$$

علامت منفی نشان می‌دهد که آب گرمای از دست داده است.

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 15°C کار کند. اگر 196kJ گرمای لازم باشد تا دمای آن از 20°C به 15°C برسد، گرمای ویژه این آلیاژ چه مقدار است؟

مثال ۲

جرم یک قطعه الکترونیکی از جنس سیلیسیم، که در یک مدار الکترونیکی به کار رفته، 23 میلی‌گرم است. اگر جریان برق در هر ثانية گرمایی معادل $J^{-3} \times 10^{-7}/4$ به این قطعه بدهد:

الف) دمای این قطعه در مدت یک ثانية چه مقدار افزایش می‌یابد؟

ب) اگر روند افزایش دما به این ترتیب ادامه پیدا کند، این قطعه خواهد سوخت. به نظر شما چه تدبیری باید اندیشید؟

پاسخ:



$$m = 23mg = 23 \times 10^{-3} g = 2/3 \times 10^{-5} kg, \quad Q = 7/4 \times 10^{-3} J,$$

$$c = 705 \text{ J/kg.}^{\circ}\text{C}$$

(الف)

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 7/4 \times 10^{-3} = 2/3 \times 10^{-5} \times 705 \times \Delta\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{7/4 \times 10^{-3}}{2/3 \times 10^{-5} \times 705} \Rightarrow \Delta\theta = 0/46^{\circ}\text{C}$$

ب) با این آهنگ افزایش دما، بلور سیلیسیم خواهد سوت؛ به همین علت، انتقال

گرمای در ساختن مدارهای الکترونیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین دلیل از فن برای دور کردن هوای گرم از اطراف دستگاه استفاده می‌شود.

فناوری و کاربرد

در جدول ۲-۴ دیدیم که گرمای ویژه آب از سایر مواد بیشتر است. این نشان می‌دهد که وقتی یک کیلوگرم آب به اندازه یک درجه سلسیوس گرم می‌شود، در مقایسه با سایر مواد گرمای بیشتری از ممیط اطراف فود و از اجسامی که با آنها در تماس است دریافت می‌کند. از این خاصیت آب برای گردان فضای خانه‌ها به وسیله شوفاژ استفاده می‌شود. آب گرم شده از مفنن به وسیله پمپ و از طریق لوله‌کشی‌های مربوط، به رادیاتور می‌رسد. در آنجا در تماس با رادیاتور، که در تماس با هوای سرد است، سرد می‌شود و بخشی از انرژی درونی فود را به رادیاتور می‌دهد و باز دیگر، از طریق لوله‌های برگشت، آب به مفنن بر می‌گردد و در این چرخه باز همین عمل تکرار می‌شود.

فعالیت ۷



در مورد استفاده از آب در دستگاه خنک‌کننده موتور اتومبیل تحقیق و نتیجه آن را به کلاس ارائه کنید.

۱ پاسخ دهید :

الف) چرا دیوارهای شیشه‌ای مخزن دماست باید نازک باشد؟

ب) چرا آب مایع مناسب 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 پاسخ دهید :

الف) چرا موادی نظیر پشم و تارهای شیشه‌ای عایق‌های

گرمایی خوبی هستند؟

ب) یک قطعه چوب و یک قطعه آهن هم دما را لمس کنید.

چرا آهن سردتر به نظر می‌آید؟ آیا این به دلیل خطای لامسه است؟ توضیح دهید.

(فرض کنید دمای هر دو قطعه از دمای دست فرد لمس کننده به یک اندازه کمتر است.)

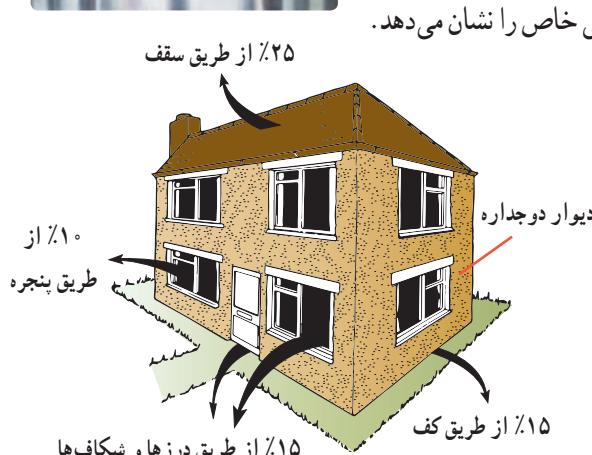
۳ تجربه نشان می‌دهد در یک شب سرد زمستانی دمای قسمتی از زمین که برف روی آن است چند درجه سلسیوس بیشتر از دمای

زمین بدون برف است. علت را توضیح دهید.

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



۵ یکی از راه‌های اتلاف انرژی ساختمان‌های عمومی (مثل هتل‌ها، بانک‌ها، مغازه‌های خواربارفروشی و ...) در ورودی آنهاست که یا باید همواره باز باشد و یا تعداد باز و بسته شدن آنها زیاد است. برای جلوگیری از این اتلاف انرژی چه پیشنهادهایی دارید؟ در هو مورد توضیح دهید.



۶ شکل رویه‌رو، مهم‌ترین راه‌های اتلاف انرژی در یک نوع منزل مسکونی خاص را نشان می‌دهد.

الف) چند درصد از کل انرژی تلف شده از طریق دیوارهای دوجداره بیرون می‌رود؟

ب) چرا وقتی فاصله جدارهای دیوار را از پوششی مانند اسفنج بر می‌کنیم، اتلاف انرژی به صورت گرما کاهش پیدا می‌کند؟

پ) چرا اتاق‌های شمالی خانه‌های ما ممکن است از اتاق‌هایی که رو به جنوب هستند، خنک‌تر باشند؟

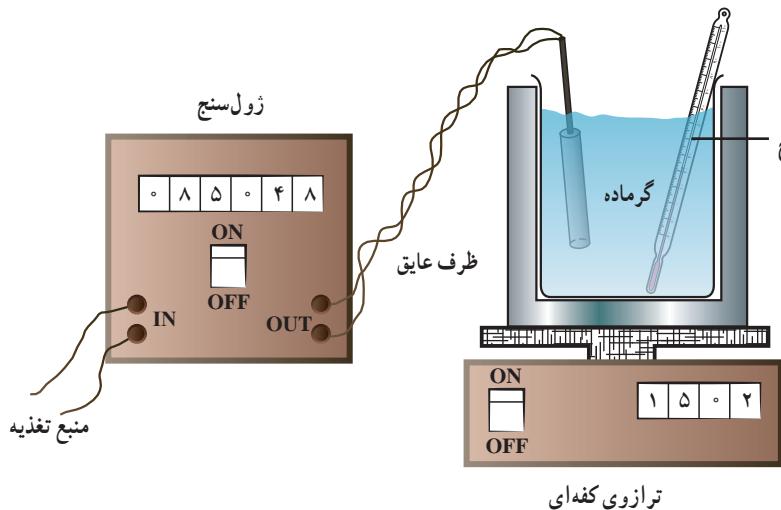
ت) صاحب خانه قصد دارد که عایق‌بندی منزل را با استفاده از شیشه‌های دوجداره یا عایق‌بندی سقف بهبود بخشد. به نظر

شما کدام عایق‌بندی در اولویت است؟ شیشه‌های دوجداره یا عایق‌بندی سقف؟ چرا؟

۷ احتمالاً متوجه شده‌اید که بعضی غذاها مدتی بیشتر از غذاهای دیگر داغ می‌مانند.

الف) توضیح دهید چرا اگر یک تکه نان برشته را از نان برشته کن دریاوارید و هم‌زمان مقداری سوب داغ را در کاسه بریزید چند دقیقه بعد سوب هنوز دمای مطبوعی دارد در حالی که نان برشته کاملاً سرد شده است؟

ب) با استدلال پیش‌بینی کنید اگر پیش از خوردن گوشت و مقداری پوره سیب‌زمینی (هم جرم با گوشت)، که هر دو در ابتدا دمای یکسانی دارند، اندکی صبر کنید کدام یک زودتر سرد می‌شود؟



۸ شکل رو به رو آزمایشی را نشان می‌دهد که توسط آن می‌توان گرمای ویژه هر مایع را به طور تقریبی اندازه‌گیری کرد (مثالاً آب). چگونگی انجام آزمایش را توضیح دهید.

توجه داشته باشید ژول سنج می‌تواند گرمای داده شده به گرماده الکتریکی را اندازه‌گیری کند. ضمناً فرض کنید تمام گرمای داده شده، صرف افزایش دمای آب شده است.

مسئله‌ها

۱ وقتی شیر آب گرم را در ماشین ظرف‌شویی باز می‌کنیم لوههای آب، گرم می‌شوند. چه مقدار گرما توسط لوههای مسی، که جرم آنها $\frac{2}{3} \text{ kg}$ است، گرفته می‌شود تا دمای آنها از 20°C به 80°C برسد؟

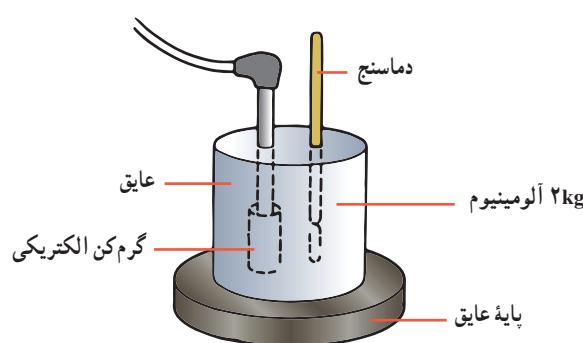
۲ در یک مخزن آلومینیومی به جرم 5.0 kg ، مقداری آب به جرم 5.0 kg و دمای 20°C وجود دارد. در یک روز گرم و آفتایی، دمای آب و مخزن به 40°C می‌رسد. این مخزن و آب درونش چه مقدار گرما گرفته‌اند؟

۳ (الف) دمای یک قطعه آلومینیوم 15 کیلوگرمی از 60°C به 10°C می‌رسد. این قطعه آلومینیوم چقدر گرما از دست داده است؟
(ب) اگر 15 کیلوگرم آب از دمای 6°C به دمای 10°C برسد چقدر گرما از دست داده است؟

۴ در سیستم خنک کننده موتور یک کامیون از 20 لیتر آب استفاده می‌شود. (جرم هر لیتر آب را 1 kg فرض کنید)
الف) اگر در اثر کار کردن موتور کامیون، 840 kJ گرمای آب داده شود، دمای آب چه مقدار افزایش می‌یابد؟

ب) در زمستان، برای جلوگیری از یخ‌زدگی آب درون موتور از ضد یخ (مخلوط آب و اتیلن گلیکول) استفاده می‌شود. با توجه به اینکه چگالی ضد یخ کمتر از آب است، در یک طرح آزمایشگاهی 16 kg ضد یخ به طور کامل جایگزین 20 لیتر آب می‌شود. اگر در این حالت به ضد یخ 840 kJ گرمای بدھیم، دمای آن چه مقدار افزایش می‌یابد؟ ($\Delta T = 0^\circ\text{C} - 9^\circ\text{C}$)

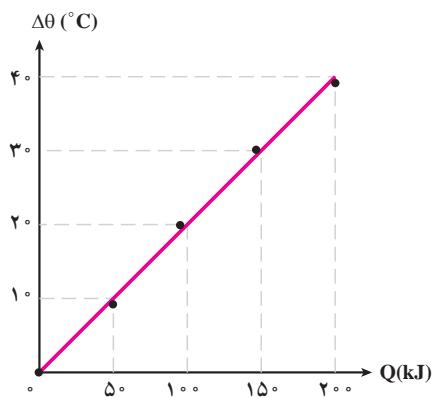
پ) برای خنک کردن موتور، آب بهتر است یا ضد یخ؟ توضیح دهید.



۵ یک گرم کن الکتریکی 100~W را درون یک قطعه آلومنیومی به جرم 2~kg که دور آن عایق است، قرار می دهیم. اگر پس از ده دقیقه دمای قطعه به اندازه 33°C افزایش یابد گرمای ویژه آلومنیوم چقدر است؟

۶ در یک برنامه رژیم غذایی ادعای شده است: هر مقدار دلتان می خواهد بخورید ولی به مقدار کافی آب سرد بنوشید. در این صورت چاق نمی شوید. فرض کنید کل انرژی غذا در بدن به گرمای تبدیل و صرف رساندن دمای آب سرد از 37°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~g و 200~g سبزه زمینی سرخ شده همراه آن را ختنی کنیم؟

غذا	همبرگر	سبزه زمینی
انرژی بر حسب وزن بر کیلوگرم	8.0×10^6	6.0×10^6



۷ در رابطه $Q = c/m\Delta\theta$ ، اگر جرم آب را ۲ برابر کنیم و گرمای داده شده را برابر کنیم؛

- الف) گرمای ویژه آب چند برابر می شود؟
ب) تغییر دمای آب چند برابر می شود؟

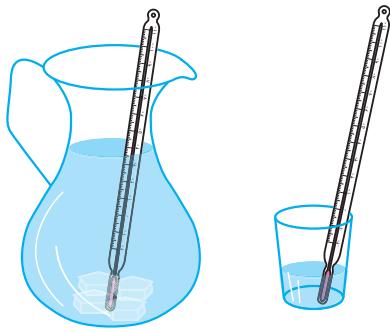
۸ در شکل پرسش ۸، گرمای داده شده به مایع درون ظرف عایق، توسط رول سنج و دمای آن توسط دماستج اندازه گیری می شود. جرم مایع 2~kg است و نتایج به دست آمده بر روی نمودار رو به رو رسم شده است. گرمای ویژه این مایع چه مقدار است؟ آیا با استفاده از جدول ۲-۲، می توانید نوع احتمالی این مایع را حدس بزنید؟ از گرمای داده شده به ظرف عایق صرف نظر شود.

۹ از یک گرم کن الکتریکی به توان 300~W ، برای گرم کردن آب درون یک پارچ شیشه ای به جرم 300~g ، که حاوی آب 15°C است، استفاده می کنیم. چه مدت طول می کشد تا آب درون پارچ به نقطه جوش (100°C) برسد؟ فرض کنید در تمام لحظه ها، دمای آب و پارچ یکی است و همه گرمای گرم کن صرف افزایش دمای آب و پارچ می شود و گرمای ویژه آب $700\text{~J/kg}^\circ\text{C}$ است. (بارج $c = 700\text{~J/kg}^\circ\text{C}$)

۱۰ یک کتری بر قی دمای آب را مدت ۵ دقیقه از 20°C به نقطه جوش می رساند. اگر توان کتری بر قی 1800~W باشد. بازده کتری چند درصد است (چند درصد از گرمایی که کتری می دهد به آب می رسد)؟

۱۱ یک گرم کن الکتریکی در هر ثانیه 110~W رول انرژی الکتریکی را به گرمای تبدیل می کند. این گرم کن را درون 3~kg آب قرار می دهیم. اگر گرم کن 120 ثانیه روشن باشد دمای آب در هر یک از حالت های زیر چقدر افزایش می یابد؟

- الف) همه گرمایی که گرم کن می دهد به آب داده شود.
ب) درصد گرمایی که گرم کن می دهد به آب داده شود.



۱ متن زیر را بخوانید و سپس به پرسش مطرح شده پاسخ دهید.

دماسنجد در واقع دمای خودش را نمایش می‌دهد. وقتی دماسنجد در تماس گرمایی با چیزی قرار می‌گیرد که می‌خواهیم دمای آن را بدانیم، بین این دو انرژی به صورت گرما جریان می‌یابد تا دمایشان برابر و تعادل گرمایی برقرار شود. اگر دمای مربوط به دماسنجد را بدانیم، دمای جسم مورد نظر را خواهیم دانست. دماسنجد باید به اندازه‌ای کوچک باشد که دمای جسم مورد اندازه‌گیری را خیلی تغییر ندهد. اگر دمای اتاق را اندازه می‌گیرید، دماسنجد شما به اندازه لازم کوچک است. اما اگر دمای یک قطره آب را اندازه می‌گیریم، تماس قطره با دماسنجد ممکن است باعث تغییر دمای قطره شود و در نتیجه عددی که دماسنجد نشان می‌دهد با دمای اولیه قطره، متفاوت باشد.

یک فنجان کوچک و یک پارچ محتوی آب که در مدت نسبتاً طولانی در یخچال قرار داشته‌اند را از یخچال بیرون می‌آوریم. دو دماسنجد یکسان را در هر یک از آنها قرار می‌دهیم. کدام یک از دماسنجد، دمای آب را درست‌تر نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

۲ درون یک قابلمه چدنی که جرم آن با در قابلمه 2 kg است، 3 kg خورشت سرد می‌ریزیم و در آن را می‌بندیم و مجموعه را برای گرم کردن روی اجاق برقی قرار می‌دهیم. با توجه به اینکه بیشتر خورشت از آب است،

(الف) تقریباً چه مقدار گرما لازم است تا مجموعه قابلمه و محتویاش، $C = 46^\circ\text{ J/kg}$ ، 80° C گرم ترشود؟

(ب) اگر توان الکتریکی اجاق $W = 500$ باشد، زمان لازم برای گرم کردن خورشت چند دقیقه است؟ فرض کنید تمام انرژی داده شده توسط اجاق سبب گرم شدن قابلمه و خورشت می‌شود.

۳ با استفاده از جدول ۲-۲، به سوال‌های زیر پاسخ دهید.

(الف) گرم کردن یک جرم مشخص از جیوه گرمای کمتری می‌خواهد یا گرم کردن همان مقدار جرم از فولاد؟ توضیح دهید.

(ب) فرض کنید یک جرم مشخص از آلمینیوم $C = 200^\circ\text{ J/kg}$ و به همان اندازه، نقره 200° C داریم. اگر این دورا در هوای آزاد قرار دهیم، کدام یک گرمای بیشتری به هوا می‌دهد؟ توضیح دهید.



الكتريسيته



آيا مى دانىد در يك آذرخش چند هزار آمپر جريان الكترىكى ايجاد مى شود؟



شكل ۳-۱ استفاده وسیع از وسیله‌های الکتریکی در زندگی روزمره

الکتریسیته نامی است که به گستره وسیعی از پدیده‌های الکتریکی، به شکل‌های مختلف، داده می‌شود. این پدیده‌ها تقریباً اساساً کار بسیاری از دستگاه‌ها و وسیله‌های پیرامون ما را تشکیل می‌دهند. از آذربخش در آسمان گرفته تا درخشش لامپ، از آنچه اتم‌ها را به شکل مولکول به هم پیوند می‌دهد تا پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب ما همگی منشأ الکتریکی دارند. به کارگیری دانش الکتریسیته در بسیاری از وسیله‌های اطراف ما از فرهای ریزموچ (مايكروفر)، تا رایانه‌ها مشهود است. در عصر حاضر شناخت مبانی الکتریسیته و به کارگیری آن، برای حفظ و پیشبرد آسایش، اینمی و رفاه انسان اهمیت زیاد دارد.

در شکل ۱-۲ چند وسیله الکتریکی می‌بینید؟

در این فصل ضمن یادآوری مطالب الکتریسیته دوره راهنمایی، جزئیات دقیق‌تری از چگونگی ایجاد بار الکتریکی در 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.

۱-۳ ساختار اتمی



شكل ۲-۲ در اتم خنثی تعداد پروتون‌های موجود در هسته هر اتم برابر تعداد الکترون‌های آن اتم است. هسته با تعداد الکترون‌ها برابر است.

در علوم تجربی دوره راهنمایی دیدیم که اتم از دو قسمت، هسته و الکترون‌ها، تشکیل شده است (شکل ۲-۲). هسته فضای بسیار کوچکی از اتم را اشغال می‌کند و الکترون‌ها در فاصله نسبتاً دوری از هسته به دور آن می‌چرخند. قطر اتم تقریباً $100,000$ برابر قطر هسته است. هسته خود از ذره‌های ریزتری به نام پروتون و نوترون تشکیل شده است. به طور قراردادی، بار الکتریکی الکترون را منفی و بار الکتریکی پروتون را مثبت انتخاب کرده‌اند. اندازه بار الکتریکی الکtron و پروتون با هم برابر است و نوترون بار الکتریکی ندارد.

در حالت عادی تعداد پروتون‌های موجود در هسته هر اتم برابر تعداد الکترون‌های آن اتم است. در نتیجه اتم از نظر الکتریکی بدون بار یا خنثی است.

یکای بار الکتریکی کولن (C) نام دارد. اندازه بار الکتریکی هر الکtron یا پروتون را با e نشان می‌دهیم. میلیکان با آزمایش، مقدار بار الکتریکی هر الکtron را اندازه‌گیری و مقدار آن را $C = 1.6 \times 10^{-19}$ گزارش کرد.

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

بنابراین، بار الکتریکی الکtron برابر $-e$ و بار الکتریکی پروتون برابر $+e$ است.

۲-۳ اجسام دارای بار الکتریکی

اجسام در حالت عادی از اتم‌های خنثی درست شده‌اند و بنابراین از نظر الکتریکی خنثی هستند. وقتی دو جسم به یکدیگر مالش داده می‌شوند، تعدادی الکtron 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 بر عکس، جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند، تعداد الکترون‌هایش بیشتر از پروتون‌هایش می‌شود و بار الکتریکی آن منفی می‌گردد. پس، در یک جسم بدون بار افزایش تعداد الکترون‌ها، بار جسم را منفی و کاهش تعداد الکترون‌ها بار جسم را مثبت می‌کند. جدا کردن پروتون از اتم یک عنصر، در تجربه‌های معمولی امکان‌پذیر نیست.

اگر به جسمی خنثی، n الکترون بدھیم، بار الکتریکی جسم $-ne$ می‌شود. در حالی که اگر از جسم خنثی n الکترون بگیریم، بار الکتریکی آن $+ne$ می‌شود. بار الکتریکی جسم را با q نشان می‌دهیم. بنابراین:

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

تجربه نشان می‌دهد که اجسام دارای بار الکتریکی، یکدیگر را می‌ربایند (جذب می‌کنند) یا می‌رانند (دفع می‌کنند).

آزمایش کنید ۱

وسیله‌های آزمایش: دو میله شیشه‌ای، دو میله پلاستیکی، پارچه پشمی و ابریشمی^۱، نخ، پایه.

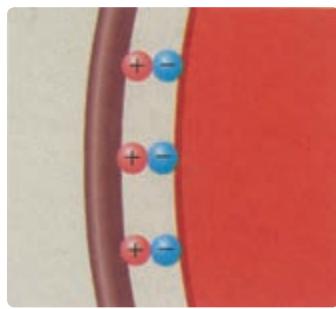
شرح آزمایش:

- ۱- میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش دهید و آن را مطابق شکل به وسیله نخ (خشک) آویزان کنید.
- ۲- میله شیشه‌ای دیگری را با پارچه ابریشمی مالش داده و به میله شیشه‌ای آویخته شده نزدیک کنید. چه اتفاقی رخ می‌دهد؟
- ۳- همین آزمایش را با دو میله پلاستیکی که با پارچه پشمی مالش داده اید تکرار کنید و مشاهده‌های خود را بیان کنید.
- ۴- آزمایش را با میله‌ای شیشه‌ای و میله‌ای پلاستیکی انجام دهید.
- ۵- نتیجه آزمایش‌های انجام شده را گزارش دهید.



از آزمایش‌هایی شبیه آنچه انجام دادید نتیجه می‌گیریم که اجسام با بارهای هم‌نام یکدیگر را می‌رانند و اجسام با بارهای ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند.

۱- توجه: پارچه ابریشمی مرغوب، به راحتی در دسترس نیست. به تجربه دیده شده است که میله شیشه‌ای با مالش دادن به کیسه‌های پلاستیکی یا سلفان معمولاً به خوبی دارای بار الکتریکی می‌شود.



وقتی موهای تمیز و خشک خود را با شانه پلاستیکی تمیز و خشک شانه می‌کنید، موها به دنبال شانه بلند می‌شود.

در این پدیده، تعدادی الکترون از موی سر به شانه منتقل می‌شود، شانه بار منفی و موی سر بار مثبت پیدا می‌کند (شکل ۳-۳). می‌دانیم بارهای ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند، بنابراین موی سر جذب شانه می‌شود و به دنبال شانه بلند می‌شود.

شکل ۳-۳- تار مو و شانه پلاستیکی یا بادکنک که در مالش با هم بارهای ناهمنام پیدا کرده‌اند و یکدیگر را می‌ربایند.

پاسخ دهید ۱

معمولًاً پاک کردن شیشه یا عینک با دستمال کاغذی دشوار است، زیرا پرزهای دستمال به شیشه می‌چسبد. علت این پدیده را توضیح دهید.

تمرین ۱

- برای آنکه در جسمی خنثی بار الکتریکی $\frac{6}{4} \text{ نانوکولن} (\text{C}^{-})$ ایجاد شود، چه تعداد الکترون باید از آن گرفته شود؟
- به تعداد پروتون‌های موجود در هسته اتم، عدد اتمی گفته می‌شود و آن را با Z نشان می‌دهند. عدد اتمی مس ۲۹ است. بار الکتریکی هسته اتم مس چقدر است؟ اتم مس چه مقدار بار الکتریکی منفی دارد؟ بار الکتریکی اتم مس چقدر است؟

۳-۳ جسم رسانا و نارسانا

مواد را به طور کلی می‌توانیم بر حسب قابلیت حرکت بار در آنها دسته‌بندی کنیم. **رسانا** ماده‌ای است که بار می‌تواند به آزادی در آن حرکت کند. فلزات (مانند سیم مسی یک لامپ معمولی)، بدن انسان و آب (ناخالص) مثال‌هایی از این دسته هستند.

برقراری جریان الکتریکی در فلزها آسان است، زیرا یک یا چند الکترون پوسته خارجی اتم‌های فلز، به هسته اتم خاصی وابسته نیست؛ بلکه می‌تواند آزادانه در ماده حرکت کند. به این الکترون‌ها که به آسانی می‌توانند درون جسم جایه‌جا شوند، **الکترون آزاد** می‌گویند.

هرفلز، به همان دلیلی که رسانای خوب گرما است، رسانای الکتریکی خوبی هم هست. زیرا الکترون‌های پوسته خارجی اتم‌های آن سست‌اند.

الکترون‌های برخی مواد دیگر - مثلاً پلاستیک و شیشه - پیوند محکمی با اتم‌ها دارند و هر الکترون به اتم خاص تعلق دارد. آنها نمی‌توانند بین اتم‌های دیگر ماده آزادانه حرکت کنند. در نتیجه، به راه انداختن آنها راحت نیست. این مواد به همان دلیل که رسانای گرما نیستند، رسانای الکتریسیته نیز نیستند. چنین موادی را **نارسانا** می‌نامند.

پاسخ دهید ۷

- ۱- چرا آزمایش‌های الکتریسیته ساکن در مکان‌هایی که میزان رطوبت بالاست، به خوبی انجام نمی‌شود؟
- ۲- جمله‌های زیر را کامل کنید :
- الف) وقتی دو جسم به یکدیگر داده می‌شود، بین آنها الکترون مبادله می‌شود. جسمی که الکترون از دست می‌دهد، دارای بار خالص و جسمی که الکترون اضافی به دست می‌آورد، دارای بار خالص می‌شود.
- ب) در یک جسم بار الکتریکی در محل ایجاد شده باقی می‌ماند.
- پ) نیرویی که بارهای الکتریکی هم نوع بر یکدیگر وارد می‌کنند و نیرویی که بارهای الکتریکی غیر هم نوع بر یکدیگر وارد می‌کنند است.

فعالیت ۱

آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان نشان داد بار داده شده به جسم نارسانا در همان محل باقی می‌ماند.

تمرین ۷

می‌دانیم که تعداد الکترون‌های آزاد موجود در رساناهای بسیار زیاد است. به عنوان مثال در یک سانتی‌متر مکعب مس $10^9 \times 10^9$ الکترون آزاد وجود دارد. آیا بزرگی این عدد را می‌توانید تصور کنید؟ برای آنکه به بزرگی این عدد بی‌باید، فرض کنید بخواهید این تعداد الکترون را بشمارید. شما در هر ثانیه قادر به شمارش چه تعداد الکترون هستید؟ $2, 10, 100, 1000, \dots$ فرض کنید که در هر ثانیه بتوانید یک تریلیون یعنی 10^{12} 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 7×10^7 ثانیه در نظر بگیرید.

میله پلاستیکی

پارچه پشمی



دیدیم که برای ایجاد بار الکتریکی در یک جسم باید تعدادی الکترون به آن بدهیم یا از آن بگیریم. در این مبادله الکترون‌ها، الکترونی تولید نمی‌شود یا از بین نمی‌رود بلکه الکترون‌ها تنها از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند (شکل ۴-۳). بنابراین با توجه به اینکه هر الکترون دارای مقدار معینی بار الکتریکی است، می‌توان گفت در چنین تجربه‌هایی بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. این بیان ساده‌شده‌ای از قانون پایستگی بار الکتریکی است.

شکل ۴-۳- در اثر مالش دو جسم، یکی از جسم‌ها دارای بار مثبت و دیگری دارای بار منفی می‌شود. اندازه بارهای مثبت و منفی دو جسم باهم برابر است.

یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله پلاستیکی برابر $128 \times 10^{-19} \text{ C}$ نانوکولن می‌شود.

الف) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه پشمی چقدر است؟

ب) تعداد الکترون‌هایی که از پارچه پشمی به میله پلاستیکی منتقل شده است، را تعیین کنید. ($e = 1/16 \times 10^{-19} \text{ C}$)

پاسخ :

الف) بنا به قانون پایستگی بار الکتریکی اندازه بار منفی ایجاد شده در میله با اندازه بار مثبت ایجاد شده در پارچه برابر است، زیرا به همان تعداد که از الکترون‌های پارچه کم شده به الکترون‌های میله اضافه شده است. پس بار پارچه $+128 \times 10^{-19} \text{ C}$ نانوکولن می‌شود.

$$n = 8 \times 10^{11}, q = ne \Rightarrow 128 \times 10^{-19} = n \times 10^{-19} / (1/16 \times 10^{-19})$$

۵-۳ القای بار الکتریکی

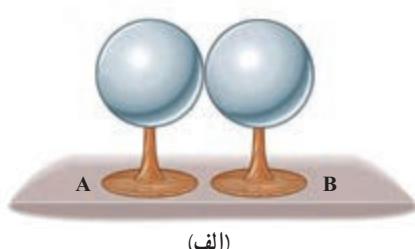
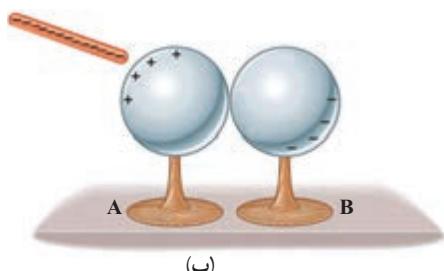
با انتقال الکترون از جسمی به جسم دیگر، می‌توان در اجسام بار الکتریکی ایجاد کرد. در اثر مالش دو جسم، این انتقال اتفاق می‌افتد. الکترون‌ها، با تماس نیز از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند. مثلاً وقتی میله دارای بار الکتریکی منفی را با جسم خنثی تماس می‌دهیم، تعدادی الکtron از میله وارد جسم خنثی می‌شود و جسم خنثی دارای بار منفی می‌گردد. این روش ایجاد بار را ایجاد بار الکتریکی به روش تماس می‌نامند.

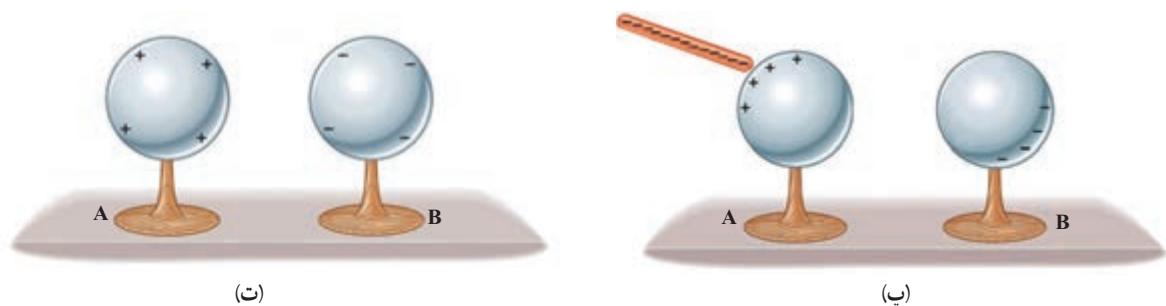
در اینجا با روش دیگری برای ایجاد بار الکتریکی در اجسام رسانا آشنا می‌شویم که به روش القا مشهور است.

آزمایش کنید ۷

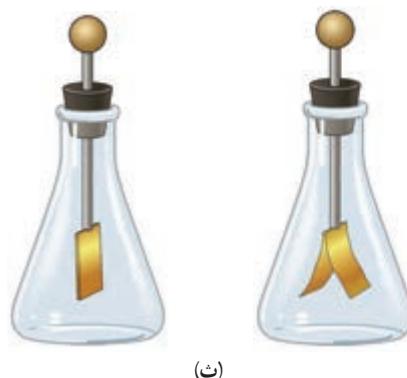
وسیله‌های آزمایش : دو کره فلزی با پایه‌های نارسانا، میله پلاستیکی، میله شیشه‌ای، پارچه پشمی، پارچه ابریشمی و الکتروسکوپ شرح آزمایش :

- ۱- دو کره فلزی را که روی پایه‌های نارسانا قرار دارند مطابق شکل الف در تماس با یکدیگر قرار دهید و با تماس دست به آنها مطمئن شوید که بدون بار الکتریکی اند.
- ۲- یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهید.
- ۳- مطابق شکل ب میله پلاستیکی را به کره A نزدیک کنید.





- ۴- بدون آنکه مکان میله پلاستیکی را جایه جا کنید، پایه نارسانای کره B را بگیرید و آن را از کره A جدا کنید (شکل پ).
- ۵- میله پلاستیکی را دور کنید (شکل ت).
- ۶- با مالش پارچه ابریشمی با میله شیشه‌ای در میله بار مثبت ایجاد کنید و با تماس میله با الکتروسکوپ به الکتروسکوپ بار مثبت بدھید (شکل ث).



- ۷- هریک از کره‌های A و B را به الکتروسکوپ تزدیک کنید و آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

با انجام آزمایش بالا نتیجه می‌گیریم که :

- ۱- هر دو کره دارای بار الکتریکی شده‌اند.
- ۲- کره‌ای که به میله پلاستیکی تزدیک‌تر است (کره A) دارای بار مثبت و کره دیگر (کره B) دارای بار منفی شده است.

به این روش که در آن به کره‌های رسانا، بدون تماس با میله باردار، بار الکتریکی می‌دهیم [القای](#)

[بار الکتریکی](#) می‌گویند.

پاسخ دهید ۳

- الف) توضیح دهید چرا در آزمایش بالا، کره A دارای بار مثبت و کره B دارای بار منفی است.
- ب) آیا بار الکتریکی میله پلاستیکی کاهش یافته است؟

- ۱- در بند ۶ آزمایش ۲، وقتی میله شیشه‌ای را به کلاهک الکتروسکوپ تماس دادیم، الکتروسکوپ دارای بار مثبت شد. علت را توضیح دهید.
- ۲- مراحل ایجاد بار در الکتروسکوپ به روش القای الکتریکی را بررسی کنید، سپس در آن به روش القا، بار الکتریکی ایجاد کنید.
- ۳- با الکتروسکوپ چگونه می‌توان تعیین کرد که :
- الف) جسمی باردار است؟
 - ب) جسم چه نوع باری دارد؟
 - پ) جسم، رساناست یا نارسانا؟
- ۴- با الکتروسکوپ چگونه می‌توان مقدار بار دو کره هم اندازه، رسانا و باردار را با یکدیگر مقایسه کرد؟

یک قوطی نوشابه فلزی و خالی تهیه کنید و آن را از سطح جانبی استوانه‌ای روی یک میز چوبی قرار دهید. میله بارداری را از پهلو به سطح جانبی قوطی نزدیک و سپس به آرامی از آن دور کنید (مواظب باشید میله با قوطی برخورد نکند). چه چیزی مشاهده می‌کنید؟ علت را توضیح دهید.

آذرخش یا تخلیه الکتریکی

هنگامی که هوا ابری و طوفانی است، بین یک ابر و ابر دیگر (شکل ۳-۵-الف) یا بین یک ابر و زمین (شکل ۳-۵-ب) جرقه‌های بزرگی زده می‌شود که آسمان یک منطقه بزرگ را روشن می‌کند و در بی آن صدای بلندی نیز شنیده می‌شود. به این پدیده آذرخش می‌گویند (شکل ۳-۵). آیا می‌دانید آذرخش چگونه به وجود می‌آید؟



ب) تخلیه الکتریکی بین ابر و زمین



الف) تخلیه الکتریکی بین ابر و ابر

شکل ۳-۵

ابرها به علت مالش با هوا یا القای الکتریکی، دارای بار مثبت یا منفی می‌شوند. در پیشتر موارد، قسمت پایین ابر (نزدیک زمین) دارای بار منفی و قسمت بالای آن دارای بار مثبت می‌شود. اگر دو ابر چنان به هم تزدیک شوند که قسمت‌هایی از آنها که دارای بارهای ناهمنام است، تزدیک هم قرار گیرد، امکان تخلیه الکتریکی (شارش ناگهانی بارهای الکتریکی) بین دو ابر وجود دارد، که معمولاً با جرقه‌های بزرگ، تولید گرما و صدا همراه است.

تخلیه الکتریکی می‌تواند به صورت دیگری نیز رخ دهد. ابرهای طوفانی می‌توانند با حرکت در مجاورت سطح زمین، در آن بار القایی ایجاد کنند. در این حالت امکان تخلیه الکتریکی بین ابر و زمین وجود دارد و می‌تواند موجب آتش‌سوزی شود (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶—وقتی ابری که بار الکتریکی دارد نزدیک سطح زمین قرار بگیرد در سطح زمین بار القایی ایجاد کرده است.

در هر ثانیه دهها آذرخش روی سطح زمین زده می‌شود. آذرخش پدیده بسیار خطرناکی است، زیرا در اثر شارش ناگهانی و بسیار عظیم بار الکتریکی، انرژی زیادی آزاد می‌شود. این پدیده می‌تواند به ساختمان‌ها، خطوط انتقال انرژی الکتریکی، 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 میله‌فلزی بلند و نوک تیزی است که روی بام ساختمان نصب می‌شود. انتهای این میله به کابل ضخیمی وصل شده است و انتهای کابل را در اعماق مرطوب زمین قرار می‌دهند. تیزی نوک میله سبب می‌شود که تخلیه الکتریکی بین ابر و نوک تیز میله به صورت تدریجی رُخ دهد و بارها از طریق کابل به عمق زمین منتقل شود. به این ترتیب ساختمان از خطر برخورد آذرخش در امان می‌ماند و خسارتی به ساختمان وارد نمی‌شود (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷—برق‌گیر، ساختمان را از خطر برخورد آذرخش حفظ می کند.



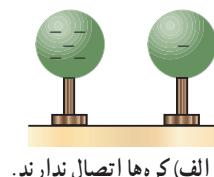
۱- با دمپایی پلاستیکی تمیز و خشک روی فرش طوری راه بروید که کف دمپایی روی فرش مالش داده شود. سپس با نوک انگشت خود، یک جسم فلزی یا دست دوست خود را لمس کنید. چه اتفاقی می افتد؟ علت را توضیح دهيد.

۲- چرا زیر تانکرهای مخصوص حمل سوخت، زنجیر فلزی آویزان می کنند؟

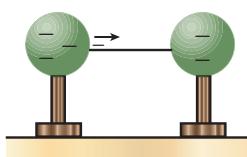
فعالیت ۱۴

- ۱- هوایماها هنگام حرکت دارای بار الکتریکی می شوند. برای تخیله بار الکتریکی آنها چه تدبیری به کار برد می شود؟
- ۲- در صنعت برای رنگ کردن بدنه خودرو، دوچرخه، موتور سیکلت و ... از روش رنگ کردن الکترواستاتیکی استفاده می شود. در مورد این روش تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهيد.

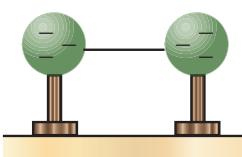
۳-۶ اختلاف پتانسیل الکتریکی



(الف) کره ها اتصال ندارند.



(ب) کره ها با سیم بهم وصل شده اند.

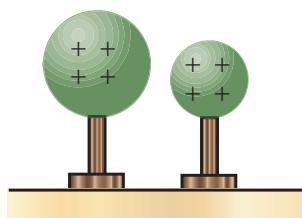


(پ) پس از مدتی شارش بار قطع و بار کره ها مساوی می شود.

شکل ۳-۸

دو کره رسانای یکسان را که روی پایه عایق نصب شده اند در نظر بگیرید. فرض کنید هر دو دارای بار الکتریکی منفی باشند، اما مقدار بار الکتریکی یکی از آنها از دیگری بیشتر باشد (شکل ۳-۸-الف). اگر کره ها را مطابق شکل ۳-۸-ب با سیم مسی نازکی به یکدیگر وصل کنیم، چه اتفاقی می افتد؟ اینک این سؤال مطرح می شود که آیا همیشه بارهای الکتریکی از جسمی که بار بیشتر دارد به سوی جسمی که بار کمتر دارد شارش می کند؟ با ذکر یک مثال نقض می توان به این سؤال پاسخ منفی داد. دو کره رسانا با اندازه های متفاوت که روی پایه عایق قرار دارند را مطابق شکل ۳-۹ در نظر بگیرید. با فرض این که بار این دو کره یکسان است، آیا فکر می کنید اگر با سیم مسی نازکی به یکدیگر وصل شوند، در سیم شارش بار خواهیم داشت؟ پاسخ مثبت است. در شکل ۳-۹ بارهای الکتریکی دو کره یکسان، اما شعاع های دو کره متفاوت است. بارهای الکتریکی در کره کوچک تر به هم نزدیک ترند و نیروی رانشی بین آنها بیشتر از نیروی رانشی بین بارهای کره بزرگ تر است. با اتصال آنها به یکدیگر، بارها از کره کوچک تر به کره بزرگ تر شارش می کنند. پس اختلاف مقدار بار در کره ها به تنهایی نمی تواند عامل تعیین کننده شارش بار باشد، بلکه اندازه کره ها نیز مؤثر است.

شکل ۳-۹- وقتی دو کره با شعاع متفاوت و بار مثبت یکسان را به هم وصل می کنیم، شارش بار الکتریکی بین دو کره رخ می دهد.



همان‌گونه که در حالت طبیعی، شارش آب از یک منبع به منبع دیگر به علت وجود اختلاف ارتفاع سطح آب در دو منبع است و شارش گرما از یک جسم به جسم دیگر به علت وجود اختلاف دمای دو جسم است، شارش بارهای الکتریکی از یک کره به کره دیگر نیز به علت وجود کمیتی است که آن را اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌نامیم. بنابراین:

اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو جسم رسانا، عامل شارش بارالکتریکی از یک جسم به جسم دیگر است.

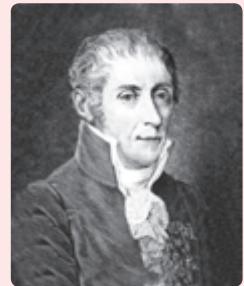
در شکل ۳-۸ اختلاف مقدار بار در دو کره یکسان و در شکل ۹-۹ تفاوت شعاع دو کره سبب اختلاف پتانسیل الکتریکی بین کره‌ها شده است.

همان‌گونه که در کتاب علوم راهنمایی دیده‌اید، یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی **ولت (V)** نام دارد. به اختلاف پتانسیل، **ولتاژ** نیز گفته می‌شود. روی اکثر وسیله‌های الکتریکی (شکل ۱۰-۳) عددهایی نوشته شده است که مربوط به شرایط کار دستگاه و ویژگی‌های آن است. یکی از این عددها بر حسب ولت است و اختلاف پتانسیل لازم برای کار دستگاه است. وقتی روی یک لامپ عدد ۷۲ نوشته شده به این معنی است که اگر این لامپ به ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل شود، روشنایی و طول عمر کافی دارد. 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.

به طور کلی اگر به دو سر دستگاه‌های الکتریکی مانند تلویزیون، اختلاف پتانسیل کمتر یا بیشتر از محدوده ولتاژ تعیین شده وصل شود، ممکن است دستگاه آسیب بییند یا خوب کار نکند. محدوده اختلاف پتانسیل مناسب، به ساختمان درونی دستگاه بستگی دارد و با توجه به آن تعیین می‌شود.



شکل ۳-۱۰- روی دستگاه‌های الکتریکی اعدادی نوشته شده است که مربوط به شرایط کار دستگاه و ویژگی‌های آن است. یکی از این اعداد، ولتاژ، یا محدوده ولتاژ کار دستگاه است.



آلساندرو ولتا

فیزیکدان ایتالیایی در ۱۸ فوریه ۱۷۴۵ م. (۱۱۲۳ هـ.ش) به دنیا آمد و در ۵ مارس ۱۸۲۷ م. (۱۲۰۵ هـ.ش) درگذشت. بیشترین شهرتش به خاطر اختراع بازی در سال ۱۸۰۰ م. (۱۱۷۹ هـ.ش) بود. او پیش از فیزیک، نخست به مطالعه علم شیمی و به خصوص شیمی گازها پرداخت و گاز مثان را کشف کرد. او همچنین به مطالعه وسایلی پرداخت که امروزه خازن نامیده می‌شود. به همین خاطر، یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی به افتخار او **ولت** نامیده شده است.

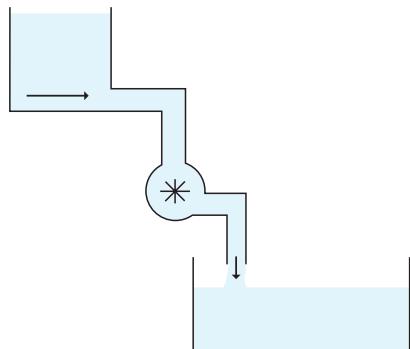
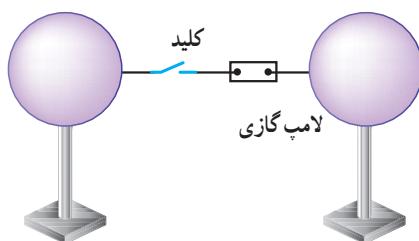
اکنون که دانستیم عامل شارش بار الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی است، این پرسش را در مورد شکل ۸-۳ مطرح می‌کنیم که آیا شارش بار الکتریکی از یک کره به کره دیگر، همواره ادامه دارد یا پس از مدتی قطع می‌شود؟

آزمایش کنید ۳

وسیله‌های آزمایش: دو کره فلزی هماندازه با پایه عایق، لامپ گازی کوچک (لامپ درون فازمتر)، کلید (که فاصله بین اتصال‌های آن، در حالت قطع، به اندازه کافی زیاد باشد)، سیم رابط

شرح آزمایش:

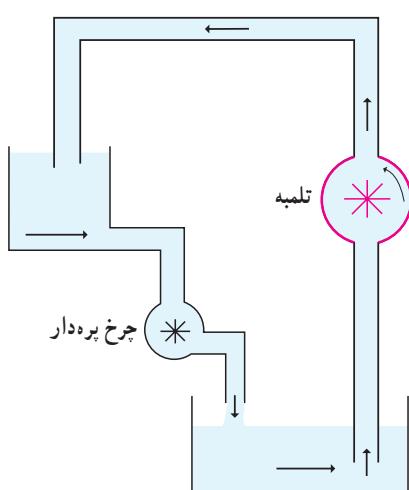
- ۱- کره‌ها، لامپ گازی و کلید را مطابق شکل رو به رو به هم وصل کنید.
- ۲- به یکی از کره‌ها بار الکتریکی بدهید.
- ۳- کلید را وصل و به لامپ گازی نگاه کنید.
- ۴- نتیجه آزمایش را گزارش کنید.



شکل ۱۱-۳- جریان آب دائمی نیست.

از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که شارش بار الکتریکی میان دو کره دائمی نیست. همان‌طور که در دو ظرف آب مرتبط با هم وقتي جريان آب قطع می‌شود، سطح آب دو ظرف همتراز است، و همان‌طور که شارش گرمابین جسم گرم و جسم سرد تا زمانی ادامه دارد که دو جسم هم دما شوند میان کره‌های باردار موردنظر نیز هنگامی که شارش بار الکتریکی قطع شود اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود ندارد. اگر بخواهیم شارش بار الکتریکی میان دو کره ادامه یابد، چه باید بکنیم؟

فرض کنید منبع آبی را در ارتفاع معینی بالای سطح زمین قرار داده‌ایم، آب از لوله متصل به منبع جریان می‌یابد (شکل ۱۱-۳)، روی یک چرخ پره‌دار می‌ریزد، آن را به گردش در می‌آورد و در ظرف پایینی جمع می‌شود. روشن است که 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 بالای منتقل کنیم (شکل ۱۲-۳).



شکل ۱۲-۳- تلمبه با بردن آب از پایین به بالا، انرژی لازم برای جریان دائم را به آب می‌دهد.

تلمبه با دریافت نوعی از انرژی، این کار را انجام می‌دهد. وقتی آب توسط تلمبه به منبع بالای منتقل شد، انرژی لازم را برای جریان یافتن به پایین و به کار اندختن چرخ، کسب می‌کند. درنتیجه اگر تلمبه کار کند، آب از ظرف پایینی به ظرف بالای منتقل می‌شود و دوباره به علت اختلاف ارتفاع، به ظرف پایین برگردید و این کار ادامه می‌یابد.

همان طور که کار کردن تلمیبه، جریان پیوسته آب را بین دو ظرف ایجاد می کند، برای آن که شارش بالکتریکی از یک کره به کره دیگر ادامه یابد نیز باید وسیله‌ای نظری تلمیبه در مدار جریان الکتریکی قرار گیرد تا اختلاف پتانسیل الکتریکی لازم را میان دو کره ایجاد کند. این وسیله را **مولد** می نامیم. مولدها انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی را با سازوکارهای گوناگونی به دست می آورند. مولدها نوع های مختلفی دارند. با مولدهای شیمیایی یا باتری ها (شکل ۱۳-۳) در دوره راهنمای آشنا شده اید. در این مولدها انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو سر مولد از واکنش های شیمیایی که درون مولد رخ می دهد به دست می آید. در این واکنش ها بارهای مثبت، درون مولد، از پایانه منفی به پایانه مثبت منتقل می شوند. مولد، انرژی ای را که از این واکنش ها به دست می آورد، صرف ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مدار می کند. اختلاف پتانسیل دوسر مولد را با دستگاهی به نام **ولت سنج** (شکل ۱۴-۳) اندازه می گیریم.



شکل ۱۳-۳ – مولدهای شیمیایی یا باتری ها شکل های مختلفی دارند.



شکل ۱۴-۳ – با ولت سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد، یادو نقطه از مدار را اندازه می گیریم.

فعالیت ۶

مولد الکتریکی بسازید

وسیله های لازم : لیموترش یا گوجه فرنگی، چاقو، تیغه مسی و تیغه رویی، سیم رابط نازک، ولت سنج.

یک لیموترش تازه و سالم انتخاب کنید و روی میز بگذارید. سپس به ملایمت و بدون آن که فشار زیادی به لیمو وارد کنید، آن را روی میز بغلتاپید. تا پرده های 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 ساخته اید. اگر با دو رشته سیم تیغه ها را به دو سر یک ولت سنج وصل کنید، می توانید ولتاژ آن را، که برابر عددی است که ولت سنج نشان می دهد، اندازه بگیرید. ساختمان داخلی مولدهای شیمیایی شبیه مولدی است که شما ساخته اید، یعنی در این مولدها دو فلز غیر هم جنس درون یک مایع شیمیایی خاص (یا یک خمیر شیمیایی مرطوب) قرار دارند.



توصيه می شود که باتری هارا در جاهای خشک و خنک نگه داریم، مثلاً در مواقعی که از باتری استفاده نمی کنیم بهتر است آن را در یخچال بگذاریم.

فعالیت ۶



در شکل رو به رو تصویر چند نوع باتری آمده است. شما هم باتری های زیادی شبیه این باتری هارا می شناسید. چند نمونه از باتری هایی که می شناسید را از نظر ولتاژ، اجزای سازنده، شارژ بذیری و ... در گروه خود مقایسه و نتیجه را به صورت یک جدول تنظیم و گزارش کنید.

فعالیت ۷

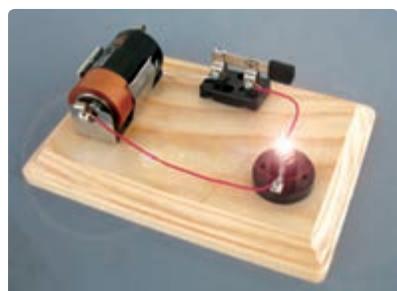


می خواهیم با یک باتری قلمی $1/5$ ولتی، یک قطعه سیم و یک لامپ $1/5$ ولتی، لامپ را روشن کنیم.
توضیح دهید در هر یک از شکل های رو به رو لامپ روشن می شود یا نه.

۸-۳ مدار الکتریکی

وقتی کلید چراغ قوه را وصل می کنیم لامپ آن روشن می شود. آیا تاکنون به ساختمان داخلی چراغ قوه توجه کرده اید؟ آیا به ساز و کار روشن شدن لامپ چراغ قوه فکر کرده اید؟

آزمایش کنید ۱۴

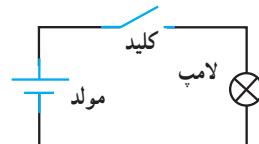


وسیله های آزمایش : لامپ $1/5$ ولتی، باتری $1/5$ ولتی، کلید قطع و وصل و مقداری سیم رابط
شرح آزمایش : مطابق شکل رو به رو لامپ، باتری و کلید را با سیم های رابط به هم وصل کنید. وقتی کلید را می بندید، چه اتفاقی می افتد که لامپ روشن می شود؟

جدول ۲-۳ - نمادهای اجزای مدار

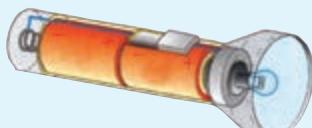
کلید	
مقاومت	
آمپرسنچ	
مولد	
ولتسنچ	
سیم	
لامپ	
مولد متغیر	

در آزمایش کنید ۴، شکل مدار الکتریکی ساده‌ای را دیدید که از لامپ، باتری، کلید و سیم‌های رابط تشکیل شده است. معمولاً مدارها را به شکل‌های ساده‌ای شبیه شکل ۱۵-۳ رسم می‌کنند که در آن برای هر قطعه از نماد خاصی استفاده می‌شود. مثلاً برای باتری از نماد ---|--- استفاده می‌کنیم که در آن قطعه خط کوچک‌تر نشان‌دهنده پایانه یا قطب منفی مولد و قطعه خط بزرگ‌تر نشان‌دهنده پایانه یا قطب مثبت آن است. همچنین لامپ را با نماد \bigotimes و کلید را با نماد $\diagup \diagdown$ نشان می‌دهیم.



شکل ۱۵-۳ - معمولاً برای رسم کردن شکل مدار از نمادهای استاندارد شده‌ای برای نشان دادن اجزای مدار استفاده می‌کنند.

فعالیت ۸



مدار معادل چراغ قوه نشان داده شده در شکل را با استفاده از نمادهای مداری رسم کنید.

فعالیت ۹



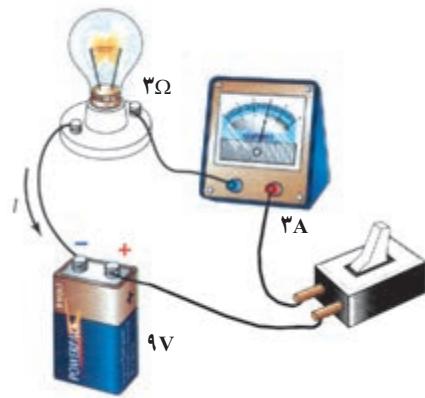
اجزای تشکیل‌دهنده دو شکل را با هم مقایسه کنید.

۹-۳ جریان الکتریکی

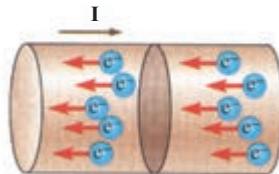
در مدار الکتریکی نشان داده شده در شکل ۱۶-۳ با وصل کردن کلید، بارهای الکتریکی در مدار شارش می‌کنند. در این حالت اگر مقطعی فرضی در مدار (شکل ۱۷-۳) را در نظر بگیریم، در مدت زمان (بازه زمانی) t بارالکتریکی I از این مقطع شارش می‌کند. بنابر تعریف آنگ شارش بارالکتریکی از هر مقطع مدار را جریان الکتریکی می‌نامیم و آن را با نماد I نشان می‌دهیم :

$$I = \frac{q}{t} \quad (2-3)$$

در این رابطه، یکای بار الکتریکی (q)، کولن (C) و یکای زمان (t)، ثانیه (s) است.



شکل ۳-۱۶— با وصل کردن (بستن) کلید، بار الکتریکی در مدار شارش می‌کند.



شکل ۳-۱۷— بار q در مدت زمان t از مقطع سیم می‌گذرد. جهت جریان در سیم، خلاف جهت شارش الکترون‌ها است.



آندره ماری آمپر^۱

فیزیکدان و ریاضیدان فرانسوی در ۲۰ زانویه ۱۷۷۵ م. (۱۱۵۴ ه.ش) به دنیا آمد و در ۱۰ زوشن ۱۸۳۶ م. (۱۲۱۵ ه.ش) درگذشت. در سال ۱۸۰۱ م. (۱۱۸۰ ه.ش) به استادی ریاضیات دانشگاه پاریس رسید. بیشتر عمر خود را صرف دانش الکتریسیته و مغناطیس کرد و کتاب‌های زیادی در اینباره نگاشت. او را می‌توان یکی از بانیان اصلی علم الکترومغناطیس کلاسیک انگاشت. همچنین از او به عنوان مخترع گالوانومتر یاد می‌شود. در سال ۱۸۸۱ م. (۱۲۶۰ ه.ش) یکای جریان الکتریکی به افتخار او، آمپر^۲ نامیده شد.

یکای جریان الکتریکی (I) نیز به پاس کارهای آندره ماری آمپر، فیزیکدان فرانسوی، آمپر^(A) نامیده می‌شود. طبق قرارداد، جهت جریان الکتریکی در مدار از پایانه مثبت باتری یا مولد به پایانه منفی آن است. جهت جریان در مدار، خلاف جهت شارش الکترون‌ها است. برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی از آمپرسنجه استفاده می‌کنیم و آن را به طور متوالی در مدار قرار می‌دهیم. برخی از مقادیر جریان‌های الکتریکی در جدول ۳-۳ آمده است.

جدول ۳-۳— مرتبه بزرگی برخی جریان‌های الکتریکی در زندگی روزمره

مرتبه برخی جریان‌های الکتریکی	جریان (A)
آذرخش	10^2
خط انتقال فشار قوى	10^1
استارت خودرو	10^{-1}
موخشک کن (سشوار)	۱
چراغ روشنایی معمولی	10^{-2}
جریان در برخی مدارهای الکترونیکی	10^{-3}
جریان قابل حس برای پوست بدن	10^{-5}

مثال ۴



در چراغ جلوی خودروی نشان داده شده در شکل، جریان 8 A از رشته لامپ می‌گذرد.

الف) در هر دقیقه، چند کولن بار الکتریکی از این رشته می‌گذرد؟

ب) در این مدت چه تعداد الکترون از رشته می‌گذرد؟

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

$$I = 8\text{ A}, t = 1\text{ min} = 60\text{ s}, e = 1/6 \times 10^{-19}\text{ C}, q = ?, n = ?$$

$$\text{الف} \quad q = It = 8 \times 60 = 480\text{ C}$$

$$\text{ب} \quad q = ne \Rightarrow 480 = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 3 \times 10^{21}$$

تمرین ۳

در یک ماشین اسباب بازی، در هر 20 s ثانیه، 10 C بار از باتری می‌گذرد. جریان عبوری از باتری، در این ماشین اسباب بازی را حساب کنید.

فعالیت ۱



در دوره راهنمایی دیدیم وقتی در یک مدار ساده مانند مدار نشان داده شده در شکل، آمپرسنج را در نقاط مختلف مدار قرار می‌دهیم، جریان یکسانی را نشان می‌دهد. علت آن را با توجه به پایستگی بار الکتریکی، انباسته نشدن بار در سیم‌ها و اجزای مدار، و تعریف جریان الکتریکی توضیح دهید.

۱۰-۳ مقاومت الکتریکی

آیا تاکنون به حرکت مردم در خیابان 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 این گونه موارد وجود افراد دیگر سبب کاهش سرعت و انرژی شما می‌شود. آیا به نظر شما تشابه‌ی بین 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 ۶



(الف)



(ب)

وسیله‌های آزمایش: یک باتری ۱/۵ ولتی، ۲ لامپ ۱/۵ ولتی، ۲ سریچ، آمپرسنج، کلید قطع و وصل و سیم رابط

شرح آزمایش:

- ۱- باتری ۱/۵ ولتی، لامپ ۱/۵ ولتی و آمپرسنج را مطابق شکل الف به هم بیندید.
- ۲- کلید را وصل کنید و عددی را که آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید.
- ۳- مدار شکل ب را بیندید، کلید را وصل کنید و عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد را یادداشت کنید.

۴- علت متفاوت بودن جریان در مدار شکل الف و مدار شکل ب چیست؟

- ۵- اگر تعدادی کافی باتری، کلید، لامپ، سریچ و آمپرسنج و مقداری کافی سیم رابط در اختیار دارید دو آزمایش را همزمان انجام دهید تا بتوانید عدد آمپرسنج‌ها و نور لامپ‌هارا باهم مقایسه کنید. علت تفاوت نور لامپ‌ها در دو آزمایش چیست؟ به دستگاه اندازه‌گیری نشان داده شده در این تصاویر **مولتی‌متر** می‌گویند، یعنی دستگاهی که می‌تواند چند کمیت مختلف (ولتاژ، جریان، مقاومت، دما و...) را اندازه‌بگیرد. در آزمایش‌های بالا مولتی‌متر در وضعیت آمپرسنج قرار گرفته است.

وقتی با استفاده از مولد به دو سر یک رسانای فلزی، یک اختلاف پتانسیل اعمال می‌کنیم، الکترون‌های آزاد با دریافت انرژی از مولد، به صورت گروهی در رسانا شارش می‌کنند. این الکترون‌ها در مسیر حرکت خود با یون‌های اتم‌های رسانا که در حال نوسان‌اند، برخورد می‌کنند و انرژی دریافتی از مولد را در این برخوردها از دست می‌دهند. این امر باعث گرم شدن رسانا می‌شود. حرکت بارهای الکتریکی در رسانا به نوعی مشابه حرکت شما در یک خیابان یا بازار شلوغ است. می‌گوییم رسانا دارای **مقاومت الکتریکی** است، و مقاومت الکتریکی را ب نماد **R** نشان می‌دهیم. اگر اختلاف پتانسیل یکسانی را به دو سر دو میله رسانا با شکل‌های هندسی یکسان اعمال کنیم، جریان‌های متفاوتی از آنها می‌گذرد. مشخصه‌ای که سبب تفاوت جریان‌ها در این دو میله می‌شود، مقاومت الکتریکی میله‌است. مقاومت الکتریکی بین دو نقطه از یک رسانا را با اعمال اختلاف پتانسیل **V** بین آن دو نقطه و اندازه‌گیری جریان **I** حاصل از آن تعیین می‌کنیم.

مقاومت **R** به صورت زیر تعریف می‌شود:

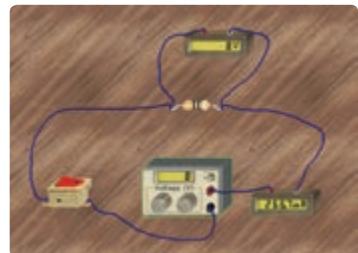
$$R = \frac{V}{I}$$

(۳-۳)

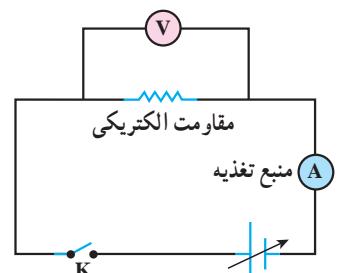
شکل ۳-۱۸-۳- باتری با ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو سر لامپ باعث شارش بار (جریان) در رشته لامپ می‌شود.

در این رابطه اختلاف پتانسیل بر حسب ولت (V)، جریان بر حسب آمپر (A) و مقاومت الکتریکی (R) بر حسب ولت بر آمپر (V/A) است که به پاس خدمات علمی جرج سیمون اهم، به نام **اهم** نامگذاری شده است و با نماد Ω نشان داده می‌شود.

اکنون که با اختلاف پتانسیل الکتریکی به عنوان عامل شارش بار، و مولد به عنوان عامل ایجاد کننده اختلاف پتانسیل، و عبور جریان الکتریکی از رسانا آشنا شده‌ایم، می‌توانیم ساز و کار روشن شدن لامپ را شرح دهیم. هنگامی که پایانه‌های بک با تری را به دو سریک رسانا (لامپ) وصل می‌کنیم (شکل ۱۸-۳)، با تری بین دو رسانا اختلاف پتانسیل ثابتی برقرار می‌کند. این اختلاف پتانسیل باعث شارش بارالکتریکی در مدار می‌شود. با شارش بارالکتریکی و ایجاد جریان الکتریکی در مدار، انرژی الکتریکی از با تری به لامپ می‌رسد و لامپ روشن می‌شود.



الف) شکل واقعی مدار



ب) شکل مدار با استفاده از
نمادهای مداری

شکل ۱۹-۳—مدار آزمایش قانون اهم

تاکنون متوجه شده‌اید که اگر به دو سریک 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.

مطابق شکل ۱۹-۳ یک مقاومت الکتریکی را به آمپرسنج، ولت‌سنج و منبع تغذیه (دستگاهی که با آن می‌توان اختلاف پتانسیل‌های مختلفی را در دو سر مدار برقرار کرد) می‌بنديم. آمپرسنج به طور متواالی در مدار قرار گرفته و ولت‌سنج به طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است. پس از وصل شدن کلید، جریان الکتریکی از مدار می‌گذرد. ولت‌سنج که به طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را نشان می‌دهد و آمپرسنج جریانی را که از مقاومت می‌گذرد مشخص می‌کند. اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را به کمک منبع تغذیه تغییر می‌دهیم و در هر نوبت، جریانی که از مقاومت می‌گذرد و اختلاف پتانسیل دو سر آن را با آمپرسنج و ولت‌سنج اندازه می‌گیریم و نتیجه آزمایش را وارد می‌کنیم. برای یک رسانای فلزی خاص به نتایج جدول ۴-۳ می‌رسیم.

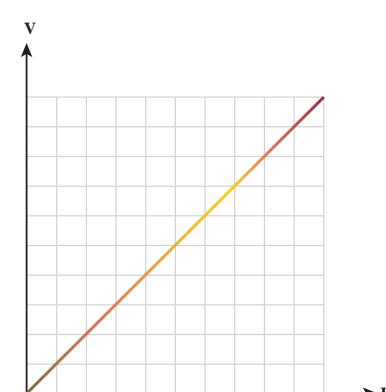
جدول ۴-۳

اختلاف پتانسیلی که ولت‌سنج نشان می‌دهد (V بر حسب ولت)				
جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد (I بر حسب آمپر)				
نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به جریان عبوری از آن				
۴/۵	۲/۵	۲/۲	۰/۸	
۰/۸۸	۰/۷۰	۰/۴۳	۰/۱۶	
۵/۱	۵/۰	۵/۱	۵/۰	

بررسی این جدول نشان می‌دهد که افزایش اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت باعث افزایش جریان

شده است، اما نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به جریانی که از آن می‌گذرد (یعنی نسبت $\frac{V}{I}$) در تمام آزمایش‌ها با تقریب خوبی ثابت مانده است (شکل ۲۰-۳).

$$\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = \dots$$



شکل ۲۰-۳—برای یک رسانای فلزی و در دمای ثابت، با تغییر دادن V ، I نیز خود به خود طوری تغییر می‌کند که $\frac{V}{I}$ بدون تغییر می‌ماند.

اهم دانشمند آلماني برای نخستين بار به اين مسئله توجه کرد و نتيجه آزمایش های خود را به شرح زير بيان نمود که به آن **قانون اهم** گفته می شود.

قانون اهم : در دمای ثابت نسبت اختلاف پتانسیل دو سر يک رسانا به جرياني که از آن می گذرد، يعني مقاومت الکتریکی رسانا، مقدار ثابتی است.

گرچه قانون اهم برای رساناهای فلزی و نیز برای برخی از رساناهای نافلزی (مانند کربن) برقرار است، ولی بيشتر وسائل الکترونیکی امروزی مانند تلویزیون و رایانه از قطعاتی تشکیل شده اند که از قانون اهم پیروی نمی کنند، يعني نمودار جريان بر حسب ولتاژ آنها، خطی نیست.

مثال ۳

مقاومت رشته لامپ يک چراغ قوه $\Omega = 7/5$ است. دو باتری اين چراغ قوه، هر کدام $1/5$ V هستند (مانند چراغ قوه نشان داده شده در فعالیت ۸). وقتی چراغ قوه را روشن می کنیم. چه جرياني از آن می گذرد؟

$$V = 2 \times 1/5 = 3V, \quad R = 7/5 \Omega$$

پاسخ :

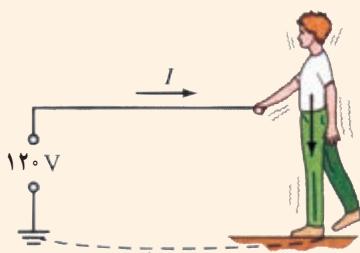
با استفاده از رابطه (۳-۲) نتيجه می گيريم که :

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow V/5 = \frac{3}{I} \Rightarrow I = 0/4 A$$

تمرين ۱۴

مقاومت بدن انسان که بستگی به وضعیت آن دارد، از حدود $\Omega = 100,000$ (وقتی خیس باشد) تا حدود $\Omega = 500,000$ (وقتی بوسٹ کاملاً خشک باشد) تغییر می کند. در حالتی که با انگشتان خشک به دو قطب يک باتری دست بزنیم و با دستان خود مدار كاملی به وجود آوریم، مقاومت بدن حدود $\Omega = 100,000$ است. در این حالت جريان حاصل از اختلاف پتانسیل $12V$ را معمولاً حس نمی کنیم. اما اگر این اختلاف پتانسیل به $24V$ برسد. بدنمان گزگز می نماید.

اثر جريان های الکتریکی بر بدن



اثر	جريان
جريان حس نمی شود.	کمتر از $0.1A$
احساس سوزش یا گرمای شدید	$0.1A$
انقباض غيرعادی عضله ها، احساس درد	$0.1A$ تا $0.1A$
از دست رفتن کنترل عضله ها	$0.15A$
اگر از قلب بگذرد، سبب اختلال جدی می شود.	$0.7A$
برش عضله بطني قلب	$0.1A$ تا $0.5A$
ایست قلبی، اگر جريان سريع قطع شود، قلب مجدداً به کار می افتد.	$0.5A$ تا چند آمپر
ایست قلبی، قطع تنفس، سوختگی.	بیشتر از چند آمپر

هنگامی که پوست شما بسیار مرطوب باشد، مقاومت آن حدود 1000Ω است. اگر در این حالت به قطب‌های یک باتری ولتی دست بزنید چه جریانی از بدن شما می‌گذرد؟ توجه داشته باشید که تماس مستقیم بدن با برق شهر، در هر شرایطی خطرناک است.



۱۲-۳ مصرف انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی بکی از یاک ترین انرژی‌های است و مصرف آن باعث آلودگی محیط‌زیست، که برای انسان بسیار خسارت‌بار است، نمی‌شود. علاوه بر آن، انرژی الکتریکی را می‌توان به آسانی و با صرف هزینه‌کم، از محل تولید به محل مصرف منتقل کرد (شکل ۲۱-۳). به همین علت استفاده از آن به طور وسیع و چشم‌گیری مورد توجه قرار گرفته است. اگر در محل کار و زندگی به پیرامون خود نگاه کنید، تعداد زیادی وسیله‌های الکتریکی می‌بینید (شکل ۲۲-۳) که زندگی بدون آنها بسیار مشکل و حتی غیرممکن است.

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



شکل ۲۱-۳- انرژی الکتریکی آسان تر و با صرف هزینه‌کمتر، نسبت به سوخت‌های فسیلی، به محل مصرف منتقل می‌شود.

شکل ۲۲-۳- امروزه، بدون استفاده از وسیله‌های الکتریکی زندگی بسیار مشکل است.

فعالیت //

وسیله	انرژی	نورانی	مکانیکی	صوتی	گرمایی
لامپ	+	+			+
اتو					
پنکه					
یخچال					
تلوزیون					
.....					

فهرستی از وسیله‌های الکتریکی که در منزل دارید، مانند لامپ، اتو، پنکه، یخچال، تلویزیون و... در جدول رویه‌رو آمده است. در هر مورد معلوم کنید که انرژی الکتریکی به چه نوع انرژی‌های مفید دیگری تبدیل می‌شود.

در لامپ‌های رشته‌ای، انرژی الکتریکی به انرژی درونی رشته تنگستن داخل لامپ تبدیل می‌شود و دمای آن را تا حدود 3000°C بالا می‌برد. در این دمای بالا، رشته درون لامپ قسمتی از انرژی درونی خود را به صورت انرژی نورانی تابش می‌کند شکل (۲۳-۳). امروزه استفاده از این لامپ‌ها به دلیل مصرف زیاد انرژی الکتریکی و بازدهی نورانی کم، رایج نیست.



شكل ۴-۳— در لامپ های رشته ای، انرژی الکتریکی، بیشتر به انرژی گرمایی و کمتر به انرژی نورانی تبدیل می شود.

هنگامی که یک سماور برقی را به برق وصل می کنید، جریان الکتریکی از رشته گرم کن (المن حرارتی) درون آن می گذرد و با افزایش دما و انرژی درونی این رشته، دمای سماور و آب درون آن نیز افزایش می یابد.

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)

۲— مدت زمان عبور جریان (t)؛ هرچه زمان عبور جریان الکتریکی از رسانا بیشتر باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن بیشتر می شود.

۳— جریان گذرنده از رسانا (I)

اگر انرژی الکتریکی مصرف شده در رسانا، که به انرژی درونی رسانا تبدیل شده است، را با

نماد U نشان دهیم، داریم :

$$U = RI't \quad (4-3)$$

در رابطه ۴-۳ مقاومت الکتریکی (R) بر حسب اهم (Ω)، جریان الکتریکی (I) بر حسب آمپر (A)، زمان عبور جریان الکتریکی (t) بر حسب ثانیه (s) و انرژی الکتریکی مصرف شده در رسانا (U) بر حسب ژول (J) است.

مثال ۴



مقاومت قسمت گرماده یک کتری برقی ۵۰ اهم است. وقتی آن را به برق وصل می کنیم جریان ۴A از آن می گذرد. انرژی الکتریکی مصرفی کتری در مدت ده دقیقه را حساب کنید.

پاسخ :

$$R = 50 \Omega \text{ و } I = 4A \text{ و } t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$$

با استفاده از رابطه ۴-۳ خواهیم داشت :

$$U = 50 \times 4^2 \times 600 \Rightarrow U = 480,000 \text{ J} = 480 \text{ kJ}$$

۱۳-۳ توان الکتریکی مصرفی در رسانا

در بخش اختلاف پتانسیل الکتریکی (بخش ۶-۳)، یادآور شدیم که روی وسیله های الکتریکی مانند لامپ روشنایی یا آتوی برقی برحی اعداد مربوط به شرایط کار دستگاه را می نویسند. یکی از این اعداد، اختلاف پتانسیل مناسب برای کار کردن دستگاه است که بر حسب ولت (V) بیان می شود. عدد دیگر مربوط به کمیتی به نام **توان الکتریکی مصرفی** دستگاه است که در ادامه درباره آن بحث می کنیم.

همان طور که در فصل اول دیدیم، آهنگ مصرف انرژی در یک دستگاه الکتریکی را توان مصرفی دستگاه می‌نامیم و آن را با نماد P نمایش می‌دهیم. بنابراین توان الکتریکی مصرفی یک رساناً برابر است با :

$$P = \frac{U}{t} \quad (5-3)$$

در این رابطه U انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه برحسب ژول (J) و t مدت زمان مصرف انرژی برحسب ثانیه (s) است. P توان الکتریکی مصرفی دستگاه است. یکای P در SI، ژول بر ثانیه است که آن را به احترام جیمز وات مخترع ماشین بخار وات می‌نامند و با W نشان می‌دهند. بنابراین رابطه $5-3$ با معلوم بودن توان الکتریکی مصرفی دستگاه می‌توانیم انرژی الکتریکی مصرفی آن را در هر بازه زمانی حساب کنیم.

$$P = \frac{RI^2 t}{t} \quad \text{با توجه به رابطه های } 4-3 \text{ و } 5-3 \text{ می توان نوشت :}$$

و در نتیجه :

$$P = RI^2 \quad (6-3)$$

در این رابطه، P توان مصرفی رساناً برحسب وات (W)، R مقاومت رساناً برحسب اهم (Ω) و I جریان الکتریکی رساناً برحسب آمپر (A) است.

با توجه به تعریف مقاومت، رابطه $3-6$ را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$P = R \times \left(\frac{V}{R} \right)^2 \quad (7-3)$$

در این رابطه P توان الکتریکی مصرفی رساناً برحسب وات (W)، V اختلاف پتانسیل دو سر رساناً برحسب ولت (V) و R مقاومت رساناً برحسب اهم (Ω) است.

توان مصرفی دستگاه‌هایی مانند لامپ رشته‌ای، اتو، کتری برقی و ... که در قسمت اصلی آنها یک سیم گرماده (المنت حرارتی) است، در صورتی برابر توان نوشته شده روی آن است که دستگاه به اختلاف پتانسیل نوشته شده ببروی آن، وصل شود. اگر دستگاه به اختلاف پتانسیلی کمتر یا بیشتر وصل شود، توان مصرفی دستگاه تغییر می‌کند.

جیمز وات^۱

مخترع و مهندس اسکاتلندی، در ۱۹ ژانویه ۱۷۳۶ م. (۱۷۳۶ ه.ش) به دنیا آمد و در ۲۵ آگوست ۱۸۱۹ م. (۱۸۱۹ ه.ش) در گذشت. مهم‌ترین کار او اصلاح ماشین بخار نوکامن^۲ است که تحول بزرگی در صنایع به وجود آورد. پس از تجاری سازی این اختراع، او به ثروت زیادی دست یافت. البته او تا زمان مرگ دست به اختراعات متنوع دیگری نیز نداشت. همچنان که با اختراع ماشین بخار او نرسید. یکای توان در SI به افتخار او **وات** نامیده می‌شود.



در منزل شما دستگاه‌های الکتریکی زیادی مانند تلویزیون، جاروبرقی، پنکه، کولر، یخچال، فریزر، پلوپر برقی و... وجود دارد که روزانه از آنها استفاده می‌کنید. با احتیاط و زیر نظر یکی از والدین خود به مشخصات هر یک از این دستگاه‌ها که روی آنها نوشته شده است نگاه کنید. عده‌هایی را که روی آنها نوشته شده است یادداشت و با یکدیگر مقایسه کنید. نتیجه مشاهدات خود را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

۱۴-۳ بیان انرژی الکتریکی مصرفی

در تمام مکان‌های مسکونی و تجاری، کنتور برق نصب شده است. کنتور برق انرژی الکتریکی مصرفی را اندازه می‌گیرد (شکل ۲۴-۳). اگر توان مصرفی یک دستگاه برابر P باشد، انرژی مصرفی آن دستگاه در مدت زمان t برابر است با :

$$U = Pt \quad (۸-۳)$$



شکل ۲۴-۳ - کنتور برق برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی مصرفی بدکار می‌رود.

اگر در این رابطه P را برحسب وات (W) و t را برحسب ثانیه (s) قرار دهیم، انرژی مصرفی U برحسب ژول (J) می‌شود. ولی اگر P را برحسب کیلووات (kW) و t را برحسب ساعت (h) قرار دهیم، انرژی الکتریکی مصرفی برحسب **کیلووات ساعت** (kWh) می‌شود. کنتورها، انرژی الکتریکی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت مشخص می‌کنند.

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

مثال ۶

: قرائت کنتور در ابتدای ماه

۱	۳	۴	۵	۲	۰	۱	۲
---	---	---	---	---	---	---	---

: قرائت کنتور در آخر ماه

۱	۳	۴	۷	۴	۱	۲	۸
---	---	---	---	---	---	---	---

قرائت کنتور برق یک منزل مسکونی در ابتدای یک ماه و در آخر همان ماه، در شکل نشان داده شده است. در هر مورد، رقم اول سمت راست، صدم kWh، رقم دوم سمت راست، دهم kWh و بقیه ارقام برحسب kWh است.

الف) انرژی الکتریکی مصرفی این خانه در این ماه چند کیلووات ساعت است؟

ب) انرژی الکتریکی مصرفی این خانه در این ماه چند ژول است؟

پ) اگر برای این میزان مصرف، متوسط بهای هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی مصرفی ۳۶ تومان باشد، هزینه برق این خانه در این ماه را حساب کنید.

پاسخ: الف)

(ب)

(پ)

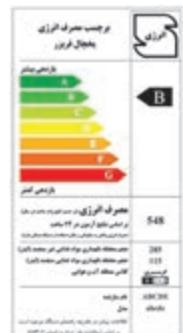
$$U = 134741/28 - 134520/13 = 221/15\text{ kWh}$$

$$U = 221/15\text{ kWh} = 221/15 \times 1000 \times 3600 \approx 8 \times 10^8 \text{ J}$$

$$\text{تومان } 8000 \times 8 \times 10^8 = 221/15 \times 36 = \text{هزینه برق مصرفی}$$

شکل رو به رو بخشی از یک قبض بر ق خانگی را نشان می دهد. با اعضای گروه خود نوشتہ های روی آن را بررسی و تبیین کنید.

بسیاری از وسیله‌های مورد استفاده در منزل برقی هستند. با استفاده بهینه از آنها می‌توان در مصرف انرژی صرفه جویی کرد. صرفه جویی در انرژی به معنای درست و به‌جا مصرف کردن آن است (شکل ۲۵-۳). برای مثال، اگر در یخچال مرتبًا باز و بسته شود یا زمان زیادی باز بماند، موتور آن مدت طولانی تری روشن می‌ماند، عمر آن کاسته می‌شود و مصرف انرژی الکتریکی آن نیز بیشتر می‌گردد.



پ) حتی الامکان از لوازم خانگی پر مصرف
مانند آتو، ماشین لباسشویی و جاروبرقی در
ساعت‌های اوج مصرف استفاده نشود.

ب) استفاده از پنجره‌های دوجداره و عایق‌بندی مناسب در ساختمان، از هدایت‌فن انرژی جلوگیری می‌نماید.

(الف) تهیه لوازم برقی با راندمان مناسب نقش مهمی در کاهش مصرف دارد. هتماً در هنگام خرد به برخسب ارزشی آنها توجه کنید.

شکل ۳-۲۵

یکی از راه‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی، استفاده از لامپ‌های کم مصرف امروزی است. این لامپ‌ها با مصرف انرژی الکتریکی ای حدود $\frac{1}{5}$ لامپ‌های معمولی، همان اندازه دو و شناخته تولید ممکنند (شکا، ۲۶-۳).

اگر پس از ورود به اتاق و ساختمان یا خروج از آنها درها را بیندیم، در زمستان از سرد شدن ساختمان و در تابستان از گرم شدن آن جلوگیری می‌کنیم.

امروزه استفاده از چشم‌های الکترونیکی برای مدیریت بهینهٔ مصرف انرژی در وسایل مختلف مانند پله‌برقی، درهای ورودی و خروجی ساختمان‌ها، روشناپی راهروها و ... متداول است.

شکل ۲۶- استفاده از لامپ های کم مصرف به جای لامپ های رشته ای، مصرف برق لازم برای روشنایی را تا حدود $\frac{1}{8}$ کاهش می دهد.



۱ ميله نارساناني با بار منفي و كره اي رسانا و بدون بار روی پايه نارسانا در اختيار دارد.
با رسم شکل توضيح دهيد چگونه می توان كره را :

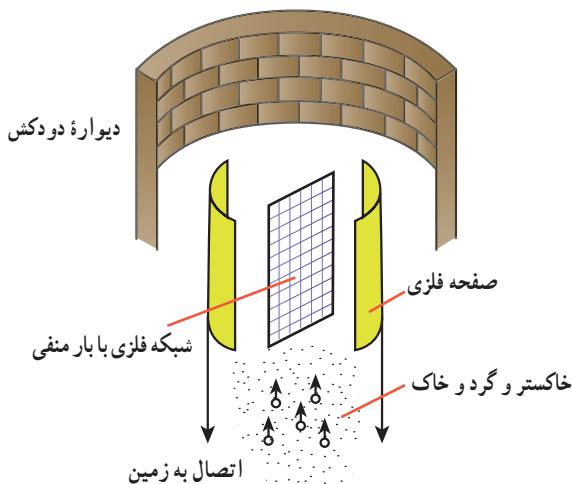
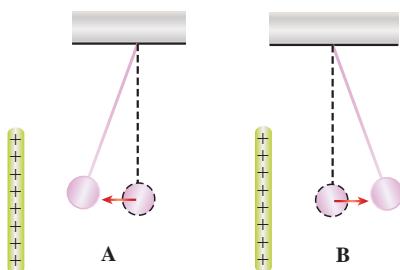
ب) داراي بار منفي کرد؟

۲ آزمایش زير را انجام دهيد :

- ۱- شير آب سرد را کمي باز کنيد تا باريکه‌اي از آب تشکيل شود.
- ۲- با يك شانه پلاستيکي چند بار موهای خشك و تميز خود را شانه بزنيد.
- ۳- شانه را به باريکه آب نزديک کنيد. آيا مسير آب منحرف می شود؟ علت آن را توضيح دهيد.

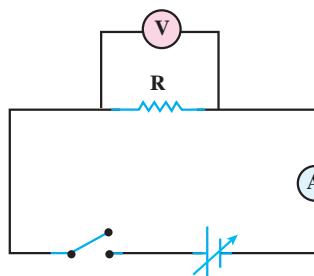
۳ ميله‌اي باردار را يك بار به آونگ A و بار ديگر به آونگ B نزديک می کنيم. اين ميله آونگ A را جذب و آونگ B را دفع می کند.

- الف) آيا آونگ A حتماً داراي بار الکتریکی است؟ توضيح دهيد.
ب) آونگ B داراي چه نوع باري است؟ توضيح دهيد.



۴ سوختن زغال‌سنگ در نيزوگاه‌ها مقدار زيادي خاکستر، گرد و خاک و گاز‌های زائد توليد می کند. همه اين فراورده‌ها موجب مشكلات زيست محطي می شوند. در يك دودکش رسوب‌دهنده الکتریکی، خاکستر و گرد و خاک از گاز‌های زائد حذف می شوند (شکل روبرو). رسوب‌دهنده شامل شبکه‌اي فلزی است که توسط دو صفحه فلزی متصل به زمين محصور شده است. به شبکه فلزی بار منفي بزرگی داده می شود. خاکستر و ذره‌های دود با گذشتن از سيم‌های شبکه بار منفي پيدا می کنند، سپس به طرف صفحه‌های فلزی حرکت می کنند، به اين صفحه‌ها مي چسبند و در آنجا بار منفي خود را از دست مي دهند. الف) دو مشكل زيست محطي که پيامد سوختن زغال‌سنگ است را نام بيريد.

- ب) به طور واضح توضيح دهيد که چرا ذره‌های دود پس از عبور از شبکه فلزی به طرف صفحه‌های فلزی حرکت می کنند.
پ) بارهای منفي که توسط ذره‌های خاکستر و دود به صفحه‌های فلزی داده می شوند، کجا می روند؟



نماد به معنی مولدی است که می‌توانیم ولتاژ آن را کم و زیاد کنیم.

۵ برای اندازه‌گیری مقاومت یک سیم مقاومت دار، مداری مانند شکل مقابل می‌بندیم. مولد را طوری انتخاب می‌کنیم که هنگام وصل کردن کلید، جریان زیادی از مدار نگذرد و به مقاومت R و آمپرسنچ آسیب نرسد. ولتاژ مولد را مرحله به مرحله زیاد می‌کنیم و در هر مرحله با استفاده از ولتمنج و آمپرسنچ، ولتاژ و جریان را اندازه‌گیری می‌کنیم. جدول زیر حاصل این اندازه‌گیری است.

شماره آزمایش	عدد آمپرسنچ (A)	عدد ولتمنج (V)
۱	صفر	صفر
۲	۰/۱۶	۱/۶
۳	۰/۴۳	۴/۴
۴	۰/۶۸	۷/۰

الف) نمودار ولتاژ بر حسب جریان را رسم کنید.

ب) مقاومت سیم را محاسبه کنید.

پ) شیب این نمودار، چه کمیتی را نشان می‌دهد؟

۶ انواع باتری‌ها و لامپ‌ها دارای دوپایانه هستند که وقتی در مدار قرار می‌گیرند، جریان از یکی از آنها وارد و از دیگری خارج می‌شود. با توجه به این موضوع در کدام یک از شکل‌های زیر، لامپ روشن می‌شود؟



(ب)



(ب)

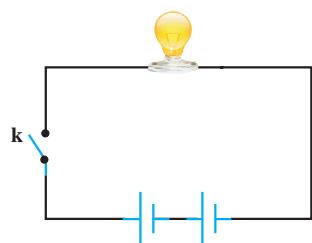


(الف)

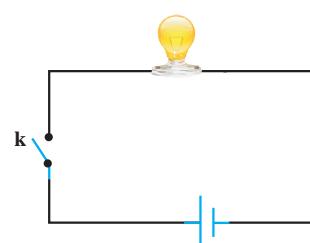
۷ در مدارهای نشان داده شده در شکل باتری‌ها مشابه و لامپ‌ها نیز یکسان هستند. توضیح دهید با بستن کلید K

الف) جریان در کدام مدار بیشتر است؟

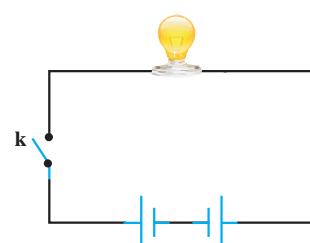
ب) جریان در کدام مدار صفر است؟



(۳)

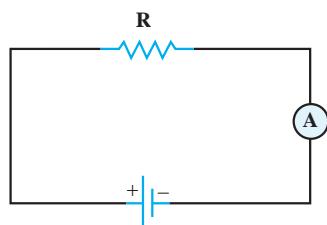


(۴)



(۱)

الاتريسيت



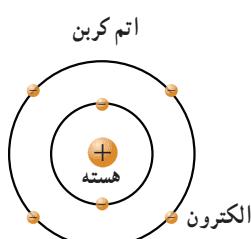
- ۸ در مدار شکل رو به رو به تدریج دمای مقاومت فلزی R را بالا می بیریم. در نتیجه، جریانی که آمپرسنچ نشان می دهد به تدریج کاهش می یابد.
 الف) کاهش جریان نشان می دهد که مقاومت R شده است.
 ب) به نظر شما افزایش دما با چه سازوکاری مقاومت یک رسانای فلزی را تغییر می دهد؟

۹ توان مصرفی هریک از وسیله های زیر چقدر می تواند باشد؟

- ۱- کتری برقی
- ۲- لامپ چراغ مطالعه
- ۳- انوی برقی
- ۴- ماشین لباس شوی
- ۵- ماشین ظرف شوی
- ۶- جاروبرقی

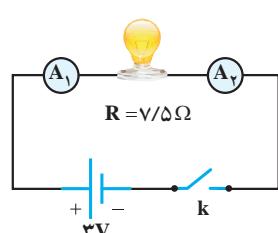
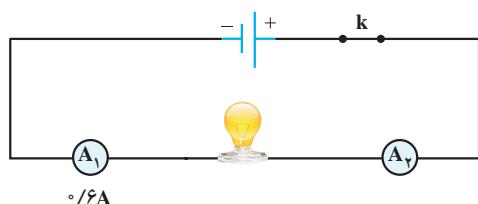
برای پیدا کردن پاسخ، مشخصات نوشته شده روی این وسیله ها را بینید.

مسائل



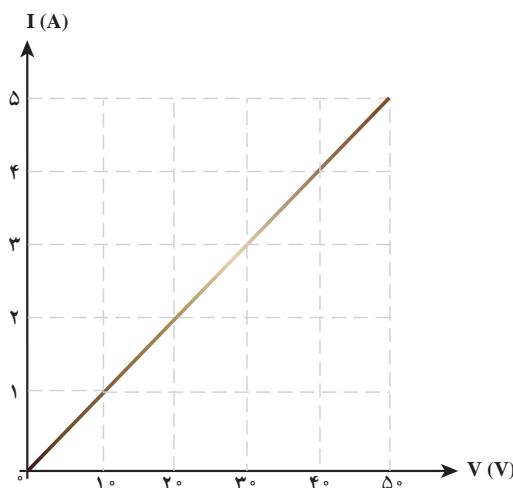
- ۱ الف) بار الکتریکی هسته اتم کربن، چند کولن است؟ عدد اتمی کربن ۶ است.
 ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^+) چقدر است؟

- ۲ در مدار شکل رو به رو آمپرسنچ A_1 ، $6/0 A$ را نشان می دهد.
 الف) آمپرسنچ A_2 ، چه جریانی را نشان می دهد؟
 ب) اگر مقاومت لامپ 5Ω باشد، اختلاف پتانسیل دوسر لامپ چقدر است؟



۳ در شکل مقابل با بستن کلید؛

- الف) هریک از آمپرسنچ های A_1 و A_2 چه عددی را نشان می دهند؟
 ب) در مدت $32 s$ ، چه تعداد الکترون از لامپ می گذرد؟



۴ تفسیر کنید :

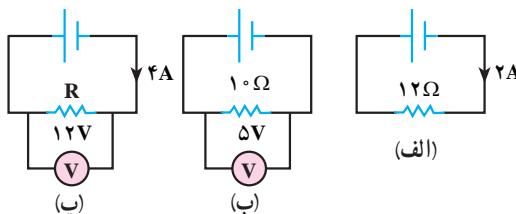
۱- نمودار شکل رو به رو مربوط به یک مقاومت است.

الف) چه رابطه‌ای بین جریان الکتریکی و اختلاف پتانسیل این مقاومت وجود دارد.

ب) به کمک نمودار، مقدار مقاومت را پیدا کنید.

پ) هرگاه جریانی که از مقاومت می‌گذرد $2/5$ آمپر باشد، اختلاف پتانسیل دوسر آن چند ولت می‌شود؟

۵ در مدارهای شکل زیر توان مصرفی هر مقاومت چقدر است؟



۶ بر روی وسایل الکتریکی زیر، اعداد مربوط به ولتاژ و توان نوشته شده است.

الف) سیم‌های اتصال به برق آنها باید بتوانند حداقل چه جریانی را از خود عبور دهد؟

ب) مقاومت الکتریکی هر وسیله چقدر است؟

	$220V$		$220V$		$220V$		$220V$		$220V$
بخاری برقی	$1000W$	موخشک‌کن (سشوار)	$500W$	کتری برقی	$2400W$	جراح مطالعه با لامپ رشته‌ای	$40W$	اتوی برقی	$850W$

۷ در شکل رو به رو یک کتری برقی را مشاهده می‌کنید.

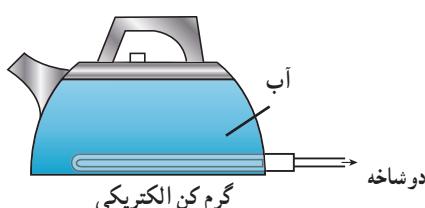
الف) فرایندی که توسط آن آب کتری گرم می‌شود را توضیح دهید.

ب) توان گرم کن الکتریکی این کتری $2800W$ است. اگر کتری محتوی $2kg$ آب $6^\circ C$ باشد :

۱- انرژی الکتریکی لازم برای اینکه دمای آب به $100^\circ C$ برسد چقدر است؟

۲- زمان لازم برای اینکه دمای آب به $100^\circ C$ برسد را حساب کنید.

پ) توضیح دهید چرا در عمل به زمانی بیشتر از آنچه در قسمت ب محاسبه کردید نیازمندیم.



۸ روی یک اتوی برقی دو عدد $W = 80$ و $W = 20$ نوشته شده است. این اتو را به اختلاف پتانسیل 220 ولت وصل می‌کنیم.
الف) چه جریانی از آن می‌گذرد؟

ب) انرژی الکتریکی مصرفی ماهانه این دستگاه، در صورتی که هفته‌ای دوبار و هر بار به مدت 20 دقیقه مورد استفاده قرار گیرد چند kWh است؟

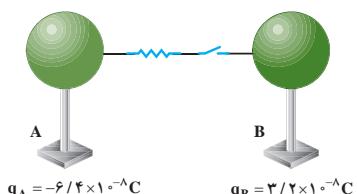
۹ رادیو، تلویزیون و یکی از لامپ‌های خانه خود را در نظر بگیرید و فرض کنید که هر کدام روزی 8 ساعت با اختلاف پتانسیل 220 ولت روشن باشد.

الف) انرژی الکتریکی مصرفی هر کدام در یک دوره یک ماهه (30 روز) چند kWh است؟

ب) بهای برق مصرفی هر کدام از قرار هر کیلووات ساعت 35 ریال در یک دوره یک ماهه چقدر می‌شود؟

پ) اگر در شهر شما هر خانه یک لامپ 100 وات اضافی را به مدت 3 ساعت در شب روشن کند، در طول یک ماه چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی اضافی مصرف می‌شود؟ بهای این انرژی از قرار هر کیلووات ساعت 35 ریال، چند ریال می‌شود؟

پرسش‌ها و تمرین‌های اضافی



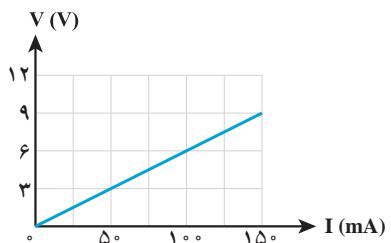
۱ در شکل مقابل، دو کره هم اندازه رسانا و باردارند. آنها را به هم وصل می‌کنیم.

الف) الکترون‌ها از کدام کره به دیگری منتقل می‌شوند؟

ب) چون کره‌ها هم اندازه‌اند بار نهایی آنها مساوی می‌شود. بار نهایی هر کره چقدر می‌شود؟

پ) چه تعداد الکترون منتقل می‌شود؟

ت) اگر مدت زمان انتقال بار بین دو کره 5×10^{-6} s باشد، جریان در این مدت چقدر است؟



۲ نمودار جریان بر حسب ولتاژ یک سیم فلزی مانند شکل مقابل است.

الف) مقاومت این سیم چقدر است؟

ب) شبی این نمودار چه کمیتی را نشان می‌دهد؟

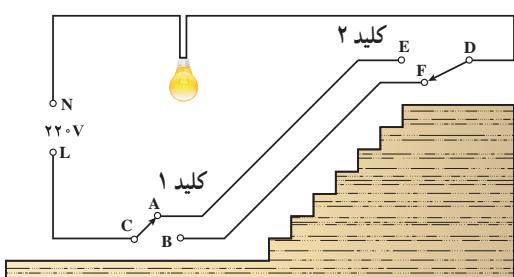
پ) اگر اختلاف پتانسیل دوسر سیم 7 v باشد، چه جریانی از سیم می‌گذرد؟

ت) اگر اختلاف پتانسیل دوسر سیم 7 v باشد، بار الکتریکی که در مدت 6 s از این

سیم می‌گذرد چقدر است؟

ث) رابطه بین اختلاف پتانسیل و جریان الکتریکی برای این سیم را بنویسید.

۳ معمولاً در راهروهای آپارتمان‌ها، از مدارهای چندکلیدی استفاده می‌شود. با توجه به شکل زیر، که یک مدار دوکلیدی را نشان می‌دهد، در ستون مربوط به لامپ کلمه روشن یا خاموش را بنویسید (با استفاده از این نوع مدار می‌توان از بالا یا پایین پله‌ها، لامپ را روشن یا خاموش کرد).



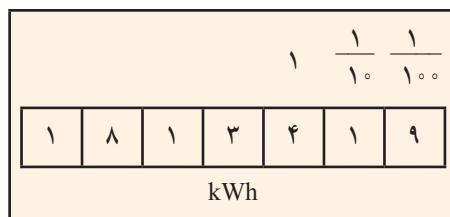
ردیف	وضعیت کلید ۱	وضعیت کلید ۲	لامپ
۱	A	E	
۲	A	F	
۳	B	E	
۴	B	F	

- ۲) از یک آزمایش شبیه آزمایش اهم نتایجی مطابق جدول زیر به دست آمده است. ابتدا ستون‌های خالی جدول را پر کنید، سپس به سوال‌های زیر پاسخ دهید.

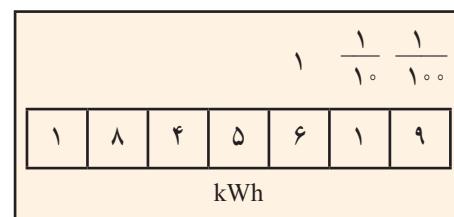
V/I	V × I	(A) آمپرسنج	(V) ولت‌سنج	شماره آزمایش
		۰/۳۰	۶	۱
		۰/۴۰	۸	۲
		۰/۵۰	۱۰	۳
		۰/۵۹	۱۲	۴
		۰/۶۹	۱۴	۵

- الف) کدام ستون جدول، تقریباً عدد ثابتی را نشان می‌دهد و این عدد، معرف چه کمیتی است؟
 ب) نمودار ولتاژ بر حسب جریان رارسم کنید و توضیح دهید شیب این نمودار، چه کمیتی را نشان می‌دهد.
- ۵) اگر ولتاژ دوسر یک وسیله الکتریکی که از قانون اهم تعیت می‌کند را کمی کاهش دهیم، مقاومت آن تغییر نمی‌کند. اما توان آن تغییر می‌کند. بنابراین یک راه کاهش مصرف انرژی، کم کردن ولتاژ دوسر آن است. بر روی یک بخاری بر قی رشته‌ای، دو عدد V و W 220 و 220 نوشته شده است.
- الف) اگر بخاری به ولتاژ $V = 220$ وصل شود، چه جریانی از آن می‌گذرد و مقاومت بخاری چقدر است؟
 ب) اگر ولتاژ شهر به $V = 200$ کاهش یابد، جریانی که از بخاری می‌گذرد را به دست آورید و توان آن در این حالت را محاسبه کنید.
- ۶) قرائت کتور برق یک آپارتمان، در ابتدا و انتهای یک ماه مانند شکل زیر است. توجه داشته باشید که اولین رقم از سمت راست، $1/0$ کیلووات ساعت و دومین رقم از سمت راست، $1/0$ کیلووات ساعت را نشان می‌دهد.
- الف) انرژی الکتریکی مصرفی این آپارتمان در این ماه چند کیلووات ساعت است؟
 ب) اگر قیمت برق مصرفی بدون یارانه، هر کیلووات ساعت، 800 ریال باشد، قیمت برق این آپارتمان در این ماه، چقدر است؟

ابتدا ماه



انتهای ماه





نور - بازتاب نور



تصویر ساختمان در سطح آب را کد دارای چه ویژگی‌هایی است؟

آیا تاکنون جهان بدون نور را تصور کرده اید؟ با تصور چنین جهانی، به اهمیت شناخت نور و مطالعه درباره آن بی میرید. در واقع بیشترین دانسته های مربوط به جهان به کمک نور و از راه دیدن به دست آمده است. اطلاعات قابل توجهی از منظمه خورشیدی، کهکشان ها و بخشی از آنچه که از ساختار درونی اتم می دانیم، از نوری که از آنها دریافت می کنیم به دست آمده است. به کمک نور دریچه ای از عظمت عالم خلقت و نظام قانونمند آن به روی بشر گشوده شده است. علاوه بر این، در زندگی روزانه هم بسیاری از اطلاعات از دنیا پیرامون مان به وسیله نور و مشاهده با چشم به دست می آید. ثابت شده است که بخش قابل توجهی از آموخته های ما از راه بینایی است.



شکل ۱-۱- اطلاعات ما از کهکشان ها، به واسطه نوری است که از آنها دریافت می کنیم.

۱-۴ انتشار نور

هنگام طلوع خورشید، بخشی از سطح زمین که به طرف خورشید است را روشنایی فرا می گیرد. شب هنگام، چراغ روشنی را که در فاصله دوری از ما قرار دارد می بینیم. رسیدن نور خورشید به زمین و رسیدن نور چراغ روشن به چشم و دیده شدن آن از فاصله دور به سبب **انتشار نور** آنها است. محیطی که نور از آن عبور می کند **محیط شفاف** نامیده می شود.

پاسخ دهید ۱

چند ماده شفاف و چند ماده غیرشفاف را که می شناسید، نام بیرید.



شکل ۲-۴- مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین باریکه نور تشکیل داده است.

۲-۴ باریکه نور

برای بررسی رفتار نور به هنگام انتشار ابتدا باید با **باریکه نور** و **پرتو نور** آشنا شویم. در شکل ۲-۴ مسیر نور را روی زمین هنگام عبور از شکاف میان در و دیوار مشاهده می کنید. مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین، یک **باریکه نور** را نشان می دهد. باریکه نور با پهنه ای بسیار کم را **پرتو نور** می نامیم. در واقع می توان گفت هر باریکه نور شامل دسته ای از پرتوهای نور است. با مشاهده باریکه نور می توانیم مسیر انتشار نور را تشخیص دهیم مثلاً شکل ۳-۴ منظره طبیعی از پرتوهای نور خورشید را نشان می دهد.



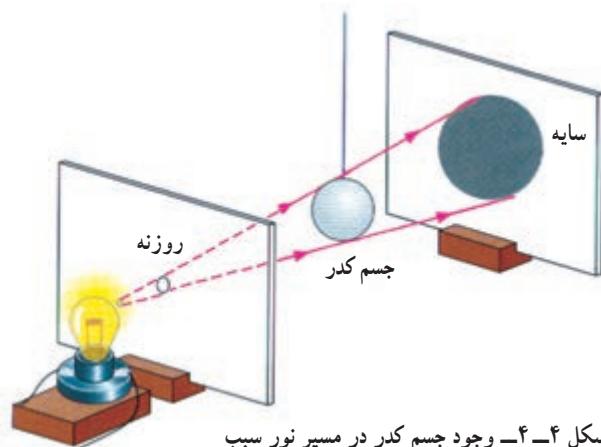
شکل ۳-۴- منظره طبیعی از پرتوهای نور خورشید

۳-۴ انتشار نور به خط راست

همان طور که قبلاً در درس علوم تجربی دیده ایم و آزمایش هم نشان می دهد، نور در یک محیط شفاف به خط راست منتشر می شود.

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.



شکل ۴-۴- وجود جسم کدر در مسیر نور سبب تشکیل سایه در طرف دیگر جسم کدر شده است.

با توجه به اینکه نور به خط راست منتشر می شود، هر پرتو نور را با یک خط راست و پیکانی بر روی آن، که جهت انتشار نور را مشخص می کند، نشان می دهیم.

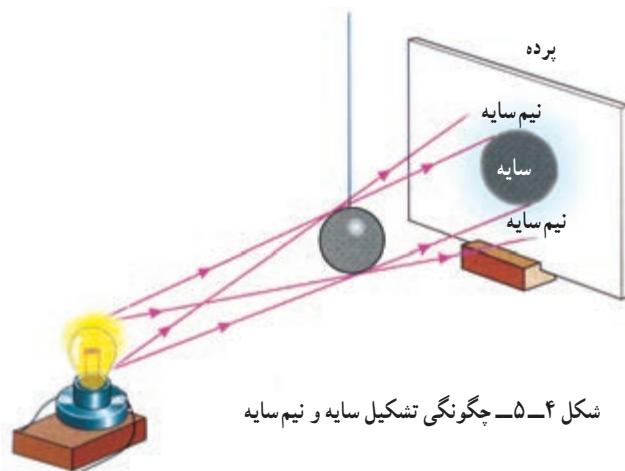
سایه و نیم سایه : سایه اشیا و یا سایه خودتان را بارها روی زمین یا روی دیوار دیده اید. سایه از قرار گرفتن یک **جسم کدر** (غیرشفاف) در مقابل روشنایی (یا یک چشم نور) تشکیل می شود. آیا توجه کرده اید که سایه در کدام طرف تشکیل شده است؟

پاسخ دهید ۴

با توجه به شکل ۴-۴ توضیح دهید :

۱- سایه چگونه تشکیل شده است؟

۲- اگر نور به خط راست منتشر نمی شد چه اتفاقی می افتاد؟



شکل ۴-۵- چگونگی تشکیل سایه و نیم سایه

در شکل ۴-۴ هرگاه صفحه دارای روزنه را از مقابل چراغ برداریم، مرز سایه کاملاً مشخص نخواهد بود. در این وضع در اطراف سایه، ناحیه‌ای نیمه روشن ایجاد می شود که به آن **نیم سایه** می گوییم. شکل ۴-۵ چگونگی تشکیل سایه و نیم سایه را به وسیله یک چشم نور گسترده نشان می دهد.

در شکل ۴-۵ فقط از تعداد محدودی از پرتوهای بی شماری، که توسط لامپ گسیل می شود، برای نشان دادن چگونگی تشکیل سایه و نیم سایه استفاده شده است.

آزمایش کنید ۱

وسیله‌های آزمایش: شمع، کبریت، یک تکه مقواهی ضخیم.

شرح آزمایش:

- ۱- با یک چشمۀ نور نقطه‌ای، سایه مقوا را بر روی دیوار یا پرده‌ای تشکیل دهید.
- ۲- چشمۀ نور را قدری به مقوا تزدیک و بار دیگر قدری از آن دور کنید.
- ۳- مقوا را به دیوار تزدیک یا قدری از آن دور کنید.
- ۴- با دقت تغییرات اندازۀ سایه را مشاهده و نتیجه را یادداشت کنید.

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

فعالیت ۲



خورشیدگرفتگی

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

(ب) با توجه به آنچه که در مورد خورشیدگرفتگی (كسوف) گفته شد، توضیح دهید که ماه‌گرفتگی (خسوف) در چه صورت رخ می‌دهد؟ این پدیده را با رسم یک شکل ساده نشان دهید.



ماه‌گرفتگی



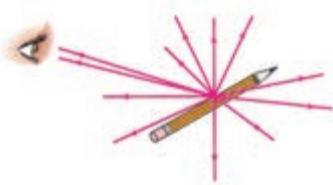
آزمایش کنید ۲

وسیله‌های آزمایش: کبریت و دو عدد شمع.

شرح آزمایش:

- ۱- دست خود را مقابل یک شمع روشن نگه دارید به طوری که سایه دستان روی دیوار تشکیل شود.
- ۲- همین آزمایش را با دو شمع روشن انجام دهید.
- ۳- از مشاهده و مقایسه سایه دست در دو حالت چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۴-۴ بازتاب نور



شکل ۴-۶ دیده شدن اشیا به سبب نوری است که پس از بازتاب از آنها به چشم می‌رسد.



ابن سنان

ابراهیم بن سنان بن ثابت بن قره در سال ۲۸۷ هجری شمسی در بغداد به دنیا آمد و در

سال ۳۲۵ هجری شمسی در همان شهر درگذشت. هرچند زندگی ابن سنان کوتاه بود ولی تعداد فراوانی اثر از او بر جای مانده است که تذکره‌نویسان و موزخان به آنها اشاره کرده‌اند. این آثار درباره سهمی‌ها، حرکت‌های ظاهری خورشید (که شامل پژوهش نور شناختی مهندسی درباره سایه‌های است)، ساعت‌های خورشیدی، اسطلاب و ابزار نجومی دیگر است. پژوهش ابن سنان درباره سهمی‌ها، مستقیماً نتیجه پرداختن به مسئله‌ای است که در کتاب پدربرزگش (ثابت بن قره) مطرح شده بود. در واقع ثابت بن قره، این مسئله را از راهی به جز راهی که ارشمیدس پیش گرفته بود، حل کرده بود. بعدها ریاضی‌دان دیگری به نام ماهانی راه حل کوتاه‌تری برای حل این مسئله عرضه کرد. بعد از ارائه این راه حل، ابن سنان اندیشید که پژوهش‌های ماهانی نباید پیش‌رفته‌تر از پژوهش پدربرزگش باشد؛ بنابراین بر آن شد برای حل این مسئله راه کوتاه‌تری ارائه کند. سرانجام استقلال ذهنی ابن سنان باعث شد که وی تحلیل هندسی قدمای را احیا کند و آن را در رساله‌جداگانه‌ای بپروراند. اهمیت کار ابن سنان از این جهت آشکار می‌شود که نشان می‌دهد چگونه ریاضی‌دانان مسلمان ریاضیاتی را که از دوره یونانی‌مایی به ارت برده بودند، دنبال کردند و آن را با فکری مستقل بسط دادند.

می‌دانیم که کره ماه از خود نوری ندارد. پس چرا شب‌ها سطح آن روشن است؟ اگر در یک شب تاریک به اتفاق وارد شوید که هیچ نوری به درون آن نمی‌تابد، آیا اشیای درون اتاق را می‌بینید؟ اگر چراغی در اتاق روشن کنید چه طور؟

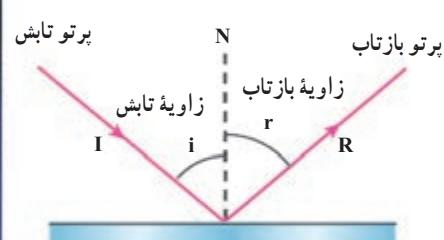
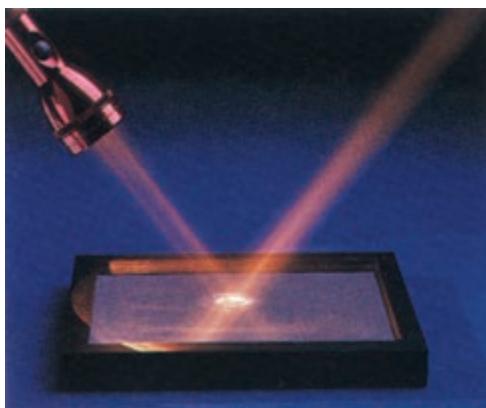
دیده شدن اشیای درون اتاق، هنگامی که چراغ روشن می‌شود، به سبب انتشار نور در اتاق و بازگشت نور از سطح اشیا و رسیدن آن به چشم است. در شکل ۴-۶ بازگشت نور از روی یک نقطه از شیء نشان داده شده است. روشن دیده شدن ماه نیز مانند روشن دیده شدن اشیای درون اتاق زیر نور چراغ است. تابش نور خورشید بر سطح ماه و بازگشت نور از سطح آن سبب روشن دیده شدن ماه می‌شود.

پاسخ دهید ۳

- ۱- در طول روز که آفتاب به درون اتاق نمی‌تابد چگونه اشیاء درون اتاق دیده می‌شوند؟
- ۲- برای دیدن اشیا چه شرایطی لازم است؟

بازگشت نور از سطح اجسام را بازتاب نور می‌نامیم. سطوح‌های صیقلی، مانند سطح آینه یا سطح آرام آب، پدیده بازتاب را به خوبی نشان می‌دهند. بازتاب از این سطوح‌ها را **بازتاب آینه‌ای می‌نامیم**.

پرتو نوری که به سطح جسم می‌تابد **پرتو تابش** و پرتو بازگشته از سطح را **پرتو بازتاب** می‌نامیم. نقطه‌ای را که نور به آن می‌تابد **نقطه تابش**، زاویه بین پرتو تابش و خط عمود بر سطح در نقطه برخورد نور را **زاویه تابش** (i) و زاویه بین خط عمود و پرتو بازتاب را **زاویه بازتاب** (r) می‌نامیم. در شکل ۷-۴ پرتوهای تابش و بازتاب، خط عمود بر سطح آینه در نقطه تابش و زاویه‌های تابش و بازتاب نشان داده شده است.

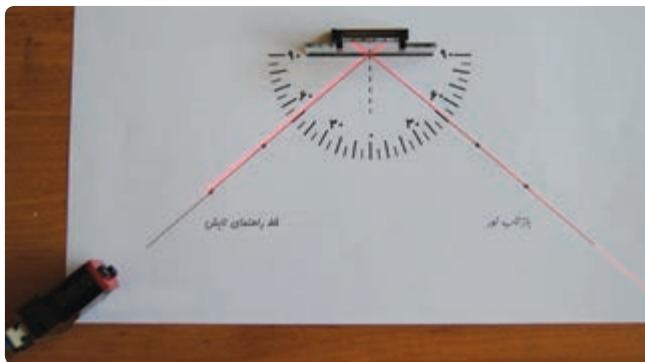


شکل ۷-۴ بازتاب نور از سطح یک آینه

آزمایش کنید ۳

وسیله‌های آزمایش: مقوای ضخیم، نقاله، آینه کوچک و چراغ قوه یا لیزر مدادی.

شرح آزمایش:



۱- روی یک ورقه مقوایی نسبتاً ضخیم و کاملاً صاف و تخت مطابق شکل نقاله‌ای رسم کنید، پس از آن آینه‌ای را عمود بر مقوای مماس بر سطح صاف نقاله قرار دهید.

۲- با یک چراغ قوه یا یک لیزر مدادی باریکه نور را با زاویه تابش معلومی به آینه بتابانید به طوری که پرتو بازتابش بر سطح مقوای دیده شود. در این وضعیت، اندازه زاویه بازتاب را که روی نقاله مشخص است، با زاویه تابش مقایسه کنید.

۳- آیا این دو زاویه با هم برابرند؟

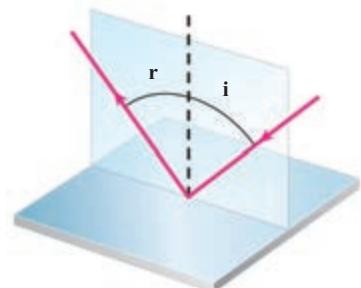
۴- آزمایش را برای زاویه‌های 20° , 30° , 60° و 80° انجام دهید.

اگر آزمایش را بدقت انجام دهیم، به این نتیجه می‌رسیم که همواره زاویه تابش و زاویه بازتاب با هم برابرند.

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 نقطه بازتاب، هر سه در یک صفحه‌اند.

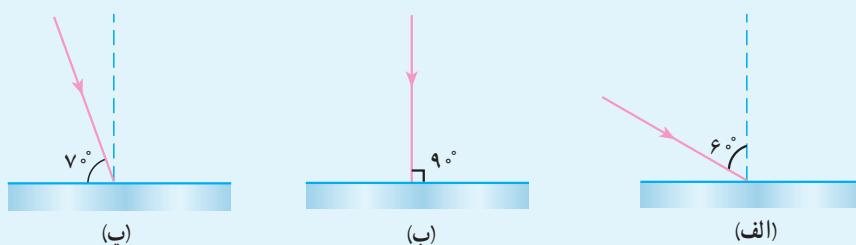
(ب) زاویه تابش (i) و زاویه بازتاب (r) با هم برابرند ($i=r$).

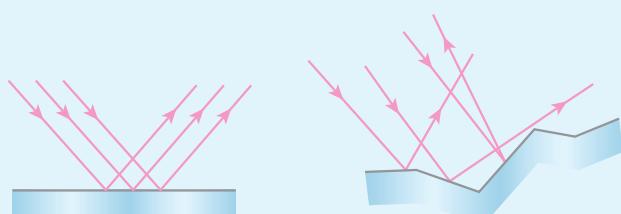


شکل ۴-۸- قانون‌های بازتاب نور
در یک سطح بازتاب کننده

فعالیت ۳

در شکل‌های زیر با مشخص کردن اندازه زاویه تابش و زاویه بازتاب، پرتو بازتاب مربوط به هر یک از سطوح‌های صیقلی را رسم کنید.





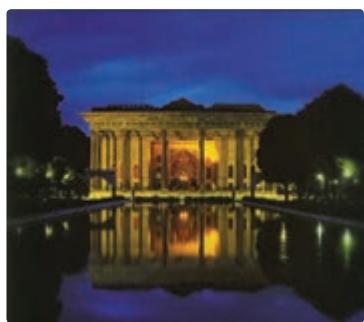
در شکل دو دسته پرتو موازی مشابه به دو سطح یکی صاف و صیقلی و دیگری ناصاف مانند مقوا برخورد کرده و بازتاب آنها نشان داده شده است.

(الف) در هر مورد خط عمود بر نقطه تابش را توسط نقاله با دقت مناسب رسم کنید.

(ب) اندازه زاویه تابش و بازتاب را در هر مورد مشخص کنید.

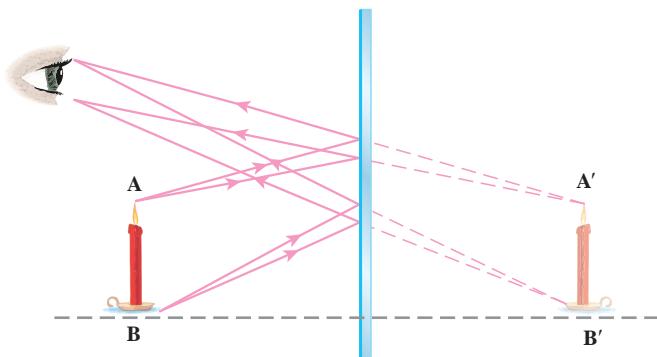
۴-۵ تصویر در آینه‌های تخت

آیا تاکنون تصویر درختان، ساختمان‌ها یا منظره‌های اطراف یک استخر آب یا بركه را در آب مشاهده کرده‌اید؟



شکل ۴-۹-۶ سطح آرام آب، مانند آینه تخت عمل می‌کند.

آینه‌های معمولی را که سطح آنها مسطح است آینه تخت می‌نامیم. هنگامی که روبروی آینه‌ای می‌ایستید خودتان را در آینه می‌بینید. مشاهده منظره‌های اطراف در سطح آب یک استخر و دیده شدن اشیای مقابل آینه در آن، به سبب بازتاب نور از سطح بازتابنده و رسیدن پرتوهای بازتاب به چشم است. آنجه در آینه دیده می‌شود تصویر شیء مقابل آینه است. شکل ۴-۱۰ چگونگی دیده شدن تصویر یک شیء (یک شمع) را در آینه تخت نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۰-۱ بیننده تصویر، نقطه A را در نقطه A' و تصویر نقطه B را در نقطه B' می‌بیند.

هنگامی که یک شیء مقابل آینه قرار می‌گیرد از هر نقطه آن (نظیر نقطه A در شکل ۴-۱۰) پرتوهای نور به آینه می‌تابد. این پرتوها پس از بازتاب از سطح آینه به چشم بیننده می‌رسند. مثل این است که این پرتوها از نقطه A' به چشم می‌رسند. نقطه A'، محل بهم رسیدن پرتوهای بازتاب است، تصویر نقطه A است. با این روش می‌توانیم تصویر هر نقطه دیگری از شیء را به کمک حداقل دو پرتو که از آن نقطه به آینه می‌تابد مشخص کنیم.

در شکل ۴-

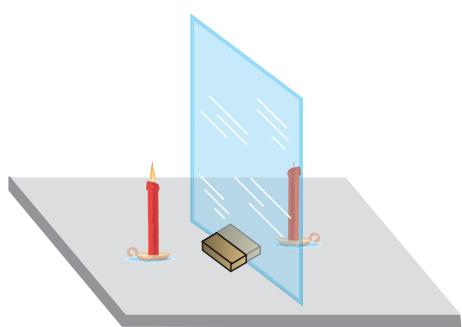
الف) خط عمود بر سطح آینه در نقطه‌های تابش را رسم کرده و در هر مورد زاویه‌های تابش و بازتابش را توسط نقاله پیدا کنید.

ب) پرتوی دیگری را رسم کنید که از نقطه A بتابد و پس از بازتاب، به چشم برسد. آیا امتداد بازتاب این پرتو از نقطه A' می‌گذرد؟

آزمایش کنید ۱۴

وسیله‌های آزمایش: شیشه، خط‌کش، دو عدد شمع مشابه.

شرح آزمایش:



۱- شیشه را مطابق شکل رویه رو روی میز ثابت کنید.

۲- دو شمع مشابه را در دو طرف شیشه روی میز قرار دهید و پس از آنکه یکی از شمع‌ها را روشن کردید، از طرف شمع روشن به شیشه نگاه کنید. شمع خاموش و تصویر شمع روشن را در شیشه خواهید دید.

۳- در همین حال شمع روشن را جابه‌جا کنید. با این کار، تصویر آن نز 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.

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

۵- شمع روشن را ۵ cm به شیشه نزدیک یا از آن دور کنید. برای اینکه در شیشه فقط یک شمع و آن هم روشن دیده شود، شمع خاموش را چقدر باید جابه‌جا کرد؟ از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

از آزمایش ۴ نتیجه می‌گیریم که در آینه تخت همواره فاصله جسم تا آینه برابر فاصله تصویر تا آینه است.

ویژگی‌های تصویر در آینه تخت

۱- در شکل ۴-۱۰، وقتی پرتوها به آینه برخورد می‌کنند، با زاویه‌هایی برابر زاویه تابش خود، باز می‌تابند. به نظر می‌رسد این پرتوهای بازتاب، از نقطه خاصی در پشت آینه (که خط چین‌ها در آن به هم برخورد می‌کنند.) گسیل شده‌اند. ناظر تصویر شعله را در این نقطه می‌بیند. پرتوهای نور واقعاً از این نقطه نمی‌آیند. بنابراین، این تصویر را **تصویر مجازی** می‌نامیم. پس می‌توان نتیجه گرفت که تصویر مجازی از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب و در پشت آینه تشکیل می‌شود.

۲- در آینه تخت جسم و تصویر هم اندازه‌اند.



شکل ۴-۱۱- تشکیل تصویر در آینه تخت



شکل ۱۲-۴- تصویر در آینه تخت نسبت به جسم مستقیم است. مثلاً اگر نوک مداد در رو به بالا است، در تصویر آن نیز نوک مداد رو به بالا قرار دارد.

۳- تصویر در آینه تخت نسبت به جسم مستقیم است. مثلاً اگر نوک مداد در شکل ۱۱-۴ رو به بالا است، در تصویر آن نیز نوک مداد رو به بالا قرار دارد.
۴- شکل ۱۲-۴ تصویر نوشته جلوی آمبولانس در آینه را نشان می‌دهد. در حالی که این نوشته، روی آمبولانس از راست به چپ خوانده می‌شود، تصویر نوشته را باید از چپ به راست خواند. این تغییر سمت را که به وسیله آینه حاصل شده است وارونی جانی می‌نامیم.

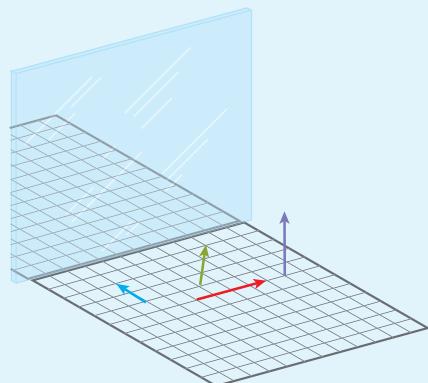
۵- همان‌طور که در آزمایش ۴ دیدیم فاصله جسم تا آینه، برابر با فاصله تصویر تا آینه است.

پاسخ دهید ۴

به نظر شما به جز آمبولانس، بر روی چه خودروهای دیگری باید نوشته وارونه باشد تا رانندگان خودروهای جلویی، تصویر آن نوشته را در آینه‌های خود راحت بخوانند؟

فعالیت ۷

در شکل رو به رو پیکان را در وضعیت‌های مختلف، روی صفحه شطرنجی قرار داده‌ایم. تصویر این پیکان‌ها را روی شکل رسم کنید.

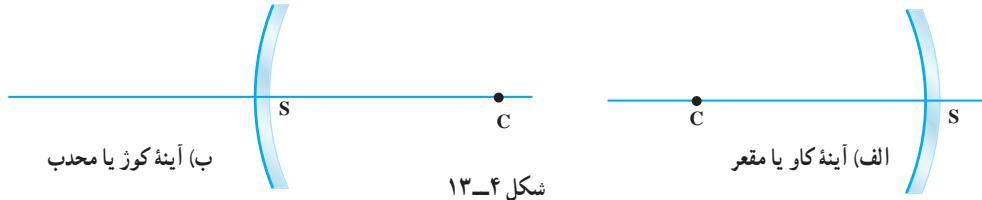


۶-۶ آینه‌های کروی

با آینه تخت و ویژگی‌های تصویر در آن آشنا شدیم و دیدیم که فاصله تصویر تا آینه با فاصله جسم از آینه برابر و اندازه جسم و تصویر یکسان است. در بسیاری از موارد، ما احتیاج به نوع‌های دیگری از آینه داریم که تصویری بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از جسم ایجاد کند. مثلاً دندانپزشک برای دیدن دندان پوسیده به تصویری بزرگ‌تر از خود دندان نیاز دارد یا در پیج جاده برای دیدن آن سوی پیچ به نوع خاصی از آینه نیاز است. نوع خاصی از آینه‌های خمیده، آینه‌های کروی است که در این بخش آنها را بررسی می‌کنیم.

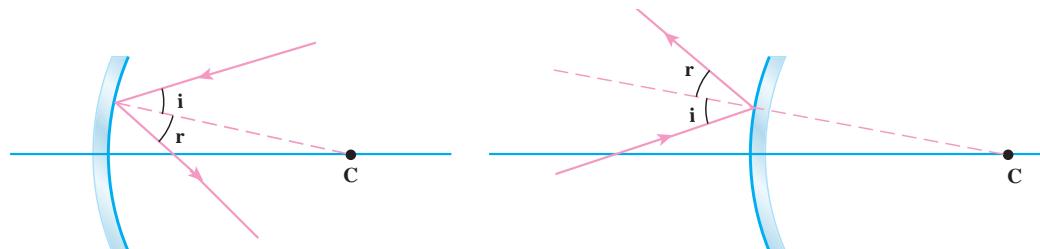
سطح آینه‌های کروی بخش کوچکی از سطح یک کره بزرگ است. یعنی تمام نقاط آن از یک نقطه به نام مرکز آینه به یک فاصله اند.

اگر سطح درونی کره بازتابنده باشد آن را **آینه کاو** یا **مقعر** و اگر سطح برآمده آن بازتابنده باشد آن را **آینه کوز** یا **محدب** می‌نامند. این آینه‌ها به صورت طرح‌وار در شکل ۱۳-۴ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۳-۴

مرکز - محور اصلی: مرکز کره‌ای را که آینه قسمتی از آن است، **مرکز آینه** (نقطه C) می‌نامیم. خطی که از مرکز آینه و سمت سطح آینه (رأس آینه، S) می‌گذرد **محور اصلی آینه** نامیده می‌شود. قانون‌های بازتاب نور در مورد آینه‌های کروی هم به کار می‌رود. یعنی اگر در هر نقطه تابش از یک آینه کروی خطی عمود بر سطح آینه رسم کنیم زاویه‌های تابش و بازتاب با هم برابرند. توجه داریم خطی که از مرکز کره و نقطه تابش می‌گذرد (شعاع کره) بر سطح کره در نقطه تابش عمود است.



شکل ۱۴-۴ - قانون‌های بازتاب نور، در مورد آینه‌های کروی هم به کار می‌رود.

فعالیت ۷

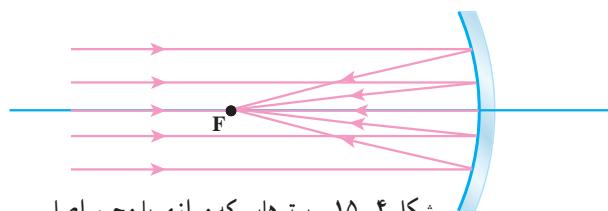
پرتوی که در امتداد محور اصلی آینه مقعر به آن بتابد در چه راستایی باز می‌تابد؟ پرتو تابش و پرتو بازتاب را در این حالت رسم کنید.

۷-۴ کانون آینه مقعر (کاو)**آزمایش کنید ۶**

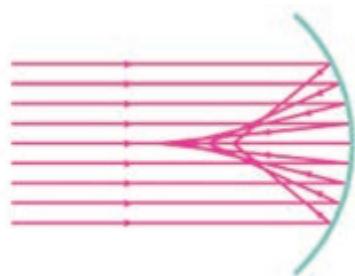
وسیله‌های آزمایش: آینه مقعر، یک ورق کوچک کاغذ و خط کش.
شرح آزمایش:

- ۱- آینه مقعر را طوری مقابل خورشید بگیرید که پرتوهای خورشید موازی با محور اصلی به آینه بتابد.
- ۲- ورق کوچک کاغذ را جلوی آینه به آرامی جابه‌جا کنید تا دایره کوچک روشنی روی صفحه پدید آید. توجه داشته باشید که صفحه کاغذ را باید طوری بگیرید که مانع رسیدن نور خورشید به سطح آینه نشود.
- ۳- در وضعی که لکه نورانی بیشترین درخشندگی و کوچک‌ترین اندازه را دارد، صفحه را ثابت نگه دارید. محل تشکیل لکه روشن درخسان را **کانون اصلی آینه** می‌نامیم.
- ۴- با استفاده از خط کش به طور تقریبی فاصله بین کانون اصلی آینه و رأس آینه را اندازه بگیرید.

نور-پرتوهای آینه



شکل ۱۵-۴—پرتوهایی که موازی با محور اصلی به آینه می‌تابد، پس از بازتاب، از کانون می‌گذرند.



شکل ۱۶-۴—اگر ابعاد آینه با شعاع آینه قابل مقایسه باشد، پرتوهای موازی با محور اصلی، پس از بازتاب در یک نقطه جمع نمی‌شوند.

اگر آزمایش ۵ را کمی دقیق‌تر انجام دهیم، پرتوهایی که موازی با محور اصلی به آینه می‌تابد، پس از بازتاب از یک نقطه روی محور اصلی می‌گذرند که به آن نقطه **کانون آینه** می‌گوییم و آن را با F نشان می‌دهیم (شکل ۱۵-۴). فاصله کانون تا آینه را **فاصله کانونی آینه** می‌نامیم و آن را با f نشان می‌دهیم.

اگر ابعاد آینه با شعاع آینه قابل مقایسه باشد، پرتوهایی که موازی با محور اصلی به سطح آینه می‌تابند، پس از بازتاب در یک نقطه جمع نمی‌شوند.

می‌توان نشان داد در آینه‌هایی که ابعاد سطح بازتابنده آنها، در مقایسه با شعاع آینه به اندازه کافی کوچک باشد، فاصله کانونی نصف فاصله مرکز تا آینه یعنی نصف شعاع آینه است. اگر فاصله کانونی f و شعاع آینه r باشد، داریم :

$$f = \frac{r}{2} \quad (1-4)$$

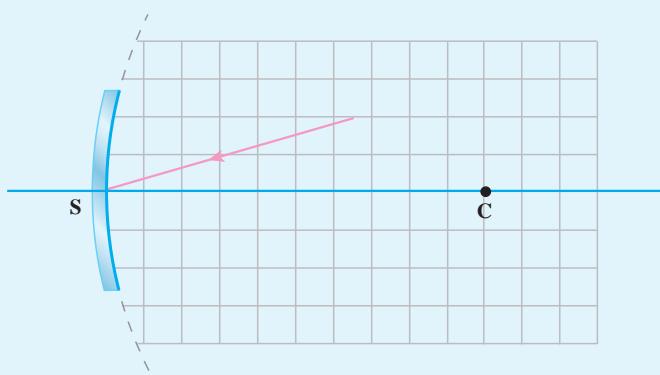
توجه به این نکته ضروری است که در این کتاب با آینه‌هایی سروکار داریم که ابعاد سطح بازتاب کننده آنها در مقایسه با شعاع آینه به اندازه کافی کوچک باشد.

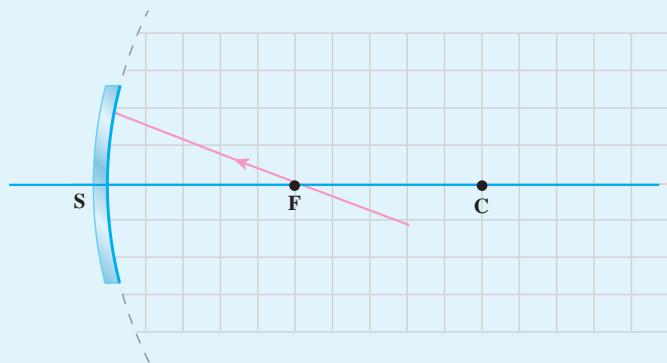
۴-۸ رسم پرتوهای بازتاب در آینه مکفر

در بخش قبل دیدیم که وقتی یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به آینه مکفر می‌تابد، پس از بازتاب از کانون آینه می‌گذرد. برای رسم بازتاب پرتوهای مختلف از آینه می‌توان از قوانین بازتاب استفاده کرد.

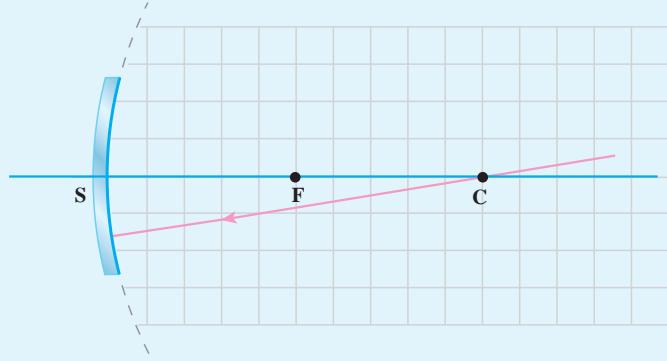
فعالیت ۸

- در هریک از شکل‌های زیر، ابتدا خط عمود بر سطح آینه در نقطه تابش را رسم و سپس با استفاده از نقاله پرتو بازتاب را رسم کنید.
الف) پرتو تابش به رأس آینه می‌تابد.





ب) پرتوی تابش از کانون آینه می‌گذرد.



پ) پرتوی تابش از مرکز آینه می‌گذرد.

۲- جاهای خالی را پرکنید.

الف) هر پرتویی که موازی محور اصلی به آینه مقعر بتابد، پس از بازتاب از آینه می‌گذرد.

ب) هر پرتویی که از کانون آینه مقعر بگذرد و به آینه بتابد یا به گونه‌ای بتابد که امتداد آن از کانون بگذرد، پرتوی بازتاب آن محور اصلی خواهد بود.

پ) هر پرتویی که از مرکز آینه مقعر بگذرد و به آینه بتابد، یا طوری به آینه بتابد که امتداد آن از مرکز آینه بگذرد، باز می‌تابد.

ت) هر پرتویی که به آینه مقعر بتابد، در طرف دیگر محور اصلی و با همان زاویه باز می‌تابد.

۹-۴ چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های مقعر

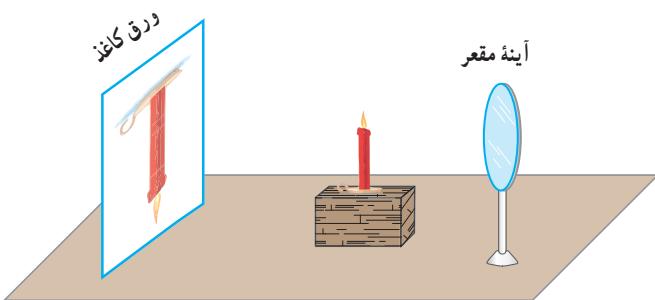
آزمایش ۷

وسیله‌های آزمایش: آینه مقعر با پایه، شمع، صفحهٔ تشکیل تصویر یا یک ورق کاغذ سفید و خطکش.

شرح آزمایش:

۱- به ترتیبی که در آزمایش ۵ شرح داده شد محل کانون آینه مقعر را تعیین کنید و فاصله آن تا آینه را با خطکش اندازه بگیرید.

۲- آینه را روی پایه، ثابت و شمع را روشن کنید. شمع را مطابق شکل در فاصله‌ای بین مرکز و کانون آینه، در

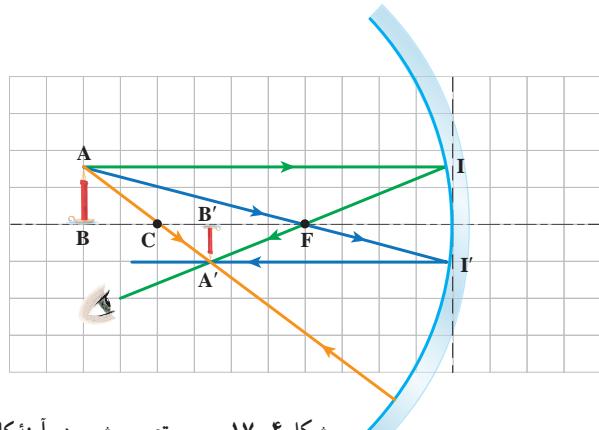


مقابل آینه قرار دهد. صفحه تشکیل تصویر یا کاغذ را مقابل آینه جابه جا کنید تا تصویر واضح شمع روی صفحه مشاهده شود.

۳- شمع را از آینه دور کنید طوری که فاصله آن از آینه بیشتر از ساعع آینه شود. با جابه جا کردن صفحه دوباره تصویر را مشاهده کنید. دقت کنید که صفحه مانع رسیدن نور شمع به آینه نشود.^۱

۴- شمع را بین کانون و آینه قرار دهد. آیا با جابه جا کردن صفحه می‌توانید تصویری روی آن مشاهده کنید؟ در این حالت تصویر شمع به صورت مجازی تشکیل می‌شود. برای دیدن تصویر مجازی باید به درون آینه نگاه کنیم. این تصویر را با تصویر در آینه تحت مقایسه کنید.

حال می‌خواهیم به کمک رسم پرتوها تصویر جسم در آینه مقعر را پیدا کنیم. یک شیء، مثلاً یک شمع روشن، را در فاصله‌ای دورتر از مرکز و در مقابل آینه کاو عمود بر محور اصلی آن مطابق شکل ۱۷-۴ در نظر بگیرید. از هر نقطه شمع، مانند نقطه A، پرتوهای زیادی به آینه می‌تابند. بازتاب دو پرتو تابش AI (موازی محور اصلی) و AI' (پرتو تابشی که از کانون گذشته) را به روشنی که گفته شد رسم می‌کنیم. پرتوهای بازتاب یکدیگر را در نقطه A' قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه A به آینه بتابد، بازتاب آنها از نقطه A' می‌گذرد. بنابراین برای به دست آوردن نقطه A' رسم دو پرتو کافی است. اگر برای سایر نقطه‌های شمع هم به همین روش عمل کنیم تصویر کامل شمع به دست می‌آید.



شکل ۱۷-۴- رسم تصویر شیء در آینه کاو

تصویری را که به این ترتیب حاصل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. اگر یک صفحه کاغذ را در مقابل آینه جابه جا کنیم با قرار گرفتن کاغذ در محل تصویر، تصویر حقیقی بر روی کاغذ تشکیل و مشاهده می‌شود.

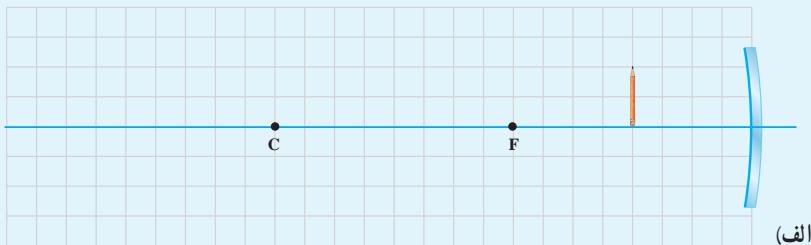
به علاوه هرگاه مطابق شکل ۱۷-۴ چشم ناظر بعد از تصویر شمع، در راستای پرتوهای بازتاب، قرار گیرد در این حالت نیز تصویر را می‌بیند. زیرا اگر به جای A' نقطه روشنی وجود داشت، همین پرتوها از آن نقطه روشن به چشم می‌رسیدند. می‌توان نتیجه گرفت که اگر پرتوهای بازتاب خودشان یکدیگر را قطع کنند تصویر حقیقی است.

۱- بهتر است بندهای ۲ و ۳ این آزمایش در اتاق کم نور انجام شود.

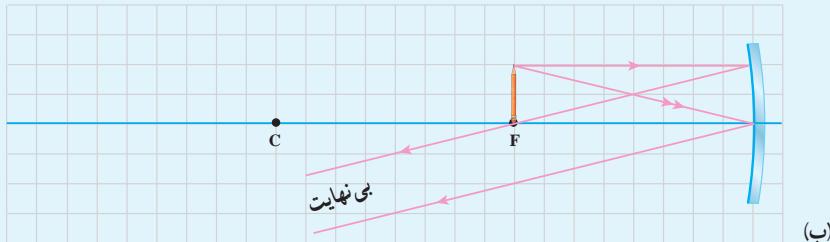
فعالیت ۹

- ۱- با توجه به توضیحات داده شده در مورد رسم تصویر در آینه های مقعر، در هریک از شکل های زیر، تصویر را رسم کنید.
سپس ویژگی های تصویر (حقیقی یا مجازی، مستقیم یا اورونه، بزرگ تر یا کوچک تر از جسم، محل تشکیل تصویر) را در زیر آن بنویسید.

ویژگی های تصویر :



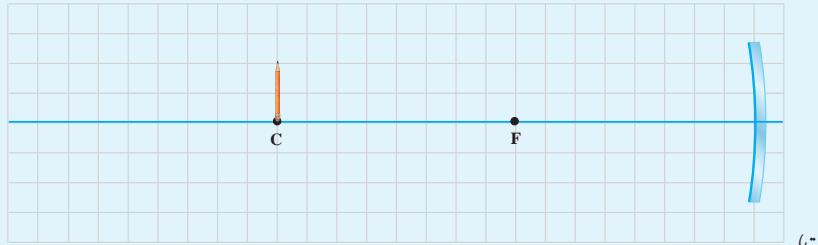
ویژگی های تصویر :



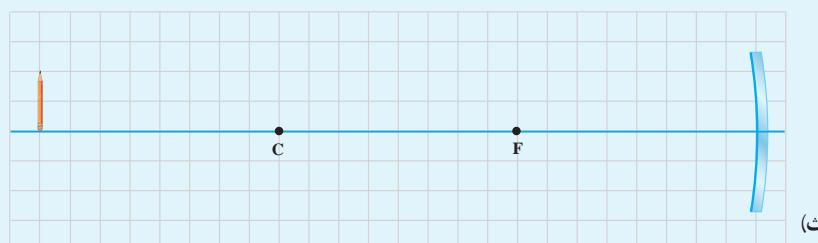
ویژگی های تصویر :



ویژگی های تصویر :



ویژگی های تصویر :

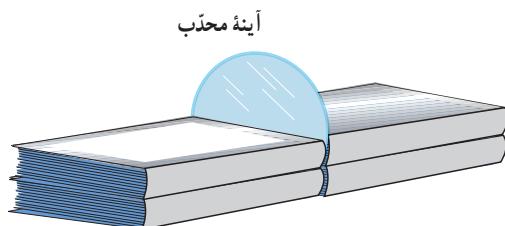


با مشارکت اعضای گروه خود آزمایشی را طراحی کنید که با استفاده از ویژگی تصویر در حالتی که جسم در مرکز آینه کاو قرار دارد بتوانیم مرکز یک آینه کاو را به طور تقریبی مشخص کنیم.

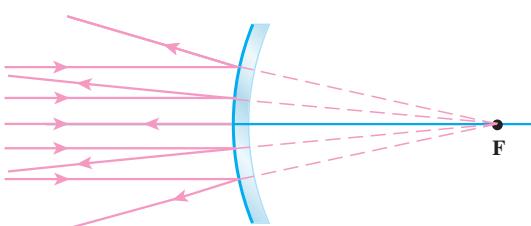
۴-۱۰ کانون آینهٔ محدب (کوز)

آزمایش کنید ۷

وسیله‌های آزمایش: آینهٔ محدب (کوز)، دو عدد لیزر مدادی یا یک لیزر چنددهانه، دو برگ کاغذ سفید، چند کتاب و خط‌کش.
شرح آزمایش:



- ۱- مطابق شکل، آینهٔ محدب را میان چند کتاب طوری قرار دهید که نیمی از آینه بیرون باشد.
- ۲- برگه کاغذ را در جلوی آینه و روی کتاب قرار دهید.
- ۳- دو پرتوی لیزری را به موازات محور اصلی طوری به آینه بتابانید که پرتوی تابش و بازتاب روی صفحه کاغذ معلوم باشد.
- ۴- با مداد و خط‌کش، مسیر پرتوهای تابش و بازتاب را روی کاغذ رسم کنید.
- ۵- کاغذ را بردارید و کاغذ دیگری را به انتهای آن بچسبانید و ادامه پرتوهای بازتاب را رسم کنید. محل برخورد امتداد پرتوهای بازتاب را **کانون اصلی آینهٔ محدب** می‌نامیم.
- ۶- فاصله کانون تا محل قرارداشتن آینه را با خط‌کش اندازه بگیرید.



شکل ۴-۱۸-۴-نحوه تعیین کانون در آینهٔ محدب

اگر آزمایش را کمی دقیق‌تر انجام دهیم، امتداد بازتاب پرتوهایی که موازی محور اصلی به آینهٔ محدب می‌تابد از یک نقطه روی محور اصلی آینه می‌گذرد (شکل ۴-۱۸). به این نقطه **کانون آینه می‌گوییم** و آن را با F نشان می‌دهیم. در اینجا نیز فاصله کانون تا آینه را **فاصله کانونی** می‌نامیم.

از آنجا که امتداد پرتوهای بازتاب (نه خود پرتوها) یکدیگر را قطع می‌کنند، **کانون آینهٔ محدب مجازی است و فاصله کانونی آن منفی در نظر گرفته می‌شود.**

در آینهٔ محدب نیز وقتی ابعاد آینه در مقایسه با شعاع آینه به اندازه کافی کوچک باشد، فاصله کانونی نصف شعاع آینه است و داریم:

$$f = -\frac{r}{2} \quad (4-4)$$

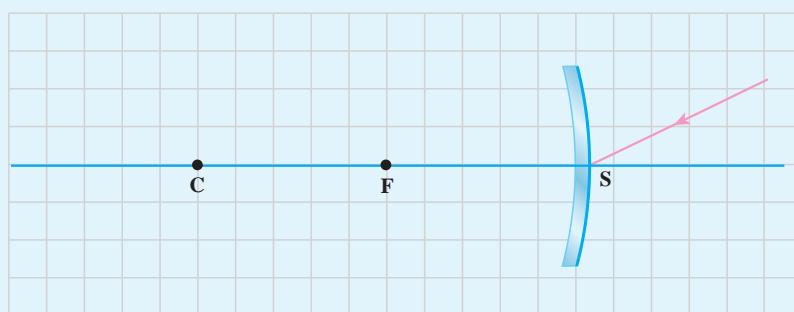
۱۱-۴ رسم پرتوهای بازتاب در آینهٔ محدب

وقتی یک دستهٔ پرتو موازی با محور اصلی به آینهٔ محدب می‌تابد، امتداد پرتوهای بازتاب از کانون آینه می‌گذرد. برای رسم بازتاب پرتوهای مختلف از آینه می‌توان از قوانین بازتاب استفاده کرد.

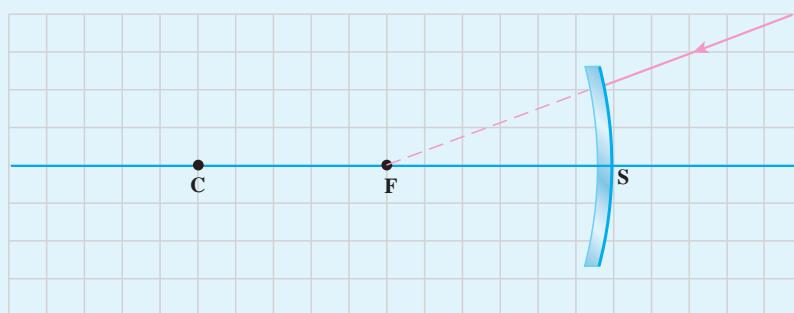
فعالیت ۱۱

- ۱- در هریک از شکل‌های زیر، ابتدا خط عمود بر سطح آینه در نقطهٔ تابش را رسم و سپس با استفاده از نقالهٔ پرتوی بازتاب را رسم کنید.

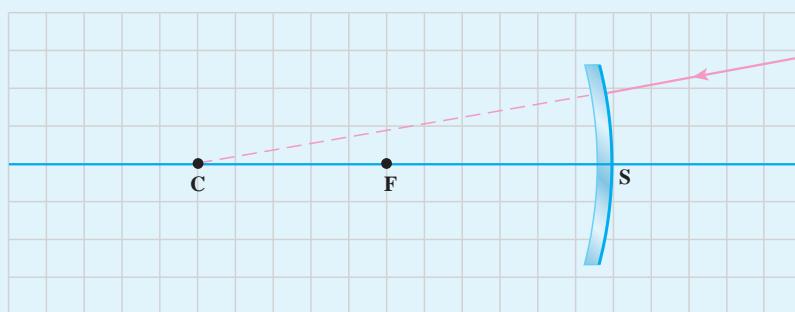
(الف) پرتوی تابش به رأس آینه می‌تابد.



(ب) امتداد پرتوی تابش از کانون آینه می‌گذرد.



(پ) امتداد پرتوی تابش از مرکز آینه می‌گذرد.



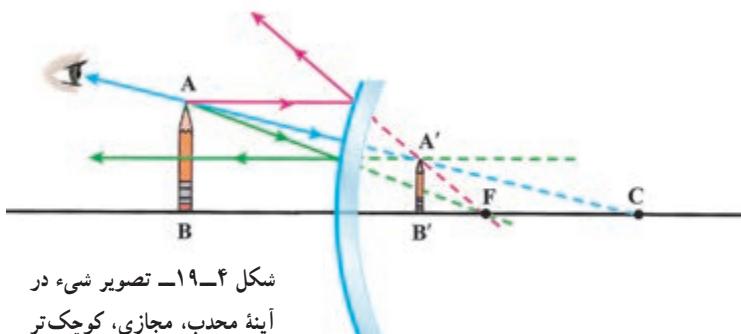
۲- جاهای خالی را پر کنید.

الف) هر پرتویی که موازی محور اصلی به آینهٔ محدب بتابد، طوری باز می‌تابد که امتدادش از آینهٔ محدب در پشت آینهٔ می‌گذرد.

ب) هر پرتویی که امتدادش از کانون آینهٔ محدب بگذرد، با محور اصلی بازمی‌تابد.

پ) هر پرتویی که امتدادش از مرکز آینهٔ محدب بگذرد، باز می‌تابد.

ت) هر پرتویی که به رأس آینهٔ محدب بتابد، در سوی دیگر محور اصلی باز می‌تابد. طوری که نیمساز زاویهٔ بین پرتوی تابش و بازتاب است.



شکل ۱۹-۴- تصویر شیء در آینهٔ محدب، مجازی، کوچک‌تر و مستقیم است.

تصویر در آینهٔ محدب: با رسم دو پرتو تابش

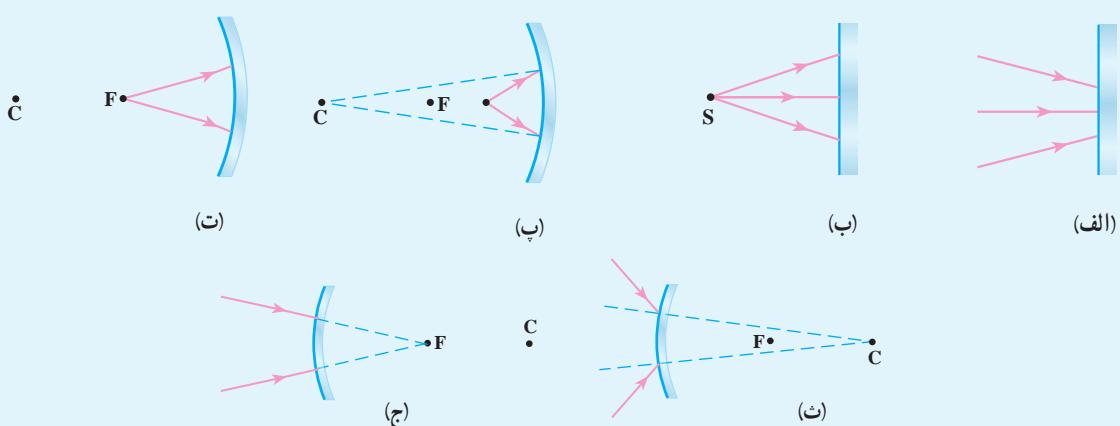
مشخص از بین پرتوهای تابش زیادی که از یک نقطهٔ یک شیء به آینهٔ می‌تابد و رسم پرتوهای بازتاب آنها و با توجه به فعالیت ۱۱، می‌توان تصویر یک شیء را که مقابل آینه و عمود بر محور اصلی است به دست آورد. شکل ۱۹-۴ تصویر شیء AB را در آینهٔ محدب نشان می‌دهد.

در این مورد هم کسی که تصویر را می‌بیند،

احساس می‌کند که پرتوهایی از جسمی 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 می‌شود **مجازی** است. در آینه‌های محدب، شیء در هر فاصله‌ای مقابله‌ای قرار گیرد تصویر آن کوچک‌تر از شیء، مجازی، نسبت به شیء مستقیم و داخل فاصلهٔ کانونی آینه دیده می‌شود.

فعالیت ۱۷

در شکل‌های زیر ابتدا خط عمود بر سطح آینه در نقطهٔ تابش را رسم و سپس با استفاده از قوانین بازتابش نور پرتوهای بازتاب را رسم کنید.

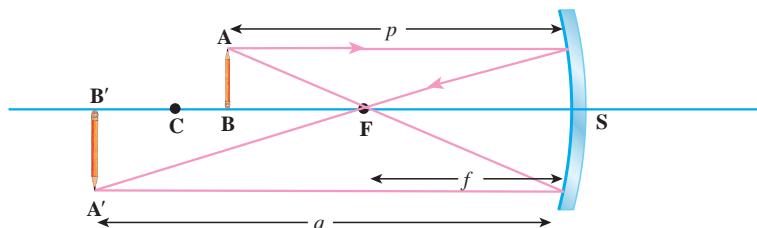


۱۲-۴ معادله آینه‌های کروی

همان طور که قبلاً دیدید در آینه‌های کروی فاصله تصویر تا آینه به فاصله شیء تا آینه بستگی دارد. در مواردی تصویر حقیقی و در مواردی هم تصویر مجازی است.

در شکل ۱۲-۲۰، فاصله شیء تا آینه با p ، فاصله تصویر تا آینه با q و فاصله کانونی آینه با f نشان داده شده است. ثابت می‌شود که بین p ، q و f رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad (12-4)$$



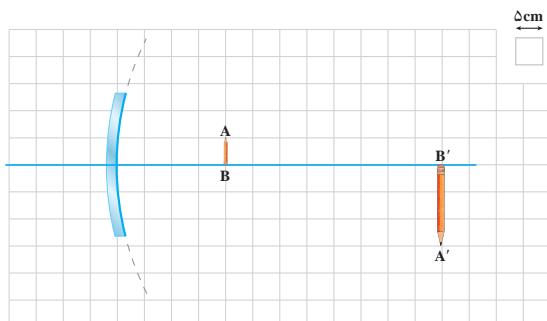
شکل ۱۲-۲۰- در آینه‌های کروی فاصله شیء تا آینه را با p ، فاصله تصویر تا آینه را با q و فاصله کانونی را با f نمایش می‌دهیم.

رابطه ۱۲-۳ برای آینه‌های مقعر و محدب برقرار است. با این توضیح که p همواره مثبت است و لی q و f می‌توانند مثبت یا منفی باشند. اگر کانون آینه حقیقی باشد (آینه مقعر)، f مثبت و اگر کانون آینه مجازی باشد (آینه محدب)، f منفی است. همچنین اگر تصویر حقیقی باشد، q مثبت و اگر تصویر مجازی باشد، q منفی است.

فعالیت ۱۲

با استفاده از یک آینه مقعر، که فاصله کانونی آن مشخص است، تصویر یک جسم را بر روی یک صفحه تشکیل دهید و به کمک خطکش فاصله‌های جسم و تصویر تا آینه را به دست آورید و درستی رابطه ۱۲-۳ را تحقیق کنید.

مثال ۱



شکل رو به رو تشکیل تصویر ('A'B') از شیء (AB) به 5cm وسیله آینه مقعر در یک آزمایش را نشان می‌دهد.

(الف) با توجه به مقیاس به کار رفته در شکل، مقادیر p و q را تعیین کنید.

(ب) شعاع آینه چند سانتی‌متر است؟
پاسخ:

$$(ال){p=4\times 5\text{cm}=20\text{cm}}$$

$$q=12\times 5\text{cm}=60\text{cm}$$

$$(ب) \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{20} + \frac{1}{60} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{4}{60} \Rightarrow f = 15\text{cm}$$

مثال ۴



دندانپزشک برای دیدن لکه‌های روی دندان از آینه مقعر استفاده می‌کند. برای این کار، آینه را طوری پشت دندان قرار می‌دهد که دندان در فاصله بین آینه و کانون باشد و تصویر مجازی و بزرگ‌تر تشکیل شود. اگر فاصله کانونی آینه ۱۸mm و فاصله دندان از آینه ۱۲mm باشد، فاصله تصویر دندان از آینه چقدر است؟

پاسخ:

$$P = 12 \text{ mm}, \quad f = 18 \text{ mm}, \quad q = ?$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{18}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{18} - \frac{1}{12} = -\frac{1}{36} \Rightarrow q = -36 \text{ mm}$$

يعني تصویر دندان در فاصله ۳۶mm از آینه تشکیل می‌شود.

مثال ۵

آینه جلوی راننده در یک خودرو، آینه محدبی به شعاع ۱۶m از آینه قرار داشته باشد، تصویر آن در چه فاصله‌ای از آینه تشکیل می‌شود؟

$$r = 16 \text{ m}, \quad p = 10 \text{ m}, \quad q = ?$$

پاسخ:

$$f = -\frac{r}{2} = -\frac{16}{2} = -8 \text{ m}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{10} + \frac{1}{q} = -\frac{1}{8}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{8} - \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{9}{40} \Rightarrow q = -\frac{40}{9} \text{ m}$$

يعني تصویر خودرو در فاصله $\frac{40}{9} \text{ m}$ از آینه تشکیل می‌شود.

تمرین ۱

یک شیء را در فاصله ۹cm از آینه مقعری قرار می‌دهیم. آینه تصویری مجازی و در فاصله ۲۱cm از جسم تشکیل می‌دهد شعاع آینه چند سانتی‌متر است؟

بزرگ نمایی : نسبت طول تصویر ($A'B'$) به طول شیء (AB) را **بزرگ نمایی خطی** می‌نامیم و

آن را با m نمایش می‌دهیم :

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

بزرگ نمایی نشان می‌دهد که طول تصویر چند برابر طول شیء است. ثابت می‌شود که در هر

دو نوع آینه کروی می‌توان نوشت :

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

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

فعالیت ۱۵

- ۱- روی یک کاغذ شطرنجی آینه مقعری (بخش کوچکی از یک دایره بزرگ) رسم کنید.
- ۲- با استفاده از خط کش اندازه شعاع را تعیین و مرکز آینه را مشخص کنید.
- ۳- با نصف کردن شعاع، جای کانون را نیز تعیین کنید.
- ۴- شیء AB را در فاصله معینی از آینه رسم کنید و تصویر آن را با استفاده از ترسیم پرتوها به دست آورید.
- ۵- فاصله تصویر تا آینه را با شمارش خانه های شطرنجی به دست آورید.
- ۶- فاصله تصویر تا آینه را به کمک رابطه $4-3$ محاسبه کنید و آنرا با اندازه های به دست آمده در قسمت قبل مقایسه کنید.
- ۷- بزرگ نمایی خطی را یک بار با اندازه گیری طول شیء و طول تصویر (به کمک خط کش) و بار دیگر از رابطه $m = \frac{q}{p}$ به دست آورید و آنها را نیز با هم مقایسه کنید.

مثال ۱۵

جسمی به طول 3cm مقابل یک آینه مقعر با فاصله کانونی 12cm قرار دارد و تصویر حقیقی آن در فاصله 36cm از آینه تشکیل شده است.

- الف) فاصله جسم تا آینه چند سانتی متر است?
 ب) طول تصویر در این حالت چقدر است?
 پ) با انتخاب مقیاس مناسب و به کمک پرتوها شکل را رسم کنید.

پاسخ :

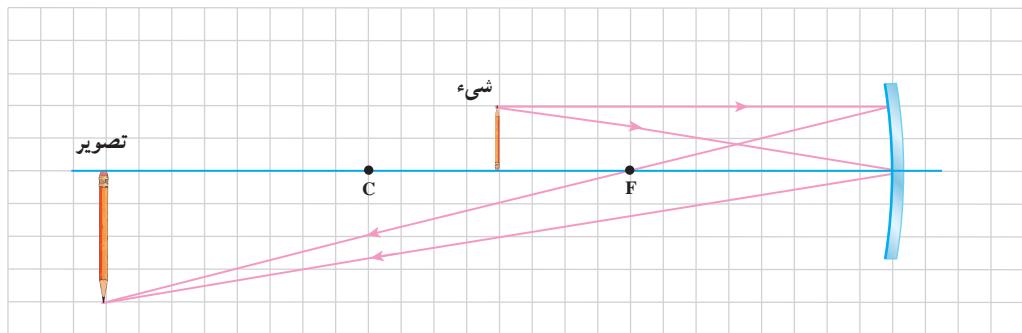
$$p=? \quad q=36\text{cm} \quad f=12\text{cm} \quad AB=3\text{cm} \quad A'B'=?$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p} + \frac{1}{36} = \frac{1}{12} \quad (\text{الف})$$

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

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{|q|}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{3} = \frac{2}{18} \Rightarrow \frac{A'B'}{3} = \frac{2}{1} \Rightarrow A'B' = 6 \text{ cm}$$

(ب)
(پ)



مثال ۶

یک شیء به طول ۲ cm را در ۱۵ سانتی‌متری آینه محدبی قرار می‌دهیم. تصویر مجازی در ۶ سانتی‌متری آینه دیده می‌شود. فاصله کانونی آینه و طول تصویر را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$p=15 \text{ cm} \quad q=-6 \text{ cm} \quad AB=2 \text{ cm} \quad f=? \quad A'B'=?$$

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

$$\frac{1}{15} - \frac{1}{6} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{2-5}{30} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{-3}{30} \Rightarrow f = -10 \text{ cm}$$

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{|q|}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{2} = \frac{6}{15} \Rightarrow \frac{A'B'}{2} = \frac{2}{5} \Rightarrow A'B' = 1.2 \text{ cm}$$

مثال ۷

فاصله جسمی از تصویر حقیقی اش در یک آینه کروی ۴۰ cm و طول تصویر $\frac{1}{3}$ برابر طول جسم است.

الف) نوع آینه را معلوم کنید.

ب) جسم در کدام یک از محدوده‌های زیر قرار دارد؟

۱- بین آینه و کانون ۲- بین کانون و مرکز ۳- روی محور اصلی آینه در فاصله‌ای بیشتر از ۲۰ cm از آینه

پ) فاصله کانونی آینه چقدر است؟

پاسخ :

$$p - q = 4 \text{ cm} , \quad m = \frac{1}{3} , \quad f = ?$$

الف) فقط آینه مقعر است که می‌تواند از جسم مقابلش، تصویر حقیقی تشکیل دهد.

ب) از آنجا که تصویر حقیقی و کوچک‌تر از جسم است، می‌توان نتیجه گرفت که جسم در فاصله‌ای بیش از r از آینه قرار دارد.

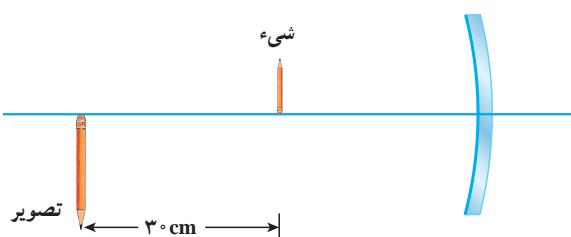
(ب)

$$m = \frac{|q|}{p} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{q}{p} \Rightarrow q = \frac{1}{3} p$$

$$\begin{cases} p - q = 4 \\ q = \frac{1}{3} p \end{cases} \Rightarrow p = 6 \text{ cm}, q = 2 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3}{6} \Rightarrow f = 2 \text{ cm}$$

مثال ۷



در شکل روبرو شیء تصویر و آینه مقعرنشان داده شده است. فاصله شیء تا تصویر 3 cm و بزرگنمایی آینه در این حالت ۲ است.

الف) فاصله شیء تا آینه و فاصله تصویر تا آینه چقدر است؟

ب) شعاع آینه چند سانتی‌متر است؟

$$q - p = 3 \text{ cm} , \quad m = 2 , \quad p = ? , \quad q = ? , \quad r = ?$$

پاسخ :

الف) چون تصویر حقیقی است، q مثبت است. پس:

$$m = \frac{|q|}{p} \Rightarrow 2 = \frac{q}{p} \Rightarrow q = 2p$$

$$\begin{cases} q - p = 3 \\ q = 2p \end{cases} \Rightarrow p = 3 \text{ cm} \quad \text{و} \quad q = 6 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3}{6} \Rightarrow f = 2 \text{ cm}$$

(ب)

$$f = \frac{r}{2} \Rightarrow 2 = \frac{r}{2} \Rightarrow r = 4 \text{ cm}$$

در هریک از حالت‌های زیر جسمی جلوی آینه قرار دارد و آینه تصویر آن را تشکیل می‌دهد. در هر مورد با توجه به ویژگی‌های تصویر، نوع آینه را مشخص کنید.

الف) تصویر در پشت آینه تشکیل شده است و با دور کردن جسم از آینه یا نزدیک کردن جسم به آینه، اندازه تصویر همواره با اندازه جسم برابر است.

ب) تصویر در پشت آینه تشکیل شده و مستقیم و کوچک‌تر از جسم است.

پ) تصویر در پشت آینه تشکیل شده و مستقیم و بزرگ‌تر از جسم است.

ت) تصویر در جلوی آینه تشکیل شده و وارونه است.

تمرین ۴

آینه‌ای کروی به شعاع 36 cm از جسمی به طول 2 cm تصویری مستقیم و 4 برابر جسم ایجاد می‌کند.

الف) نوع آینه را تعیین کنید.

ب) فاصله جسم از تصویر را بیابید.

فناوری و کاربرد



کوره‌های خورشیدی با استفاده از آینه‌های بشقابی انرژی تابشی خورشید را در منطقه کوچکی متمرکز و آن را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کنند. هر کوره خورشیدی از یک آینه مقعر و یک پایه گردان تشکیل شده است. مرکت آینه، توسط یک موتور، طوری تنظیم می‌شود که دهانه آینه همواره متوجه خورشید باشد. پرتوهای خورشید به طور موازی به آینه برخورد می‌کند و در کانون آن متمرکز می‌شود و مایه‌ی را که در مغزتی در ممل کانون قرار دارد گره می‌کند. در نیروگاه‌های خورشیدی از چندین واحد کوره خورشیدی در گذار هم استفاده می‌شود و با گره کردن مایه‌ی مناسب انرژی لازم برای به‌کارانداختن یک موتور یا توربین کوچک تأمین می‌شود.

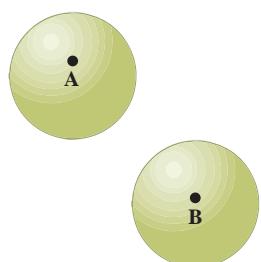
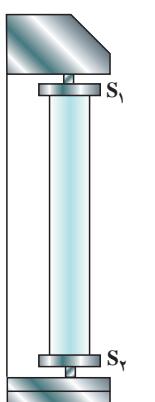
با کوره‌ها و نیروگاه‌های خورشیدی می‌توان انرژی تابشی خورشید را به انرژی گرمایی تبدیل کرد.

فعالیت ۱۶

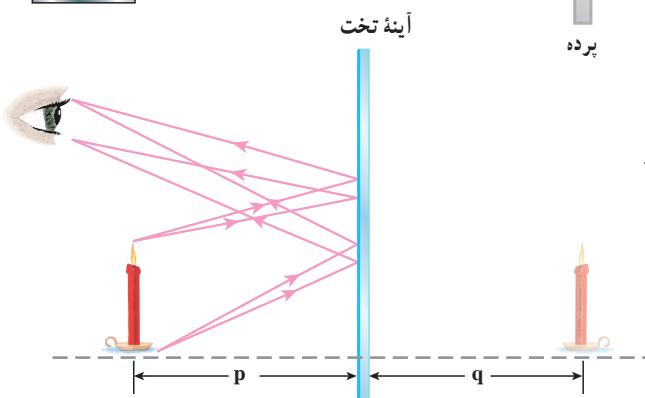
اجاق خورشیدی بسازید.

قبل‌اً دیدیم که با استفاده از یک آینه مقعر می‌توان پرتوهای خورشید را در نقطه‌ای به نام کانون متمرکز کرد. اگر در کانون یک ظرف غذا قرار دهیم ممکن است دمای آن به بالاتر از 100°C برسد و امکان پختن غذا فراهم شود. با استفاده از امکانات بومی خود این اجاق را طراحی کنید و سپس آن را بسازید.

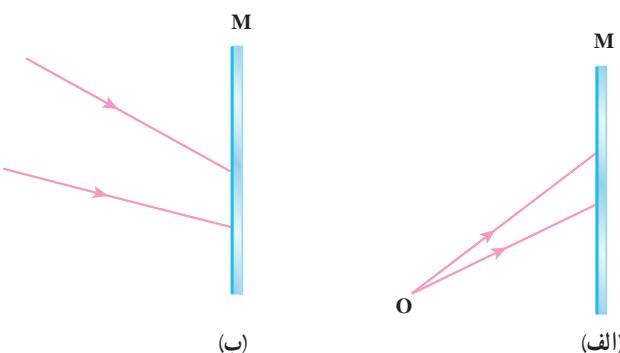




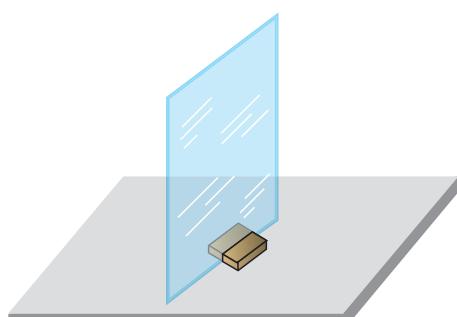
۱ توبه‌ای کدر A و B را مطابق شکل جلوی یک لامپ مهتابی روشن (S₁, S₂) قرار داده‌ایم. با رسم پرتوهایی که از لامپ به دیوار (پرده) می‌رسند، نقاط کاملاً تاریک را مشخص نمایید.



۲ در شکل رویرو با رسم امتداد پرتوها چگونگی تشکیل تصویر در آینهٔ تخت را نشان دهید.



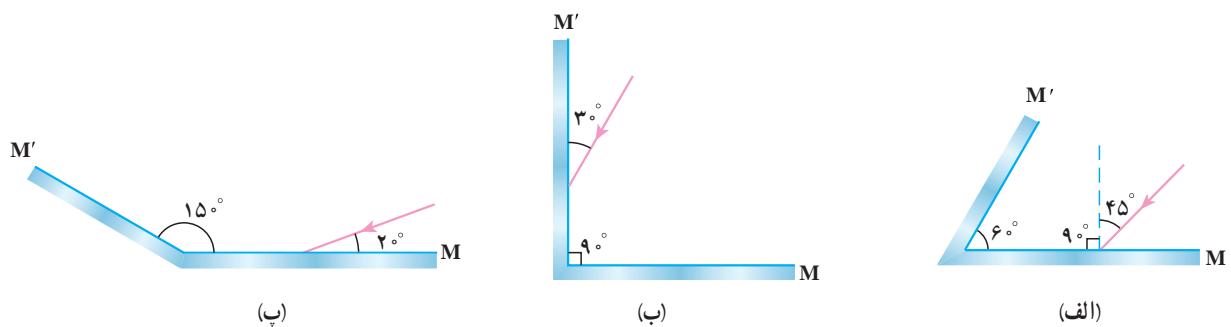
۳ با رسم پرتوهای بازتاب یا امتداد آنها در پشت آینهٔ چگونگی تشکیل تصویر در آینهٔ تخت را برای پرتوهای واگرا و همگرا در شکل مقابل نشان دهید.



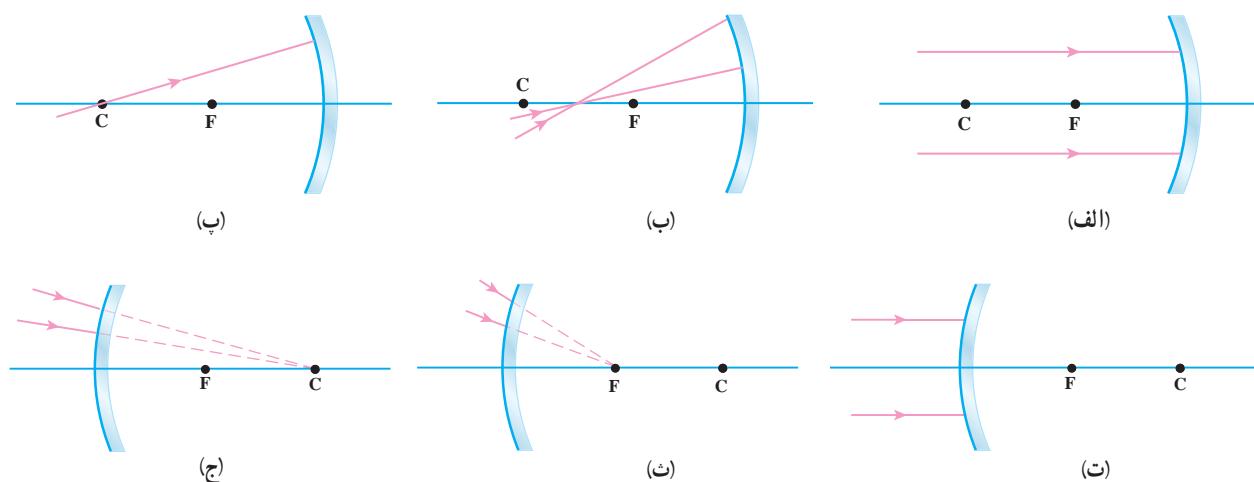
۴ آینهٔ تختی را مطابق شکل مقابل روی میز به‌طور قائم نصب کنید (یا از دوست خود بخواهید که آن را به‌طور قائم روی میز نگه دارد). سپس یک مداد یا خودکار را طوری روی مقابل آینه قرار دهید که :

- الف) تصویر آن با مداد در یک راستا باشد.
- ب) امتداد تصویر بر امتداد مداد عمود باشد.
- در هر مورد شکل را رسم کنید.

۵ در شکل های زیر مسیر پرتو نور در بازتاب از روی آینه های M و M' را با رسم، کامل کنید.



۶ در شکل های زیر مسیر نور را پس از تابش به آینه، با رسم، کامل کنید.



۷ شیء را در چه ناحیه یا نقطه ای جلوی آینه مکرر قرار دهیم تا بزرگ نمایی آن،

الف) بزرگ تر از یک باشد.

ب) کوچک تر از یک باشد.

پ) مساوی یک باشد.

تحقیق کنید که :



الف) چرا در پیچ جاده ها آینه نصب می کنند؟ این آینه از چه نوعی است؟

ب) مزایا و معایب به کار بردن آینه تحت یا آینه محدب بعنوان آینه بغل اتومبیل چیست؟

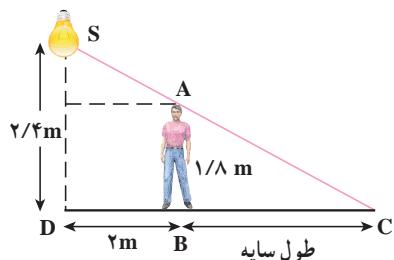
۸ الف) آیا می توان تصویر مجازی را روی پرده انداخت؟ توضیح دهید.

ب) آیا می توان از تصویر مجازی عکس گرفت؟ توضیح دهید.

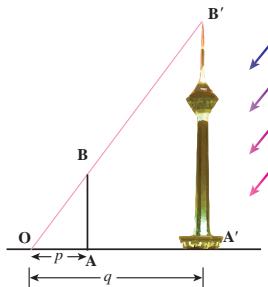
۹ جسمی از فاصلهٔ خیلی دور تا فاصلهٔ بسیار نزدیک، به آینه محدبی نزدیک می شود. تصویر این جسم در چه محدوده ای جایه جا

می شود؟



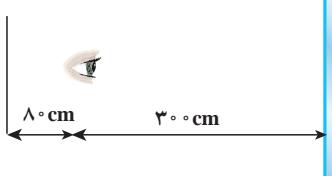


۱ مطابق شکل، یک لامپ کوچک در ارتفاع $\frac{2}{4}$ متری روی یک دیوار نصب شده است. شخصی به قد $\frac{1}{8}$ متر در فاصله ۲ متری دیوار ایستاده است. طول سایه ایجاد شده از شخص روی زمین چند متر است؟



۲ شکل مقابل، برج میلاد را در یک روز آفتابی، به همراه سایه اش نشان می دهد. با استفاده از یک میله و سایه آن در همان زمان و منطقه می توانیم ارتفاع برج را محاسبه کیم. در صورتی که طول میله قائم 3m ، طول سایه برج روی زمین 145m و طول سایه میله 1m باشد، ارتفاع برج را حساب کنید.

تابلوی معاینه



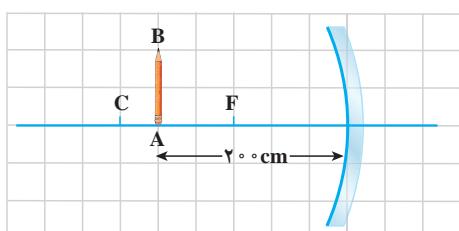
آینه تخت

۳ مطابق شکل مقابل، تابلوی معاینه چشم در 8° سانتی متری چشم بیمار، پشت سر او قرار دارد و آینه تختی در 30° سانتی متری جلوی او است. فاصله چشمان بیمار تا تصویر چقدر است؟

۴ شخصی مقابل آینه تخت قائمی ایستاده است :

(الف) اگر این شخص 5°cm به آینه تزدیک شود چند سانتی متر به تصویرش تزدیک می شود؟

(ب) اگر این شخص در جای خود ساکن بماند و فاصله آینه از او 1°cm زیاد شود، تصویر او نسبت به تصویر اولیه چقدر جایه جا می شود؟



۵ روی کاغذ شطرنجی آینه مقعری رسم شده است. برای جسمی که در مقابل آن قرار دارد، اگر فاصله کانونی آینه 12°cm باشد:

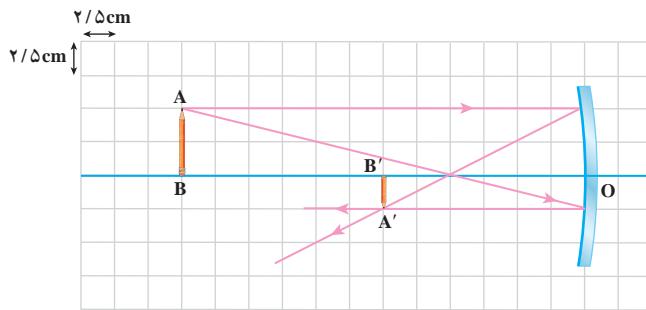
(الف) مکان تصویر را با استفاده از رسم پرتوها بیابید و فاصله تصویر از آینه را تعیین کنید.

(ب) با جاگذاری عددی مقدارهای q , p و f در رابطه آینه های کروی درستی این رابطه را تحقیق کنید.

۶ جسمی در فاصله 18 سانتی متری آینه مقعری به شعاع 24cm سانتی متر قرار دارد.

(الف) فاصله تصویر تا آینه و نوع تصویر را مشخص کنید.

(ب) شکل را با فاصله های داده شده برای جسم و فاصله کانونی رسم کنید. فاصله تصویر تا آینه را با خط کش اندازه بگیرید و آن را با عدد بدست آمده از محاسبه مقایسه کنید.



۷) با توجه به شکل رویه رو
الف) اندازه تصویر و جسم را مشخص نماید.
ب) نوع آینه را تعیین کنید.

پ) فاصله کانونی آینه را با توجه به فاصله های جسم و تصویر
از آینه به دست آورید و با اندازه آن روی شکل مقایسه نماید.

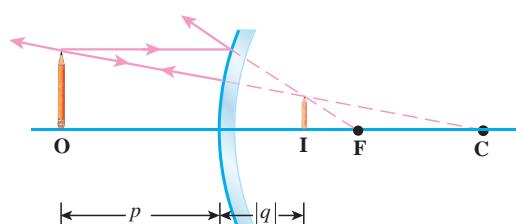
۸) در یک آینه مکفر، فاصله جسم تا آینه 15 cm است. اگر تصویر نسبت به جسم مستقیم و فاصله آن تا آینه 20 cm باشد، فاصله کانونی و شعاع این آینه چقدر است؟

۹) می خواهیم یک شیء مانند دندان را مقابل آینه کاوی به فاصله کانونی 6 cm قرار دهیم که تصویر مستقیم بزرگتری را تشکیل دهد. شیء را کجا قرار دهیم تا ابعاد تصویر سه برابر ابعاد شیء باشد؟

۱۰) جسمی مقابل یک آینه محدب که فاصله کانونی آن 10 cm است قرار دارد. فاصله جسم تا آینه 20 cm است.
الف) فاصله تصویر تا آینه را حساب کنید.

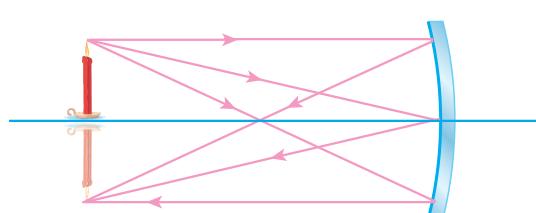
ب-۱) اگر طول جسم 4 cm باشد طول تصویر چقدر است؟

ب-۲) با توجه به مقدار داده شده و با انتخاب مقیاس مناسب، شکل رسم کنید. سپس با اندازه گیری فاصله تصویر تا آینه و اندازه گیری طول تصویر با خط کش آنها را با اعدادهای بدست آمده در بند الف و ب-۱ مقایسه کنید.

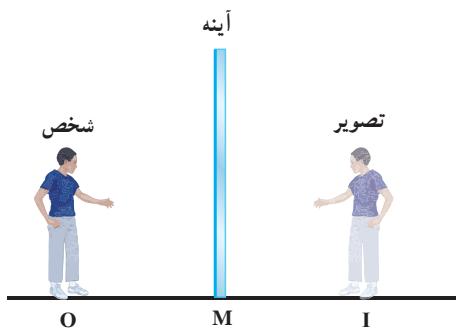


۱۱) در شکل رویه رو طول جسم 5 cm است. این جسم در فاصله 10 cm قرار دارد و فاصله تصویر از آینه 5 cm است.

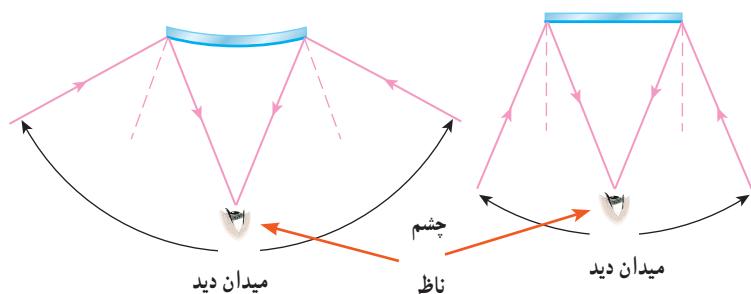
الف) طول تصویر چند سانتی متر است?
ب) شعاع آینه چقدر است؟



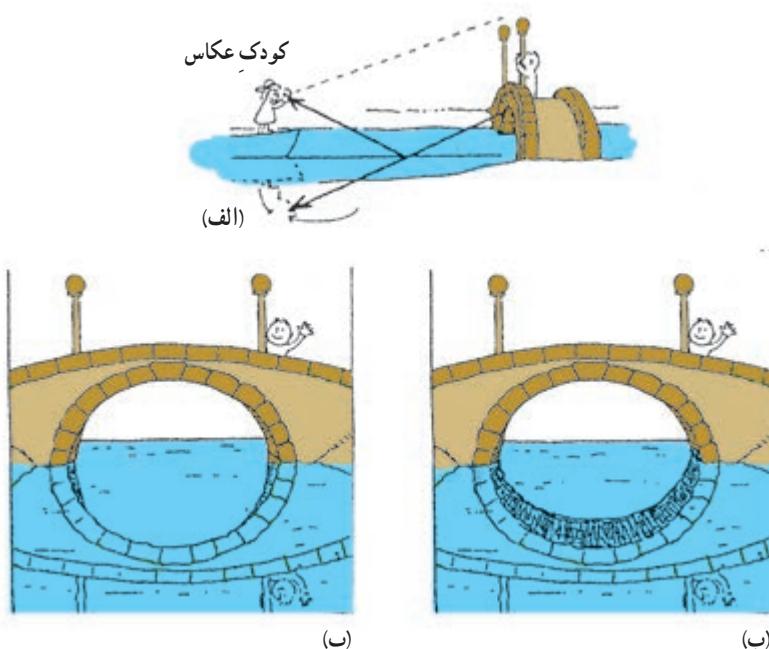
۱۲) در شکل رویه رو شمع را در برابر آینه کاو، آن قدر جایه جا کرده ایم
تا تصویر شعله شمع دقیقاً زیر آن بیفتند. در این حالت فاصله شمع از
آینه 15 cm است. شعاع آینه و فاصله کانونی آن، هر یک چند سانتی متر
است؟



- ۱ در شکل روبرو شخص با سرعت 2 m/s به آینه نزدیک می‌شود.
 الف) تصویر شخص با چه سرعتی به آینه نزدیک می‌شود?
 ب) تصویر شخص با چه سرعتی به خود شخص نزدیک می‌شود?



- ۲ در شکل مقابل:
 الف) میدان دید (قسمتی از فضا جلوی آینه که توسط ناظر دیده می‌شود.) را برای دو آینه تخت و محدب با هم مقایسه کنید.
 ب) اگر ناظرها از آینه دور شوند، میدان دید آینه چگونه تغییر می‌کند?
 پ) به نظر شما، میدان دید به چه عواملی بستگی دارد?



- ۳ مطابق شکل الف کودکی از یک پل عکس می‌گیرد. در این عکس هم خود پل دیده می‌شود، هم تصویر پل در آب رودخانه‌ای که از زیر پل می‌گذرد. کدامیک از شکل‌های ب و پ، عکس گرفته شده بهوسیله کودک را درست‌تر نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

- ۴ اتوبوسی که ارتفاع آن 3m است در جاده‌ای کوهستانی حرکت می‌کند. وقتی اتوبوس در فاصله 10m از آینه سریچ است تصویر آن در آینه به فاصله $1/67\text{m}$ از آینه تشکیل می‌شود.
 الف) ارتفاع تصویر اتوبوس چقدر است?
 ب) شعاع آینه چقدر است?



شکست نور



آیا می دانید که علت تشکیل رنگین کمان چیست؟

در فصل گذشته با انتشار نور به خط راست در یک محیط شفاف و قوانین بازتابش نور آشنا شدیم. در این فصل، رفتار نور را هنگام عبور از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر بررسی می‌کنیم، همین طور با استفاده از مفهوم بازتابش کلی، با نحوه کار تارهای نوری آشنا می‌شویم، سپس به بررسی عدسی‌ها و کاربرد آنها در اصلاح دید چشم، میکروسکوپ و دوربین نجومی می‌پردازیم. در شکل ۱-۵ برخی از ابزارهای نوری نشان داده شده است.



شکل ۱-۵- برخی از ابزارهای نوری

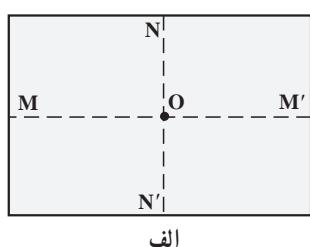


شکل ۲-۵- به دلیل شکست نور، مداد درون لیوان آب، شکسته به نظر می‌رسد.

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 یا اگر یک مداد را مانند شکل ۲-۵ درون لیوان محتوی آب قرار دهیم و سپس آن را از کنار یا از بالا نگاه کنیم، مداد به صورت شکسته به نظر می‌رسد. مشاهده‌پدیده‌هایی از این قبیل به سبب پدیده **شکست نور** است.

آزمایش کنید ۱



الف

وسیله‌های آزمایش: صفحه تشکیل تصویر یا ورقه مقوای گلاسه سفید، لیزر مدادی، ظرف آب شیشه‌ای.

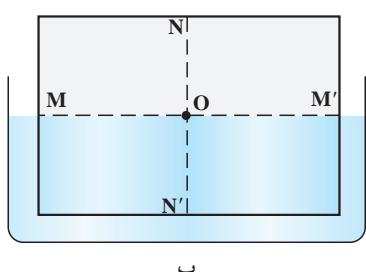
شرح آزمایش :

۱- مطابق شکل الف روی صفحه تشکیل تصویر دو خط عمود بر هم 'NN' و 'MM' را رسم کنید.

۲- صفحه تشکیل تصویر را در ظرف آب قرار دهید، به گونه‌ای که خط 'MM' بر سطح آب مماس شود.

۳- پرتو لیزر را به طور مایل، به سطح آب بتابانید تا مسیر پرتو روی صفحه تشکیل تصویر دیده شود و از نقطه O نیز بگذرد.

۴- به مسیر پرتو در هوای آب توجه کنید، از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



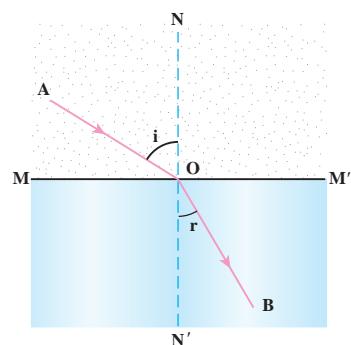
ب

با انجام آزمایش ۱ نتیجه می‌گیریم که نور هنگام عبور از هوا به آب، مسیر شکسته‌ای را می‌پیماید. این مسیر در شکل ۵-۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل پیداست، نور در گذر از هوا به آب، به خط عمود NN' تزدیک می‌شود.

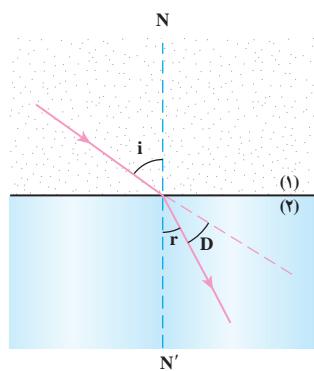
وقتی نور به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر می‌تابد، مسیرش تغییر می‌کند. به بیان دیگر، پرتو نوری که به طور مایل به سطح جدایی دو محیط شفاف می‌تابد، هنگام گذر از سطح جدایی دو محیط، شکسته می‌شود. به این پدیده شکست نور می‌گوییم.

پرتو AO را پرتو تابش و پرتو OB را پرتو شکست می‌نامیم. زاویه بین پرتو تابش و خط NN' (خط عمود بر سطح جدایی دو محیط در نقطه تابش نور) را زاویه تابش (i) و

زاویه بین پرتو شکست و خط NN' را زاویه شکست (r) می‌نامیم. زاویه بین امتداد پرتو تابش و پرتو شکست را زاویه انحراف می‌نامیم و آن را با D نشان می‌دهیم. همان‌طور که در شکل ۵-۵ دیده می‌شود $i=r=D$ است.

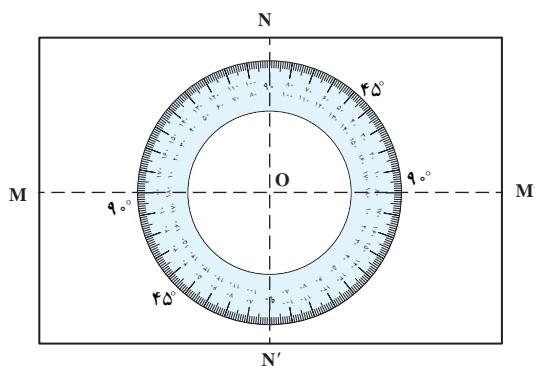


شکل ۵-۳-۳- مسیر نور هنگام گذر از آب به هوا



شکل ۵-۴- مسیر گذر نور از هوا به آب و تعیین زاویه انحراف

آزمایش کنید ۷



شماره آزمایش	زاویه شکست (r)	زاویه تابش (i)	زاویه شکست (D)
۱		۰°	
۲	۱۵°		
۳	۳۰°		
۴	۴۵°		
۵	۶۰°		
۶	۷۵°		

وسیله‌های آزمایش: صفحهٔ تشكیل تصویر یا کاغذ گلاسه سفید، لیزر مدادی، ظرف آب شیشه‌ای
شرح آزمایش:

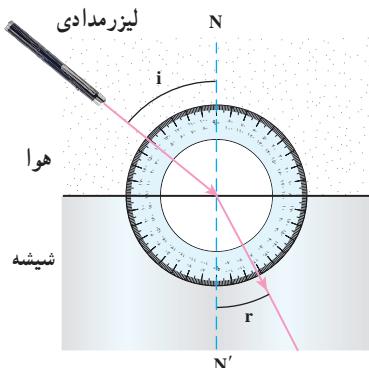
- کپی بزرگ شدهٔ شکل رویه‌رو را روی یک طلق (ترانسپارت) بیندازید و آن را روی صفحهٔ تشكیل تصویر بچسبانید.
- صفحهٔ تشكیل تصویر مدرج را درون ظرف آب قرار دهید، به گونه‌ای که خط MM' بر سطح آب مماس شود.

۳- پرتو لیزر را طوری به سطح آب بتابانید که مسیر آن روی صفحه دیده شود و از نقطه O نیز بگذرد.

۴- برای زاویه‌های تابش $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ و 75° ، زاویه شکست را پیدا کنید و جدول رویه‌رو را کامل کنید.

قانون های شکست نور: در گذشته، دانشمندان زیادی از جمله بطلمیوس، ابن‌هیشم، کپلر و... تلاش کردند تا رابطه‌ای بین زاویه تابش (i) و زاویه شکست (r) پیدا کنند. به عنوان مثال ابن‌هیشم دانشمند اسلامی نسبت بین زاویه‌های تابش و شکست را تا زاویه 80° بدست آورد ولی توانست رابطه بین آنها را کشف کند. در قرن هفدهم میلادی اسنل دانشمند هلندی و دکارت دانشمند فرانسوی، هریک به طور مستقل، موفق شدند رابطه بین این دو زاویه را بدست آورند.

تفسیر کنید



دانشآموزی با استفاده از یک لیزر مدادی، تیغه شیشه‌ای و نقاله یا صفحه مدرج شده با نقاله، آزمایشی را انجام داده است. او بازیکه نور را تحت زاویه‌های تابش مختلف به تیغه تابانده، زاویه‌های شکست مربوط به هریک را توسط نقاله اندازه‌گیری کرده و جدول زیر را کامل کرده است. شکل رویه‌رو چگونگی انجام آزمایش را نشان می‌دهد.

شماره آزمایش	زاویه شکست r	زاویه تابش i	$\sin i / \sin r$	$\sin r$	$\sin i$	i/r
۱	10°	15°	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۴۳	۱/۵۰
۲	20°	20°	۰/۲۲	۰/۳۴	۰/۵۰	۱/۵۴
۳	30°	30°	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۵۰	۱/۴۲
۴	40°	40°	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۶۴	۱/۴۲
۵	45°	45°	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۷۱	۱/۶۰
۶	50°	50°	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۷۷	۱/۶۷
۷	60°	60°	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۸۷	۱/۷۱
۸	70°	70°	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۹۴	۱/۸۴
:	:	:	:	:	:	:

با توجه به جدول بالا و مشورت با اعضای گروه خود توضیح دهید:

الف) آیا زاویه شکست در هر مورد کوچک‌تر از زاویه تابش است؟

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

پ) به جدول آزمایش ۲، ستون‌های سینوس زاویه تابش، سینوس زاویه شکست و نسبت $\frac{\sin i}{\sin r}$ را اضافه کنید و با استفاده از جدول نسبت‌های مثلثاتی انتهای کتاب، جدول را کامل کنید.

آیا شما نیز با استفاده از نتایج آزمایش ۲ و تفسیر جدول صفحهٔ قبل به نتایج زیر که به قانون‌های شکست نور معروف‌اند رسیده‌اید؟

۱- پرتو تابش، خط عمود بر سطح جداگانه دو محیط، در نقطهٔ تابش و پرتو شکست در یک صفحهٔ واقع‌اند.

۲- نسبت سینوس زاویهٔ تابش به سینوس زاویهٔ شکست، برای پرتوهایی که از هوا وارد یک محیط شفاف مانند شیشه یا آب می‌شوند مقداری ثابت است.

این مقدار را ضریب شکست مادهٔ شفاف می‌گویند و آن را با n نشان می‌دهند. ضریب شکست (n) به جنس مادهٔ شفاف بستگی دارد.

بنابراین،

$$\frac{\text{سینوس زاویهٔ تابش در هوا}}{\text{سینوس زاویهٔ شکست در محیط شفاف}} = \text{ضریب شکست یک مادهٔ شفاف} \quad (1-5)$$

ویلبرورد اسنل

منجم و ریاضیدان

هلندی که در

سال ۱۵۸۰ م.

(۹۵۹ ه.ش)

به دنیا آمد و در

سال ۱۶۲۶ م.

(۱۰۰۵ ه.ش) درگذشت. شهرت او بیشتر

به خاطر قانونی است که به نام قانون شکست اسنل

(با قانون شکست دکارت) خوانده می‌شود. کرچه

امروزه دریافت‌اند که سال‌ها پیش از او دانشمندی

مسلمان و ایرانی به نام ابن سهیل^۱ (۳۶۳ ه.ش)

(۱۸۴ میلادی) در سال ۳۷۹

این قانون را در رسالهٔ مشهور خود تحت عنوان

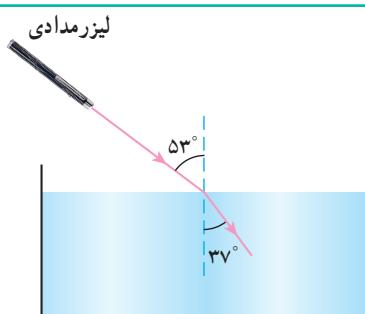
«دریاره آینه‌های سوزان و عدسی‌ها»^۲ بیان کرده

بود. پس از ابن سهیل، ابن‌هیثم (۴۱۸-۴۲۴ ه.ش)

از نتایج این قانون در کارهای خود در

زمینهٔ نورشناسی استفاده کرد.

مثال ۱



باریکهٔ نوری را مانند شکل رو به رو با زاویهٔ تابش 53° به سطح آب می‌تابانیم.

این پرتو با زاویهٔ شکست 37° وارد آب می‌شود، ضریب شکست آب چقدر است؟

$$i=53^\circ \quad r=37^\circ \quad n=? \quad \text{پاسخ:}$$

با استفاده از قانون شکست نور:

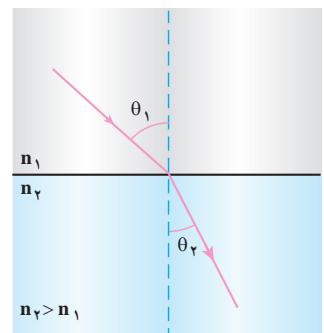
$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \Rightarrow n = \frac{\sin 53^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{0.799}{0.602} \Rightarrow n = 1.33$$

اگر مطابق شکل ۵-۵، پرتو نوری با زاویهٔ تابش θ_1 از محیط شفافی به ضریب شکست n_1 ، با زاویهٔ شکست θ_2 وارد محیط شفاف دیگری به ضریب شکست n_2 شود. رابطهٔ ۱-۵، به صورت کلی

زیرنوشته می‌شود:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (2-5)$$

این رابطه به قانون اسنل معروف است.



شکل ۵-۵

تمرین ۱

در شکل ۵-۵، اگر پرتو نور لیزر، با زاویه تابش 25° از هوا وارد شیشه شود،

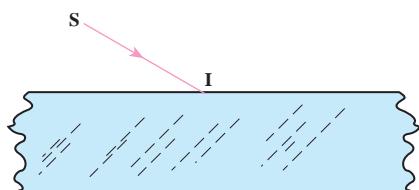
(الف) زاویه شکست چند درجه است؟

(ب) زاویه انحراف چند درجه است؟

آزمایش کنید ۳

وسیله‌های آزمایش: یک قطعه شیشه ضخیم، وسیله تولید باریکه نور مانند لیزر مدادی، یک تکه مقوا و خط‌کش.

شرح آزمایش :



۱- مطابق شکل، قطعه شیشه ضخیم را روی مقوا قرار دهید و باریکه نور را طوری به قطعه شیشه بتابانید که مسیر نور روی سطح مقوا دیده شود.

۲- مسیر پرتو تابش SI را در ورود به شیشه و در خروج از آن رسم کنید.

۳- نقطه‌های ورود پرتو به تیغه شیشه‌ای و خروج از آن را روی مقوا به هم وصل کنید.

۴- امتداد پرتو SI را به صورت خط‌چین رسم کنید.

۵- پرتو تابش ورودی به شیشه و پرتو خروجی از شیشه نسبت به هم چگونه‌اند؟

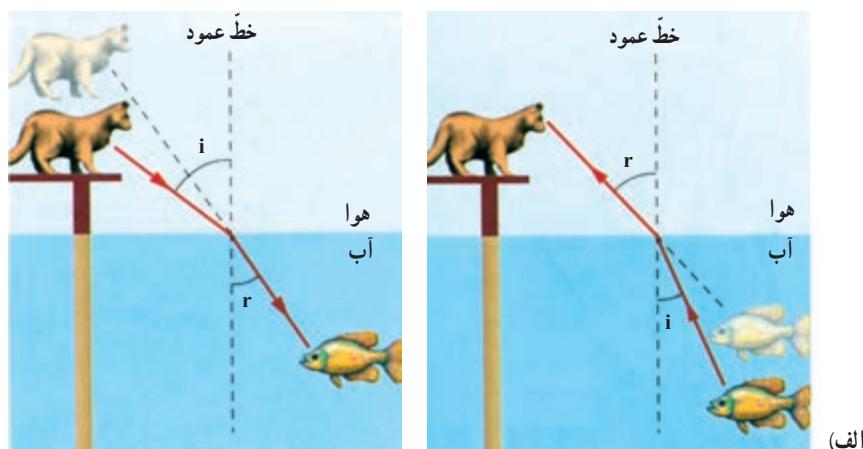
۶- از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۴- عمق ظاهری و واقعی

شکل ۵-۶- الف مکان واقعی و ظاهری یک ماهی را درون یک استخر نشان می‌دهد.

همان‌طور که می‌بینید، گربه، ماهی را بالاتر از مکان واقعی خود می‌بینند. از سوی دیگر ماهی نیز گربه را دورتر از مکان واقعی خود مشاهده می‌کند (شکل ۵-۶- ب).

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

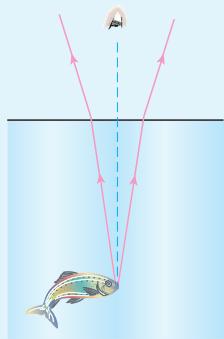


شکل ۵-۶- گربه و ماهی مکان‌های ظاهری دیگری را می‌بینند.

فعالیت ۱

دو لیوان کاملاً مشابه را کنار هم قرار دهید. در هر لیوان یک سکه بیندازید و یکی از لیوان‌ها را پر از آب کنید. اکنون از بالا طوری به لیوان‌ها نگاه کنید که هر دو سکه دیده شود. نتیجه مشاهده خود را بنویسید.

فعالیت ۲



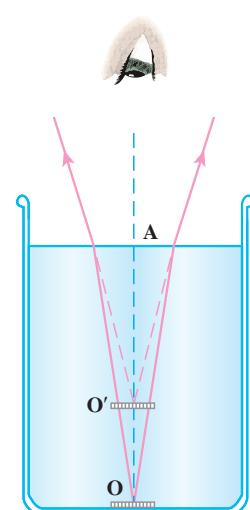
شکل رویه‌رو دو برتورا نشان می‌دهد که از ماهی به سطح آب وسپس به چشم ناظر رسیده است.
با رسم کردن امتداد پرتوهای رسیده به چشم ناظر معلوم کنید که ناظر، تصویر ماهی را کجا می‌بینید؟

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

شکل ۷-۵ علت بالاتر دیده شدن سکه در ته لیوان پر از آب را نشان می‌دهد. در این شکل، به فاصله $O'A'$ ، عمق ظاهری و به فاصله OA ، عمق واقعی گفته می‌شود. می‌توان نشان داد برای شخصی که تقریباً به طور عمود بر سطح آب به سکه نگاه می‌کند، رابطه ۳-۵ بین عمق ظاهری و عمق واقعی برقرار است.

$$\frac{\text{عمق واقعی}}{\text{ضریب شکست آب}} = \frac{\text{عمق ظاهری}}{(3-5)}$$

$$O'A' = \frac{OA}{n}$$



شکل ۷-۵ - شکست نور هنگام عبور از مرز جداکننده دو محیط شفاف باعث می‌شود جسم، در محل واقعی خود دیده نشود.

شخصی از بالای استخر پر از آبی تقریباً به طور عمودی به کف آن نگاه می‌کند. عمق ظاهری استخر از دید این شخص $1/5$ m است. عمق واقعی استخر را محاسبه کنید، ضریب شکست آب برابر $1/33$ است.

$$O'A = 1/5 \text{ m} \quad n = 1/33 \quad OA = ?$$

پاسخ:

$$O'A = \frac{OA}{n}$$

$$1/5 = \frac{OA}{1/33} \Rightarrow OA \approx 2 \text{ m}$$

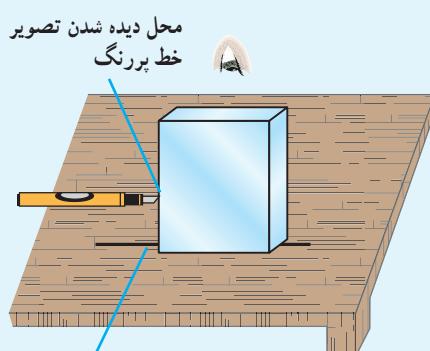
پس عمق واقعی استخر 2 m است.

آزمایش کنید ۱۴

وسیله‌های آزمایش: دو لیوان مشابه، دو سکه مشابه، خط کش
شرح آزمایش:

- ۱- سکه‌ها را در لیوان‌ها بیندازید، سپس در یکی از لیوان‌ها آب بریزید تا پر شود.
- ۲- لیوان‌ها را کنار هم قرار دهید و از بالا به سکه‌ها نگاه کنید. عمق آنها متفاوت به نظر می‌رسد.
- ۳- لیوان خالی از آب را به آرامی آنقدر بالا بیاورید که هر دو سکه در یک عمق دیده شوند. در این حالت، اختلاف ارتفاع دو لیوان را اندازه بگیرید.
- ۴- ارتفاع آب در لیوان پر از آب را اندازه بگیرید.
- ۵- عمق ظاهری سکه (عمق واقعی، منهای اختلاف ارتفاع دو لیوان) را حساب کنید.
- ۶- ضریب شکست آب را به دست آورید.

فعالیت ۳



خط پررنگی که از بالای تیغه شفاف به آن نگاه می‌کنیم.

با مازیک، خط پررنگی روی کاغذ بکشید و تیغه شفافی را مانند شکل روی آن قرار دهید و از بالا به آن نگاه کنید. با مازیک محل دیده شدن تصویر خط را روی وجه جانبی تیغه شفاف مشخص کنید. با استفاده از خط کش، عمق ظاهری و عمق واقعی را اندازه‌گیری کنید و ضریب شکست تیغه را به دست آورید.

۳-۵ رابطه ضریب شکست نور با سرعت نور در دو محیط

ابن هیثم

ابوعلی حسن بن حسن بصری معروف به ابن هیثم، ریاضی دان، فیزیک دان، منجم و از دانشمندان سرشناسی بود که در سال ۲۴۲ هجری شمسی (۴۳۰ م) در مصره متولد شد و در سال ۴۱۸ هجری شمسی (۵۴۲ هجری قمری) درگذشت. او با اینکه از آثار گذشتگان خود از جمله اقليدس، بطليموس، ارسسطو و آپولونیوس استفاده کرده است، اما بیان نور شناخت را دگرگون کرد و آن را به صورت علم منظم و مشخصی درآورد.



۲۴۲ هجری شمسی

۴۳۰ م در مصره متولد شد

درگذشت

او با اینکه از آثار گذشتگان خود از جمله اقليدس، بطليموس، ارسسطو و آپولونيوس استفاده کرده است، اما بیان نور شناخت را دگرگون کرد و آن را به صورت علم منظم و مشخصی درآورد.

او مانند اقليدس هم فیزیک دان نظری و هم تجربی بود و به منظور شخیص حرکت مستقیم الخط نور، یافتن خصوصیات سایه، موارد استفاده از عدسی‌ها و وزیرگی‌های اتفاق تاریک آزمایش‌های انجام داد.

وی برای نخستین بار در مورد بسیاری از مسائل در نورشناسی به تحلیل ریاضی پرداخت. در مبحث شکست نور، وی ثابت کرد که زاویه شکست متناسب با زاویه تابش نیست و به تحقیق در مورد شکست نور در عدسی‌ها و در جو پرداخت. همچنین سهم عمده‌ای در بحث بازتاب نور که پیش از آن بونانیان به اکشاف‌های مهمی در آن دست یافته بودند، پژوهش در آینه‌های سهمی (شلجنگی) و کروی بود. ابن هیثم چرخ‌تراشی داشت که با آن عدسی‌ها و آینه‌های خمیده را برای آزمایش‌های خود تهیه می‌کرد. او از این آزمایش‌ها دریافت که در آینه سهمی همه شعاع‌ها در یک نقطه متمرکز می‌شود و از آن رو بهترین آینه‌های سوزاننده همین آینه‌های سهمی هستند.

المناظر، کتابی است که از این دانش پژوه مسلمان برجای مانده است، اثری یعنی تظیر که یافته‌های اورا در زمینه اپتیک دربردارد. نویسنده در این شاهکار خود، با تکیه بر نظریه‌های ریاضی به توضیح علمی فرایند دیدن می‌پردازد و سعی می‌کند سازوکار دیدن با دو جسم را توضیح دهد. ابن هیثم در این کتاب، ارتباط نظام میان مشاهده، فرضیه‌سازی و توجیه علمی رویدادها را به نمایش می‌گذارد. این کتاب پس از جلب توجه ریاضیدانان نامی ای همچون کپلر، دکارت و هویگشن، حدود ۵۰۰ سال پس از مرگ او در اروپا به چاپ رسید.

سرعت انتشار نور در خلا، بیشتر از سرعت انتشار نور در هر محیط شفاف دیگر است.

سرعت انتشار نور در خلا تقریباً ۳۰۰،۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است؛ یعنی نور در خلاً فاصله ۳۰۰،۰۰۰ کیلومتر را در مدت یک ثانیه می‌پیماید. سرعت نور در هوانیز تقریباً همین مقدار است. در محیط‌های شفاف مثل آب، شیشه و ... سرعت نور کمتر از سرعت نور در هوا است.

می‌توان نشان داد **سرعت نور در هوا به سرعت نور در یک ماده شفاف همان ضریب شکست**

ماده شفاف است :

$$\frac{\text{سرعت نور در هوا}}{\text{سرعت نور در ماده شفاف}} = \text{ضریب شکست ماده شفاف}$$

اگر سرعت نور در هوا c و سرعت نور در ماده شفاف v باشد داریم :

$$v = \frac{c}{n} \quad (4-5)$$

هر قدر ضریب شکست ماده شفاف بیشتر باشد سرعت نور در آن ماده کمتر است، و وقتی نور از هوا وارد آن ماده می‌شود، بیشتر شکسته می‌شود و زاویه انحراف بیشتر می‌شود.

جدول ۱-۵- ضریب شکست برخی مواد

ضریب شکست	سرعت نور km/s	
۱/۳۰۹	۲۲۹,۱۸۲	یخ
۱/۳۶۲	.....	اتانول (الکل اتیلیک)
۱/۶۲۸	۱۸۴,۲۷۵	کربن دی‌سولفات
.....	۲۰۱,۳۴۲	پلی‌استیرن
۱/۵۴۴	۱۹۴,۳۰۰	سدیم کلراید (نمک طعام)
۱/۴۷۳	.....	گلیسرین
۱	۳۰۰,۰۰۰	هوا
.....	۲۲۵,۰۰۰	آب
۱/۵۲۰	.....	شیشه
.....	۱۲۵,۰۰۰	الماس
۱/۴۷۰	.....	پیرکس
۱/۳۷۴	.....	بنزین

مثال ۱۵

با استفاده از جدول ۱-۵ ضریب شکست آب را حساب کنید.

پاسخ :

$$c = 300,000 \text{ km/s} \quad v = 225,000 \text{ km/s} \quad n = ?$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{300,000}{225,000} = \frac{300}{225}$$

$$n = \frac{4}{3} \approx 1.33$$

تمرين ۱

با توجه به رابطه سرعت نور در یک محیط شفاف با ضریب شکست آن محیط، مکان های خالی جدول ۱-۵ را کامل کنید.

پاسخ دقیق ۱

با استفاده از جدول ۱-۵ :

الف) تعیین کنید ضریب شکست شیشه بزرگ‌تر است یا ضریب شکست آب؟

ب) باریکه‌ای از نور با زاویه تابش مشخصی (a) از هوا به آب و بار دیگر با همین زاویه تابش از هوا به شیشه می‌تابد.

در کدام مورد زاویه انحراف بزرگ‌تر است و پرتو شکست به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود؟ توضیح دهید.

مثال ۱۶

دو محیط را با ضریب شکست‌های n_1 و n_2 در نظر بگیرید. اگر نسبت سرعت نور در محیط اول به سرعت نور در

محیط دوم برابر $\frac{5}{4}$ باشد، نسبت ضریب شکست محیط اول به ضریب شکست محیط دوم را حساب کنید.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{5}{4} \quad \text{و} \quad \frac{n_1}{n_2} = ?$$

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad \text{و} \quad n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{v_1}}{\frac{c}{v_2}} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

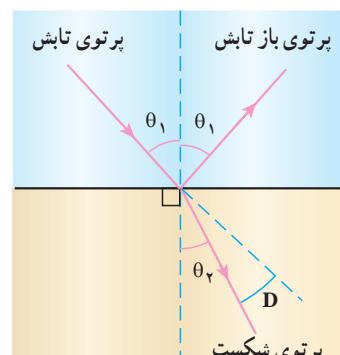
بنابراین :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{4}{5}$$

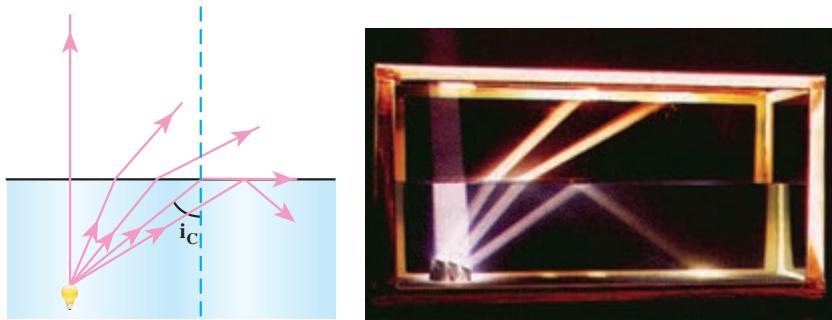
۴-۵ زاویه حد و بازتاب کلی

هنگامی که یک باریکه نور به مرز مشترک دو محیط شفاف می‌رسد، بخشی از نور از محیط اول وارد محیط دوم می‌شود. این بخش از نور می‌شکند. به علاوه بخشی از نور در محیط اول باز می‌تابد. به این پدیده بازتاب جزئی نور می‌گویند (شکل ۸-۵).

وقتی نور از محیطی با ضریب شکست بیشتر وارد محیطی با ضریب شکست کمتر شود (برای مثال از درون آب به هوای پرتو شکست از خط عمود دور می‌شود و زاویه شکست از زاویه تابش بزرگ‌تر خواهد شد. هرچه زاویه تابش زیاد شود زاویه شکست هم زیاد می‌شود. اگر زاویه شکست به 90° برسد (یعنی پرتو شکست بر سطح جدایی دو محیط مماس شود) زاویه تابش به مقداری رسیده است که به آن **زاویه حد** می‌گوییم و آن را با i_c نشان می‌دهیم (شکل ۸-۵). حال اگر پرتوی تابش را با زاویه تابش بزرگ‌تر از زاویه حد به سطح مشترک دو محیط بتابانیم، سطح مشترک دو محیط مانند یک آینه تخت عمل می‌کند و همه پرتوی تابش را به محیط اول بازمی‌گرداند (شکل ۹-۵). به این پدیده **بازتاب کلی** می‌گویند.

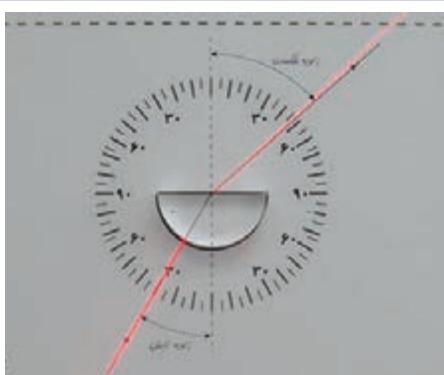


شکل ۸-۵- بازتاب جزئی نور و شکست نور در مرز مشترک دو محیط شفاف

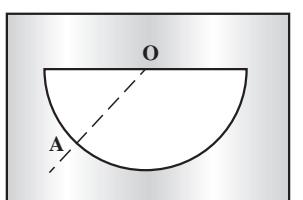


شکل ۹-۵- گذار نور از محیط شفاف با ضریب شکست بیشتر به محیط شفاف با ضریب شکست کمتر و بازتاب کلی.

آزمایش کنید ۸



الف



ب

وسیله‌های آزمایش : نیم استوانه شفاف، نقاله کاغذی، مولد باریکه نور.

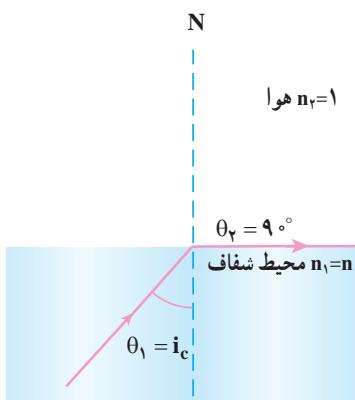
شرح آزمایش :

- ۱- نیم استوانه را مطابق شکل الف روی نقاله کاغذی قرار دهید.
- ۲- مطابق شکل ب باریکه نور را در راستای شعاع AO به مرکز نیم استوانه بتابانید. زاویه‌های تابش و شکست را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

۳- زاویه تابش را به تدریج افزایش دهید تا پرتوی شکست، تقریباً مماس بر قاعدة نیم استوانه قرار گیرد (یعنی زاویه شکست، 90° باشد). در این حالت زاویه حد را اندازه بگیرید.

- ۴- باریکه نور را با زاویه تابش بزرگ‌تر از زاویه حد بتابانید و رفتار باریکه نور را مشاهده کنید.

با استفاده از قانون شکست نور می‌توان زاویه حد را برای یک محیط شفاف، در حالتی که پرتوی نور از این محیط شفاف وارد هوا می‌شود تعیین کرد (شکل ۵-۵).



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$n \sin i_c = 1 \times \sin 90^\circ$$

$$\sin i_c = \frac{1}{n} \quad (5-5)$$

شکل ۵-۵—زاویه حد برای پرتوی که از محیطی شفاف ($n > 1$) وارد هوا می‌شود.

مثال ۱

برای پرتوهایی که از آب وارد هوا می‌شوند، با توجه به ضریب شکست آب در جدول ۱-۵، زاویه تابش چند درجه باشد تا پرتوها مماس بر سطح آب خارج شوند؟
پاسخ:

$$n = 1/333 : \quad i_c = ?$$

$$\sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1/333} = 0/75^\circ$$

$$i_c \approx 49^\circ$$

فعالیت ۱۰

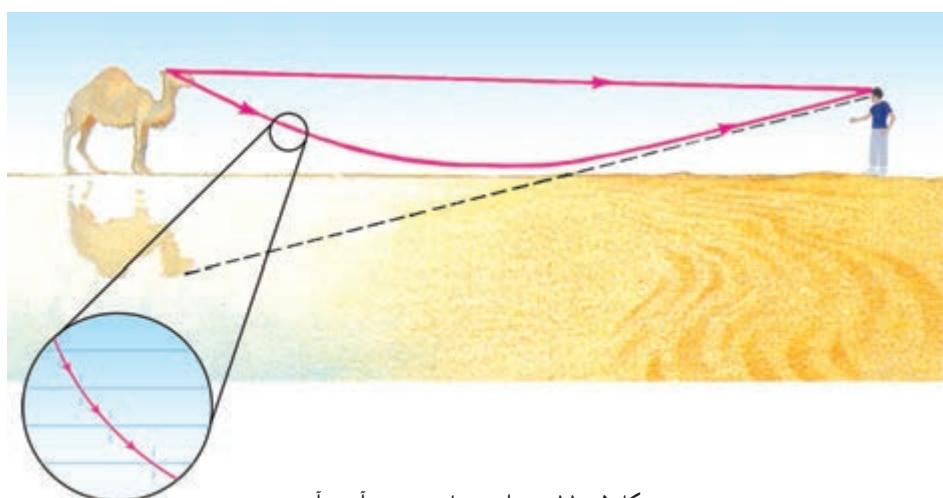
- الف) با استفاده از زاویه حد نیم استوانه که در آزمایش ۵ اندازه گرفته‌اید، ضریب شکست نیم استوانه را محاسبه کنید.
ب) اگر نوری از یک محیط شفاف با ضریب شکست n_1 وارد محیط شفاف دیگر با ضریب شکست n_2 شود به گونه‌ای که $n_1 > n_2$ باشد، رابطه (۵-۵) چگونه نوشته می‌شود؟

فعالیت ۱۱

- با استفاده از جدول ۱-۵، زاویه حد بلور نمک طعام، یخ و الماس را برای هنگامی که نور از هر یک از این مواد وارد هوا می‌شود، محاسبه و تعیین کنید کدام یک بزرگ‌تر است.

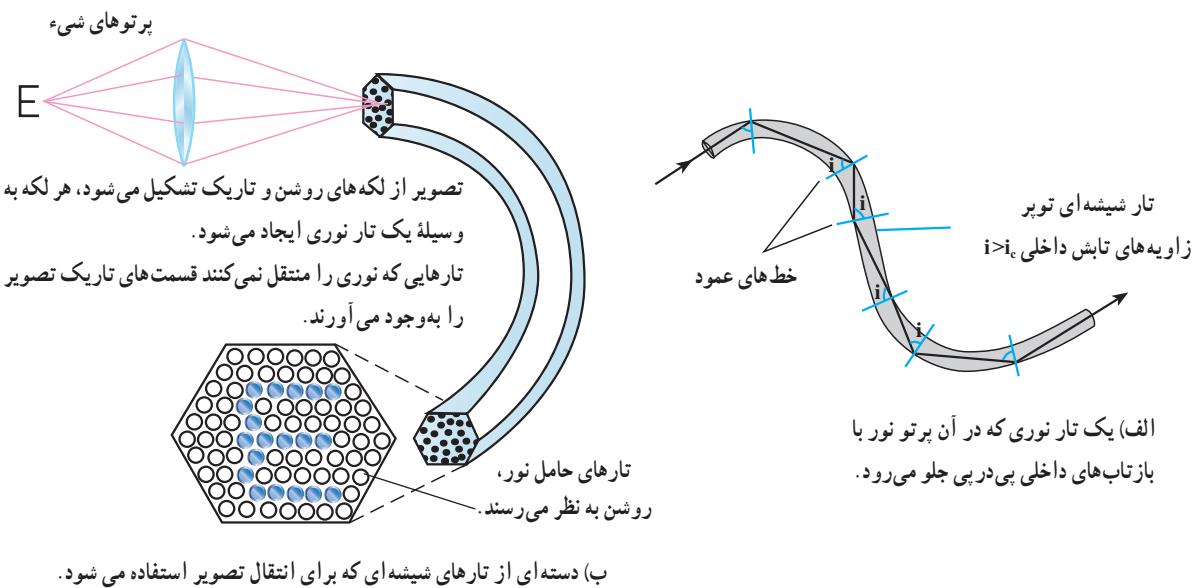
سراب : پدیده سراب معمولاً در جاده‌ها و بیابان‌ها در روزهای گرم مشاهده می‌شود در چنین

موافعی به نظر می‌رسد که سطح زمین در دوردست، خیس است و تصویر آسمان و بعضی اجسام، مانند خودرو در آب روی سطح زمین دیده می‌شود (شکل ۱۱-۵). وقتی به سمت این ناحیه به‌ظاهر خیس پیش می‌رویم، می‌بینیم که هیچ آبی وجود ندارد و تصویرها نیز محو می‌شوند. علت این پدیده آن است که هرچه به سطح زمین تزدیک‌تر می‌شویم دمای لایه‌های هوا بیشتر و ضرب شکست آن کمتر می‌شود. پرتوهای نور که از یک شیء دور، مثلاً یک خودرو، به طور مابین به سطح زمین می‌تابند، در اثر عبور از لایه‌های با ضرب شکست بیشتر به لایه‌های با ضرب شکست کمتر به تدریج به طرف بالا شکست می‌یابند تا اینکه در لایه‌های تزدیک به سطح زمین زاویه تابش آنها از زاویه حد این لایه‌ها بزرگ‌تر می‌شود و بازتاب کلی صورت می‌گیرد. پرتوهای بازتابیده نیز پس از شکست‌های متوالی به چشم ما می‌رسند؛ به این ترتیب لایه‌های تزدیک به سطح زمین که نور را باز می‌تابانند مانند سطح آب به نظر می‌آیند.

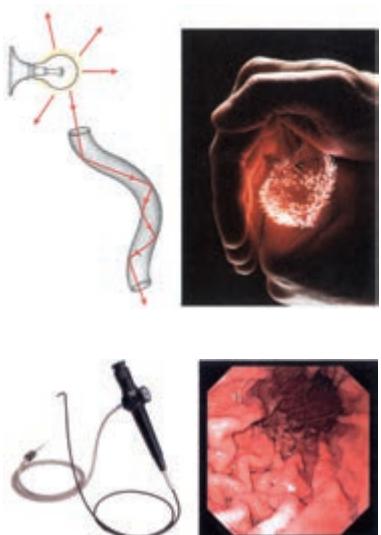


شکل ۱۱-۵- سراب و علت به وجود آمدن آن

تار نوری: تار نوری رشته‌ای از جنس شیشه یا پلاستیک شفاف است که ضخامت آن، می‌تواند بسیار کمتر از یک میلی متر نیز باشد. بازتاب کلی، اساس کار تارهای نوری را تشکیل می‌دهد. هنگامی که پرتو نوری که درون تار در حال پیشروی است به سطح دیواره جانبی تار بتابد، اگر زاویه تابش بزرگ‌تر از زاویه حد باشد، بازتاب کلی نور روی می‌دهد و نور نمی‌تواند از تار خارج شود. این پرتو با زان تارهای کلی، به درجه درون تار نوری حلو مم رود، حتی اگر تار خمیده شده باشد (شکا ۵-۲).



شکل ۱۲۵



شکل ۱۳-۵- از تارهای نوری در آندو سکویی
برای دیدن داخل این استفاده ممکن نیست.

تارهای نوری کاربردهای فراوانی دارند. مثلاً دندان پیشک‌ها با استفاده از چراغ قوه‌های خاصی، نور را به کمک تار نوری به محل موردنظر خود هدایت می‌کنند. از دسته‌های نازک تار نوری برای دیدن داخل موتور خودرو استفاده می‌شود. همچنین این تارها در لامپ‌های تزیینی رومیزی یا لوسترها جدید به کار می‌روند. در آندوسکوپی که برای دیدن داخل بدن به کار می‌رود (شکل ۱۳-۵)، نور را از یک دسته باریک از تارهای شیشه‌ای بسیار ظرف و قابل انعطاف عبور می‌دهند و به نقطهٔ مورد نظر درون بدن می‌تابانند و تصویر حاصل را از طریق دستهٔ دیگری از تارها بر می‌گردانند. این دستهٔ دوم تصویرساز ممکن است هزاران تار نوری با ضخامتی در حدود ۱٪ میلی‌متر داشته باشد که در وضعیت‌های ثابت چنان مرتب شده‌اند که تصویر درهم و برهم نمی‌شود. در این حالت هر تار نوری یک نقطه از تصویر را ایجاد می‌کند. مفهوم تبارهای نوری، در صنعت مخابرات است. کالاها، تارهای نوری، در مقاسه

با کابل‌های سیم مسی نه تنها می‌توانند داده‌های پیشتری را با کیفیت بهتر منتقل کنند، بلکه بسیار باریک‌تر و سبک‌تر نیز هستند و با توجه به اینکه جنس آنها از شیشه است ارزان‌تر نیز تهیه می‌شوند، در حالی، که کابل‌های مسی، روز به روز گران‌تر می‌شوند.

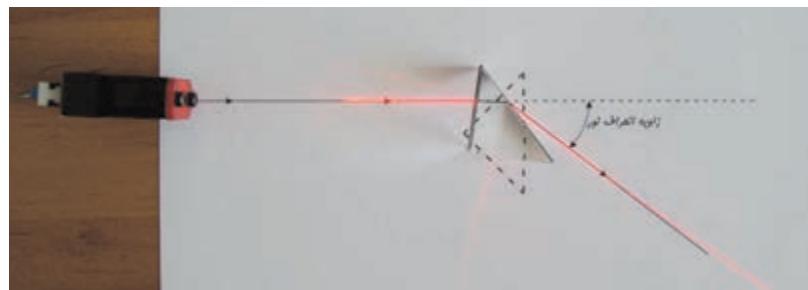
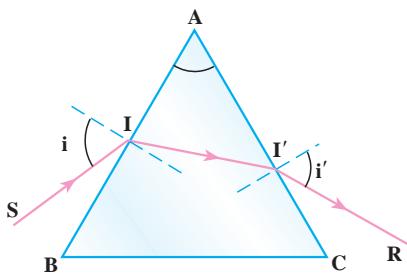
فعالیت ۷

با مشارکت افراد گروه خود و با استفاده از یک قطعه شیلنگ شفاف محتوی آب و لیزر مدادی، باریکه نور لیزر را به گونه‌ای به یک طرف شیلنگ بتابانید که در نتیجه بازتاب کلی‌های پی درپی از طرف دیگر شیلنگ خارج شود.

۵-۵ پاشیدگی نور در منشور

در شکل ۱۴-۵ مقطع یک منشور شیشه‌ای نشان داده شده است. پرتوی تک‌رنگ که به یک وجه منشور تاییده پس از شکست در نقطه I، وارد منشور شده و با شکست مجدد از وجه دیگر منشور خارج شده است.

زاویه A را **زاویه 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 ۱۴-۵- مسیر پرتو نور در منشور

فعالیت ۷

با رسم مسیر پرتو نور در منشور، زاویه انحراف یعنی زاویه بین پرتوی ورودی SI و پرتوی خروجی RI را فقط نشان دهید.

آزمایش کنید ۶

وسیله‌های آزمایش: وسیله تولید باریکه نور سفید، منشور، یک ورق کاغذ سفید.

شرح آزمایش:

۱- در یک اتاق نسبتاً تاریک، باریکه نور سفید را به یک وجه منشور بتابانید. (از آویزهای بلوری چلچراغ‌ها (لوسترها) می‌توانید به جای منشور استفاده کنید).

۲- در طرف دیگر منشور، ورق کاغذ سفید را در مسیر پرتوهای خروجی قرار دهید.

۳- با جابه‌جا کردن منشور، تصویر واضحی از رنگ‌ها را روی کاغذ تشکیل دهید.

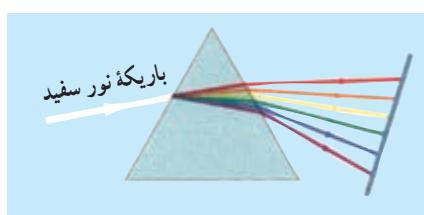
۴- نام رنگ‌ها را به ترتیب بنویسید.

از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید.

نخستین بار نیوتون با عبور دادن نور خورشید از منشور و مشاهده رنگ‌های مختلف نور، نشان داد که نور سفید ترکیبی از نورهایی با رنگ‌های مختلف است. تجزیه نور سفید به رنگ‌های متفاوت به وسیله منشور را **پاشیدگی نور** می‌نامیم. علت پاشیدگی نور سفید به وسیله 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 با بنفس است. به همین سبب زاویه شکست و همین طور زاویه انحراف این نورها نیز، هنگام عبور از منشور، یکسان نیست. درنتیجه نورهای با رنگ‌های متفاوت، روی مسیرهایی اندکی متفاوت با هم از منشور خارج می‌شوند. در شکل ۱۵-۵ پاشیدگی نور سفید و رنگ‌های حاصل از آن نشان داده شده است. رنگین کمان و یا نورهای رنگی درخشنانی که در چلچراغ‌های بلوری مشاهده می‌شود، به علت پاشیدگی نور است. در رنگین کمان پاشیدگی نور به وسیله ذرات ریز آب، و در چلچراغ‌ها درنتیجه عبور نور از بلورهای چلچراغ اتفاق می‌افتد.

مجموعه نورهای رنگی حاصل از پاشیدگی نور سفید، در عبور از منشور را **طیف**

نور سفید می‌نامند.



شکل ۱۵-۵- پاشیدگی نور سفید در عبور از منشور

مثال ۶

شکل رو به رو، مقطع منشور قائم الزاویه متساوی الساقینی را نشان می‌دهد که ضریب شکست آن $1/5$ است.

(الف) زاویه حد منشور را برای حالتی که پرتوی نوری تک رنگ از درون منشور به سطح جدا کننده منشور و هوا بتابد به دست آورید.

(ب) ادامه مسیر پرتوی SI را خروج از منشور، رسم نمایید.

پاسخ :

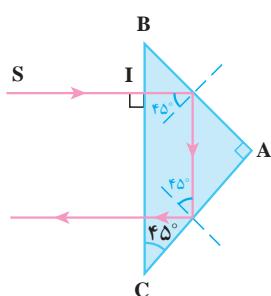
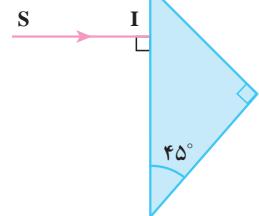
$$n = 1/5, i_c = ?$$

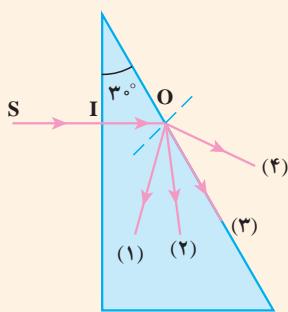
$$\sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1/5} = 0.67 \quad (\text{الف})$$

با استفاده از جدول نسبت‌های مثلثاتی انتهای کتاب، داریم :

$$i_c = 42^\circ$$

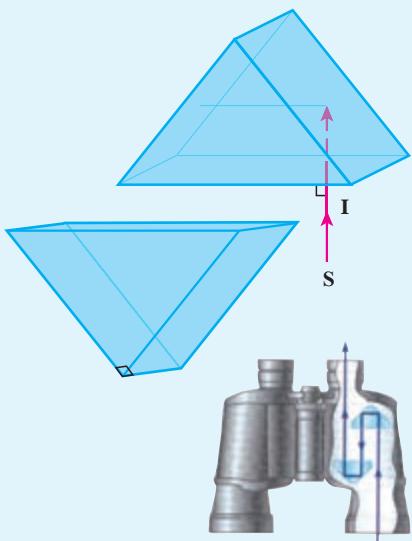
(ب) چون پرتوی SI عمود بر وجه BC تابیده است. ($i=0^\circ$)، بدون شکست وارد منشور شده و به وجه AB برخورد می‌کند. با رسم خط عمود بر سطح منشور در نقطه تابش، در وجه AB، زاویه تابش 45° می‌شود، که بزرگ‌تر از زاویه حد است. این پرتو، بازتاب کلی می‌کند و به سطح AC می‌رسد. در اینجا نیز زاویه تابش 45° و از زاویه حد بزرگ‌تر است و بار دیگر بازتاب کلی اتفاق می‌افتد و پرتو با زاویه تابش صفر به وجه BC برخورد می‌کند و چون عمود بر این وجه تابیده، بدون شکست از آن خارج می‌شود.





مطابق شکل، پرتوی تک رنگ SI بدون شکست وارد منشوری به ضریب شکست $n=1/41$ می‌شود و به نقطه O می‌رسد.
کدام پرتو می‌تواند ادامه پرتو SIO باشد؟ توضیح دهید.

نحویات ۸



در دوربین‌های دو چشمی، برای آنکه از لوله‌های بلند استفاده نشود، از یک جفت منشور، برای طولانی کردن فاصله نوری میان عدسی‌ها استفاده می‌شود. (شکل رو به رو). علاوه بر این استفاده از دو منشور در دوربین سبب مستقیم دیده شدن جسم نیز می‌شود.
با توجه به بازتاب کلی که در این منشورها اتفاق می‌افتد، ادامه پرتوی SI را تا خروج از دو منشور رسم کنید.

۶-۵ 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 مطالعه روزنامه یا کتاب از عینک، که می‌تواند نوعی ذره‌بین باشد، استفاده می‌کنند. بعضی از همکلاسی‌های شما نیز که فاصله‌های نسبتاً دور با نسبتاً تزدیک را خوب نمی‌بینند از عینک استفاده می‌کنند. در طبیعت نیز قطرات آب گاهی می‌توانند مثل عدسی عمل کنند و جلوه‌های زیبایی را به وجود آورند (شکل ۱۶-۵). آیا تاکنون با میکروسکوپ کار کرده‌اید؟ با میکروسکوپ، موجودات بسیار کوچک را که نه تنها با چشم، بلکه با ذره‌بین نیز قادر به دیدن آنها نیستیم، 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.



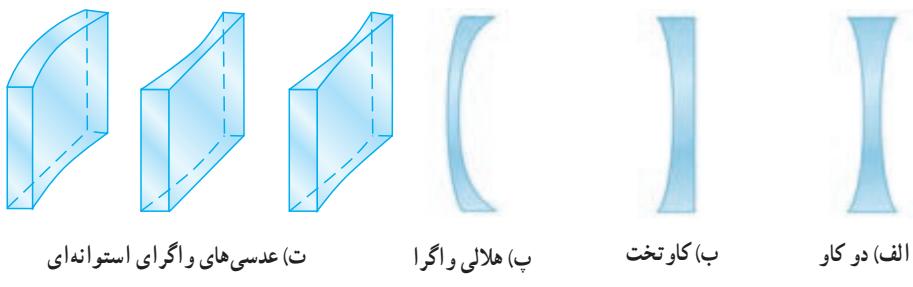
شکل ۱۶-۵ - قطره‌های باران همچون عدسی عمل می‌کنند.

عدسی‌های همگرا : در عدسی همگرا، پرتوهایی که موازی با هم به عدسی می‌تابند پس از شکست و عبور از عدسی، به هم تزدیک می‌شوند یعنی همگرا می‌شوند. در عدسی‌های همگرا، لبه‌های عدسی نازک‌تر از وسط آن است و عدسی به طور معمول برای کاربردهای متفاوت به شکل‌های دو کور، کور تخت و هلالی همگرا ساخته می‌شود. در شکل (۱۷-۵) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند. همه این عدسی‌ها، عدسی همگرا نامیده می‌شوند.



شکل ۱۷-۵ - انواع عدسی‌های همگرا

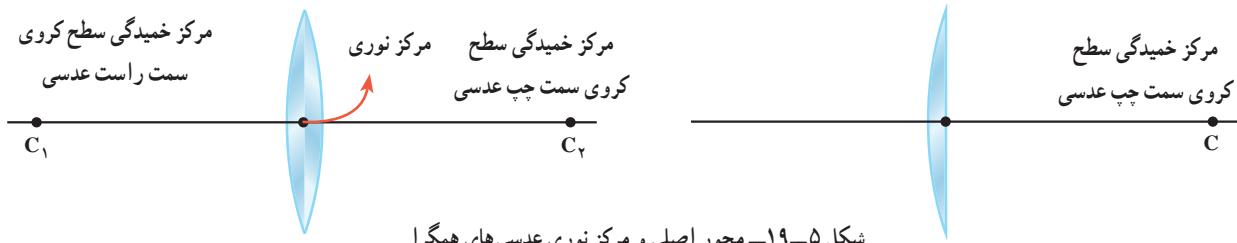
عدسی‌های واگرا : در عدسی‌های واگرا پرتوهایی که موازی با هم به عدسی می‌تابند، پس از شکست و عبور از عدسی، از هم دور می‌شوند یعنی واگرا می‌شوند. لبّه این عدسی‌ها پهن‌تر از وسط آنها است و به شکل‌های دو کاو، کاو تخت و هلالی واگرا ساخته می‌شوند. در شکل (۱۸-۵) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۸-۵ - انواع عدسی‌های واگرا

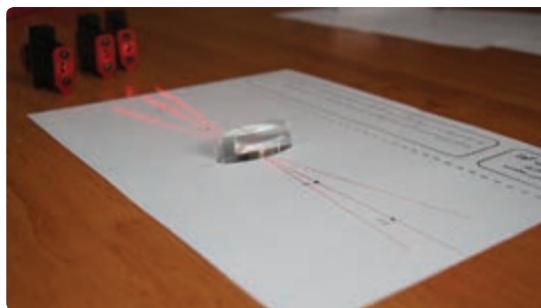
۷-۵ عدسی‌های همگرا

(الف) محور اصلی، مرکز نوری : خطی که از مرکز خمیدگی دو سطح عدسی می‌گذرد یا از مرکز سطح خمیده می‌گذرد و به سطح تخت عمود می‌شود، **محور اصلی** نامیده می‌شود. نقطه میانی عدسی را که روی محور اصلی قرار دارد **مرکز نوری** عدسی می‌نامند. در شکل (۱۹-۵) محور اصلی و **مرکز نوری** عدسی نشان داده شده است.



شکل ۱۹-۵ - محور اصلی و مرکز نوری عدسی‌های همگرا

آزمایش نشان می‌دهد که اگر پرتویی به مرکز نوری یک عدسی بتابد، بدون انحراف از عدسی می‌گذرد و از طرف دیگر آن خارج می‌شود. در شکل ۵-۲۰ چنین پرتوهایی که به یک عدسی همگرا تابیده‌اند، نشان داده شده است.



شکل ۵-۲۰- پرتوهایی که به مرکز نوری عدسی بتابند بدون انحراف از عدسی خارج می‌شوند.

ب) کانون عدسی‌های همگرا

آزمایش کنید ۷

وسیله‌های آزمایش: عدسی همگرای استوانه‌ای، یک صفحه کاغذ، مولد باریکه‌های موازی نور و خط‌کش.

شرح آزمایش:



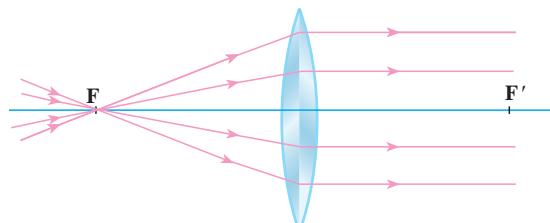
۱- مطابق شکل رو به رو، عدسی همگرای استوانه‌ای را روی صفحه کاغذ قرار دهید و باریکه‌های موازی نور را به آن بتابانید.

۲- نقطه‌ای که باریکه‌های نور، پس از عبور از عدسی به آن می‌رسند را کانون عدسی همگرا می‌نامند و آن را با F نشان می‌دهند. فاصله کانون تا عدسی را با خط‌کش تعیین کنید. این فاصله را **فاصله کانونی عدسی** می‌نامند و آن را با f نمایش می‌دهند.

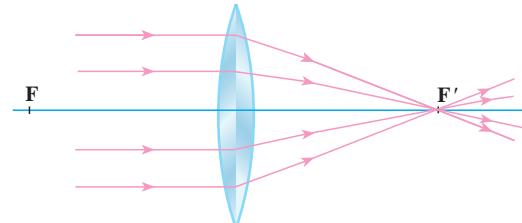
۳- همین آزمایش را با طرف دیگر عدسی انجام دهید و فاصله کانونی عدسی را اندازه‌گیری کنید. نتیجه مشاهده خود را در گزارش کار بنویسید.

اگر آزمایش ۷ را به طور دقیق انجام دهید خواهید دید که هنگام انجام بند سوم آزمایش هم نقطه نورانی حاصل از همگرا شدن باریکه‌های موازی نور در همان فاصله قبلی (بند دوم آزمایش) از عدسی تشکیل می‌شود؛ یعنی عدسی در هر یک از دو طرف دارای کانون است که فاصله آنها تا عدسی یکسان است (حتی اگر عدسی دارای خمیدگی‌های متفاوت در دو طرفش باشد).

از آزمایش ۷ می‌توان نتیجه گرفت که اگر پرتو تابش موازی با محور اصلی به عدسی همگرا بتابد، در خروج از طرف دیگر عدسی چنان می‌شکند که از کانون عدسی بگذرد (شکل ۵-۲۱). بر عکس این موضوع نیز درست است؛ یعنی پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا می‌گذرند و به آن می‌تابند، پس از شکست، به موازات محور اصلی از طرف دیگر عدسی خارج می‌شوند (شکل ۵-۲۲).

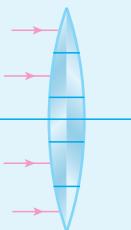


شکل ۵-۲۲- پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا بگذرند و به عدسی بتابند پس از شکست، به موازات محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند.



شکل ۵-۲۱- پرتوهایی که موازی با محور اصلی به عدسی همگرا بتابند پس از شکست، از کانون عدسی می‌گذرند.

فعالیت ۶



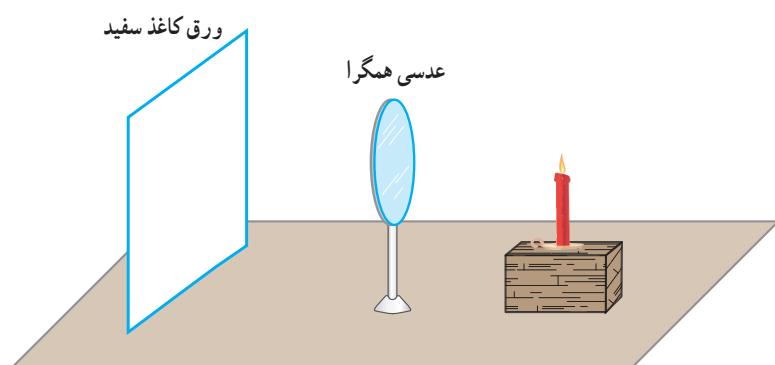
عدسی همگرا را، مانند شکل رو به رو به صورت مجموعه‌ای از منشورها درنظر بگیرید و ادامه مسیر پرتوهای موازی تاییده به عدسی را در آن رسم کنید.

۸-۵ چگونگی تشکیل تصویر در عدسی‌های همگرا

آزمایش کنید ۸

وسیله‌های آزمایش: عدسی همگرا با پایه، شمع، صفحه تشکیل تصویر یا یک ورق کاغذ سفید.

شرح آزمایش



۱- به ترتیبی که در آزمایش ۷ شرح داده شد، یا به روش‌های دیگر، فاصله کانونی عدسی را اندازه‌گیری کنید.

۲- عدسی را روی پایه، ثابت و شمع را روشن کنید و آن را مطابق شکل رو به رو در فاصله‌ای دورتر از کانون از عدسی، مقابل عدسی قرار دهید.

۳- صفحه تشکیل تصویر را در طرف دیگر عدسی جایه‌جا کنید تا تصویر واضح شمع روی صفحه مشاهده شود.

۴- شمع روشن را به کانون عدسی نزدیک یا از آن دور کنید و در هر حالت با جایه‌جا کردن صفحه تشکیل تصویر، تصویر واضحی از شمع روی صفحه ایجاد کنید.

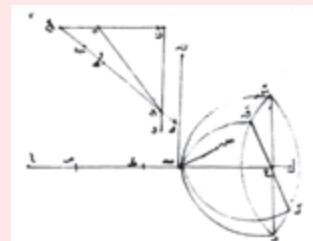
۵- شمع در چه فاصله‌ای از عدسی باشد تا اندازه تصویر برابر اندازه شمع شود؟ این فاصله چند برابر فاصله کانونی عدسی است؟

ابن سهل

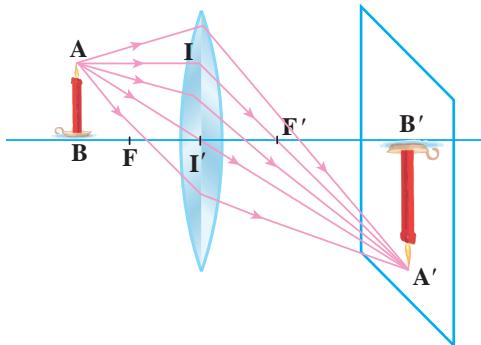


ابوسعد العلاء بن سهل معروف به ابن سهل (۳۱۹-۳۷۹ هجری شمسی) ریاضیدان، فیزیکدان و مهندس اپتیک ایرانی در عصر

طلاعی علوم اسلامی بود که در دربار عباسیان در بغداد کار می کرد. ابن سهل در سال ۳۶۳ هجری شمسی رساله بسیار مهمی به نام «در باب آینه ها و عدسی های سوزان» نوشت و در آن تشریح کرد که جگونه آینه های خمیده و عدسی های نور را کانونی می کنند. بنا به منابع متعددی، او پیش از استلن داشمند هلندی قانون شکست نور را کشف کرده بود. تصویر زیر بخشی از دست خط ابن سهل را در اثبات قانون شکست نشان می دهد.



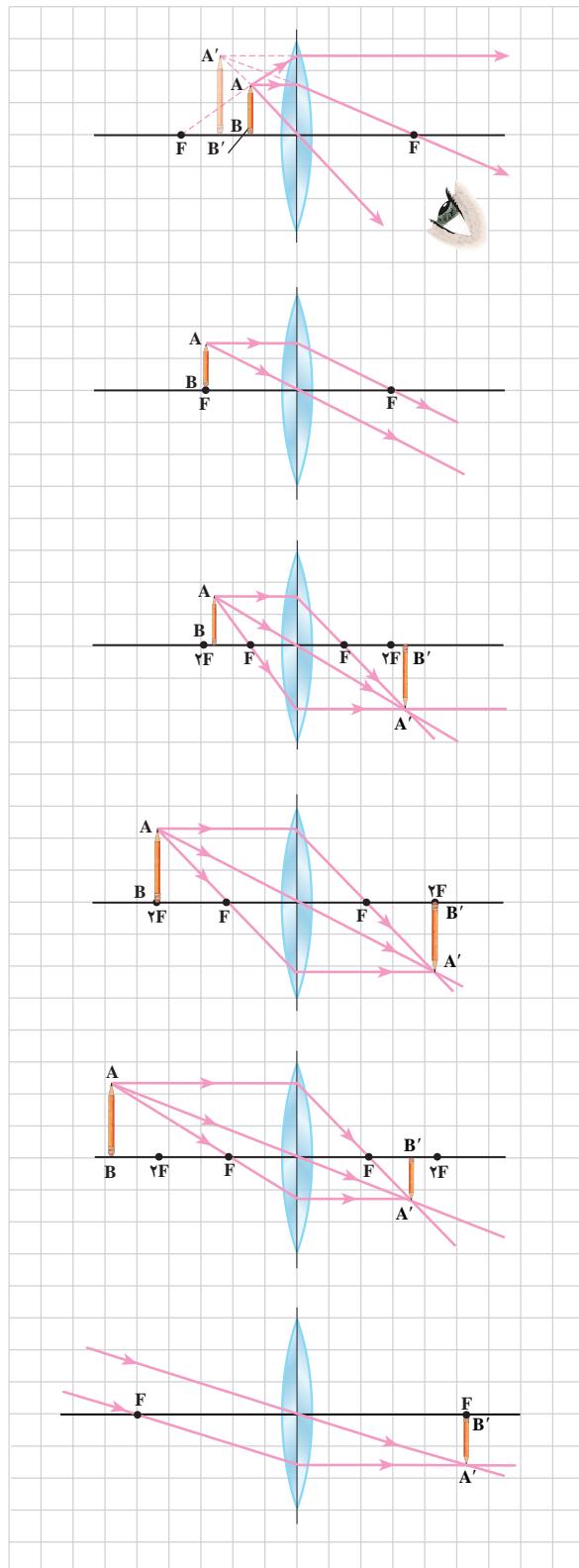
آندازه های ملی انجام شده برای تأثیر نور بر عدسی های مختلف
جایزه ای که اینجا نشان داده شده است این اختراعی بسیار کم است
الغیره از این عده ای از این اختراعی بسیار کم است
حکایت از این اختراعی این است که عدسی هایی که می خواهند نور را
بسیاری از طبقه هایی از سطوح می خواهند که این اختراعی بسیار کم است
نحوی این اختراعی این است که عدسی هایی که می خواهند نور را
بسیاری از سطوح می خواهند که این اختراعی بسیار کم است



شکل ۵-۲۳- چگونگی تشکیل تصویر در عدسی همگرا

او با استفاده از قانون شکست نور به شکلی از عدسی ها دست یافت که می توانستند نور را بدون هر نوع آبیراهی، کانونی کنند. سایر بخش های رساله او به آینه های سهوي، آينه های پيضوي، عدسی های دوکوز و روش های برای رسم کمان هذلولی می پردازد. بسیاری از کارهای ابن هیثم (۴۱۸-۳۴۴ هجری شمسی) در نورشناسی، مبنی بر رساله ابن سهل بوده است.

در شکل‌های ۲۴-۵-الف تا ج، روش رسم تصویر شیء AB در یک عدسی همگرای نازک در چند حالت نشان داده است.



(الف) 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.

(ب) شیء روی کانون: تصویر در بی‌نهایت.

(پ) شیء در فاصله‌ای بیشتر از f و کمتر از $2f$ از عدسی: تصویر حقیقی، بزرگ‌تر از جسم، وارونه و در فاصله‌ای بیشتر از $2f$ از عدسی.

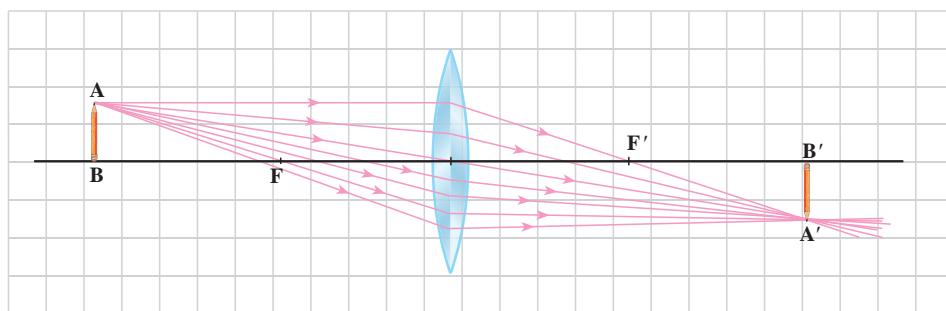
(ت) شیء در فاصله $2f$ از عدسی: تصویر در فاصله $2f$ از عدسی، به اندازه شیء حقیقی و وارونه.

(ث) شیء در فاصله‌ای بیشتر از $2f$ از عدسی: تصویر در فاصله‌ای بیشتر از f و کمتر از $2f$ از عدسی، حقیقی، کوچک‌تر از جسم و وارونه.

(ج) شیء در فاصله خیلی دور از عدسی: تصویر روی کانون، حقیقی و وارونه.

شکل ۲۴-۵

در شکل ۵-۲۴-الف هرگاه چشم ناظر در محل نشان داده شده در شکل قرار گیرد ناظر احساس می کند که پرتوهای شکست از $A'B'$ به چشم رسیده اند. همان طور که می دانید این تصویر **مجاز** است. در رسم تصویر شکل ۵-۵ نخست با رسم دو پرتوی تابش، یکی موازی محور اصلی و دیگری پرتویی که از مرکز نوری گذشته است، نقطه A' مشخص شده و سپس پرتوهای دیگری که از A به عدسی تابیده شده را رسم کرده ایم. همه پرتوها پس از عبور از عدسی، از نقطه A' گذشته اند.



شکل ۵-۵-همه پرتوهایی که از نقطه A به عدسی می تابند از نقطه A' عبور می کنند.

پاسخ دهید ۴

با توجه به شکل ۵-۵ توضیح دهید که اگر نیمه بالایی یا نیمه پایینی عدسی به وسیله کاغذ کدری پوشانده شود آیا تصویر تشکیل می شود و در این حالت روشنایی تصویر نسبت به حالتی که نور به تمام سطح عدسی می تابد چه تفاوتی دارد.

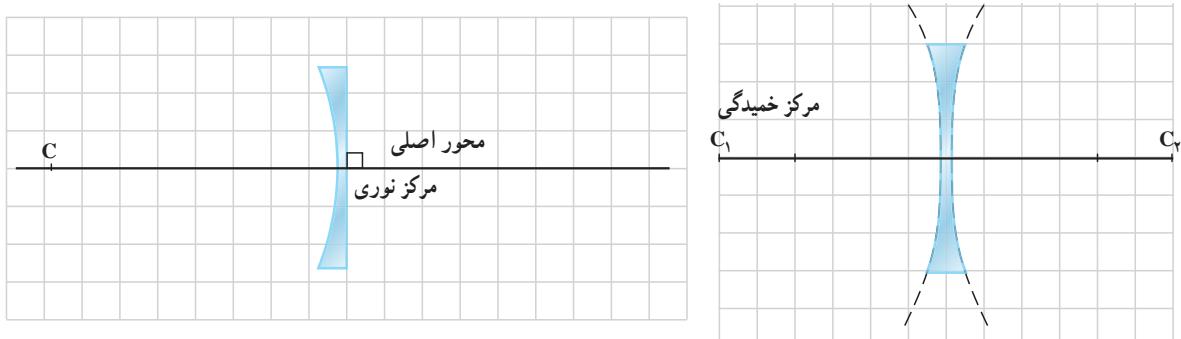
فعالیت ۱

تحقیق کنید برای تولید هر یک از تصویرها یا دسته پرتوهای گفته شده در ستون سمت راست جدول زیر، جسم نورانی یا شیء، باید در چه فاصله‌ای از عدسی همگرا قرار گیرد.

محل جسم						
فاصله خیلی دور	روی $2F$	خارج از $2F$	بین F و $2F$	بین کانون و عدسی	روی کانون	تصویر سینمایی روی برد سینما
						تصویر روی فیلم عکاسی درون دوربین
						دسته پرتو موازی نور
						تولید لکه نورانی کوچک
						تولید تصویر روی شبکه چشم

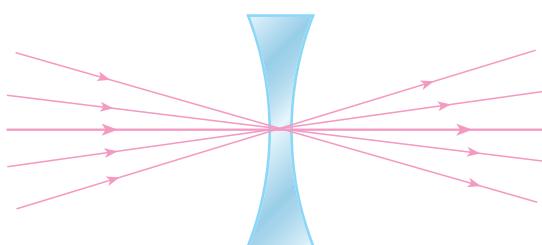
۹-۵ عدسی‌های واگرا

الف) محور اصلی، مرکز نوری: همان‌طور که در عدسی‌های همگرا دیدیم در این عدسی‌ها نیز **محور اصلی** خطی است که مرکز خمیدگی‌های دو طرف عدسی را به هم وصل می‌کند. نقطه میانی عدسی را که روی محور اصلی قرار دارد **مرکز نوری عدسی** می‌نامند. در شکل ۲۶-۵ محور اصلی و مرکز نوری نشان داده شده است.



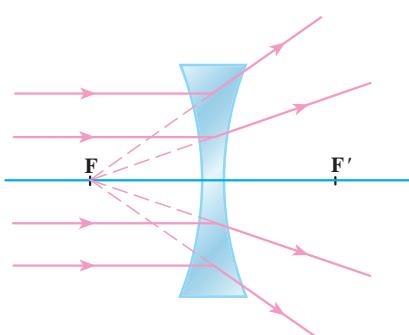
شکل ۲۶-۵- محور اصلی و مرکز نوری در عدسی‌های واگرا

در عدسی‌های واگرا نیز بروی که به مرکز نوری عدسی می‌تابد بدون انحراف از طرف دیگر عدسی خارج می‌شود. در شکل ۲۷-۵ چنین پرتوهایی که به عدسی واگرا تابیده‌اند نشان داده شده است.



شکل ۲۷-۵- پرتوهایی که به مرکز نوری عدسی 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 می‌گذرد. این نقطه را کانون عدسی واگرا و فاصله کانون تا مرکز نوری را فاصله کانونی می‌نامیم. در شکل ۲۸-۵ پرتوهایی تابش موازی محور اصلی، و پرتوهایی شکست مربوط به آنها نشان داده شده است. از آنجا که امتداد پرتوهای شکست (و نه خودپرتوها) یکدیگر را قطع می‌کنند، **کانون عدسی واگرا مجازی** است. بنابراین فاصله کانونی عدسی واگرا، که آن را با f نشان می‌دهیم، عددی منفی است.

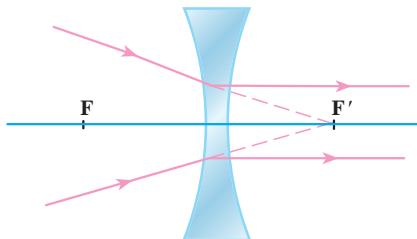


شکل ۲۸-۵- در عدسی واگرا پرتوهای تابش که موازی محور اصلی باشند، پس از شکست در عدسی و عبور از آن، طوری از هم دور می‌شوند که امتدادشان در یک نقطه همیگر را قطع می‌کند.

فعالیت ۱۱

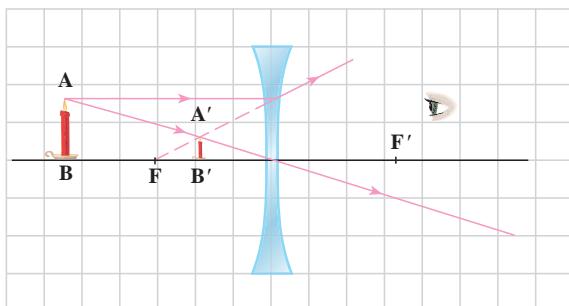
یک عدسی واگرای تهیه کنید و یک دسته پرتو موازی به آن بتابانید. سپس با امتداد دادن مسیر پرتوهای خروجی واگرای کانون عدسی را پیدا و فاصله کانونی آن را اندازه‌گیری کنید و به کلاس گزارش دهید.

اگر پرتو نور طوری به عدسی واگرای بتابد که پس از برخورد به عدسی، امتداد آن از کانون طرف دیگر عدسی بگذرد، پرتو شکست آن موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل ۲۹-۵ این گونه پرتوها نشان داده شده است.



شکل ۲۹-۵ - پرتوهایی که پس از برخورد به عدسی واگرای امتدادشان از کانون طرف دیگر عدسی بگذرد موازی محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند.

تصویر در عدسی‌های واگرای : در این عدسی‌ها نیز مانند عدسی‌های همگرا، تصویر هر شیء واقع بر محور اصلی را با رسم تصویر یک نقطه آن به دست می‌آوریم. از بین پرتوهای زیادی که از این نقطه به عدسی می‌تابد دو پرتو تابش مشخص (پرتوی موازی محور اصلی، پرتوی که به مرکز نوری می‌تابد یا پرتوی که امتداد آن از کانون طرف دیگر عدسی می‌گذرد) و پرتو شکست مربوط به هر کدام را به ترتیبی که گفته شد رسم می‌کنیم تا تصویر نقطه مورد نظر به دست آید. در شکل ۳۰-۵ تصویر شیء AB در یک عدسی واگرای نشان داده شده است.



شکل ۳۰-۵ - رسم تصویر شیء در عدسی واگرای

در این عدسی‌ها با قرار گرفتن چشم در مسیر پرتوهای شکست، تصویر شیء AB در A'B' به نظر می‌رسد. این تصویر مجازی است. در عدسی‌های واگرای شیء در هر فاصله‌ای مقابل عدسی قرار داده شود تصویر آن کوچک‌تر از شیء، مجازی و نسبت به شیء مستقیم است و در فاصله بین عدسی و کانون دیده می‌شود.

۱۰-۵ معادله عدسی‌ها

همان‌طور که در شکل‌های ۵-۲۴ الف تا ج دیدید، فاصله تصویر تا عدسی به فاصله شیء تا عدسی بستگی دارد. فاصله شیء تا عدسی را با p ، فاصله تصویر تا عدسی را با q و فاصله کانونی عدسی

را با f نشان می‌دهیم. می‌توان نشان داد در عدسی‌های نازک، بین این فاصله‌ها رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad (6-5)$$

در عدسی همگرا که کانون آن حقيقی است، f مثبت و در عدسی واگرا که کانون آن مجازی است f منفی است. به همين ترتیب اگر تصویر حقيقی باشد، q مثبت و اگر تصویر مجازی باشد، q منفی است. هرگاه فاصله تصویر تا عدسی (يعني q) مجھول باشد، پس از محاسبه آن، درصورتی که علامت به دست آمده برای q مثبت باشد، تصویر حقيقی، در غير اين صورت تصویر مجازی است.

آزمایش کنید ۶

وسیله‌های آزمایش: عدسی همگرا با فاصله کانونی معلوم، شمع، متر نواری، صفحه تشکیل تصویر
شرح آزمایش:

- ۱- با توجه به فاصله کانونی عدسی، شمع را طوری مقابله عدسی قرار دهید که تصویر حقيقی و واضحی از آن روی صفحه تشکیل تصویر بیفتند.
- ۲- فاصله شمع تا عدسی (p) و فاصله تصویر تا عدسی (q) را اندازه بگیرید.
- ۳- با استفاده از مقدارهای اندازه گیری شده p و q و رابطه $6-5$ ، f را به دست آورید و با فاصله کانونی داده شده مقایسه کنید.

مثال ۷

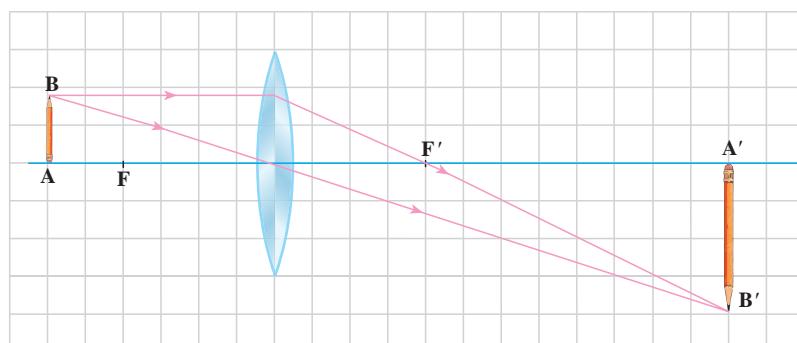
یک شیء را یک بار در فاصله ۱۲ سانتی‌متری و بار دیگر در فاصله ۸ سانتی‌متری یک عدسی همگرا که فاصله کانونی آن ۴ سانتی‌متر است قرار می‌دهیم. محل تصویر و نوع تصویر را در هر حالت تعیین کنید و شکل‌ها را با مقیاس مناسب رسم کنید.
پاسخ: حالت اول:

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

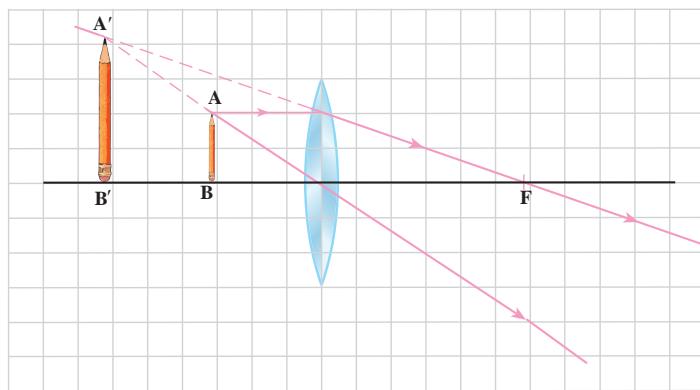
$$\frac{1}{q} = \frac{1}{4} - \frac{1}{12} = \frac{3-2}{24} \Rightarrow$$

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

چون q مثبت شده تصویر حقيقی است.



توجه کنید برای رسم، طول و عرض هر یک از مربع‌های زمینه شطرنجی را معادل ۲ cm گرفته‌ایم.



در این رسم، طول و عرض هر یک از مربع های زمینه شترنجی را معادل $\frac{4}{3}$ cm گرفته ایم.

حالت دوم:

$$p=4 \text{ cm} \text{ و } f=+8 \text{ cm} \text{ و } q=?$$

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{q} = \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{8} - \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1-2}{8} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{8}$$

$$q=-8 \text{ cm}$$

چون در این حالت q منفی شده است، تصویر مجازی است.

مثال ۸

جسمی در فاصله ۱۸ سانتی متری یک عدسی واگر که فاصله کانونی آن ۶ سانتی متر است قرار دارد. فاصله تصویر تا عدسی چند سانتی متر می شود؟

پاسخ: چون عدسی واگر است فاصله کانونی منفی است.

$$p=18 \text{ cm} \text{ و } f=-6 \text{ cm} \text{ و } q=?$$

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

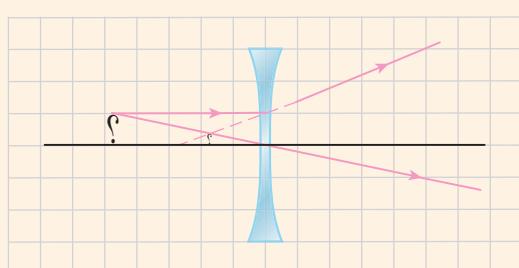
$$\frac{1}{18} + \frac{1}{q} = -\frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{q} = -\frac{1}{6} - \frac{1}{18} = \frac{-3-1}{18} = -\frac{4}{18}$$

$$q = -\frac{18}{4} = -4.5 \text{ cm}$$

علامت منفی برای q نشان دهنده این است که تصویر مجازی است.

تمرین ۳



در این شکل، طول و عرض هر خانه شترنجی معادل ۵ cm فرض شده است.

شکل رو به رو چگونگی تشکیل تصویر را در یک عدسی واگرآ نشان می دهد. با توجه به مقیاس داده شده در شکل، الف) فاصله کانونی عدسی را مستقیماً از روی شکل و با توجه به مقیاس گفته شده به دست آورید.

ب) با تعیین مقدارهای p و q و سپس با استفاده از رابطه $5-6$ ، فاصله کانونی عدسی را محاسبه کنید.

بزرگنمایی عدسی‌ها : در عدسی‌ها نیز نسبت طول تصویر ($A'B'$) به طول شیء (AB) را

بزرگنمایی می‌نامیم و آن را با m نمایش می‌دهیم.

$$m = \frac{A'B'}{AB} \quad (7-5)$$

می‌توان نشان داد که در عدسی‌ها نیز رابطه بزرگنمایی به صورت زیر است:

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{|q|}{p} \quad (8-5)$$

مثال ۶

هرگاه جسمی را در فاصله کانونی عدسی همگرایی قرار دهیم، از آن تصویری بزرگ‌تر، مستقیم و مجازی تشکیل می‌شود. در این حالت به عدسی همگرا ذره‌بین می‌گوییم. اگر بخواهیم به وسیله یک ذره‌بین از جسمی به طول 5 cm سانتی‌متر تصویری مستقیم و مجازی به طول 2 cm سانتی‌متر به دست آوریم و فاصله جسم تا عدسی 6 cm سانتی‌متر باشد، فاصله کانونی عدسی را حساب کنید.

پاسخ:

$p=6\text{ cm}$ و $AB=5\text{ cm}$ و $A'B'=2\text{ cm}$ و $f=?$

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{|q|}{p} \Rightarrow \frac{2}{5} = \frac{|q|}{6}$$

$$\frac{2}{5} |q| = 12 \Rightarrow |q| = \frac{12}{2} = 24\text{ cm}$$

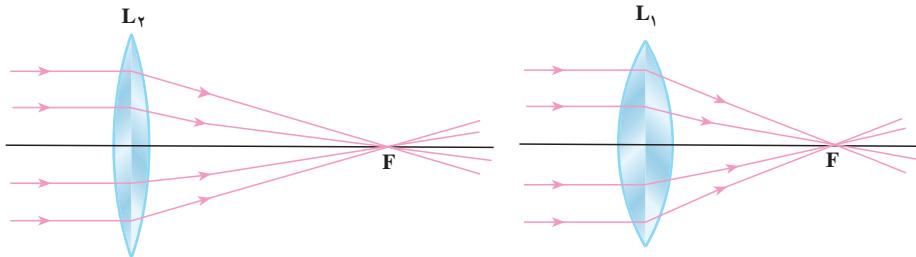
تصویر مجازی است. پس $q=-24\text{ cm}$ است.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{6} - \frac{1}{24} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{4-1}{24} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 8\text{ cm}$$

۱۱-۵ توان عدسی‌ها

در شکل ۵-۳۱ دو عدسی همگرای L_1 و L_2 با فاصله کانونی متفاوت نشان داده شده است.

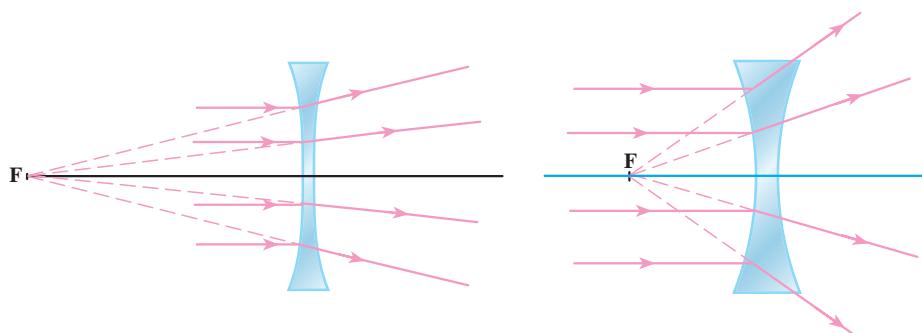
یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به هر دو عدسی تابیده و عدسی‌ها این دسته پرتو را همگرا (به هم تزدیک) کرده‌اند. توانایی کدام یک از این دو عدسی در همگرا کردن پرتوها بیشتر است؟ همان‌گونه که شکل ۵-۳۱ نشان می‌دهد، عدسی‌ای که فاصله کانونی آن کمتر است، در همگرا کردن پرتوها، توانایی بیشتری دارد. یعنی توانایی عدسی در همگرا کردن پرتوها با فاصله کانونی نسبت عکس دارد.



الف) عدسی با فاصله کانونی کمتر توانایی بیشتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

ب) عدسی با فاصله کانونی بیشتر توانایی کمتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

در شکل ۳۲-۵ دو عدسی واگرا با فاصله کانونی متفاوت نشان داده شده است. یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به هر دو عدسی تاییده و عدسی‌ها این دسته پرتو را واگرا (از هم دور) کرده‌اند. در این مورد هم دیده می‌شود که توانایی عدسی، در واگرایی پرتوها با فاصله کانونی آن نسبت عکس دارد.



الف) عدسی واگرا با فاصله کانونی کمتر توانایی بیشتری در واگرایی دارد.

ب) عدسی واگرا با فاصله کانونی بیشتر، توانایی کمتری در واگرایی دارد.

شکل ۳۲-۵

از آنچه در مورد مقایسه همگرایی دو عدسی گفته شد، می‌توان نتیجه گرفت که هر اندازه فاصله کانونی عدسی کمتر باشد توانایی عدسی برای همگرا یا واگرا کردن پرتوها بیشتر می‌شود. عکس فاصله کانونی (یعنی $\frac{1}{f}$) را توان عدسی می‌نامیم و آن را با نماد D نشان می‌دهیم.

$$D = \frac{1}{f} \quad (9-5)$$

در رابطه ۹-۵ فاصله کانونی (f) برحسب متر (m) است. در این رابطه یکای توان عدسی (D) عکس متر ($\frac{1}{m}$) است که **دیوپتر**^۱ نام دارد و آن را با نماد d نشان می‌دهند. توان عدسی‌های همگرا مثبت و توان عدسی‌های واگرا منفی است.

۱-diopter

مثال ۱-

فاصله کانونی یک عدسی همگرا 8°cm است. توان آن بر حسب دیوپتر چقدر است؟

پاسخ: با قرار دادن $m = 8$ در رابطه $f = \frac{1}{m} = \frac{1}{8}$ داریم :

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{1}{8}} = +8^{\circ}\text{d}$$

فعالیت ۱۲

اگر بدانیم چهار فاصله کانونی داده شده در زیر مربوط به چهار عدسی نشان داده شده در شکل است، فاصله کانونی هر یک از عدسی ها را با توجه به شکل عدسی ها معین کنید و جدول را کامل کنید (عدسی ها هم جنسند).

-15cm ، -5cm ، 5cm ، 20cm

عدسی ها	فاصله کانونی	توان عدسی

مثال ۱۱

توان یک عدسی $D = -5$ است. فاصله کانونی این عدسی چند سانتی متر است؟

پاسخ:

$$D = -5 \text{d} , f = ?$$

$$D = \frac{1}{f} \Rightarrow -5 = \frac{1}{f} \Rightarrow f = -\frac{1}{5} \text{m} \Rightarrow f = -20\text{cm}$$

۱۲-۵ ابزارهای نوری

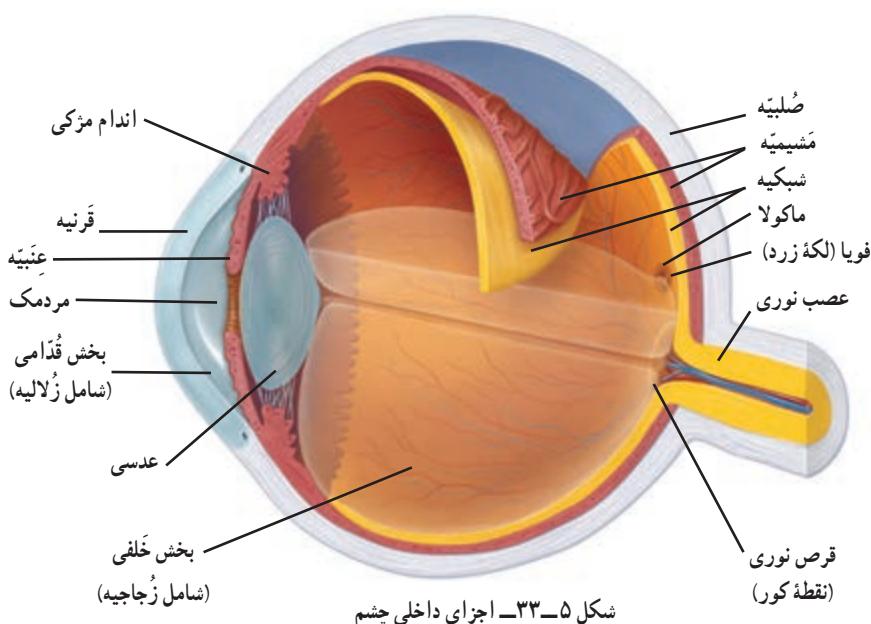
یکی از هدف های مطالعه نور هندسی، بررسی و طراحی ابزارهای نوری کارآمد است. اساس ساخت این ابزارها، اصول حاکم بر تشکیل تصویر در آینه ها و عدسی ها است که در بخش های قبل، مورد بحث قرار گرفت. ابزارهای نوری عموماً از ترکیب دو یا چند عدسی و گاهی اوقات با افروzen آینه ها و منشورها به آنها ساخته می شوند. دامنه این مبحث بسیار گسترده است و ما در این بخش تنها به معرفی بعضی از این ابزارها می پردازیم.

چشم انسان و معایب آن : بینایی بیشتر از حواس دیگر، ما را با جهان اطراف خود مرتبط می کند. مثلاً با کمک چشم انداز خود رنگ ها را تشخیص می دهیم و همچنین بزرگی و کوچکی اشیاء را

شناصایی می‌کنیم. هنگامی که به یک جسم نگاه می‌کنیم چشمان ما همانند یک دوربین، تصویری از آن را در انتهای چشم تشکیل می‌دهد؛ یعنی می‌توان چشم انسان را شبیه یک عدسی همگرا دانست که تصویری حقیقی بر روی یک صفحه حساس به نور به نام شبکیه تشکیل می‌دهد. چشم عضوی است تقريباً کروی شکل و از ماده‌ای ژله‌ای مانند که درون پوسته‌ای نسبتاً سخت به نام **صلبیه** قرار دارد (شکل ۵-۳۳). 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 تقريباً $1/376$ است. در پشت قرنیه مایع شفافی به نام **زلالیه** با ضریب شکست $1/336$ قرار دارد و چون ضریب شکست قرنیه نیز تقريباً همین اندازه است در مرز مشترک قرنیه و زلالیه شکست چندانی برای نور اتفاق نمی‌افتد. **مردمک** چشم دریچه‌ای است میان **عنبیه** که با تغییر قطر آن، شدت نور عبوری تنظیم می‌شود یعنی این دریچه در نور ضعیف گشوده‌تر و در نور شدید تنگ‌تر 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 دوکوز است که از ماده‌ای ژله مانند، انعطاف‌پذیر و شفاف ساخته شده است.

ضریب شکست عدسی تقريباً $1/437$ است. پس از شکست نور در قرنیه، عدسی چشم تصویری حقیقی، وارونه و کوچک‌تر از اجسام مقابل چشم روی شبکیه تشکیل می‌دهد.

عدسی چشم به وسیله یک دسته تارهای آویزی که به ماهیچه‌هایی به نام **ماهیچه مژکی** متصل اند نگه داشته می‌شود. همین ماهیچه‌ها است که می‌تواند ضخامت عدسی را تغییر دهد. هنگامی که این ماهیچه‌ها در حال استراحت اند، عدسی بزرگ‌ترین فاصله کانونی خود را دارد و تصویر اشیاء دور را روی شبکیه می‌اندازد، اما برای دیدن اشیاء تزدیک، ماهیچه‌های مژکی منقبض می‌شوند و ضخامت عدسی چشم را زیاد می‌کنند که درنتیجه، فاصله کانونی عدسی کمتر می‌شود و تصویر روی شبکیه تشکیل می‌گردد. تغییر فاصله کانونی چشم را، برای ایجاد تصویرهای واضح از اجسام دور یا تزدیک روی شبکیه، **تطابق** می‌گویند. این تصاویر، حقیقی و معکوس‌اند و جالب است که ما آنها را به صورت مستقیم ادراک می‌کنیم.



شکل ۵-۳۳- اجزای داخلی چشم

چرا انسان نمی‌تواند در آب اجسام اطراف خود را به خوبی بیند، اما با زدن عینک شنا این مشکل برطرف می‌شود؟

فعالیت ۱۳

الف) تحقیق کنید چرا با اینکه تصاویر روی صفحه تلویزیون یا پرده سینما در واقع تصاویری جدا از هم و منقطع هستند ولی شما آنها را به طور پیوسته می‌بینید.

ب) تحقیق کنید چرا ماهی‌ها برخلاف انسان می‌توانند در آب، به خوبی بینند؟

گستره دید طبیعی: یک چشم سالم می‌تواند برای دیدن اجسامی که فاصله آنها از چشم

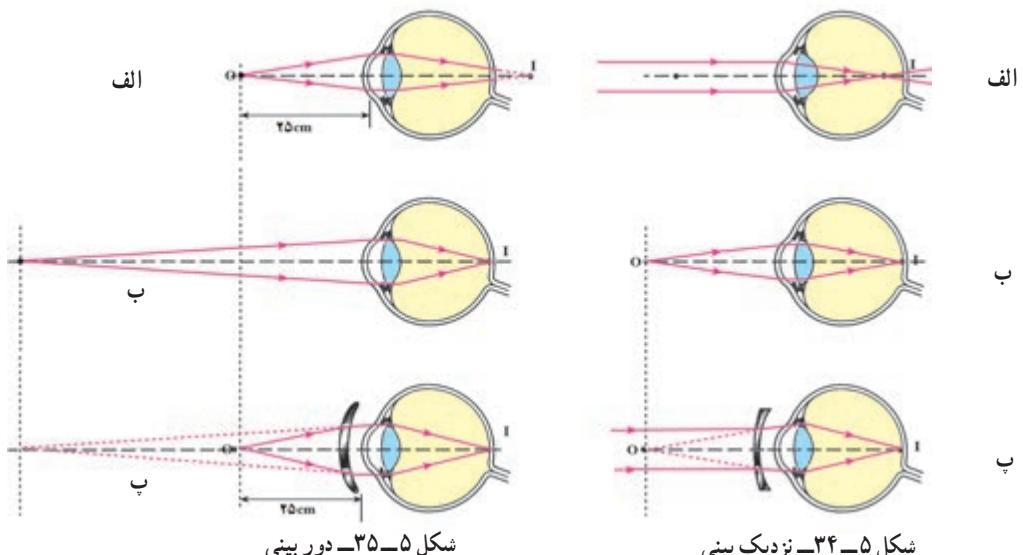
حدود ۲۵cm تا بی‌نهایت است عمل تطابق را انجام دهد. افراد جوان می‌توانند اجسامی را که فاصله آنها از چشم کمتر از ۲۵cm است نیز بینند. به طور کلی قدرت تطابق چشم ما با افزایش سن محدود و محدودتر می‌شود.

کمترین فاصله دید چشم نزدیک ترین مکانی است که اگر جسمی در آنجا باشد چشم می‌تواند آن را واضح بیند، بدون آنکه فشار زیادی بر چشم وارد شود.

بیشترین فاصله دید چشم، دورترین مکانی است که اگر جسمی در آنجا باشد چشم بدون تطابق می‌تواند آن را واضح بیند.

برخی از معایب چشم

نزدیک بینی: یک چشم نزدیک بین می‌تواند تنها اجسام نزدیک را واضح بیند. تصویر اشیاء دور در جلو شبکیه تشکیل می‌شود (شکل ۳۴-۵-الف). بیشترین فاصله دید چشم نزدیک بین از بیشترین فاصله دید چشم سالم کمتر است (شکل ۳۴-۵-ب).

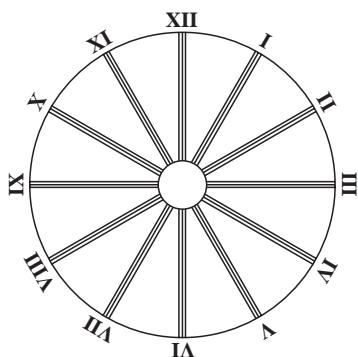


این عیب با استفاده از عدسی هلالی واگرা (شکل ۵-۳۴-پ) اصلاح می‌شود. این عدسی تصویر مجازی جسم دور را در نقطه دور چشم تزدیک بین می‌اندازد.

دوربینی: یک چشم دوربین تنها می‌تواند اجسام دور را واضح ببیند. تصویر اجسام تزدیک در پشت شبکیه تشکیل می‌شود (شکل ۵-۳۵-الف). کمترین فاصله دید چشم دوربین از کمترین فاصله دید چشم سالم، بیشتر است (شکل ۵-۳۵-ب). این عیب با استفاده از یک عدسی هلالی همگرا اصلاح می‌شود. این عدسی تصویر مجازی شیء تزدیک را در نقطه تزدیک چشم دوربین می‌اندازد (شکل ۵-۳۵-پ).

کاهش تطابق یا پیرچشمی (پرزیوپیا): با افزایش سن، خاصیت کشسانی عدسی چشم کم شده و ماهیچه‌هایی که ضخامت آن را کنترل می‌کند نیز ضعیف‌تر می‌شوند. بدین ترتیب چشم نمی‌تواند اشیای تزدیک را واضح ببیند. این عیب را کاهش تطابق یا پیرچشمی گویند. این عیب چشم با استفاده از یک عینک با عدسی همگرا برای دیدن اشیای تزدیک اصلاح می‌شود.

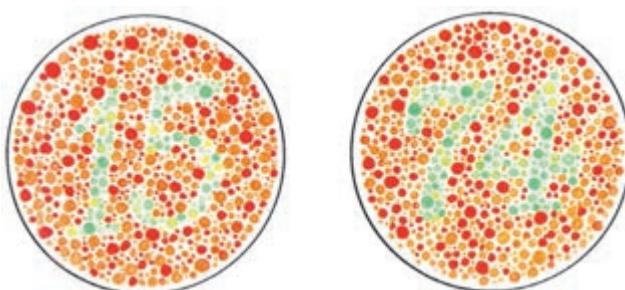
آستیگماتیسم: آستیگماتیسم هنگامی روی می‌دهد که حداقل یکی از سطوح‌های شکست‌دهندهٔ نور (قرنیه یا عدسی) در چشم کروی بودن خود را از دست بدهد. برای چشم آستیگمات تصویر تشکیل شده در یک راستا واضح است ولی در راستای دیگر واضح نیست، در صورتی که برای چشم سالم تصویر در همهٔ راستاهای واضح است (شکل ۵-۳۶).



شکل ۵-۳۶-برای چشم سالم هر مجموعه‌ای از خط‌های موازی وضوح یکسانی دارد. در حالی که برای چشم آستیگمات چنین نیست.

این عیب به وسیلهٔ یک عدسی استوانه‌ای اصلاح می‌شود. انحنای بیشتر این عدسی در یک راستا، انحنای کمتر قرنیه یا عدسی در آن راستا را جبران می‌کند.

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 دو یا چند رنگ خاص را از هم تمیز بدهند آنها برای این کار با مشکل رویه رومی شوند. یک شکل متداول کوررنگی جزئی، مشکل در تمیز دادن رنگ قرمز و سبز از هم است (شکل ۵-۳۷). این عیب ممکن است به علت کمبود یک نوع سلول مخروطی در شبکیه باشد.



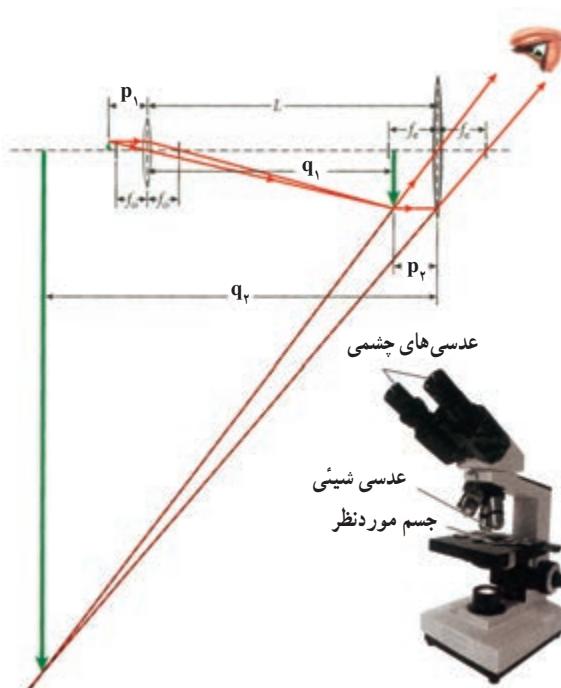
شکل ۵-۳۷-افرادی که دارای کوررنگی جزئی هستند، نمی‌توانند اعداد درون این دو تصویر را به صورت واضح ببینند.

پاسخ دهید ۱۴

- (الف) چشم دانش‌آموزی از پشت عینکش درشت‌تر به نظر می‌رسد. عیب چشم این دانش‌آموز را تشخیص دهید.
 (ب) آیا ممکن است چشم دانش‌آموز از پشت عینک ریزتر به نظر برسد؟ اگر پاسخ مثبت است در این حالت عیب چشم این دانش‌آموز چیست؟

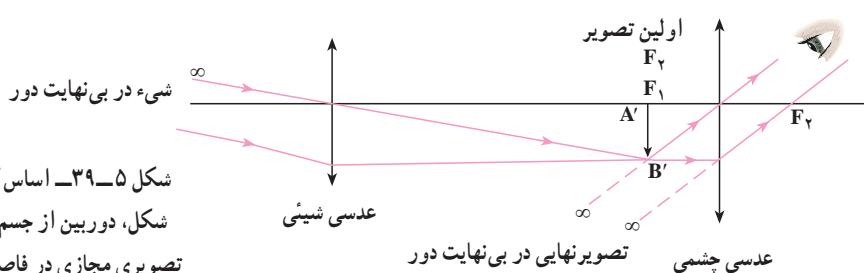
میکروسکوپ: ساختمان اصلی میکروسکوپ، از دو عدسی همگرا تشکیل شده است که در دو انتهای یک لوله کار گذاشته شده‌اند. محور اصلی دو عدسی بر یکدیگر منطبق است. فاصله کانونی عدسی اول (f_1) که جسم در مقابل آن قرار می‌گیرد در حدود چند میلی‌متر است. به این عدسی، **عدسی شیئی** گفته می‌شود. فاصله کانونی عدسی دوم (f_2) که چشم در پشت آن واقع می‌شود، در حدود چند سانتی‌متر است. این عدسی، **عدسی چشمی** نام دارد.

جسم‌های کوچک و روشن را در جای خارج از فاصله 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 ۳۸-۵ طرز تشکیل تصویر در یک میکروسکوپ نشان داده شده است.



شکل ۳۸-۵- طرز تشکیل تصویر در میکروسکوپ

دوربین نجومی: دوربین نجومی برای دیدن اجرام آسمانی و اجسام در فاصله‌های خیلی دور به کار می‌رود. یک نوع خاص و ساده‌آن، از دو عدسی همگرای هم محور درست شده است. فاصله کانونی عدسی شیئی آن بزرگ و در حدود یک متر است و فاصله کانونی عدسی چشمی آن، کوچک و در حدود یک سانتی‌متر است. در شکل ۳۹-۵ طرز تشکیل تصویر در این دوربین نشان داده شده است.



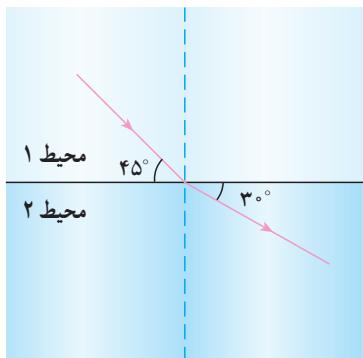
شکل ۳۹-۵- اساس کار دوربین نجومی. در این شکل، دوربین از جسم واقع در فاصله خیلی دور، تصویری مجازی در فاصله خیلی دور تشکیل می‌دهد.

اولین تصویر ($A'B'$) در سطح کانونی عدسی شیئی تشکیل می‌شود. معمولاً دوربین را طوری تنظیم می‌کنند که کانون‌های دو عدسی تقریباً بر یکدیگر منطبق شود. آخرین تصویر در دوربین، مجازی و معکوس دیده می‌شود.

امروزه معمولاً دوربین‌های نجومی یا تلسکوپ‌هایی که با عدسی‌ها کار می‌کنند، برای استفاده‌های غیرحرفه‌ای ساخته می‌شوند. تلسکوپ‌های بزرگ مانند تلسکوپ هابل، پالومار و کِک تلسکوپ‌های آینه‌ای هستند که در آنها از بازتاب نور توسط آینه مکفر استفاده می‌شود (شکل ۵-۴۰).



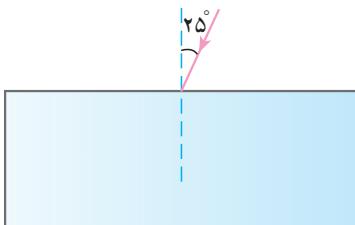
شکل ۵-۴۰—تلسکوپ کِک در هاوایی. در این تلسکوپ از بازتاب نور توسط تعدادی آینه مکفر استفاده می‌شود.



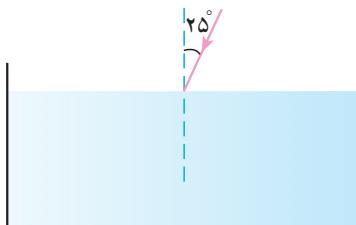
- ۱) شکل رو به رو مسیر نور را در دو محیط مختلف نشان می‌دهد. با توجه به شکل، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
- الف) زاویه تابش و زاویه شکست چقدر است؟
 - ب) سرعت نور در کدام محیط بیشتر است؟
 - پ) زاویه انحراف را مشخص و مقدار آن را تعیین کنید.
 - ت) ضریب شکست محیط ۲ چند برابر ضریب شکست محیط ۱ است؟

۲) در شکل‌های زیر پرتوهای تابش با زاویه تابش یکسان از هوا به سه محیط با ضریب شکست متفاوت تابیده است. با رسم شکل توضیح دهید،

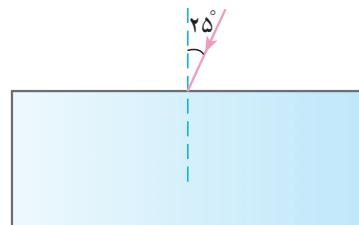
- الف) پرتوهای شکست در کدام محیط به خط عمود تزدیک‌تر است؟
- ب) سرعت نور در کدام محیط بیشتر است؟
- پ) زاویه انحراف در کدام محیط کمتر است؟



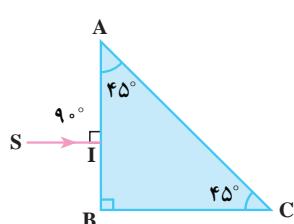
ب) الماس $n_r = 2/4$



ب) آب $n_r = 1/33$



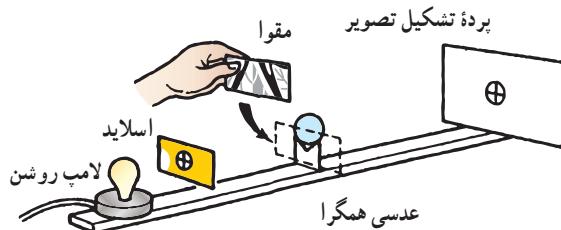
الف) شیشه $n_r = 1/5$



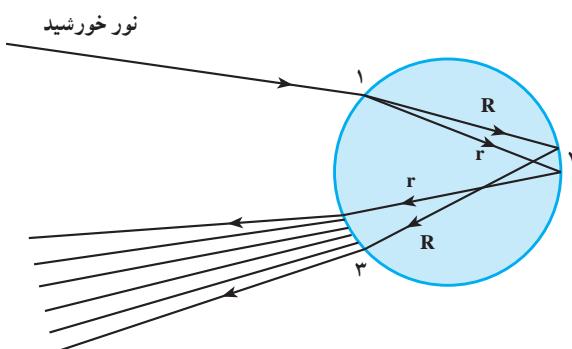
- ۳) در شکل رو به رو زاویه حد منشور 42° است و پرتوی نور تک رنگ SI عمود بر وجه AB تابیده است. مسیر نور را پس از ورود به منشور تا خارج شدن از آن رسم کنید.

- ۴) الف) ظرفی (با بدنه غیرشفاف) را روی میز بگذارید و سکه‌ای را در کف آن قرار دهید.
ب) در فاصله‌ای از میز باستید که اگر قدری نزدیک‌تر شوید سکه دیده شود و به لیوان به دقت نگاه کنید.
پ) در همان حال از یکی از دوستان خود بخواهید به آرامی درون ظرف آب ببریزد. آنچه را که مشاهده می‌کنید و علت آن را توضیح دهید.

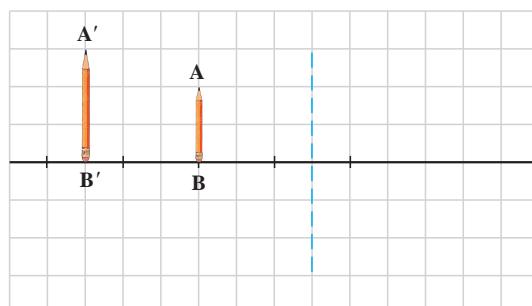
- ۵ در یک آزمایش، برای تشکیل تصویر حقيقی یک اسلايد، یک عدسی همگرا را بین اسلايد و پرده و در فاصله مناسبی از آن دو قرار می‌دهیم. لامپ روشنی را نیز پشت اسلايد می‌گذاریم. اگر با یک مقوای سیاه نیمی از سطح عدسی را بپوشانیم، چه تغییری در تصویر تشکیل شده روی پرده ایجاد می‌شود؟ توضیح دهید.



- ۶ شکل زیر، نقش یک قطره باران در تشکیل رنگین کمان را نشان می‌دهد.
- (الف) برای دیدن رنگین کمان باید رو به خورشید ایستاد یا پشت به آن؟
- (ب) ترتیب نوارهای مختلف رنگی را که ناظر می‌بیند، از بالا به پایین روی این شکل مشخص نمایید.
- (پ) در هر یک از نقطه‌های ۱، ۲ و ۳ کدام پدیده نوری (بازتابش یا شکست) رخ می‌دهد؟



- ۷ کدام نوع عدسی، از جسم AB در شکل زیر، تصویر بزرگ تر و مستقیم A'B' را ایجاد می‌کند؟ با رسم پرتوهای نور، شکل را کامل کنید.

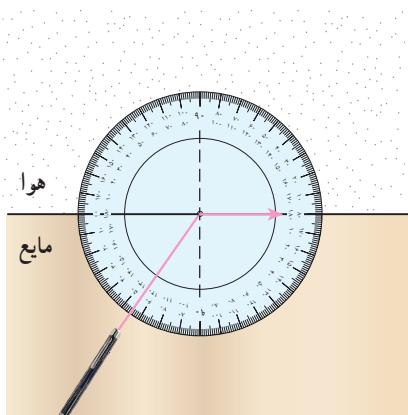


۱ برای تعیین ضریب شکست یک قطعه الماس، آزمایشی انجام گرفته است. اطلاعات مربوط به زاویه های تابش و شکست در جدول زیر آمده است:

۸۹°	۷۰°	۵۰°	۳۰°	زاویه تابش (i)
۲۴°	۲۳°	۱۸°	۱۲°	زاویه شکست (r)

الف) ضریب شکست قطعه الماس تقریباً چقدر است؟

ب) سرعت نور در الماس تقریباً چند متر بر ثانیه است؟ سرعت نور در هوای $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ است.



۲ برای تعیین زاویه حد یک مایع، آزمایش نشان داده شده در شکل روبرو را انجام

می دهیم. با توجه به آزمایش به سؤال های زیر پاسخ دهید.

الف) زاویه حد مایع چقدر است؟

ب) ضریب شکست مایع چقدر است؟

پ) برای پرتوهایی که با زاویه تابش کوچک تر از زاویه حد به سطح جدایی مایع با هوای

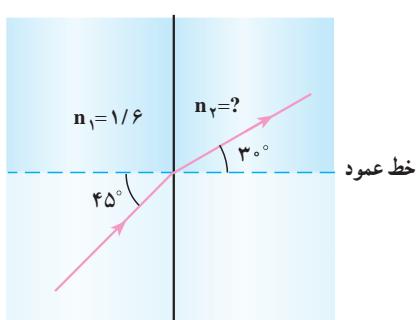
می تابند، چه رخدادی می دهد؟

ت) برای پرتوهایی که با زاویه تابش بزرگ تر از زاویه حد به سطح جدایی مایع با هوای

می تابند، چه رخدادی می دهد؟

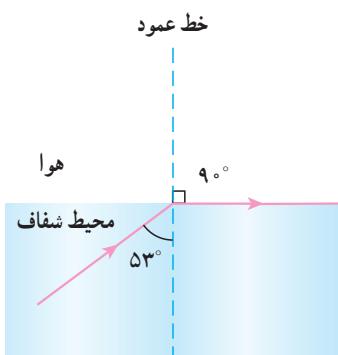
۳ با توجه به مسیر نور در دو محیط شفاف نشان داده شده در شکل روبرو، ضریب

شکست محیط دوم (n_2) چقدر است؟



۴ ضریب شکست الماس $2/4$ و ضریب شکست یخ $1/3$ است. سرعت انتشار نور

در الماس، چند برابر سرعت انتشار آن در یخ است؟



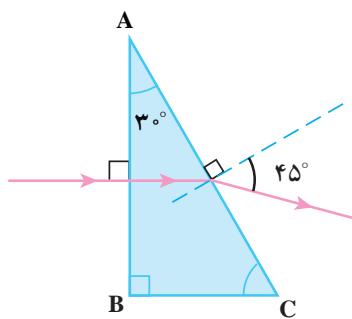
۵ با توجه به مسیر پرتو نور در شکل روبرو،

الف) ضریب شکست محیط شفاف را بدست آورید.

ب) اگر پرتو با زاویه تابش 60° بتابد، ادامه مسیر پرتو را رسم کنید.

پ) اگر پرتو نور با زاویه تابش 45° بتابد، ادامه مسیر پرتو را مشخص کنید.

- ۶ در یک آزمایش، توسط یک لیزر مدادی، پرتو نوری را مطابق شکل به یک منشور می‌تابانیم، مسیر پرتو در منشور رسم شده است. ضریب شکست منشور چقدر است؟



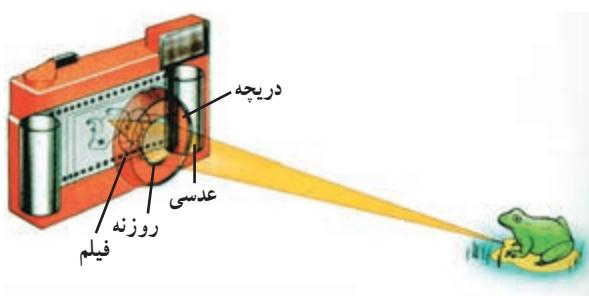
- ۷ سکه‌ای ته استخر پر از آبی قرار دارد. ناظری که عمود بر سطح آب به سکه نگاه می‌کند، سکه را در عمق $\frac{2}{3}$ متری می‌بیند. عمق واقعی استخر چقدر است؟ ضریب شکست آب $\frac{1}{3}$ است.

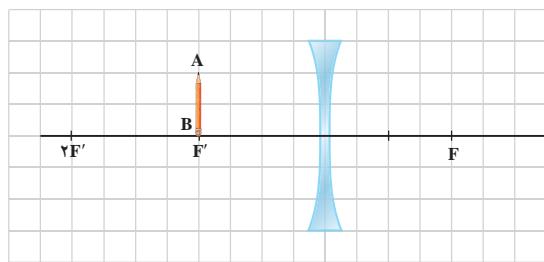
- ۸ شکل رو به رو، دو میله شبیه‌ای هم جنس را که در هوا قرار گرفته‌اند نشان می‌دهد. این دو میله شبیه تارهای نوری هستند.
- الف) پرتو نوری که از A وارد میله شده است، به B می‌رسد، ولی پرتو نوری که از C وارد می‌شود به D نمی‌رسد. علت را توضیح دهید.
- ب) مسیر پرتو نور را از A تا B رسم کنید.
- ج) سرعت نور در $\lambda = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ است. در مورد اختلاف بین این عدد و سرعت نور در تار بحث کنید.

- ۹ در آزمایشی با قرار دادن یک عدسی همگرا بین لامپ رشتہ‌ای و پرده، تصویر رشتہ ملتهب لامپ روی پرده تشکیل می‌شود. فاصله عدسی تا رشتہ ملتهب 12 cm و طول تصویر 11 برابر طول رشتہ است.
- الف) فاصله کانونی عدسی چند سانتی‌متر است؟
- ب) ویژگی‌های تصویر را بنویسید.
- پ) طرح واره‌ای از این آزمایش رسم کنید و با رسم مسیر پرتوهای نور، محل جسم و تصویر را روی طرح واره مشخص کنید.

- ۱۰ یک عدسی از جسمی که در فاصله 20 سانتی‌متری آن است، تصویری حقیقی و وارونه نسبت به جسم تشکیل می‌دهد. بزرگنمایی عدسی در این حالت 4 است. فاصله کانونی عدسی چقدر است؟

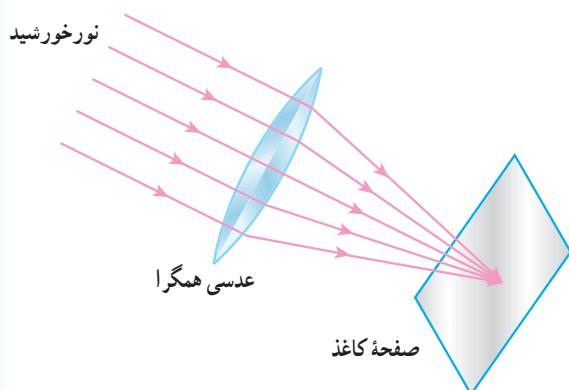
- ۱۱ شکل رو به رو یک دوربین عکاسی را نشان می‌دهد که فاصله فیلم (پرده) از عدسی آن 5 cm است. اگر فاصله جسم از عدسی 100 cm باشد تصویر واضحی از آن روی فیلم ایجاد می‌شود.
- الف) بزرگنمایی عدسی دوربین در این حالت چقدر است؟
- ب) فاصله کانونی عدسی و توان آن را حساب کنید.





- ۱۲ مطابق شکل روبرو جسمی در فاصله 20 cm از یک عدسی واگرا قرار دارد. فاصله کانونی عدسی نیز 20 cm است. فاصله تصویر تا عدسی را حساب و سپس محل تصویر را با رسم پرتوها تعیین کنید.

- ۱۳ جسمی را از فاصلهٔ خیلی دور به تزدیکی یک عدسی واگرا می‌آوریم. در نتیجه، فاصلهٔ تصویر از عدسی 5 cm کاهش می‌باید. اگر فاصله کانونی عدسی 10 cm باشد، فاصلهٔ جسم از عدسی وقتی تزدیک عدسی آمده چقدر است؟



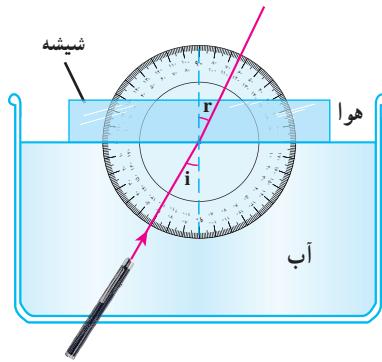
- ۱۴ مطابق شکل عدسی همگرایی را مقابل نور خورشید می‌گیریم. لکهٔ کوچک درخشنانی در فاصلهٔ 8 سانتی متری عدسی روی صفحهٔ کاغذ تشکیل می‌شود. توان عدسی چقدر است؟

- ۱۵ توان یک عدسی $D=+5d$ است.
 الف) نوع عدسی را تعیین و فاصلهٔ کانونی آن را حساب کنید.
 ب) جسمی را در فاصلهٔ 10 سانتی متری این عدسی قرار می‌دهیم. فاصلهٔ تصویر از جسم را حساب کنید.

- ۱۶ الف) توان عدسی همگرایی $+1\text{ diopter}$ است. جسمی به طول $1/5\text{ cm}$ را به فاصلهٔ 5 سانتی متری این عدسی قرار می‌دهیم.
 الف) محل تصویر، طول تصویر و بزرگ‌نمایی عدسی را به دست آورید.
 ب) با انتخاب مقیاس مناسب شکل آن را روی کاغذ شطرنجی رسم کنید.
 پ) فاصلهٔ جسم از تصویر را تعیین کنید.

- ۱۷ جسمی به طول 4 cm در فاصلهٔ 24 سانتی متری عدسی واگرایی به فاصلهٔ کانونی 8 cm قرار دارد.
 الف) فاصلهٔ تصویر از عدسی و طول تصویر را به دست آورید.
 ب) توان عدسی را محاسبه کنید.
 پ) شکل را با مقیاس $\frac{1}{4}$ روی صفحهٔ شطرنجی رسم کنید (عنی هر 1 cm روی صفحهٔ شطرنجی را معادل 4 cm در واقعیت بگیرید).

پرسش‌ها و تمرین‌های اضافی

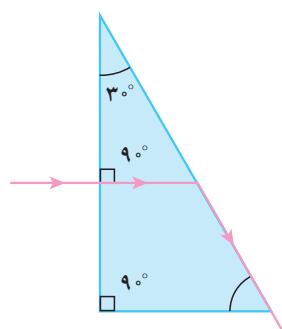
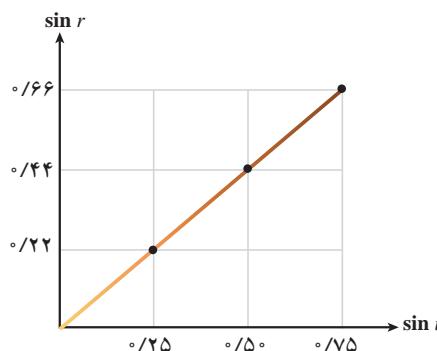


- ۱ در آزمایشی، با استفاده از یک لیزر مدادی، پرتو نور را تحت زاویه‌های تابش مختلف از درون آب به داخل یک تیغه شیشه‌ای تابانده‌ایم و با اندازه‌گیری زاویه‌های تابش و شکست توسط نقاله و با انجام محاسبات لازم، نمودار $\sin r$ بر حسب $\sin i$ را رسم کرده‌ایم.

الف) با استفاده از نمودار، نسبت ضریب شکست شیشه به ضریب شکست آب را حساب کنید.

ب) ضریب شکست شیشه $n=1/5$ است. ضریب شکست آب چقدر است؟

پ) نسبت سرعت نور در آب به سرعت نور در شیشه چقدر است؟



- ۲ مسیر پرتوی نوری تک‌رنگ در یک منشور مطابق شکل روبرو است. ضریب شکست منشور چقدر است؟

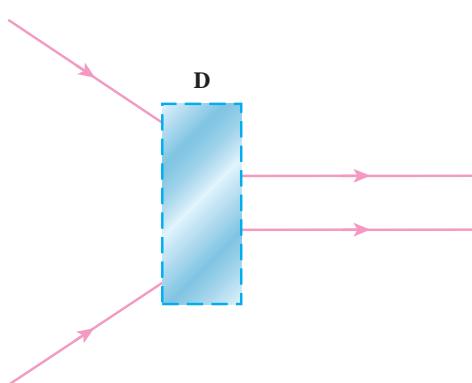


- ۳ عدسی یک دوربین عکاسی ساده برای اجسام دور تنظیم شده است و فاصله آن از فیلم ۴۰ mm است. اگر بخواهیم با این دوربین از جسمی که در فاصله ۸۴ سانتی‌متری عدسی است عکس واضحی بگیریم، باید عدسی را چند میلی‌متر جابه‌جا کنیم؟

- ۴ فاصله جسمی از تصویر آن در یک عدسی همگرا، ۲۲۵ cm است. اگر بزرگ‌نمایی عدسی در این حالت ۲ و تصویر نسبت به جسم وارونه باشد،

الف) فاصله جسم از عدسی و فاصله تصویر از عدسی را باید.

ب) توان عدسی چقدر است؟



- ۵ در شکل روبرو دستگاه D کدام یک از وسیله‌های نوری زیر می‌تواند باشد؟ توضیح دهید.

الف) یک منشور ب) یک عدسی همگرا

- ۶ فاصله کانونی عدسی شیشه‌ای برای نور آبی و نور قرمز چه تفاوتی می‌کند؟ این موضوع را برای عدسی‌های همگرا و واگرا جداگانه بررسی کنید.

جدول مثلثاتی

زاویه بر حسب درجه	زاویه بر حسب رادیان	سینوس	کسینوس	تائزانت	زاویه بر حسب درجه	زاویه بر حسب رادیان	سینوس	کسینوس	تائزانت
0°	0.000	0.000	1.000	0.000	46°	0.803	0.719	0.695	1.036
1°	0.017	0.017	1.000	0.017	47°	0.820	0.731	0.682	1.072
2°	0.035	0.035	0.999	0.035	48°	0.838	0.743	0.669	1.111
3°	0.052	0.052	0.999	0.052	49°	0.855	0.755	0.656	1.150
4°	0.070	0.070	0.998	0.070	50°	0.873	0.766	0.643	1.192
5°	0.087	0.087	0.996	0.087	51°	0.890	0.777	0.629	1.235
6°	0.105	0.105	0.995	0.105	52°	0.908	0.788	0.616	1.280
7°	0.122	0.122	0.993	0.123	53°	0.925	0.799	0.602	1.327
8°	0.140	0.139	0.990	0.141	54°	0.942	0.809	0.588	1.376
9°	0.157	0.156	0.988	0.158	55°	0.960	0.819	0.574	1.428
10°	0.175	0.174	0.985	0.176	56°	0.977	0.829	0.559	1.483
11°	0.192	0.191	0.982	0.194	57°	0.995	0.839	0.545	1.540
12°	0.209	0.208	0.978	0.213	58°	1.012	0.848	0.530	1.600
13°	0.227	0.225	0.974	0.231	59°	1.030	0.857	0.515	1.664
14°	0.244	0.242	0.970	0.249	60°	1.047	0.866	0.500	1.732
15°	0.262	0.259	0.966	0.268	61°	1.065	0.875	0.485	1.804
16°	0.279	0.276	0.961	0.287	62°	1.082	0.883	0.469	1.881
17°	0.297	0.292	0.956	0.306	63°	1.100	0.891	0.454	1.963
18°	0.314	0.309	0.951	0.325	64°	1.117	0.899	0.438	2.050
19°	0.332	0.326	0.946	0.344	65°	1.134	0.906	0.423	2.145
20°	0.349	0.342	0.940	0.364	66°	1.152	0.914	0.407	2.246
21°	0.367	0.358	0.934	0.384	67°	1.169	0.921	0.391	2.356
22°	0.384	0.375	0.927	0.404	68°	1.187	0.927	0.375	2.475
23°	0.401	0.391	0.921	0.424	69°	1.204	0.934	0.358	2.605
24°	0.419	0.407	0.914	0.445	70°	1.222	0.940	0.342	2.747
25°	0.436	0.423	0.906	0.466	71°	1.239	0.946	0.326	2.904
26°	0.454	0.438	0.899	0.488	72°	1.257	0.951	0.309	3.078
27°	0.471	0.454	0.891	0.510	73°	1.274	0.956	0.292	3.271
28°	0.489	0.469	0.883	0.532	74°	1.292	0.961	0.276	3.487
29°	0.506	0.485	0.875	0.554	75°	1.309	0.966	0.259	3.732
30°	0.524	0.500	0.866	0.577	76°	1.326	0.970	0.242	4.011
31°	0.541	0.515	0.857	0.601	77°	1.344	0.974	0.225	4.331
32°	0.559	0.530	0.848	0.625	78°	1.361	0.978	0.208	4.705
33°	0.576	0.545	0.839	0.649	79°	1.379	0.982	0.191	5.145
34°	0.593	0.559	0.829	0.675	80°	1.396	0.985	0.174	5.671
35°	0.611	0.574	0.819	0.700	81°	1.414	0.988	0.156	6.314
36°	0.628	0.588	0.809	0.727	82°	1.431	0.990	0.139	7.115
37°	0.646	0.602	0.799	0.754	83°	1.449	0.993	0.122	8.144
38°	0.663	0.616	0.788	0.781	84°	1.466	0.995	0.105	9.514
39°	0.681	0.629	0.777	0.810	85°	1.484	0.996	0.087	11.43
40°	0.698	0.643	0.766	0.839	86°	1.501	0.998	0.070	14.301
41°	0.716	0.656	0.755	0.869	87°	1.518	0.999	0.052	19.081
42°	0.733	0.669	0.743	0.900	88°	1.536	0.999	0.035	28.636
43°	0.750	0.682	0.731	0.933	89°	1.553	1.000	0.017	57.290
44°	0.768	0.695	0.719	0.966	90°	1.571	1.000	0.000	∞

واژه نامه فارسی – انگلیسی

Charging by Induction

باردارکردن از طریق القا

Charging by Contact

باردارکردن از طریق تماس

Charging by Rubbing

باردارکردن از طریق مالش

Unlike Charges

بارهای ناهمنام

Like Charges

بارهای همنام

Beam

باریکه

Reflection

بازتابش

Internal Reflection

بازتابش داخلی

Total Reflection

بازتابش کلی

Regular Reflection

بازتابش منظم

Irregular Reflection

بازتابش نامنظم

Lightning Conductor

برق‌گیر (رسانای آذربخش)

Magnification (Linear)

بزرگنمایی (خطی)

Maximum

بیشینه، حداکثر

۷

آستیگماتیسم

آمیرسنج

آونگ

آهنگ

آهنگ شارش

آینهٔ تخت

آینهٔ خمیده

آینهٔ کاو (مقعر)

آینهٔ کوز (محدب)

پ

Dispersion

پاشیدگی

Conservation

پایستگی

Potential

پتانسیل

Ray

پرتو

Ray Box

پرتوافکن

Reflected Ray

پرتوی بازتابش

Incident Ray

پرتوی تابش (فروودی)

Refracted Ray

پرتوی شکست

Periscope

پرسکوپ

Cell

پیل

Atom

اتم

Potential Difference

اختلاف پتانسیل

Expansion

انبساط

Propagation

انتشار

Transfer

انتقال

Solidification

انجماد

Deviation

انحراف

Wind Energy

انرژی بادی

Potential Energy

انرژی پتانسیل

Kinetic Energy

انرژی جنبشی

Solar Energy

انرژی خورشیدی

Internal Energy

انرژی درونی

Hydroelectric Energy

انرژی هیدروالکتریکی

Electrostatics

کتروستاتیک

Electroscope

کتروسکوپ

Magnitude

اندازه (بزرگی)

ت

Incidence

تابش (فروودی)

Optical Fiber

تار نوری

Electric Discharge

تخلیه الکتریکی

Image

تصویر

Real Image

تصویر حقیقی

ب

Battery

باتری

Charge

بار

Electric Charge

بار الکتریکی

Parallel Beam	دستهٔ پرتو موازی	Direct Image	تصویر مستقیم
Divergent Beam	دستهٔ پرتو واگرا	Virtual Image	تصویر مجازی
Convergent Beam	دستهٔ پرتو همگرا	Inverted Image	تصویر معکوس
Temperature	دما	Accommodation	تطابق
Thermometer	دماسنج	Equilibrium	تعادل
Clinical Thermometer	دماسنج پزشکی	Thermal Equilibrium	تعادل گرمایی
Camera	دوربین عکاسی	Definition	تعریف
Astronomical Telescope	دوربین نجومی	Power	توان
Far Sightedness	دوربینی		
Biconcave	دوکاو (عدسی)		
Biconvex	دوکوز (عدسی)		

ذ

Magnifying Glass	ذره‌بین
------------------	---------

ر

Repulsion	راش
Conductor	رسانا
Conductivity	رسانایی
Conduction	رسانش
Rain Bow	رنگین کمان

ز

Angle	زاویه
Critical Angle	زاویه حد
Angle of Refraction	زاویه شکست

ذ

Joule	ژول
-------	-----

س

Mechanism	سازوکار
Stationary	ساقن
Shadow	سایه
Mirage	سراب
Velocity	سرعت

Direct Image	تصویر مستقیم
Virtual Image	تصویر مجازی
Inverted Image	تصویر معکوس
Accommodation	تطابق
Equilibrium	تعادل

ج

Solid	جامد
Direction	جهت
Mass	جرم
Electric Current	جريان الکتریکی
Body	جسم

چ

Source	چشم، منبع
Extended Source	چشم‌گسترده
Point Source	چشم‌ نقطه‌ای
Light Source	چشم‌ نور

ح

Volume	حجم
Motion	حرکت

خ

Normal	خط عمود
Vacuum	خلأ
خورشیدگرفتگی (کسوف)	

Eclipse of the Sun, Solar Eclipse

د

Degree	درجه
System	دستگاه
Beam	دستهٔ پرتو

ق

Law قانون

ک

Focus کانون
Concave کاو (مقعر)
Plano – Concave کاو – تخت
Opaque کدر
Elastic کشسانی
Quantity کمیت
Minimum کمینه، حداقل
Convex کوژ
Plano – Convex کوژ – تخت

گ

Heat گرما
Specific Heat گرمای ویژه

م

Eclips of the Moon, Lunar Eclipse ماه گرفتگی (خسوف)
Liquid مایع
Principal Axis محور اصلی
Electric Circuit مدار الکتریکی
Center of Curvature مرکز انحصار
Optical Center مرکز نوری
Rectillinear مستقیم الخط
Path مسیر
Resistor مقاومت
Energy Sources منابع انرژی
Renewable Energy Sources منابع انرژی تجدیدپذیر
Non – Renewable Energy Sources منابع انرژی تجدیدناپذیر
Prism منشور
Microscope میکروسکوپ

ن

Near Sightedness نزدیک بینی

Umbra

سایه کامل

Shale Stone

سنگ های رُسی

Vegetable Fuels (Biomass)

سوخت های گیاهی

Fossil Fuels

سوخت های فسیلی

Nuclear Fuels

سوخت های هسته ای

ش

Flow شارش
Retina شبکیه
Acceleration of Gravity شتاب گرانش
Radius شعاع
Transparent شفاف
Refraction شکست
Object شئ

ض

Refractive Index ضریب شکست

ط

Length طول
Spectrum طیف

ع

Insulator عایق
Insulation عایق بندی
Lens عدسی
Eyepiece عدسی چشمی
Objective Lens عدسی شیئی
Spherical Lens عدسی کروی
Meniscus Lens عدسی هلالی
Apparent Depth عمق ظاهری
Real Depth عمق واقعی

ف

Focal Length فاصله کانونی
Physics فیزیک

Divergent	واگرَا	Theory	نظریه
Weight	وزن	Upper Fixed Point	نقطه ثابت بالائی
Equilibrium State	وضع تعادل	Lower Fixed Point	نقطه ثابت پایینی
Voltmeter	ولت سنج	Light	نور

هـ

Nucleus	هسته اتم	Geometrical Optics	نورشناسی هندسی
Divergent Meniscus	هلالی واگرَا	Force	نیرو
Convergent Meniscus	هلالی همگرا	Power Station (Plant)	نیروگاه

كـ

Unit	يکا (واحد)
------	------------

وـ

Unit	واحد (يکا)
Lateral Inversion	وارونی جانبی

فهرست مراجع

منابع فارسی

- ۱- مبانی فیزیک (جلد دوم)، ویرایش نهم، دیوید هالیدی، رابت رزینیک و بیل واکر، ترجمه محمد رضا خوش‌بین خوش‌نظر، چاپ اول، ۱۳۹۰، انتشارات آرکس.
- ۲- فیزیک دانشگاهی (جلد دوم)، ویرایش دوازدهم، سیزر، زیمانسکی، یانگ و فربدمان، ترجمه اعظم پورقاضی، روح الله خلیلی بروجنی، محمد تقی فلاحتی مروستی، چاپ اول ۱۳۸۹، مؤسسه نشر علوم نوین.
- ۳- درک فیزیک با رویکرد تصویری، بریان آرنولد، ترجمه روح الله خلیلی بروجنی و مریم عباسیان. چاپ اول، ۱۳۸۵، انتشارات مدرسه.
- ۴- اصول فیزیک (جلد اول)، اوهانیان، ترجمه بهرام معلمی و جهاشاد میرزا بیگی، چاپ اول، ۱۳۸۳، مرکز نشر دانشگاهی.
- ۵- فیزیک مفهومی، ویرایش دهم، هیوئیت، ترجمه منیژه رهبر، چاپ اول، ۱۳۸۸، انتشارات فاطمی.
- ۶- دانشنامه فیزیک، جان ریگدن و دیگران، ترجمه محمد ابراهیم ابوکاظمی و دیگران، چاپ اول، ۱۳۸۱، مرکز تحصیلات تکمیلی زنجان و بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی.
- ۷- نمایش هیجان‌انگیز فیزیک، ویرایش دوم، بیل واکر، ترجمه محمد رضا خوش‌بین خوش‌نظر و رسول جعفری نژاد، چاپ اول ۱۳۹۱، انتشارات آرکس.
- ۸- اپتیک، فرانسیس جنکینز و هاروی وايت، ترجمه حبیب تجلی و نادر رابط، چاپ اول، ۱۳۸۲، مرکز نشر دانشگاهی.

منابع انگلیسی

1. Mc Graw – Hill Dictionary of scientific and technical terms, Parker, Fourth edition, 1989, MC Graw – Hill.
2. Holt Physics, Serway and Faughn, 1999, Holt Rinehart and Winston.
3. Physics, Giambattista and Richardson, Second Edition, 2008, MC Graw – Hill.
4. University Physics, Bauer and westfall, 2011, MC Graw – Hill.
5. Physics, Eugene Heacht, Second Edition, 1997, Brooks / Cole Publishing company.

6. University Physics, Hugh D. Young, 1992, Addison – Wesley.
7. Fundamental of Physics, David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker, 2008, John Wiley and Sons.
8. Physics, Douglas C. Giancoli, 1991, Prentice – Hall International.
9. Principles of Physics, Frank J. Blatt, 1989, Allyn and Bacon.



محلان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطابق

این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۱۵۸۵۵/۳۶۳ - کوهدسی مربوط و یا پیام نکار (Email)

ارسال نمایند.

دقیر تایف کتاب های دس ابتدایی و متوجه نظری