

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

فیزیک (۱) و آزمایشگاه

سال اوّل دبیرستان

۱۳۹۳

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 فلاح، حمید فدایی فرد و اسفندیار معتمدی
مؤلفان : اعظم پورقاضی، سیدمهدی شیوایی، حسن عزیزی 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 چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن : ۹ - ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

مدیر امور فنی و چاپ : سید احمد حسینی

رسم : مریم دهقان‌زاده

طراح جلد : محمد حسن معماری

صفحه‌آرا : راحله زادفتح‌اله

حروفچین : سیده فاطمه محسنی، زهرا ایمانی نصر

مصحح : فاطمه گیتی‌جبین، علیرضا ملکان

امور آماده‌سازی خیر : 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)

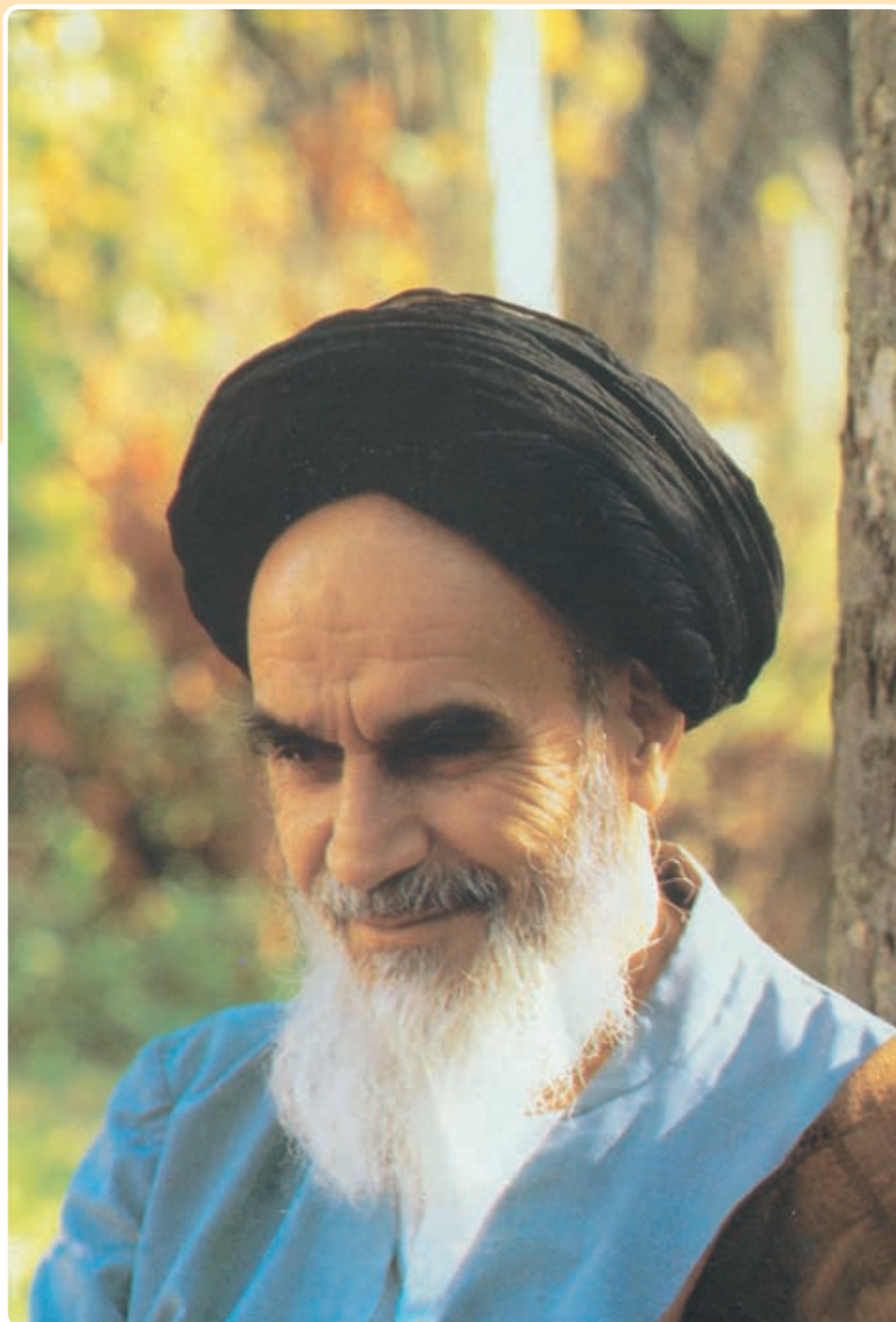
تلفن : ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ - ۳۷۵۱۵

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

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ شانزدهم ۱۳۹۳

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۹۶۴-۰۵-۰۴۵۰-۵ ISBN 964-05-0450-5



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

فهرست

		فصل ۱: انرژی
۳	۱-۱- انرژی و شما	
۶	۲-۱- انرژی جنبشی	
۷	۳-۱- انرژی درونی	
۹	۴-۱- قانون پایستگی انرژی	
۱۱	۵-۱- انرژی پتانسیل گرانشی	
۱۳	۶-۱- انرژی پتانسیل کشسانی	
۱۴	۷-۱- منابع انرژی	
۲۱	۸-۱- بهینه‌سازی مصرف انرژی	
۲۳	پرسش‌ها	
۲۷	فصل ۲: دما و گرما	
۲۸	۱-۲- دما	
۳۲	۲-۲- تعادل گرمایی، دمای تعادل	
۳۳	۳-۲- گرما	
۳۴	۴-۲- رسانش گرما	
۳۸	۵-۲- گرمای ویژه	
۴۲	پرسش‌ها	
۴۷	فصل ۳: الکتریسیته	
۴۷	۱-۳- ساختار اتمی	
۴۷	۲-۳- اجسام دارای بار الکتریکی	
۴۹	۳-۳- جسم رسانا و نارسانا	
۵۰	۴-۳- پایستگی بار الکتریکی	
۵۱	۵-۳- القای بار الکتریکی	
۵۵	۶-۳- اختلاف پتانسیل الکتریکی	
۵۷	۷-۳- مولد	
۵۹	۸-۳- مدار الکتریکی	
۶۰	۹-۳- جریان الکتریکی	
۶۲	۱۰-۳- مقاومت الکتریکی	
۶۴	۱۱-۳- قانون اهم	
۶۶	۱۲-۳- مصرف انرژی الکتریکی	
۶۷	۱۳-۳- توان الکتریکی مصرفی در رسانا	
۶۹	۱۴-۳- بهای انرژی الکتریکی مصرفی	
۷۱	پرسش‌ها	

فصل ۴: نور - بازتاب نور..... ۷۷

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 مقعر (کاو)
۸۷	۴-۸- رسم پرتوهای بازتاب در آینه مقعر
۸۸	۴-۹- چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های مقعر
۹۱	۴-۱۰- کانون آینه محدب (کوژ)
۹۲	۴-۱۱- رسم پرتوهای بازتاب در آینه محدب
۹۴	۴-۱۲- معادله آینه‌های کروی
۱۰۱	پرسش‌ها

فصل ۵: شکست نور..... ۱۰۷

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
۱۲۳	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

پیوست..... ۱۴۷

۱۴۷	جدول مثلثاتی
۱۴۸	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی
۱۵۲	فهرست مراجع

سخنی با دانش‌آموزان و همکاران محترم

فیزیک، علمی تجربی و حاصل تلاش انسان برای درک دنیای اطراف است. این علم دانشی آزمون‌دنی است که می‌تواند با مشاهده پدیده‌های جدید دستخوش تغییر شود. به عبارت دیگر در فیزیک هیچ نظریه‌ای به عنوان حقیقت پایانی و غایی وجود ندارد. پرورش علمی دانش‌آموزان و برخوردار شدن آنان از سواد علمی فناوریانه 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 فردای دانش‌آموزان 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 دانش‌آموز، چگونگی آموختن را بیاموزد و مهارت برخورد با یک پدیده و پیمودن مراحل را که منجر به شناسایی آن پدیده می‌شود، فراگیرد. در کتاب‌های درسی فیزیک تلاش شده است، دانش‌آموز در تولید مفاهیم درسی نقش فعالی داشته باشد. قسمتی از نقش دبیران محترم، طرح مناسب موضوع‌های درسی و سپس راهنمایی دانش‌آموزان برای باز کشف مفاهیم مربوط به موضوع‌های مطرح شده است. با توجه به اینکه یکی از موضوعات مورد تأکید در این کتاب، فعال بودن دانش‌آموزان 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 بپرهیزند تا نقش فعالی که دانش‌آموزان 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 دانش‌آموزان 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 دانش‌آموزان 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 با آزمایشی را که به یادگیری بهتر دانش‌آموزان کمک می‌کند، طراحی کنند و آنها را به طور گروهی برانجام آزمایش‌ها ترغیب کنند و از آنان بخواهند که گزارش کار، پیشنهادها 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 دبیران محترم، صاحب‌نظران و دانش‌آموزان جهت رفع نارسایی‌ها 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>

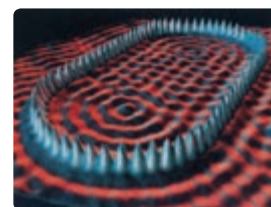
انرژی



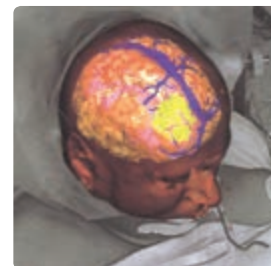
آیا می‌دانید «چگونه می‌توان انرژی تابشی خورشید را مهار کرد؟»

هنگامی که به اطراف خود نگاه می‌کنیم، با پدیده‌ها و دستگاه‌های مختلفی مواجه می‌شویم و سؤال‌های زیادی برای ما مطرح می‌شود رنگین‌کمان چگونه تشکیل می‌شود؟ دمای سطح خورشید را چگونه اندازه می‌گیرند؟ بنیادی‌ترین ذرات تشکیل‌دهنده عالم چه ذراتی هستند؟ سن و ابعاد کیهان چقدر است؟ یک DVD چگونه اطلاعات زیادی را در خود ذخیره می‌کند؟ باتری‌های شارژ‌شدنی مانند باتری تلفن همراه، لپ‌تاپ و ... چگونه کار می‌کنند؟ کارت‌های اعتباری مانند کارت عابریانک، کارت سوخت، 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 بر چه 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 بیابیم. پس فیزیک در زندگی هرکس نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند، چه با فیزیک آشنا باشد، چه نباشد. بسیاری از مردم مانند خلبان هواپیما، تعمیرکار 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 به‌طور علمی توضیح دهید به دنیای فیزیک وارد می‌شوید.

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



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



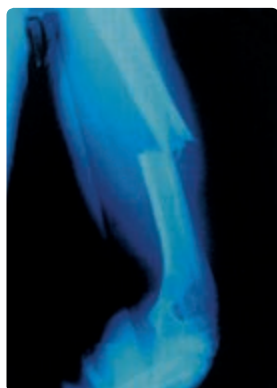
شکل ۱-۲- تصویر تومور و رگ‌های خونی مغز یک بیمار که به کمک رایانه مدل‌سازی شده است.



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.



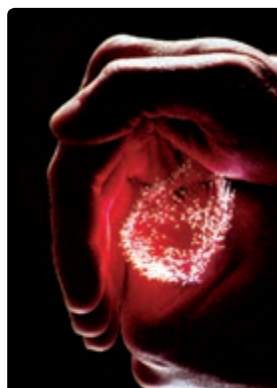
شکل ۱-۴- تصویر، یکی از میلیون‌ها کهکشان جهان هستی را نشان می‌دهد که خود از میلیون‌ها ستاره تشکیل شده است. این تصویر توسط تلسکوپ فضایی هابل، که در مداری به فاصله ۵۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارد، گرفته شده است.



شکل ۱-۷- تصویری از استخوان بازوی دست انسان که به کمک پرتوهای X گرفته شده است و پزشک را قادر می‌سازد تا محل آسیب دیدگی و چگونگی آن را مشخص کند.



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



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

موضوع انرژی در زندگی روزمره ما جایگاه ویژه‌ای دارد و در زمینه‌های مختلفی مطرح می‌شود. چگونگی تولید و مصرف انرژی، ملاحظات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، زیست محیطی و... انرژی اهمیت زیادی دارد. در این فصل ضمن یادآوری انواع مختلف انرژی که در دوره راهنمایی با آنها آشنا شدید موضوع انرژی را در فیزیک بررسی می‌کنیم 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 می‌پردازیم.



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

۱-۱ انرژی و شما

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

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

سوخت‌های معمولی		غذاهای معمولی		غذاهای معمولی	
۳۳/۶	زغال	۳۹/۱	چربی	۲/۴	سیب
۴۷/۶	نفت	۲/۷	شیر	۵	حبوبات، غله
۵۴/۶	گاز طبیعی	۱/۸	شیر کم چربی	۳۰/۲	کره
۱۶/۸	چوب	۲/۱	پرتقال	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	سیب‌زمینی پخته	۲۲/۲	شکلات
		۱۶/۸	شکر	۴/۶	پلو
		۰/۹	گوجه‌فرنگی	۲/۹	انگور
		۸/۳	ماهی تُن	۹/۴	گوشت پخته
		۱۱/۳	نان لواش	۹/۳	بستنی

در هر گرم از غذایی که می‌خوریم و یا سوختی که در ماشین می‌ریزیم مقداری انرژی شیمیایی ذخیره شده است. این انرژی را با یکای کیلوژول بر گرم و با نماد kJ/g بیان می‌کنند.^۱ در جدول ۱-۱ انرژی شیمیایی موجود در بعضی از غذاها و سوخت‌های معمولی داده شده است. این عددها 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 بدن 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.^۲

۱- یکاها 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 1000 گرم 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 مصرف انرژی برای برخی فعالیت‌ها در جدول ۱-۲ آمده است. منظور از آهنگ مصرف انرژی این است که در یک زمان معین (مثلاً یک دقیقه در این جدول) چه مقدار انرژی مصرف می‌شود. آهنگ مصرف انرژی را توان مصرفی می‌نامیم. 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 جنبش خاصی ندارد ولی دمای بدن او حدود 37°C می‌ماند، نفس می‌کشد و قلبش می‌تپد؛ 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 نگه‌داشتن بدن و ... می‌شود.

جدول ۱-۲- آهنگ مصرف انرژی در فعالیت‌های گوناگون

آهنگ مصرف انرژی (kJ/min) (کیلوژول بر دقیقه)	نوع فعالیت
۵	خواب
۷/۱	نشستن در حال استراحت
۷/۶	ایستادن در حالت معمولی
۱۲/۶	نشستن در کلاس
۱۶	راه رفتن آرام
۲۳/۹	دوچرخه‌سواری* (با سرعت کم)
۴۲	دوچرخه‌سواری (با سرعت معمولی)
۱۱۱/۳	دوچرخه‌سواری (مسابقه)
۲۶/۵	تنیس
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 ژول



فیزیکدان انگلیسی در
۲۴ دسامبر ۱۸۱۸م.
(۱۱۹۷-ش.) به دنیا
آمد و در ۱۱ اکتبر
۱۸۸۹م. (۱۲۶۸-ش.)

درگذشت. او به اندازه‌گیری علاقه زیادی داشت و به‌طور تجربی ثابت کرد که گرما شکلی از انرژی مکانیکی است و نخستین اندازه‌گیری مستقیم برای نشان دادن این موضوع را به انجام رساند. ژول با یک رشته آزمایش‌های دقیق مکانیکی، گرمایی، و الکتریکی قانون پایستگی انرژی را به‌طور تجربی ثابت کرد و نیز نشان داد که مقدار گرمایی که از عبور جریان الکتریکی در یک مدار حاصل می‌شود متناسب با مجذور جریان الکتریکی و مقاومت مدار است. او همچنین با لرد کلوین در تعیین مقیاس دقیق دما همکاری داشت. یکای SI انرژی به افتخار او، ژول 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 به‌طور متوسط در هر دقیقه ۱۴ kJ انرژی مصرف می‌کند.

الف) کل انرژی مصرفی دانش‌آموز در یک شبانه‌روز چقدر است؟

ب) اگر این دانش‌آموز روزانه ۱۳۲۳۰ kJ انرژی با مصرف مواد غذایی کسب کند در هر روز چند گرم چربی از دست می‌دهد؟
پاسخ: الف) با استفاده از جدول ۱-۱ انرژی مصرفی در هر فعالیت دانش‌آموز را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{انرژی مصرفی راه رفتن} : 2 \times 60 \times 16 = 1920 \text{ kJ}$$

$$\text{انرژی مصرفی نشستن در کلاس} : 6 \times 60 \times 12/6 = 4536 \text{ kJ}$$

$$\text{انرژی مصرفی خوابیدن} : 8 \times 60 \times 5 = 2400 \text{ kJ}$$

$$\text{انرژی بقیه فعالیت‌های روزانه} : 8 \times 60 \times 14 = 6720 \text{ kJ}$$

$$\text{مجموع انرژی مصرفی} : 1920 + 4536 + 2400 + 6720 = 15576 \text{ kJ}$$

ب) مصرف انرژی این دانش‌آموز روزانه بیش از انرژی ای است که با مصرف مواد غذایی کسب می‌کند.

$$15576 - 13230 = 2346 \text{ kJ}$$

با استفاده از جدول ۱-۱ می‌توانیم مقدار چربی ای که برای تأمین این انرژی سوخته می‌شود را به‌دست آوریم:

$$\text{مقدار چربی سوخته شده} = \frac{2346}{39/1} = 60 \text{ g}$$

انرژی شیمیایی موجود در هر گرم بنزین ۴۴ kJ/g است. یک خودروی جدید در هر ۱۰۰ کیلومتر، ۷ لیتر بنزین (معادل ۵۶۰۰ گرم) مصرف می‌کند.

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

ب) از کرج تا زنجان به‌طور تقریبی ۳۰۰ کیلومتر است. اگر شرایط مصرف بنزین مانند قسمت قبل باشد، اتومبیل چه

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

پاسخ: الف) در یکصد کیلومتر ۷ لیتر معادل ۵۶۰۰ گرم بنزین مصرف می‌کند، بنابراین $5600 \text{ g} \times 44 \text{ kJ/g} = 246400 \text{ kJ}$

انرژی مصرف می‌کند.

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

$$\text{جرم } 7 \text{ لیتر بنزین } 5600 \text{ g است، جرم } 21 \text{ لیتر برابر } 16800 \text{ g است.}$$

یک گرم بنزین ۴۴ کیلوژول انرژی فراهم می‌کند؛ بنابراین، ۱۶۸۰۰ گرم بنزین، $16800 \text{ g} \times 44 \text{ kJ/g} = 739200 \text{ kJ}$ 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؟

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.

توپ در حال حرکت، پره 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.

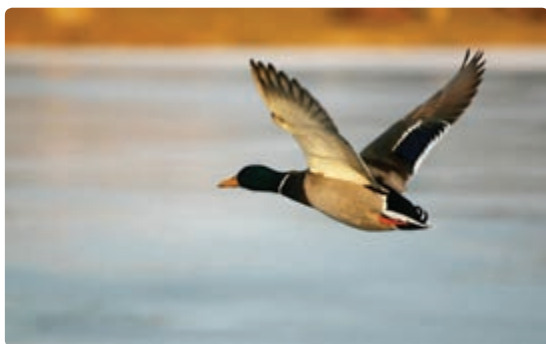


شکل ۱-۹- چکش با برخورد به میخ، سبب فرورفتن آن می‌شود.

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

در این رابطه، اگر m برحسب کیلوگرم (kg) و v برحسب متر بر ثانیه (m/s) باشد، K برحسب 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:

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

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

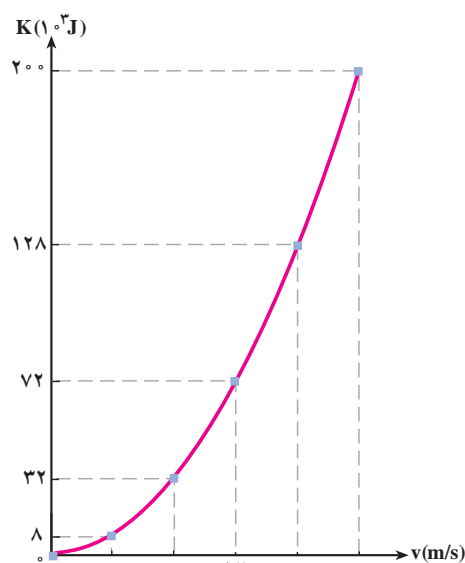
$$K = \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 = 6 \text{ J}$$

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 حداکثر سرعت انتخابی 20 m/s است. سپس نمودار K بر حسب v را رسم می‌کنیم.

انرژی



m(kg)	v(m/s)	K(J)
۱۰۰۰	۰	۰
۱۰۰۰	۴	۸×۱۰^۳
۱۰۰۰	۸	۳۲×۱۰^۳
۱۰۰۰	۱۲	۷۲×۱۰^۳
۱۰۰۰	۱۶	۱۲۸×۱۰^۳
۱۰۰۰	۲۰	۲۰۰×۱۰^۳

تمرین ۲

دانه تگرگی به جرم ۲g با سرعت ۱۰m/s به سطح زمین برخورد می کند. انرژی جنبشی دانه تگرگ در لحظه برخورد با زمین چقدر است؟

۳-۱ انرژی درونی



شکل ۱-۱- با گرفتن ترمز، لاستیک های خودرو و سطح جاده گرم تر می شود و بر انرژی درونی آنها افزوده می شود.

هنگامی که سماور برقی را روشن می کنید یا ظرف آبی را روی شعله قرار می دهید، آب پس از مدتی گرم تر می شود. در اینجا، انرژی الکتریکی یا انرژی شیمیایی مصرف شده است. این انرژی کجا رفته است؟ در مورد انرژی مصرف شده، چه می توان گفت؟ انرژی مصرف شده، باید به طریقی در سماور یا ظرف آب موجود باشد. در این حالت انرژی دیگری را معرفی می کنیم که **انرژی درونی** نامیده می شود. در مورد مثال بالا می گوئیم که انرژی مصرف شده، باعث افزایش انرژی درونی آب و یا ظرف آن شده است. **انرژی درونی یک جسم، مجموع انرژی های ذره های تشکیل دهنده آن است.** معمولاً بالا رفتن انرژی درونی جسم به صورت گرم شدن آن ظاهر می شود.

هرچه ذرات سازنده یک جسم بیشتر و انرژی هر ذره آن زیادتر باشد، انرژی درونی آن جسم بیشتر است. وقتی خودرویی ترمز می کند و در اثر اصطکاک متوقف می شود لاستیک های آن و سطح جاده گرم تر می شود. در این حالت انرژی جنبشی خودرو کجا رفته است؟ چون لاستیک ها و سطح جاده گرم تر شده اند، می توان نتیجه گرفت که انرژی درونی آنها افزایش یافته است. در نتیجه می توان 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 رفته رفته کم شده و سرانجام متوقف می‌شود. انرژی جنبشی توپ کجا رفته است؟



۲- پنکه ای را که روشن است خاموش می‌کنیم. پنکه پس از مدتی متوقف می‌شود. انرژی جنبشی پره 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، همان‌طور 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 ۵

خودروی سمندی را در نظر بگیرید که با جرم تقریبی 1200 kg با سرعت 90 km/h (25 m/s) 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 به‌طور کامل به انرژی درونی لاستیک و ... تبدیل می‌شود. بنابراین می‌توانیم بنویسیم:
اندازه کاهش انرژی جنبشی = افزایش انرژی درونی

$$= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1200 \times 25^2 = 375000 \text{ J} = 375 \text{ kJ}$$

تمرین ۳

دوچرخه‌سواری سرعت خود را از 8 m/s به 5 m/s می‌رساند. اگر جرم دوچرخه‌سوار و دوچرخه 80 kg باشد، چند ژول 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 شعلهٔ 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.

۴-۱ 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 هیچ‌گاه از بین نمی‌رود و خود به خود نیز به وجود نمی‌آید و همواره پایسته (ثابت) می‌ماند، مگر اینکه مقداری از آن را به جسم دیگری بدهد یا اینکه از جسم دیگری انرژی دریافت کند.

مثال ۲



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

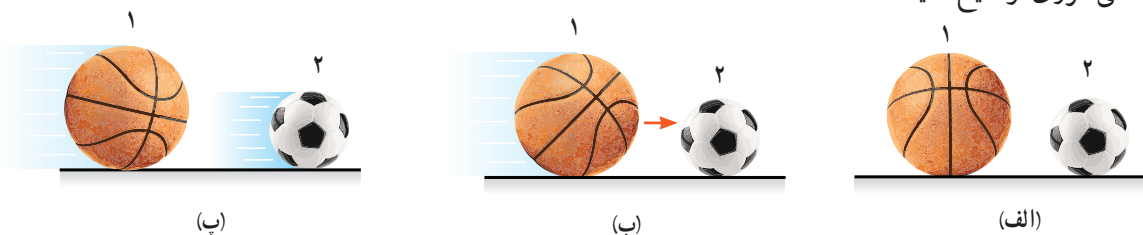
پاسخ: بنا بر قانون پایستگی انرژی، اگر به توپ انرژی منتقل نشود، باید انرژی آن پایسته بماند. پس تا وقتی به آن ضربه تزیم ساکن می‌ماند. با ضربه زدن به توپ مقداری انرژی به آن منتقل کرده‌ایم و به همین دلیل توپ به حرکت درآمده است.

تمرین ۴

در مثال قبل اگر جرم توپ 5 kg و سرعت آن هنگام جدا شدن از پام 10 m/s باشد، انرژی انتقال یافته به توپ در اثر ضربه چند ژول است؟

مثال ۷

در شکل الف توپ‌های ۱ و ۲ روی زمین ساکن اند. 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 می‌یابد (شکل پ). این آزمایش را با قانون پایستگی انرژی توضیح دهید.

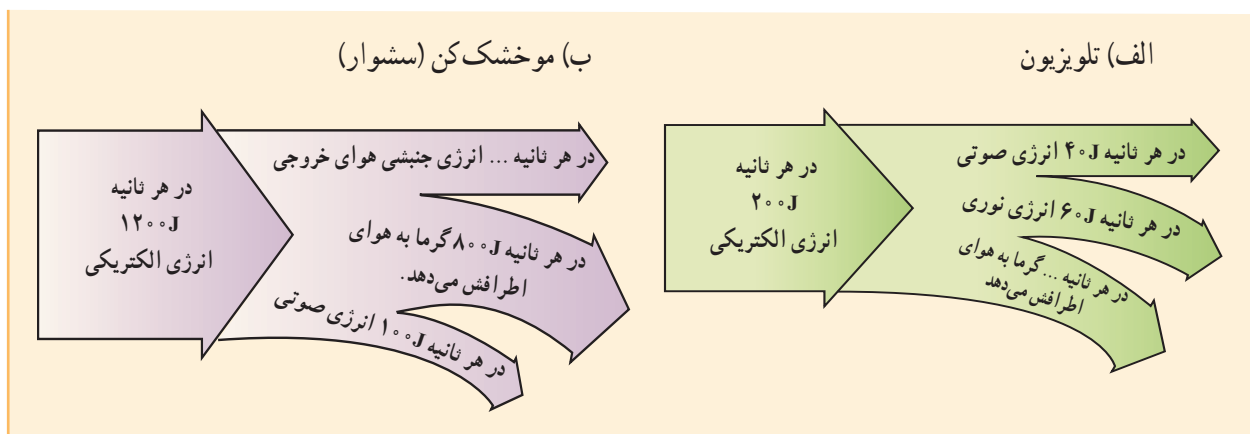


پاسخ: بنا بر این قانون توپ ۱ در اثر ضربه انرژی گرفته و به حرکت درآمده است. پس از برخورد آن به توپ ۲، مقداری از انرژی توپ ۱ به توپ ۲ منتقل شده است. پس انرژی توپ ۱ و در نتیجه سرعت آن کاهش یافته و در عوض توپ ۲ با گرفتن انرژی به حرکت درآمده است.

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 جسم 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 پر کنید.



۵- انرژی پتانسیل گرانشی

در پارک تفریحی پدری کودک خود را روی سرسره می‌گذارد و رها می‌کند. کودک روبه پایین به حرکت درمی‌آید و به تدریج سرعت و انرژی جنبشی اش بیشتر می‌شود. انرژی جنبشی کودک از کجا آمده است؟ تجربیات روزمره دیگری هم به ما نشان می‌دهند که جسمی که در بلندی قرار دارد می‌تواند به حرکت درآید. یعنی اجسامی که از سطح زمین بالاتر هستند انرژی دارند و این انرژی می‌تواند به انرژی جنبشی تبدیل شود.

انرژی‌ای که هر جسم به دلیل قرار گرفتن در ارتفاع نسبت به زمین دارد را انرژی پتانسیل گرانشی می‌نامیم.

آزمایش کنید ۱

وسایله‌های آزمایش: ریل پرده ساده و یا چند خط کش (به طول تقریبی ۵۰ سانتی 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:



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

- 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 بین دو خط کش به راحتی عقب و جلو می‌رود.
- 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 ۱۰ سانتی متر باشد.

شماره آزمایش	ارتفاع وزنه (cm)	جابه 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. جابه جایی جعبه را اندازه بگیرید و در جدول ثبت کنید.
- ۶- آزمایش را برای ارتفاع های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی متر تکرار کنید.
- ۷- با تحلیل عددهای 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 یا 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 ۱-۲ ببینیم.

$$U = mgh \quad (۲-۱)$$

در این رابطه یکای اندازه گیری انرژی پتانسیل گرانشی ژول (J)، جرم کیلوگرم (kg) و ارتفاع متر (m) است. g در این رابطه شتاب گرانشی زمین نام دارد و مقدار آن $9/8 \text{ m/s}^2$ است که معمولاً می توانیم آن را برابر با 10 m/s^2 در نظر بگیریم.

مثال ۸

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

پاسخ:

$$m = 10 \text{ kg} \text{ و } h = 2 \text{ m} \text{ و } g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ و } U = ?$$

$$U = mgh$$

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

مثال ۹

سنگی به جرم ۲kg را از ارتفاع ۴ متری سطح زمین رها می‌کنیم. 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 رها شدن، به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود؛ در نتیجه طبق قانون پایستگی انرژی داریم:

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

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

مثال ۱۰

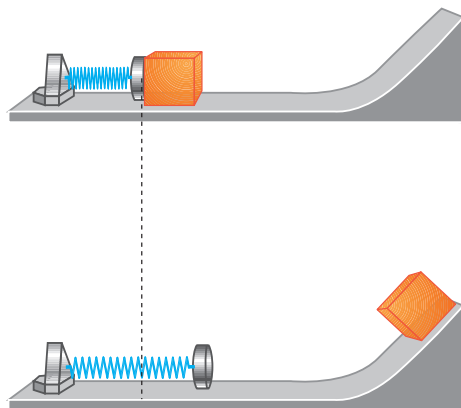
در آزمایش کنید ۱ اگر وزنه ۱۰۰ گرمی را تا ارتفاع ۲۰cm از سطح زمین بالا ببریم و رها کنیم، با نادیده گرفتن مقاومت هوا، وزنه با چه سرعتی به جعبه می‌رسد؟

پاسخ: وزنه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری دارای انرژی پتانسیل گرانشی است که پس از رها شدن و با پایین آمدن وزنه این انرژی به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود. بنابراین از پایستگی انرژی داریم:

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

تمرین ۴

کارگری آجری به جرم ۲ kg را با سرعت ۸ m/s روبه بالا پرتاب می‌کند.
الف) انرژی جنبشی آجر در لحظه پرتاب چقدر است؟
ب) با نادیده گرفتن اتلاف انرژی، آجر تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟



۱-۶ انرژی پتانسیل کشسانی

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

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

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 یا فشرده شده را انرژی پتانسیل کشسانی می‌نامیم.

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



شکل ۱-۱۳- تعدادی از وسایلی که در آنها از ذخیره انرژی پتانسیل کشسانی استفاده می‌شود.

فعالیت ۴

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

۲-۱ منابع انرژی

در یک نگاه کلی، منابع انرژی را می‌توان به دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم بندی 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 باقی‌مانده 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 به دست آورد.

مهم ترین مشکل سوخت های فسیلی آلوده کردن محیط زیست ناشی از تولید گازهای مضر مانند CO_2 و SO_2 است که باعث گرم شدن زمین می شوند. مقدار این سوخت ها، به ویژه نفت، محدود است که با توجه به آهنگ مصرف کنونی و بنا بر پیش بینی های انجام شده، در چند دهه آینده منابع آن به اتمام می رسد.

ب) سوخت های هسته ای: بر اثر شکسته شدن هسته برخی اتم های سنگین مانند اورانیم و توریم انرژی بسیار زیادی آزاد می شود. این واکنش را شکافت هسته ای می نامند. همچنین بر اثر جوش خوردن هسته اتم های سبک مانند هیدروژن و تشکیل هسته های اندکی سنگین تر چون هلیم نیز انرژی بسیار زیادی آزاد می شود. این واکنش که همجوشی هسته ای نامیده می شود همان واکنشی است که در ستارگان و خورشید صورت می گیرد و انرژی لازم برای تداوم زندگی بر روی کره زمین را فراهم می سازد.^۱

اکنون در بیشتر کشورهای توسعه یافته و معدودی از کشورهای در حال توسعه از شکافت هسته ای در راکتورها برای تولید انرژی الکتریکی و تأمین برق مورد نیاز استفاده می شود. در این نیروگاه ها به جای زغال سنگ، نفت، یا گاز از ماده شکافت پذیری مانند اورانیوم برای تولید گرما و به راه انداختن توربین بخار استفاده می شود. انرژی حاصل از این واکنش هزاران بار بیشتر از انرژی ناشی از سوزاندن سوخت های فسیلی است.

در کشور ما ایران نیز از ده ها سال قبل برنامه های جامعی برای تولید انرژی الکتریکی از طریق نیروگاه های هسته ای انجام شده و ساخت و راه اندازی نیروگاه هسته ای بوشهر (شکل ۱-۱۴) بخش کوچکی از این برنامه هاست. به جهت اهمیت راهبردی فناوری های نو و از جمله فناوری هسته ای در دنیای امروز، مدیران ارشد کشور در دو دهه اخیر تمرکز بیشتری روی توسعه این گونه فناوری ها گذاشته اند؛ به طوری که در زمینه تولید سوخت هسته ای هم اینک بخشی از این برنامه ها به نتیجه رسیده و امروزه ایران در رده چند کشور معدودی است که فناوری غنی سازی اورانیوم را به جهت استفاده در مصالح صلح آمیز در اختیار دارد. نیروگاه های هسته ای آلاینده هایی چون CO_2 و SO_2 تولید نمی کنند و در نتیجه مسائل زیست محیطی ناشی از کار آنها کمتر از نیروگاه های با سوخت فسیلی است. البته بر اثر شکافت هسته ای مواد پسماند پرتو زایی تولید می شود که با دورریزی درست و ایمن آنها می توان مسائل زیست محیطی ناشی از این نیروگاه ها را بسیار کم کرد. همچنین طراحی صحیح و مناسب نیروگاه های هسته ای خطر ناشی از حوادث آنها را کمینه می سازد.

مسائل زیست محیطی ناشی از همجوشی هسته ای بسیار کمتر از واکنش شکافت هسته ای است. اما واکنش های آن در دماهای بسیار زیاد انجام می شوند که طراحی نیروگاه های مربوطه را به فناوری بسیار پیشرفته ای نیازمند می سازد. دانشمندان امیدوارند که در آینده با غلبه بر مشکلات مربوط به طراحی این نیروگاه ها، همجوشی هسته ای علاوه بر ستارگان و خورشید، چشمه مهم تولید انرژی بر روی زمین نیز بشود.



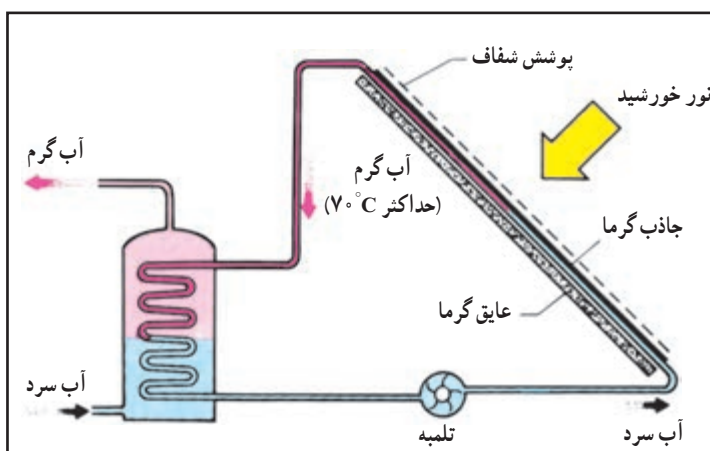
شکل ۱-۱۴- نمای از نیروگاه هسته ای بوشهر

۱- در دوره پیش دانشگاهی با واکنش های شکافت هسته ای و همجوشی هسته ای به طور کامل تری آشنا می شوید.

منابع انرژی تجدیدپذیر

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

الف) انرژی خورشیدی: مقدار کل انرژی‌ای که زمین از خورشید دریافت می‌کند بسیار زیاد و در هر ثانیه معادل انرژی حاصل از سوختن ۳ میلیون تن بنزین است. تقریباً نیمی از این انرژی به سطح زمین و آب اقیانوس‌ها می‌رسد و خاک و آب و هوای زمین را گرم می‌کند و مقداری از آن بر اثر فتوسنتز به صورت انرژی شیمیایی جذب گیاهان و سبب رشد آنها می‌شود. از نور خورشید برای گرم کردن، خشک کردن و حتی آتش‌زدن از زمان‌های گذشته استفاده می‌شده ولی بهره‌برداری به روش‌های جدید، در چند دهه اخیر معمول شده است.



ب- تصویری واقعی از یک آب‌گرم‌کن خورشیدی

الف- طرحی از چگونگی تبدیل انرژی نورانی خورشید به انرژی گرمایی در آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی

شکل ۱-۱۵

راحت‌ترین راه بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، در آب‌گرم‌کن‌های با دمای کم است. در این وسیله از **صفحه‌های خورشیدی** به‌عنوان وسیله تبدیل انرژی استفاده می‌شود که نور خورشید را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند (شکل ۱-۱۵). از این وسیله برای تولید آب گرم خانگی با دمای حدود 70°C استفاده می‌شود.

از انرژی خورشیدی می‌توان برای تولید دماهای زیاد، تا 3000°C و بالاتر، نیز بهره گرفت. در این مورد از آینه‌های مقعر بزرگ (**کوره خورشیدی**) برای متمرکز کردن پرتوهای خورشید در ناحیه‌ای کوچک استفاده می‌شود (شکل ۱-۱۶). این انرژی را می‌توان برای تبدیل آب به بخار، برای به‌راه‌انداختن توربین یک نیروگاه برق به کار برد.

روش دیگر بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، به کاربرد **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 ۱-۱۶- نمایی از نوعی کوره خورشیدی که در آن از آینه‌های مقعر بزرگ استفاده شده است.



شکل ۱-۱۷ - 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 ۱-۱۷). هم‌اکنون روش‌هایی برخی از پارک‌ها و حتی چراغ‌های احتیاط و راهنمای خیابان‌ها در شهرهای مختلف ایران توسط سلول‌های خورشیدی تأمین می‌گردد.

فعالیت

معماری سنتی ایران، به‌ویژه 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.



شکل ۱-۱۸ - تصویری از نیروگاه بادی منجیل

(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 ۱-۱۸). 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 ۱۵۰۰ نیروگاه هسته‌ای است. به طور کلی با استفاده از انرژی باد به عنوان یک منبع انرژی در درازمدت می‌توان دوبار مصرف انرژی الکتریکی فعلی جهان را تأمین کرد.

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

۱- عدم نیاز توربین‌های بادی به سوخت، که در نتیجه از میزان مصرف سوخت‌های فسیلی می‌کاهد.

۲- رایگان بودن انرژی باد

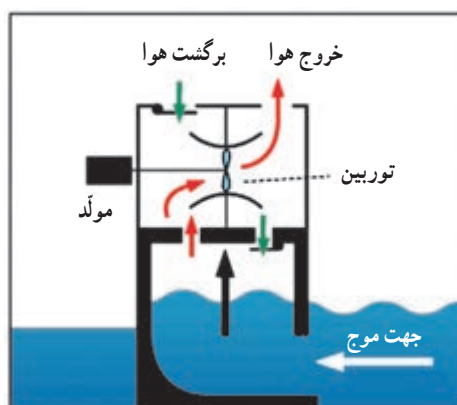
۳- کمتر بودن نسبی قیمت انرژی حاصل از باد نسبت به انرژی های فسیلی

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

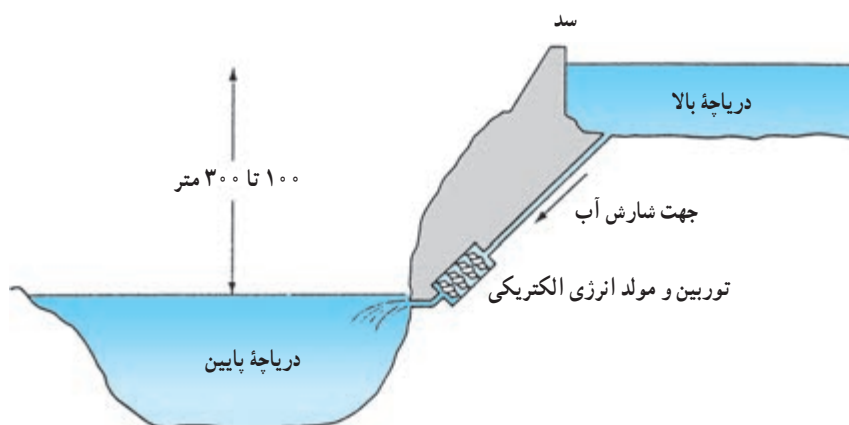
لازم برای به کار انداختن مولدهای برق تبدیل کرد. هرچند این کار مشکل است و تولید الکتریسیته در مقیاس بزرگ با این روش تا آینده ای نزدیک عملی نخواهد بود، ولی اکنون دستگاه های کوچکی از این نوع در تأمین انرژی لازم برای مردمانی به کار می رود که در جزیره ها زندگی می کنند. در شکل ۱۹-۱ طرحی از چگونگی مهار انرژی امواج دریا را مشاهده می کنید.



شکل ۱۹-۱- موج در داخل محفظه بالا می رود. آب بر هوای داخل محفظه نیرو وارد می کند. این هوا، توربین را می چرخاند و مولد را راه می اندازد.

(ت) انرژی برق آبی (هیدروالکتریک): در مناطقی که بارش سالانه آنها زیاد است و یا

رودخانه های پرآبی دارند با ساخت سد و احداث دریاچه های مصنوعی آب را ذخیره می کنند تا هم مصرف آب در طول سال مدیریت شود و هم انرژی الکتریکی تولید شود (شکل ۱-۲۰). آب از دریاچه های روی دیواره سد خارج می شود و در مسیر کانالی حرکت می کند که به همین منظور ساخته شده است.



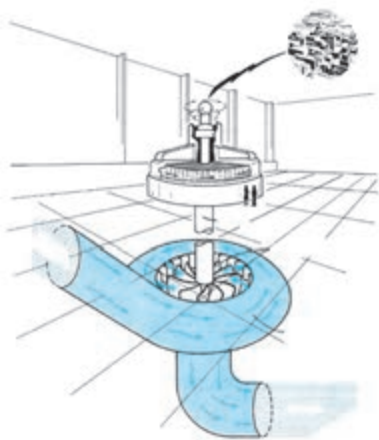
ب- با پایین آمدن آب، انرژی پتانسیل گرانشی به انرژی جنبشی تبدیل می شود و پرده های توربین را می چرخاند.



الف- آب از دریاچه های روی دیواره سد خارج می شود.

شکل ۲۰-۱

انرژی



شکل ۱-۲۱- چرخش توربین باعث تولید انرژی الکتریکی می شود.

با پایین آمدن آب از کانال انرژی پتانسیل گرانشی آن به انرژی جنبشی تبدیل می شود. در پایین کانال آب با برخورد به پره های توربین آنها را می چرخاند. چرخش توربین باعث چرخیدن قسمت چرخنده مولد جریان برق (روتور) و تولید انرژی الکتریکی می شود (شکل ۱-۲۱).

نیروگاه های برق آبی از منبع انرژی ای استفاده می کنند که در صورت مصرف نشدن هدر می رود. علاوه بر آن موجب آلودگی محیط زیست هم نمی شوند.

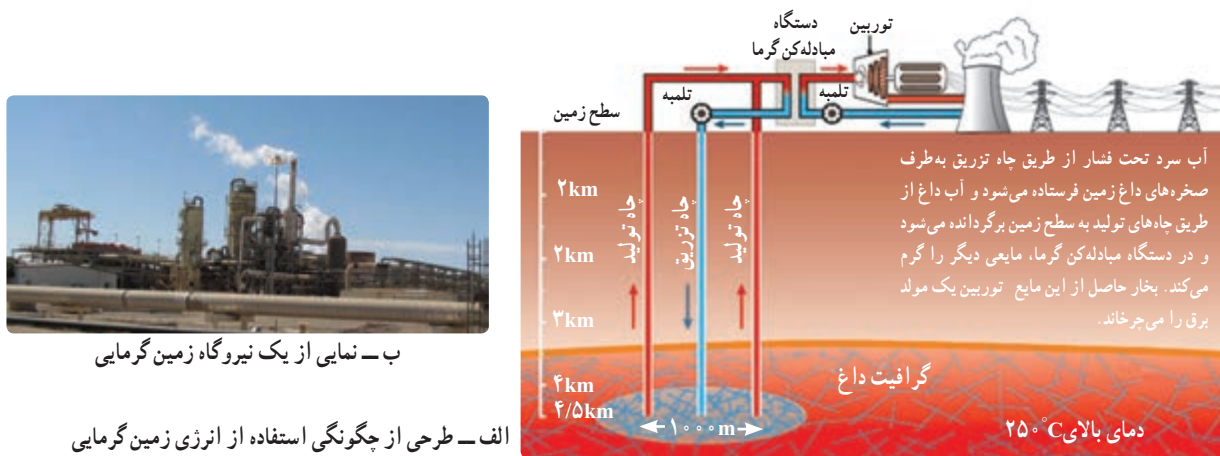
امروزه حدود ۲۰ درصد از انرژی الکتریکی تولید شده در جهان برق آبی است. این سهم در ایران حدود ۱۰ درصد است، که به کم آبی کشور ایران باز می گردد.

ث) انرژی زمین گرمایی: انرژی زمین گرمایی به گرمای موجود در زیر سطح کره زمین گفته می شود.

مقدار این انرژی به مراتب بیشتر از مصرف فعلی انرژی در جهان است، ولی تولید آن، به جز در نواحی ای که به عنوان محل آتش فشان یا زلزله شناخته می شوند، بسیار کم است.

برای استفاده از انرژی زمین گرمایی، مطابق شکل ۱-۲۲، آب سرد را از طریق مجرای (چاه تزریق) به طرف صخره های داغ، در عمق زمین می فرستند و آن را از طریق مجراهای (چاه های تولید) دیگر به صورت آب گرم خارج می کنند. از این آب گرم می توان برای گرم کردن خانه ها و به کار انداختن یک توربین بخار مولد برق استفاده کرد.

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



ب- نمایی از یک نیروگاه زمین گرمایی

الف- طرحی از چگونگی استفاده از انرژی زمین گرمایی

شکل ۱-۲۲

ج) زیست توده (بیومس): زیست توده همه اجزای قابل تجزیه زیستی از محصولات و زایدات

کشاورزی، صنایع جنگلی و سایر صنایع مرتبط، فاضلاب ها و زباله های شهری و صنعتی است. تفاله دانه های روغنی و کاه، ضایعات کشاورزی مانند نیشکر و چغندر، فضولات حیوانی، فاضلاب ها و زباله های 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 انرژی‌های تجدیدپذیر به خود اختصاص داده است. منابع انرژی حاصل از زیست توده می‌تواند مانند برق و یا حامل‌های انرژی چون سوخت‌های گازی و مایع نیاز بخش‌های مختلف جامعه بشری را تأمین کند. منابع زیست توده حاوی ترکیبات آلی با مولکول‌هایی هستند که اغلب آن‌ها پلیمر هستند. این مولکول‌ها در طی فرایندهای هضم (مدفون در زمین، داخل مخازن مخصوص و یا رها شده در طبیعت) شکسته و به مولکول‌های ساده تبدیل می‌شوند. محصول نهایی این فرایند، گازی قابل اشتعال به نام **بیوگاز** است. این گاز شامل دوجزء عمده متان و کربن‌دی‌اکسید است. این مخلوط گازی با ارزش حرارتی 40° تا 70° درصد ارزش حرارتی گاز طبیعی، می‌تواند به شکل‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۱-۲۳).



ب - نمایی از نیروگاه تولید انرژی از زیست توده



الف - تصویری از چاه واقعی استحصال بیوگاز

شکل ۱-۲۳

گفته می‌شود محمدبن 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 سوخت‌های زیستی مایع مانند بیواتانول، بیومتانول و بیودیزل در کشورهای زیادی مورد توجه و استفاده قرار گرفته‌اند. در کشور برزیل بخش زیادی از مصارف بنزین و گازوئیل با این سوخت‌های جدید جایگزین شده است و در برخی از کشورها از این سوخت به عنوان ماده افزودنی به بنزین به عنوان جایگزین سرب برای بهسوزی و ... استفاده می‌شود.

ج) هیدروژن: امکان دسترسی به انرژی‌های نو و تجدیدپذیر در هر زمان و مکانی وجود ندارد. می‌توان با استفاده از منابع انرژی نو و همین‌طور با استفاده از منابع انرژی فسیلی، هیدروژن تولید کرد. یکی از راه‌های تولید هیدروژن الکترولیز آب به وسیله جریان الکتریکی است. هیدروژن از فراوان‌ترین عناصر موجود در سطح زمین است. هیدروژن تولید شده را به شکل‌های مختلفی مثل گاز یا مایع ذخیره و به محل مصرف منتقل می‌کنند. به این ترتیب هیدروژن به عنوان یک واسطه عمل می‌کند که انرژی را از منابع انرژی نو یا منابع انرژی فسیلی می‌گیرد و به محل مصرف می‌رساند. در محل مصرف، می‌توان هیدروژن را به عنوان سوخت در موتورهای احتراق داخلی سوزاند، یا از آن

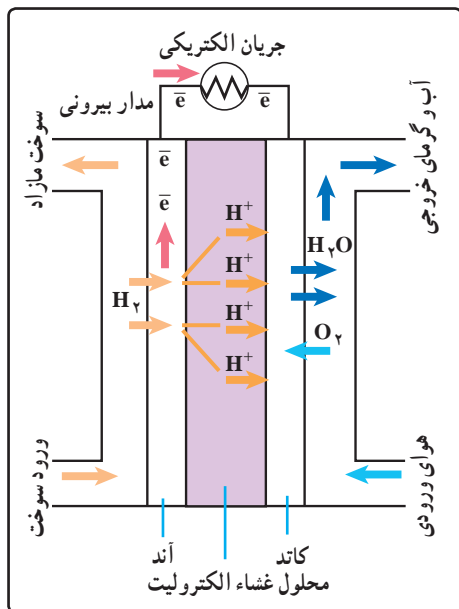
شیخ بهایی



بهاء الدین محمدبن حسین عاملی معروف به شیخ بهایی در سال ۹۲۵ هجری شمسی در بعلبک لبنان به دنیا آمد و 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 پایتخت صفویان بود. شیخ بهایی در همین شهر فارسی را آموخت و تا ۳۱ سالگی در همین شهر سکنی گزید و سپس به امرشاه تهماسب عازم هرات شد. پس از آنکه شاه عباس اول بر تخت سلطنت نشست، پایتخت را از قزوین به اصفهان منتقل کرد و شیخ بهایی نیز به اصفهان کوچ کرد. از شیخ بهایی بیش از ۱۰۰ رساله و کتاب در حوزه‌های مختلف علوم دین و غیر آن به زبان‌های فارسی و عربی برجای مانده است.

گفته شده است شیخ بهایی در ریاضی و معماری و مهندسی هم دستی بر آتش داشت. برخی پژوهشگران بر این عقیده‌اند که تعدادی از بناهای معروف دوره صفویه نتیجه تدبیر و طراحی او بوده است، گرچه برخی دیگر از پژوهشگران با این امر موافق نیستند. مشهورترین ساخته متناسب به شیخ بهایی، کوره مشهور او در حمام موسوم به شیخ بهایی بوده است. این کوره تنها با یک شمع، آب حمام را گرم می‌کرد. در واقع طبق طراحی، فاضلاب شهر به وسیله لوله‌هایی در مخزن جمع‌آوری می‌شد. از این فاضلاب گاز متان متصاعد می‌شد که گازی قابل اشتعال است. سپس این گاز به محل شمع هدایت می‌شد و چون فاضلاب همواره وارد مخزن می‌شد، شعله شمع برافروخته باقی می‌ماند. شمع، مخزن آبی از جنس طلا را گرم می‌کرد که انتخاب طلا به دلیل رسانایی بالای آن در انتقال گرماست. شیخ بهایی علاوه بر علوم طبیعی، در سیاست، ادبیات، فلسفه، عرفان و فقه نیز سرآمد دوران خود بود. از شاگردان معروف شیخ بهایی می‌توان به ملاصدرای 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 پیل‌های سوختی استفاده کرد. پیل سوختی هیدروژن و اکسیژن را مصرف و با یک واکنش شیمیایی الکتریسیته تولید می‌کند (شکل ۱-۲۴). پیل‌های سوختی و موتورهای احتراقی که هیدروژن مصرف می‌کنند آلاینده‌های شیمیایی و آلودگی زیست‌محیطی ندارند، بنابراین هیدروژن را یک حامل انرژی پاک می‌نامند. در چنین پیل‌های سوختی برخلاف باتری‌ها تازمانی که به آنها سوخت رسانده شود از کار نمی‌افتند و نیاز به شارژ مجدد ندارند. امروزه سلول‌های سوختی تازه‌ای نیز به بازار راه یافته‌اند که در آنها به جای گاز خطرناک و آتش‌گیر H_2 از سوخت‌های ارزان‌تری مثل گاز شهری استفاده می‌کنند.

شکل ۱-۲۴- در این پیل سوختی، اتم‌های هیدروژن آند، در حضور اکسیژن‌های کاتد به یون‌های هیدروژن و الکترون شکسته می‌شوند. یون‌های هیدروژن به غشاء الکترولیت نفوذ کرده و به سمت کاتد می‌روند، اما الکترون‌ها نمی‌توانند از محلول غشاء عبور کنند زیرا برای جابه‌جایی الکترون‌ها به وسیله‌ای خارجی نیاز است و بنابراین الکترون‌ها مجبور به طی مدار بیرونی تعبیه شده در شکل می‌شوند که همین باعث تولید جریان الکتریکی می‌شود. در کاتد، الکترون‌ها و یون‌های هیدروژن با اکسیژن ترکیب شده و تشکیل آب می‌دهند.

فعالیت ۴

در مورد مزایا و معایب انواع پیل‌های سوختی، و نحوه عملکرد آنها تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.

۸-۱ بهینه‌سازی مصرف انرژی

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

هر گونه مصرف انرژی در نهایت صرف گرم کردن محیط می‌شود. به عنوان مثال یک خودرو در حال حرکت را در نظر بگیرید. خودرو در اثر احتراق بنزین انرژی جنبشی کسب می‌کند. در اثر احتراق موتور گرم می‌شود. برای خنک کردن موتور از آبی استفاده می‌شود که به دور آن می‌گردد. آب نیز در رادیاتور به وسیله جریان هوا خنک می‌شود و در نتیجه هوا را گرم می‌کند. انرژی جنبشی نیز در اثر اصطکاک با سطح جاده و ترمز کردن به انرژی درونی تبدیل می‌شود و صرف گرم کردن محیط می‌شود. بنابراین در یک سفر که از یک محل به محل دیگری می‌رویم، بیشتر انرژی شیمیایی بنزین به روش‌های مختلف صرف گرم کردن محیط می‌شود. به عنوان یک مثال دیگر، می‌توان نیروگاهی را در نظر گرفت که با نوعی سوخت فسیلی کار می‌کند. مقداری از انرژی شیمیایی سوخت در این نیروگاه به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و بقیه به روشی که گفته شد، صرف گرم کردن محیط می‌شود. انرژی الکتریکی از طریق شبکه سراسری برق به خانه‌ها منتقل و در آنجا برای مقاصد گوناگون به کار گرفته می‌شود. بخشی از این انرژی صرف روشنایی منزل می‌شود.

انرژی نورانی توسط دیوارها و وسیله‌های موجود در اتاق جذب و باعث گرم تر شدن فضای اتاق می‌شود. بخشی دیگر، صرف راه‌اندازی وسیله‌های برقی می‌شود که در نهایت آنها نیز محیط را گرم می‌کنند. به این ترتیب می‌بینیم که در زنجیره تبدیل منابع انرژی همواره در انتها 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 تر شدن محیط می‌انجامد.

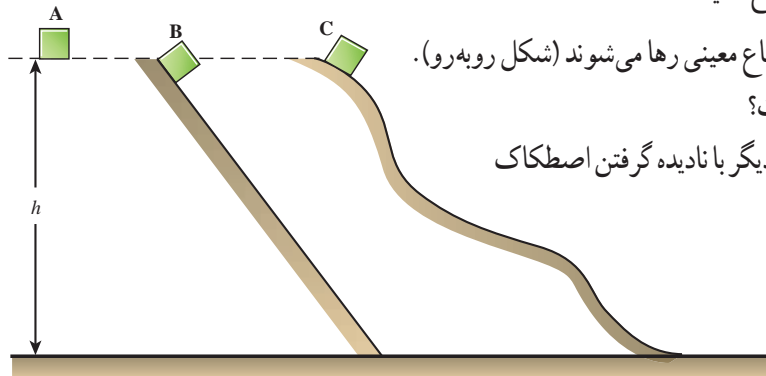
باید دانست که، با توجه به توسعه اقتصادی کشورها، مصرف انرژی در حال افزایش است و برآورد شده است که در هر ۱۰ سال مصرف انرژی دو برابر می‌شود. اما چون بیشتر انرژی‌ها از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود که منابع محدودی دارند (پیش‌بینی می‌شود که ذخیره‌های نفت خام تا چند دهه دیگر پایان می‌یابد) مصرف سوخت‌های فسیلی انواع آلودگی‌ها را به همراه می‌آورد که به شدت برای شهروندان زیان‌آور است و باعث تشدید بعضی بیماری‌ها می‌شود. صرفه‌جویی و استفاده بهینه از منابع انرژی ضروری است. با استفاده بیشتر از وسیله‌های نقلیه عمومی، به جای استفاده از وسایل شخصی، می‌توان در جهت کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا گام برداشت. همچنین با عایق‌بندی بهتر ساختمان‌ها می‌توان مصرف انرژی برای گرم و یا سرد کردن ساختمان‌ها را کاهش داد که در این باره در فصل دوم صحبت خواهیم کرد. مورد صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی را نیز در فصل سوم مورد بحث قرار می‌دهیم.

فعالیت ۸

در گروه خود تحقیق کنید، گرم تر شدن 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 تویی را از ارتفاع یک متری سطح زمین از حال سکون رها می‌کنیم. توپ بعد از برخورد با زمین، تا ارتفاع کمتر از یک متر بالا می‌رود. این مثال را براساس پایستگی انرژی توضیح دهید.



۳ سه جسم A و B و C با جرم‌های مساوی از ارتفاع معینی رها می‌شوند (شکل روبه‌رو). سرعت کدام یک، هنگام رسیدن به زمین بیشتر است؟

پاسخ خود را یک بار با در نظر گرفتن اصطکاک و بار دیگر با نادیده گرفتن اصطکاک بیان کنید. (از مقاومت هوا چشم‌پوشی شود.)

- A ●
- B ●
- C ●
- D ●
- E ●

۴ در شکل روبه‌رو گلوله‌ای از نقطه A رها شده و به سطح زمین (نقطه E) رسیده است. نقطه‌های A, B, C, D, 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 چشم‌پوشی کنید)

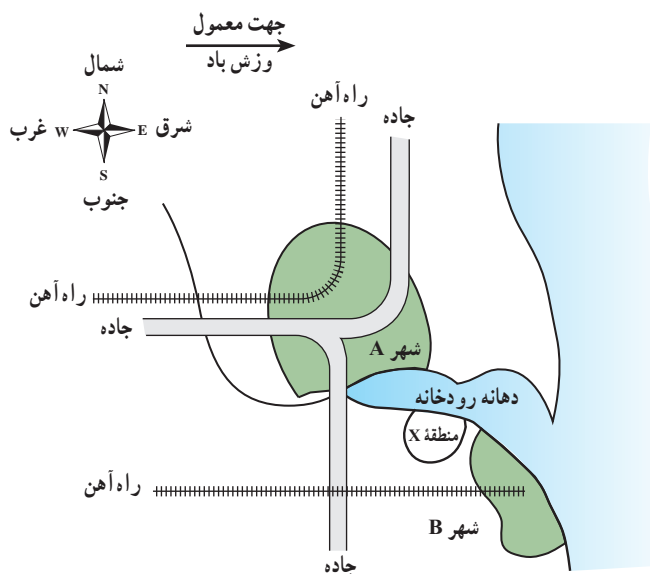
۵ دو منبع انرژی تجدیدپذیر را نام ببرید که افراد زیر بتوانند از آنها استفاده کنند.

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.

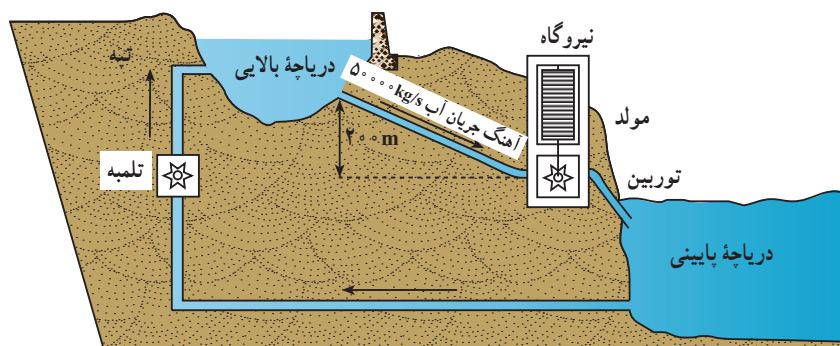


۶ نقشه شکل روبه‌رو وضعیت شهرهای A و B را در حاشیه یک رودخانه و در دهانه آن نشان می‌دهد.

شهر A به خاطر ماهی‌گیری و حمل و نقل اهمیت دارد. باد معمولاً از غرب می‌وزد و جاده و راه‌آهن‌های 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 عیب‌های هریک 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 مقادیر مصرف انرژی در ساعات‌های مختلف شبانه‌روز متفاوت است. نیروگاه‌های تلمبه - ذخیره‌ای وظیفه انتقال مقادیر انرژی اضافی تولید شده در زمان مصرف انرژی کم به زمان‌های اوج مصرف را برعهده دارند. این کار از طریق 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 راهسازی 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 ۱-۲ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

الف) اگر شخصی یک شبانه‌روز بخوابد، چه مقدار انرژی مصرف می‌کند؟

ب) انرژی‌ای که برای ۵۰ 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 ۱۲۰۰۰ kJ 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 g پنیر، ۱۰۰ g سیب، ۲۰۰ g پلو، ۲۰۰ g نان، ۱۵۰ g مرغ، ۱۰۰ g گوشت پخته، ۲۰۰ g شیر، ۱۰۰ g سیب‌زمینی پخته، ۱۰۰ g کرفس.

۳ انرژی جنبشی اجسام زیر را به دست آورید.

الف) شخصی به جرم ۶۰ kg که با سرعت ۴ m/s در حال دویدن است.

ب) گلوله‌ای به جرم ۲۰ g که با سرعت ۲۰۰ m/s از دهانه تفنگی خارج می‌شود.

پ) خودرویی به جرم یک تن که با سرعت ۷۲ km/h در حال حرکت است.

ت) زمین که با سرعت تقریباً 3×10^4 m/s به دور خورشید می‌چرخد. (حرکت چرخشی زمین به دور خودش را در نظر نگیرید. جرم زمین تقریباً 6×10^{24} kg است)

ث) الکترونی که با سرعت 5×10^7 m/s در حالت حرکت است. ($m_e = 9 \times 10^{-31}$ kg)

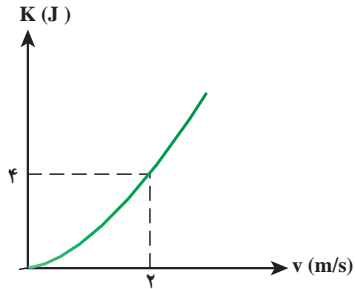
انرژی

۴ یک بازیکن حرفه‌ای با شوت کردن یک توپ 5° کیلوگرمی، به آن انرژی ای معادل $156/25J$ می‌دهد. سرعت این توپ هنگام جدا شدن از پای بازیکن چند m/s است؟

۵ جرم خودرویی با راننده حدود 1300 kg است.

الف) انرژی جنبشی این خودرو و راننده‌اش 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؟



۶ نمودار تغییرات انرژی جنبشی جسمی بر حسب سرعت آن، همانند شکل روبه‌رو است.

الف) جرم این جسم چقدر است؟

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

۷ بهداد سلیمی قهرمان وزنه‌برداری سنگین وزن جهان، وزنه 247 کیلوگرمی را در حرکت دو ضرب تا ارتفاع تقریباً 2 متری سطح زمین بالا برده است.

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

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



۸ تویی به جرم 200 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 چشم‌پوشی کنید.

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

۹ گلوله‌ای به جرم 20 g با سرعت 200 m/s به مانع برخورد می‌کند و در آن فرورفته و متوقف می‌شود.

انرژی درونی گلوله و مانع چقدر افزایش می‌یابد؟

۱۰ مطابق شکل روبه‌رو گلوله کوچکی به جرم 1 kg از نقطه A از حال سکون رها می‌شود. اگر ارتفاع نقطه A از پایین تپه 50 متر باشد:

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

ب) اگر 20% انرژی پتانسیل گرانشی که جسم در مسیر از دست می‌دهد در اثر

اصطکاک تلف شود، سرعت جسم در پایین تپه چقدر می‌شود؟

۱۱ گلوله‌ای به جرم یک کیلوگرم به فنر نزدیک شده و با سرعت 6 m/s به آن برخورد

می‌کند. اگر از اصطکاک چشم‌پوشی کنیم، حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی که در فنر ذخیره می‌شود چقدر است؟

۱۲ در یک نیروگاه برق آبی، ارتفاع آب دریاچه بالایی حدود 200 متر بالاتر از توربین نزدیک دریاچه پایینی است.

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

ب) اگر در هر ثانیه حدود 130 تن 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؟

۱ اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط فضاپیماهای خارج از جو زمین نشان می‌دهد که مقدار انرژی ناشی از تابش خورشید در هر ثانیه به ازای هر متر مربع 1360 ژول است. با باتری‌های خورشیدی می‌توان انرژی خورشیدی را به‌طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل کرد. اما بازده این باتری‌ها بسیار کم است (حدود 10% الی 20% درصد). اگر مساحت هر یک از صفحه‌های خورشیدی تلسکوپی 25m^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 بالایی حدود 300 متر بالاتر از توربین در دریاچه پایینی است.

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

ب) سرعت برخورد آب با توربین به‌طور تقریبی چقدر است؟

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

۳ شخصی یک توپ به جرم 300g را از روی پلی که ارتفاع آن از سطح آب 12m است،

رها می‌کند.

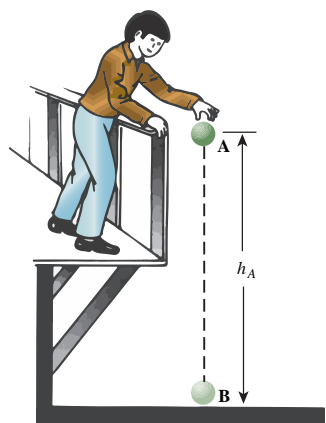
الف) سرعت برخورد توپ با سطح آب چه مقدار است؟ (از مقاومت هوا چشم‌پوشی می‌شود.)

ب) اگر 20% درصد از انرژی پتانسیلی که توپ در مسیر سقوط از دست می‌دهد به انرژی درونی

توپ و هوا تبدیل شود، سرعت توپ هنگام برخورد با سطح آب چه مقدار است؟

پ) به نظر شما اگر جرم توپ 300g 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

2kg باشد؛

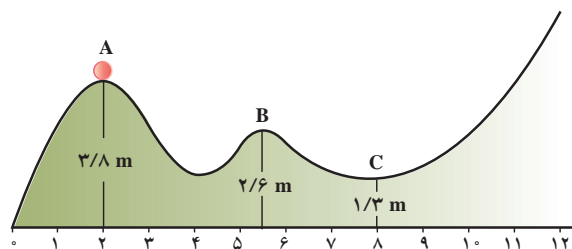
الف) به‌طور کیفی در مورد تغییر سرعت جسم از نقطه A تا نقطه‌ای

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.

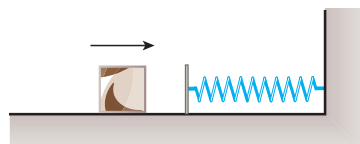


۵ در شکل روبه‌رو جرم مکعب 2kg است و با سرعت $1/8\text{m/s}$ به فنر برخورد می‌کند.

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

ب) در بازگشت، وقتی انرژی پتانسیل کشسانی فنر 2J 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.

دمای 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 دماسنج‌ها و همچنین عایق‌بندی گرمایی، به منظور حفظ دمای موردنظر در یک محیط می‌پردازیم.

۱-۲ 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.

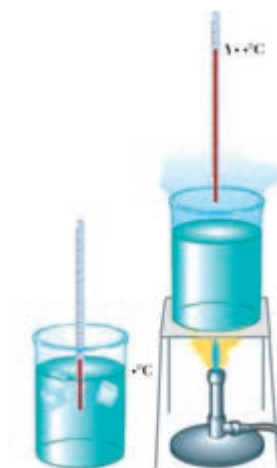
برای آنکه بتوانیم پاسخ چنین پرسش‌هایی را مشخص کنیم از کمیتی به نام **دما** استفاده می‌کنیم و به جسم‌های گرم‌تر دمای بیشتر و به جسم‌های سردتر دمای کمتر نسبت می‌دهیم. اگر دمای چند جسم را بدانیم می‌توانیم به‌طور دقیق بگوییم که هر یک از آنها از کدام یک از جسم‌های دیگر سردتر و از کدام یک گرم‌تر است. به عبارتی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

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

در متداول‌ترین مقیاس دما، عدد صفر مختص دمایی است که آب در آن یخ می‌زند و عدد ۱۰۰ به دمای جوشیدن آب (در فشار استاندارد) اختصاص دارد. فاصله بین این دو به ۱۰۰ قسمت مساوی



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



شکل ۱-۲-۲ به دمایی که در آن آب یخ می‌زند عدد صفر و به دمای جوش آب عدد ۱۰۰ را اختصاص می‌دهیم.

به نام درجه تقسیم شده است (شکل ۲-۲). از این رو دماسنجی که چنین مدرج شده باشد دماسنج 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 درجه بندی سلسیوس می‌نامند. وقتی دما برحسب درجه سلسیوس مشخص می‌شود معمولاً آن را با θ (تتا) نمایش می‌دهند.

چگونگی استفاده از دماسنج: برای اندازه گیری دما، مخزن دماسنج را در تماس با جسمی قرار می‌دهیم که می‌خواهیم دمای آن را اندازه بگیریم. مدتی صبر می‌کنیم تا ارتفاع مایع در لوله باریک دماسنج 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 ۳-۲ برخی از دماهای مهم ارائه شده است.

جدول ۱-۲- برخی از دماهای مهم*

موضوع	دما برحسب °C
نقطه جوش هیدروژن مایع	-۲۳۵
نقطه جوش اکسیژن مایع	-۱۸۳
نقطه انجماد الکل	-۱۱۵
نقطه انجماد جیوه	-۳۹
نقطه ذوب یخ	۰
دمای هوا در یک روز معمولی	۲۵
دمای بدن انسان سالم	۳۷
نقطه ذوب موم	۵۰
نقطه جوش الکل اتیلیک (اتانول)	۷۸
نقطه جوش آب	۱۰۰
نقطه ذوب قلع	۲۳۲
نقطه جوش جیوه	۳۵۷
نقطه ذوب طلا	۱۰۶۷
دمای هسته زمین	۳۷۰۰ ± ۱۰۰
دمای سطح خورشید	۵۷۰۰ ± ۱۰۰

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



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 بود و در سال ۱۷۴۲ م. (۱۱۲۱ ه.ش) مقیاس دمای مشهور سلسیوس را پیشنهاد داد. جالب است که او در مقیاس دمایی خود برای نقطه انجماد عدد ۱۰۰° و برای نقطه جوش آب عدد ۰° را انتخاب کرده بود. یک سال پس از مرگ او کارل لیناوس^۱ 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 ۱۰۰ گام است.



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

پ) دمای بدن انسان
(حدود 37°C)

ب) دما در سطح خورشید
(حدود 6000°C)

الف) دما در مرکز قارچ انفجار هسته‌ای
(حدود 10^7°C)

شکل ۲-۳- برخی از دماهای مهم

فعالیت ۱



الف) با استفاده از جدول ۱-۲ گسترهٔ سنجش دما در دماسنج‌های حیوانی 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 الکی نامیده می‌شوند و در زندگی روزمره به کار می‌روند می‌تواند الکل، تولوئن، کروزین (نفت چراغ) و یا برخی مواد دیگر باشد. به همین دلیل گسترهٔ دماسنجی آنها با محدودهٔ نقطهٔ جوش و انجماد الکل اتیلیک خالص متفاوت است.
اگر دماسنج مورد استفادهٔ ما از اتانول خالص پر شده باشد، آیا با این دماسنج می‌توان دمای جوش آب را اندازه گرفت؟

فعالیت ۲



امروزه از انواع دماسنج‌ها در زندگی روزمره استفاده می‌شود. برخی از این دماسنج‌ها عبارت‌اند از: دماسنج ترموکوپل، تفسنج، دماسنج نواری (کریستال مایع)، دماسنج الکترونیکی و ...
تحقیق کنید که هر یک از این دماسنج‌ها چه گسترهٔ دمایی را می‌تواند اندازه‌گیری کند.

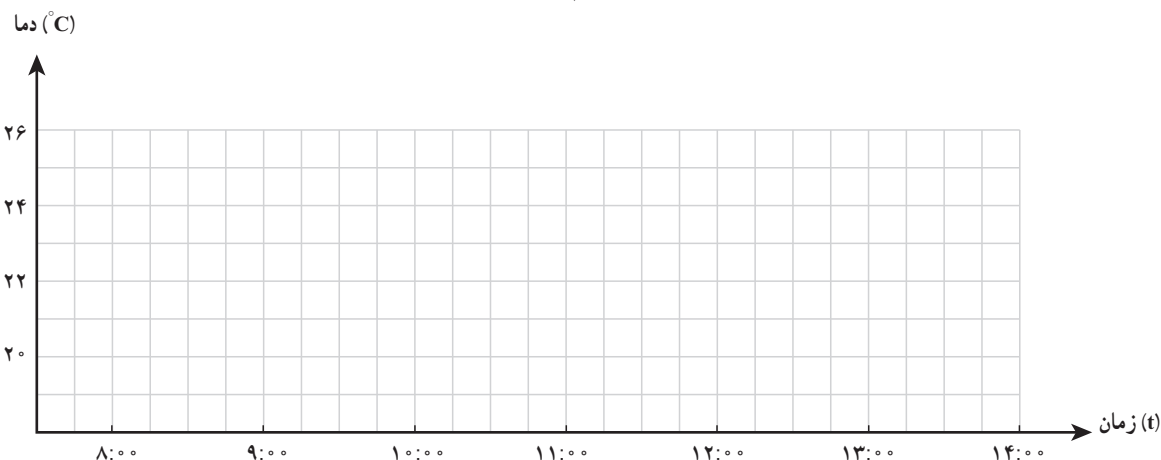
آزمایش کنید ۱

وسایله‌های آزمایش: یک دماسنج، یک عدد ساعت.

شرح آزمایش:

۱- به کمک یک دماسنج 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 برحسب 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 یخ می‌زند؛ ولی دیده می‌شود در مکان‌هایی که در ارتفاع بالاتری نسبت به سطح دریا قرار دارند، آب در دمای بالاتری یخ می‌زند و به همین ترتیب در این مکان‌ها یخ در دمای بالاتری ذوب می‌شود.

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 تا 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 یخ می‌زند و در دمای صد درجه سلسیوس می‌جوشد.

پاسخ دهید ۲



الف) دلیل افزودن مادهٔ ضدیخ به آب رادیاتور اتومبیل‌ها در زمستان چیست؟
 ب) کوهنوردان می‌گویند که تخم مرغ در ارتفاعات دیرتر آب‌پز 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 دماسنج پزشکی را با دماسنج جیوه‌ای معمولی مقایسه کنید.



۲-۲ تعادل گرمایی، دمای تعادل

آزمایش کنید ۲

وسایله‌های آزمایش: لیوان آب، دماسنج، چراغ گاز، وزنهٔ فلزی قلابدار
 شرح آزمایش:

- ۱- در لیوان تا نیمه 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- نتیجهٔ دو آزمایش را با هم مقایسه کنید.
 از این آزمایش‌ها چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

ابن شاطر

علاءالدین ابوالحسن علی بن ابراهیم ملقب به ابن شاطر شاید برجسته‌ترین منجم مسلمان قرن هشتم بوده است. از جزئیات زندگی ابن شاطر اطلاع چندانی در دست نیست. شش سال بیشتر نداشت که پدرش درگذشت و پدرزگرش سرپرستی او را به عهده گرفت و به او هنر کنده کاری روی عاج را آموخت. ابن شاطر حدوداً ده ساله بود که به قاهره و اسکندریه سفر کرد تا علم نجوم را بیاموزد و ظاهراً توجه وی به نجوم و ابزار مربوط به این علم، از همان جا آغاز شد. یکی از کارهای این دانشمند تعیین اوقات نماز از طریق علم نجوم بود. به اسطرلاب و رُبع علاقه داشت و ساعت‌های آفتابی می‌ساخت. مهم‌ترین کار وی در علم نجوم نظریه سیاره‌ای اوست. ابوالحسن تغییرات بدیعی در الگوهای بطلمیوسی وارد کرد. نظریه سیاره‌ای ابن شاطر اولین بار در دهه ۱۲۳۰ هجری شمسی مورد پژوهش قرار گرفت. این پژوهش‌ها نشان می‌داد که الگوهای او از نظر ریاضی با الگوهای کوبرنیکی 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 گرم‌تر پایین می‌آید و این جسم سرد می‌شود و دمای جسم سردتر بالاتر می‌رود و این جسم گرم می‌شود. تغییر دما تا جایی ادامه می‌یابد که دمای دو جسم یکسان شود. این دما را **دمای تعادل** دو جسم می‌نامیم. در این وضعیت می‌گوییم که دو جسم با یکدیگر در **تعادل گرمایی** اند. به عبارت دیگر: جسم‌هایی که در تماس با یکدیگر باشند و دمای آنها تغییر نکنند، در تعادل گرمایی هستند. دمای این جسم‌ها در این حالت، دمای تعادل نامیده می‌شود.



شکل ۲-۴- 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 گرم

اگر از شما خواسته شود که دمای آب درونی ظرفی را بالا ببرید، یعنی آب را گرم کنید، چه می‌کنید؟ به احتمال زیاد ظرف آب را روی یک شعله قرار می‌دهید. این شعله را با مصرف انرژی شیمیایی گاز یا نفت به وجود آورده‌اید. با 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 پایین تر از دمای آب می اندازیم. آیا تغییری در انرژی درونی آب و انرژی درونی جسم رخ می دهد؟ انرژی از کدام جسم به دیگری منتقل می شود؟

اگر همین آزمایش را با جسمی انجام دهیم که دمای آن با آب یکسان باشد، تغییری در دمای جسم و آب روی نمی دهد. یعنی انرژی درونی آب و جسم هر دو ثابت می ماند. در مثال های 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 می شود و از انرژی درونی یکی کاسته و به انرژی درونی دیگری افزوده می شود.

این انرژی را که در اثر وجود اختلاف دما بین دو جسم از یکی به دیگری منتقل می شود **گرما** می نامیم و آن را با Q نشان می دهیم. به این ترتیب می توان گفت:

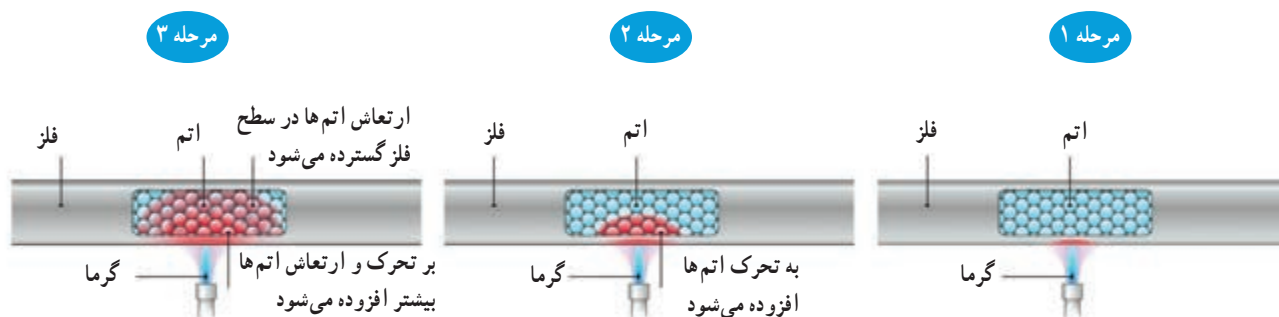
گرما انرژی ای است که به دلیل اختلاف دما بین دو جسم مبادله می شود.

۲-۲ رسانش گرما

اگر یک سر میله فلزی را مطابق شکل ۲-۵ روی شعله نگه دارید، طولی نمی کشد که سر دیگر آن آنقدر داغ می شود که دیگر نمی توانید آن را در دست بگیرید. گرما از سری که روی شعله است به سر دیگر منتقل می شود. انتقال گرما بدین روش را **رسانش گرما** می نامیم. آتش باعث می شود که الکترون های آزاد، که می توانند در فلز رانده شوند، انرژی بگیرند و در برخورد با اتم ها و دیگر الکترون های آزاد انرژی را در میله منتقل کنند. شکل ۲-۶ رسانش گرما را در چنین میله ای نشان می دهد. رسانش گرما در یک جسم به پیوندهای ساختار اتمی یا مولکولی آن جسم بستگی دارد. جامدهایی که از اتم های با یک یا چند الکترون خارجی سست تشکیل شده باشند، گرما را خوب هدایت می کنند. فلزها سست ترین الکترون های خارجی را دارند، که می توانند انرژی را آزادانه از طریق برخورد در فلز منتقل کنند. به همین دلیل، آنها رساناهای بسیار خوب گرما هستند.



شکل ۲-۵- سر میله ای فلزی را در بالای شعله یک اجاق نگه داشته ایم.



شکل ۲-۶- چگونه رسانش گرما در یک میله از دیدگاه اتمی. با برخورد الکترون های آزاد با اتم ها، بر تحرک و ارتعاش اتم ها افزوده می شود.

آزمایش کنید ۳

وسایله‌های آزمایش: چند میله فلزی هم‌اندازه از جنس‌های مختلف، چراغ‌گاز، سه پایه، چوب کبریت و پارافین جامد (یا وازلین)
شرح آزمایش:



- ۱- میله‌ها را مطابق شکل روبه‌رو 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 نتیجه‌گیری کنید.



شکل ۲-۷ از چوب و کائوچو در ساخت دسته قابل‌مهم‌ها استفاده می‌شود.

با انجام این آزمایش مشاهده می‌شود که گرما در میله‌های متفاوت، با آهنگ‌های مختلفی شارش می‌کند (جریان 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 ضعیف‌گرمانند، زیرا الکترون‌های خارجی این مواد دارای پیوند محکمی با اتم‌ها هستند. رساناهای ضعیف گرما را **عایق** می‌نامند. از عایق‌های گرمایی در دسته وسایل 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.

شعابیت ۵

بخار



در دوره راهنمایی برای بررسی رسانایی گرمایی آب، آزمایش نشان داده شده در شکل روبه‌رو 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. درحالی 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 ۴

وسایله‌های آزمایش: المنت (سیم گرماده) سماور برقی، بطری پلاستیکی شفاف، دو عدد تب‌سنج نواری، منبع تغذیه، سیم رابط، لوله پلاستیکی یا کاتوچویی 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- تب‌سنج‌های 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 فروخته شود.
- ۵- پس از مدتی به دماهایی که تب‌سنج‌ها 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 پشمی می‌پوشیم. در واقع این لباس‌ها بسته‌هایی از هوا را بین تارها و منافذهای خود نگه می‌دارند و از آنجا که هوا عایق خوبی برای گرماست، به این ترتیب بدن ما عایق‌بندی گرمایی می‌شود.

پاسخ دهید ۴



- 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 مواجه می‌شویم. دلیل این حالت پرندگان را توضیح دهید.

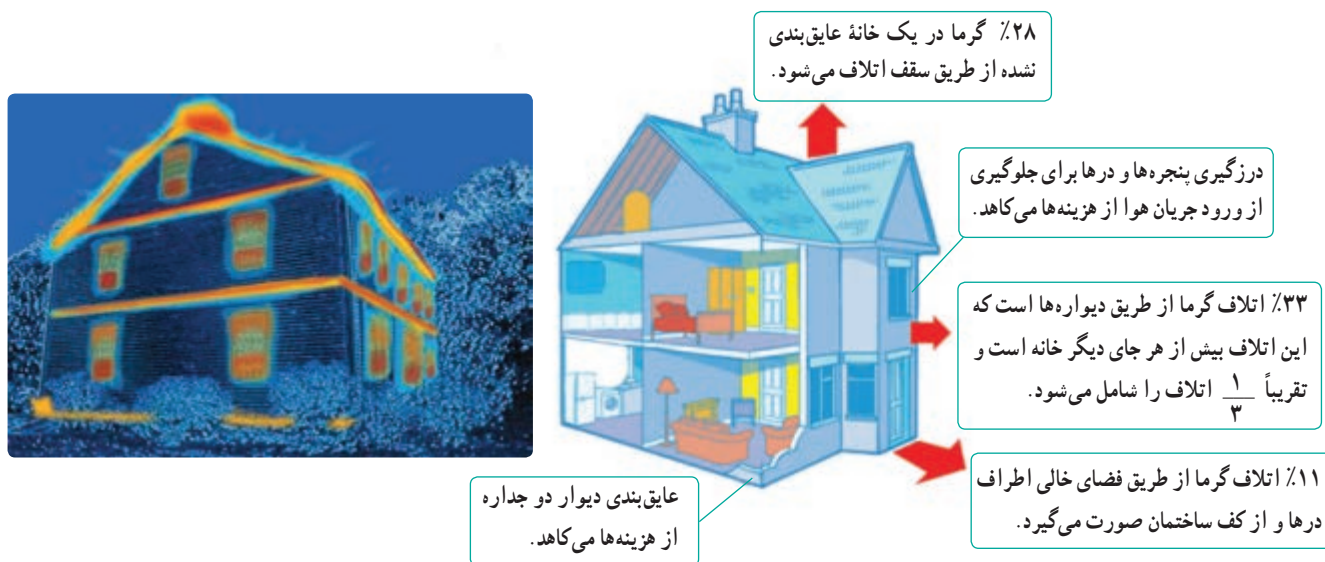
فناوری و کاربرد - چند مورد استفاده از رساناها و نارساناها خوب گرما در خانه

- ۱- شعله‌پخش‌کن، 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 رساناهای خوبی هستند زیرا گرما را به آسانی از شعله به مواد غذایی درون خود می‌رسانند.
- ۳- چوب و کاتوچو عایق‌های خوبی هستند. از آنها در دسته ظرف‌های آشپزخانه استفاده

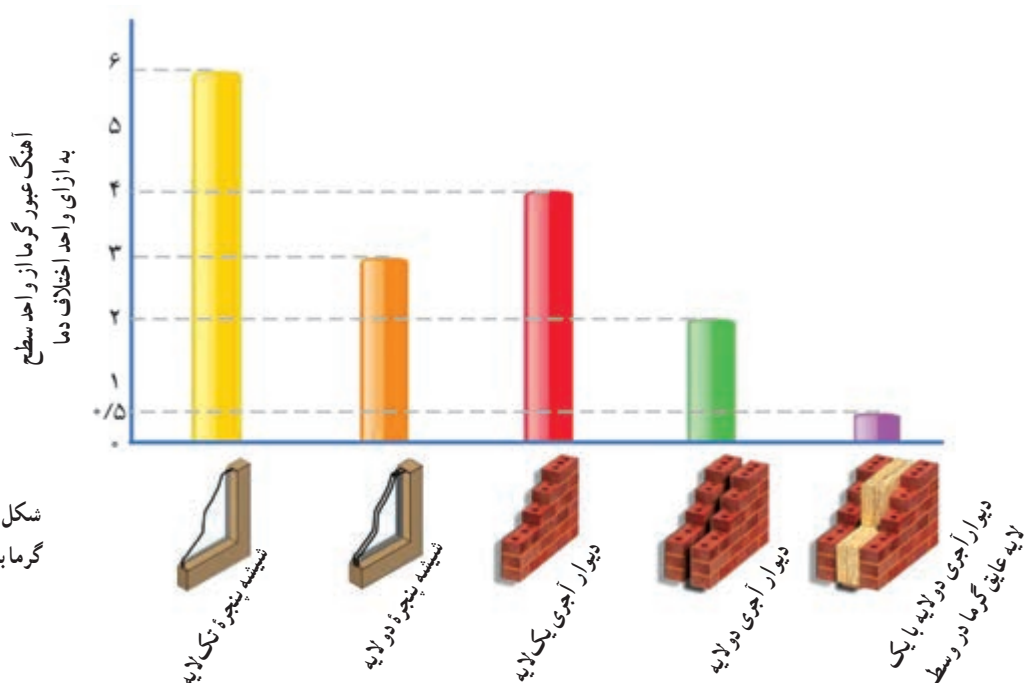
می‌شود. دسته‌های چوبی و کائوچویی قابل‌مۀ حاوی غذای داغ را می‌توانیم به راحتی با دست بگیریم.

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 نشت کند یا به اصطلاح تلف شود. بنابراین اگر سعی شود که در ساختمان خانه‌ها و اماکن عمومی بیشتر از مصالح ساختمانی عایق گرما استفاده شود، صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی صورت می‌گیرد. در تصویر ۲-۸ چگونگی اتلاف انرژی از قسمت‌های مختلف نوعی خاص از یک ساختمان نشان داده شده است.

در نمودار شکل ۲-۹ 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 ۲-۸- اتلاف انرژی در بخش‌های مختلف از یک ساختمان خاص در شکل نشان داده شده است



شکل ۲-۹- مقایسه آهنگ عبور گرما برای سطوح‌های مختلف ساختمان

۲-۵ گرمای ویژه

فرض کنید تکه‌ای گوشت و مقداری سیب زمینی هم اندازه آن را در قابلمه کاملاً پخته باشیم. وقتی گوشت و سیب زمینی را هم‌زمان در بشقاب بگذاریم، پس از گذشت مدت زمان کوتاهی دمای گوشت آنقدر کم می‌شود که آن را می‌توان به راحتی خورد. اما سیب زمینی همچنان داغ و غیرقابل خوردن است. این تجربه‌ها و تجربه‌های مشابه نشان می‌دهد که مواد مختلف برای ذخیره انرژی درونی، ظرفیت‌های مختلفی دارند.

آزمایش کنید ۵

وسایله‌های 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 (θ_1) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.
- ۲- ظرف آب را روی چراغ قرار دهید و زمان لازم برای آنکه دمای آب 2°C افزایش یابد را اندازه بگیرید.
- ۳- مراحل ۱ و ۲ را با ۴/۰ کیلوگرم آب تکرار کنید.
- ۴- زمان‌های اندازه‌گیری شده را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

در این آزمایش، اگر بدانیم که شعله چراغ در هر ثانیه چند ژول گرما به آب می‌دهد، می‌توانیم گرمای داده شده به آب در هر مرحله را حساب کنیم. اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهند برای آنکه دمای مقداری آب به اندازه معینی افزایش یابد، گرمای لازم (Q) متناسب با جرم آب (m) است. یعنی:

$$Q \propto m$$

آزمایش کنید ۶

وسایله‌های 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 (θ_1) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.
- ۲- ظرف آب را روی شعله چراغ قرار دهید و زمان لازم برای آنکه دمای آب 2°C افزایش یابد را اندازه بگیرید.
- ۳- مراحل ۱ و ۲ را برای تغییر دمای 4°C انجام دهید.
- ۴- زمان‌های اندازه‌گیری شده را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهد که گرمای لازم (Q) برای افزایش دمای مقدار معینی آب، با تغییر دمای آن ($\Delta\theta$) متناسب است. یعنی:

$$Q \propto \Delta\theta$$

نتیجه آزمایش‌های ۵ و ۶ را می‌توان به شکل زیر خلاصه کرد:

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

یعنی 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

وسایله‌های 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 (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 با ۲/۰ کیلوگرم روغن مایع خوراکی انجام دهید.

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

جدول ۲-۲- گرمای ویژه چند ماده مختلف

ماده	گرمای ویژه برحسب $\frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$
جامدات	
آلومینیوم	۹۰۰
مس	۳۸۷
بدن انسان (37°C)	۳۵۰۰
یخ (-15°C)	۲۰۰۰
استیل	۴۵۲
سرب	۱۲۸
نقره	۲۳۵
بتون	۸۰۰
گرانیت	۸۰۰
شیشه	۸۵۰
فولاد	۵۰۰
جیوه	۱۵۰
برنج	۳۸۰
مایعات	
الکل اتیلیک	۲۴۵۰
گلیسرین	۲۴۱۰
جیوه	۱۳۹
آب (15°C)	۴۱۸۵
آب دریا	۳۹۰۰

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.

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

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

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 بدهیم تا

یک درجه سلسیوس افزایش دما پیدا کند.

با توجه به رابطه ۱-۲ یکای گرمای ویژه، ژول 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:

$$Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_2 - \theta_1) \quad (2-2)$$

در این رابطه، Q (گرما) 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 گرما از دست می‌دهد نیز درست است. به این ترتیب که اگر دمای θ_2 کمتر از θ_1 باشد، $\theta_2 - \theta_1$ منفی خواهد شد و در نتیجه Q نیز منفی می‌شود. علامت منفی برای Q نشان می‌دهد که جسم گرما 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 گرما از دست داده است؟ جرم هر لیتر آب را 1kg در نظر بگیرید.

پاسخ:

$$\theta_1 = 24^\circ\text{C}, \quad \theta_2 = 4^\circ\text{C}, \quad m = 2\text{kg}, \quad c = 4200\text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

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

علامت منفی نشان می‌دهد که آب گرما 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 کار کند. اگر 196kJ گرما 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 ثانیه گرمایی معادل 10^{-3}J به این قطعه بدهد:

الف) دمای این قطعه در مدت یک ثانیه 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:

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

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

(الف)

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

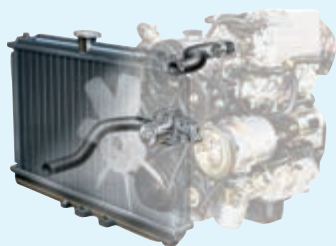
$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{7/4 \times 10^{-3}}{2/3 \times 10^{-5} \times 705} \Rightarrow \Delta\theta = 0/46^{\circ} \text{C}$$

(ب) با این آهنگ افزایش دما، بلور سیلیسیم خواهد سوخت؛ به همین علت، انتقال گرما در ساختن مدارهای الکترونیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین دلیل از فن برای دور کردن هوای گرم از اطراف دستگاه استفاده می‌شود.

شناوری و کاربرد

در جدول ۲-۲ 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 محیط اطراف خود و از اجسامی که با آنها در تماس است دریافت می‌کند. از این خاصیت آب برای گرم کردن فضای خانه‌ها به وسیله شوفاژ استفاده می‌شود. آب گرم شده از مخزن به وسیله پمپ و از طریق لوله‌کشی‌های مربوطه، به رادیاتور می‌رسد. در آنجا در تماس با رادیاتور، که در تماس با هوای سرد است، سرد می‌شود و بخشی از انرژی درونی خود را به رادیاتور می‌دهد و بار دیگر، از طریق لوله‌های برگشت، آب به مخزن بر می‌گردد و در این چرخه باز همین عمل تکرار می‌شود.

شعاعیت ۴



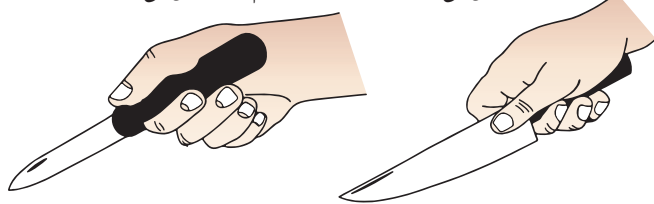
در مورد استفاده از آب در دستگاه خنک‌کننده موتور اتومبیل تحقیق و نتیجه آن را به کلاس ارائه کنید.

۱ پاسخ دهید :

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

۲ پاسخ دهید :

تیغه فلزی این کارت سردتر از
 دسته آن احساس می‌شود.
 دسته پلاستیکی این کارت از تیغه آن
 گرم‌تر احساس می‌شود.



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

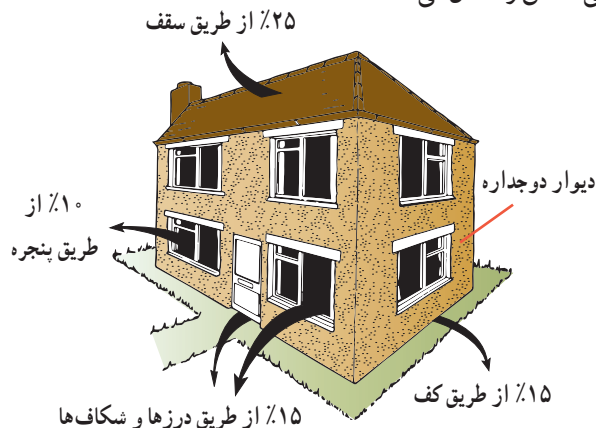
- ۳ تجربه نشان می‌دهد در یک شب سرد زمستانی دمای قسمتی از زمین که برف روی آن است چند درجه سلسیوس بیشتر از دمای زمین بدون برف است. علت را توضیح دهید.

- ۴ با توجه به عکس دمانگاشت یک ساختمان، که در آغاز این فصل آمده است، شما چه پیشنهادی برای کم‌شدن 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 هر مورد توضیح دهید.

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



- الف) چند درصد از کل انرژی تلف شده از طریق دیواره‌های دوجداره بیرون می‌رود؟
 ب) چرا وقتی فاصله جداره‌های دیوار را از پوششی مانند اسفنج پر می‌کنیم، اتلاف انرژی به صورت گرما کاهش پیدا می‌کند؟

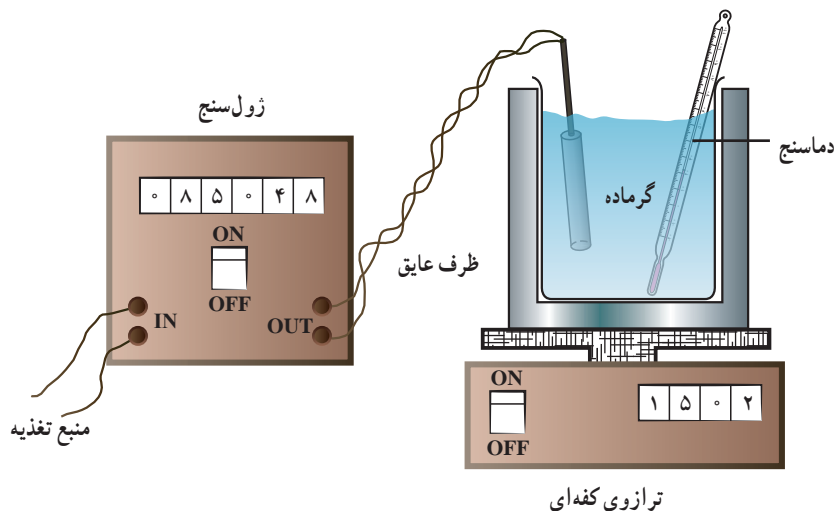
- پ) چرا اتاق‌های شمالی خانه‌های ما ممکن است از اتاق‌هایی که رو به جنوب هستند، خنک‌تر باشد؟
 ت) صاحب خانه قصد دارد که عایق‌بندی منزل را با استفاده از شیشه‌های دوجداره یا عایق‌بندی سقف بهبود بخشد. به نظر

شما کدام عایق بندی در اولویت است؟ شیشه‌های دوجداره یا عایق بندی 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 دریاورید و همزمان مقداری سوپ داغ را در کاسه بریزید چند دقیقه بعد سوپ هنوز دمای مطبوعی دارد درحالی 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 روبه‌رو آزمایشی را نشان می‌دهد که توسط آن می‌توان گرمای ویژه هر مایعی را به‌طور تقریبی اندازه‌گیری کرد (مثلاً آب). چگونگی انجام آزمایش را توضیح دهید. توجه داشته باشید زول سنج می‌تواند گرمای داده‌شده به گرماده الکتریکی را اندازه‌گیری کند. ضمناً فرض کنید تمام گرمای داده‌شده، صرف افزایش دمای آب شده است.

مسئله‌ها

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

۲ در یک مخزن آلومینیومی به جرم 5 kg ، مقداری آب به جرم 50 kg و دمای 20°C وجود دارد. در یک روز گرم و آفتابی، دمای آب و مخزن به 40°C می‌رسد. این مخزن و آب درونش چه مقدار گرما گرفته‌اند؟

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

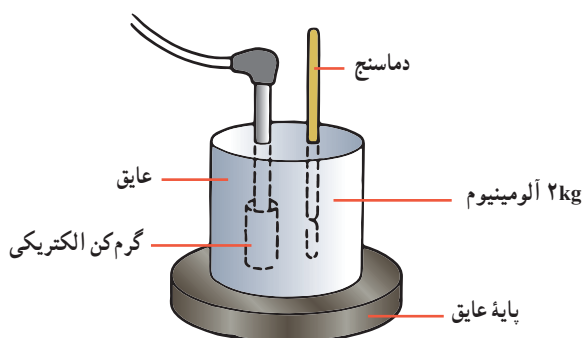
۴ در سیستم خنک‌کننده موتور یک کامیون از 20 لیتر آب استفاده می‌شود. (جرم هر لیتر آب را 1 kg فرض کنید)

الف) اگر در اثر کارکردن موتور کامیون، 84 kJ گرما به 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 به‌طور کامل جایگزین 20 لیتر، آب می‌شود. اگر در

این حالت به ضد یخ 84 kJ گرما بدهیم، دمای آن چه مقدار افزایش می‌یابد؟ (آب $1^\circ\text{C} = 9^\circ\text{C}$ ضد یخ)

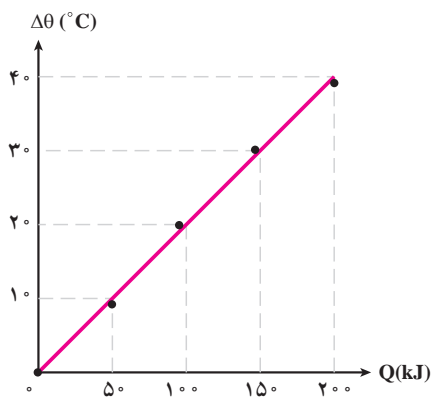
پ) برای خنک کردن موتور، آب بهتر است یا ضد یخ؟ توضیح دهید.



۵ یک گرم کن الکتریکی 100 واتی را درون یک قطعه آلومینیومی 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 آلومینیوم چقدر است؟

۶ در یک برنامه رژیم غذایی ادعا 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 گرما تبدیل و صرف رساندن دمای آب سرد از 7°C به 37°C شود. با استفاده از جدول زیر معین کنید چند لیتر آب سرد 7°C باید بنوشیم تا تأثیر یک همبرگر 100 گرمی و 200 گرم سیب زمینی سرخ شده همراه آن را خنثی کنیم؟

غذا	همبرگر	سیب زمینی
انرژی بر حسب ژول بر کیلوگرم	$8/0 \times 10^6$	$6/0 \times 10^6$



۷ در رابطه $c = Q/m\Delta\theta$ ، اگر جرم آب را 2 برابر کنیم و گرمای داده شده را 4 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 ژول سنج و دمای آن توسط دماسنج اندازه گیری می شود. جرم مایع 2 kg است و نتایج به دست آمده بر روی نمودار روبه 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.

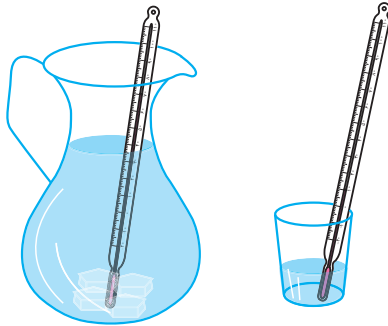
۹ از یک گرم کن الکتریکی به توان 300 W ، برای گرم کردن آب درون یک پارچ شیشه ای به جرم 300 g ، که حاوی 250 g آب 15°C است، استفاده می کنیم. چه مدت طول می کشد تا آب درون پارچ به نقطه جوش (100°C) برسد؟ فرض کنید در تمام لحظه ها، دمای آب و پارچ یکی است و همه گرمای گرم کن صرف افزایش دمای آب و پارچ می شود و گرما به بیرون داده نمی شود. ($c_{\text{پارچ}} = 700\text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$)

۱۰ یک کتری برقی دمای 1 kg آب را مدت 5 دقیقه از 20°C به نقطه جوش می رساند. اگر توان کتری برقی 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 1100 ژول انرژی الکتریکی را به گرما تبدیل می کند. این گرم کن را درون 3 کیلوگرم آب قرار می دهیم. اگر گرم کن 120 ثانیه روشن باشد دمای آب در هریک از حالت های زیر چقدر افزایش می یابد؟

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

ب) 80 درصد گرمایی که گرم کن می دهد به آب داده شود.



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

دماسنج در واقع دمای خودش را نمایش می‌دهد. وقتی دماسنج 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 دماسنج را بدانیم، دمای جسم مورد نظر را خواهیم دانست. دماسنج باید به اندازه‌ای کوچک باشد که دمای جسم مورد اندازه‌گیری را خیلی تغییر ندهد. اگر دمای اتاق را اندازه می‌گیرید، دماسنج شما به اندازه لازم کوچک است. اما اگر دمای یک قطره آب را اندازه می‌گیریم، تماس قطره با دماسنج ممکن است باعث تغییر دمای قطره شود و در نتیجه عددی که دماسنج 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 دماسنج یکسان را در هریک از آنها قرار می‌دهیم. کدام یک از دماسنج‌ها، دمای آب را درست‌تر نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

۲ درون یک قابلمه چدنی که جرم آن با در قابلمه ۲kg است، ۳kg خورش سرد می‌ریزیم و در آن را می‌بندیم و مجموعه را برای گرم کردن روی اجاق برقی قرار می‌دهیم. با توجه به اینکه بیشتر خورش از آب است، الف) تقریباً چه مقدار گرما لازم است تا مجموعه قابلمه و محتویاتش، 8°C گرم‌تر شود؟ ($c_{\text{چدن}} = 460 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$)
ب) اگر توان الکتریکی اجاق 500 W باشد، زمان لازم برای گرم کردن خورش چند دقیقه است؟ فرض کنید تمام انرژی داده شده توسط اجاق سبب گرم شدن قابلمه و خورش می‌شود.

۳ با استفاده از جدول ۲-۲، به سؤال‌های 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 آلومینیوم 20°C و به همان اندازه، نقره 20°C داریم. اگر این دو را در هوای آزاد قرار دهیم، کدام یک گرمای بیشتری به هوا می‌دهد؟ توضیح دهید.

الکتریسیته



آیا می‌دانید در یک آذرفش چند هزار آمپر جریان الکتریکی ایجاد می‌شود؟

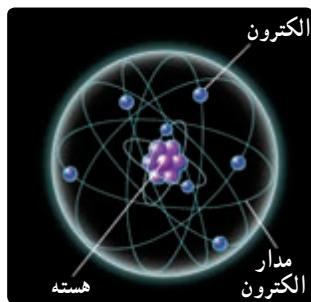


الکتريسيته نامی است که به گستره وسیعی از پدیده‌های الکتریکی، به شکل‌های مختلف، داده می‌شود. این پدیده‌ها تقریباً اساس کار بسیاری از دستگاه‌ها و وسیله‌های پیرامون ما را تشکیل می‌دهند. از آذرخش در آسمان گرفته تا درخشش لامپ، از آنچه اتم‌ها را به شکل مولکول به هم پیوند می‌دهد تا پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب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

در شکل ۱-۳ چند وسیله الکتریکی می‌بینید؟

در این فصل ضمن یادآوری مطالب الکتريسيته 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



شکل ۱-۳-۲ در اتم خنثی تعداد پروتون‌های هسته با تعداد الکترون‌ها برابر است.

در علوم تجربی دوره راهنمایی دیدیم که اتم از دو قسمت، هسته و الکترون‌ها، تشکیل شده است (شکل ۱-۳-۲). هسته فضای بسیار کوچکی از اتم را اشغال می‌کند و الکترون‌ها در فاصله نسبتاً دوری از هسته به دور آن می‌چرخند. قطر اتم تقریباً $10^8,000$ 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 الکترون 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 الکترون یا پروتون را با e نشان می‌دهیم. میلیکان با آزمایش، مقدار بار الکتریکی هر الکترون را اندازه‌گیری و مقدار آن را $1.6 \times 10^{-19} C$ گزارش کرد.

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

بنابراین، بار الکتریکی الکترون 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 الکترون از یکی به دیگری منتقل می‌شود. در نتیجه،

جسمی که الکترون از دست می‌دهد، تعداد الکترون‌هایش کمتر از تعداد پروتون‌های آن می‌شود و بار الکتریکی آن مثبت می‌شود و برعکس، جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند، تعداد الکترون‌هایش بیشتر از پروتون‌هایش 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 بدهیم، بار الکتریکی جسم $-ne$ می‌شود. درحالی که اگر از جسم خنثی n الکترون بگیریم، بار الکتریکی آن $+ne$ می‌شود. بار الکتریکی جسم را با q نشان می‌دهیم. بنابراین:

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

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

آزمایش کنید ۱

وسایله‌های 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 داده‌اید 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.

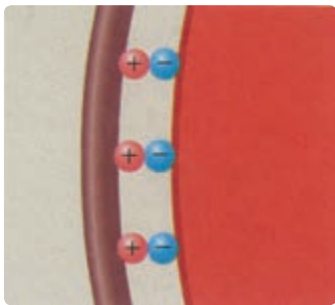


از آزمایش‌هایی شبیه آنچه انجام دادید نتیجه می‌گیریم که اجسام با بارهای هم‌نام یکدیگر را می‌رانند و اجسام با بارهای ناهم‌نام یکدیگر را می‌ریابند.

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 سلوفان معمولاً به خوبی دارای بار

الکتریکی می‌شود.

الکتریسیته



شکل ۳-۳- تار مو و شانه پلاستیکی یا بادکنک که در مالش با هم بارهای ناهمنام پیدا کرده اند و یکدیگر را می ربایند.

وقتی موهای تمیز و خشک خود را با شانه پلاستیکی تمیز و خشک شانه می کنید، موها به دنبال شانه بلند می شود.

در این پدیده، تعدادی الکترون از مو سر به شانه منتقل می شود، شانه بار منفی و مو سر بار مثبت پیدا می کند (شکل ۳-۳). می دانیم بارهای ناهمنام یکدیگر را می ربایند، بنابراین مو سر جذب شانه می شود و به دنبال شانه بلند می شود.

پاسخ دهید ۱

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

تمرین ۱

- ۱- برای آنکه در جسمی خنثی بار الکتریکی $6/4$ نانوکولن ($+6/4 \times 10^{-9} \text{C}$) ایجاد شود، چه تعداد الکترون باید از آن گرفته شود؟
- ۲- به تعداد پروتون های موجود در هسته اتم، عدد اتمی گفته می شود و آن را با Z نشان می دهند. 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 می توانیم برحسب قابلیت حرکت بار در آنها دسته بندی کنیم. رسانا ماده ای است که بار می تواند به آزادی در آن حرکت کند. فلزات (مانند سیم مسی یک لامپ معمولی)، بدن انسان و آب (ناخالص) مثال هایی از این دسته هستند.

برقراری جریان الکتریکی در فلزها آسان است، زیرا یک یا چند الکترون پوسته خارجی اتم های فلز، به هسته اتم خاصی وابسته نیست؛ بلکه می تواند آزادانه در ماده حرکت کنند. به این الکترون ها که به آسانی می توانند درون جسم جابه جا شوند، الکترون آزاد می گویند.

هر فلز، به همان دلیلی که رسانای خوب گرما است، رسانای الکتریکی خوبی هم هست. زیرا الکترون های پوسته خارجی اتم های آن سست اند.

الکترون های برخی مواد دیگر - مثلاً لاستیک و شیشه - پیوند محکمی با اتم ها دارند و هر الکترون به اتمی خاص تعلق دارد. آنها نمی توانند بین اتم های 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 می نامند.

پاسخ دهید ۲

- 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 بارالکتریکی در محل ایجاد شده باقی می‌ماند.
پ) نیرویی که بارهای الکتریکی هم‌نوع بر یکدیگر وارد می‌کنند و نیرویی که بارهای الکتریکی غیر هم‌نوع 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 ۲

می‌دانیم که تعداد الکترون‌های آزاد موجود در رساناها بسیار زیاد است. به‌عنوان مثال در یک ساعتی مترمکعب مس 9×10^{22} الکترون آزاد وجود دارد. آیا بزرگی این عدد را می‌توانید تصور کنید؟ برای آنکه به بزرگی این عدد پی ببرید، فرض کنید بخواهید این تعداد الکترون را بشمارید. شما در هر ثانیه قادر به شمارش چه تعداد الکترون هستید؟ ۲، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ... 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 ساعتی مترمکعب مس را بشمارید؟ برای محاسبه یک سال را تقریباً 3×10^7 ثانیه در نظر بگیرید.

میله پلاستیکی

پارچه پشمی



۳-۴ پایستگی بار الکتریکی

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 ۳-۴). 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 ساده شده‌ای از قانون پایستگی بار الکتریکی است.

شکل ۳-۴- 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 - نانوکولن $(-128 \times 10^{-9} \text{C})$ 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. $(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{C})$

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 + نانوکولن می‌شود.

$$n = 8 \times 10^{11}, q = ne \Rightarrow 128 \times 10^{-9} = n \times (1/6 \times 10^{-19}) \quad \text{ب)}$$

۳-۵ الفای 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 الکترون 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 ۲

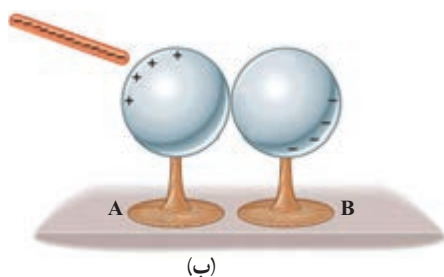
وسایله‌های آزمایش: دو کره فلزی با پایه‌های نارسانا، میله پلاستیکی، میله شیشه‌ای، پارچه پشمی، پارچه ابریشمی و الکتروسکوپ

شرح آزمایش:

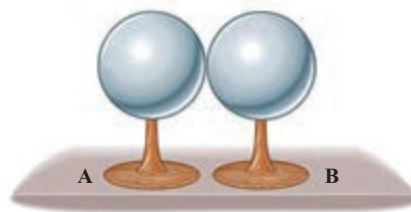
۱- دو کره فلزی را که روی پایه‌های نارسانا قرار دارند مطابق شکل الف در تماس با یکدیگر قرار دهید و با تماس دست به آنها مطمئن شوید که بدون بار الکتریکی اند.

۲- یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهید.

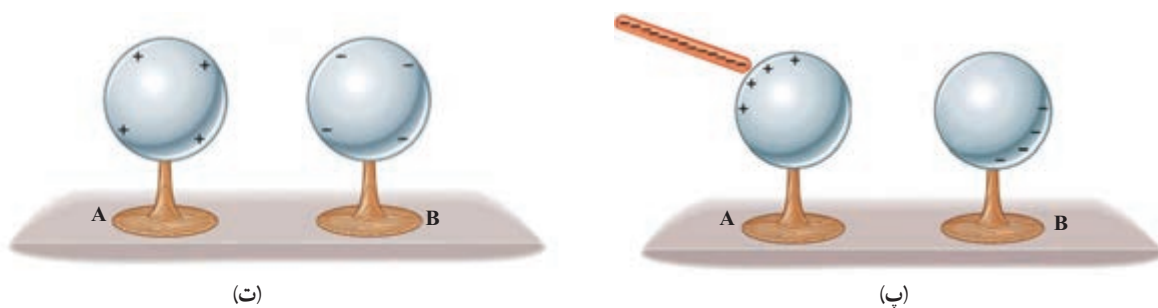
۳- مطابق شکل ب میله پلاستیکی را به کره A نزدیک کنید.



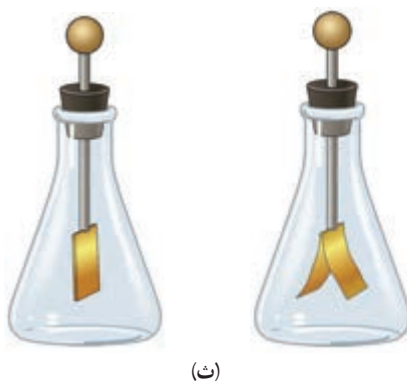
(ب)



(الف)



- ۴- بدون آنکه مکان میله پلاستیکی را جابه‌جا کنید، پایه نارسنای 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 بدهید (شکل ث).



- ۷- هریک از کره‌های A و B را به الکتروسکوپ نزدیک 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 نزدیک‌تر 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 **الفای 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؟

فعالیت ۲

- 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 هم‌اندازه، رسانا و باردار را با یکدیگر مقایسه کرد؟

فعالیت ۳

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 پی 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 بیشتر موارد، قسمت پایین ابر (نزدیک زمین) دارای بار منفی و قسمت بالای آن دارای بار مثبت می‌شود. اگر دو ابر چنان به هم نزدیک شوند که قسمت‌هایی از آنها که دارای بارهای ناهمنام است، نزدیک 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 می‌کند و بین ابر و زمین تخلیه الکتریکی رخ می‌دهد.

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 میله فلزی 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 رخ 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).



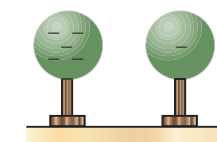
شکل ۳-۷- برق‌گیر، ساختمان را از خطر برخورد آذرخش حفظ می‌کند.



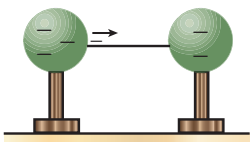
- ۱- با دمپایی پلاستیکی تمیز و خشک روی فرش طوری راه بروید که کف دمپایی روی فرش مالش داده شود. سپس با نوک انگشت خود، یک جسم فلزی یا دست دوست خود را لمس کنید. چه اتفاقی می افتد؟ علت را توضیح دهید.
- ۲- چرا زیر تانکرهای مخصوص حمل سوخت، زنجیر فلزی آویزان می کنند؟

- ۱- هواپیماها هنگام حرکت دارای بار الکتریکی می شوند. برای تخلیه بار الکتریکی آنها چه تدبیری به کار برده می شود؟
- ۲- در صنعت برای رنگ کردن بدنه خودرو، دو چرخه، موتور سیکلت و ... از روش رنگ کردن الکترواستاتیکی استفاده می شود. در مورد این روش تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

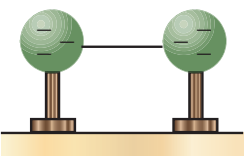
۳-۶ اختلاف پتانسیل الکتریکی



الف) کره‌ها اتصال ندارند.



ب) کره‌ها با سیم به هم وصل شده‌اند.

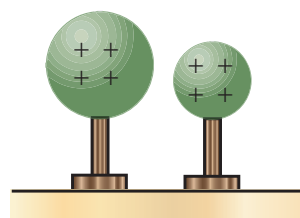


پ) پس از مدتی شارش بار قطع و بار کره‌ها مساوی می شود.

شکل ۳-۸

دو کره رسانای یکسان را که روی پایه عایق نصب شده‌اند در نظر بگیرید. فرض کنید هر دو دارای بار الکتریکی منفی باشند، اما مقدار بار الکتریکی یکی از آنها از دیگری بیشتر باشد (شکل ۳-۸ الف). اگر کره‌ها 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 اندازه‌های 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 شعاع‌های 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 کره‌ها به تنهایی نمی تواند عامل تعیین کننده شارش بار باشد، بلکه اندازه کره‌ها 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.

همان گونه 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 بار الکتریکی از یک جسم به جسم دیگر است.

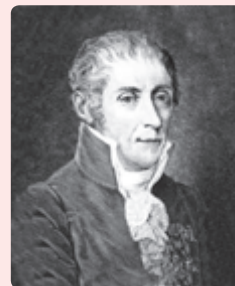
در شکل ۳-۸ اختلاف مقدار بار در دو کره یکسان و در شکل ۳-۹ تفاوت شعاع دو کره سبب اختلاف پتانسیل الکتریکی بین کره‌ها شده است.

همان گونه 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 ۳-۱۰) عددهایی نوشته شده است که مربوط به شرایط کار دستگاه و ویژگی‌های آن است. یکی از این عددها برحسب ولت است و اختلاف پتانسیل لازم برای کار دستگاه است. وقتی روی یک لامپ عدد ۲۲۰V 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 ببیند 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.



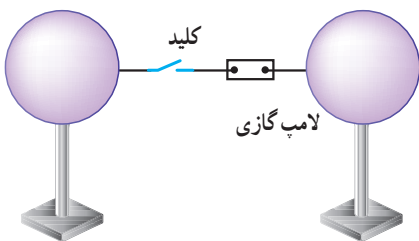
آلساندرو ولتا

فیزیکدان ایتالیایی در ۱۸ فوریه ۱۷۴۵ م. (۱۱۲۳ ه.ش) به دنیا آمد و در ۵ مارس ۱۸۲۷ م. (۱۲۰۵ ه.ش) درگذشت. بیشترین شهرتش به خاطر اختراع باتری در سال ۱۸۰۰ م. (۱۱۷۹ ه.ش) بود. او پیش از فیزیک، نخست به مطالعه علم شیمی و به خصوص شیمی گازها پرداخت و گاز متان 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 ۳-۸ مطرح می‌کنیم که آیا شارش بار الکتریکی از یک کره به کره دیگر، همواره ادامه دارد یا پس از مدتی قطع می‌شود؟

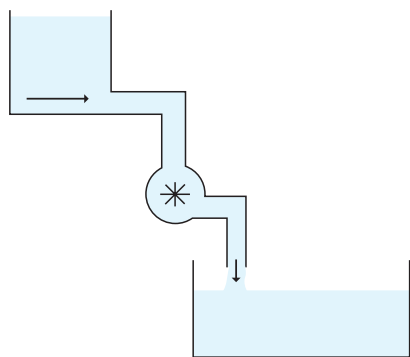
آزمایش کنید ۳

وسایلهای 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

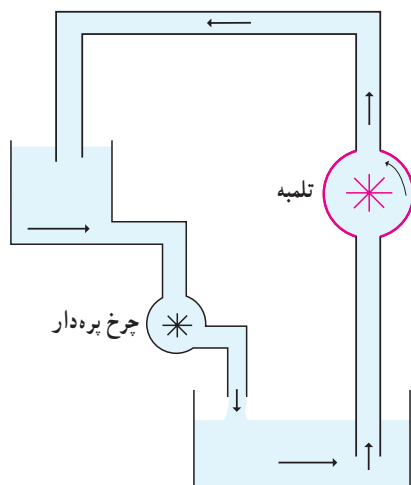


شرح آزمایش:

- ۱- کره‌ها، لامپ گازی و کلید را مطابق شکل روبه‌رو 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 ۳-۱۱- جریان آب دائمی نیست.



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

از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که شارش بار الکتریکی میان دو کره دائمی نیست. همان‌طور که در دو ظرف آب مرتبط با هم وقتی جریان آب قطع می‌شود، سطح آب دو ظرف هم‌تراز است، و همان‌طور که شارش گرما بین جسم گرم و جسم سرد تا زمانی ادامه دارد که دو جسم هم‌دما شوند بین کره‌های باردار موردنظر نیز هنگامی که شارش بار الکتریکی قطع شود اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود ندارد.

اگر بخواهیم شارش بار الکتریکی بین 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 ۳-۱۱)، 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 بالایی منتقل کنیم (شکل ۳-۱۲).

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

همان طور که کار کردن تلمبه، جریان پیوسته آب را بین دو ظرف ایجاد می کند، برای آن که شارش بار الکتریکی از یک کره به کره دیگر ادامه یابد نیز باید وسیله ای نظیر تلمبه 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 ۳-۱۳) در دوره راهنمایی 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 **ولتسنج** (شکل ۳-۱۴) اندازه می گیریم.



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



شکل ۳-۱۴- با ولتسنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد، یا دو نقطه از مدار را اندازه می گیریم.

فعالیت ۵

مولد الکتریکی بسازید

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

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 بغلتانید. 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 ولتسنج وصل کنید، می توانید ولتاژ آن را، که برابر عددی است که ولتسنج 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.



توصیه می‌شود که باتری‌ها را در جاهای خشک و خنک نگه‌داریم، مثلاً در مواقعی که از باتری استفاده نمی‌کنیم بهتر است آن را در یخچال بگذاریم.

فعالیت ۶



در شکل روبه‌رو تصویر چند نوع باتری آمده است. شما هم باتری‌های زیادی شبیه این باتری‌ها را می‌شناسید. چند نمونه از باتری‌هایی که می‌شناسید را از نظر ولتاژ، اجزای سازنده، شارژپذیری و ... در گروه خود مقایسه و نتیجه را به صورت یک جدول تنظیم و گزارش کنید.

فعالیت ۷

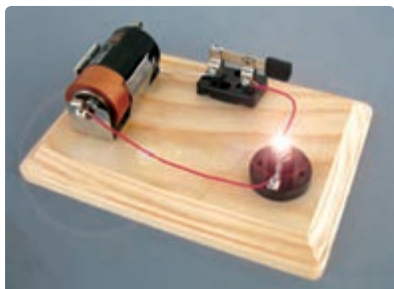


می‌خواهیم با یک باتری قلمی ۱/۵ ولتی، یک قطعه سیم و یک لامپ ۱/۵ ولتی، لامپ را روشن کنیم. توضیح دهید در هر یک از شکل‌های روبه‌رو لامپ روشن می‌شود یا نه.

۳-۸ مدار الکتریکی

وقتی کلید چراغ‌قوه را وصل می‌کنیم لامپ آن روشن می‌شود. آیا تاکنون به ساختمان داخلی چراغ‌قوه توجه کرده‌اید؟ آیا به ساز و کار روشن شدن لامپ چراغ‌قوه فکر کرده‌اید؟

آزمایش کنید ۴

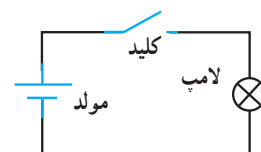


وسایله‌های آزمایش: لامپ ۱/۵ ولتی، باتری ۱/۵ ولتی، کلید قطع و وصل و مقداری سیم رابط
شرح آزمایش: مطابق شکل روبه‌رو لامپ، باتری و کلید را با سیم‌های رابط به هم وصل کنید. وقتی کلید را می‌بندید، چه اتفاقی می‌افتد که لامپ روشن می‌شود؟

جدول ۳-۲- نمادهای اجزای مدار

کلید	
مقاومت	
آمپرسنج	
مولد	
ولتسنج	
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 ۳-۱۵ 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 $\text{—}\otimes\text{—}$ و کلید را با نماد $\text{—}\diagup\text{—}$ نشان می‌دهیم.



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

فعالیت ۸



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

فعالیت ۹



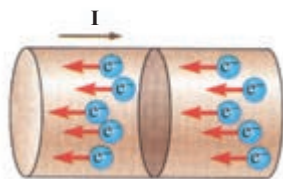
اجزای تشکیل‌دهنده دو شکل را با هم مقایسه کنید.

۹-۳ جریان الکتریکی

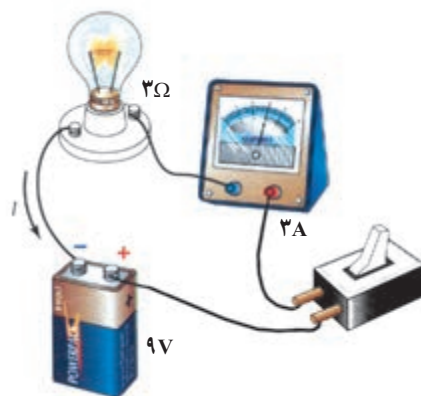
در مدار الکتریکی نشان داده شده در شکل ۳-۱۶ با وصل کردن کلید، بارهای الکتریکی در مدار شارش می‌کنند. در این حالت اگر مقطعی فرضی در مدار (شکل ۳-۱۷) را در نظر بگیریم، در مدت زمان (بازه زمانی) t بار الکتریکی q از این مقطع شارش می‌کند. بنا به تعریف **آهنگ شارش بار الکتریکی از هر مقطع مدار را جریان الکتریکی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

$$I = \frac{q}{t} \quad (۳-۲)$$

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



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



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



آندره ماری آمپر

فیزیکدان و ریاضیدان فرانسوی در ۲۰ ژانویه ۱۷۷۵ م. (۱۱۵۴ ه.ش) به دنیا آمد و در ۱۰ ژوئن 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 الکتريسيته و مغناطيس کرد و کتاب‌های زیادی در این باره نگاشت. او را می‌توان یکی از بانیان اصلی علم الکترومغناطيس کلاسیک انگاشت. همچنین از او به عنوان مخترع گالوانومتر یاد می‌شود. در سال ۱۸۸۱ م. (۱۲۶۰ ه.ش) یکای جریان الکتريکی به افتخار او، آمپر نامیده شد.

یکای جریان الکتريکی (I) نیز به پاس کارهای آندره ماری آمپر، فیزیکدان فرانسوی، آمپر (A) نامیده می‌شود. طبق قرارداد، جهت جریان الکتريکی 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 الکتريکی از آمپرسنج استفاده می‌کنیم و آن را به‌طور متوالی در مدار قرار می‌دهیم. برخی از مقادیر جریان‌های الکتريکی در جدول ۳-۳ آمده است.

جدول ۳-۳- مرتبه بزرگی برخی جریان‌های الکتريکی در زندگی روزمره

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

مثال ۲



در چراغ جلوی خودروی نشان داده شده در شکل، جریان $8A$ 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:

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

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

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

تمرین ۳

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

فعالیت ۱۰



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، انباشته نشدن بار در سیم‌ها و اجزای مدار، و تعریف جریان الکتریکی توضیح دهید.

۳-۱۰ 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



(الف)



(ب)

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

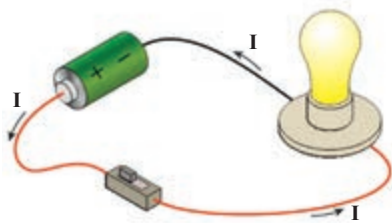
شرح آزمایش:

- ۱- باتری ۱/۵ ولتی، لامپ ۱/۵ ولتی و آمپرسنج را مطابق شکل الف به هم ببندید.
- ۲- کلید را وصل کنید و عددی را که آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید.
- ۳- مدار شکل ب را ببندید، 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، سرپیچ و آمپرسنج و مقداری کافی سیم رابط در اختیار دارید دو آزمایش را همزمان انجام دهید تا بتوانید عدد آمپرسنج‌ها و نور لامپ‌ها را با هم مقایسه کنید. علت تفاوت نور لامپ‌ها در دو آزمایش چیست؟ به دستگاه اندازه‌گیری نشان داده شده در این تصاویر **مولتی‌متر** می‌گویید، یعنی دستگاهی که می‌تواند چند کمیت مختلف (ولتاژ، جریان، مقاومت، دما و...) را اندازه بگیرد. 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 نوسان اند، 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 با 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 میله‌هاست. 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:



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

$$R = \frac{V}{I} \quad (۳-۳)$$

۱ - George Simon ohm



جرج سیمون اهم

فیزیکدان و ریاضیدان آلمانی

در ۱۶ مارس ۱۷۸۹ م.

(۱۱۶۷ ه.ش) به دنیا آمد

و در ۶ جولای ۱۸۵۴ م.

(۱۲۳۳ ه.ش) درگذشت. هنگامی که او معلم

فیزیک بود شروع به تحقیق با پیل الکتروشیمیایی

ولتا کرد. اهم به رابطه مستقیم بین اختلاف پتانسیل

دو سر رسانا و جریان الکتریکی عبوری از آن پی برد که

از آن زمان به نام قانون اهم معروف شد، هرچند بعداً

دریافتند که بسیاری از مواد از آن تبعیت نمی‌کنند.

او در زمینه آکوستیک نیز دستی بر آتش داشت و

برای صوت‌های موسیقی قانونی را ارائه کرد اما

بعداً معلوم شد که با واقعیت تطابق ندارد. یکای SI

مقاومت الکتریکی، به افتخار او **اهم** خوانده 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** نام گذاری شده است و با نماد Ω نشان داده می شود.

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 شده ایم، می توانیم ساز و کار روشن شدن لامپ را شرح دهیم. هنگامی که پایانه های یک باتری را به دو سر یک رسانا (لامپ) وصل می کنیم (شکل ۳-۱۸)، باتری بین دو سر رسانا اختلاف پتانسیل ثابتی برقرار می کند. این اختلاف پتانسیل باعث شارش بار الکتریکی در مدار می شود. با شارش بار الکتریکی و ایجاد جریان الکتریکی در مدار، انرژی الکتریکی از باتری به لامپ می رسد و لامپ روشن می شود.

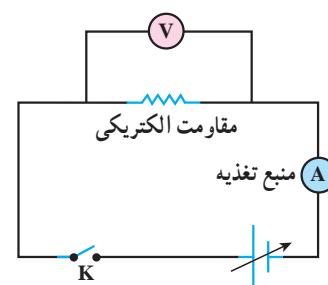


الف) شکل واقعی مدار

۳-۱۱ قانون اهم

تاکنون متوجه شده اید که اگر به دو سر یک رسانا، اختلاف پتانسیلی اعمال کنیم، در آن رسانا جریان الکتریکی برقرار می شود. از طرف دیگر، رسانا در مقابل جریان الکتریکی، از خود مقاومت نشان می دهد.

مطابق شکل ۳-۱۹ یک مقاومت الکتریکی را به آمپرسنج، ولت سنج و منبع تغذیه (دستگاهی که با آن می توان اختلاف پتانسیل های مختلفی را در دو سر مدار برقرار کرد) می بندیم. آمپرسنج به طور متوالی در مدار قرار گرفته و ولت سنج به طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است. پس از وصل شدن کلید، جریان الکتریکی از مدار می گذرد. ولت سنج که به طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را نشان می دهد و آمپرسنج جریانی را که از مقاومت می گذرد مشخص می کند. اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را به کمک منبع تغذیه تغییر می دهیم و در هر نوبت، جریانی که از مقاومت می گذرد و اختلاف پتانسیل دو سر آن را با آمپرسنج و ولت سنج اندازه می گیریم و نتیجه آزمایش را وارد می کنیم. برای یک رسانای فلزی خاص به نتایج جدول ۳-۴ می رسمیم.



ب) شکل مدار با استفاده از نمادهای مداری

شکل ۳-۱۹ مدار آزمایش قانون اهم

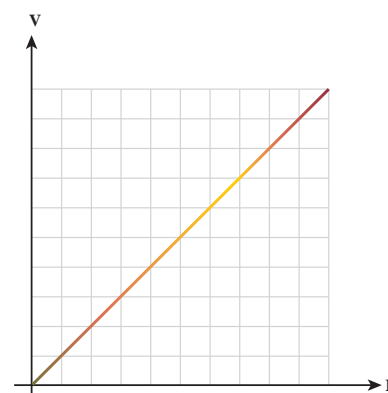
جدول ۳-۴

۴/۵	۳/۵	۲/۲	۰/۸	اختلاف پتانسیلی که ولت سنج نشان می دهد (V بر حسب ولت)
۰/۸۸	۰/۷۰	۰/۴۳	۰/۱۶	جریانی که آمپرسنج نشان می دهد (I بر حسب آمپر)
۵/۱	۵/۰	۵/۱	۵/۰	نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به جریان عبوری از آن

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

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

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



شکل ۳-۲۰ برای یک رسانای فلزی و در دمای ثابت، با تغییر دادن V ، I نیز خودبه خود طوری تغییر می کند که $\frac{V}{I}$ بدون تغییر می ماند.

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

قانون اهم : در دمای ثابت نسبت اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانا به جریانی که از آن می‌گذرد، یعنی مقاومت الکتریکی رسانا، مقدار ثابتی است.

گرچه قانون اهم برای رساناهای فلزی و نیز برای برخی از رساناهای نافلزی (مانند کربن) برقرار است، ولی بیشتر وسایل الکترونیکی امروزی مانند تلویزیون و رایانه از قطعاتی تشکیل شده‌اند که از قانون اهم پیروی نمی‌کنند، یعنی نمودار جریان برحسب ولتاژ آنها، خطی نیست.

مثال ۳

مقاومت رشته لامپ یک چراغ قوه $7/5 \Omega$ است. دو باتری این چراغ قوه، هر کدام $1/5 V$ هستند (مانند چراغ قوه نشان داده شده در فعالیت ۸). وقتی چراغ قوه را روشن می‌کنیم. چه جریانی از آن می‌گذرد؟

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

پاسخ:

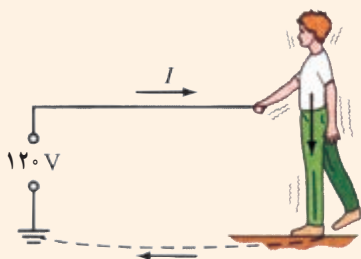
با استفاده از رابطه (۳-۳) نتیجه می‌گیریم که :

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow 7/5 = \frac{3}{I} \Rightarrow I = 0/4A$$

تمرین ۴

مقاومت بدن انسان که بستگی به وضعیت آن دارد، از حدود 100Ω (وقتی خیس باشد) تا حدود $500,000 \Omega$ (وقتی پوست کاملاً خشک باشد) تغییر می‌کند. در حالتی که با انگشتان خشک به دو قطب یک باتری دست بزنیم و با دستان خود مدار کاملی به وجود آوریم، مقاومت بدن حدود $100,000 \Omega$ است. در این حالت جریان حاصل از اختلاف پتانسیل $12V$ را معمولاً حس نمی‌کنیم. اما اگر این اختلاف پتانسیل به $24V$ برسد. بدنمان گزگز می‌نماید.

اثر جریان‌های الکتریکی بر بدن



اثر	جریان
جریان حس نمی‌شود.	کمتر از $1mA$
احساس سوزش یا گرمای شدید	$1mA$
انقباض غیرعادی عضله‌ها، احساس درد	$1mA$ تا $10mA$
از دست رفتن کنترل عضله‌ها	$15mA$
اگر از قلب بگذرد، سبب اختلال جدی می‌شود.	$70mA$
برش عضله بطنی قلب	$10mA$ تا $50mA$
ایست قلبی، اگر جریان سریع قطع شود، قلب مجدداً به کار می‌افتد.	$50mA$ 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 ۱۲ 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 یکی از پاک‌ترین انرژی‌هاست 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 هزینه کم، از محل تولید به محل مصرف منتقل کرد (شکل ۳-۲۱). به همین علت استفاده از آن به‌طور وسیع و چشم‌گیری مورد توجه قرار گرفته است. اگر در محل کار و زندگی به پیرامون خود نگاه کنید، تعداد زیادی وسیله‌های الکتریکی می‌بینید (شکل ۳-۲۲) 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 مورد نظر تبدیل و باعث بالا رفتن دمای آن می‌شود.



شکل ۳-۲۱- انرژی الکتریکی آسان‌تر و با صرف هزینه کمتر، نسبت به سوخت‌های فسیلی، به محل مصرف منتقل می‌شود.



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

فعالیت II

وسيله	انرژی	نورانی	مکانیکی	صوتی	گرمایی
لامپ		+			+
اتو					
پنکه					
یخچال					
تلویزیون					
.....					

فهرستی از وسیله‌های الکتریکی که در منزل دارید، مانند لامپ، اتو، پنکه، یخچال، تلویزیون و... در جدول روبه‌رو 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 به‌صورت انرژی نورانی تابش می‌کند (شکل ۳-۲۳). امروزه استفاده از این لامپ‌ها به دلیل مصرف زیاد انرژی الکتریکی و بازدهی نورانی کم، رایج نیست.

الکتريسته



شکل ۳-۲۳ در لامپ‌های رشته‌ای، انرژی الکتریکی، بیشتر به انرژی گرمایی و کمتر به انرژی نورانی تبدیل می‌شود.

هنگامی که یک سماور برقی را به برق وصل می‌کنید، جریان الکتریکی از رشته گرم‌کن (المنت حرارتی) درون آن می‌گذرد و با افزایش دما و انرژی درونی این رشته، دمای سماور و آب درون آن نیز افزایش می‌یابد.

آزمایش نشان می‌دهد که انرژی الکتریکی مصرف شده (تبدیل شده) در یک رسانا به علت عبور جریان الکتریکی از آن به عامل‌های 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 می‌شود.

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:

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

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

مثال ۴



مقاومت قسمت گرماده یک کتری برقی $50^\circ\Omega$ اهم است. وقتی آن را به برق وصل می‌کنیم جریان $4A$ از آن می‌گذرد. انرژی الکتریکی مصرفی کتری در مدت ده دقیقه را حساب کنید.

پاسخ:

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

با استفاده از رابطه ۳-۴ خواهیم داشت:

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

۳-۱۳ توان الکتریکی مصرفی در رسانا

در بخش اختلاف پتانسیل الکتریکی (بخش ۳-۶)، یادآور شدیم که روی وسیله‌های الکتریکی مانند لامپ روشنایی یا اتوی برقی برخی اعداد مربوط به شرایط کار دستگاه را می‌نویسند. یکی از این اعداد، اختلاف پتانسیل مناسب برای کار کردن دستگاه است که برحسب ولت (V) بیان می‌شود. عدد دیگر مربوط به کمیتی به نام **توان الکتریکی مصرفی** دستگاه است که در ادامه درباره آن بحث می‌کنیم.

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. بنا به این تعریف توان الکتریکی مصرفی یک رسانا برابر است با:

$$P = \frac{U}{t} \quad (۵-۳)$$

در این رابطه U انرژی الکتریکی مصرفی دستگاه بر حسب ژول (J) و t مدت زمان مصرف انرژی بر حسب 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. بنا به رابطه ۵-۳ با معلوم بودن توان الکتریکی مصرفی دستگاه می‌توانیم انرژی الکتریکی مصرفی آن را در هر بازه زمانی حساب کنیم.

$$P = \frac{RI^2 t}{t} \quad \text{با توجه به رابطه‌های ۴-۳ و ۵-۳ می‌توان نوشت:}$$

و در نتیجه:

$$P = RI^2 \quad (۶-۳)$$

در این رابطه، P توان مصرفی رسانا بر حسب وات (W)، R مقاومت رسانا بر حسب اهم (Ω) و I جریان الکتریکی رسانا بر حسب آمپر (A) است. با توجه به تعریف مقاومت، رابطه ۶-۳ را می‌توان به صورت زیر نوشت:

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

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (۷-۳)$$

در این رابطه P توان الکتریکی مصرفی رسانا بر حسب وات (W)، V اختلاف پتانسیل دو سر رسانا بر حسب ولت (V) و R مقاومت رسانا بر حسب 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 بر روی 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. (۱۱۱۵ ه.ش) به دنیا آمد و در ۲۵ آگوست ۱۸۱۹ م. (۱۱۹۹ ه.ش) درگذشت. مهم‌ترین کار او اصلاح ماشین بخار نیوکامن^۲ است که تحول بزرگی در صنایع به وجود آورد. پس از تجاری‌سازی این اختراع، وی به ثروت زیادی دست یافت. البته او تا زمان مرگ دست به اختراعات متنوع دیگری نیز زد که هیچ کدام به پای اختراع ماشین بخار او نرسید. یکای توان در SI به افتخار او **وات** نامیده می‌شود.

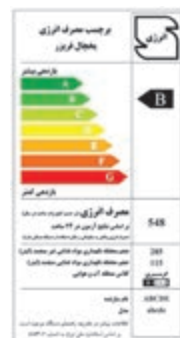
^۱ - James Watt

^۲ - Newcomen

شرکت توزیع نیروی برق ایوان بزرگ				
شرح	تاریخ	میان بار	اوج بار	کم بار
فراتر کنونی:	۹۲۱۰۵/۲۲۹	۲۲۹۸	.	۹۲.۳
فراتر پیشین:	۹۲۸۳/۲۲۹	۲۳۵۰	.	.
(kWh)	۱۴۸	.	.	.
مصرف کل شهر: ۱۴۸ مئوسد مصرف ۳۰ روزه ۷۱۶۱ تعداد روز شهر: ۲۴				
بده های مصرف ۳۰ روزه تاریخ ایزال	مصرف ۳۰ روزه مبلغ ۳۰ روزه	فرمول محاسبه و مبلغ		
مصرف ۱۰۰ تا ۱۰۰	۳۰۰	۲۲۹۸۲	تعداد روز (۳۰) / مبلغ ماهانه	
مزداد پر ۱۰۰ تا ۲۰۰	۲۵۰	.	مبلغ مصرف در حال: ۴۴۳۸۸	
مزداد پر ۲۰۰ تا ۳۰۰	۴۰۰	.		
مزداد پر ۳۰۰ تا ۴۰۰	۵۰۰	.		
مزداد پر ۴۰۰ تا ۵۰۰	۶۰۰	.		
مزداد پر ۵۰۰ تا ۶۰۰	۷۰۰	.		
مزداد پر ۶۰۰ تا ۷۰۰	۸۰۰	.		
مزداد پر ۷۰۰ تا ۸۰۰	۹۰۰	.		
مزداد پر ۸۰۰ تا ۹۰۰	۱۰۰۰	.		
شرح مصرف	تاریخ ایزال	مصرف	شرح مبلغ	مبلغ
مزدان مصرف در اوج بار	۳۰۰		هزینه مصرف اوج بار	
مزدان مصرف در کم باری	۱۵۰		تکلیف مصرف کم باری	
تعداد روز قبل از سال ۹۰	مصرف قبل از سال ۹۰		مبلغ قبل از سال ۹۰	

شکل روبه رو بخشی از یک قبض برق خانگی را نشان می دهد. با اعضای گروه خود نوشته های روی آن را بررسی و نتیجه بررسی را به کلاس گزارش کنید.

بسیاری از وسیله های مورد استفاده در منزل برقی هستند. با استفاده بهینه از آنها می توان در مصرف انرژی صرفه جویی کرد. صرفه جویی در انرژی به معنای درست و به جا مصرف کردن آن است (شکل ۳-۲۵). برای مثال، اگر در یخچال مرتباً باز و بسته شود یا زمان زیادی باز بماند، موتور آن مدت طولانی تری روشن می ماند، عمر آن کاسته می شود و مصرف انرژی الکتریکی آن نیز بیشتر می گردد.



ب) حتی الامکان از لوازم خانگی پرمصرف مانند اتو، ماشین لباسشویی و جاروبرقی در ساعاتی که مصرف استفاده نشود.

ب) استفاده از پنجره های دوجداره و عایق بندی مناسب در ساختمان، از هدر رفتن انرژی جلوگیری می نماید.

الف) تهیه لوازم برقی با راندمان مناسب نقش مهمی در کاهش مصرف دارد. حتماً در هنگام خرید به برجسب انرژی آنها توجه کنید.

شکل ۳-۲۵

یکی از راه های صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی، استفاده از لامپ های کم مصرف امروزی است. این لامپ ها با مصرف انرژی الکتریکی ای حدود $\frac{1}{5}$ لامپ های معمولی، همان اندازه روشنایی تولید می کنند (شکل ۳-۲۶).



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

شکل ۳-۲۶_ استفاده از لامپ های کم مصرف به جای لامپ های رشته ای، مصرف برق لازم برای روشنایی را تا حدود $\frac{1}{5}$ کاهش می دهد.

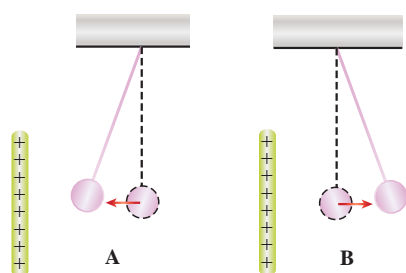
امروزه استفاده از چشم های الکترونیکی برای مدیریت بهینه مصرف انرژی در وسایل مختلف مانند پله برقی، درهای ورودی و خروجی ساختمان ها، روشنایی راهروها و ... متداول است.

۱ میله نارسانایی با بار منفی و کره‌ای رسانا و بدون بار روی پایه نارسانا در اختیار دارید. با رسم شکل توضیح دهید چگونه می‌توان کره را:
الف) دارای بار مثبت کرد؟
ب) دارای بار منفی کرد؟

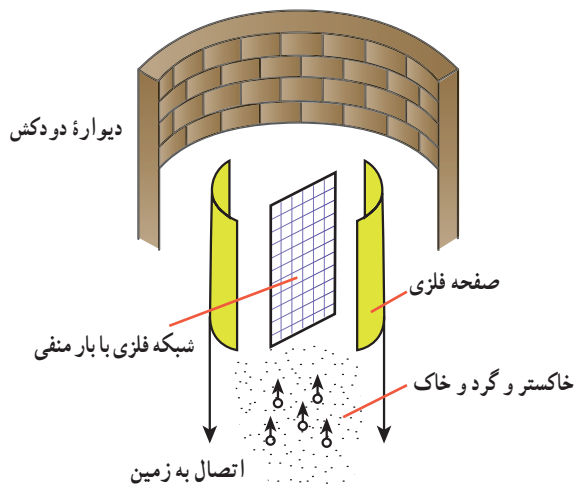
۲ آزمایش زیر را انجام دهید:

- ۱- شیر آب سرد را کمی باز کنید تا باریکه‌ای از آب تشکیل شود.
- ۲- با یک شانه پلاستیکی چند بار موهای خشک و تمیز خود را شانه بزنید.
- ۳- شانه را به باریکه آب نزدیک کنید. آیا مسیر آب منحرف می‌شود؟ علت آن را توضیح دهید.

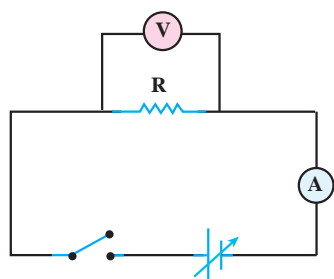
۳ میله‌ای باردار را یک بار به آونگ A و بار دیگر به آونگ B نزدیک می‌کنیم. این میله آونگ A را جذب و آونگ B را دفع می‌کند.
الف) آیا آونگ A حتماً دارای بار الکتریکی است؟ توضیح دهید.
ب) آونگ B دارای چه نوع باری است؟ توضیح دهید.



۴ سوختن زغال سنگ در نیروگاه‌ها مقدار زیادی خاکستر، گرد و خاک و گازهای زائد تولید می‌کند. همه این فراورده‌ها موجب مشکلات زیست محیطی می‌شوند. در یک دودکش رسوب‌دهنده الکتریکی، خاکستر و گرد و خاک از گازهای زائد حذف می‌شوند (شکل روبه‌رو). رسوب‌دهنده شامل شبکه‌ای فلزی است که توسط دو صفحه فلزی متصل به زمین محصور شده است. به شبکه فلزی بار منفی بزرگی داده می‌شود. خاکستر و ذره‌های دود با گذشتن از سیم‌های شبکه بار منفی پیدا می‌کنند، سپس به طرف صفحه‌های فلزی حرکت می‌کنند، به این صفحه‌ها می‌چسبند و در آنجا بار منفی خود را از دست می‌دهند.
الف) دو مشکل زیست محیطی که پیامد سوختن زغال سنگ است را نام ببرید.



ب) به طور واضح توضیح دهید که چرا ذره‌های دود پس از عبور از شبکه فلزی به طرف صفحه‌های فلزی حرکت می‌کنند.
پ) بارهای منفی که توسط ذره‌های خاکستر و دود به صفحه‌های فلزی داده می‌شوند، کجا می‌روند؟



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 آمپرسنج آسیب نرسد. ولتاژ مولد را مرحله به مرحله زیاد می‌کنیم و در هر مرحله با استفاده از ولت‌سنج و آمپرسنج، ولتاژ و جریان را اندازه‌گیری می‌کنیم. جدول زیر حاصل این اندازه‌گیری است.

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

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

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؟



(الف)

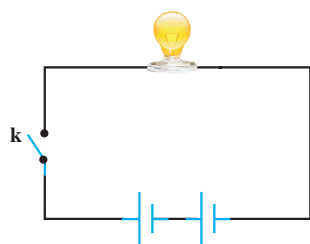


(ب)

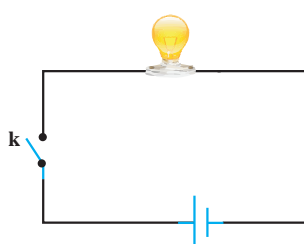


(ب)

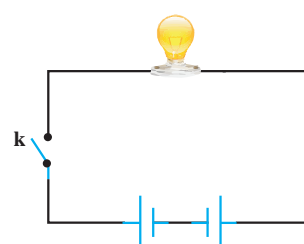
۷ در مدارهای نشان داده شده در شکل باتری‌ها مشابه و لامپ‌ها نیز یکسان هستند. توضیح دهید با بستن کلید K الف) جریان در کدام مدار بیشتر است؟
ب) جریان در کدام مدار صفر است؟



(۱)

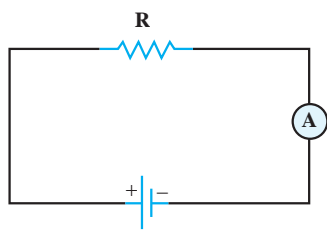


(۲)



(۳)

الکترونیک



۸ در مدار شکل روبه‌رو به تدریج دمای مقاومت فلزی R را بالا می‌بریم. در نتیجه، جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد به تدریج کاهش می‌یابد.

الف) کاهش جریان نشان می‌دهد که مقاومت R شده است.

ب) به نظر شما افزایش دما با چه سازوکاری مقاومت یک رسانای فلزی را تغییر می‌دهد؟

۹ توان مصرفی هریک از وسیله‌های زیر چقدر می‌تواند باشد؟

۱- کتری برقی

۲- لامپ چراغ مطالعه

۳- اتوی برقی

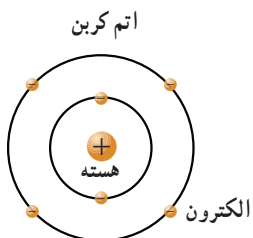
۴- ماشین لباس‌شویی

۵- ماشین ظرف‌شویی

۶- جاروبرقی

برای پیدا کردن پاسخ، مشخصات نوشته شده روی این وسیله‌ها را ببینید.

مسئله‌ها



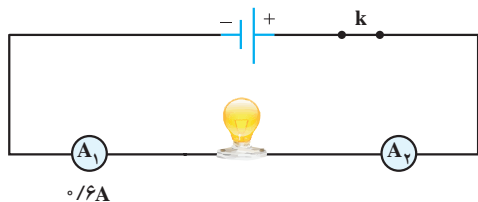
۱ الف) بار الکتریکی هسته اتم کربن، چند کولن است؟ عدد اتمی کربن ۶ است.

ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^+) چقدر است؟

۲ در مدار شکل روبه‌رو آمپرسنج A_1 ، A و A_2 را نشان می‌دهد.

الف) آمپرسنج A_2 ، چه جریانی را نشان می‌دهد؟

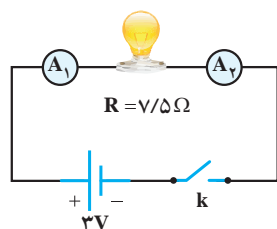
ب) اگر مقاومت لامپ 5Ω باشد، اختلاف پتانسیل دوسر لامپ چقدر است؟



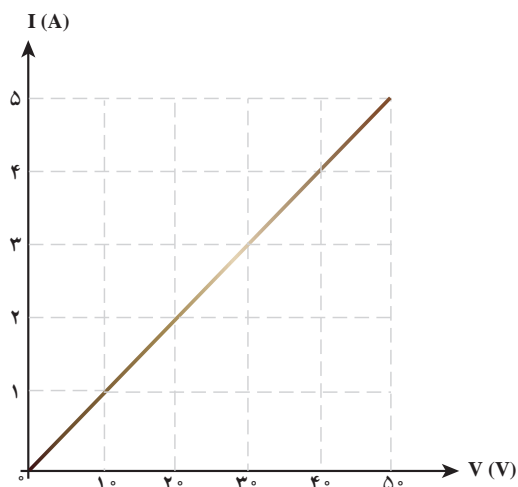
۳ در شکل مقابل با بستن کلید؛

الف) هریک از آمپرسنج‌های A_1 و A_2 چه عددی را نشان می‌دهند؟

ب) در مدت ۳۲ s، چه تعداد الکترون از لامپ می‌گذرد؟



۴ تفسیر کنید :

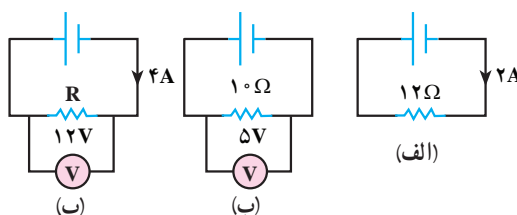


۱- نمودار شکل روبه‌رو مربوط به یک مقاومت است.
الف) چه رابطه‌ای بین جریان الکتریکی و اختلاف پتانسیل این مقاومت وجود دارد.

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

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

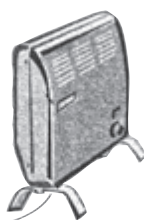
۵ در مدارهای شکل زیر توان مصرفی هر مقاومت چقدر است؟



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

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

ب) مقاومت الکتریکی هر وسیله چقدر است؟



۲۲۰V
۱۰۰۰W
بخاری برقی



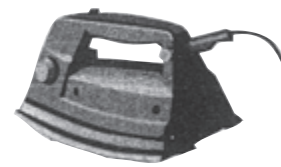
۲۲۰V
۵۰۰W
مو خشک‌کن (سشوار)



۲۲۰V
۲۴۰۰W
کتری برقی



۲۲۰V
۴۰W
چراغ مطالعه با لامپ رشته‌ای



۲۲۰V
۸۵۰W
اتوی برقی

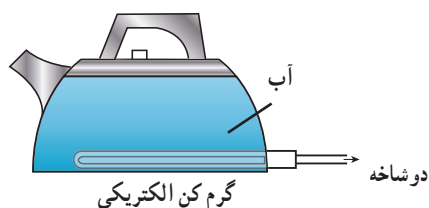
۷ در شکل روبه‌رو یک کتری برقی را مشاهده می‌کنید.

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

ب) توان گرم‌کن الکتریکی این کتری 2800 W است. اگر کتری محتوی 2 kg آب 6°C باشد :

۱- انرژی الکتریکی لازم برای اینکه دمای آب به 100°C برسد چقدر است؟۲- زمان لازم برای اینکه دمای آب به 100°C برسد را حساب کنید.

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



الکترونیک

۸ روی یک اتوی برقی دو عدد 800 W و 220 V نوشته شده است. این اتو را به اختلاف پتانسیل 220 V 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؟

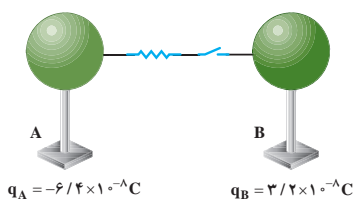
۹ رادیو، تلویزیون و یکی از لامپ‌های خانه خود را در نظر بگیرید و فرض کنید که هر کدام روزی 8 ساعت با اختلاف پتانسیل 220 V ولت روشن باشد.

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 350 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 350 ریال، چند ریال می‌شود؟

پرسش‌ها و تمرین‌های اضافی



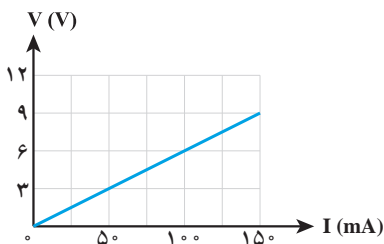
۱ در شکل مقابل، دو کره هم‌اندازه رسانا و باردارند. آنها را به هم وصل می‌کنیم.

الف) الکترون‌ها از کدام کره به دیگری منتقل می‌شوند؟

ب) چون کره‌ها هم‌اندازه اند 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 $5 \times 10^{-6}\text{ s}$ باشد، جریان در این مدت چقدر است؟



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

الف) مقاومت این سیم چقدر است؟

ب) شیب این نمودار چه کمیتی را نشان می‌دهد؟

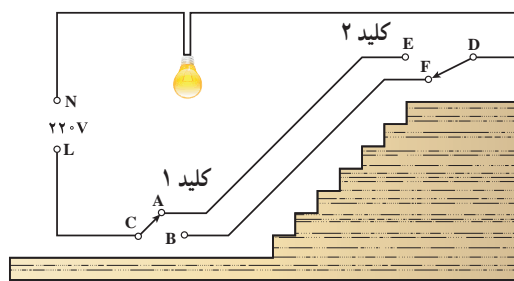
پ) اگر اختلاف پتانسیل دو سر سیم 10 V باشد، چه جریانی از سیم می‌گذرد؟

ت) اگر اختلاف پتانسیل دو سر سیم 10 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	

۴ از یک آزمایش شبیه آزمایش اهم نتایج مطابق جدول زیر به دست آمده است. ابتدا ستون‌های خالی جدول را پر کنید، سپس به سؤال‌های زیر پاسخ دهید.

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

الف) کدام ستون جدول، تقریباً عدد ثابتی را نشان می‌دهد و این عدد، معرف چه کمیتی است؟
 ب) نمودار ولتاژ بر حسب جریان را رسم کنید و توضیح دهید شیب این نمودار، چه کمیتی را نشان می‌دهد.

۵ اگر ولتاژ دوسر یک وسیله الکتریکی که از قانون اهم تبعیت 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 برقی رشته‌ای، دو عدد 220V و 2200W نوشته شده است.

الف) اگر بخاری به ولتاژ 220V وصل شود، چه جریانی از آن می‌گذرد و مقاومت بخاری چقدر است؟
 ب) اگر ولتاژ شهر به 200V کاهش یابد، جریانی که از بخاری می‌گذرد را به دست آورید و توان آن در این حالت را محاسبه کنید.

۶ قرائت کنتور برق یک آپارتمان، در ابتدا و انتهای یک ماه مانند شکل زیر است. توجه داشته باشید که اولین رقم از سمت راست، $0/01$ کیلووات ساعت و دومین رقم از سمت راست، $0/1$ 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؟

ابتدای ماه

$1 \frac{1}{10} \frac{1}{100}$						
۱	۸	۱	۳	۴	۱	۹
kWh						

انتهای ماه

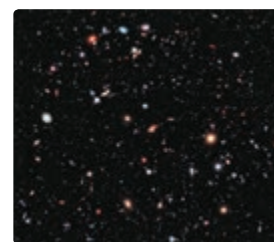
$1 \frac{1}{10} \frac{1}{100}$						
۱	۸	۴	۵	۶	۱	۹
kWh						

نور – بازتاب نور



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

آیا تاکنون جهان بدون نور را تصور کرده‌اید؟ با تصور چنین جهانی، به اهمیت شناخت نور و مطالعه درباره آن پی می‌برید. در واقع بیشترین دانسته‌های مربوط به جهان به کمک نور و از راه دیدن به دست آمده است. اطلاعات قابل توجهی از منظومه خورشیدی، کهکشان‌ها و بخشی از آنچه که از ساختار درونی اتم می‌دانیم، از نوری که از آنها دریافت می‌کنیم به دست آمده است. به کمک نور دریچه‌ای 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 دنیای پیرامون مان به وسیله نور و مشاهده با چشم به دست می‌آید. ثابت شده است که بخش قابل توجهی از آموخته‌های ما از راه بینایی است.



شکل ۱-۴-۱- اطلاعات ما از کهکشان‌ها، به واسطه نوری است که از آنها دریافت می‌کنیم.

۱-۴ انتشار نور

هنگام طلوع خورشید، بخشی از سطح زمین که به طرف خورشید است را روشنایی فرا می‌گیرد. شب هنگام، چراغ روشنی را که در فاصله دوری از ما قرار دارد می‌بینیم. 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 می‌کند **محیط شفاف** نامیده می‌شود.

پاسخ دهید ۱

چند ماده شفاف و چند ماده غیرشفاف را که می‌شناسید، نام ببرید.

چشمه نور گسترده و نقطه‌ای: یک شیء نورانی نظیر خورشید، چراغ روشن، شعله شمع و... را **چشمه نور گسترده** می‌نامیم. اگر صفحه‌ای از مقوا را، که روی آن روزنه کوچکی ایجاد شده است، در مقابل چراغ روشنی قرار دهیم نور چراغ پس از گذشتن از روزنه منتشر می‌شود و روزنه مانند یک چشمه نور کوچک عمل می‌کند که آن را **چشمه نور نقطه‌ای** می‌نامیم. ستاره‌هایی که در فاصله بسیار دور قرار دارند، به صورت نقطه نورانی دیده می‌شوند. چراغ روشنی که در فاصله دوری از ما قرار گرفته است نیز نمونه‌ای از چشمه نور نقطه‌ای است.



شکل ۲-۴-۲- 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 ۲-۴-۲ مسیر نور را روی زمین هنگام عبور از شکاف میان در و دیوار مشاهده می‌کنید. مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین، یک **باریکه نور** را نشان می‌دهد. باریکه نور با پهنای بسیار کم را **پرتو نور** می‌نامیم. در واقع می‌توان گفت هر باریکه نور شامل دسته‌ای از پرتوهای نور است. با مشاهده باریکه نور می‌توانیم مسیر انتشار نور را تشخیص دهیم مثلاً شکل ۳-۴-۳ منظره طبیعی از پرتوهای نور خورشید را نشان می‌دهد.



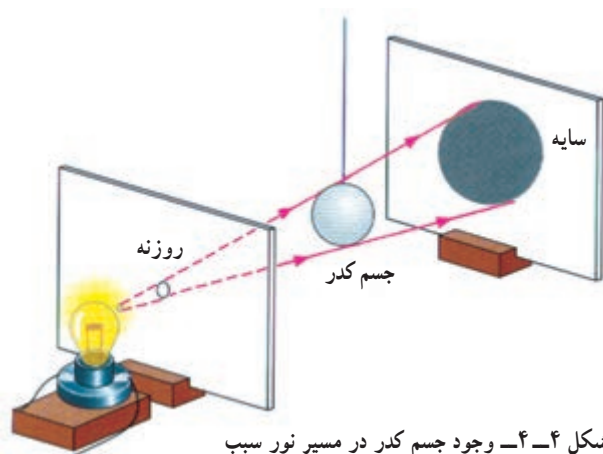
شکل ۳-۴-۳- منظره طبیعی از پرتوهای نور خورشید

۳-۴ انتشار نور به خط راست

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

فعالیت ۱

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



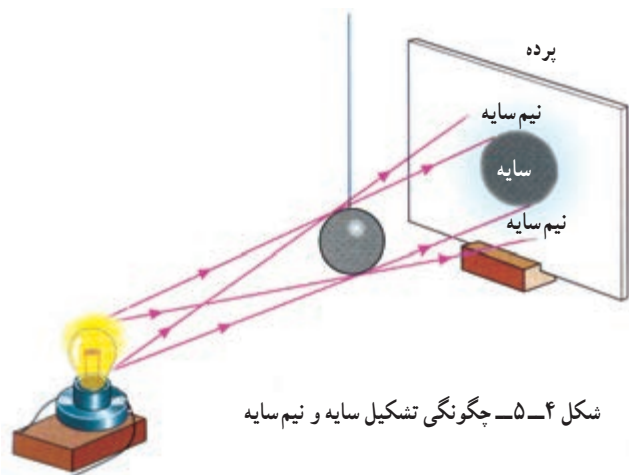
شکل ۴-۴ وجود جسم کدر در مسیر نور سبب تشکیل سایه در طرف دیگر جسم کدر شده است.

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

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

پاسخ دهید ۲

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



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 می‌شود که به آن **نیم سایه** می‌گوییم. شکل ۴-۵ چگونگی تشکیل سایه و نیم سایه را به وسیله یک چشمه نور گسترده نشان می‌دهد.

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

آزمایش کنید ۱

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

شرح آزمایش:

- ۱- با یک چشمه نور نقطه‌ای، سایه مقوا را بر روی دیوار یا پرده‌ای تشکیل دهید.
 - ۲- چشمه نور را قدری به مقوا نزدیک و بار دیگر قدری از آن دور کنید.
 - ۳- مقوا را به دیوار نزدیک یا قدری از آن دور کنید.
 - ۴- با دقت تغییرات اندازه سایه را مشاهده و نتیجه را یادداشت کنید.
- آیا می‌توانید رابطه‌ای بین قطر مقوا و قطر سایه پیدا کنید؟ رابطه‌ای را که به دست آورده‌اید با کمک معلم خود تصحیح و تکمیل کنید.

فعالیت ۲



خورشید گرفتگی

الف) خورشید گرفتگی (کسوف) 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 خورشید گرفتگی (کسوف) گفته شد، توضیح دهید که ماه گرفتگی (خسوف) در چه صورت رخ می‌دهد؟ این پدیده را با رسم یک شکل ساده نشان دهید.



ماه گرفتگی



آزمایش کنید ۲

وسایله‌های آزمایش: کبریت و دو عدد شمع.

شرح آزمایش:

- ۱- دست خود را مقابل یک شمع روشن نگه دارید به طوری که سایه دستتان 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؟

نور 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 قزّه 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 برجای مانده است که تذکره نویسان و مورخان به آنها اشاره کرده‌اند. این آثار دربارهٔ سهمی‌ها، حرکت‌های ظاهری خورشید (که شامل پژوهش نور شناختی مهمی دربارهٔ سایه‌هاست)، ساعت‌های خورشیدی، اسطرلاب و ابزار نجومی دیگر است. پژوهش ابن سنان دربارهٔ سهمی‌ها، مستقیماً نتیجهٔ پرداختن به مسئله‌ای است که در کتاب پدربزرگش (ثابت بن قزّه) مطرح شده بود. در واقع ثابت بن قزّه، 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 ارائهٔ این راه حل، ابن سنان اندیشید که پژوهش‌های ماهانی نباید پیشرفته‌تر از پژوهش پدربزرگش باشد؛ بنابراین بر آن شد برای حل این مسئله راه کوتاه‌تری ارائه کند. سرانجام استقلال ذهنی ابن سنان باعث شد که وی تحلیل هندسی قدما را احیا کند و آن را در رسالهٔ جداگانه‌ای بیرواند. اهمیت کار ابن سنان از این جهت آشکار می‌شود که نشان می‌دهد چگونه ریاضی‌دانان مسلمان ریاضیاتی را که از دورهٔ یونانی مآبی به ارث برده بودند، دنبال کردند و آن را با فکری مستقل بسط دادند.

۴-۴ بازتاب نور

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

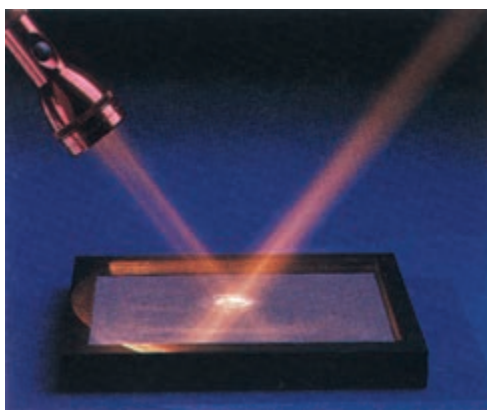
دیده شدن اشیای درون اتاق، هنگامی که چراغ روشن می‌شود، به سبب انتشار نور در اتاق و بازگشت نور از سطح اشیا و رسیدن آن به چشم است. در شکل ۴-۶ بازگشت نور از روی یک نقطه از شیء نشان داده شده است. روشن دیده شدن ماه نیز مانند روشن دیده شدن اشیای درون اتاق زیر نور چراغ است. تابش نور خورشید بر سطح ماه و بازگشت 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. سطح‌های صیقلی، مانند سطح آینه یا سطح آرام آب، پدیدهٔ بازتاب را به خوبی نشان می‌دهند. بازتاب از این سطح‌ها را **بازتاب آینه‌ای** می‌نامیم.

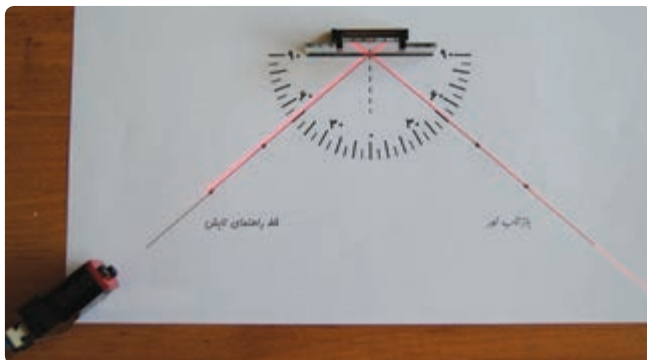
پرتو نوری که به سطح جسم می‌تابد **پرتو تابش** و پرتو بازگشته از سطح را **پرتو بازتاب** می‌نامیم. نقطه‌ای را که نور به آن می‌تابد **نقطهٔ تابش**، زاویهٔ بین پرتو تابش و خط عمود بر سطح در نقطهٔ برخورد نور را **زاویهٔ تابش (i)** و زاویهٔ بین خط عمود و پرتو بازتاب را **زاویهٔ بازتاب (r)** می‌نامیم. در شکل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



شکل ۴-۷- بازتاب نور از سطح یک آینه

آزمایش کنید ۳

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



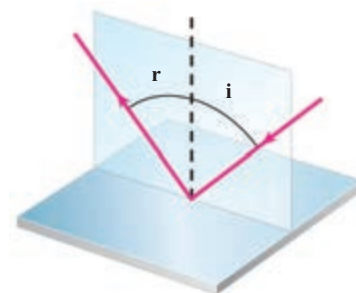
۱- روی یک ورقه مقوایی نسبتاً ضخیم و کاملاً صاف و تخت مطابق شکل نقاله‌ای رسم کنید، پس از آن آینه‌ای را عمود بر مقوا و مماس بر سطح صاف نقاله قرار دهید.
۲- با یک چراغ قوه یا یک لیزر مدادی باریکه نور را با زاویه تابش معلومی به آینه بتابانید به طوری که پرتو بازتابش بر سطح مقوا دیده شود. در این وضعیت، اندازه 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 به دقت 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.

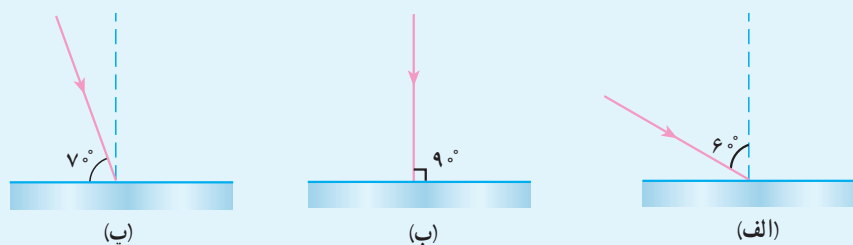


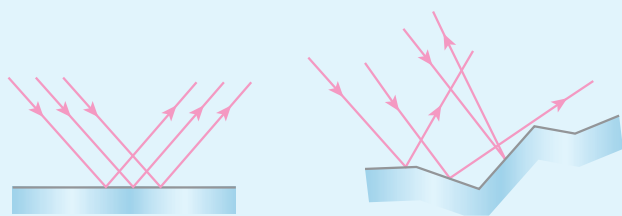
شکل ۴-۸ قانون‌های بازتاب نور در یک سطح بازتاب‌کننده

الف) پرتو تابش، پرتو بازتاب و خط عمود بر سطح آینه در نقطه تابش، هر سه در یک صفحه‌اند.
ب) زاویه تابش (i) و زاویه بازتاب (r) با هم برابرند ($i=r$).

فعالیت ۳

در شکل‌های زیر با مشخص کردن اندازه زاویه تابش و زاویه بازتاب، پرتو بازتاب مربوط به هر یک از سطح‌های 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.

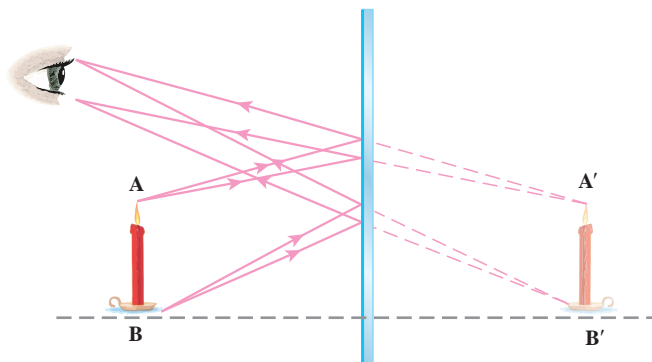
۴-۵ تصویر در آینه‌های تخت

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

آینه‌های معمولی را که سطح آنها مسطح است **آینه تخت** می‌نامیم. هنگامی که روبه‌روی 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. آنچه در آینه دیده می‌شود **تصویر شیء** مقابل آینه است. شکل ۴-۱ چگونگی دیده شدن تصویر یک شیء (یک شمع) را در آینه تخت نشان می‌دهد.



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



شکل ۴-۱۰ 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'، که محل به هم 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 ۴-۱۰

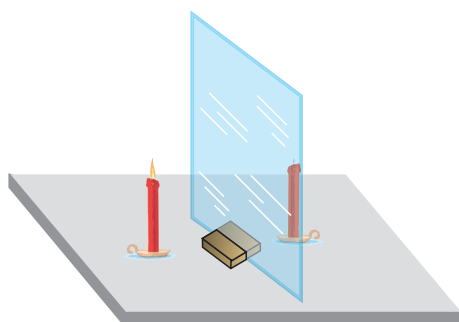
الف) خط عمود بر سطح آینه در نقطه‌های تابش را رسم کرده و در هر مورد زاویه‌های تابش و بازتابش را توسط نقاله پیدا کنید.

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

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

شرح آزمایش:



۱- شیشه را مطابق شکل روبه‌رو 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 نیز جابه‌جا خواهد شد. این کار را آنقدر ادامه دهید که تصویر شمع روشن بر شمع خاموش منطبق شود. در این صورت در شیشه فقط یک شمع و آن هم روشن دیده می‌شود.

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

۵- شمع روشن را ۵cm 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 هم‌اندازه‌اند.



شکل ۴-۱۱- تشکیل تصویر در آینه تخت

نور- بازتاب نور



شکل ۴-۱۲- تصویر در آینه نسبت به جسم وارون جانبی دارد.

۳- تصویر در آینه تخت نسبت به جسم مستقیم است. مثلاً اگر نوک مداد در شکل ۴-۱۱ رو به بالا است، در تصویر آن نیز نوک مداد رو به بالا قرار دارد.

۴- شکل ۴-۱۲ 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 جانبی** می‌نامیم.

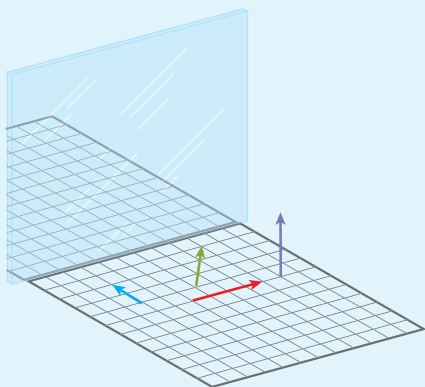
۵- همان‌طور که در آزمایش ۴ دیدیم فاصله جسم تا آینه، برابر با فاصله تصویر تا آینه است.

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 ۶

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

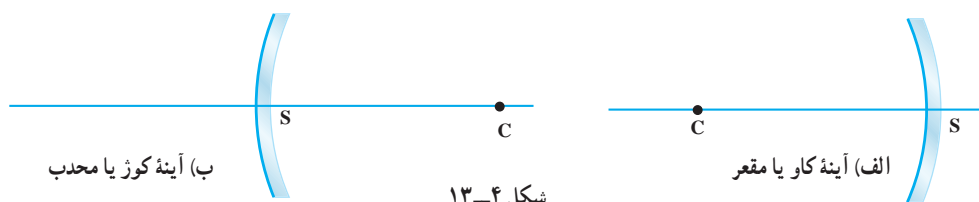


۶-۴ آینه‌های کروی

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 پیچ 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.

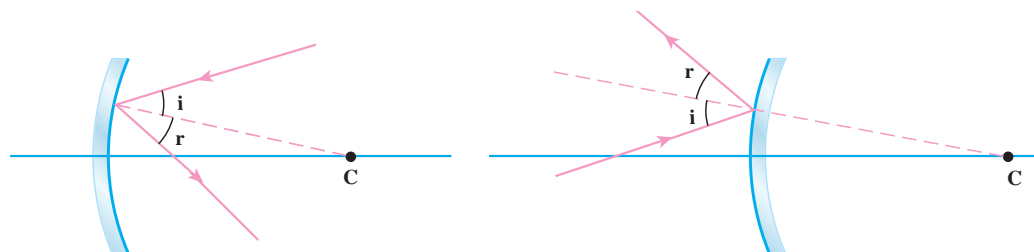
سطح آینه‌های کروی بخش کوچکی از سطح یک کره بزرگ است. یعنی تمام نقاط آن از یک نقطه به نام مرکز آینه به یک فاصله‌اند.

اگر سطح درونی کره بازتابنده باشد آن را **آینه کاو** یا **مقعر** و اگر سطح برآمده آن بازتابنده باشد آن را **آینه کوژ** یا **محدب** می نامند. این آینه ها به صورت طرح وار در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده اند.



شکل ۴-۱۳

مرکز - محور اصلی: مرکز کره ای را که آینه قسمتی از آن است، **مرکز آینه** (نقطه C) می نامیم. خطی که از مرکز آینه و وسط سطح آینه (رأس آینه، S) می گذرد **محور اصلی آینه** نامیده می شود. قانون های بازتاب نور در مورد آینه های کروی هم به کار می رود. یعنی اگر در هر نقطه تابش از یک آینه کروی خطی عمود بر سطح آینه رسم کنیم زاویه های تابش و بازتاب با هم برابرند. توجه داریم خطی که از مرکز کره و نقطه تابش می گذرد (شعاع کره) بر سطح کره در نقطه تابش عمود است.



شکل ۴-۱۴ - قانون های بازتاب نور، در مورد آینه های کروی هم به کار می رود.

فعالیت ۷

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

۴-۷ قانون آینه مقعر (کاو)

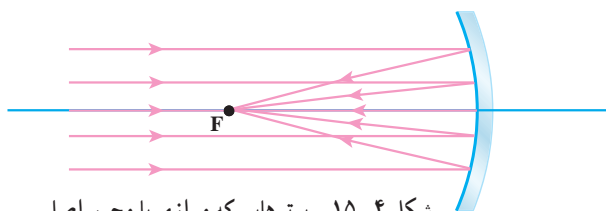
آزمایش کنید ۵

وسایله های آزمایش: آینه مقعر، یک ورق کوچک کاغذ و خط کش.

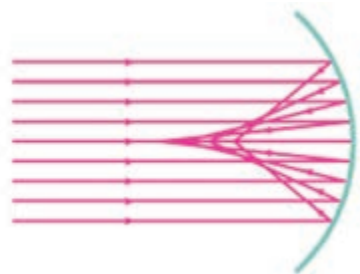
شرح آزمایش:

- آینه مقعر را طوری مقابل خورشید بگیرید که پرتوهای خورشید موازی با محور اصلی به آینه بتابد.
- ورق کوچک کاغذ را جلوی آینه به آرامی جابه جا 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.
- در وضعی که لگه نورانی بیشترین درخشندگی و کوچک ترین اندازه را دارد، صفحه را ثابت نگه دارید. محل تشکیل لگه روشن درخشان را **کانون اصلی آینه** می نامیم.
- با استفاده از خط کش به طور تقریبی فاصله بین کانون اصلی آینه و رأس آینه را اندازه بگیرید.

نور- بازتاب نور



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



شکل ۴-۱۶- 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 ۴-۱۵). 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، پرتوهای 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 باشند، فاصله کانونی نصف فاصله مرکز تا آینه یعنی نصف شعاع آینه است. اگر فاصله کانونی f و شعاع آینه r باشد، داریم:

$$f = \frac{r}{2} \quad (۴-۱)$$

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

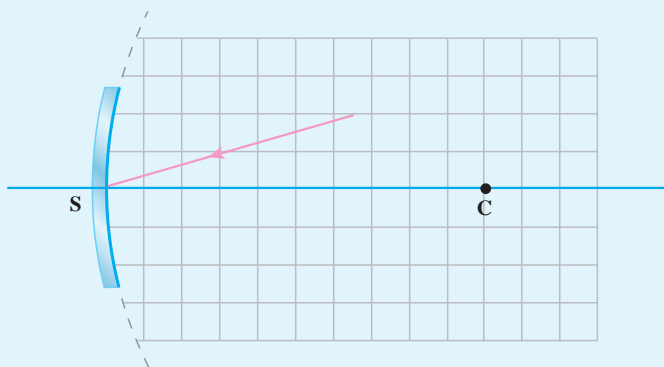
۸-۴ رسم پرتوهای بازتاب در آینه مقعر

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

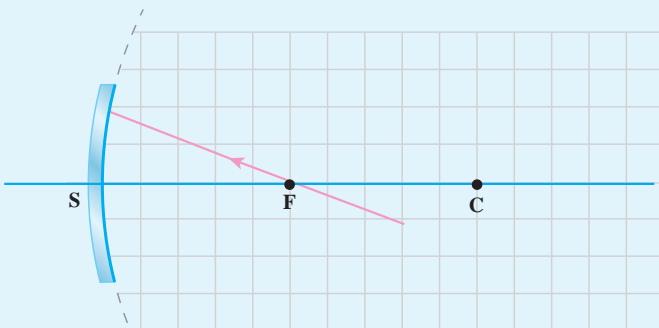
شعاعیت ۸

۱- 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.

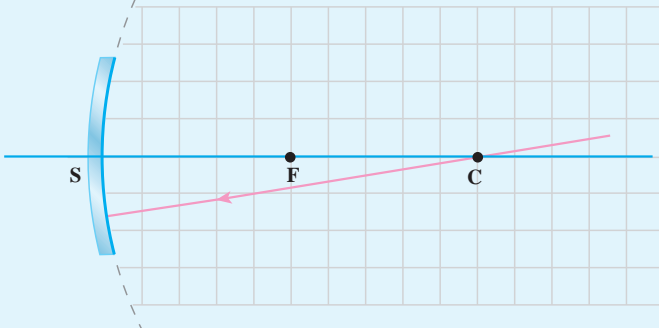
(الف) پرتو تابش به رأس آینه می‌تابد.



(ب) پرتوی تابش از کانون آینه می‌گذرد.



(پ) پرتوی تابش از مرکز آینه می‌گذرد.



۲- جاهای خالی را پر کنید.

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 چگونه تشکیل تصویر در آینه‌های مقعر

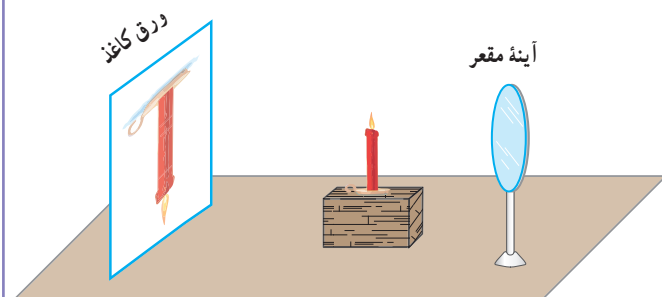
آزمایش کنید ۷

وسایله‌های آزمایش: آینه مقعر با پایه، شمع، صفحه 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

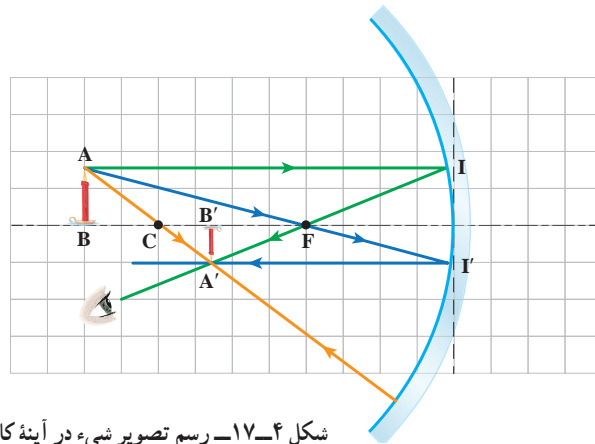


مقابل آینه قرار دهید. صفحه تشکیل تصویر یا کاغذ را مقابل آینه جابه جا کنید تا تصویر واضح شمع روی صفحه مشاهده شود.

۳- شمع را از آینه دور کنید طوری که فاصله آن از آینه بیشتر از شعاع 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 دهید. آیا با جابه جا کردن صفحه می توانید تصویری روی آن مشاهده کنید؟ در این حالت تصویر شمع به صورت مجازی تشکیل می شود. برای دیدن تصویر مجازی باید به درون آینه نگاه کنیم. این تصویر را با تصویر در آینه تخت مقایسه کنید.

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



شکل ۴-۱۷- رسم تصویر شیء در آینه کاو

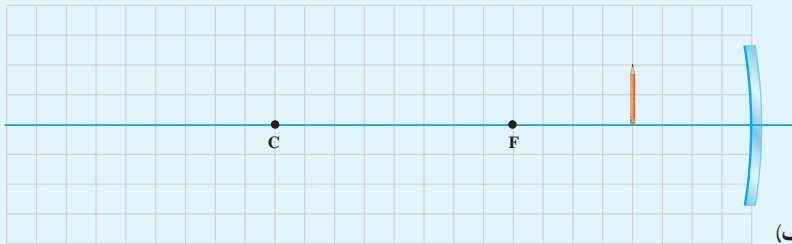
تصویری را که به این ترتیب حاصل شده است **تصویر حقیقی** می نامیم. اگر یک صفحه کاغذ را در مقابل آینه جابه جا کنیم با قرار گرفتن کاغذ در محل تصویر، تصویر حقیقی بر روی کاغذ تشکیل و مشاهده می شود.

به علاوه هرگاه مطابق شکل ۴-۱۷ چشم ناظر بعد از تصویر شمع، در راستای پرتوهای بازتاب، قرار گیرد در این حالت نیز تصویر را می بیند. زیرا اگر به جای A' نقطه روشنی وجود داشت، همین پرتوها از آن نقطه روشن به چشم می رسیدند. می توان 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.

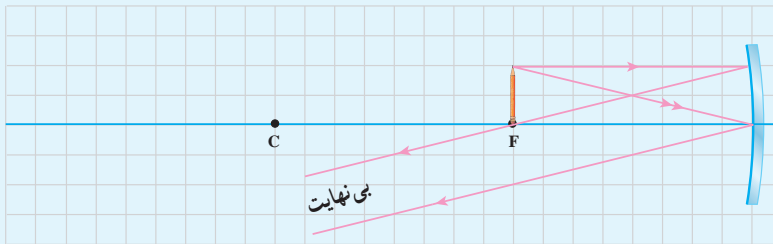
۱- با توجه به توضیحات داده شده در مورد رسم تصویر در آینه‌های مقعر، در هر یک از شکل‌های زیر، تصویر را رسم کنید. سپس ویژگی‌های تصویر (حقیقی یا مجازی، مستقیم یا وارونه، بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از جسم، محل تشکیل تصویر) را در زیر آن بنویسید.

ویژگی‌های تصویر:



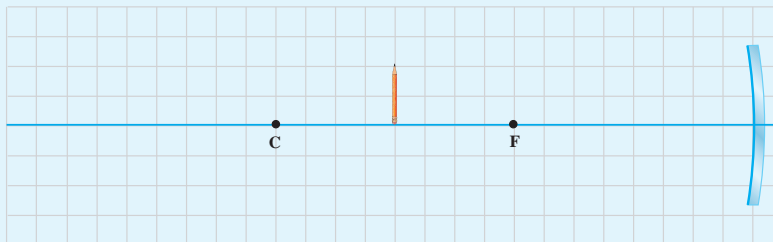
(الف)

ویژگی‌های تصویر:



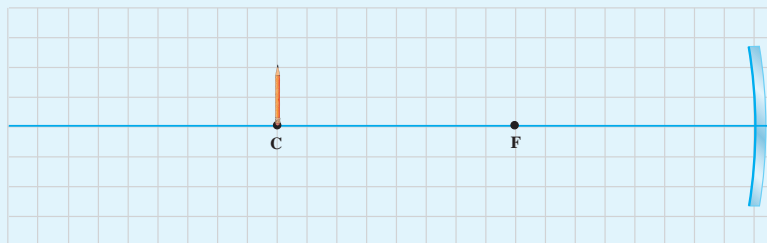
(ب)

ویژگی‌های تصویر:



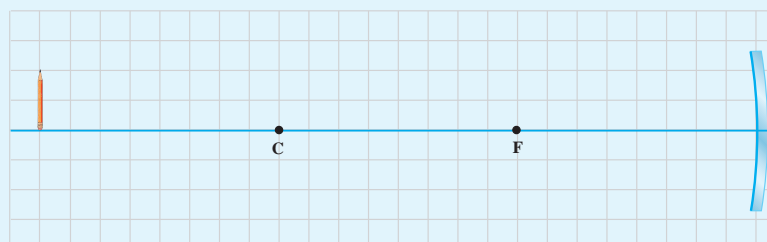
(پ)

ویژگی‌های تصویر:



(ت)

ویژگی‌های تصویر:



(ث)

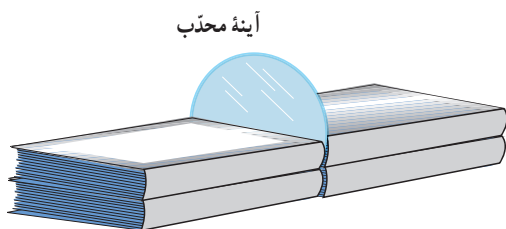
با مشارکت اعضای گروه خود آزمایشی را طراحی کنید که با استفاده از ویژگی تصویر در حالتی که جسم در مرکز آینه کاو قرار دارد بتوانیم مرکز یک آینه کاو را به طور تقریبی مشخص کنیم.

۴-۱۰ کانون آینه محدب (کوژ)

آزمایش کنید ۷

وسایله‌های آزمایش: آینه محدب (کوژ)، دو عدد لیزرمدادی یا یک لیزر چنددهانه، دو برگ کاغذ سفید، چند کتاب و خط‌کش.

شرح آزمایش:



۱- مطابق شکل، آینه محدب را میان چند کتاب طوری قرار دهید که نیمی از آینه بیرون باشد.

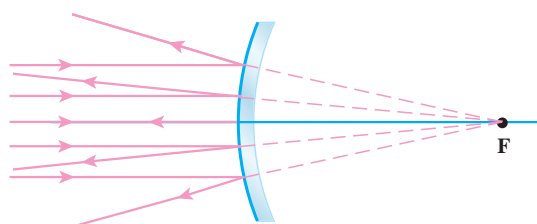
۲- برگه کاغذ را در جلوی آینه و روی کتاب قرار دهید.

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 آینه محدب** می‌نامیم.

۶- فاصله کانون تا محل قرارداشتن آینه را با خط‌کش اندازه بگیرید.



شکل ۴-۱۸- نحوه تعیین کانون در آینه محدب

اگر آزمایش را کمی دقیق‌تر انجام دهیم، امتداد بازتاب پرتوهایی که موازی محور اصلی به آینه 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 (و نه خود پرتوها) یکدیگر را قطع می‌کنند، **کانون آینه محدب مجازی است و فاصله کانونی آن منفی در نظر گرفته می‌شود.**

در آینه محدب نیز وقتی ابعاد آینه در مقایسه با شعاع آینه به اندازه کافی کوچک باشد، فاصله

کانونی نصف شعاع آینه است و داریم:

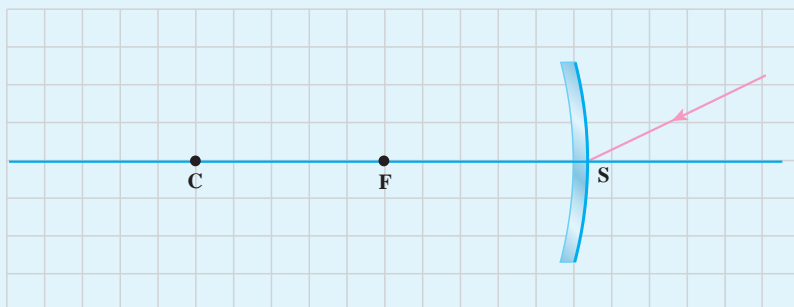
$$f = -\frac{r}{2} \quad (۴-۲)$$

۱۱-۴ رسم پرتوهای بازتاب در آینه محدب

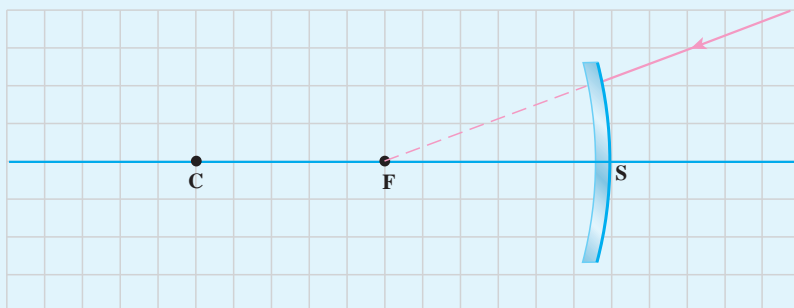
وقتی یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به آینه محدب می‌تابد، امتداد پرتوهای بازتاب از کانون آینه می‌گذرد. برای رسم بازتاب پرتوهای مختلف از آینه می‌توان از قوانین بازتاب استفاده کرد.

فعالیت ۱۱

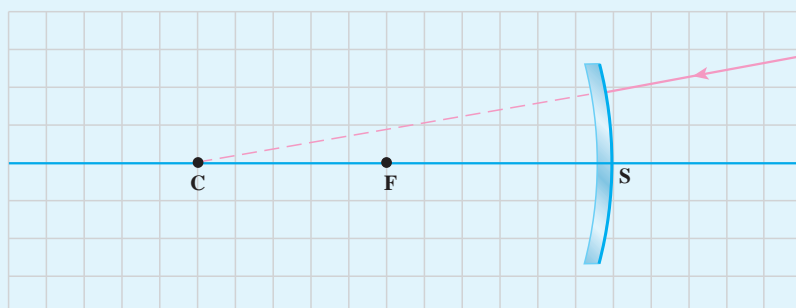
۱- در هر یک از شکل‌های زیر، ابتدا خط عمود بر سطح آینه در نقطه تابش را رسم و سپس با استفاده از نقاله پرتوی بازتاب را رسم کنید.
الف) پرتوی تابش به رأس آینه می‌تابد.



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 آینه محدب بتابد، طوری باز می‌تابد که امتدادش از آینه محدب (در پشت آینه) می‌گذرد.

ب) هر پرتویی که امتدادش از کانون آینه محدب بگذرد، با محور اصلی باز می‌تابد.

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

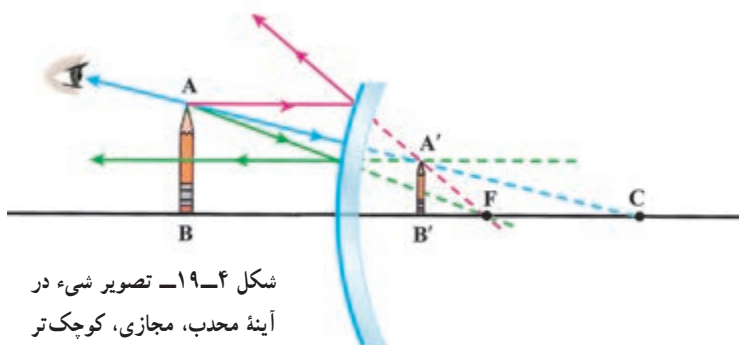
ت) هر پرتویی که به رأس آینه محدب بتابد، در سوی دیگر محور اصلی باز می‌تابد. طوری که نیم‌ساز زاویه بین پرتوی تابش و بازتاب است.

تصویر در آینه محدب: با رسم دو پرتو تابش

مشخص از بین پرتوهای تابش زیادی که از یک نقطه یک شیء به آینه 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 ۴-۱۹ تصویر شیء AB را در آینه محدب نشان می‌دهد.

در این مورد هم کسی که تصویر را می‌بیند،

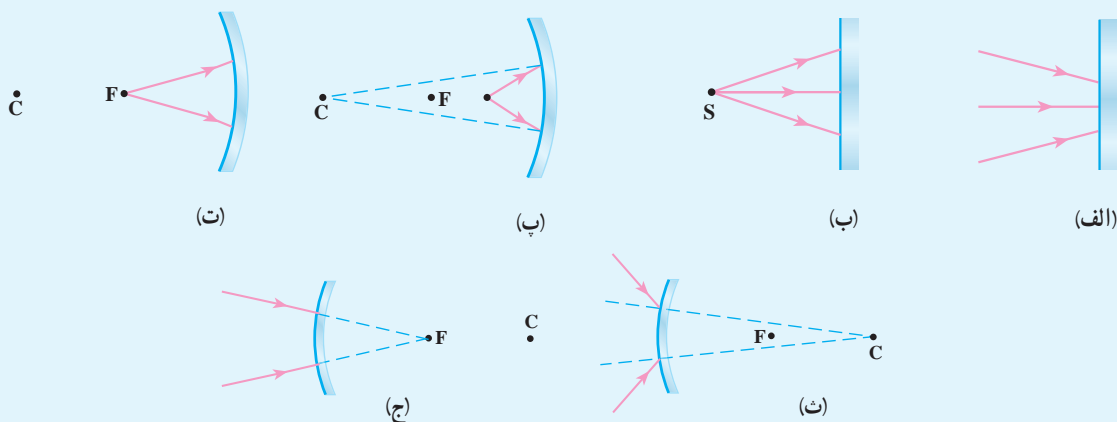
احساس می‌کند که پرتوهایی از جسمی واقع در محل $A'B'$ به چشم او رسیده است و تصویر را در آنجا خواهد دید. چون تصویر از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب حاصل می‌شود مجازی است. در آینه‌های محدب، شیء در هر فاصله‌ای مقابل آینه قرار گیرد تصویر آن کوچک‌تر از شیء، مجازی، نسبت به شیء مستقیم و داخل فاصله کانونی آینه دیده می‌شود.



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

فعالیت ۱۲

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



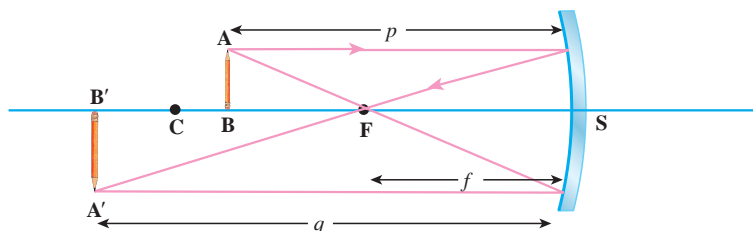
۴-۱۲ معادله آینه‌های کروی

همان‌طور 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 ۴-۲، 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:

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

(۳-۴)



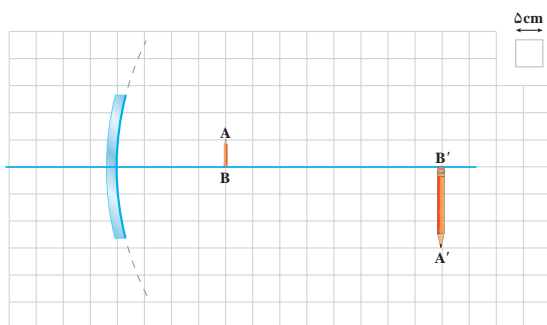
شکل ۴-۲ در آینه‌های کروی فاصله شیء تا آینه را با p ، فاصله تصویر تا آینه را با q و فاصله کانونی را با f نمایش می‌دهیم.

رابطه ۴-۳ برای آینه‌های مقعر و محدب برقرار است. با این توضیح که p همواره مثبت است ولی 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.

شعاعیت ۱۳

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 خط کش فاصله‌های جسم و تصویر تا آینه را به دست آورید و درستی رابطه ۴-۳ را تحقیق کنید.

مثال ۱



شکل روبه‌رو تشکیل تصویر (A'B') از شیء (AB) به 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:

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

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

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 ۲



دندانپزشک برای دیدن لکه‌های روی دندان از آینهٔ مقعر استفاده می‌کند. برای این کار، آینه را طوری پشت دندان قرار می‌دهد که دندان در فاصلهٔ بین آینه و کانون باشد و تصویر مجازی و بزرگ‌تر تشکیل شود.

اگر فاصلهٔ کانونی آینه ۱۸mm و فاصلهٔ دندان از آینه ۱۲mm باشد، فاصلهٔ تصویر دندان از آینه چقدر است؟

پاسخ:

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

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

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

یعنی تصویر دندان در فاصلهٔ ۳۶mm از آینه تشکیل می‌شود.

مثال ۳

آینهٔ جلوی راننده در یک خودرو، آینهٔ محدب به شعاع ۱۶m است. اگر خودروی عقبی در فاصلهٔ ۱۰m از آینه قرار داشته باشد، تصویر آن در چه فاصله‌ای از آینه تشکیل می‌شود؟

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

پاسخ:

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

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

$$\Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{8} - \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{9}{40} \Rightarrow q = -4\frac{4}{9}\text{m}$$

یعنی تصویر خودرو در فاصلهٔ ۴/۴ m از آینه تشکیل می‌شود.

تمرین ۱

یک شیء را در فاصلهٔ ۹cm از آینهٔ مقعری قرار می‌دهیم. آینه تصویری مجازی و در فاصلهٔ ۲۱cm از جسم تشکیل می‌دهد شعاع آینه چند سانتی متر است؟

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

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

بزرگ‌نمایی نشان می‌دهد که طول تصویر چند برابر طول شیء است. ثابت می‌شود که در هر دو نوع 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.

شعاعیت ۱۴

- ۱- روی یک کاغذ شطرنجی آینه مقعری (بخش کوچکی از یک دایره بزرگ) رسم کنید.
- ۲- با استفاده از خط‌کش 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 خانه‌های شطرنجی به دست آورید.
- ۶- فاصله تصویر تا آینه را به کمک رابطه ۳-۴ محاسبه کنید و آنرا با اندازه‌های به دست آمده در قسمت قبل مقایسه کنید.
- ۷- بزرگ‌نمایی خطی را یک بار با اندازه‌گیری طول شیء و طول تصویر (به کمک خط‌کش) و بار دیگر از رابطه $m = \frac{q}{p}$ به دست آورید و آنها را نیز با هم مقایسه کنید.

مثال ۱۴

جسمی به طول ۳cm مقابل یک آینه مقعر با فاصله کانونی ۱۲cm قرار دارد و تصویر حقیقی آن در فاصله ۳۶cm از آینه تشکیل شده است.

الف) فاصله جسم تا آینه چند سانتی‌متر است؟

ب) طول تصویر در این حالت چقدر است؟

پ) با انتخاب مقیاس مناسب و به کمک پرتوها شکل را رسم کنید.

پاسخ:

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

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

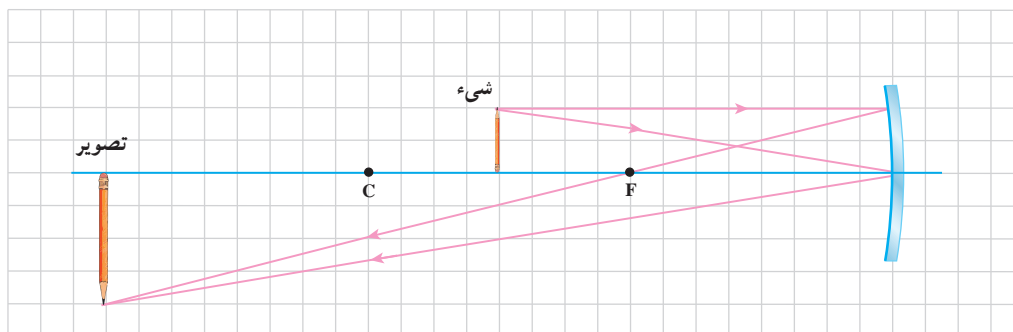
$$\frac{1}{p} = \frac{1}{12} - \frac{1}{36} = \frac{3-1}{36} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{2}{36} \Rightarrow p = 18\text{cm}$$

نور- بازتاب نور

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{|q|}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{3} = \frac{36}{18} \Rightarrow \frac{A'B'}{3} = \frac{2}{1} \Rightarrow A'B' = 6 \text{ cm}$$

(ب)

(پ)



مثال ۵

یک شیء به طول ۲cm را در ۱۵ سانتی متری آینهٔ محدب قرار می‌دهیم. تصویر مجازی در ۶ سانتی متری آینه دیده می‌شود. فاصلهٔ کانونی آینه و طول تصویر را محاسبه کنید.

پاسخ:

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

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

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

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{|q|}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{2} = \frac{6}{15} \Rightarrow \frac{A'B'}{2} = \frac{2}{5} \Rightarrow A'B' = 0.8 \text{ cm}$$

مثال ۶

فاصلهٔ جسمی از تصویر حقیقی‌اش در یک آینهٔ کروی ۴۰cm 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 r از آینه

پ) فاصلهٔ کانونی آینه چقدر است؟

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

پاسخ:

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.

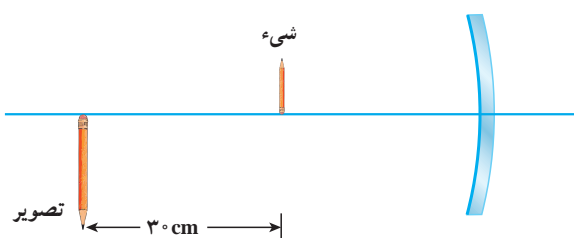
پ)

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

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

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

مثال ۷



در شکل روبه‌رو شیء تصویر و آینه مقعر نشان 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؟

پاسخ:

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

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

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

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

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

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 کوچک تر از جسم است.

پ) تصویر در پشت آینه تشکیل شده و مستقیم و بزرگ تر از جسم است.

ت) تصویر در جلوی آینه تشکیل شده و وارونه است.

تمرین ۲

آینه‌ای کروی به شعاع 36cm از جسمی به طول 2cm تصویری مستقیم و 4 برابر جسم ایجاد می‌کند.

الف) نوع آینه را تعیین کنید.

ب) فاصله جسم از تصویر را بیابید.

فناوری و کاربرد



با کوره‌ها و نیروگاه‌های خورشیدی می‌توان انرژی تابشی خورشید را به انرژی گرمایی تبدیل کرد.

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. مرکز آینه، توسط یک موتور، طوری تنظیم می‌شود که دهانه آینه همواره متوجه خورشید باشد. پرتوهای خورشید به‌طور موازی به آینه برخورد می‌کند و در کانون آن متمرکز می‌شود و مایعی را که در مخزن در ممل کانون قرار دارد گرم می‌کند. در نیروگاه‌های خورشیدی از چندین واحد کوره خورشیدی در کنار هم استفاده می‌شود و با گرم کردن مایعی مناسب انرژی لازم برای به‌کارانداختن یک موتور یا توربین کوچک تأمین می‌شود.

اجاق خورشیدی بسازید.

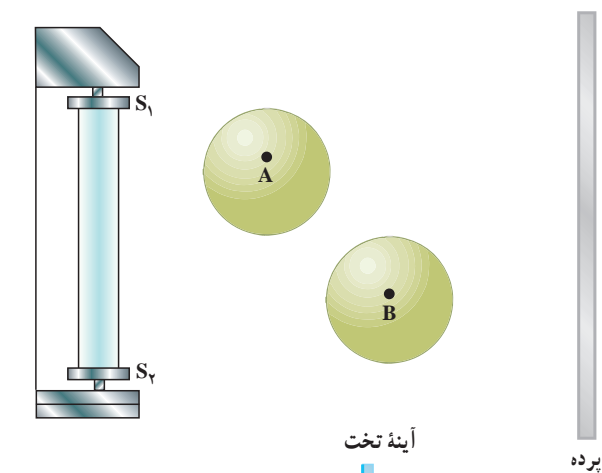
قبلاً دیدیم که با استفاده از یک آینه مقعر می توان پرتوهای خورشید را در نقطه‌ای به نام کانون متمرکز کرد. اگر در کانون یک ظرف غذا قرار دهیم ممکن است دمای آن به بالاتر از 100°C برسد و امکان پختن غذا فراهم شود. با استفاده از امکانات بومی خود این اجاق را طراحی کنید و سپس آن را بسازید.



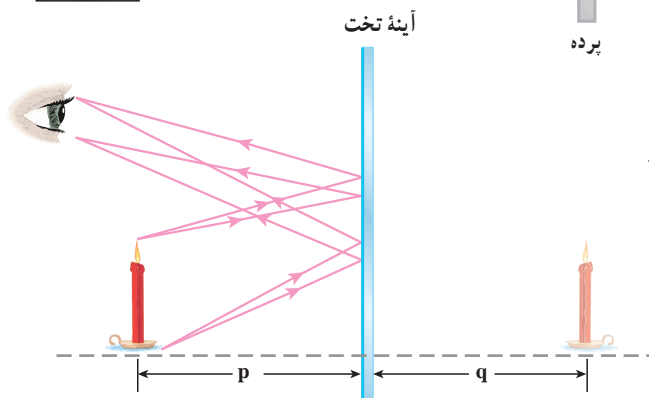
نور بازتاب نور

پرسش‌ها

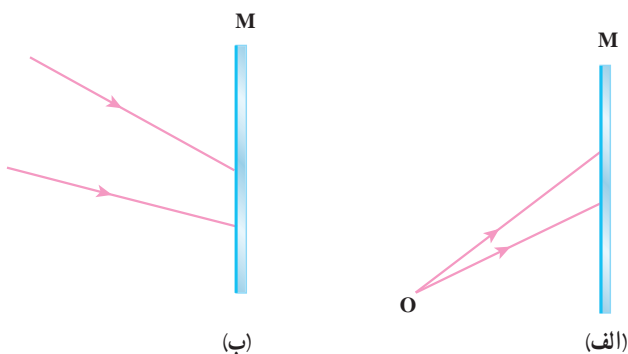
۱ توپ‌های کدر A و B را مطابق شکل جلوی یک لامپ مهتابی روشن (S_1, S_2) قرار داده‌ایم. با رسم پرتوهایی که از لامپ به دیوار (پرده) می‌رسند، نقاط کاملاً تاریک را مشخص نمایید.



۲ در شکل روبرو با رسم امتداد پرتوها چگونگی تشکیل تصویر در آینه تخت را نشان دهید.



۳ با رسم پرتوهای بازتاب یا امتداد آنها در پشت آینه چگونگی تشکیل تصویر در آینه تخت را برای پرتوهای واگرا و همگرا در شکل مقابل نشان دهید.

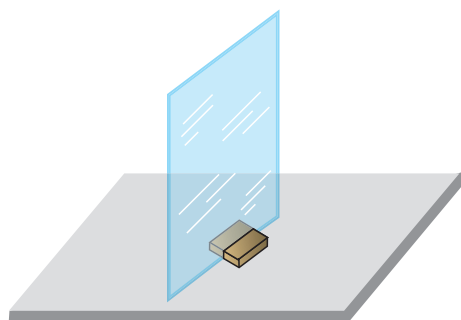


۴ آینه تختی را مطابق شکل مقابل روی میز به‌طور قائم نصب کنید (یا از دوست خود بخواهید که آن را به‌طور قائم روی میز نگاه‌دارد). سپس یک مداد یا خودکار را طوری روی میز مقابل آینه قرار دهید که:

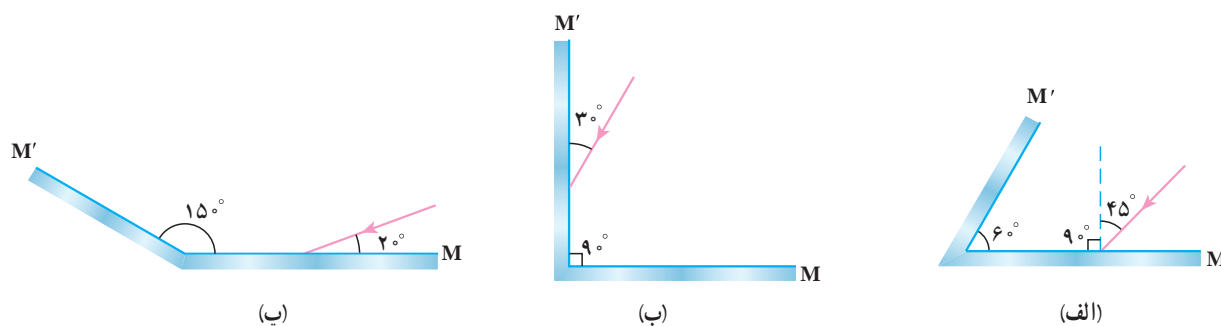
(الف) تصویر آن با مداد در یک راستا باشد.

(ب) امتداد تصویر بر امتداد مداد عمود باشد.

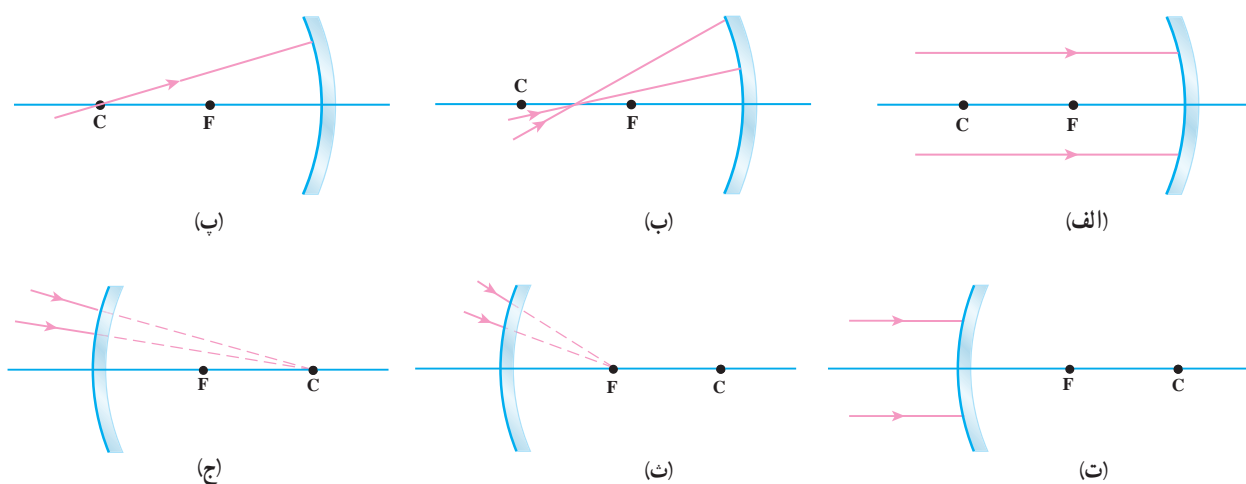
در هر مورد شکل را رسم کنید.



۵ در شکل‌های زیر مسیر پرتو نور در بازتاب از روی آینه‌های M و M' را با رسم، کامل کنید.



۶ در شکل‌های زیر مسیر نور را پس از تابش به آینه، با رسم، کامل کنید.



۷ شیء را در چه ناحیه یا نقطه‌ای جلوی آینه مقعر قرار دهیم تا بزرگ‌نمایی آن،

(الف) بزرگ‌تر از یک باشد.

(ب) کوچک‌تر از یک باشد.

(پ) مساوی یک باشد.

۸ تحقیق کنید که:

(الف) چرا در پیچ جاده‌ها آینه نصب می‌کنند؟ این آینه از چه نوعی است؟

(ب) مزایا و معایب به کار بردن آینه تخت یا آینه محدب به عنوان آینه بغل اتومبیل چیست؟

۹ (الف) آیا می‌توان تصویر مجازی را روی پرده انداخت؟ توضیح دهید.

(ب) آیا می‌توان از تصویر مجازی عکس گرفت؟ توضیح دهید.

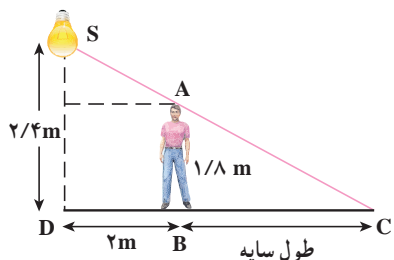
۱۰ جسمی از فاصله خیلی دور تا فاصله بسیار نزدیک، به آینه محدب نزدیک می‌شود. تصویر این جسم در چه محدوده‌ای جابه‌جا

می‌شود؟

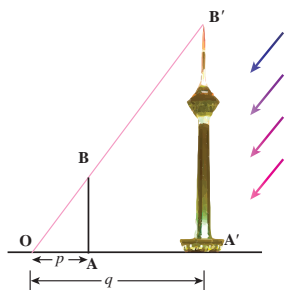


نور-پارتناب نور

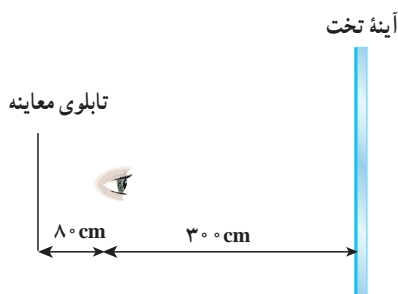
مسئله‌ها



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 2 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 می‌دهد. با استفاده از یک میله و سایه آن در همان زمان و منطقه می‌توانیم ارتفاع برج را محاسبه کنیم. در صورتی که طول میله قائم 3 m، طول سایه برج روی زمین 145 m و طول سایه میله 1 m باشد، ارتفاع برج را حساب کنید.

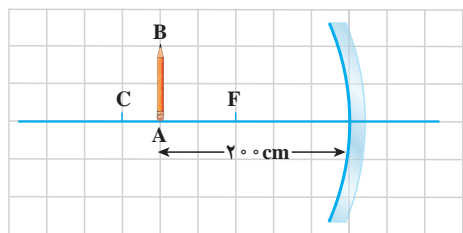


۳ مطابق شکل مقابل، تابلوی معاینه چشم در 8° سانتی متری چشم بیمار، پشت سر او قرار دارد و آینه تختی در 30° سانتی متری جلوی او است. فاصله چشمان بیمار تا تصویر چقدر است؟

۴ شخصی مقابل آینه تخت قائمی ایستاده است:

الف) اگر این شخص 5 cm به آینه نزدیک شود چند سانتی متر به تصویرش نزدیک می‌شود؟

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 جابه‌جا می‌شود؟



۵ روی کاغذ شطرنجی آینه مقعری رسم شده است. برای جسمی که در مقابل آن قرار دارد، اگر فاصله کانونی آینه 12 cm باشد:

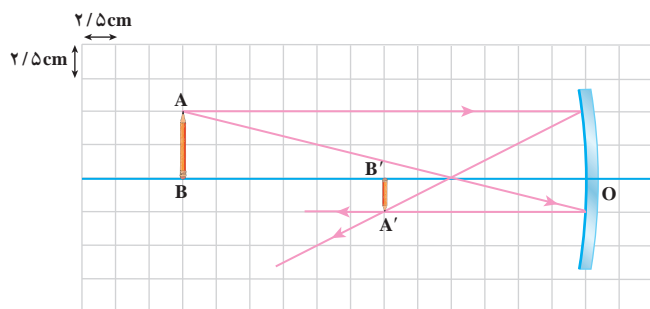
الف) مکان تصویر را با استفاده از رسم پرتوها بیابید و فاصله تصویر از آینه را تعیین کنید.

ب) با جاگذاری عددی مقدارهای q ، p و f در رابطه آینه‌های کروی درستی این رابطه را تحقیق کنید.

۶ جسمی در فاصله 18 سانتی متری آینه مقعری به شعاع 24 cm سانتی متر قرار دارد.

الف) فاصله تصویر تا آینه و نوع تصویر را مشخص کنید.

ب) شکل را با فاصله‌های داده شده برای جسم و فاصله کانونی رسم کنید. فاصله تصویر تا آینه را با خط کش اندازه بگیرید و آن را با عدد به دست آمده از محاسبه مقایسه کنید.



۷ با توجه به شکل روبه‌رو

الف) اندازه تصویر و جسم را مشخص نمایید.

ب) نوع آینه را تعیین کنید.

پ) فاصله کانونی آینه را با توجه به فاصله‌های جسم و تصویر از آینه به دست آورید و با اندازه آن روی شکل مقایسه نمایید.

۸ در یک آینه مقعر، فاصله جسم تا آینه ۱۵ cm است. اگر تصویر نسبت به جسم مستقیم و فاصله آن تا آینه ۲۰ cm باشد، فاصله

کانونی و شعاع این آینه چقدر است؟

۹ می‌خواهیم یک شیء مانند دندان را مقابل آینه کاوی به فاصله کانونی ۶/۰ cm چنان قرار دهیم که تصویر مستقیم بزرگ‌تری را

تشکیل دهد. شیء را کجا قرار دهیم تا ابعاد تصویر سه برابر ابعاد شیء باشد؟

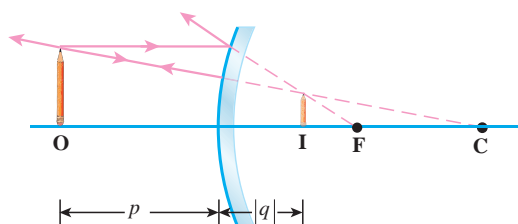
۱۰ جسمی مقابل یک آینه محدب که فاصله کانونی آن ۱۰ cm است قرار دارد. فاصله جسم تا آینه ۲۰ cm است.

الف) فاصله تصویر تا آینه را حساب کنید.

ب-۱) اگر طول جسم ۴ cm باشد طول تصویر چقدر است؟

ب-۲) با توجه به مقادیر داده شده و با انتخاب مقیاس مناسب، شکل رسم کنید. سپس با اندازه‌گیری فاصله تصویر تا آینه و اندازه‌گیری

طول تصویر با خط‌کش آنها را با عددهای به دست آمده در بند الف و ب-۱ مقایسه کنید.

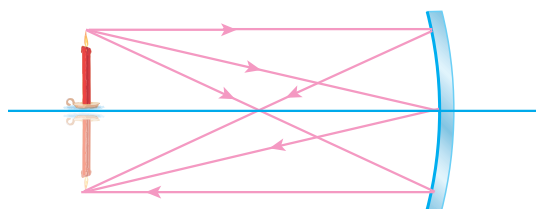


۱۱ در شکل روبه‌رو طول جسم ۵ cm است. این جسم در فاصله

۴۰ سانتی‌متری آینه قرار دارد و فاصله تصویر از آینه ۱۰ cm است.

الف) طول تصویر چند سانتی‌متر است؟

ب) شعاع آینه چقدر است؟

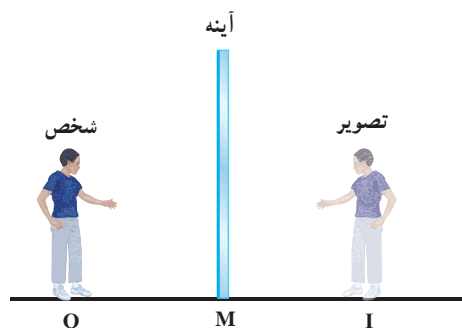


۱۲ در شکل روبه‌رو شمع را در برابر آینه کاو، آن قدر جابه‌جا کرده‌ایم

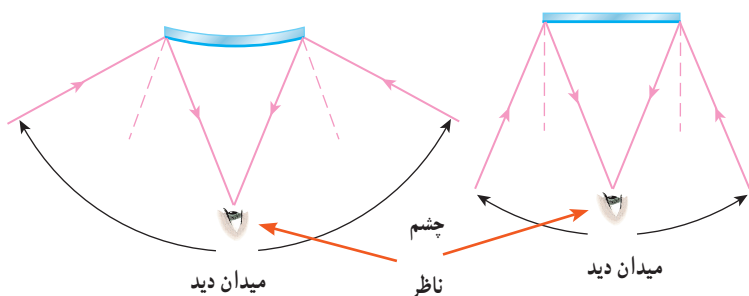
تا تصویر شعله شمع دقیقاً زیر آن بیفتند. در این حالت فاصله شمع از

آینه ۱۵ cm است. شعاع آینه و فاصله کانونی آن، هر یک چند سانتی‌متر

است؟

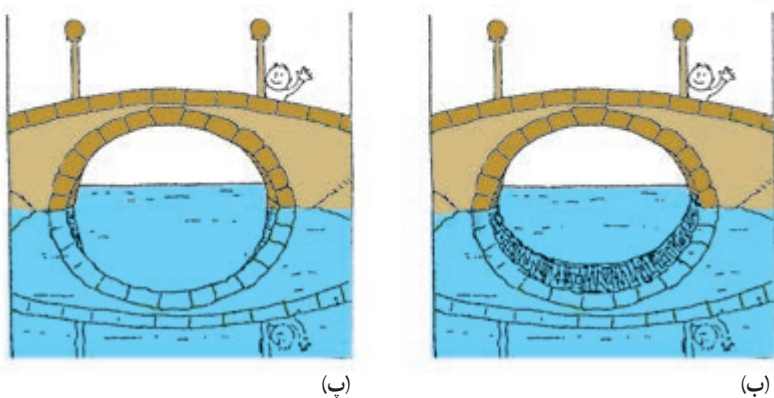
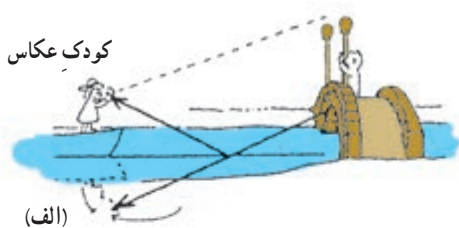


- ۱ در شکل روبرو شخص با سرعت 2 m/s به آینه نزدیک می‌شود.
 الف) تصویر شخص با چه سرعتی به آینه نزدیک می‌شود؟
 ب) تصویر شخص با چه سرعتی به خود شخص نزدیک می‌شود؟



- 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. کدام یک از شکل‌های ب و پ، عکس گرفته شده به وسیله کودکی را درست‌تر نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

- ۴ اتوبوسی که ارتفاع آن 3 m است در جاده‌ای کوهستانی حرکت می‌کند. وقتی اتوبوس در فاصله 10 m از آینه سربخ 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 می‌دانید که علت تشکیل رنگین‌کمان 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، همین‌طور 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

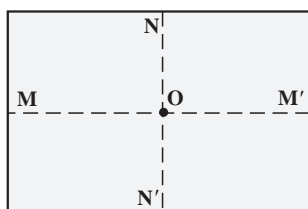


شکل ۱-۵-۲- به دلیل شکست نور، مداد درون لیوان آب، شکسته به نظر می‌رسد.

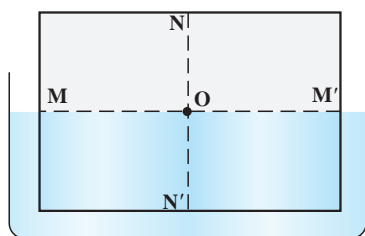
۱-۵ شکست نور

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 ۱-۵-۲ درون لیوان محتوی آب قرار دهیم و سپس آن را از کنار یا از بالا نگاه کنیم، مداد به صورت شکسته به نظر می‌رسد. مشاهده پدیده‌هایی از این قبیل به سبب پدیده **شکست نور** است.

آزمایش کنید ۱



الف



ب

وسایله‌های 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.

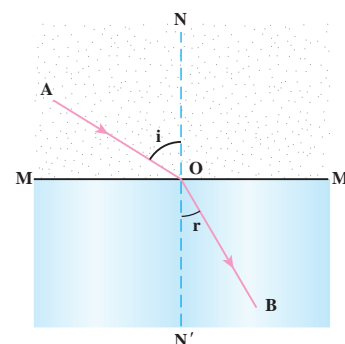
۲- صفحه تشکیل تصویر را در ظرف آب قرار دهید، به گونه‌ای که خط MM' بر سطح آب مماس شود.

۳- پرتو لیزر را به‌طور 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 هوا و آب توجه کنید، از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

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' نزدیک می‌شود.

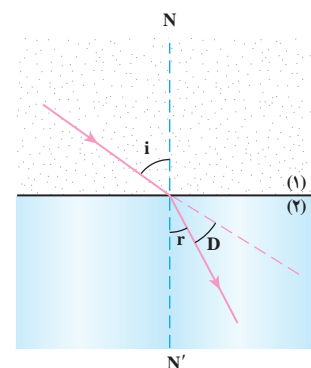
وقتی نور به‌طور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر می‌تابد، مسیرش تغییر می‌کند. به بیان دیگر، پرتو نوری که به‌طور مایل به سطح جدایی دو محیط شفاف می‌تابد، هنگام گذر از سطح جدایی دو محیط، شکسته می‌شود. به این پدیده شکست نور می‌گوییم.



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

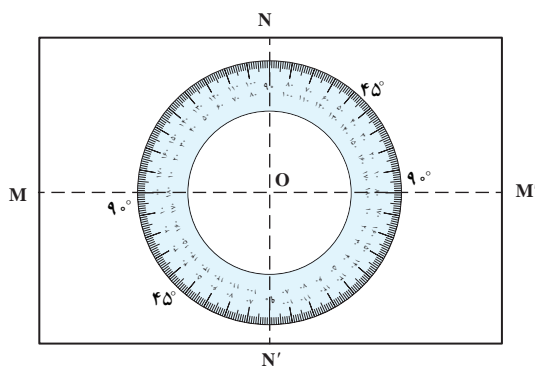
پرتو AO را پرتو تابش و پرتو OB را پرتو شکست می‌نامیم. زاویه بین پرتو تابش و خط NN' (خط عمود بر سطح جدایی دو محیط در نقطه تابش نور) را زاویه تابش (i) و زاویه بین پرتو شکست و خط NN' را زاویه شکست (r) می‌نامیم.

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



شکل ۵-۴- مسیر گذر نور از هوا به آب و تعیین زاویه انحراف

آزمایش کنید ۲



وسایله‌های آزمایش: صفحه تشکیل تصویر یا کاغذ کلاسه سفید،

لیزر مدادی، ظرف آب شیشه‌ای

شرح آزمایش:

۱- کپی بزرگ شده شکل روبه‌رو را روی یک طلق (ترانسپارنت) بیندازید و آن را روی صفحه تشکیل تصویر بچسبانید.

۲- صفحه تشکیل تصویر مدرج را درون ظرف آب قرار دهید، به‌گونه‌ای که خط MM' بر سطح آب مماس شود.

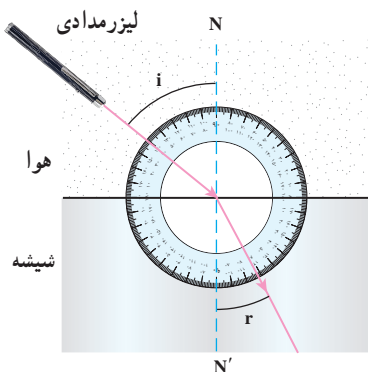
۳- پرتو لیزر را طوری به سطح آب بتابانید که مسیر آن روی صفحه دیده شود و از نقطه O نیز بگذرد.

۴- برای زاویه‌های تابش 0° ، 15° ، 30° ، 45° ، 60° و 75° ، زاویه شکست را پیدا کنید و جدول روبه‌رو را کامل کنید.

شماره آزمایش	زاویه تابش (i)	زاویه شکست (r)	زاویه انحراف (D)
۱	0°		
۲	15°		
۳	30°		
۴	45°		
۵	60°		
۶	75°		

قانون های شکست نور: در گذشته، دانشمندان زیادی از جمله بطلمیوس، ابن هیثم، کپلر و... تلاش کردند تا رابطه ای بین زاویه تابش (i) و زاویه شکست (r) پیدا کنند. به عنوان مثال ابن هیثم دانشمند اسلامی نسبت بین زاویه های تابش و شکست را تا زاویه 8° به دست آورد ولی نتوانست رابطه بین آنها را کشف کند. در قرن هفدهم میلادی اسنل دانشمند هلندی و دکارت دانشمند فرانسوی، هر یک به طور مستقل، موفق شدند رابطه بین این دو زاویه را به دست آورند.

تفسیر کنید



دانش آموزی با استفاده از یک لیزر مدادی، تیغه شیشه ای و نقاله یا صفحه مدرج شده با نقاله، آزمایشی را انجام داده است. او باریکه نور را تحت زاویه های تابش مختلف به تیغه تابانده، زاویه های شکست مربوط به هر یک را توسط نقاله اندازه گیری کرده و جدول زیر را کامل کرده است. شکل روبه رو چگونه انجام آزمایش را نشان می دهد.

شماره آزمایش	زاویه تابش i	زاویه شکست r	i/r	$\sin i$	$\sin r$	$\sin i / \sin r$
۱	15°	10°	$1/50$	$0/26$	$0/17$	$1/53$
۲	20°	13°	$1/54$	$0/34$	$0/22$	$1/52$
۳	30°	21°	$1/42$	$0/50$	$0/34$	$1/50$
۴	40°	25°	$1/60$	$0/64$	$0/42$	$1/52$
۵	45°	28°	$1/60$	$0/71$	$0/47$	$1/51$
۶	50°	30°	$1/67$	$0/77$	$0/50$	$1/53$
۷	60°	35°	$1/71$	$0/87$	$0/57$	$1/53$
۸	70°	38°	$1/84$	$0/94$	$0/61$	$1/53$
:	:	:	:	:	:	:

با توجه به جدول بالا و مشورت با اعضای گروه خود توضیح دهید:

الف) آیا زاویه شکست در هر مورد کوچک تر از زاویه تابش است؟

ب) اعداد مربوط به کدام ستون تقریباً در تمام آزمایش ها ثابت است؟ این عدد تقریباً چقدر است؟

پ) به جدول آزمایش ۲، ستون های سینوس زاویه تابش، سینوس زاویه شکست و نسبت $\frac{\sin i}{\sin r}$ را اضافه کنید و با

استفاده از جدول نسبت های مثلثاتی انتهای کتاب، جدول را کامل کنید.

آیا شما نیز با استفاده از نتایج آزمایش ۲ و تفسیر جدول صفحه قبل به نتایج زیر که به قانون های شکست نور معروف اند رسیده اید؟

۱- پرتو تابش، خط عمود بر سطح جداکننده دو محیط، در نقطه تابش و پرتو شکست در یک صفحه واقع اند.

۲- نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست، برای پرتوهایی که از هوا وارد یک محیط شفاف مانند شیشه یا آب می شوند مقداری ثابت است.

این مقدار را ضریب شکست ماده شفاف می گویند و آن را با n نشان می دهند. ضریب شکست (n) به جنس ماده شفاف بستگی دارد.

بنابراین،

$$(۱-۵) \quad \text{سینوس زاویه تابش در هوا} = \frac{\text{ضریب شکست یک ماده شفاف}}{\text{سینوس زاویه شکست در محیط شفاف}}$$



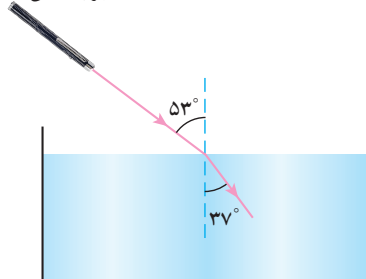
ویلیبرورد اسنل^۱

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 (یا قانون شکست دکارت) خوانده می شود. گرچه امروزه دریافته اند که سال ها پیش از او دانشمندی مسلمان و ایرانی به نام ابن سهل^۲ (۳۷۹-۳۱۹ ه. ش) در سال ۹۸۴ میلادی (۳۶۳ ه. ش) این قانون را در رساله مشهور خود تحت عنوان «دریابره آینه های سوزان و عدسی ها»^۳ بیان کرده بود. پس از ابن سهل، ابن هیثم (۴۱۸-۳۴۴ ه. ش) از نتایج این قانون در کارهای خود در زمینه نورشناسی استفاده کرد.

مثال ۱

لیزر مدادی



باریکه نوری را مانند شکل روبه رو با زاویه تابش ۵۳° به سطح آب می تابانیم. این پرتو با زاویه شکست ۳۷° وارد آب می شود، ضریب شکست آب چقدر است؟

$$i = ۵۳^\circ \quad r = ۳۷^\circ \quad n = ? \quad \text{پاسخ:}$$

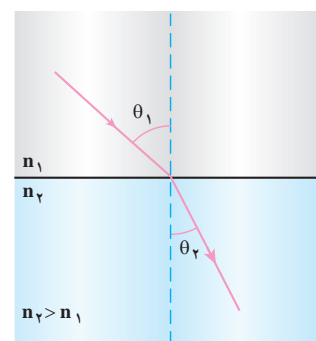
با استفاده از قانون شکست نور:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \Rightarrow n = \frac{\sin ۵۳^\circ}{\sin ۳۷^\circ} = \frac{0.799}{0.602} \Rightarrow n = ۱.۳۳$$

اگر مطابق شکل ۵-۵، پرتو نوری با زاویه تابش θ_1 از محیط شفافی به ضریب شکست n_1 ، با زاویه شکست θ_2 وارد محیط شفاف دیگری به ضریب شکست n_2 شود. رابطه ۵-۱، به صورت کلی زیر نوشته می شود:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (۲-۵)$$

این رابطه به قانون اسنل معروف است.



شکل ۵-۵

۱- Willebrord Snellius

۲- Ibn Sahl

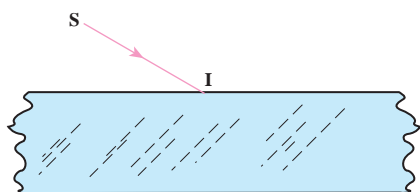
۳- On burning Mirrors and Lenses

در شکل ۵-۵، اگر پرتو نور لیزر، با زاویه تابش 35° از هوا وارد شیشه شود،
الف) زاویه شکست چند درجه است؟
ب) زاویه انحراف چند درجه است؟

آزمایش کنید ۳

وسایله‌های آزمایش: یک قطعه شیشه ضخیم، وسیله تولید باریکه نور مانند لیزر مدادی، یک تکه مقوا و خط کش.

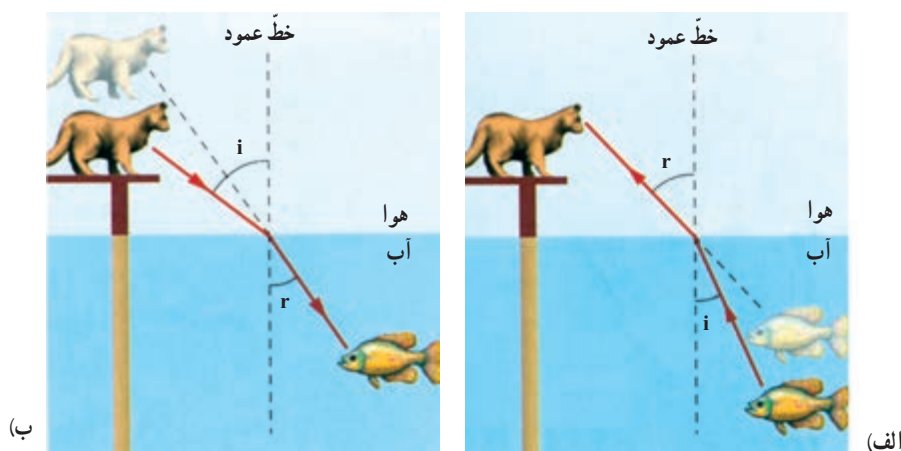
شرح آزمایش:



- 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 خط چین رسم کنید.
- ۵- پرتو تابش ورودی به شیشه و پرتو خروجی از شیشه نسبت به هم چگونه‌اند؟
- ۶- از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۲-۵ 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 می‌بیند. 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 نزدیک‌تر و وقتی از داخل آب به جسمی در هوا نگاه می‌کنید، آن جسم دورتر به نظر می‌رسد.

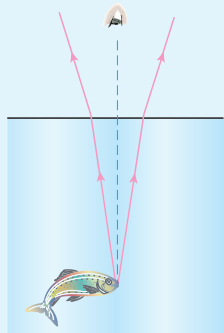


شکل ۵-۶- گربه و ماهی مکان‌های ظاهری دیگری را می‌بینند.

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

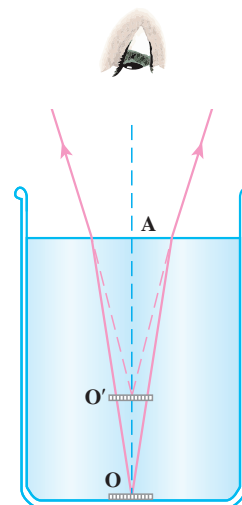


شکل روبه‌رو دو پرتو را نشان می‌دهد که از ماهی به سطح آب و سپس به چشم ناظر رسیده است. با رسم کردن امتداد پرتوهای رسیده به چشم ناظر معلوم کنید که ناظر، تصویر ماهی را کجا می‌بیند؟

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 ۵-۷ 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 ۵-۳ بین عمق ظاهری و عمق واقعی برقرار است.



شکل ۵-۷- شکست نور هنگام عبور از مرز جداکننده دو محیط شفاف باعث می‌شود جسم، در محل واقعی خود دیده شود.

$$\text{عمق واقعی} = \frac{\text{عمق ظاهری}}{\text{ضریب شکست آب}} \quad (۳-۵)$$

$$O'A = \frac{OA}{n}$$

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.

$$O'A = 1/5 \text{ m} \quad n = 1/33 \quad OA = ? \quad \text{پاسخ:}$$

$$O'A = \frac{OA}{n}$$

$$1/5 = \frac{OA}{1/33} \Rightarrow OA = 2 \text{ m}$$

پس عمق واقعی استخر 2 m است.

آزمایش کنید ۴

وسایله‌های آزمایش: دو لیوان مشابه، دو سکه مشابه، خط کش

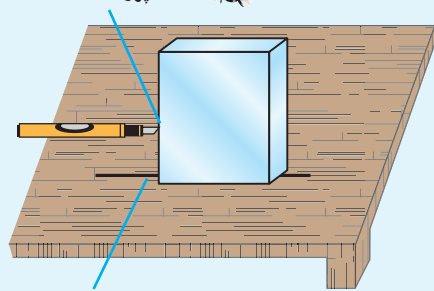
شرح آزمایش:

- 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

محل دیده شدن تصویر

خط پررنگ



خط پررنگی که از بالای تیغه شفاف به آن نگاه می‌کنیم.

با ماژیک، خط پررنگی روی کاغذ بکشید و تیغه شفاف را مانند شکل روی آن قرار دهید و از بالا به آن نگاه کنید. با ماژیک 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

سرعت انتشار نور در خلأ، بیشتر از سرعت انتشار نور در هر محیط شفاف دیگر است. سرعت انتشار نور در خلأ تقریباً $300,000$ کیلومتر بر ثانیه است؛ یعنی نور در خلأ فاصله $300,000$ کیلومتر را در مدت یک ثانیه می‌پیماید. سرعت نور در هوا نیز تقریباً همین مقدار است. در محیط‌های شفاف مثل آب، شیشه و ... سرعت نور کمتر از سرعت نور در هوا است.

می‌توان نشان داد نسبت سرعت نور در هوا به سرعت نور در یک ماده شفاف همان ضریب شکست

ماده شفاف است:

$$\text{ضریب شکست ماده شفاف} = \frac{\text{سرعت نور در هوا}}{\text{سرعت نور در ماده شفاف}}$$

اگر سرعت نور در هوا c و سرعت نور در ماده شفاف v باشد داریم:

$$n = \frac{c}{v} \quad (4-5)$$

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 ۵-۱- 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	پلی استیرن
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

ابن هیثم



ابوعلی حسن بن حسن بصری معروف به ابن هیثم، ریاضی‌دان، فیزیک‌دان، منجم و از دانشمندان سرشناسی بود که در سال ۳۴۳ هجری شمسی (۳۵۴

هجری قمری) در بصره متولد شد

و در سال ۴۱۸ هجری شمسی (۴۳۰ هجری قمری) درگذشت. او با اینکه از آثار گذشتگان خود از جمله اقلیدس، بطلمیوس، ارسطو و آپولونیوس استفاده کرده است، اما بنیان نور شناخت را دگرگون کرد و آن را به صورت علم منظم و مشخصی درآورد. او مانند اقلیدس هم فیزیک‌دان نظری و هم تجربی بود و به منظور تشخیص حرکت مستقیم الخط نور، یافتن خصوصیات سایه، موارد استفاده از عدسی‌ها و ویژگی‌های اتاق تاریک آزمایش‌هایی انجام داد. 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 عمده او در بحث بازتاب نور که پیش از آن یونانیان به اکتشاف‌های مهمی در آن دست یافته بودند، پژوهش در آینه‌های سهموی (شلجمی) 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 سهموی همه شعاع‌ها در یک نقطه متمرکز می‌شود و از این رو بهترین آینه‌های سوزاننده همین آینه‌های سهموی هستند.

المنظر، کتابی است که از این دانش پژوه مسلمان برجای مانده است، اثری بی نظیر که یافته‌های او را در زمینه اپتیک دربردارد. نویسنده در این شاهکار خود، با تکیه بر نظریه‌های ریاضی به توضیح علمی فرایند دیدن می‌پردازد و سعی می‌کند ساز و کار دیدن با دو چشم را توضیح دهد. ابن هیثم در این کتاب، ارتباط نظام مند میان مشاهده، فرضیه‌سازی و توجیه علمی رویدادها را به نمایش می‌گذارد. این کتاب پس از جلب توجه ریاضیدانان نامی‌ای همچون کپلر، دکارت و هویگنس، حدود ۵۰۰ سال پس از مرگ او در اروپا به چاپ رسید.

مثال ۳

با استفاده از جدول ۱-۵ ضریب شکست آب را حساب کنید.

پاسخ:

$$c = 300,000 \text{ km/s} \text{ و } v = 225,000 \text{ km/s} \text{ و } n = ?$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{300,000}{225,000} = \frac{300}{225}$$

$$n = \frac{4}{3} \approx 1/33 \text{ ضریب شکست آب}$$

تمرین ۱

با توجه به رابطه سرعت نور در یک محیط شفاف با ضریب شکست آن محیط، مکان‌های خالی جدول ۱-۵ را کامل کنید.

پاسخ دهید 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 (i) 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 ۴

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.

پاسخ:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{5}{4} \text{ و } \frac{n_1}{n_2} = ?$$

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \text{ و } n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{v_1}}{\frac{c}{v_2}}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

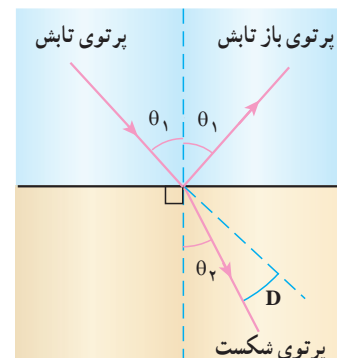
بنابراین:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{4}{5}$$

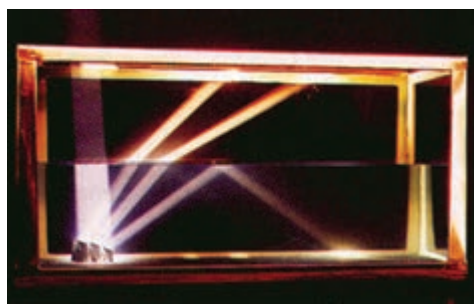
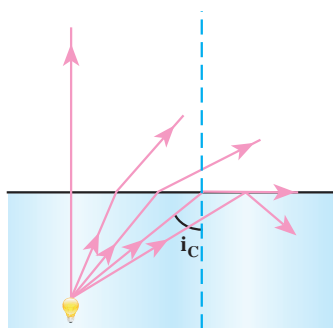
۴-۵ زاویه حد و بازتاب کلی

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 ۵-۸).

وقتی نور از محیطی با ضریب شکست بیشتر وارد محیطی با ضریب شکست کمتر شود (برای مثال از درون آب به هوا) 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** می‌گوئیم و آن را با i_c نشان می‌دهیم (شکل ۵-۸). 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 باز می‌گرداند (شکل ۵-۹). به این پدیده **بازتاب کلی** می‌گویند.

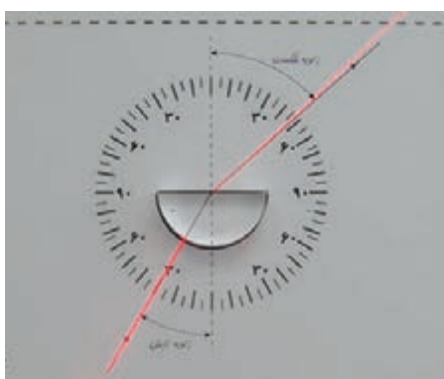


شکل ۵-۸ - بازتاب جزئی نور و شکست نور در مرز مشترک دو محیط شفاف

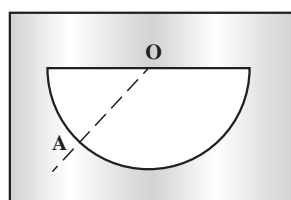


شکل ۵-۹ - گذار نور از محیط شفاف با ضریب شکست بیشتر به محیط شفاف با ضریب شکست کمتر و بازتاب کلی.

آزمایش کنید



الف



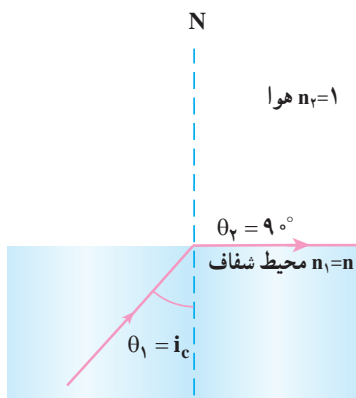
ب

وسایله‌های 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 قاعده 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 ۵-۱۰).



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$n \sin i_c = 1 \times \sin 90^\circ$$

$$\sin i_c = \frac{1}{n} \quad (5-5)$$

شکل ۵-۱۰ زاویه حد برای پرتوی که از محیطی شفاف ($n > 1$) وارد هوا می‌شود.

مثال ۵

برای پرتوهایی که از آب وارد هوا می‌شوند، با توجه به ضریب شکست آب در جدول ۵-۱، زاویه تابش چند درجه باشد تا پرتوها مماس بر سطح آب خارج شوند؟

پاسخ:

$$n = 1/333 ; i_c = ?$$

$$\sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1/333} = 0/75$$

$$i_c \approx 49^\circ$$

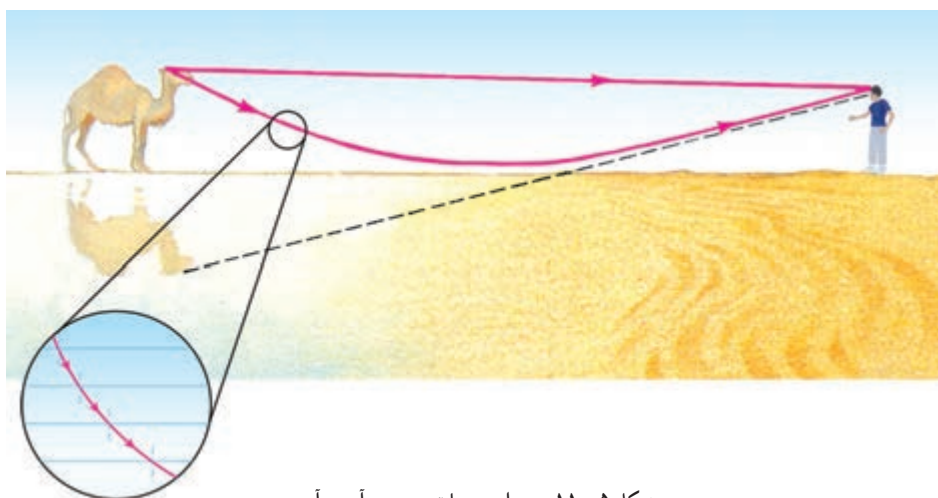
فعالیت ۴

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 ۵

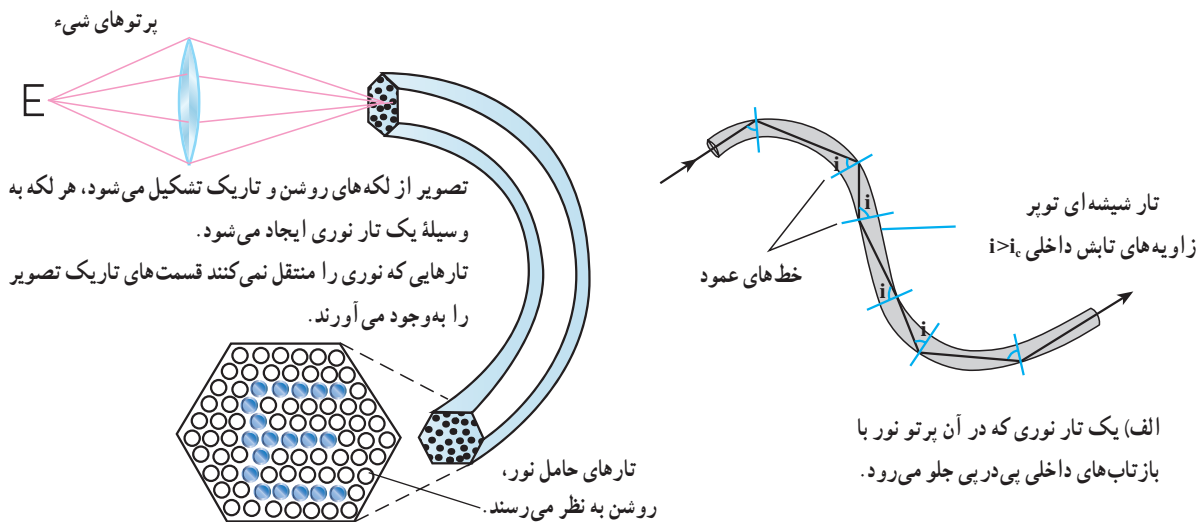
با استفاده از جدول ۵-۱، زاویه حد بلور نمک طعام، یخ و الماس را برای هنگامی که نور از هر یک از این مواد وارد هوا می‌شود، محاسبه و تعیین کنید کدام یک بزرگ‌تر است.

سراب: پدیده سراب معمولاً در جاده‌ها و بیابان‌ها در روزهای گرم مشاهده می‌شود در چنین مواقعی 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 ۵-۱۱). وقتی به سمت این ناحیه به ظاهر خیس پیش می‌رویم، می‌بینیم که هیچ آبی وجود ندارد و تصویرها نیز محو می‌شوند. علت این پدیده آن است که هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم دمای لایه‌های هوا بیشتر و ضریب شکست آن کمتر می‌شود. پرتوهای نور که از یک شیء دور، مثلاً یک خودرو، به طور مایل به سطح زمین می‌تابند، در اثر عبور از لایه‌های با ضریب شکست بیشتر به لایه‌های با ضریب شکست کمتر به تدریج به طرف بالا شکست می‌یابند تا اینکه در لایه‌های نزدیک 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 نزدیک به سطح زمین که نور را باز می‌تابانند مانند سطح آب به نظر می‌آیند.



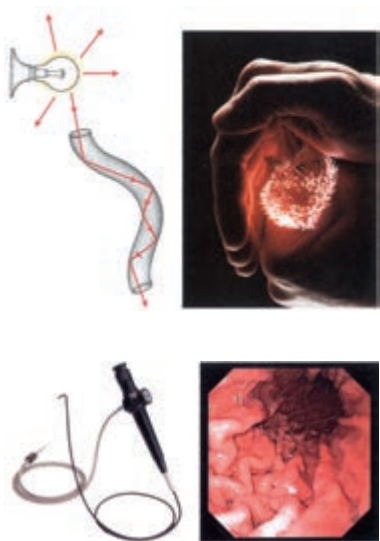
شکل ۵-۱۱- سراب و علت به وجود آمدن آن

تار نوری: تار نوری رشته‌ای از جنس شیشه یا پلاستیک شفاف است که ضخامت آن، می‌تواند بسیار کمتر از یک میلی‌متر 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 بازتاب‌های کلی پی‌درپی درون تار نوری جلو می‌رود، حتی اگر تار خمیده شده باشد (شکل ۵-۱۲).



(ب) دسته‌ای از تارهای شیشه‌ای که برای انتقال تصویر استفاده می‌شود.

شکل ۵-۱۲



تارهای نوری کاربردهای فراوانی دارند. مثلاً دندان‌پزشک‌ها با استفاده از چراغ‌قوه‌های 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 تزئینی رومیزی یا لوسترهای جدید به کار می‌روند. در آندوسکوپی که برای دیدن داخل بدن به کار می‌رود (شکل ۵-۱۳)، نور را از یک دسته باریک از تارهای شیشه‌ای بسیار ظریف و قابل انعطاف عبور می‌دهند و به نقطه مورد نظر درون بدن می‌تابانند و تصویر حاصل را از طریق دسته دیگری از تارها برمی‌گردانند. این دسته دوم تصویرساز ممکن است هزاران تار نوری با ضخامتی در حدود ۱/۰ میلی‌متر داشته باشد که در وضعیت‌های ثابت چنان مرتب شده‌اند که تصویر درهم و برهم نمی‌شود. در این حالت هر تار نوری یک نقطه از تصویر را ایجاد می‌کند. مهم‌ترین کاربرد تارهای نوری در صنعت مخابرات است. کابل‌های تار نوری، در مقایسه با کابل‌های سیم مسی نه تنها می‌توانند داده‌های بیشتری را 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.

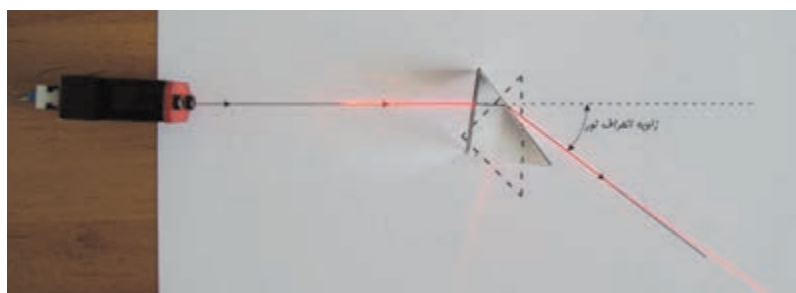
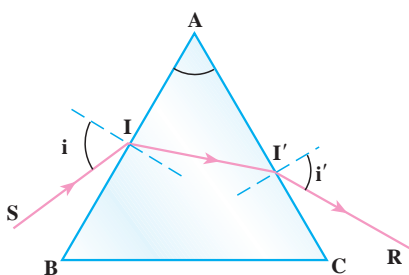
شکل ۵-۱۳- از تارهای نوری در آندوسکوپی برای دیدن داخل بدن استفاده می‌کنند.

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 پی‌درپی 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 SI که به یک وجه منشور تابیده 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

با رسم مسیر پرتو نور در منشور، زاویه انحراف یعنی زاویه بین پرتوی ورودی SI و پرتوی خروجی IR را فقط نشان دهید.

آزمایش کنید ۴

وسایله‌های آزمایش: وسیله تولید باریکه نور سفید، منشور، یک ورق کاغذ سفید.

شرح آزمایش:

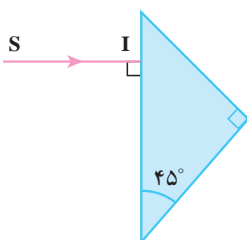
- در یک اتاق نسبتاً تاریک، باریکه نور سفید را به یک وجه منشور بتابانید. (از آویزهای بلوری چلچراغ‌ها (لوسترها) می‌توانید به جای منشور استفاده کنید).
 - در طرف دیگر منشور، ورق کاغذ سفید را در مسیر پرتوهای خروجی قرار دهید.
 - با جابه‌جا کردن منشور، تصویر واضحی از رنگ‌ها را روی کاغذ تشکیل دهید.
 - نام رنگ‌ها را به ترتیب بنویسید.
- از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید.



شکل ۵-۱۵- پاشیدگی نور سفید در عبور از منشور

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 یا بنفش است. به همین سبب زاویه شکست و همین‌طور زاویه انحراف این نورها نیز، هنگام عبور از منشور، یکسان نیست. در نتیجه نورهای با رنگ‌های متفاوت، روی مسیری اندکی متفاوت با هم از منشور خارج می‌شوند. در شکل ۵-۱۵ پاشیدگی نور سفید و رنگ‌های حاصل از آن نشان داده شده است. رنگین کمان و یا نورهای رنگی درخشان که در چلچراغ‌های بلوری مشاهده می‌شود، به علت پاشیدگی نور است. در رنگین کمان پاشیدگی نور به وسیله ذرات ریز آب، و در چلچراغ‌ها در نتیجه عبور نور از بلورهای چلچراغ اتفاق می‌افتد. مجموعه نورهای رنگی حاصل از پاشیدگی نور سفید، در عبور از منشور را **طیف نور سفید** می‌نامند.

مثال ۴



شکل روبه‌رو، مقطع منشور قائم‌الزاویه متساوی‌الساقینی را نشان می‌دهد که ضریب شکست آن $1/5$ است.

الف) زاویه حد منشور را برای حالتی که پرتوی نوری تک‌رنگ از درون منشور به سطح جداکننده منشور و هوا بتابد به دست آورید.

ب) ادامه مسیر پرتوی SI را تا خروج از منشور، رسم نمایید.

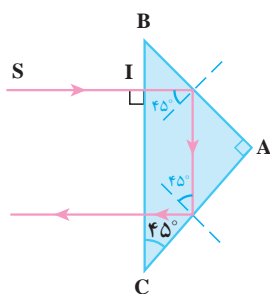
پاسخ:

$$n = 1/5, \quad i_c = ?$$

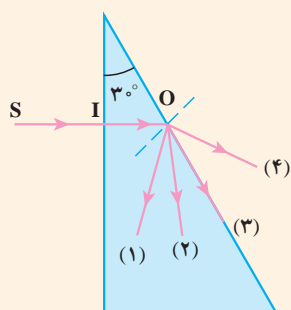
$$\sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1/5} = 0/67 \quad \text{الف)}$$

با استفاده از جدول نسبت‌های مثلثاتی انتهای کتاب، داریم:

$$i_c \approx 42^\circ$$



ب) چون پرتوی SI عمود بر وجه BC تابیده است. ($i = 0$)، 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.

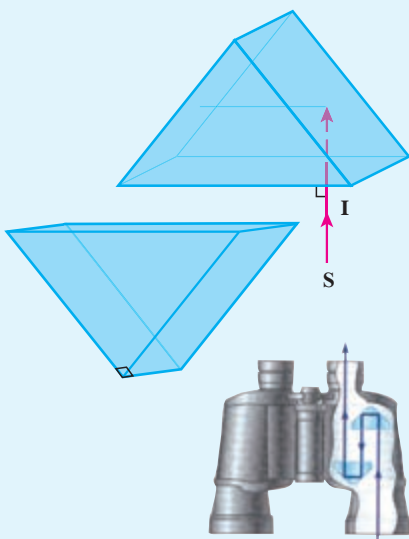


مطابق شکل، پرتوی تک‌رنگ SI بدون شکست وارد منشوری به ضریب شکست

$n=1/41$ می‌شود و به نقطه O می‌رسد.

کدام پرتو می‌تواند ادامه پرتو SIO باشد؟ توضیح دهید.

فعالیت 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 روبه‌رو). 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.

۵-۶ 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 یا نسبتاً نزدیک 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 ۵-۱۶). 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 ۵-۱۶_ قطره‌های باران همچون عدسی عمل می‌کنند.

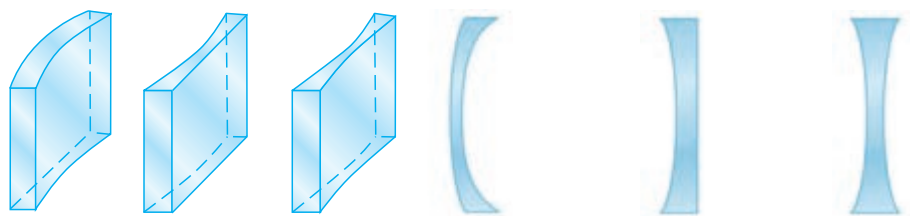
عدسی‌های همگرا : در عدسی همگرا، پرتوهایی که موازی با هم به عدسی می‌تابند پس از شکست و عبور از عدسی، به هم نزدیک می‌شوند یعنی همگرا می‌شوند. در عدسی‌های همگرا، لبه‌های عدسی نازک‌تر از وسط آن است و عدسی به‌طور معمول برای کاربردهای متفاوت به شکل‌های دو کوز، کوز تخت و هلالی همگرا ساخته می‌شود. در شکل (۵-۱۷) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند. همه این عدسی‌ها، عدسی همگرا نامیده می‌شوند.



الف) دو کوز کروی ب) کوز تخت کروی پ) هلالی همگرای کروی ت) عدسی‌های همگرای استوانه‌ای

شکل ۵-۱۷- 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. لبه این عدسی‌ها پهن‌تر از وسط آنها است و به شکل‌های دو کاو، کاو تخت و هلالی واگرا ساخته می‌شوند. در شکل (۵-۱۸) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند.

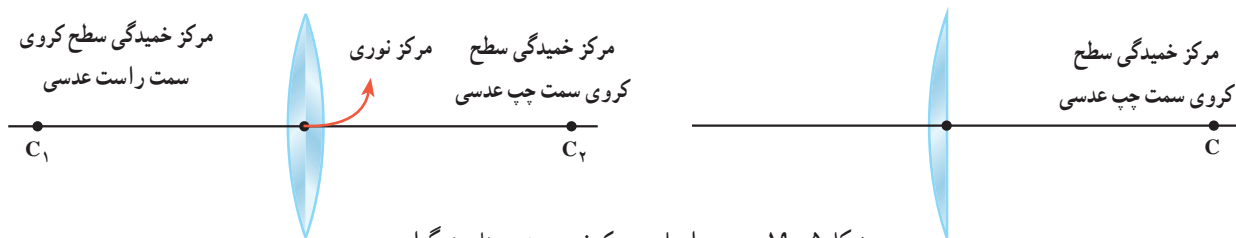


الف) دو کاو ب) کاو تخت پ) هلالی واگرا ت) عدسی‌های واگرای استوانه‌ای

شکل ۵-۱۸- انواع عدسی‌های واگرا

۵-۷ 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 (۵-۱۹) محور اصلی و **مرکز نوری** عدسی نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۹- 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

وسایله‌های آزمایش: عدسی همگرای استوانه‌ای، یک صفحه کاغذ، مولد باریکه‌های موازی نور و خط‌کش.
شرح آزمایش:

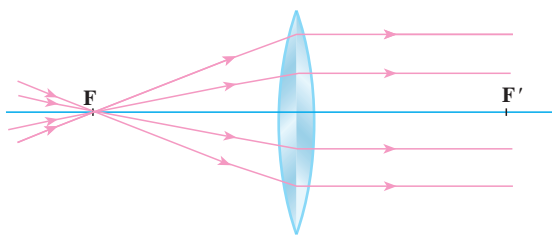


۱- مطابق شکل روبه‌رو، عدسی همگرای استوانه‌ای را روی صفحه کاغذ قرار دهید و باریکه‌های موازی نور را به آن بتابانید.
۲- نقطه‌ای که باریکه‌های نور، پس از عبور از عدسی به آن می‌رسند را **کانون عدسی همگرا** می‌نامند و آن را با F نشان می‌دهند. فاصله کانون تا عدسی را با خط‌کش تعیین کنید. این فاصله را **فاصله کانونی عدسی** می‌نامند و آن را با f نمایش می‌دهند.

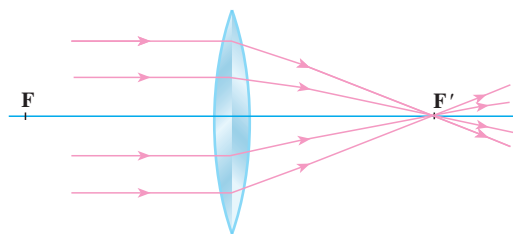
۳- همین آزمایش را با طرف دیگر عدسی انجام دهید و فاصله کانونی عدسی را اندازه‌گیری کنید. نتیجه مشاهده خود را در گزارش کار بنویسید.

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). برعکس 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).

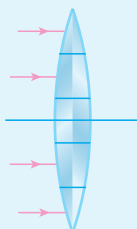


شکل ۵-۲۲- پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا بگذرند و به عدسی بتابند پس از شکست، به موازات محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند.



شکل ۵-۲۱- پرتوهایی که موازی با محور اصلی به عدسی همگرا بتابند پس از شکست، از کانون عدسی می‌گذرند.

فعالیت ۹

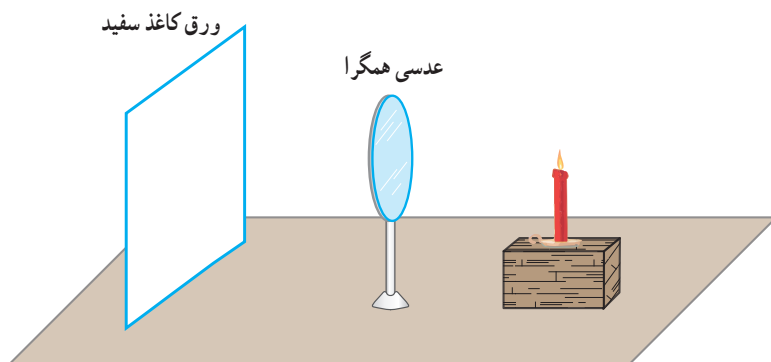


عدسی همگرا را، مانند شکل روبه‌رو به صورت مجموعه‌ای از منشورها در نظر بگیرید و ادامه مسیر پرتوهای موازی تابیده به عدسی را در آن رسم کنید.

۸-۵ چگونه تشکیل تصویر در عدسی‌های همگرا

آزمایش کنید ۸

وسایله‌های آزمایش: عدسی همگرا با پایه، شمع، صفحه تشکیل تصویر یا یک ورق کاغذ سفید.

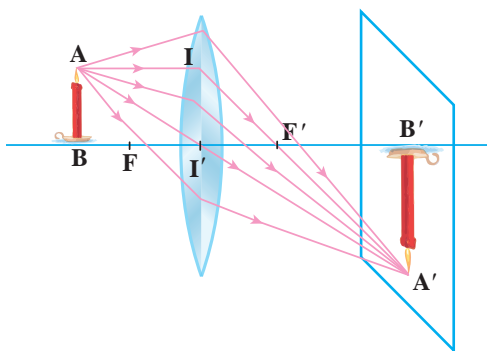


شرح آزمایش

- 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 روبه‌رو در فاصله‌ای دورتر از کانون از عدسی، مقابل عدسی قرار دهید.
- ۳- صفحه تشکیل تصویر را در طرف دیگر عدسی جابه‌جا 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 جابه‌جا 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؟

یک شمع روشن را در مقابل عدسی همگرا، در فاصله‌ای بیشتر از فاصله کانونی عدسی، مطابق شکل (۲۳-۵) در نظر بگیرید. از هر نقطه شمع، مانند نقطه A ، پرتوهای زیادی به عدسی می‌تابد. از میان این پرتوها دو پرتو خاص را در نظر می‌گیریم، یکی پرتو AI (موازی محور اصلی) و دیگری AI' (پرتوی که از مرکز نوری عدسی گذشته است). سپس پرتوهای خروجی هر یک از این دو پرتو را به روشی که گفته شد رسم می‌کنیم. پرتوهای شکست این دو پرتو یکدیگر را در نقطه A' قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه A به عدسی بتابد پرتوهای شکست آنها نیز از نقطه A' خواهد گذشت، به همین علت برای به دست آوردن نقطه A' (که تصویر نقطه A است) دو پرتو تابش کافی است. همان‌طور که در مورد آینه‌ها گفته شد، تصویر سایر نقطه‌های شمع را نیز می‌توان به همین روش به دست آورد.

تصویری را که در این حالت تشکیل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. همان‌طور که در شکل (۲۲-۵) می‌بینید، این تصویر بر روی صفحه کاغذ یا پرده‌ای که در محل تصویر قرار دارد تشکیل می‌شود. در این حالت پرتوهای شکست خودشان همدیگر را قطع کرده‌اند. در واقع نقطه A' یک نقطه روشن واقعی است و اگر چشم در مسیر پرتوهایی که از A' گذشته‌اند قرار گیرد، نقطه روشن A دیده می‌شود.



شکل ۲۳-۵- چگونه تشکیل تصویر در عدسی همگرا

ابن سهل



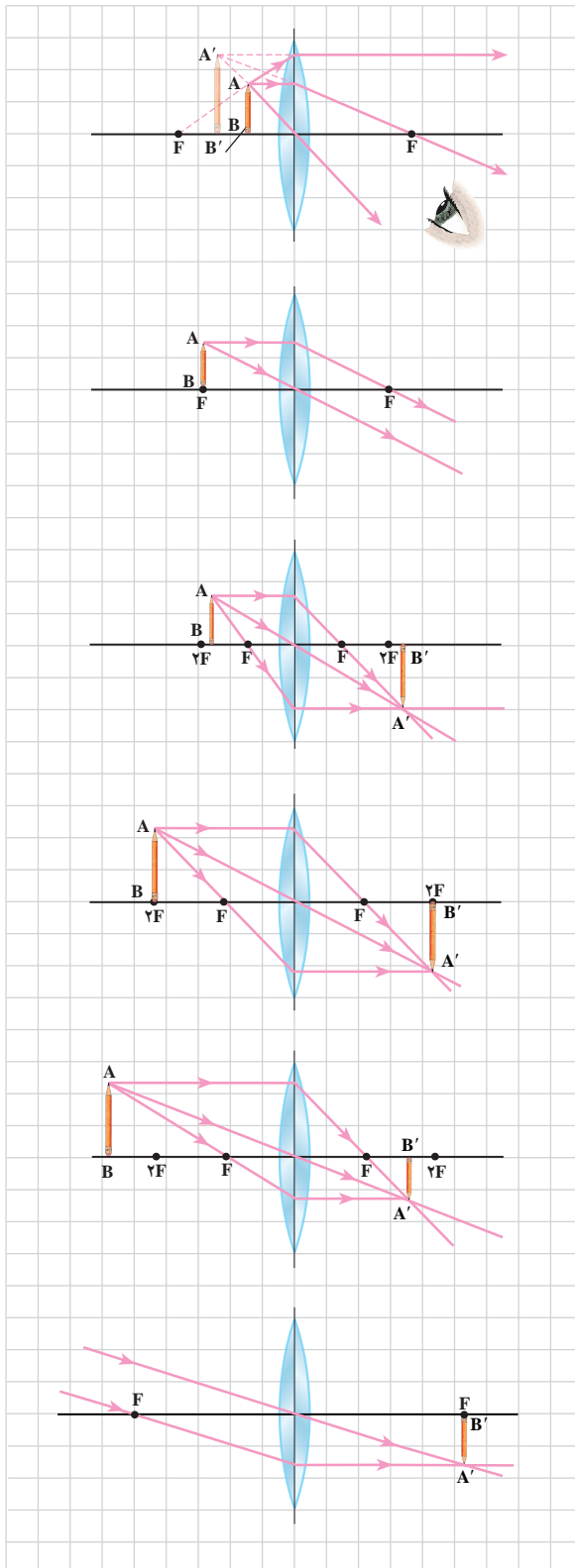
ابوسعبد العلاء بن سهل معروف به ابن سهل (۳۱۹-۳۷۹ هجری شمسی) ریاضیدان، فیزیکدان و مهندس اپتیک ایرانی در عصر

طلایی علوم اسلامی بود که در دربار عباسیان در بغداد کار می‌کرد. ابن سهل در سال ۳۶۳ هجری شمسی رساله بسیار مهمی به نام «در باب آینه‌ها و عدسی‌های سوزان» نوشت و در آن تشریح کرد که چگونه آینه‌های خمیده و عدسی‌ها نور را کانونی می‌کنند. بنا به منابع متعددی، او پیش از اسنل (دانشمند هلندی) قانون شکست نور را کشف کرده بود. تصویر زیر بخشی از دست خط ابن سهل را در اثبات قانون شکست نشان می‌دهد.



او با استفاده از قانون شکست نور به شکلی از عدسی‌ها دست یافت که می‌توانستند نور را بدون هر نوع آبراهی، کانونی کنند. سایر بخش‌های رساله او به آینه‌های سهوی، آینه‌های بیضوی، عدسی‌های دوکوز و روش‌هایی برای رسم کمان هندلولی می‌پردازد. بسیاری از کارهای ابن هشام (۳۴۴-۴۱۸ هجری شمسی) در نورشناسی، مبتنی بر رساله ابن سهل بوده است.

در شکل‌های ۵-۲۴ الف تا ج، روش رسم تصویر شیء AB در یک عدسی همگرای نازک در چند حالت نشان داده شده 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.

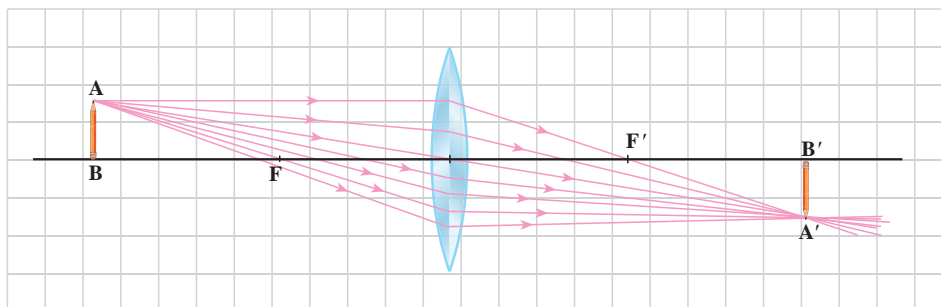
ت) شیء در فاصله $2f$ از عدسی: تصویر در فاصله $2f$ از عدسی، به اندازه شیء حقیقی و وارونه.

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 ۵-۲۴

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 مجازی است. در رسم تصویر شکل ۵-۲۵ 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 ۵-۲۵ همه پرتوهایی که از نقطه A به عدسی می تابند از نقطه A' عبور می کنند.

پاسخ دهید ۲

با توجه به شکل ۵-۲۵ 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.

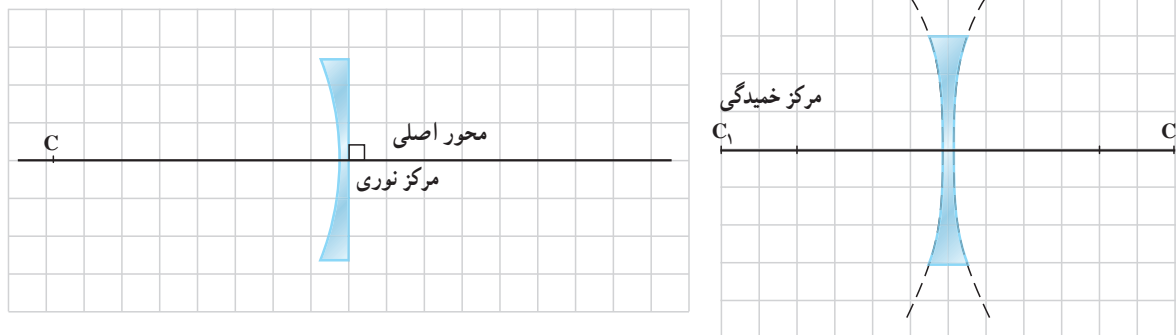
فعالیت ۱۰

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 فاصله ای از عدسی همگرا قرار گیرد.

محل جسم						
فاصله خیلی دور	خارج از $2F$	روی $2F$	بین F و $2F$	روی کانون	بین کانون و عدسی	
						تصویر سینمایی روی پرده سینما
						تصویر روی فیلم عکاسی درون دوربین
						دسته پرتو موازی نور
						تولید لکه نورانی کوچک
						تولید تصویر روی شبکیه چشم

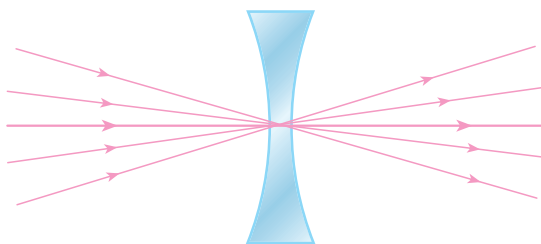
۹-۵ عدسی‌های واگرا

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.



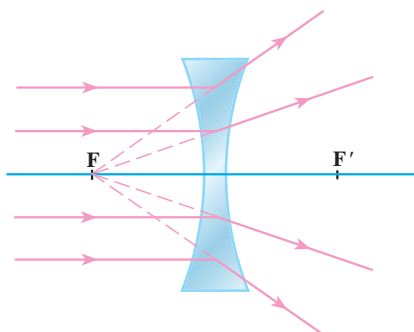
شکل ۲۶-۵- محور اصلی و مرکز نوری در عدسی‌های واگرا

در عدسی‌های واگرا نیز پرتوی 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.

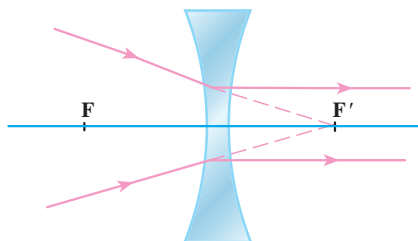
ب) کانون عدسی‌های واگرا: هرگاه پرتوهایی موازی محور اصلی به عدسی واگرا بتابند پس از شکست و گذر از عدسی، طوری از هم دور می‌شوند که امتداد آنها از یک نقطه روی محور اصلی می‌گذرد. این نقطه را کانون عدسی واگرا و فاصله کانون تا مرکز نوری را فاصله کانونی می‌نامیم. در شکل ۲۸-۵ پرتوهای تابش موازی محور اصلی، و پرتوهای شکست مربوط به آنها نشان داده شده است. از آنجا که امتداد پرتوهای شکست (و نه خود پرتوها) 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 موازی محور اصلی باشند، پس از شکست در عدسی و عبور از آن، طوری از هم دور می‌شوند که امتدادشان در یک نقطه همدیگر را قطع می‌کند.

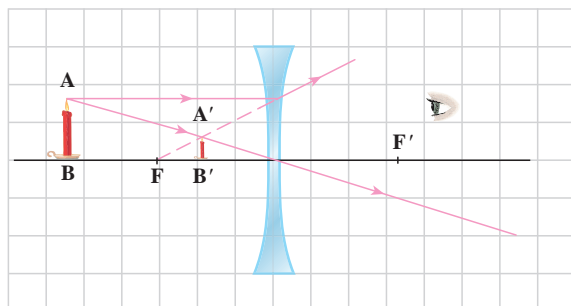
یک عدسی واگرا تهیه کنید و یک دسته پرتو موازی به آن بتابانید. سپس با امتداد دادن مسیر پرتوهای خروجی واگرا، کانون عدسی را پیدا و فاصله کانونی آن را اندازه گیری کنید و به کلاس گزارش دهید.

اگر پرتو نور طوری به عدسی واگرا 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 واگرا امتدادشان از کانون طرف دیگر عدسی بگذرد موازی محور اصلی از عدسی خارج می شوند.

تصویر در عدسی های واگرا: در این عدسی ها نیز مانند عدسی های همگرا، تصویر هر شیء واقع بر محور اصلی را با رسم تصویر یک نقطه آن به دست می آوریم. از بین پرتوهای زیادی که از این نقطه به عدسی می تابند دو پرتو تابش مشخص (پرتوی موازی محور اصلی، پرتوی که به مرکز نوری می تابند یا پرتوی که امتداد آن از کانون طرف دیگر عدسی می گذرد) و پرتو شکست مربوط به هر کدام را به ترتیبی که گفته شد رسم می کنیم تا تصویر نقطه مورد نظر به دست آید. در شکل ۳۰-۵ تصویر شیء AB در یک عدسی واگرا نشان داده شده است.



شکل ۳۰-۵ - رسم تصویر شیء در عدسی واگرا

در این عدسی ها با قرار گرفتن چشم در مسیر پرتوهای شکست، تصویر شیء AB در $A'B'$ به نظر می رسد. این تصویر مجازی است. در عدسی های واگرا شیء در هر فاصله ای مقابل عدسی قرار داده شود تصویر آن کوچک تر از شیء، مجازی و نسبت به شیء مستقیم است و در فاصله بین عدسی و کانون دیده می شود.

۱۰-۵ معادله عدسی ها

همان طور که در شکل های 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:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad (۶-۵)$$

در عدسی همگرا که کانون آن حقیقی است، f مثبت و در عدسی واگرا که کانون آن مجازی است f منفی است. به همین ترتیب اگر تصویر حقیقی باشد، q مثبت و اگر تصویر مجازی باشد، q منفی است. هرگاه فاصله تصویر تا عدسی (یعنی q) مجهول باشد، پس از محاسبه آن، در صورتی که علامت به دست آمده برای q مثبت باشد، تصویر حقیقی، در غیر این صورت تصویر مجازی است.

آزمایش کنید ۹

وسایله‌های آزمایش: عدسی همگرا با فاصله کانونی معلوم، شمع، متر نواری، صفحه تشکیل تصویر
شرح آزمایش:

- با توجه به فاصله کانونی عدسی، شمع را طوری مقابل عدسی قرار دهید که تصویر حقیقی و واضحی از آن روی صفحه تشکیل تصویر بیفتد.
- فاصله شمع تا عدسی (p) و فاصله تصویر تا عدسی (q) را اندازه بگیرید.
- با استفاده از مقدارهای اندازه‌گیری شده p و q و رابطه ۶-۵، f را به دست آورید و با فاصله کانونی داده شده مقایسه کنید.

مثال ۷

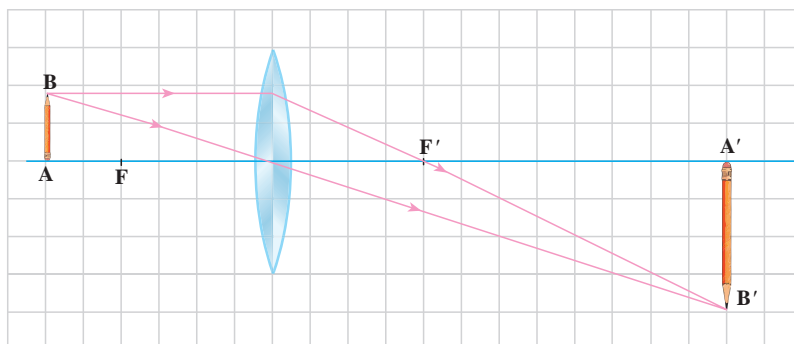
یک شیء را یک بار در فاصله ۱۲ سانتی متری و بار دیگر در فاصله ۴ سانتی متری یک عدسی همگرا که فاصله کانونی آن ۸ سانتی متر است قرار می‌دهیم. محل تصویر و نوع تصویر را در هر حالت تعیین کنید و شکل‌ها را با مقیاس مناسب رسم کنید.
 $p=12\text{ cm}$ و $f=+8\text{ cm}$ و $q=?$
پاسخ: حالت اول:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{8}$$

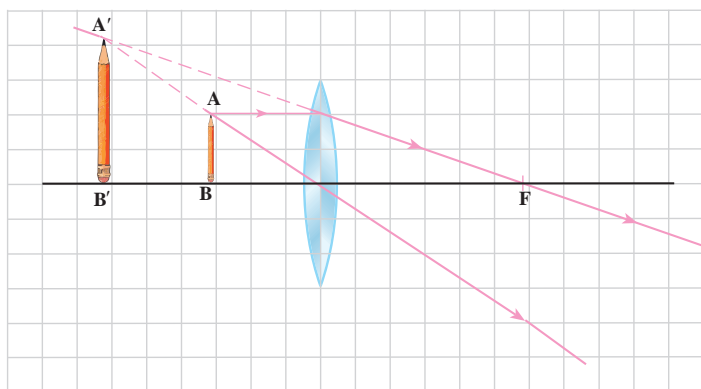
$$\frac{1}{q} = \frac{1}{8} - \frac{1}{12} = \frac{3-2}{24} \Rightarrow$$

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

چون q مثبت شده تصویر حقیقی 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 مربع‌های زمینه شطرنجی را معادل $\frac{4}{3}$ cm گرفته ایم.

حالت دوم:

$$p=4 \text{ cm و } f=+8 \text{ cm و } q=?$$

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{q} = \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{8} - \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1-2}{8} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{8}$$

$$q=-8 \text{ cm}$$

چون در این حالت q منفی شده است،

تصویر مجازی است.

مثال ۸

جسمی در فاصله ۱۸ سانتی متری یک عدسی واگرا که فاصله کانونی آن ۶ سانتی متر است قرار دارد. فاصله تصویر تا عدسی چند سانتی متر می‌شود؟

پاسخ: چون عدسی واگراست فاصله کانونی منفی است.

$$p=18 \text{ cm و } f=-6 \text{ cm و } q=?$$

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

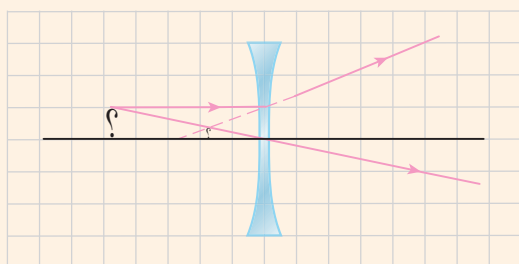
$$\frac{1}{18} + \frac{1}{q} = -\frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{q} = -\frac{1}{6} - \frac{1}{18} = \frac{-3-1}{18} = -\frac{4}{18}$$

$$q = -\frac{18}{4} = -4.5 \text{ cm}$$

علامت منفی برای q نشان دهنده این است که تصویر مجازی است.

تمرین ۳



در این شکل، طول و عرض هر خانه شطرنجی معادل ۵cm فرض شده است.

شکل روبه‌رو چگونگی تشکیل تصویر را در یک عدسی واگرا نشان می‌دهد. 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 ۵-۶، 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.

$$m = \frac{A'B'}{AB} \quad (۷-۵)$$

می‌توان نشان داد که در عدسی‌ها نیز رابطه بزرگ‌نمایی به صورت زیر است:

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{|q|}{p} \quad (۸-۵)$$

مثال ۹

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 $۰/۵$ سانتی‌متر تصویری مستقیم و مجازی به طول ۲ سانتی‌متر به دست آوریم و فاصله جسم تا عدسی ۶ سانتی‌متر باشد، فاصله کانونی عدسی را حساب کنید.

پاسخ:

$p = ۶ \text{ cm}$ و $AB = ۰/۵ \text{ cm}$ و $A'B' = ۲ \text{ cm}$ و $f = ?$

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{|q|}{p} \Rightarrow \frac{۲}{۰/۵} = \frac{|q|}{۶}$$

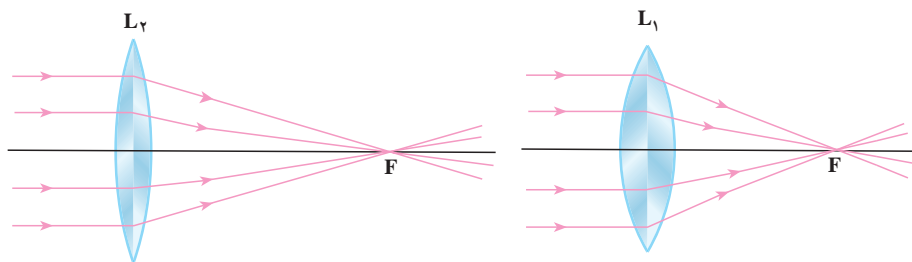
$$۰/۵ |q| = ۱۲ \Rightarrow |q| = \frac{۱۲}{۰/۵} = ۲۴ \text{ cm}$$

تصویر مجازی است. پس $q = -۲۴ \text{ cm}$ است.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{۶} - \frac{1}{۲۴} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{۴-۱}{۲۴} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = ۸ \text{ cm}$$

۵-۱۱ 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 نزدیک) 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.

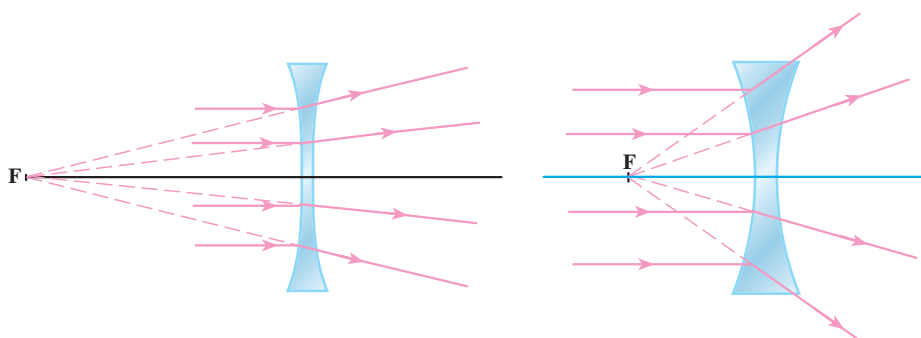


(ب) عدسی با فاصله کانونی بیشتر توانایی کمتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

(الف) عدسی با فاصله کانونی کمتر توانایی بیشتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

شکل ۳۱-۵

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 تابیده و عدسی‌ها این دسته پرتو را واگرا (از هم دور) کرده‌اند. در این مورد هم دیده می‌شود که توانایی عدسی، در واگرایی پرتوها با فاصله کانونی آن نسبت عکس دارد.



(ب) عدسی واگرا با فاصله کانونی بیشتر، توانایی کمتری در واگرایی دارد.

(الف) عدسی واگرا با فاصله کانونی کمتر توانایی بیشتری 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.

$$D = \frac{1}{f} \quad (۹-۵)$$

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 ۱۰

فاصله کانونی یک عدسی همگرا ۸ cm است. توان آن بر حسب دیوپتر چقدر است؟
پاسخ: با قرار دادن $f = ۸\text{ m}$ در رابطه $f = ۹ - ۵$ داریم:

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{۰/۸} = +۱/۲۵ \text{ d}$$

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 عدسی‌ها را با توجه به شکل عدسی‌ها معین کنید و جدول را کامل کنید (عدسی‌ها هم جنس اند).
 -۱۵ cm ، -۵ cm ، ۵ cm ، ۲۰ cm

				عدسی‌ها
				فاصله کانونی
				توان عدسی

مثال ۱۱

توان یک عدسی $d = -۵$ است. فاصله کانونی این عدسی چند سانتی متر است؟
پاسخ:

$$D = -۵ \text{ d} , f = ?$$

$$D = \frac{1}{f} \Rightarrow -۵ = \frac{1}{f} \Rightarrow f = -\frac{1}{۵} \text{ m} \Rightarrow f = -۲۰ \text{ cm}$$

۵-۱۲ ابزارهای نوری

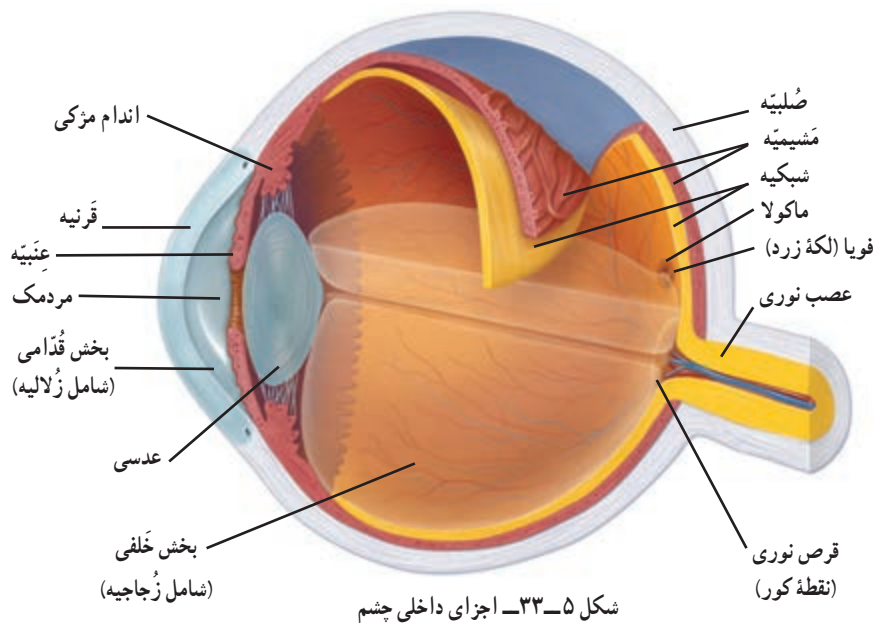
یکی از هدف‌های مطالعه نور هندسی، بررسی و طراحی ابزارهای نوری کارآمد است. اساس ساخت این ابزارها، اصول حاکم بر تشکیل تصویر در آینه‌ها و عدسی‌ها است که در بخش‌های قبل، مورد بحث قرار گرفت. ابزارهای نوری عموماً از ترکیب دو یا چند عدسی و گاهی اوقات با افزودن آینه‌ها و منشورها به آنها ساخته می‌شوند. دامنه این مبحث بسیار گسترده است و ما در این بخش تنها به معرفی بعضی از این ابزارها می‌پردازیم.

چشم انسان و معایب آن: بینی بیشتر از حواس دیگر، ما را با جهان اطراف خود مرتبط می‌کند. مثلاً با کمک چشمان خود رنگ‌ها را تشخیص می‌دهیم و همچنین بزرگی و کوچکی اشیاء را

شناسایی می‌کنیم. هنگامی که به یک جسم نگاه می‌کنیم چشمان ما همانند یک دوربین، تصویری از آن 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 تقریباً کروی شکل و از ماده‌ای ژله‌ای مانند که درون پوسته‌ای نسبتاً سخت به نام **صَلْبِيَّة** قرار دارد (شکل ۵-۳۳). بخش جلویی **صَلْبِيَّة** که شفاف است **قَرْنِيَّة** نامیده می‌شود و اولین شکست نور، هنگام ورود به چشم در این محل انجام می‌شود. ضریب شکست قرنیه تقریباً $1/376$ است. در پشت قرنیه مایع شفاف به نام **زُلَالِيَّة** با ضریب شکست $1/336$ قرار دارد و چون ضریب شکست قرنیه نیز تقریباً همین اندازه است در مرز مشترک قرنیه و زلالیه شکست چندانی برای نور اتفاق نمی‌افتد. **مَرْدَمَك** چشم درجه‌ای است میان **عَنْبِيَّة** که با تغییر قطر آن، شدت نور عبوری تنظیم می‌شود یعنی این درجه 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 دوکوژ است که از ماده‌ای ژله مانند، انعطاف پذیر و شفاف ساخته شده است.

ضریب شکست عدسی تقریباً $1/437$ است. پس از شکست نور در قرنیه، عدسی چشم تصویری حقیقی، وارونه و کوچک‌تر از اجسام مقابل چشم روی شبکیه تشکیل می‌دهد.

عدسی چشم به وسیله یک دسته تارهای آویزی که به ماهیچه‌هایی به نام **ماهيچه مَرَكِي** متصل اند نگه داشته می‌شود. همین ماهیچه‌ها است که می‌تواند ضخامت عدسی را تغییر دهد. هنگامی که این ماهیچه‌ها در حال استراحت‌اند، عدسی بزرگ‌ترین فاصله کانونی خود را دارد و تصویر اشیاء دور را روی شبکیه می‌اندازد، اما برای دیدن اشیاء نزدیک، ماهیچه‌های مَرَكِي منقبض می‌شوند و ضخامت عدسی چشم را زیاد می‌کنند که در نتیجه، فاصله کانونی عدسی کمتر می‌شود و تصویر روی شبکیه تشکیل می‌گردد. تغییر فاصله کانونی چشم را، برای ایجاد تصویرهای واضح از اجسام دور یا نزدیک 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 ببیند، 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 ببینند؟

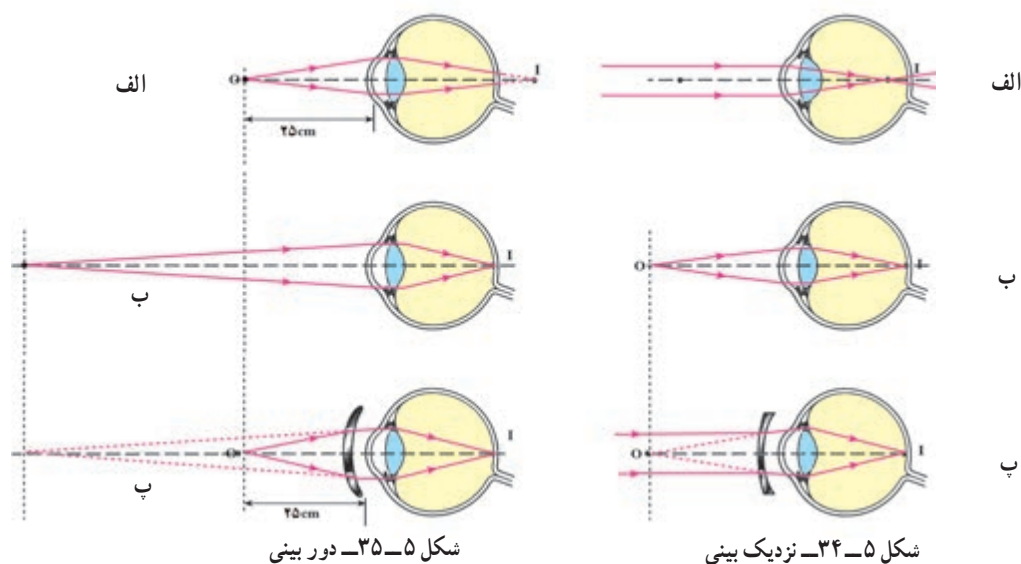
گستره دید طبیعی: یک چشم سالم می‌تواند برای دیدن اجسامی که فاصله آنها از چشم حدود ۲۵cm تا بی‌نهایت است عمل تطابق را انجام دهد. افراد جوان می‌توانند اجسامی را که فاصله آنها از چشم کمتر از ۲۵cm است نیز ببینند. به طور کلی قدرت تطابق چشم ما با افزایش سن محدود و محدودتر می‌شود.

کمترین فاصله دید چشم نزدیک‌ترین مکانی است که اگر جسمی در آنجا باشد چشم می‌تواند آن را واضح ببیند، 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 ببیند.

برخی از معایب چشم

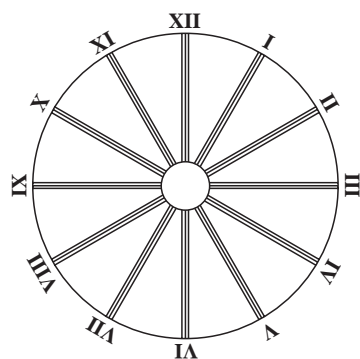
نزدیک بینی: یک چشم نزدیک بین می‌تواند تنها اجسام نزدیک را واضح ببیند. تصویر اشیاء دور در جلو شبکیه تشکیل می‌شود (شکل ۵-۳۴-الف). بیشترین فاصله دید چشم نزدیک بین از بیشترین فاصله دید چشم سالم کمتر است (شکل ۵-۳۸-ب).



این عیب با استفاده از عدسی هلالی واگرا (شکل ۵-۳۴-پ) اصلاح می شود. این عدسی تصویر مجازی جسم دور را در نقطه دور چشم نزدیک بین می اندازد.

دوربینی: یک چشم دوربین تنها می تواند اجسام دور را واضح ببیند. تصویر اجسام نزدیک در پشت شبکیه تشکیل می شود (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 می شود. این عدسی تصویر مجازی شیء نزدیک را در نقطه نزدیک چشم دوربین می اندازد (شکل ۵-۳۵-پ).

کاهش تطابق یا پیرچشمی (پرزبویا): با افزایش سن، خاصیت کشسانی عدسی چشم کم شده و ماهیچه‌هایی که ضخامت آن را کنترل می کند نیز ضعیف تر می شوند. بدین ترتیب چشم نمی تواند اشیای نزدیک 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 نزدیک اصلاح می شود. **آستیگماتیسم:** آستیگماتیسم هنگامی روی می دهد که حداقل یکی از سطح‌های شکست دهنده نور (قرنیه یا عدسی) در چشم کروی بودن خود را از دست بدهد. برای چشم آستیگمات تصویر تشکیل شده در یک راستا واضح است ولی در راستای دیگر واضح نیست، در صورتی که برای چشم سالم تصویر در همه راستاها واضح است (شکل ۵-۳۶).



شکل ۵-۳۶- برای چشم سالم هر مجموعه‌ای از این خط‌های موازی وضوح یکسانی دارد. در حالی که برای چشم آستیگمات چنین نیست.

این عیب به وسیله یک عدسی استوانه‌ای اصلاح می شود. انحنای بیشتر این عدسی در یک راستا، انحنای کمتر قرنیه یا عدسی در آن راستا را جبران می کند. **کوررنگی:** کوررنگی کامل بسیار کم پیش می آید، اما برخی از افراد هیچ رنگی را نمی بینند و دنیای آنها، مانند تصویر سیاه و سفید تلویزیون، تک رنگ است. بعضی افراد نمی توانند دو یا چند رنگ خاص را از هم تمیز بدهند آنها برای این کار با مشکل روبه رو می 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، نمی توانند اعداد درون این دو تصویر را به صورت واضح ببینند.

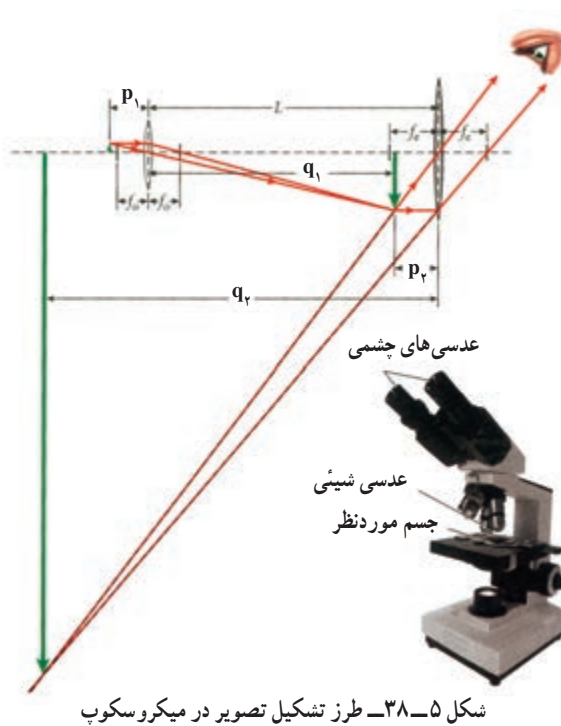


پاسخ دهید ۴

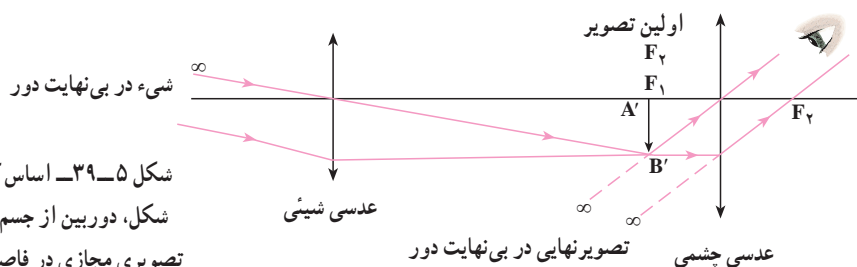
الف) چشم دانش آموزی از پشت عینکش درشت تر به نظر می رسد. عیب چشم این دانش آموز را تشخیص دهید.
ب) آیا ممکن است چشم دانش آموز از پشت عینک ریزتر به نظر برسد؟ اگر پاسخ مثبت است در این حالت عیب چشم این دانش آموز چیست؟

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 جایی 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.



دوربین نجومی: دوربین نجومی برای دیدن اجرام آسمانی و اجسام در فاصله‌های خیلی دور به کار می‌رود. یک نوع خاص و ساده آن، 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.

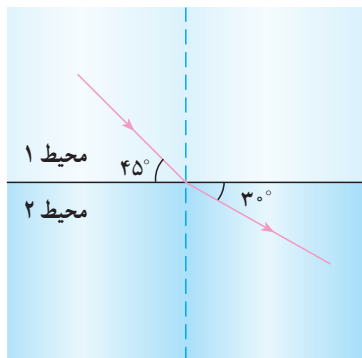


اولین تصویر (A'B') در سطح کانونی عدسی شیئی تشکیل می‌شود. معمولاً دوربین را طوری تنظیم می‌کنند که کانون‌های دو عدسی تقریباً بر یکدیگر منطبق شود. آخرین تصویر در دوربین، مجازی و معکوس دیده می‌شود.

امروزه معمولاً دوربین‌های نجومی یا تلسکوپ‌هایی که با عدسی‌ها کار می‌کنند، برای استفاده‌های غیر حرفه‌ای ساخته می‌شوند. تلسکوپ‌های بزرگ مانند تلسکوپ هابل، پالومار و کیک تلسکوپ‌های آینه‌ای هستند که در آنها از بازتاب نور توسط آینه مقعر استفاده می‌شود (شکل ۵-۴).

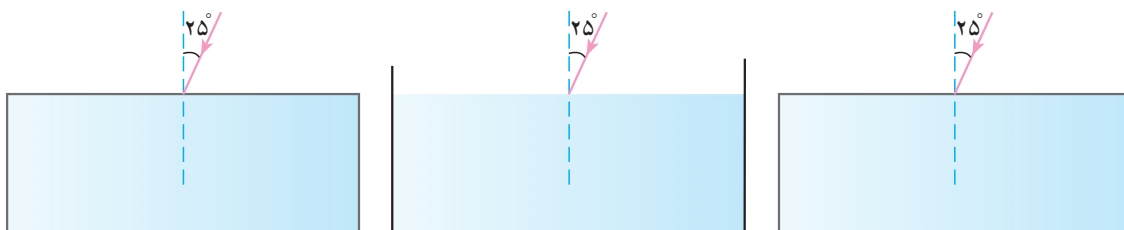
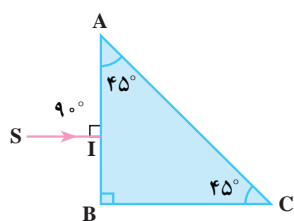


شکل ۵-۴- تلسکوپ کیک در هاوایی. در این تلسکوپ از بازتاب نور توسط تعدادی آینه مقعر استفاده می‌شود.



- ۱ شکل روبه‌رو 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؟

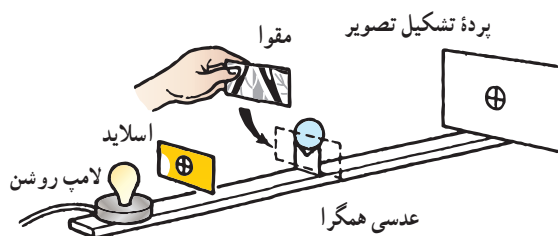
- ۲ در شکل‌های زیر پرتوهای تابش با زاویه تابش یکسان از هوا به سه محیط با ضریب شکست متفاوت تابیده است. با رسم شکل توضیح دهید،
- الف) پرتوهای شکست در کدام محیط به خط عمود نزدیک‌تر است؟
- ب) سرعت نور در کدام محیط بیشتر است؟
- پ) زاویه انحراف در کدام محیط کمتر است؟

ب) الماس $n_2 = 2/4$ ب) آب $n_2 = 1/33$ الف) شیشه $n_1 = 1/5$ 

- ۳ در شکل روبه‌رو 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.

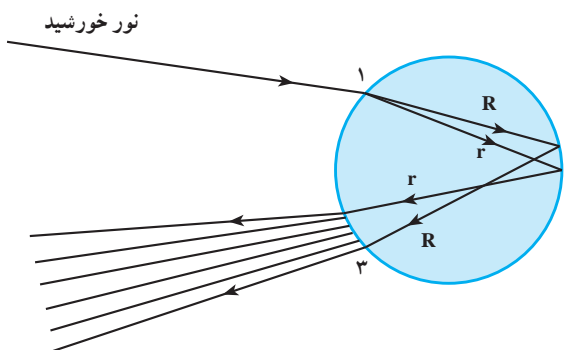
- ۴ الف) ظرفی (با بدنه غیرشفاف) را روی میز بگذارید و سکه‌ای را در کف آن قرار دهید. ب) در فاصله‌ای از میز بایستید که اگر قدری نزدیک‌تر شوید سکه دیده شود و به لیوان به دقت نگاه کنید. پ) در همان حال از یکی از دوستان خود بخواهید به آرامی درون ظرف آب بریزد. آنچه را که مشاهده می‌کنید و علت آن را توضیح دهید.

۵ در یک آزمایش، برای تشکیل تصویر حقیقی یک اسلاید، یک عدسی همگرا را بین اسلاید و پرده و در فاصله مناسبی از آن دو قرار می‌دهیم. لامپ روشنی را نیز پشت اسلاید می‌گذاریم. اگر با یک مقوای سیاه نیمی از سطح عدسی را بپوشانیم، چه تغییری در تصویر تشکیل شده روی پرده ایجاد می‌شود؟ توضیح دهید.

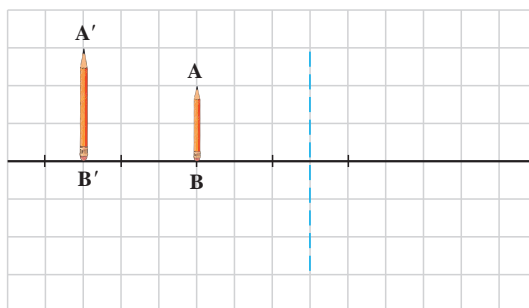


۶ شکل زیر، نقش یک قطره باران در تشکیل رنگین کمان را نشان می‌دهد.

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؟



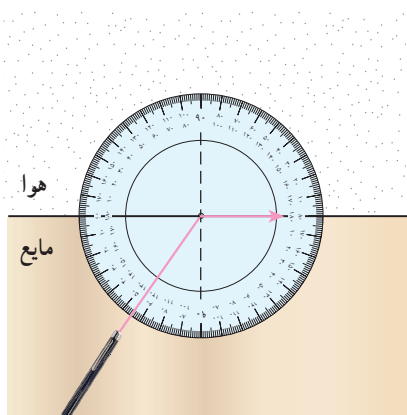
۷ کدام نوع عدسی، از جسم AB در شکل زیر، تصویر بزرگ‌تر و مستقیم A'B' را ایجاد می‌کند؟ با رسم پرتوهای نور، شکل را کامل کنید.



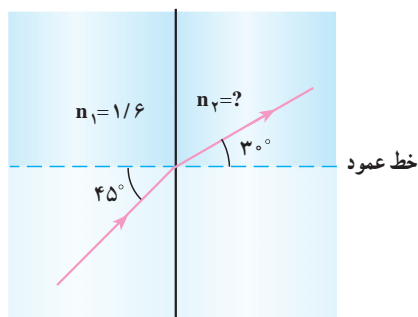
۱ برای تعیین ضریب شکست یک قطعه الماس، آزمایشی انجام گرفته است. اطلاعات مربوط به زاویه‌های تابش و شکست در جدول زیر آمده است:

۸۹°	۷°	۵°	۳°	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 هوا (یا خلأ) برابر $c = 3 \times 10^8$ m/s است.

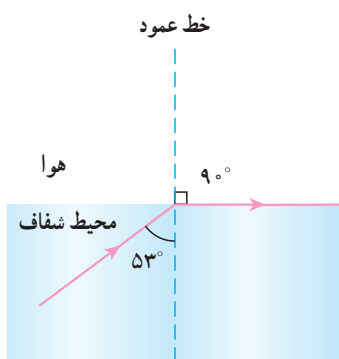


۲ برای تعیین زاویه حد یک مایع، آزمایش نشان داده شده در شکل روبه‌رو را انجام می‌دهیم. با توجه به آزمایش به سؤال‌های زیر پاسخ دهید.
 الف) زاویه حد مایع چقدر است؟
 ب) ضریب شکست مایع چقدر است؟
 پ) برای پرتوهایی که با زاویه تابش کوچک‌تر از زاویه حد به سطح جدایی مایع با هوا می‌تابند، چه رخ می‌دهد؟
 ت) برای پرتوهایی که با زاویه تابش بزرگ‌تر از زاویه حد به سطح جدایی مایع با هوا می‌تابند، چه رخ می‌دهد؟

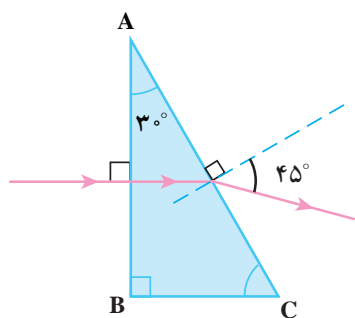


۳ با توجه به مسیر نور در دو محیط شفاف نشان داده شده در شکل روبه‌رو، ضریب شکست محیط دوم (n_2) چقدر است؟

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؟

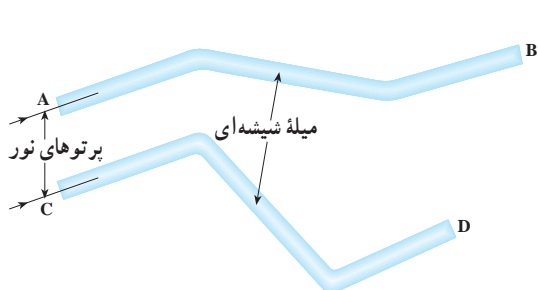


۵ با توجه به مسیر پرتو نور در شکل روبه‌رو،
 الف) ضریب شکست محیط شفاف را به دست آورید.
 ب) اگر پرتو با زاویه تابش 6° بتابد، ادامه مسیر پرتو را رسم کنید.
 پ) اگر پرتو نور با زاویه تابش 45° بتابد، ادامه مسیر پرتو را مشخص کنید.



۶ در یک آزمایش، توسط یک لیزر مدادی، پرتو نوری را مطابق شکل به یک منشور می تابانیم، 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 می کند، سکه را در عمق $\frac{2}{4}$ متری می بیند. عمق واقعی استخر چقدر است؟ ضریب شکست آب $\frac{1}{33}$ است.



۸ شکل روبه‌رو، دو میله شیشه‌ای هم جنس را که در هوا قرار گرفته اند نشان می دهد. این دو میله شبیه تارهای نوری هستند.

الف) پرتو نوری که از A وارد میله شده است، به B می رسد، ولی پرتو نوری که از C وارد می شود به D نمی رسد. علت را توضیح دهید.

ب) مسیر پرتو نور را از A تا B رسم کنید.

ج) سرعت نور در خلأ 3×10^8 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 رشته‌ای و پرده، تصویر رشته ملتهب لامپ روی پرده تشکیل می شود. فاصله عدسی تا رشته ملتهب ۱۲ cm و طول تصویر ۱۱ برابر طول رشته است.

الف) فاصله کانونی عدسی چند سانتی متر است؟

ب) ویژگی های تصویر را بنویسید.

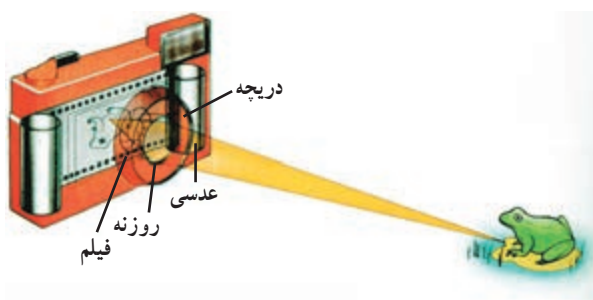
پ) طرح واره‌ای از این آزمایش رسم کنید و با رسم مسیر پرتوهای نور، محل جسم و تصویر را روی طرح واره مشخص کنید.

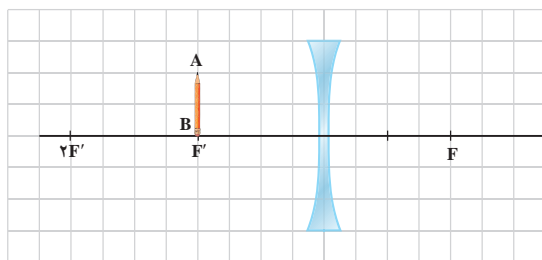
۱۰ یک عدسی از جسمی که در فاصله 20 سانتی متری آن است، تصویری حقیقی و وارونه نسبت به جسم تشکیل می دهد. بزرگنمایی عدسی در این حالت ۴ است. فاصله کانونی عدسی چقدر است؟

۱۱ شکل روبه‌رو یک دوربین عکاسی را نشان می دهد که فاصله فیلم (پرده) از عدسی آن ۵ cm است. اگر فاصله جسم از عدسی 100 cm باشد تصویر واضحی از آن روی فیلم ایجاد می شود.

الف) بزرگنمایی عدسی دوربین در این حالت چقدر است؟

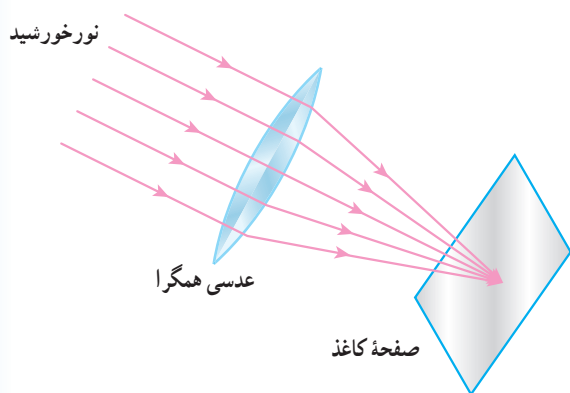
ب) فاصله کانونی عدسی و توان آن را حساب کنید.





۱۲ مطابق شکل روبه‌رو جسمی در فاصله 20cm از یک عدسی واگرا قرار دارد. فاصله کانونی عدسی نیز 20cm است. فاصله تصویر تا عدسی را حساب و سپس محل تصویر را با رسم پرتوها تعیین کنید.

۱۳ جسمی را از فاصله خیلی دور به نزدیکی یک عدسی واگرا می‌آوریم. در نتیجه، فاصله تصویر از عدسی 5cm کاهش می‌یابد. اگر فاصله کانونی عدسی 10cm باشد، فاصله جسم از عدسی، وقتی نزدیک عدسی آمده چقدر است؟



۱۴ مطابق شکل عدسی همگرایی را مقابل نور خورشید می‌گیریم. لکه کوچک درخشانی در فاصله 8 سانتی متری عدسی روی صفحه کاغذ تشکیل می‌شود. توان عدسی چقدر است؟

۱۵ توان یک عدسی $D=+5d$ است.

الف) نوع عدسی را تعیین و فاصله کانونی آن را حساب کنید.

ب) جسمی را در فاصله 10 سانتی متری این عدسی قرار می‌دهیم. فاصله تصویر از جسم را حساب کنید.

۱۶ الف) توان عدسی همگرایی $+10$ دیوپتر است. جسمی به طول $1/5\text{cm}$ را به فاصله 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.

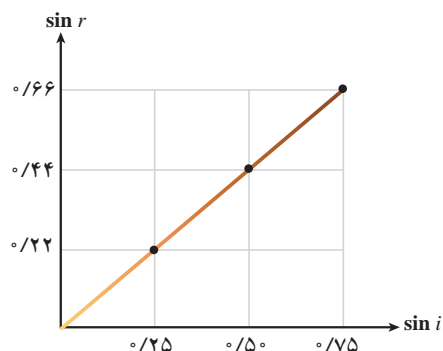
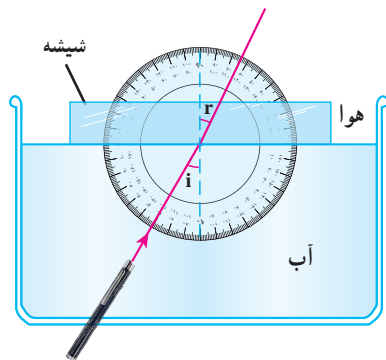
پ) فاصله جسم از تصویر را تعیین کنید.

۱۷ جسمی به طول 4cm در فاصله 24 سانتی متری عدسی واگرایی به فاصله کانونی 8cm قرار دارد.

الف) فاصله تصویر از عدسی و طول تصویر را به دست آورید.

ب) توان عدسی را محاسبه کنید.

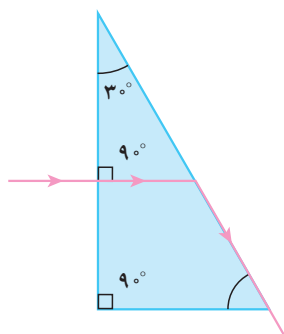
پ) شکل را با مقیاس $\frac{1}{4}$ روی صفحه شطرنجی رسم کنید (یعنی هر 1cm روی صفحه شطرنجی را معادل 4cm در واقعیت بگیرید).



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؟

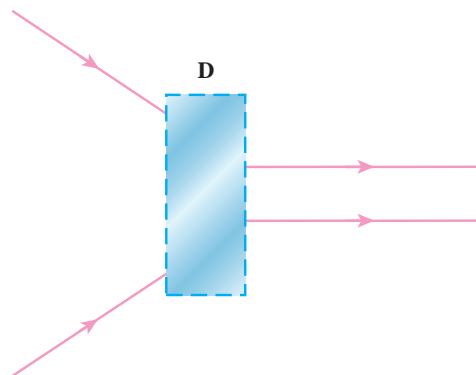


۲ مسیر پرتوی نوری تک‌رنگ در یک منشور مطابق شکل روبه‌رو است. ضریب شکست منشور چقدر است؟



۳ عدسی یک دوربین عکاسی ساده برای اجسام دور تنظیم شده است و فاصله آن از فیلم 40 mm است. اگر بخواهیم با این دوربین از جسمی که در فاصله 84 سانتی‌متری عدسی است عکس واضحی بگیریم، باید عدسی را چند میلی‌متر جابه‌جا کنیم؟

۴ فاصله جسمی از تصویر آن در یک عدسی همگرا، 225 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 بیابید. (ب) توان عدسی چقدر است؟



۵ در شکل روبه‌رو دستگاه D کدام یک از وسیله‌های نوری زیر می‌تواند باشد؟ توضیح دهید.

(الف) یک منشور (ب) یک عدسی همگرا (پ) یک عدسی واگرا

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	تانزانت	زاویه بر حسب درجه	زاویه بر حسب رادیان	سینوس	کسینوس	تانزانت
0°	0.000	0.000	1.000	0.000					
1°	0.017	0.017	1.000	0.017	46°	0.803	0.719	0.695	1.036
2°	0.035	0.035	0.999	0.035	47°	0.820	0.731	0.682	1.072
3°	0.052	0.052	0.999	0.052	48°	0.838	0.743	0.669	1.111
4°	0.070	0.070	0.998	0.070	49°	0.855	0.755	0.656	1.150
5°	0.087	0.087	0.996	0.087	50°	0.873	0.766	0.643	1.192
6°	0.105	0.105	0.995	0.105	51°	0.890	0.777	0.629	1.235
7°	0.122	0.122	0.993	0.123	52°	0.908	0.788	0.616	1.280
8°	0.140	0.139	0.990	0.141	53°	0.925	0.799	0.602	1.327
9°	0.157	0.156	0.988	0.158	54°	0.942	0.809	0.588	1.376
10°	0.175	0.174	0.985	0.176	55°	0.960	0.819	0.574	1.428
11°	0.192	0.191	0.982	0.194	56°	0.977	0.829	0.559	1.483
12°	0.209	0.208	0.978	0.213	57°	0.995	0.839	0.545	1.540
13°	0.227	0.225	0.974	0.231	58°	1.012	0.848	0.530	1.600
14°	0.244	0.242	0.970	0.249	59°	1.030	0.857	0.515	1.664
15°	0.262	0.259	0.966	0.268	60°	1.047	0.866	0.500	1.732
16°	0.279	0.276	0.961	0.287	61°	1.065	0.875	0.485	1.804
17°	0.297	0.292	0.956	0.306	62°	1.082	0.883	0.469	1.881
18°	0.314	0.309	0.951	0.325	63°	1.100	0.891	0.454	1.963
19°	0.332	0.326	0.946	0.344	64°	1.117	0.899	0.438	2.050
20°	0.349	0.342	0.940	0.364	65°	1.134	0.906	0.423	2.145
21°	0.367	0.358	0.934	0.384	66°	1.152	0.914	0.407	2.246
22°	0.384	0.375	0.927	0.404	67°	1.169	0.921	0.391	2.356
23°	0.401	0.391	0.921	0.424	68°	1.187	0.927	0.375	2.475
24°	0.419	0.407	0.914	0.445	69°	1.204	0.934	0.358	2.605
25°	0.436	0.423	0.906	0.466	70°	1.222	0.940	0.342	2.747
26°	0.454	0.438	0.899	0.488	71°	1.239	0.946	0.326	2.904
27°	0.471	0.454	0.891	0.510	72°	1.257	0.951	0.309	3.078
28°	0.489	0.469	0.883	0.532	73°	1.274	0.956	0.292	3.271
29°	0.506	0.485	0.875	0.554	74°	1.292	0.961	0.276	3.487
30°	0.524	0.500	0.866	0.577	75°	1.309	0.966	0.259	3.732
31°	0.541	0.515	0.857	0.601	76°	1.326	0.970	0.242	4.011
32°	0.559	0.530	0.848	0.625	77°	1.344	0.974	0.225	4.331
33°	0.576	0.545	0.839	0.649	78°	1.361	0.978	0.208	4.705
34°	0.593	0.559	0.829	0.675	79°	1.379	0.982	0.191	5.145
35°	0.611	0.574	0.819	0.700	80°	1.396	0.985	0.174	5.671
36°	0.628	0.588	0.809	0.727	81°	1.414	0.988	0.156	6.314
37°	0.646	0.602	0.799	0.754	82°	1.431	0.990	0.139	7.115
38°	0.663	0.616	0.788	0.781	83°	1.449	0.993	0.122	8.144
39°	0.681	0.629	0.777	0.810	84°	1.466	0.995	0.105	9.514
40°	0.698	0.643	0.766	0.839	85°	1.484	0.996	0.087	11.43
41°	0.716	0.656	0.755	0.869	86°	1.501	0.998	0.070	14.301
42°	0.733	0.669	0.743	0.900	87°	1.518	0.999	0.052	19.081
43°	0.750	0.682	0.731	0.933	88°	1.536	0.999	0.035	28.636
44°	0.768	0.695	0.719	0.966	89°	1.553	1.000	0.017	57.290
45°	0.785	0.707	0.707	1.000	90°	1.571	1.000	0.000	∞

واژه نامه فارسی – انگلیسی

Charging by Induction	باردار کردن از طریق القا
Charging by Contact	باردار کردن از طریق تماس
Charging by Rubbing	باردار کردن 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	برق گیر (رسانای آذرخش)
Magnification (Linear)	بزرگ نمایی (خطی)
Maximum	بیشینه، حداکثر

پ

Dispersion	پاشیدگی
Conservation	پایستگی
Potential	پتانسیل
Ray	پرتو
Ray Box	پرتوافکن
Reflected Ray	پرتوی بازتابش
Incident Ray	پرتوی تابش (فرودی)
Refracted Ray	پرتوی شکست
Periscope	پریسکوپ
Cell	پیل

ت

Incidence	تابش (فرودی)
Optical Fiber	تار نوری
Electric Discharge	تخلیه الکتریکی
Image	تصویر
Real Image	تصویر حقیقی

آ

Astigmatism	آستیگماتیسم
Ammeter	آمپرسنج
Pendulum	آونگ
Rate	آهنگ
Flow Rate	آهنگ شارش
Plane Mirror	آینه تخت
Curved Mirror	آینه خمیده
Concave Mirror	آینه کاو (مقعر)
Convex Mirror	آینه کوژ (محدب)

ا

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	الکتروستاتیک
Electroscope	الکتروسکوپ
Magnitude	اندازه (بزرگی)

ب

Battery	باتری
Charge	بار
Electric Charge	بار الکتریکی

Parallel Beam	دسته پرتو موازی
Divergent Beam	دسته پرتو واگرا
Convergent Beam	دسته پرتو همگرا
Temperature	دما
Thermometer	دماسنج
Clinical Thermometer	دماسنج پزشکی
Camera	دوربین عکاسی
Astronomical Telescope	دوربین نجومی
Far Sightedness	دوربینی
Biconcave	دو کاو (عدسی)
Biconvex	دو کوژ (عدسی)

ذ

Magnifying Glass	ذره بین
------------------	---------

ر

Repulsion	رانش
Conductor	رسانا
Conductivity	رسانایی
Conduction	رسانش
Rain Bow	رنگین کمان

ز

Angle	زاویه
Critical Angle	زاویه حد
Angle of Refraction	زاویه شکست

ژ

Joul	ژول
------	-----

سی

Mechanism	سازوکار
Stationary	ساکن
Shadow	سایه
Mirage	سراب
Velocity	سرعت

Direct Image	تصویر مستقیم
Virtual Image	تصویر مجازی
Inverted Image	تصویر معکوس
Accommodation	تطابق
Equilibrium	تعادل
Thermal Equilibrium	تعادل گرمایی
Definition	تعریف
Power	توان

ج

Solid	جامد
Direction	جهت
Mass	جرم
Electric Current	جریان الکتریکی
Body	جسم

چ

Source	چشمه، منبع
Extended Source	چشمه گسترده
Point Source	چشمه نقطه‌ای
Light Source	چشمه نور

ح

Volume	حجم
Motion	حرکت

خ

Normal	خط عمود
Vacuum	خلأ
خورشید گرفتگی (کسوف)	
Eclipse of the Sun, Solar Eclipse	

د

Degree	درجه
System	دستگاه
Beam	دسته 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 انحنا

Optical Center مرکز نوری

Rectilinear 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 شیء

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	واگرا
Weight	وزن
Equilibrium State	وضع تعادل
Voltmeter	ولت سنج

ه

Nucleus	هسته اتم
Divergent Meniscus	هلالی واگرا
Convergent Meniscus	هلالی همگرا

ی

Unit	یکا (واحد)
------	------------

Theory	نظریه
Upper Fixed Point	نقطه ثابت بالایی
Lower Fixed Point	نقطه ثابت پایینی
Light	نور
Projector	نورافکن
Visible Light	نور مرئی
Geometrical Optics	نورشناسی هندسی
Force	نیرو
Power Station (Plant)	نیروگاه
Penumbra	نیم سایه

و

Unit	واحد (یکا)
Lateral Inversion	وارونی جانبی

فهرست مراجع

منابع فارسی

- ۱- مبانی فیزیک (جلد دوم)، ویرایش نهم، دیوید هالییدی، رابرت رزنیک و پرل واکر، ترجمه محمدرضا خوش بین خوش نظر، چاپ اول، ۱۳۹۰، انتشارات آراکس.
- ۲- فیزیک دانشگاهی (جلد دوم)، ویرایش دوازدهم، سیزر، زیمانسکی، یانگ و فریدمن، ترجمه اعظم پورقاضی، روح الله خلیلی بروجنی، محمدتقی فلاحی 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 جهانشاه میرزاییگی، 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 محمدابراهیم ابوکاظمی و دیگران، چاپ اول، ۱۳۸۱، مرکز تحصیلات تکمیلی زنجان و بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی.
- ۷- نمایش هیجان انگیز فیزیک، ویرایش دوم، پرل واکر، ترجمه محمدرضا خوش بین خوش نظر و رسول جعفری نژاد، چاپ اول ۱۳۹۱، انتشارات آراکس.
- ۸- اپتیک، فرانسیس جنکینز و هاروی وایت، 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 .



معلمان محترم، صاحب نظران، دانش آموزان عزیز و اولیای آنان می توانند نظر اصلاحی خود را در باره مطالب
این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران - صندوق پستی ۱۵۸۵۵/۳۶۳ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار (Email)
talif@talif.sch.ir ارسال نمایند.

دفترتالیف کتاب های درسی ابتدایی متوسطه نظری