

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# کتاب کار فیزیک و آزمایشگاه

رشته کامپیوتر  
زمینه خدمات  
شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای  
شماره درس ۴۳۰۳

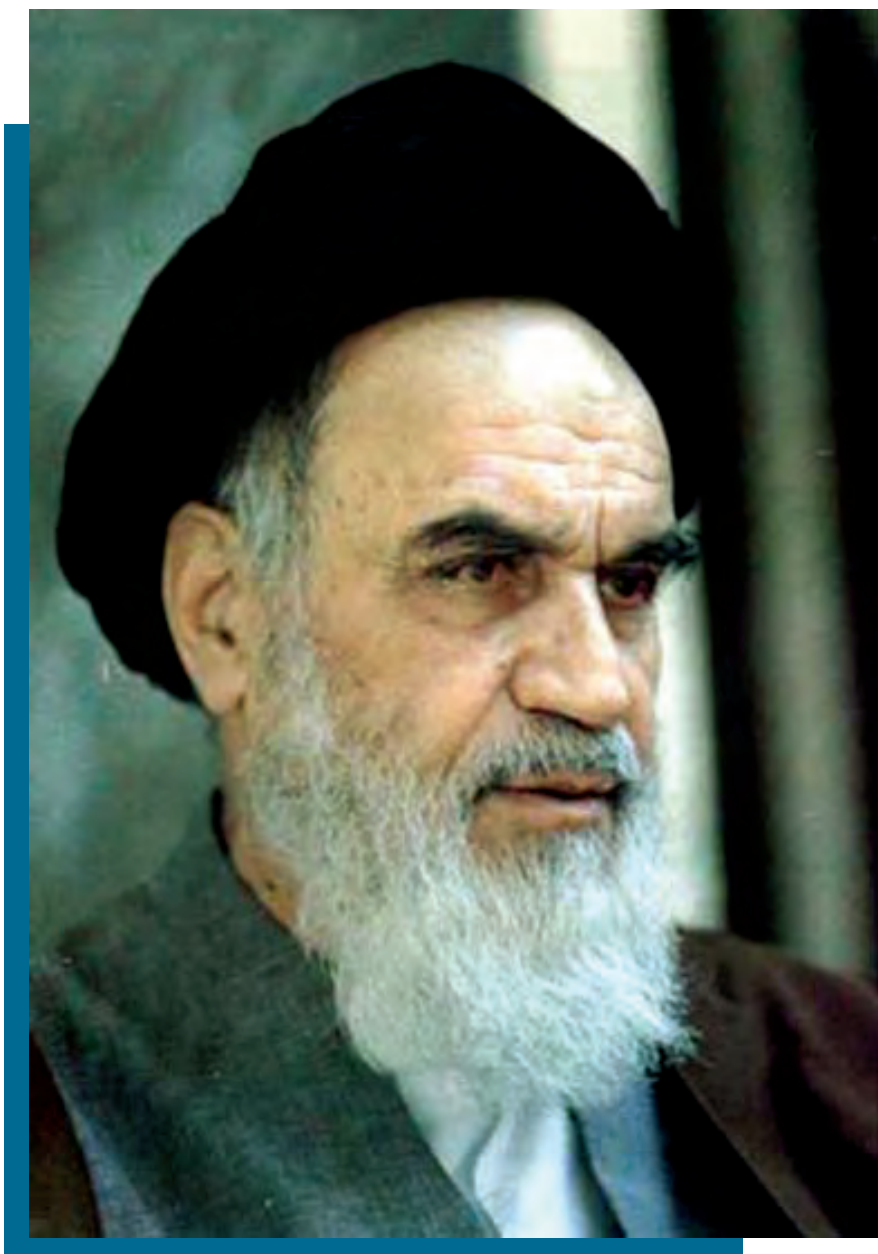
عنوان و نام پدیدآور: کتاب کار فیزیک و آزمایشگاه [کتاب‌های درسی]: رشته کامپیوتر، زمینه خدمات / برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش؛ مؤلف روح الله خلیلی بروجنی؛ [برای] وزارت آموزش و پرورش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. مشخصات نشر: تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴. مشخصات ظاهری: ۷۸ص: مصور (بخشی رنگی). فروست: شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۴۳۰۳. شابک: ۶-۲۲۳۵-۰۵-۹۶۴-۹۷۸ وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا موضوع: فیزیک موضوع: فیزیک - آزمایش‌ها شناسه افزوده: خلیلی بروجنی، روح الله، ۱۳۵۰. شناسه افزوده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش شناسه افزوده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۰ ۲۷۴۲/ک ۳۲/ QC رده‌بندی دیویی: ۱۳۹۰ ۳۵۹/۱۲ ک ۳۷۳ شماره کتابشناسی ملی: ۲۳۹۲۵۰۵

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :  
پیشنهادهات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی تهران -  
صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای  
و کار دانش ، ارسال فرمایند .  
پیام نگار (ایمیل) [info@tvoccd.sch.ir](mailto:info@tvoccd.sch.ir)  
وب گاه (وب سایت) [www.tvoccd.sch.ir](http://www.tvoccd.sch.ir)

## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش  
نام کتاب : کتاب کار فیزیک و آزمایشگاه - ۳۵۹/۱۲  
مؤلف : روح الله خلیلی بروجنی  
آماده سازی 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 : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،  
وب سایت : [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

مدیر امور فنی و چاپ : لیدا نیک روش  
رسم : فاطمه رئیسیان فیروز آباد  
طراح جلد : محمدحسن معماری  
صفحه آرا : سمیه قنبری  
حروفچین : فاطمه باقری مهر  
مصحح : پری ایلخانی زاده، سمیرا چیذری  
امور آماده سازی خبر : سپیده ملک ایزدی  
امور فنی رایانه ای : حمید ثابت کلاچاهی  
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروبخش)  
تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹  
چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»  
سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ سوم ۱۳۹۴  
حق چاپ محفوظ است.



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات  
کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید  
و از اتکای به اجانب پرهیزید.

امام خمینی «قدس سرّه الشریف»





## فصل اول — یکاها ، کمیت های فیزیکی و بردارها

۱	■ استانداردها و یکاها
۱	■ دستگاه بین المللی یکاها
۴	■ پیشوندها و تبدیل یکاها
۷	■ بردارها و جمع بردارها
۱۰	■ آزمون تشریحی
۱۳	■ آزمون چند گزینه ای

## فصل دوم — بار الکتریکی و میدان الکتریکی

۱۴	■ بار الکتریکی
۱۷	■ خواص الکتریکی ماده
۱۹	■ باردار ساختن ماده
۲۱	■ قانون کولن
۲۳	■ میدان الکتریکی
۲۷	■ انرژی پتانسیل الکتریکی
۳۱	■ خازن
۳۵	■ آزمون تشریحی
۳۸	■ آزمون چند گزینه ای

## فصل سوم — جریان الکتریکی ، مقاومت الکتریکی و مدارهای الکتریکی

۴۰	■ جریان الکتریکی
۴۳	■ مقاومت و مقاومت ویژه الکتریکی
۴۸	■ نیروی محرکه الکتریکی
۵۱	■ مدارهای الکتریکی
۵۷	■ آزمون تشریحی
۶۰	■ آزمون چند گزینه ای

## فصل چهارم — مغناطیس، جریان متناوب و موج های الکترومغناطیسی

۶۲	■ آهن ربا و قطب های مغناطیسی
۶۳	■ میدان های مغناطیسی
۶۳	■ خواص مغناطیسی مواد
۶۵	■ الکترومغناطیس
۶۸	■ تولید الکترومغناطیس
۷۱	■ موج های الکترومغناطیسی
۷۳	■ آزمون تشریحی
۷۶	■ آزمون چند گزینه ای

## الف) سخنی با هنرجویان عزیز

کتابی که در پیش رو دارید در پاسخ به نیاز واقعی شما در آموزش درس فیزیک و آزمایشگاه رشته کامپیوتر، برنامه‌ریزی و تألیف شده است. وجود کتاب کار در بسته آموزشی برای عمق‌بخشیدن و شوق‌انگیزتر کردن یادگیری و همچنین پشتیبانی هدفمند برنامه درسی، به لحاظ محدودیت‌های کتاب درسی یک ضرورت است.

## ساختار کتاب

در هر فصل این کتاب که با ساختاری جدید و مؤثر طراحی شده است، ضمن توجه به مفاهیم کلیدی هر بخش، ابتدا تعدادی مثال حل شده مطرح و در پی آن پرسش‌ها و مسئله‌هایی آمده است که به شیوه‌های متنوعی طراحی شده و محلی برای پاسخ آنها نیز در نظر گرفته شده است. در پایان هر فصل نیز دو آزمون، یکی تشریحی و دیگری چند گزینه‌ای برای شما در نظر گرفته شده است.

## ب) سخنی با همکاران محترم

کلاس‌های درس امروز، دنیای فردا را می‌سازد. امید است همکاران عزیز در این راه از هر کوششی که منجر به شوق‌انگیزتر شدن یادگیری و مشارکت دانش‌آموزان در فرایند آموزش می‌شود، دریغ نورزند. بدون شک فعالیت‌های جمعی و مشارکتی دانش‌آموزان در کلاس‌های درس، ضمن آنکه آنها را به درک بهتر و عمیق‌تر مفاهیم رهنمون می‌کند، باعث می‌شود که مهارت‌های مختلف آنها پرورش یافته و با نگرش بهتری با دنیای پیرامون خود تعامل داشته باشند؛ تعاملی که ابزار آن در دنیای پر حجم و پرشتاب امروز، دانش، مهارت و بینش و یا در یک کلام داشتن خرد است.

همکاران عزیز، در تألیف این کتاب به شیوه‌ای عمل شده است که آن را برای استفاده در کلاس در کنار کتاب درسی و همچنین فعالیت‌های خارج از کلاس درس آسان کرده است. بدون تردید وضعیت کلاس‌های درس شما در نحوه استفاده از این کتاب تأثیر مستقیم دارد.

## یکاهای، کمیت‌های فیزیکی و بردارها



در این فصل:

استانداردها و یکاها

دستگاه بین‌المللی یکاها

پیشوندها و تبدیل یکاها

بردارها و جمع برداری

آزمون تشریحی

آزمون چند گزینه‌ای



اسطرلاب مهمترین ابزار اندازه‌گیری دانشمندان بوده است

### در این بخش

#### ۱-۱ استانداردها و یکاها

- هر عددی که برای توصیف کمی یک پدیده فیزیکی به کار می‌رود، **کمیت فیزیکی** نامیده می‌شود.
- هر کمیت فیزیکی را با یکاهای مخصوص خودش و از راه مقایسه با یک **استاندارد** اندازه‌گیری می‌کنیم.
- یکاهای اندازه‌گیری **نباید تغییر کنند** و دارای **قابلیت باز تولید** در مکان‌های مختلف باشند.
- به آن دسته از کمیت‌های فیزیکی که یکای آنها به‌طور مستقل تعریف می‌شود، **کمیت اصلی** و یکاهای آن را **یکاهای اصلی** می‌نامند.
- به سایر کمیت‌هایی که یکای آنها را به کمک قانون‌های فیزیکی و کمیت‌های اصلی تعریف می‌کنیم، **کمیت‌های فرعی** و یکاهای آنها را **یکاهای فرعی** می‌نامند.

### در این بخش

#### ۲-۱ دستگاه بین‌المللی یکاها

- دستگاه یکاهایی که دانشمندان علوم و مهندسان در سراسر جهان به کار می‌برند با نام دستگاه بین‌المللی یا SI خوانده می‌شود.
- زمان، طول و جرم از جمله کمیت‌های اصلی SI هستند.
- یکای زمان در SI ثانیه است و براساس عملکرد ساعت‌های اتمی تعیین می‌شود.
- یکای طول در SI متر است و برابر فاصله‌ای است که نور در بازه زمانی  $\frac{1}{299792458}$  ثانیه در خلأ می‌پیماید.
- یکای جرم در SI کیلوگرم است و استاندارد جرم (1kg) در SI، جرم استوانه‌ای از جنس پلاتین – ایریدیم است که در موزه‌ای در نزدیکی پاریس نگهداری می‌شود.

## مثال حل شده

جرم پروتون  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  و جرم الکترون  $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$  است. جرم هر پروتون چند برابر الکترون است؟  
**حل:** اگر جرم الکترون را با  $m_e$  و جرم پروتون را با  $m_p$  نشان دهیم، می توان نوشت:

$$\frac{m_p}{m_e} = \frac{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}}{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}} = 1833$$

یعنی هر پروتون ۱۸۳۳ مرتبه از هر الکترون سنگین تر است و به این معنی است که بیش از ۹۹ درصد جرم هر اتم در هسته آن متمرکز است.

## مثال حل شده

به جدول ۳-۱ کتاب درسی مراجعه کنید و نسبت بیشترین طول به کمترین طول را پیدا کنید.  
**حل:** با توجه به جدول ۳-۱، بیشترین طول مربوط به اندازه کیهان است که برابر  $2 \times 10^{26} \text{ m}$  و کمترین طول مربوط به شعاع پروتون و برابر  $1 \times 10^{-15} \text{ m}$  است.  
 به این ترتیب نسبت بیشترین طول به کمترین طول برابر است با:

$$\frac{2 \times 10^{26} \text{ m}}{1 \times 10^{-15} \text{ m}} = 2 \times 10^{41}$$

## مثال حل شده

با توجه به جدول ۲-۱ کتاب درسی، زمان متوسط بین دو تپش قلب انسان  $0.8 \text{ s}$  است. قلب انسان در هر سال تقریباً چند بار می تپد؟  
**حل:** هر سال  $3 \times 10^7$  ثانیه است. بنابراین تعداد تپش های قلب در هر سال برابر است با:

$$\frac{3 / 1 \times 10^7 \text{ s}}{0.8 \text{ s}} = 38750000$$

یعنی قلب هر انسان در یک سال حدود ۴۰ میلیون بار می تپد

۱. به جدول ۲-۱ کتاب درسی مراجعه کنید و نسبت کمترین زمان به بیشترین زمان را به دست آورید.

۲. کوازارها دورترین اجرامی هستند که از زمین دیده شده‌اند و به عبارتی در لبه قابل دید کیهان قرار دارند. فاصله کوازارها از زمین حدود  $2 \times 10^{26}$  m برآورد شده است. این فاصله برابر چند سال نوری است؟ (راهنمایی: به مثال ۱-۲ کتاب درسی توجه کنید).

۳. سال ۱۳۸۶ (۲۰۰۷) به مناسبت هشتصدمین سال تولد جلال‌الدین محمد بلخی از طرف سازمان علمی فرهنگی یونسکو، سال مولانا نام‌گذاری شد. هشتصد سال چه کسری از سن زمین است؟ (راهنمایی: از جدول ۱-۲ کتاب درسی استفاده کنید).



شکل ۱-۱

۴. سریع‌ترین رشد گیاه متعلق به گیاهی موسوم به hesperoyucca است که در ۱۴ روز،  $3/7$  m رشد می‌کند (شکل ۱-۱). این گیاه در هر ثانیه چقدر رشد می‌کند؟

۵. در  $6$  g آب،  $2 \times 10^{23}$  عدد مولکول آب ( $H_2O$ ) وجود دارد. جرم یک مولکول آب چند گرم است؟



شکل ۱-۲

۶. قدیمی‌ترین سنگ نوشته حقوق بشر که تاکنون یافت شده به حدود ۲۵۵۰ سال پیش باز می‌گردد که به فرمان کوروش، پادشاه ایران در دوره هخامنشیان نوشته شد (شکل ۱-۲). چند روز از آن زمان می‌گذرد؟

## ۳-۱ پیشوندها و تبدیل یکاها

## در این بخش

- در SI یکاهای بزرگ‌تر و کوچک‌تر با مضرب‌های  $10^6$  یا  $\frac{1}{10^6}$  به یکاهای اصلی مربوط می‌شوند.
- بیت، یکای پایه یا بنیادی اطلاعات در رایانه و ارتباطات است.
- به دسته‌های ۸ تایی از بیت‌ها، بایت گفته می‌شود.
- برای تبدیل یکاها، از روشی به نام **تبدیل زنجیره‌ای** استفاده می‌کنیم. در این روش اندازه اولیه کمیت را در یک ضریب تبدیل ضرب می‌کنیم.

## مثال حل شده

میکرومتر ( $\mu\text{m}$ ) اغلب میکرون نامیده می‌شود. هر کیلومتر چند میکرون است؟  
**حل:** با توجه به اینکه هر میکرون  $10^{-6} \text{ m}$  است، داریم:

$$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m} = 10^3 \text{ m} \times \left( \frac{1 \mu\text{m}}{10^{-6} \text{ m}} \right) = 10^9 \mu\text{m}$$

## مثال حل شده

نیم عمر یک هسته پرتوزا (رادیواکتیو)  $1/5 \times 10^{-8} \text{ s}$  است. این نیم عمر بر حسب میلی ثانیه (ms)، میکرو ثانیه ( $\mu\text{s}$ )، نانو ثانیه (ns) و پیکوثانیه (ps) چقدر است؟

**حل:**

$$1/5 \times 10^{-8} \text{ s} = 1/5 \times 10^{-8} \text{ s} \times \left( \frac{1 \text{ ms}}{10^{-3} \text{ s}} \right) = 1/5 \times 10^{-5} \text{ ms}$$

$$1/5 \times 10^{-8} \text{ s} = 1/5 \times 10^{-8} \text{ s} \times \left( \frac{1 \mu\text{s}}{10^{-6} \text{ s}} \right) = 1/5 \times 10^{-2} \mu\text{s}$$

$$1/5 \times 10^{-8} \text{ s} = 1/5 \times 10^{-8} \text{ s} \times \left( \frac{1 \text{ ns}}{10^{-9} \text{ s}} \right) = 15 \text{ ns}$$

$$1/5 \times 10^{-8} \text{ s} = 1/5 \times 10^{-8} \text{ s} \times \left( \frac{1 \text{ ps}}{10^{-12} \text{ s}} \right) = 15000 \text{ ps}$$

## مثال حل شده

لوله یک ماشین آتش‌نشانی در هر دقیقه ۳۰۰ لیتر آب روی آتش می‌ریزد. این عدد را بر حسب  $\text{m}^3/\text{s}$  بیان کنید. هر لیتر برابر  $1000 \text{ cm}^3$  است.

**حل:** ابتدا لیتر را بر حسب  $\text{m}^3$  به دست می‌آوریم:

$$1 \text{ lit} = 1000 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 \times \left( \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} \right) = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$300 \text{ lit / min} = 300 \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 5 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

به این ترتیب  $3000 \text{ lit/min}$  برابر است با:

### مثال حل شده

شخصی در یک پرهیز (رژیم) غذایی  $1/8 \text{ kg}$  در هفته جرم خود را از دست می دهد (یا اصطلاحاً وزن کم می کند). آهنگ از دست دادن جرم را بر حسب گرم بر ساعت بیان کنید.

**حل:** با توجه به اینکه هر هفته  $168 \text{ h}$  و هر کیلوگرم  $10^3 \text{ گرم}$  است، داریم:

$$\frac{1/8 \text{ کیلوگرم}}{\text{هفته}} = 1/8 \times \frac{10^3 \text{ g}}{168 \text{ h}} = 10/7 \text{ g/h}$$

### مثال حل شده

قلب شخصی در هر ثانیه  $92 \text{ cm}^3$  خون تلمبه می کند. اگر حجم خون این شخص  $5/5$  لیتر باشد، چه مدت طول می کشد تا اینکه همه خون در دستگاه گردش خون یک دور کامل بزند؟

**حل:** از آنجا که هر لیتر برابر  $10^3 \text{ cm}^3$  است داریم:

$$5/5 \text{ lit} = 5/5 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

زمان لازم برای اینکه این مقدار خون یک دور کامل در دستگاه گردش خون بزند برابر است با:

$$t = \frac{5/5 \times 10^3 \text{ cm}^3}{92 \text{ cm}^3 / \text{s}} = 60 \text{ s}$$

۷. اگر جرم  $1 \text{ cm}^3$  آب  $1 \text{ g}$  باشد، جرم  $1 \text{ cm}^3$  آب را بر حسب  $\text{kg}$  پیدا کنید.

۸. جدول زیر را کامل کنید.

$2/1 \times 10^3 \text{ kg}$	.....Gg	.....Eg
$25^\circ \text{ pm}$	.....nm	.....Tm
$42^\circ \text{ ms}$	.....s	.....ps
$14/3 \text{ g}$	..... $\mu\text{s}$	.....kg
$2 \text{ TB}$	.....GB	.....MB
$1/5 \times 10^7 \text{ km}$	.....cm	..... $\mu\text{s}$
$2 \times 10^2 \text{ ns}$	..... $\mu\text{s}$	.....s

۹. هر لیتر برابر ۰/۲۶۴ گالون است. ۲۰ گالون چند لیتر و چند  $m^3$  است؟

۱۰. یک میلیارد ثانیه دیگر شما چند سال مسن تر می شوید؟ (فرض کنید هر سال ۳۶۵ روز است).

۱۱. برچسب روی شیشه سس سالاد، حجم محتوای آن را ۰/۴۷۳ لیتر اعلام می کند. با توجه به اینکه  $1 \text{ lit} = 10^3 \text{ cm}^3$  و  $1 \text{ in} = 2/54 \text{ cm}$  است، این حجم را برحسب اینچ مکعب ( $\text{in}^3$ ) بیان کنید. (اینچ (in) یکایی است که هنوز در بسیاری موارد، به ویژه در کارهای مهندسی به کار می رود).

۱۲. چند اسکناس هزار تومانی را باید روی هم بگذارید تا به ماه برسد؟ آیا این کار ارزان تر از ساختن و فرستادن یک فضاپیما به ماه در می آید؟ (راهنمایی: ابتدا چند اسکناس هزار تومانی را روی هم بگذارید و بینید چند اسکناس در ۱mm جا می گیرد، همچنین فاصله زمین تا ماه را ۳۸۴۰۰۰ کیلومتر بگیرید).

۱۳. نسبت جرم به حجم هر جسم را «چگالی» آن جسم می نامند. چگالی سرب برابر  $11/3 \text{ g/cm}^3$  است. یعنی هر  $\text{cm}^3$  سرب جرمی برابر ۱۱/۳ گرم دارد. این چگالی بر حسب  $\text{kg/m}^3$  چقدر است؟

۱۴. بزرگ ترین قطعه الماس بریده شده در جهان «اولین ستاره آفریقا» نام دارد که بر عصای سلطنتی بریتانیا نصب شده است و در برج لندن نگهداری می شود. حجم این قطعه الماس ۱/۸۴ اینچ مکعب است. حجم آن برحسب سانتی متر مکعب چقدر است؟ برحسب متر مکعب چقدر است؟ ( $1 \text{ in} = 2/54 \text{ cm}$ )

۱۵. فوت (ft) و مایل (mi) از جمله یکاهای طول هستند که هنوز کاربرد فراوانی دارند. با توجه به اینکه



$1\text{mi} = 5280\text{ft}$  و  $1\text{ft} = 30/48\text{cm}$  است، هر مایل چند متر و چند کیلومتر است؟

۱۶. با توجه به جدول ۱-۳ کتاب درسی ببینید درون خورشید تقریباً چه تعداد زمین را می توان جای داد؟

### ۴-۱ بردارها و جمع برداری

#### در این بخش

- دو کمیت برداری تنها وقتی با هم برابرند که دارای یک بزرگی و در یک جهت باشند.
- منفی یک بردار را به صورت برداری که دارای همان بزرگی بردار اصلی ولی در جهت مخالف آن است تعریف می کنیم.
- بزرگی یک بردار بنا بر تعریف، یک کمیت نرده ای (یک عدد) و همواره مثبت است.
- جمع برداری از قانون تعویض پذیری پیروی می کند.

#### مثال حل شده

دو بردار  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  چه وضعیتی نسبت به هم داشته باشند تا:

الف)  $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$  و  $\vec{A} + \vec{A} = \vec{C}$

ب)  $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$  و  $\vec{A} + \vec{A} = \vec{C}$

**حل:** الف) اگر دو بردار موازی و در یک جهت باشند این شرط برقرار است (شکل ۱-۱۵ کتاب درسی را ببینید).

ب) اگر دو بردار عمود بر یکدیگر باشند، این دو شرط برقرار است (شکل ۱-۱۸ کتاب درسی را ببینید).

#### مثال حل شده

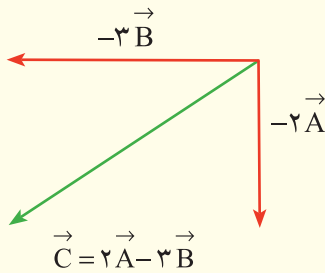
بزرگی بردار  $\vec{A}$  برابر ۳ واحد و در جهت شمال به جنوب و بزرگی بردار  $\vec{B}$  برابر ۵ واحد و در جهت غرب به شرق است. بزرگی و جهت بردارهای زیر را تعیین کنید.

الف)  $-\vec{3A}$

ب)  $\vec{2A} - \vec{3B}$

پ)  $\vec{3B} - \vec{A}$

**حل:** الف) بزرگی بردار  $3\vec{A}$  برابر ۹ واحد و جهت آن جنوب به شمال است.  
 ب) چون بردارهای  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  بر هم عمودند، بزرگی بردار  $2\vec{A} - 3\vec{B}$  برابر است با:



شکل ۳-۱

$$C = \sqrt{4A^2 + 9B^2} = \sqrt{4 \times 9 + 9 \times 25} = 16 \text{ واحد}$$

جهت بردار برآیند، به طرف جنوب غربی است (شکل ۳-۱).

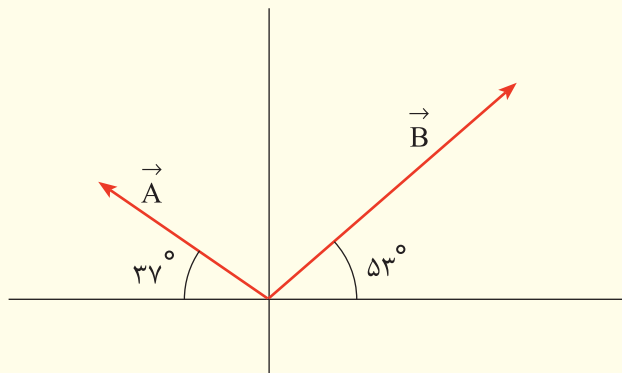
پ) بزرگی بردار  $3\vec{B} - \vec{A}$  برابر است با:

$$C = \sqrt{9B^2 + A^2} = \sqrt{9 \times 25 + 9} = 15 \text{ واحد}$$

جهت بردار برآیند به طرف شمال شرقی است. (چرا؟)

### مثال حل شده

در شکل ۴-۱، بزرگی بردارهای  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  به ترتیب برابر ۶ و ۸ واحد است. بزرگی بردار  $\vec{A} + \vec{B}$  چقدر است؟



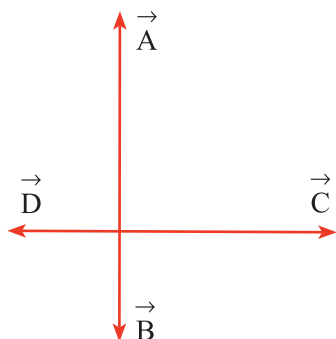
شکل ۴-۱

**حل:** با توجه به زاویه‌های داده شده، دو بردار  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  بر یکدیگر عمودند. به این ترتیب داریم:

$$C = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ واحد}$$

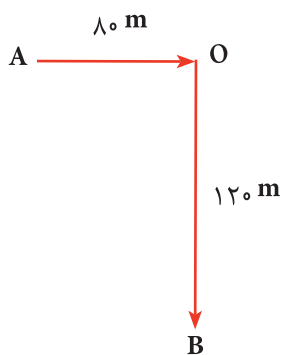
۱۷. بزرگی دو بردار عمود بر هم  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  به ترتیب برابر ۴ و ۸ واحد است. بزرگی برآیند این دو بردار چند واحد است؟

۱۸. بزرگی برابری دو بردار عمود بر هم  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  برابر ۲۵ واحد است. اگر  $A=4B$  باشد، بزرگی بردار  $\vec{B}$  چند واحد است؟



شکل ۵-۱

۱۹. شکل ۵-۱ چهار بردار عمود بر هم  $\vec{A}$ ،  $\vec{B}$ ،  $\vec{C}$  و  $\vec{D}$  را نشان می‌دهد. اگر بزرگی این بردارها به ترتیب ۱۰، ۵، ۱۰ و ۵ باشد، بزرگی بردار برابری آنها چند واحد است؟



شکل ۶-۱

۲۰. دانش آموزی مطابق شکل ۶-۱ از نقطه A به نقطه O و سپس به نقطه B جابه‌جا شده است. بزرگی جابه‌جایی این دانش آموز چند متر است؟

### نکته‌ها و توصیه‌های معلم

## آزمون تشریحی فصل ۱

۱ گاليله در سال ۱۵۸۱، در حالی که دانشجوی دانشگاه پیزا در ایتالیا بود، توجه‌اش به ثابت بودن زمان نوسان چلچراغ کلیسا جلب شد و مدت زمان نوسان آن را به کمک نبض خود اندازه‌گیری کرد. توضیح دهید آیا ضربان نبض می‌تواند معیار مناسبی برای اندازه‌گیری زمان باشد؟

۲ توصیف کنید که چگونه می‌توانید ضخامت یک ورقه کاغذ را با یک خط‌کش معمولی که تا میلی‌متر مدرج شده است، اندازه بگیرید.

۳ چند یکای مختلف حجم را نام ببرید. فرض کنید دانش‌آموزی اظهار می‌کند که حجم استوانه‌ای به شعاع  $r$  و ارتفاع  $h$  از رابطه  $\pi r^2 h$  به دست می‌آید. توضیح دهید که چرا این گفته نمی‌تواند صحیح باشد.

۴ تفاوت بین کمیت‌های برداری و نرده‌ای را بنویسید و برای هر یک مثالی بزنید.

۵ تبدیل‌های زیر را انجام دهید.

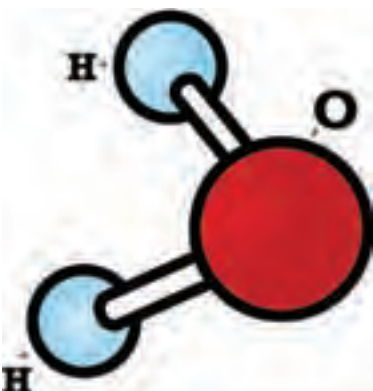
الف)  $2/3 \times 10^6 \text{ km} = \dots \text{ m} = \dots \text{ mm} = \dots \text{ nm}$

ب)  $4 \times 10^3 \text{ ps} = \dots \text{ ns} = \dots \text{ ms} = \dots \text{ s}$

پ)  $2/4 \times 10^{-3} \text{ TB} = \dots \text{ GB} = \dots \text{ MB} = \dots \text{ kB}$

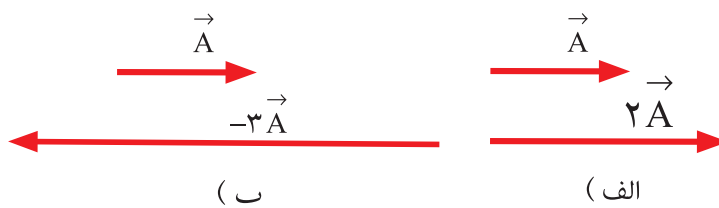
۶ براینده دو بردار عمود بر هم  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  برابر  $40^\circ$  واحد است. اگر  $4A = 3B$  باشد،  $A$  چند واحد است؟

۷ اگر  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = 0$  و بزرگی سه بردار یکسان و برابر ۲۰ واحد باشد، در این صورت بزرگی  $(\vec{A} + \vec{B} - \vec{C})$  چند واحد است؟



۸ یک مول اتم از هر عنصری شامل  $6.02 \times 10^{23}$  اتم است. مثلاً تعداد مولکول‌های یک مول آب (یعنی ۱۸ گرم آب) برابر  $6.02 \times 10^{23}$  عدد است (شکل روبه‌رو). اگر پردازنده رایانه‌ای بتواند در هر ثانیه  $3/6$  میلیارد از اتم‌های این مقدار آب را بشمارد، چه مدت طول می‌کشد تا این رایانه همه مولکول‌های یک مول آب را بشمارد؟ پاسخ خود را بر حسب سال بیان کنید. (هر یک سال  $3.1 \times 10^7$  ثانیه است).

۹ جمع بردارهای نشان داده شده در شکل زیر را به‌طور جداگانه به دست آورید و بردار برآیند را در هر حالت رسم کنید.

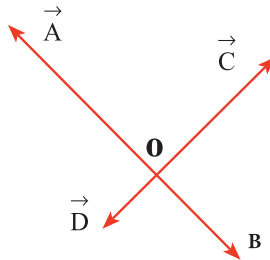


۱۰ جرم هر سانتی‌متر مکعب طلا  $19.32$  گرم است. از آنجا که طلا فلزی بسیار شکل‌پذیر است، می‌تواند به صورت یک برگه نازک یا یک رشته نازک درآید.

الف) اگر نمونه‌ای از طلا به جرم  $27.62 \text{ g}$  به صورت برگه‌ای با ضخامت یک میکرون درآید، مساحت برگه چقدر است؟

ب) اگر این نمونه، به صورت یک رشته استوانه‌ای به شعاع  $2/5$  میکرون درآید، طول این رشته چقدر است؟

شکل زیر چهار بردار عمود بر هم را نشان می‌دهد که نقطه  $O$  ابتدای آنها است. بزرگی برابری این چهار بردار چند واحد است؟ بزرگی هر یک از بردارهای  $\vec{A}$ ،  $\vec{B}$ ،  $\vec{C}$  و  $\vec{D}$  به ترتیب برابر ۱۲، ۴، ۸ و ۲ واحد است.



آزمون چند گزینه‌ای فصل ۱

۱. سال نوری یکای کدام یک از کمیت‌های زیر است؟  
(الف) زمان (ب) طول (پ) سرعت
۲.  $2Gs$  برابر با چند میلی ثانیه است؟  
(الف)  $2 \times 10^9$  (ب)  $2 \times 10^{-9}$  (پ)  $2 \times 10^{12}$  (ت)  $2 \times 10^{-12}$
۳. عامل تبدیل  $km/h$  به  $m/s$  کدام است؟  
(الف)  $3/6$  (ب)  $1/36$  (پ)  $36$  (ت)  $1000/36$
۴. فرض کنید  $a$  و  $b$  دو کمیت فیزیکی با یکاهای متفاوت باشند. کدام یک از گزینه‌های زیر از لحاظ فیزیکی بامعنا است؟  
(الف)  $a+b$  (ب)  $a-b$  (پ)  $\frac{a}{b}$
۵. برآیند دو بردار هنگامی کمینه است که زاویه بین آنها ..... درجه باشد.  
(الف) صفر (ب)  $90$  (پ)  $180$
۶. در صورتی دو رابطه  $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$  و  $A+B=C$  برقرار است که بردارهای  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  :  
(الف) موازی و برخلاف جهت هم باشند.  
(ب) موازی و در جهت هم باشند.  
(پ) برهم عمود باشند.
۷. بزرگی بردار  $\vec{A}$  برابر  $4m$  و در جهت شمال به جنوب است. بزرگی و جهت بردار جابه‌جایی  $\vec{B} = -3\vec{A}$  چگونه است؟  
(الف)  $12m$ ، شمال به جنوب (ب)  $12m$ ، جنوب به شمال  
(پ)  $12m$ ، شمال به جنوب (ت)  $12m$ ، جنوب به شمال
۸. دو بردار  $\vec{A}$  و  $\vec{B}$  برهم عمودند و برآیند آنها با بردار  $\vec{B}$  زاویه  $45$  درجه می‌سازد. اگر بزرگی بردار  $\vec{B}$  برابر  $12$  واحد باشد، بزرگی بردار  $\vec{A}$  چند واحد است؟  
(الف)  $6$  (ب)  $12$  (پ)  $6\sqrt{2}$  (ت)  $12\sqrt{2}$
۹. بزرگی برآیند دو بردار عمود برهم  $a$  و  $\sqrt{3}a$  کدام است؟  
(الف)  $\sqrt{2}a$  (ب)  $2a$  (پ)  $(1+\sqrt{3})a$  (ت)  $4a$
۱۰. در رابطه  $X = \frac{1}{2}ct^2$  یکای  $X$  بر حسب متر و یکای  $t$  بر حسب ثانیه است. یکای  $c$  کدام است؟  
(الف)  $ms^2$  (ب)  $ms$  (پ)  $ms^{-1}$  (ت)  $ms^{-2}$

## بار الکتریکی و میدان الکتریکی



در این فصل:

بار الکتریکی

خواص الکتریکی

باردار سافتن ماده

قانون کولن

میدان الکتریکی

انرژی پتانسیل الکتریکی

فازن

آزمون تشریمی

آزمون چند گزینه‌ای



### ۲-۱ بار الکتریکی

#### در این بخش

- به طور دقیق دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. بنجامین فرانکلین در قرن هجدهم پیشنهاد کرد که این دو نوع بار را مثبت و منفی بنامیم، و این نام گذاری هنوز به کار می رود.
- دو بار مثبت یا دو بار منفی یکدیگر را دفع می کنند. یک بار مثبت و یک بار منفی یکدیگر را می ربایند.
- ساختار اتم را می توان برحسب سه ذره توصیف کرد: الکترون با بار منفی، پروتون با بار مثبت و نوترون بدون بار. پروتون ها و نوترون ها در هسته اتم قرار دارند و الکترون ها گرداگرد هسته می چرخند.
- اگر یک یا چند الکترون از اتم جدا شود، ساختار به جا مانده با بار مثبت را یون مثبت می نامند.
- یون منفی، اتمی است که یک یا چند الکترون اضافی به دست آورده است.
- هنگامی که در یک جسم، شمار کل پروتون ها با شمار کل الکترون ها برابر باشد، بار کل صفر است و جسم از نظر الکتریکی خنثا است.
- در هر فرایند باردهی، باری خلق یا نابود نمی شود؛ بلکه صرفاً از جسمی به جسم دیگر انتقال می یابد.
- پایداری بار الکتریکی یک قانون پایداری جهانی شناخته می شود. هیچ گواه تجربی در خصوص نقض این اصل تاکنون مشاهده نشده است.





شکل ۱-۲

شکل ۱-۲ وضعیت دو بادکنک باردار را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. در خصوص بار این بادکنک‌ها چه می‌توان گفت؟  
**پاسخ:** چون دو بادکنک به طرف یکدیگر جذب شده‌اند، بار آنها ناهمنام است.

شکل ۲-۲ یک تکه پارچه پشمی و یک میله شیشه‌ای را پس از مالش به یکدیگر نشان می‌دهد. اگر بار الکتریکی میله پلاستیکی پس از مالش ۱۹/۲ میکروکولن شود، چه تعداد الکترون از پارچه پشمی جدا شده است؟

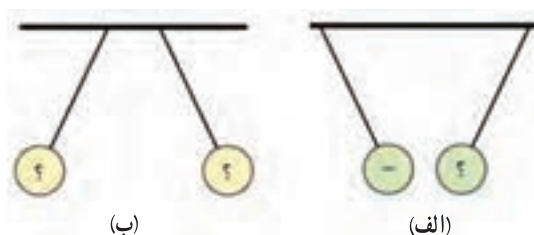
**حل:** با توجه به قانون پایستگی بار، الکترون‌هایی که از پارچه پشمی در حین مالش با میله پلاستیکی جدا شده‌اند، از بین نرفته‌اند بلکه به میله پلاستیکی منتقل شده‌اند. به این ترتیب با توجه به رابطه  $q = ne$ ، تعداد الکترون‌هایی که از پارچه پشمی جدا شده‌اند، برابر است با:



شکل ۲-۲

$$19/2 \times 10^{-6} \text{ C} = n(1/6 \times 10^{-19} \text{ C}) \Rightarrow n = 12 \times 10^{13} \text{ الکترون}$$

۱. نوع بار هر یک از کره‌ها را در شکل ۳-۲ تعیین کنید.



شکل ۳-۲

۲. شکل ۴-۲ دو جسم را در حال مالش به یکدیگر نشان می‌دهد. نوع و اندازه بار دو جسم را پس از مالش به یکدیگر با هم مقایسه کنید.



شکل ۴-۲

۳. در پرسش زیر بیش از یک گزینه درست است. گزینه‌های درست را پیدا کنید.  
بر اثر مالش دو جسم با یکدیگر می‌توان گفت:

الف) بار منفی خالص یک جسم با بار مثبت خالص جسم دیگر برابر است.

ب) اگر دو جسم را به هم نزدیک کنیم یکدیگر را دفع می‌کنند.

پ) جمع جبری بار دو جسم پس از مالش الزاماً صفر نیست.

ت) بار از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.

ث) مقدار باری که یک جسم از دست می‌دهد برابر مقدار باری است که جسم دیگر می‌گیرد.

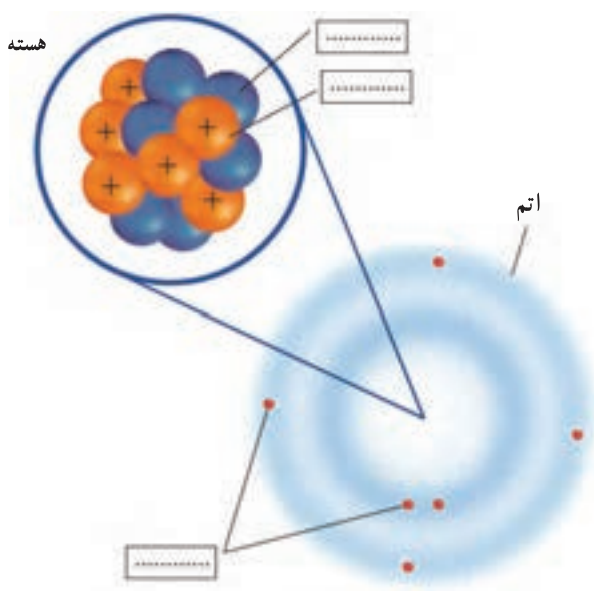
۴. شکل ۲-۵ یک میله شیشه‌ای و پارچه ابریشم را قبل و پس از مالش به یکدیگر نشان می‌دهد. اگر پس از مالش

$3 \times 10^{13}$  الکترون از میله شیشه‌ای جدا شده باشد، بار پارچه ابریشمی پس از مالش چقدر است؟



شکل ۲-۵

۵. شکل ۲-۶ ساختمان یک اتم را نشان می‌دهد. جاهای خالی را در این شکل با واژه‌های مناسب پر کنید.



شکل ۲-۶

۶. جرم تقریبی اجزای سازنده اتم به شرح زیر است:

$$\text{جرم پروتون} = 1/6 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{جرم نوترون} = 1/6 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{جرم الکترون} = 1/1836 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

با توجه به شکل ۲-۶ و همچنین داده‌های بالا، عبارت‌های زیر را کامل کنید.

بیش از ۹۹ درصد جرم اتم در ..... قرار دارد.

بیشتر حجم اتم به‌طور پراکنده‌ای توسط ..... اشغال شده است.

## ۲-۲ خواص الکتریکی مواد

### در این بخش

- تعداد بسیار زیادی الکترون آزاد در هر رسانا وجود دارد که به راحتی درون رسانا حرکت می‌کنند.
- فلزها (مانند مس)، بدن انسان و آب آشامیدنی مثال‌هایی از رسانا هستند.
- نارساناها، که عایق نیز خوانده می‌شوند، موادی هستند که تعداد الکترون‌های آزاد آنها بسیار اندک است و نمی‌توانند در آنها به آزادی حرکت کنند.
- لاستیک، پلاستیک، شیشه و آبی که از لحاظ شیمیایی خالص است مثال‌هایی از عایق هستند.
- ماده‌ای را که بتوان واداشت تا گاهی به صورت عایق رفتار کند و گاهی به صورت رسانا، نیم‌رسانا می‌نامند.
- موادی که در دماهای کم مقاومت الکتریکی آنها از بین می‌رود و مقاومت آنها در برابر عبور جریان صفر می‌شود، ابررسانا نامیده می‌شوند.

### مثال حل شده

الکتروسکوپ یا برق‌نما ابزار ساده‌ای متشکل از یک گوی فلزی است که توسط میلهٔ رسانایی به دو برگهٔ فلزی نازک متصل شده است (شکل ۲-۷). این دو برگه برای محافظت از آشفتگی‌های هوا در شیشه قرار گرفته‌اند.

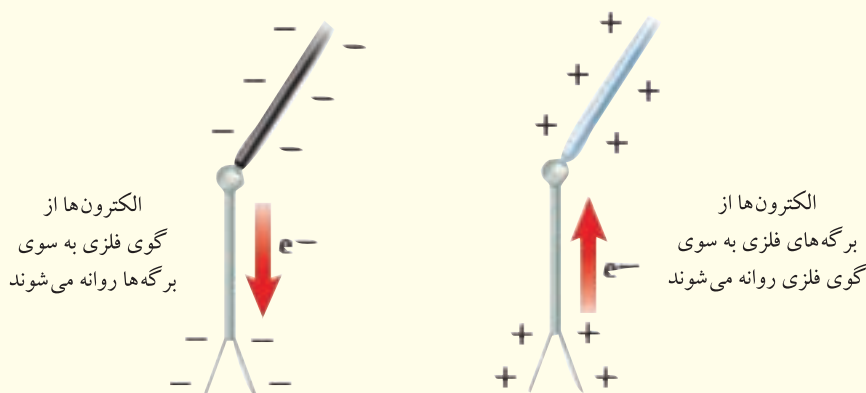


شکل ۲-۷

الف) وقتی جسم بارداری را به گوی فلزی نزدیک کنیم یا تماس دهیم، برگه‌های فلزی که معمولاً آویزان‌اند، از هم دور می‌شوند. چرا؟

ب) الکتروسکوپ‌ها نه تنها آشکارساز بار الکتریکی‌اند، بلکه برای اندازه‌گیری نوع بار نیز به کار می‌روند. توضیح دهید چگونه می‌توان این کار را انجام داد.

**پاسخ:** الف) شکل ۸-۲ دلیل این موضوع را برای دو جسم باردار مثبت و منفی نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود وقتی جسم باردار مثبتی به گوی فلزی نزدیک می‌شود، الکترون‌ها از برگه‌های فلزی به طرف گوی روانه می‌شوند. در نتیجه برگه‌ها دارای بار مشابه مثبت شده و یکدیگر را می‌رانند.



شکل ۸-۲

ب) اگر جسمی را به گوی فلزی یک الکتروسکوپ نزدیک کنیم و وضعیت برگه‌های فلزی نسبت به یکدیگر تغییر کند، جسم دارای بار الکتریکی است. همچنین اگر الکتروسکوپ بارداری (با نوع بار مشخص) در اختیار داشته باشیم به سادگی می‌توان نوع بار یک جسم را به کمک آن تشخیص داد. برای مثال اگر الکتروسکوپ دارای بار مثبت باشد، در این صورت اگر جسم بارداری را به گوی فلزی نزدیک کنیم و برگه‌ها از یکدیگر دور شوند، نشان می‌دهد که نوع بار جسم مشابه نوع بار الکتروسکوپ، یعنی مثبت است. چنان‌چه برگه‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر شوند، نوع بار جسم منفی است.

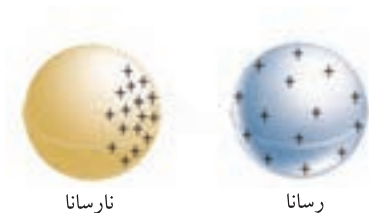


۷. شکل ۹-۲ بخشی از یک الکتروسکوپ دارای بار منفی را نشان می‌دهد.

الف) اگر یک جسم باردار منفی را به گوی فلزی نزدیک کنیم، چه اتفاقی برای برگه‌های فلزی می‌افتد؟

ب) اگر جسم باردار، دارای بار مثبت باشد، چطور؟

شکل ۹-۲



شکل ۱۰-۲

۸. شکل ۲-۱۰ نحوه توزیع بار روی دو جسم رسانا و نارسانا را نشان می‌دهد. توضیح دهید چرا بارهای یک رسانا روی تمام سطح آن توزیع می‌شوند در حالی که در یک نارسانا تنها در بخش باردار شده باقی می‌مانند؟

## ۲-۳ باردار ساختن ماده

### در این بخش

- علاوه بر مالش دو جسم به یکدیگر، به روش تماس نیز می‌توان اجسام را باردار کرد.
- روش دیگر برای باردار ساختن یک جسم، روش القایی است.
- در باردار کردن القایی، نوع بار جسم باردار شده مخالف بار جسم باردار کننده است.
- هرگاه مراکز بارهای مثبت و منفی اتم یا مولکول روی هم منطبق نباشند، اتم یا مولکول قطبیده است.
- اجسام رسانا را به سادگی می‌توان به روش القایی باردار کرد.

### مثال حل شده

دو کره فلزی مشابه A و B که روی پایه‌های عایقی قرار دارند به ترتیب دارای بار الکتریکی  $+4 \text{ mC}$  و  $-7 \text{ mC}$  هستند. این دو کره را توسط پایه‌های عایق آنها گرفته و با یکدیگر تماس می‌دهیم. پس از تماس بار هر کره چقدر است؟

**حل:** پس از تماس دو کره با هم، در بار الکتریکی یکدیگر شریک می‌شوند. چون دو کره مشابه‌اند، پس از تماس بار هر دو کره یکسان و برابر است با:

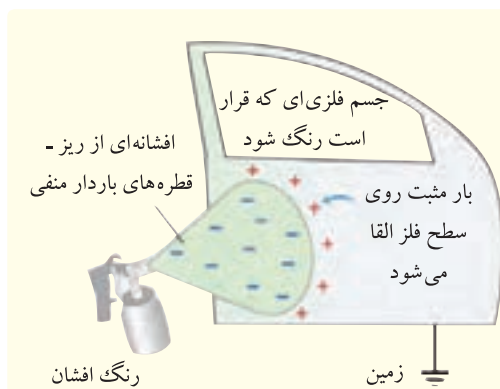
$$q = \frac{(+4 \text{ mC}) + (-7 \text{ mC})}{2} = -1.5 \text{ mC}$$

به عبارت دیگر بار هر کره پس از تماس برابر  $-1.5 \text{ mC}$  خواهد بود.

### مثال حل شده

جاذبه بین یک جسم باردار و یک رسانای بدون بار متصل به زمین کاربردهای عملی فراوانی دارد، از آن جمله فرایند نقاشی (رنگ کاری) الکتروستاتیکی که در صنعت به کار می‌رود (شکل ۲-۱۱). به نظر شما این فرایند چگونه کار می‌کند؟

پاسخ: همان‌طور که در شکل نیز دیده می‌شود، جسم فلزی‌ای که قرار است رنگ شود به زمین متصل می‌شود و به ریز قطره‌های رنگ هنگام خروج از ناوک رنگ افشان بار الکتریکی داده می‌شود. در حالی که ریز قطره‌ها به



شکل ۲-۱۱

جسم نزدیک می شوند، بارهای القایی با علامت مخالف در جسم ظاهر می شوند و ریز قطره ها را به سطح جسم می ربایند. این فرایند، افشانه شدن چندباره رنگ از ابرهای ذره های سرگردان رنگ را کمینه می کند و پرداخت هموار ویژه ای به سطح می دهد.

۹. کره فلزی بدون باری توسط یک تکه نخ نایلونی آویزان شده است. هنگامی که یک میله شیشه ای با بار مثبت را به کره فلزی نزدیک می کنیم، کره به طرف میله کشیده می شود. ولی اگر کره با میله تماس یابد به طور ناگهانی از میله دور می شود. توضیح دهید که چرا کره نخست جذب و سپس دفع می شود؟

۱۰. جسمی با بار منفی در اختیار دارید. چگونه می توانید از این جسم برای دادن بار منفی خالص به یک گوی فلزی که روی پایه عایقی قرار دارد استفاده کنید. برای دادن بار مثبت خالص به این گوی چگونه؟



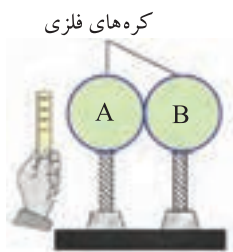
شکل ۲-۱۲

۱۱. وقتی یک میله باردار را به یک تکه کوچک کاغذ بدون بار نزدیک کنیم، به طرف آن جذب می شود (شکل ۲-۱۲). توضیح دهید چرا؟

۱۲. دو کره موازی مشابه A و B که هر یک روی پایه عایقی قرار دارند، با یکدیگر در تماس اند. میله ای پلاستیکی با بار منفی، مطابق شکل ۲-۱۳ نزدیک کره A آورده شده است.

الف) میله باردار چه تأثیری بر الکترون های آزاد کره های A و B دارد؟

ب) اگر هنگامی که میله باردار نزدیک کره A است، کره ها را توسط پایه های عایق آنها از هم جدا کنیم، کره ها چه تفاوتی با هم خواهند داشت؟



شکل ۲-۱۳

پ) چه ترتیبی باید اتخاذ کرد تا کره های A و B به طور برابر دارای بار مثبت شوند؟

## ۲-۴ قانون کولن

### در این بخش

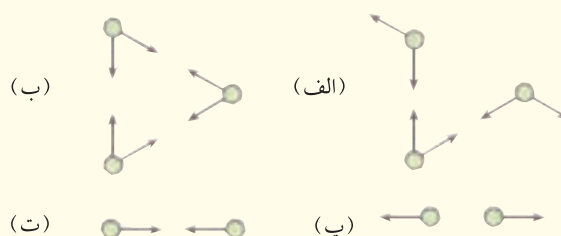
- قانون حاکم بر ربایش و رانش بارهای الکتریکی نقطه ای را اولین بار کولن فیزیک دان فرانسوی در سال ۱۷۸۴ میلادی پس از آزمایش های زیاد به طور کمی به دست آورد.
- بزرگی نیروی وارد بر هر یک از ذره های باردار بنا به قانون کولن از رابطه زیر به دست می آید:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

- قانون کولن تنها برای اجسام باردار که اندازه آنها خیلی کوچک تر از فاصله میان آنها باشد صادق است. به عبارت دیگر این قانون فقط در مورد بارهای نقطه ای و یا حالتی که بیان شد برقرار است.
- جهت نیروهایی که دو بار بر یکدیگر وارد می کنند همواره در راستای خطی است که آنها را به هم متصل می کند. هنگامی که بارهای  $q_1$  و  $q_2$  هم علامت باشند، یعنی هر دو مثبت یا هر دو منفی باشند نیروها دافعه اند؛ هنگامی که بارها علامت مخالف دارند، نیروها جاذبه اند.

### مثال حل شده

در شکل ۲-۱۴ جهت نیروی بین بارهای الکتریکی نقطه ای نشان داده شده است. با توجه به جهت نیروها، آیا می توانید نوع هر یک از بارهای نقطه ای را تعیین کنید؟ اگر نه توضیح دهید.



شکل ۲-۱۴

**پاسخ:** در شکل (الف)، دو باری که یکدیگر را می رانند دارای بار موافق اند (هر دو مثبت یا هر دو منفی). در شکل (ب)، امکان ندارد که بارهای الکتریکی به این صورت به یکدیگر نیرو وارد کنند. در شکل (پ)، بارها دارای علامت موافق اند. در شکل (ت) بارها دارای علامت مخالف اند.

## مثال حل شده

دو بار نقطه‌ای  $q_1 = 3\mu\text{C}$  و  $q_2 = -4\mu\text{C}$  در فاصله  $6\text{cm}$  از یکدیگر واقع‌اند. بزرگی نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند و نوع آن را تعیین کنید.

**حل:** با توجه به قانون کولن بزرگی نیروی بین دو بار نقطه‌ای برابر است با:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} = (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{(3 \times 10^{-6} \text{ C})(-4 \times 10^{-6} \text{ C})}{(6 \times 10^{-2})^2} = 3 \times 10^{-2} \text{ N}$$

چون بارها دارای علامت مخالف‌اند، نیروی بین آنها جاذبه است.

## مثال حل شده

بزرگی نیروی الکتریکی بین دو یون مشابه مثبت که به فاصله  $5 \times 10^{-10} \text{ m}$  از یکدیگر واقع‌اند، برابر  $3/7 \times 10^{-9} \text{ N}$  است.

(الف) بار هر یون چقدر است؟

(ب) هر اتم چند الکترون از دست داده است؟

**حل:** (الف) با توجه به فرض مسئله دو یون مشابه‌اند، بنابراین  $q_1 = q_2 = q$ ، در این صورت:

$$F = k \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow 3/7 \times 10^{-9} \text{ N} = (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{q^2}{(5 \times 10^{-10} \text{ m})^2}$$

در نتیجه

$$q^2 = 1/2 \times 10^{-27} \text{ C}^2 \Rightarrow q = 3/2 \times 10^{-14} \text{ C}$$

(ب) با توجه به رابطه  $q = ne$  داریم:

$$n = \frac{3/2 \times 10^{-14} \text{ C}}{1/6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 2$$

یعنی هر اتم دو الکترون از دست داده است و به یون مثبت تبدیل شده‌اند.

(الف)  

(ب)  

(پ)  

شکل ۱۵-۲

۱۳. برای هر جفت از بارهای الکتریکی نقطه‌ای شکل ۱۵-۲،

بردار نیروی وارد به هر بار را که از طرف بار دیگر به آن وارد

می‌شود، رسم کنید. طول هر بردار باید متناسب با بزرگی نیرو

باشد. نمادهای + و - اندازه بار الکتریکی یکسانی را نشان

می‌دهند.



۱۴. بزرگی نیرویی که دو بار نقطه‌ای  $+q$  در فاصله  $r$  به یکدیگر وارد می‌کنند برابر  $F = ۶۴۰ \text{ N}$  است. اگر بار  $+۲ \mu\text{C}$  را از یکی کم کرده به دیگری اضافه کنیم، مقدار نیروی جدید در همان فاصله برابر  $F' = ۶۰۰ \text{ N}$  است. بار  $+q$  چند میکروکولن است؟

۱۵. فاصله دو پروتون در هسته اتم آهن تقریباً  $۴ \times ۱۰^{-۱۵} \text{ m}$  است. بزرگی نیروی الکتریکی میان این دو ذره چقدر است؟

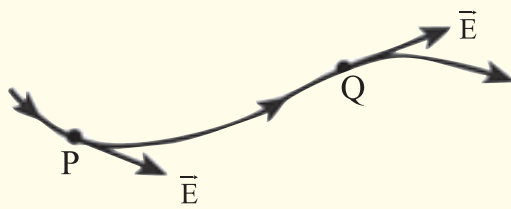
۱۶. بار نقطه‌ای  $+q$  در مبدأ مختصات،  $x=۰$ ، و بار نقطه‌ای  $-q$  در نقطه  $x=a$  واقع شده است. بزرگی نیرویی که این دو بار به هم وارد می‌کنند  $F$  است. اگر بار نقطه‌ای  $+q$  دیگری در نقطه  $x=-a$  قرار داده شود، برآیند نیروهای وارد شده به باری که در مبدأ قرار دارد، چگونه است؟

## ۲-۵ میدان الکتریکی

### در این بخش

- هر جسم باردار، یک میدان الکتریکی در تمام نقاط اطراف خود ایجاد می‌کند. این میدان می‌تواند بر هر جسم باردار دیگری که در این فضا قرار می‌گیرد نیروی الکتریکی وارد کند.
- نیروی الکتریکی بر یک جسم باردار توسط میدان الکتریکی‌ای که به وسیله جسم‌های باردار دیگر ایجاد شده است وارد می‌شود.
- میدان الکتریکی در یک نقطه معین برابر است با نیروی الکتریکی به ازای واحد بار، یعنی:  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ .
- یکای میدان الکتریکی در SI، نیوتون بر کولن (N/C) است.
- بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک بار نقطه‌ای  $q$  در فاصله  $r$  از آن، از رابطه  $E = k \frac{|q|}{r^2}$  به دست می‌آید.
- بنا به تعریف جهت میدان الکتریکی یک بار نقطه‌ای همواره به دور از یک بار مثبت و به سوی یک بار منفی است.
- بزرگی و جهت میدان الکتریکی در بعضی وضعیت‌ها در همه جای درون یک ناحیه معین دارای یک مقدارند. در این صورت می‌گوییم میدان الکتریکی در این ناحیه یکنواخت است.
- یک روش مفید توصیف میدان الکتریکی استفاده از مفهوم خط‌های میدان است. در جایی که خط‌های میدان نزدیک یکدیگرند، بزرگی میدان بیشتر و در جایی که دور از هم هستند بزرگی میدان کمتر است.

## مثال حل شده

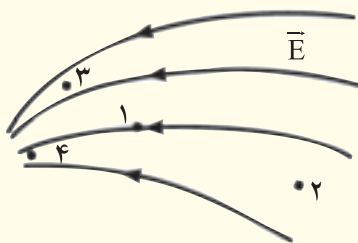


شکل ۱۶-۲

شکل ۱۶-۲ کدام یک از ویژگی‌های خط‌های میدان الکتریکی را نشان می‌دهد؟

**پاسخ:** مماس بر خط میدان در هر نقطه، در جهت بردار میدان الکتریکی در آن نقطه است.

## مثال حل شده



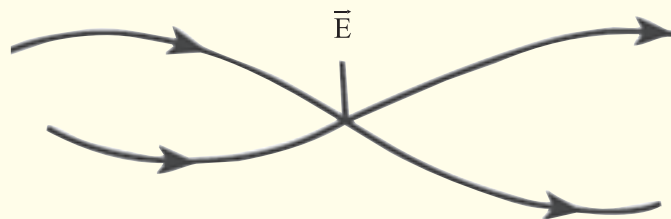
شکل ۱۷-۲

بزرگی میدان الکتریکی را در هر یک از نقطه‌های ۱ تا ۴ با هم مقایسه کنید.

**پاسخ:** میدان الکتریکی در نقطه ۴ بیشترین و در نقطه ۲ کم‌ترین بزرگی را دارد. همچنین بزرگی میدان در نقطه ۳ از نقطه ۱ بیشتر است.

## مثال حل شده

شکل ۱۸-۲ به کدام یک از ویژگی‌های خط‌های میدان الکتریکی اشاره دارد؟ این موضوع چه ارتباطی با « $\vec{E} = ?$ » که روی شکل آمده است، دارد؟ توضیح دهید.



شکل ۱۸-۲

**پاسخ:** این شکل به این موضوع اشاره دارد که خط‌های میدان الکتریکی یکدیگر را قطع نمی‌کنند، زیرا در این صورت بار نقطه‌ای  $q$  که در محل تقاطع دو خط میدان قرار می‌گیرد، مشخص نیست که باید در جهت کدام یک از خط‌های میدان به آن نیرو وارد شود و حرکت کند و نوشتن « $\vec{E} = ?$ » روی شکل نیز به همین موضوع اشاره دارد.

## مثال حل شده

در فاصله  $1\text{ mm}$  از یک بار نقطه‌ای، بزرگی میدان الکتریکی  $45000\text{ N/C}$  است. مقدار بار الکتریکی چقدر است؟

**حل:** با توجه به رابطه  $E = k \frac{|q|}{r^2}$  داریم:

$$45000\text{ N/C} = (9 \times 10^9\text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{|q|}{(0.1 \times 10^{-3}\text{ m})^2}$$

در نتیجه بزرگی بار برابر است با:  $|q| = 5 \times 10^{-14}\text{ C}$

## مثال حل شده

بزرگی میدان الکتریکی ناشی از بار  $q$  در محلی که بار الکتریکی نقطه‌ای  $8\text{ }\mu\text{C}$  قرار دارد، برابر  $5 \times 10^4\text{ N/C}$  است. بزرگی نیرویی که از طرف این میدان بر بار  $8\text{ }\mu\text{C}$  وارد می‌شود، چقدر است؟

**حل:** با توجه به رابطه  $E = \frac{F}{q_0}$  داریم:

$$F = q_0 E = (8 \times 10^{-6}\text{ C})(5 \times 10^4\text{ N/C}) = 0.4\text{ N}$$

## مثال حل شده

ذره‌ای دارای بار الکتریکی  $-3\text{ nC}$  است.

الف) بزرگی و جهت میدان الکتریکی ناشی از این ذره را در نقطه‌ای که  $25\text{ m}$  بالای آن قرار دارد، بیابید.

ب) میدان الکتریکی این ذره در چه فاصله‌ای از آن دارای بزرگی  $12\text{ N/C}$  است؟

**حل:** الف) بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

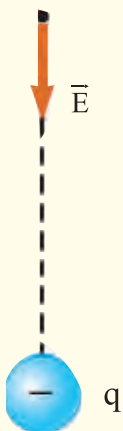
$$E = k \frac{|q|}{r^2} = (9 \times 10^9\text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{|-3 \times 10^{-9}\text{ C}|}{(0.25\text{ m})^2} = 432\text{ N/C}$$

جهت میدان مطابق شکل ۱۹-۲ به طرف بار منفی است.

ب) دوباره با توجه به رابطه  $E = k \frac{|q|}{r^2}$  داریم:

$$12\text{ N/C} = (9 \times 10^9\text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{3 \times 10^{-9}\text{ C}}{r^2}$$

$$r^2 = \frac{4}{9}\text{ m}^2 \Rightarrow r = \frac{2}{3}\text{ m}$$



شکل ۱۹-۲



(الف)



(ب)

شکل ۲۰-۲

۱۷. یک خط کش پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهید (شکل ۲۰-۲ الف) و آن را به خرده‌های کاغذ نزدیک کنید (شکل ۲۰-۲ ب).

آنچه را که با انجام این فعالیت ساده مشاهده می‌کنید، با توجه به مفهوم میدان الکتریکی شرح دهید.

۱۸. کره‌های فلزی A و B مشابه و در ابتدا بدون بار و با یکدیگر در تماس‌اند. با نزدیک کردن میله باردار مثبت (بدون

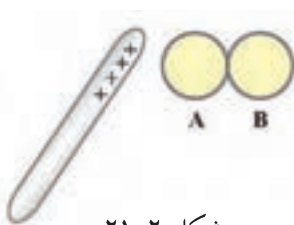
تماس) به کره A مطابق (شکل ۲۱-۲)

(الف) توزیع بار الکتریکی روی هر کره را رسم کنید و نوع بار هر کره را نام ببرید.

(ب) کدام ویژگی میله باردار سبب این وضعیت شده است؟

(پ) اگر میله باردار را از سمت راست به کره B نزدیک کنیم، پرسش الف را دوباره پاسخ

دهید.

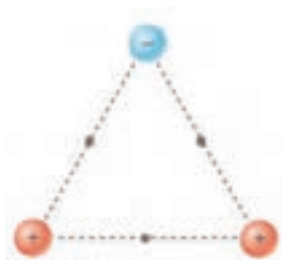


شکل ۲۱-۲

۱۹. بردار میدان الکتریکی برآیند ناشی از بارهای نقطه‌ای را در هر یک از نقطه‌های

مشخص شده در شکل ۲۲-۲ رسم کنید. توجه کنید طول هر بردار باید نشان دهنده بزرگی

میدان برآیند باشد.



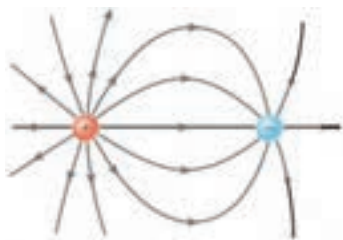
شکل ۲۲-۲

۲۰. شکل ۲۳-۲ خط‌های میدان الکتریکی را در ناحیه‌ای از فضا نشان می‌دهد. بردار میدان الکتریکی را در هر یک

از نقطه‌های روی شکل رسم کنید.

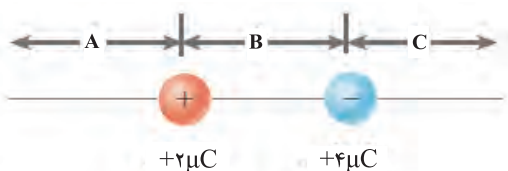


شکل ۲۳-۲



شکل ۲-۲۴

۲۱. در شکل ۲-۲۴ خط‌های میدان الکتریکی برای دو بار نقطه‌ای نامساوی نشان داده شده است. توضیح دهید آیا بار مثبت بزرگ‌تر است یا بار منفی؟

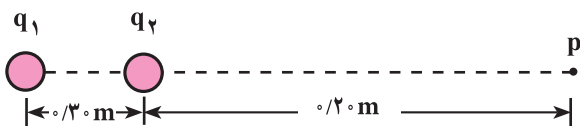


شکل ۲-۲۵

۲۲. در شکل ۲-۲۵ سه ناحیه مشخص شده است. میدان الکتریکی برآیند ناشی از دو بار نقطه‌ای در کدام ناحیه‌ها ممکن است صفر باشد؟ به طور کیفی توضیح دهید.

۲۳. میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای  $q$  در فاصله  $25 \text{ cm}$  از آن  $200 \text{ N/C}$  است. اگر  $25 \text{ cm}$  دیگر از بار  $q$  دور شویم، بزرگی میدان الکتریکی چقدر خواهد شد؟

۲۴. بزرگی و جهت میدان الکتریکی برآیند ناشی از بارهای نقطه‌ای  $q_1 = +40 \text{ nC}$  و  $q_2 = +10 \text{ nC}$  را در نقطه  $p$  تعیین کنید. (شکل ۲-۲۶)



شکل ۲-۲۶

## ۲-۶ انرژی پتانسیل الکتریکی

### در این بخش

- انرژی‌ای که هر جسم باردار به واسطه مکانش نسبت به یک جسم باردار دیگر به دست می‌آورد، انرژی پتانسیل الکتریکی نامیده می‌شود.
- انرژی پتانسیل الکتریکی به ازای واحد بار را پتانسیل الکتریکی می‌نامند و از رابطه  $V = U/q$  به دست می‌آید.
- اختلاف پتانسیل یا ولتاژ دو نقطه نسبت به یکدیگر از رابطه  $\Delta V = \Delta U/q$  به دست می‌آید و یکای آن ژول بر کولن است که ولت نامیده می‌شود.
- اگر از جسم باردار مثبتی دور شویم پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و اگر به آن نزدیک شویم پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. این موضوع برای جسم باردار منفی برعکس است.
- به‌طور کلی اگر در جهت خط‌های میدان الکتریکی حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی کاهش و اگر بر خلاف جهت خط‌های میدان حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

## مثال حل شده

بار الکتریکی  $q = +2\mu\text{C}$  از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی  $V_1 = 10\text{ V}$  به نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی  $V_2 = -40\text{ V}$  جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی این بار چند ژول است و چگونه تغییر می‌کند؟  
**حل:** با توجه به رابطه  $\Delta V = \Delta U / q$  داریم:

$$(-40\text{ V}) - (10\text{ V}) = \frac{\Delta U}{2 \times 10^{-6}\text{ C}} \Rightarrow \Delta U = -10^{-4}\text{ J}$$

چون پتانسیل الکتریکی نقطه ۲ نسبت به نقطه ۱ کاهش یافته است، ذره باردار در جهت خط‌های میدان حرکت کرده است.

## مثال حل شده

پایانه مثبت باتری ۲۴ ولتی یک کامیون را به زمین وصل کرده‌ایم. پتانسیل الکتریکی پایانه منفی آن در هر یک از دو حالت زیر چند ولت می‌شود؟  
 الف) پتانسیل الکتریکی زمین صفر فرض شود.  
 ب) پتانسیل الکتریکی زمین  $1000\text{ V}$  فرض شود.

$$\Delta V = V_+ - V_- \Rightarrow 24\text{ V} = 0 - V_- \Rightarrow V_- = -24\text{ V} \quad \text{(الف)}$$

$$\Delta V = V_+ - V_- \Rightarrow 24\text{ V} = 1000 - V_- \Rightarrow V_- = -976\text{ V} \quad \text{(ب)}$$

## مثال حل شده

بار الکتریکی  $+q$  سه مسیر متفاوت را روی خط راست درون میدان الکتریکی یکنواخت طی می‌کند (شکل ۲-۲۷).

مسیر اول: از ۲ به ۳ به ۴

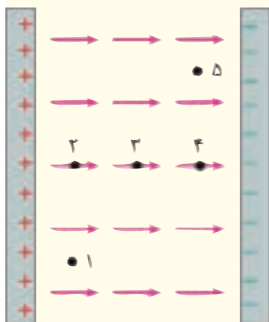
مسیر دوم: از ۱ به ۲ به ۳ به ۴ به ۵

مسیر سوم: از ۱ به ۳ به ۵

برای هر مسیر به‌طور جداگانه پتانسیل الکتریکی را در نقطه‌هایی که بار  $+q$  از آنها می‌گذرد با یکدیگر مقایسه کنید.

**پاسخ:** در مسیر اول با حرکت بار  $+q$  از نقطه ۲ به ۳ و سپس به ۵ پتانسیل الکتریکی همواره رو به کاهش است.

در مسیر دوم با حرکت بار از نقطه ۱ به ۲ پتانسیل الکتریکی تغییری نمی‌کند ولی با



شکل ۲-۲۷

حرکت از ۲ به ۳ به ۴ پتانسیل رو به کاهش و ۴ به ۵ پتانسیل تغییری نمی کند. در مسیر سوم از نقطه ۱ به ۳ و سپس از ۳ به ۵ پتانسیل الکتریکی دائماً رو به کاهش است.

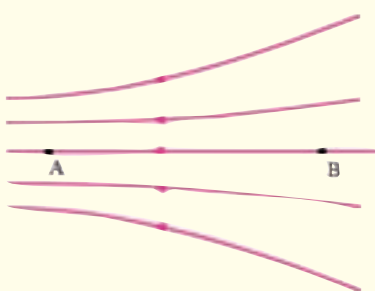
### مثال حل شده

در یک باتری اتومبیل با ولتاژ ۱۲V، هرگاه بار الکتریکی  $q = -2C$  از پایانه منفی تا پایانه مثبت جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چه اندازه و چگونه تغییر می کند؟  
**حل:** با توجه به رابطه  $\Delta V = \Delta U / q$  داریم:

$$\Delta U = q\Delta V = (-2C)(12V) = -24J$$

به عبارت دیگر با جابه‌جا شدن بار  $-2C$  از پایانه منفی به طرف پایانه مثبت انرژی آن به اندازه ۲۴ ژول کاهش یافته است.

### مثال حل شده



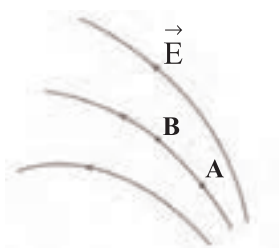
شکل ۲-۲۸

شکل ۲-۲۸ خط‌های میدان الکتریکی را در ناحیه‌ای از فضا نشان می دهد. پتانسیل الکتریکی و بزرگی میدان الکتریکی در نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.

**پاسخ:** پتانسیل الکتریکی نقطه A بیشتر از نقطه B است. همچنین بزرگی میدان الکتریکی در نقطه A بزرگ‌تر از نقطه B است، زیرا خط‌های میدان در نقطه A به یکدیگر نزدیک‌ترند.

۲۵. الکترونی بین دو نقطه که اختلاف پتانسیل آنها یک ولت است، جابه‌جا می شود. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون را حساب کنید.

۲۶. هرگاه بار نقطه  $+q$  از نقطه A به نقطه B در میدان نایک‌نواخت  $\vec{E}$  حرکت کند (شکل ۲-۲۹)، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چگونه تغییر می کند؟



شکل ۲-۲۹

۲۷. میدان الکتریکی یکنواخت  $\vec{E}$  در جهت مثبت محور x وجود دارد. نقطه a را به فاصله  $\frac{1}{8}m$  و نقطه b را به فاصله  $\frac{1}{2}m$  از مبدأ در نظر بگیرید. ولتاژ بین این دو نقطه  $600V$  است.

الف) پتانسیل الکتریکی کدام یک از نقطه‌ها بیشتر است؟

ب) بار الکتریکی  $2\mu C$  از a به b حرکت می‌کند. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار را پیدا کنید.

۲۸. باتری ۱۲ ولتی اتومبیلی می‌تواند از طریق یک مدار، بار کل  $84 A.h$  (آمپر ساعت) را از پایانه‌ای به پایانه دیگر بفرستد.

الف) این بار معادل چند کولن است؟

ب) اگر تمام بار تحت ولتاژ  $12V$  باشد، چه مقدار انرژی کسب می‌کند؟

### نکته‌ها و توصیه‌های معلم



- خازن‌ها وسیله‌هایی برای ذخیره انرژی الکتریکی هستند و می‌توانند انرژی ذخیره شده را در مدت کوتاهی در اختیار مدار قرار دهند.
- ساده‌ترین نوع خازن، خازن با صفحه‌های موازی است که به آن خازن تخت یا مسطح گفته می‌شود. این صفحه‌ها، رسانا و در فاصله اندکی از یکدیگر قرار گرفته‌اند، اما با هم تماس ندارند.
- صفحه‌های خازن هنگام باردار شدن یا شارژ شدن دارای بار مساوی و با علامت مخالف‌اند. صفحه مثبت به پایانه مثبت و صفحه منفی به پایه منفی باتری وصل است.
- فرایند شارژ شدن یک خازن وقتی تکمیل می‌شود که ولتاژ دو صفحه خازن با ولتاژ پایانه‌های باتری برابر شود.
- هر خازن دارای ظرفیت معینی است که تنها به شکل هندسی صفحه‌های آن و ماده دی‌الکتریکی که بین صفحه‌های آن قرار می‌گیرد بستگی دارد.
- ظرفیت یک خازن  $C$  با رابطه  $C=Q/\Delta V$  به کمیت‌های  $\Delta V$  و  $Q$  مرتبط می‌شود.
- یکای ظرفیت خازن کولن بر ولت است که فاراد ( $F$ ) نامیده می‌شود. فاراد یکای بزرگی است به طوری که ظرفیت بیشتر خازن‌ها از مرتبه میکروفاراد و نانوفاراد است.
- خازن شارژ شده هنگامی تخلیه (دشارژ) می‌شود که دو صفحه رسانای آن توسط یک سیم رسانا به یکدیگر وصل شوند.
- ظرفیت یک خازن تخت که مساحت هر صفحه آن  $A$  و به فاصله  $d$  از یکدیگر واقع‌اند از رابطه  $C = \epsilon_0 A / d$  به دست می‌آید که در آن  $\epsilon_0$ ، ثابت گذر دهی خلأ نامیده می‌شود.

## مثال حل شده

به دو سر یک خازن  $100 \mu C$  اختلاف پتانسیل  $24 V$  توسط یک باتری اعمال می‌کنیم. بار ذخیره شده در خازن چقدر است؟

**حل:** با استفاده از رابطه  $C=Q/\Delta V$  داریم:

$$Q = C\Delta V = (100 \times 10^{-6} F)(24 V) = 24 \times 10^{-4} C$$

## مثال حل شده

بار ذخیره شده در خازنی که توسط یک باتری  $12$  ولتی باردار شده است  $14 \mu C$  است. پس از مدتی حدود  $4 \mu C$  بار خازن به دلیل نشت، کاهش می‌یابد و بار آن به  $10 \mu C$  می‌رسد. ولتاژ خازن در این حالت چقدر است؟

**حل:** با توجه به رابطه  $C = Q/\Delta V$  ظرفیت خازن را که همواره مقداری ثابت و مستقل از بار و ولتاژ است به دست می آوریم.

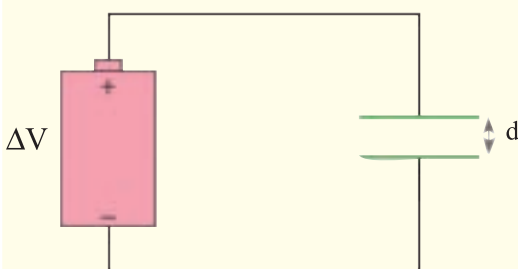
$$C = \frac{14 \times 10^{-6} \text{ C}}{12 \text{ V}} = \frac{7}{6} \times 10^{-6} \text{ F}$$

ولتاژ دو سر خازن پس از کاهش بار برابر است با:

$$C = \frac{Q'}{\Delta V'} \Rightarrow \Delta V' = \frac{10 \times 10^{-6} \text{ C}}{\frac{7}{6} \times 10^{-6} \text{ F}} = \frac{60}{7} \text{ V} = 8.6 \text{ V}$$

### مثال حل شده

دو سر خازن تختی را که فاصله صفحه های آن  $d$  است مطابق شکل ۲-۳ به باتری با ولتاژ  $\Delta V$  وصل می کنیم. بدون قطع کردن هر گونه اتصالی، فاصله صفحه های خازن را به  $2d$  می رسانیم. هر یک از موارد زیر را بررسی کنید و ببینید چه تغییری می کند.



شکل ۲-۳

الف) ولتاژ دو سر خازن

ب) ظرفیت خازن

پ) بار ذخیره شده در خازن

پاسخ: الف) چون ولتاژ دو سر باتری تغییری نکرده است لذا

ولتاژ دو سر خازن نیز ثابت مانده و همان مقدار  $\Delta V$  است.

ب) ظرفیت خازن کاهش یافته است. زیرا با توجه به رابطه

$C = \epsilon_0 A / d$ ، فاصله صفحه های آن افزایش و در نتیجه ظرفیت کاهش یافته است. به عبارت دیگر، ظرفیت خازن نصف مقدار اولیه شده است.

پ) با توجه به رابطه  $C = Q/\Delta V$ ، چون  $\Delta V$  ثابت، و ظرفیت خازن کاهش یافته، نتیجه می شود بار ذخیره شده در آن نیز کاهش یافته است.

### مثال حل شده

مساحت هر یک از صفحه های خازن تختی  $18 \text{ cm}^2$  است. اگر فاصله بین صفحه های خازن  $2 \text{ mm}$  و بین صفحه ها هوا باشد، ظرفیت خازن چقدر است؟

**حل:** با توجه به رابطه  $C = \epsilon_0 A / d$  داریم:

$$C = (8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}) \frac{(18 \times 10^{-4} \text{ m}^2)}{(2 \times 10^{-3} \text{ m})} = 7.965 \times 10^{-11} \text{ F} = 79.65 \text{ pF}$$

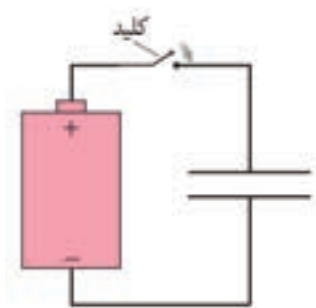
مساحت یک ابر باران زا که در ارتفاع ۱ km از سطح زمین قرار دارد  $2 \times 10^4 \text{ m}^2$  و اختلاف پتانسیل میان ابر و زمین ۱۵۰ kV است. اگر ابر و سطحی از زمین را که زیر آن قرار دارد به صورت دو صفحه موازی یک خازن فرض کنیم، ظرفیت و بار ذخیره شده در آن چقدر است؟

**حل:** با استفاده از رابطه  $C = \epsilon_0 A/d$  داریم

$$C = (8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}) \frac{(2 \times 10^4 \text{ m}^2)}{(10^3 \text{ m})} = 1.77 \times 10^{-11} \text{ F}$$

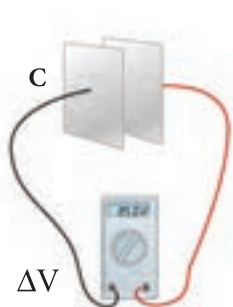
بار ذخیره شده در این خازن برابر است با

$$Q = C\Delta V = (1.77 \times 10^{-11} \text{ F})(1.5 \times 10^5 \text{ V}) = 2.66 \times 10^{-6} \text{ C} = 2.66 \mu\text{C}$$



شکل ۳۱-۲

۲۹. خازن شکل ۲-۳۱ دارای ظرفیت  $25 \mu\text{F}$  و در ابتدا بدون بار است. باتری، اختلاف پتانسیل ۱۲۰ V را فراهم می کند. پس از آنکه کلید بسته شود، چقدر بار از آن خواهد گذشت؟



شکل ۳۲-۲

۳۰. ولت سنج اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن باردار را ۸۵ ولت نشان می دهد (شکل ۲-۳۲). اگر بار ذخیره شده در خازن  $5 \mu\text{C}$  باشد، ظرفیت خازن چقدر است؟

۳۱. در نظر داریم با دو صفحه فلزی تخت، هر یک به مساحت  $1 \text{ m}^2$ ، یک خازن تخت بسازیم.  
الف) برای آنکه ظرفیت این خازن ۱ F شود، فاصله بین صفحه های آن باید چقدر باشد؟  
ب) آیا در عمل، این خازن را می توان ساخت؟

۳۲. خازن‌ها در شکل ۳۳-۲ را به ترتیب از بیشترین تا کمترین بار ذخیره شده در آنها مرتب کنید.



(ب)



(الف)



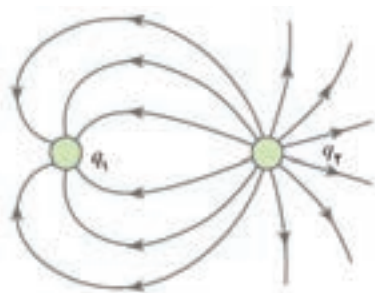
(ت)



(پ)

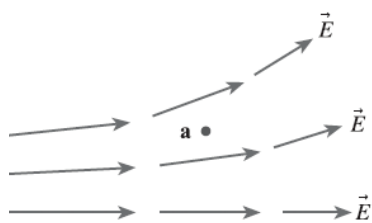
شکل ۳۳-۲

نکته‌ها و توصیه‌های معلم



شکل مقابل خط‌های میدان الکتریکی دو بار نقطه‌ای را نشان می‌دهد. علامت هر یک از بارهای  $q_1$  و  $q_2$  را تعیین کنید و با استدلال قانع کننده بزرگی بارهای  $q_1$  و  $q_2$  را با هم مقایسه کنید.

۱



شکل مقابل خط‌های میدان الکتریکی را در ناحیه‌ای از فضا نشان می‌دهد. آیا در نقطه  $a$  میدان الکتریکی وجود دارد؟ اگر بله، با رسم یک بردار، میدان الکتریکی  $\vec{E}$  را در این نقطه مشخص کنید و اگر نه، توضیح دهید برای ایجاد میدان الکتریکی در این نقطه به چه چیزی نیاز داریم؟

۲

عبارت‌های درست و نادرست را تعیین و عبارت‌های نادرست را تصحیح کنید.

الف) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه، برابر تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یکای بار الکتریکی مثبت است وقتی که بین این دو نقطه جابه‌جا شود. (درست ☐ ، نادرست ☐ )

ب) هرگاه بار مثبت در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، از پتانسیل الکتریکی کمتر به پتانسیل الکتریکی بیشتر رفته است. (درست ☐ ، نادرست ☐ )

پ) کمیتی که از لحاظ فیزیکی اهمیت دارد، پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه است نه پتانسیل الکتریکی هر نقطه. (درست ☐ ، نادرست ☐ )

جمله‌های زیر را به کمک جعبه کلمه‌ها کامل کنید.

۳

کمتر ، بیشتر ، بزرگی ، کوچکی ، دارند ، ندارند ،

$$\Delta V/Q , \quad Q/\Delta V , \quad 1V/1C , \quad 1C/1V$$

الف) هر خازن از دو رسانا که به یکدیگر اتصال الکتریکی ..... تشکیل شده است.

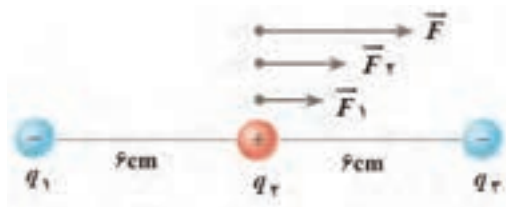
ب) با افزایش ولتاژ دو سر یک خازن، بار ذخیره شده در آن ..... می‌شود.

پ) ظرفیت خازن از رابطه ..... به دست می‌آید.

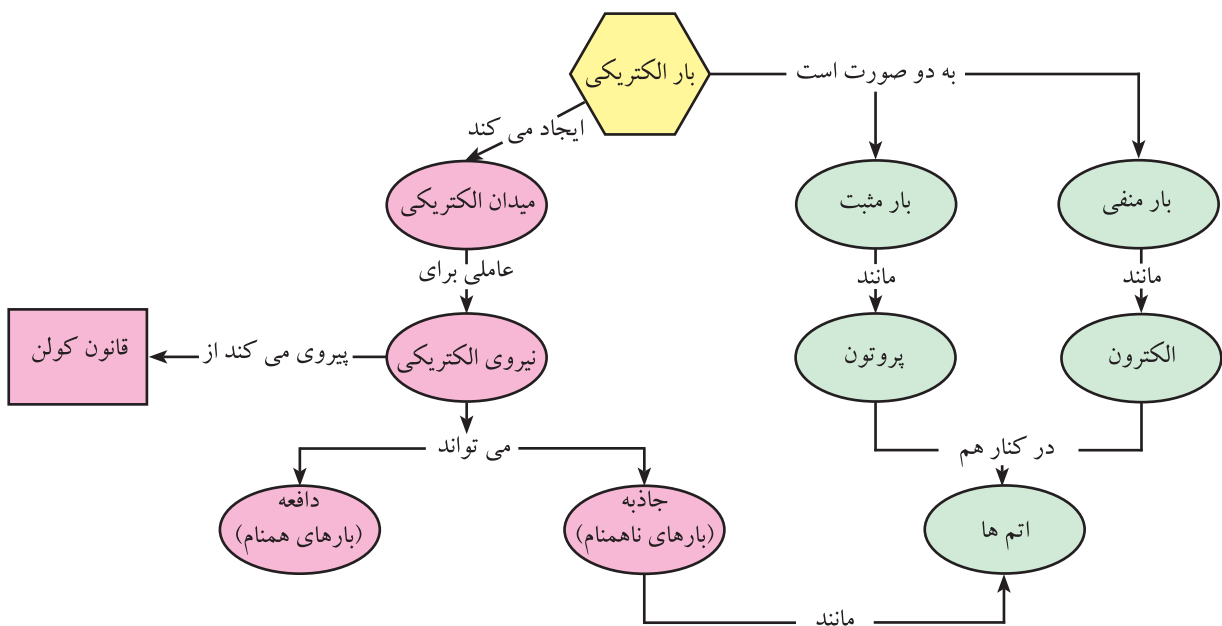
ت) یک فاراد یکای ..... و برابر ..... است.

سه بار نقطه‌ای  $q_1 = 8\mu\text{C}$  ،  $q_2 = 12\mu\text{C}$  و  $q_3 = 4\mu\text{C}$  مطابق شکل زیر در امتداد محور واقع‌اند.

الف) هر یک از نیروهای  $\vec{F}_1$  ،  $\vec{F}_2$  و  $\vec{F}$  نماینده چه نیرویی هستند؟  
 ب) بزرگی برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار نقطه‌ای  $q_3$  را پیدا کنید.



نقشه مفهومی زیر را به صورت یک متن بنویسید.



در شکل زیر نقطه یا نقطه‌هایی را مشخص کنید که در آن نقطه یا نقطه‌ها برآیند میدان الکتریکی صفر است.



بزرگی میدان الکتریکی در فاصله  $10\text{ cm}$  از یک ذره باردار  $10\text{ nC}$  چقدر است؟

---

---

---

بزرگی یک بار نقطه‌ای که میدان الکتریکی  $1\text{ N/C}$  را در نقاطی به فاصله  $1\text{ m}$  از آن ایجاد می‌کند، چقدر است؟

---

---

---

الف) اگر ولتاژ دو سر خازنی را نصف کنیم، بار و ظرفیت آن چه تغییری می‌کنند؟

ب) خازنی با ظرفیت  $10\text{ pF}$  را به کمک یک باتری که ولتاژ دو سر آن  $12\text{ V}$  است، باردار می‌کنیم. بار ذخیره شده در خازن چقدر است؟

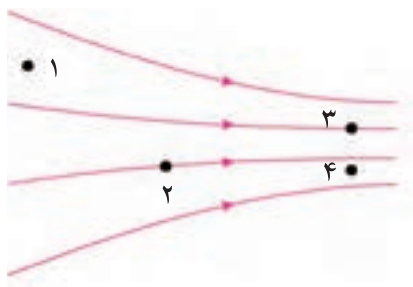
---

---

---

## آزمون چند گزینه‌ای فصل ۲

۱ بار نقطه‌ای  $1 \mu C$  را در کدام نقطه از میدان الکتریکی شکل زیر قرار دهیم تا بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر آن کمترین مقدار باشد؟

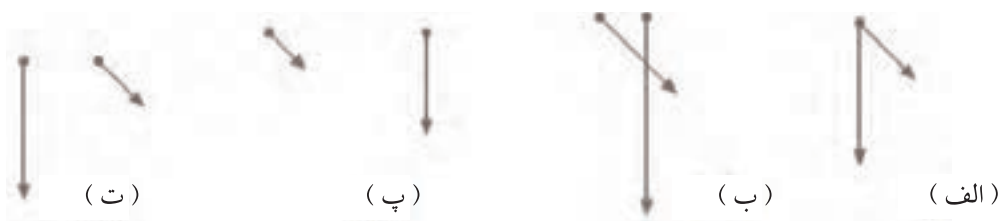


الف) ۱      ب) ۲      پ) ۳      ت) ۴

۲ بار الکتریکی دو کره رسانای مشابه A و B برابر  $q$  است. این دو کره در فاصله نسبتاً دوری (در مقایسه با شعاع آنها) از یکدیگر واقع‌اند و نیروی الکتریکی به بزرگی  $F$  به هم وارد می‌کنند. کره رسانای مشابه دیگری که آن را C می‌نامیم، در ابتدا از نظر الکتریکی خنثی و در فاصله دوری از دو کره دیگر واقع است. کره C را ابتدا به کره A و سپس با کره B تماس می‌دهیم و سرانجام آن را از محل دور می‌کنیم. بزرگی نیروی الکتریکی دو کره A و B به یکدیگر در حالت اخیر کدام است؟

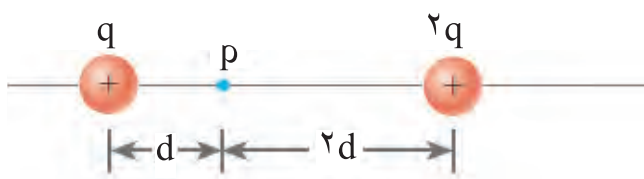
الف)  $\frac{3}{8}F$       ب)  $\frac{1}{2}F$       پ)  $\frac{1}{4}F$       ت)  $\frac{1}{16}F$

۳ در هر گزینه دو بردار نشان داده شده است. کدام یک از گزینه‌ها جهت میدان الکتریکی ناشی از یک بار نقطه‌ای مثبت را در فضای اطراف خود درست نشان می‌دهد؟



۴ با توجه به شکل زیر در چه ناحیه‌هایی میدان الکتریکی برآیند ناشی از دو بار نقطه‌ای  $q$  و  $2q$  صفر است؟

الف) سمت راست بار  $2q$       ب) بین بار  $2q$  و نقطه P  
پ) بین نقطه P و بار  $q$       ت) هر دو گزینه الف و ب  
ث) هر دو گزینه ب و ت



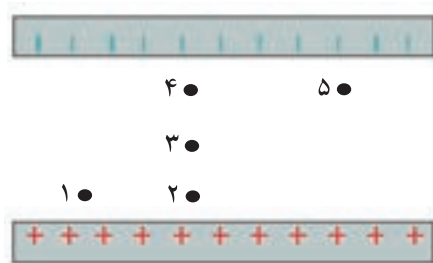


۵

اگر ولتاژ دو سر خازنی سه برابر شود، بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند برابر می شود؟

الف) ۱      ب) ۳      پ) ۹      ت)  $\frac{1}{3}$

در فضای بین صفحه های خازن تختی، ۵ نقطه مطابق شکل زیر مشخص شده است. کدام گزینه پتانسیل الکتریکی این نقطه ها را با یکدیگر به درستی مقایسه کرده است؟



الف)  $V_1 = V_2 < V_3$

ب)  $V_2 = V_3 = V_4$

پ)  $V_1 = V_2 > V_5$

ت)  $V_1 < V_4 = V_5$

ث)  $V_1 = V_5 > V_3$

۶

۷

خازن تختی را پس از شارژ شدن، از باتری جدا می کنیم. اگر بدون اتصال صفحه های آن، دو صفحه را از هم

دور کنیم، ظرفیت و ولتاژ بین صفحه ها به ترتیب (از راست به چپ) چگونه تغییر می کند؟

الف) افزایش - افزایش

ب) کاهش - کاهش

پ) کاهش - افزایش

ت) افزایش - کاهش

۸

اگر فاصله صفحه های خازن تختی را نصف و ولتاژ بین دو صفحه را دو برابر کنیم، بار ذخیره شده در خازن چند برابر می شود؟

الف)  $\frac{1}{4}$       ب) ۱      پ) ۲      ت) ۴

۹

در ابتدا کره A دارای باری برابر با  $50e^-$  و کره B دارای باری برابر با  $20e^+$  است. کره ها از ماده رسانایی ساخته شده اند و اندازه آنها یکسان است. اگر کره ها را با هم تماس دهیم، بار نهایی روی کره A چقدر است؟

الف)  $30e^-$       ب)  $15e^-$       پ)  $40e^-$       ت)  $20e^-$

۱۰

بار الکتریکی مثبت ۲ نانوکولنی از نقطه ای با پتانسیل الکتریکی  $20V$  به نقطه ای با پتانسیل الکتریکی  $30V$  +

جابه جا می شود. تغییر انرژی پتانسیل این بار چند میکرو ژول است؟

الف)  $+0.1$       ب)  $-0.1$       پ)  $+10$       ت)  $-10$

## جریان الکتریکی، مقاومت الکتریکی و مدارهای الکتریکی



در این فصل:

جریان الکتریکی

مقاومت و مقاومت ویژه الکتریکی

نیروی محرکه الکتریکی

مدارهای الکتریکی

آزمون تشریحی

آزمون چندگزینه‌ای

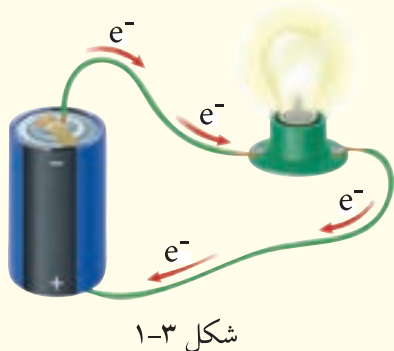


### ۳-۱ جریان الکتریکی

در این بخش

- جریان الکتریکی به زبان ساده یعنی: روان شدن بارهای الکتریکی درون مدار.
- جهت قراردادی جریان در یک مدار الکتریکی، از پایانه مثبت باتری به طرف پایانه منفی باتری است.
- در یک سیم رسانا، حامل‌های بار الکترون‌های رسانش یا همان الکترون‌های آزاد هستند.
- الکترون‌های آزاد هنگام حرکت درون مدار به‌طور دائم با یون‌های مثبت و الکترون‌های آزاد دیگر برخورد می‌کنند و جهت حرکت آنها تغییر می‌کند؛ ولی جهت حرکت خالص آنها به طرف پایانه مثبت باتری است.
- جریان در همه نقاط یک سیم حامل جریان یکسان است و مقدار آن تغییر نمی‌کند. به این بیان، قانون پایستگی جریان نیز گفته می‌شود.
- بنا به قاعده انشعاب کیرشهف، مجموع جریان‌های ورودی به هر انشعاب باید با مجموع جریان‌هایی که آن انشعاب را ترک می‌کنند برابر باشد.

مثال حل شده



جریان الکتریکی عبوری از مدار شکل ۱-۳ برابر  $2/8$  آمپر است. چه مدت طول می کشد تا از یک مقطع فرضی این مدار  $840 \mu C$  بار بگذرد؟

**حل:** با توجه به رابطه  $I = q/t$  داریم:

$$t = \frac{840 \times 10^{-6} C}{2/8 A} = 3 \times 10^{-4} s$$

شکل ۱-۳

مثال حل شده

از سیمی جریانی به شدت  $3/2 A$  می گذرد. در هر ثانیه چه تعداد الکترون از یک مقطع فرضی سیم عبور می کند؟

**حل:** با توجه به رابطه های  $I = q/t$  و  $q = ne$  داریم:

$$ne = It \Rightarrow n = \frac{(3/2 A)(1 S)}{1/6 \times 10^{-19} C} = 2 \times 10^{19} \text{ الکترون}$$

مثال حل شده

جریان عبوری از لامپ های جلوی اتومبیلی حدود  $3 A$  است. اگر لامپ های این اتومبیل به مدت  $30$  دقیقه روشن باشند، چه مقدار بار الکتریکی در این مدت بر حسب کولن و همچنین بر حسب آمپر ساعت (Ah) از باتری می گذرد؟

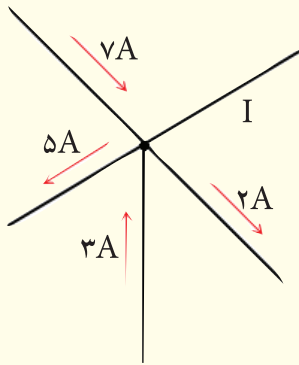
**حل:** در اینجا نیز از رابطه  $I = q/t$  می توان به پاسخ رسید. داریم:

$$q = It = (3 A)(30 \times 60 s) = 5400 C$$

و بر حسب آمپر داریم:

$$q = It = (3 A)(\frac{1}{4} h) = 1/5 Ah$$

توجه کنید که  $t = 30 \text{ min} = \frac{1}{4} h$ .



شکل ۲-۳

شکل ۲-۳ بخشی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. بزرگی و جهت جریان  $I$  در سیم نشان داده شده را تعیین کنید.

**حل:** با توجه به قاعده انشعاب کیرشهف داریم:

مجموع جریان‌های خروجی از انشعاب = مجموع جریان‌های ورودی به انشعاب  
 $7A + 3A + I = 5A + 2A \Rightarrow I = -3A$

علامت منفی نشان می‌دهد جریان  $I$  باید به عنوان یک جریان خروجی منظور شود نه یک جریان ورودی.

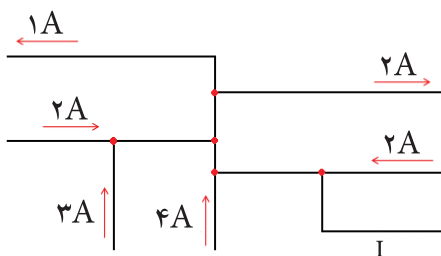
۱. اگر در هر دقیقه از یک مقطع فرضی سیمی  $4/8 \times 10^{17}$  الکترون عبور کند، جریان عبوری از سیم چند میلی آمپر است؟

۲. تعداد  $3 \times 10^8$  الکترون در مدت  $5 \mu s$  از مقطع یک رسانا عبور می‌کند. جریان عبوری از این رسانا چند آمپر است؟

۳. آذرخشی بین ابر و برق‌گیر متصل به یک ساختمان بلند زده می‌شود و جریان خیلی بزرگی به مقدار  $2 \times 10^4 A$  برای مدت  $4 \times 10^{-4} s$  از آن عبور می‌کند (شکل ۳-۳). باری را که در این مدت به زمین شارش می‌کند، حساب کنید.



شکل ۳-۳



شکل ۳-۴

۴. شکل ۳-۴ بخشی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. بزرگی و جهت جریان  $I$  را در سیم پایینی سمت راست تعیین کنید.

۵. یک کارخانه ساخت باتری ادعا می‌کند که باتری‌های ساخت آنها می‌توانند جریانی به شدت  $3A$  را به مدت  $12$  ساعت تأمین کنند. در این مدت چند کولن بار از باتری می‌گذرد؟ این مقدار بار معادل چه تعداد الکترون است؟

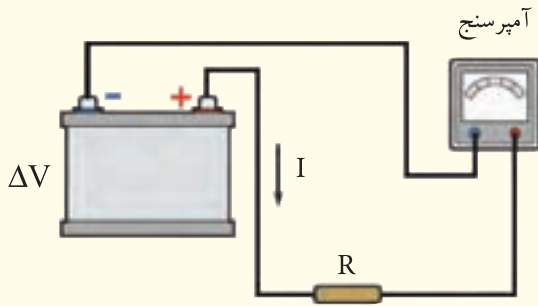
۶. یک باریکه الکترون جریانی برابر با  $150 \mu A$  منتقل می‌کند. این بار صفحه یک تلویزیون را در هر ثانیه  $30$  مرتبه جاروب می‌کند. در یک جاروب کامل چه مقدار بار به صفحه تلویزیون منتقل می‌شود؟

### ۳-۲ مقاومت و مقاومت ویژه الکتریکی

#### در این بخش

- مقاومت الکتریکی با رابطه  $R = \Delta V / I$  تعریف می‌شود که در آن  $\Delta V$  ولتاژ دو سر رسانا است.
- اگر نمودار جریان عبوری از یک رسانا بر حسب ولتاژ دو سر آن به صورت خط راستی با شیب ثابت باشد، گفته می‌شود که این رسانا از قانون اهم پیروی می‌کند.
- دیودها قطعه‌هایی هستند که جریان را تنها در یک جهت از خود عبور می‌دهند. دیود یک رسانای غیر اهمی است.
- مقاومت یک رسانا، علاوه بر جنس آن به اندازه و شکل رسانا نیز بستگی دارد. این موضوع با رابطه  $R = \rho L / A$  بیان می‌شود که در آن  $\rho$  مقاومت ویژه رسانا خوانده می‌شود.
- یکای مقاومت ویژه در SI، اهم متر (  $\Omega.m$  ) است.

## مثال حل شده



شکل ۵-۳

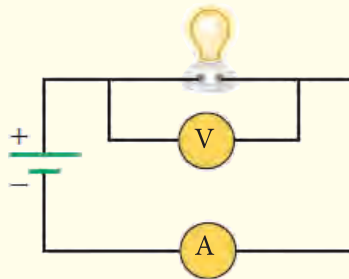
در مدار شکل ۳-۵ ولتاژ دو سر باتری  $30V$  و مقاومت  $R$  برابر  $10\Omega$  است. آمپرسنج چه عددی را می‌خواند؟

**حل:** با توجه به رابطه  $R = \Delta V / I$  داریم:

$$I = \frac{30V}{10\Omega} = 3A$$

## مثال حل شده

در مدار شکل ۳-۶ عددی که آمپرسنج و ولت‌سنج می‌خوانند به ترتیب  $4A$  و  $12V$  است.



شکل ۶-۳

(الف) مقاومت لامپ چقدر است؟

(ب) بار الکتریکی شارش شده از یک مقطع فرضی مدار در مدت یک دقیقه چقدر است؟

(ج) در صورتی که ولتاژ دو سر مدار تا  $25\%$  درصد افزایش یابد، عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد چقدر خواهد شد؟

**حل:** (الف) با توجه به رابطه  $R = \Delta V / I$  داریم:

$$R = \frac{12V}{4A} = 3\Omega$$

(ب) با توجه به رابطه  $q = It$  داریم:

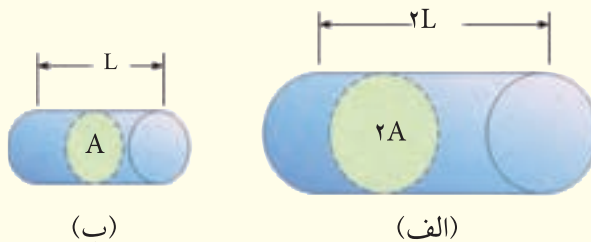
$$q = (4A)(6 \cdot s) = 24 \cdot C$$

(پ) برای آنکه ولتاژ دو سر مدار  $25\%$  درصد افزایش یابد، لازم است ولتاژ دو سر باتری نیز به همین میزان افزایش

یابد. در این صورت ولتاژ دو سر باتری به  $15V$  خواهد رسید. به این ترتیب داریم:

$$R = \frac{\Delta V}{I} \Rightarrow 3\Omega = \frac{15V}{I} \Rightarrow I = 5A$$

شکل ۳-۷ دو قطعه سیم هم جنس را نشان می دهد. مقاومت این دو سیم را با هم مقایسه کنید.



شکل ۳-۷

**پاسخ:** چون طول و سطح مقطع سیم الف دو برابر طول و سطح مقطع سیم ب است، لذا مقاومت سیم الف برابر است با:

$$R = \rho \frac{2L}{2A} = \rho \frac{L}{A}$$

به این ترتیب نتیجه می گیریم مقاومت هر دو سیم یکسان است.

مقاومت یک سیم آلومینیومی به طول ۱۰ m و سطح مقطع  $1 \text{ mm}^2$  چقدر است؟ مقاومت ویژه آلومینیوم  $3/2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  است.

**حل:** با توجه به رابطه  $R = \rho L / A$  داریم:

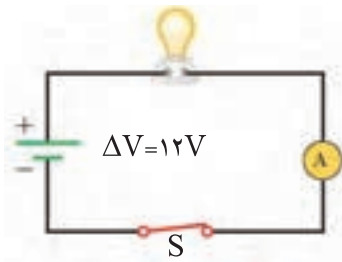
$$R = (3/2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}) \frac{(10 \text{ m})}{(1 \times 10^{-6} \text{ m}^2)} = 0/32 \Omega$$

طول سیمی از فلز کنستانتان به قطر ۰/۳۵ mm چقدر باشد تا مقاومت آن یک اهم شود؟ مقاومت ویژه کنستانتان  $4/8 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$  است.

**حل:** با توجه به رابطه  $A = \pi d^2 / 4$  سطح مقطع سیم برابر است با:

$$A = 3/14 \frac{(0/35 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 9/62 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow 1 \Omega = (4/8 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}) \frac{L}{(9/62 \times 10^{-8} \text{ m}^2)} \Rightarrow L = 0/2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$



شکل ۸-۳

۷. در مورد شکل ۳-۸ جریانی که آمپرسنج می‌خواند  $2A$  است. مقاومت لامپ چقدر است؟



شکل ۹-۳

۸. مقاومت مدار شکل ۳-۹ جریان  $1mA$  را می‌کشد. اگر ولتاژ باتری  $12V$  باشد، مقدار مقاومت چقدر است؟

۹. در آزمایشی با یک لامپ  $12$  ولتی مقدارهای زیر اندازه‌گیری شده است.

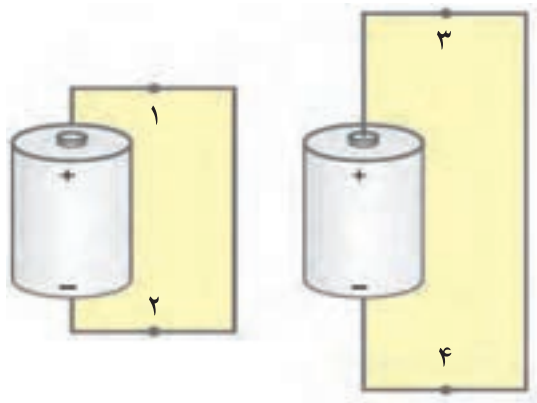
ولتاژ (V)	۰	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲
جریان (A)	۰	۱/۳۶	۲/۰۷	۲/۶۴	۳/۱۳	۳/۵۸	۴/۰۵

الف) نمودار ولتاژ را برحسب جریان رسم کنید.

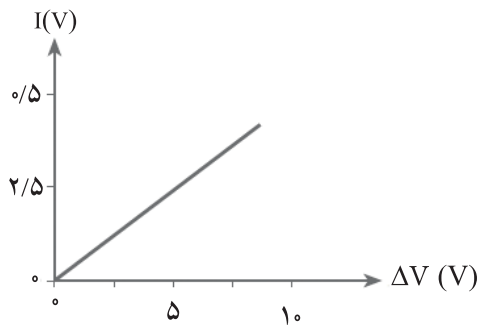
ب) با استفاده از نمودار مقاومت لامپ را به ازای جریان‌های ۱، ۲ و ۴ آمپر به دست آورید.

۱۰. در هر دو مدار شکل ۳-۱۰ باتری‌ها مشابه و قطر و جنس سیم‌ها یکسان است. جریان‌های  $I_1$ ،  $I_2$ ،  $I_3$  و  $I_4$  را در هر یک از نقطه‌های ۱ تا ۴ به ترتیب کمترین تا بیشترین مقدار بنویسید.





شکل ۳-۱۰



شکل ۳-۱۱

۱۱. نمودار شکل ۳-۱۱ جریان بر حسب ولتاژ دو سر رسانایی با مقاومت  $R$  را نشان می‌دهد.

الف) مقاومت  $R$  چقدر است؟

ب) فرض کنید طول مقاومت  $R$  دو برابر شود. روی شکل، نمودار  $I-\Delta V$  را برای مقاومت جدید رسم کنید.

---

---

---

---

---

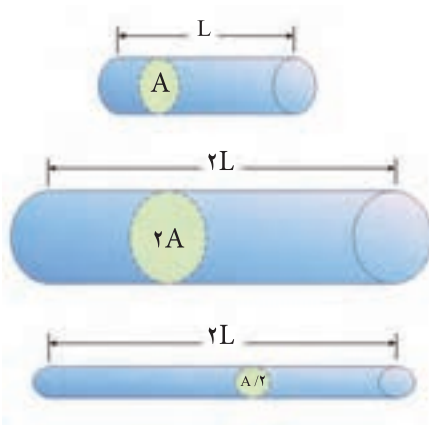
---

---

---

---

---



شکل ۳-۱۲

۱۲. همهٔ سیم‌های شکل ۳-۱۲ از یک جنس‌اند. این سیم‌ها را از کمترین تا بیشترین مقاومت به ترتیب بنویسید.

---

---

---

---

---

---

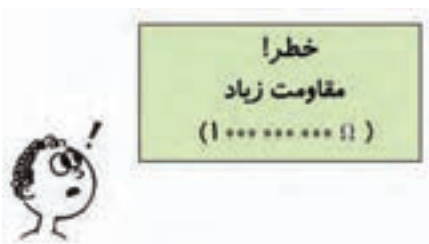
---

---

---

---

۱۳. روی یک تابلویی هشدار مطابق شکل ۳-۱۳ درج شده است. به نظر شما تا چه حد باید نسبت به این هشدار مراقبت نمود؟



شکل ۳-۱۳

---

---

---

---

---

---

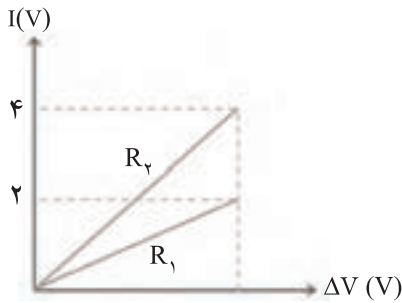
---

---

---

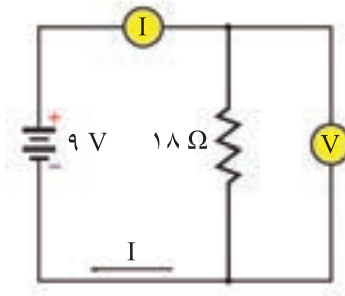
---

۱۴. نمودار تغییرات  $I-\Delta V$  دو مقاومت  $R_1$  و  $R_2$  مطابق شکل ۱۴-۳ است. نسبت  $R_2/R_1$  چقدر است؟



شکل ۱۴-۳

۱۵. در مدار شکل ۱۵-۳ مقادیری که آمپرسنج و ولت سنج می خواند چقدر است؟



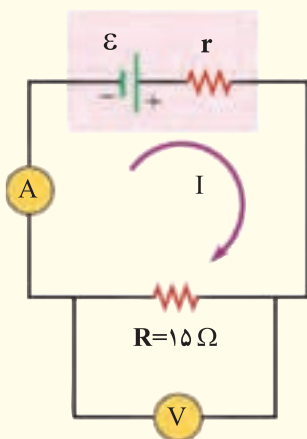
شکل ۱۵-۳

۱۶. یک قطعه گرافیتی به شکل مکعب مستطیل دارای ابعاد  $10\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 40\text{ cm}$  است. این قطعه را می توان از هر یک از دو وجه موازی آن در مدار قرار داد. بیشترین و کمترین مقاومت این قطعه را با توجه به وضعیت آن در مدار پیدا کنید. مقاومت ویژه گرافیت  $10^{-6} \times 8$  اهم متر است.

### ۳-۳ نیروی محرکه الکتریکی

#### در این بخش

- مولد نیروی محرکه الکتریکی با دادن انرژی لازم به حامل های بار، سبب شارش آنها در مدار می شود.
- توان تولیدی مولد از رابطه  $P = I\mathcal{E}$  به دست می آید و توان مفید (خروجی) یک مولد از رابطه  $P = I\mathcal{E} - I^2r$  به دست می آید. در این رابطه  $I^2r$  توان تلف شده در مقاومت درونی مولد است.



شکل ۱۶-۳

در مدار شکل ۱۶-۳ آمپرسنج جریان  $2A$  را می‌خواند.

الف) ولت‌سنج چه عددی را می‌خواند؟

ب) ولتاژ دو سر مولد چقدر است؟

پ) اگر مقاومت درونی مولد  $15\Omega$  باشد، نیروی محرکه مولد را به دست آورید.

ت) توان تولیدی مولد چقدر است؟

ث) توان تلف شده در مولد چقدر است؟

حل: الف) با توجه به رابطه  $\Delta V = RI$ ، ولت‌سنج مقدار زیر را می‌خواند:

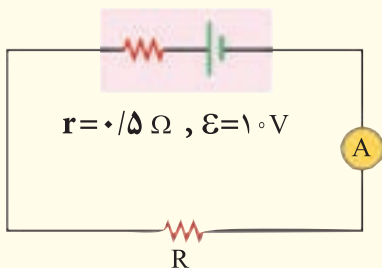
$$\Delta V = (15\Omega)(2A) = 30V$$

ب) ولتاژ دو سر مولد با ولتاژ دو سر مقاومت  $R$  که ولت‌سنج می‌خواند، یکسان است.

$$\Delta V = \varepsilon - Ir \Rightarrow 30V = \varepsilon - (2A)(15\Omega) \Rightarrow \varepsilon = 32V \quad (\text{پ})$$

$$P = \varepsilon I = (32V)(2A) = 64W \quad (\text{ت})$$

$$P = I^2 r = (2A)^2 (15\Omega) = 60W \quad (\text{ث})$$



شکل ۱۷-۳

در مدار شکل ۱۷-۳، آمپرسنج عدد  $1A$  را می‌خواند.

الف) ولتاژ دو سر مولد چقدر است؟

ب) مقاومت  $R$  را پیدا کنید.

ج) توان تولیدی مولد چقدر است؟

د) توان خروجی مولد چقدر است؟

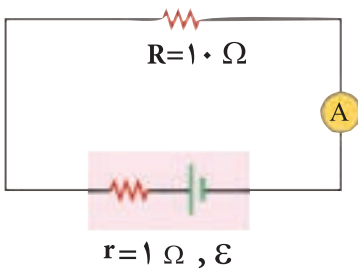
$$\Delta V = \varepsilon - Ir = (10V) - (1A)(0.5\Omega) = 9.5V \quad (\text{الف: حل})$$

ب) ولتاژ دو سر مولد با ولتاژ دو سر مولد برابر است. بنابراین:

$$\Delta V = RI \Rightarrow 9.5V = R(1A) \Rightarrow R = 9.5\Omega$$

$$P = \varepsilon I = (10V)(1A) = 10W \quad (\text{پ})$$

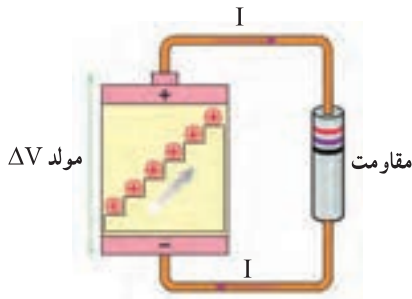
$$P = \varepsilon I - I^2 r = (10V)(1A) - (1A)^2 (0.5\Omega) = 9.5W \quad (\text{ت})$$



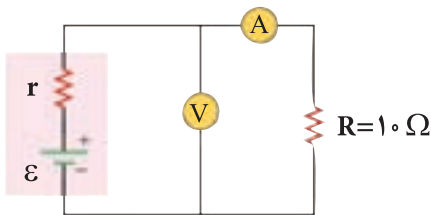
۱۷. در مدار شکل ۳-۱۸ آمپرسنج  $A$  ۰/۲ می خواند. اگر توان تولیدی مولد ۲۰ وات باشد مطلوب است:
- الف) نیروی محرکه و توان خروجی مولد.
- ب) ولتاژ دو سر مقاومت.

شکل ۳-۱۸

۱۸. دریافت خود را از شکل ۳-۱۹ بیان کنید. سعی کنید از مفاهیم بخش ۳-۳ کتاب درسی برای نوشتن هر عبارتی استفاده کنید.

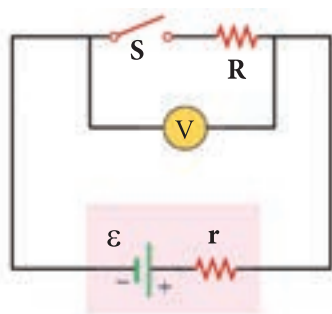


شکل ۳-۱۹



شکل ۳-۲۰

۱۹. در مدار شکل ۳-۲۰ ولت سنج عدد  $25V$  را می خواند.
- الف) آمپرسنج چه عددی را می خواند؟
- ب) اگر مقاومت درونی مولد  $0.5$  اهم باشد، نیروی محرکه آن را پیدا کنید.
- پ) توان تولیدی و توان مفید مولد را به دست آورید.

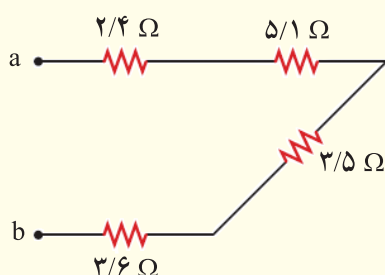


شکل ۳-۲۱

۲۰. در مدار شکل ۳-۲۱ وقتی کلید  $S$  را باز یا می بندیم، ولت سنج با تقریب خوبی مقدار یکسانی را نشان می دهد. در این صورت مقاومت های  $R$  و  $r$  را با هم مقایسه کنید.

- در یک مدار متوالی، تنها یک مسیر برای جریان وجود دارد و ولتاژ اعمال شده توسط مولد، بین تک تک قطعه‌های الکتریکی مدار تقسیم می‌شود.
- مقاومت معادل در یک مدار متوالی از رابطه  $R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots$  به دست می‌آید.
- در یک مدار موازی، ولتاژ دو سر هر قطعه الکتریکی با ولتاژ دو سر مدار برابر است و جریان کل مدار بین شاخه‌های موازی تقسیم می‌شود.
- مقاومت معادل در یک مدار موازی از رابطه  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$  به دست می‌آید.

## مثال حل شده



شکل ۲۲-۳

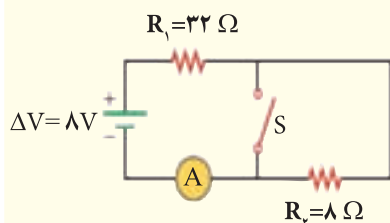
مقاومت معادل بین دو نقطه  $a$  و  $b$  را در شکل ۲۲-۳ پیدا کنید.  
**حل:** چون همه مقاومت‌ها به‌طور متوالی به یکدیگر متصل شده‌اند، داریم:

$$R_{eq} = 2/4\Omega + 5/1\Omega + 3/5\Omega + 3/6\Omega = 14/6\Omega$$

## مثال حل شده

در مدار شکل ۲۳-۳ جریانی را که آمپرسنج می‌خواند در هر یک از دو حالت زیر پیدا کنید.  
 الف) کلید  $S$  باز است.

ب) کلید  $S$  بسته است.



شکل ۲۳-۳

**حل:** الف) وقتی کلید  $S$  باز است، مقاومت معادل برابر است با:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 = 32\Omega + 8\Omega = 40\Omega$$

به این ترتیب جریانی که آمپرسنج می‌خواند برابر است با:

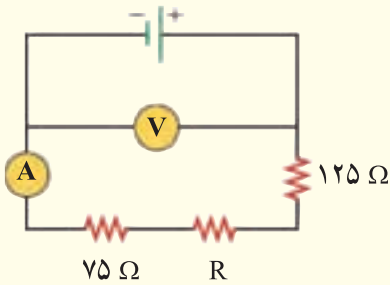
$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{8V}{40\Omega} = 0.2A$$

ب) وقتی کلید بسته می‌شود، مقاومت  $R_2$  از مدار خارج می‌شود. به این ترتیب جریانی که آمپرسنج در این

حالت می‌خواند برابر است با:

$$I = \frac{\Delta V}{R_1} = \frac{8V}{32\Omega} = 0.25A$$

## مثال حل شده



شکل ۲۴-۳

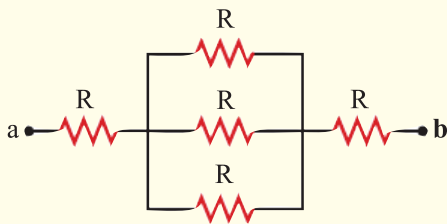
در مدار شکل ۲۴-۳ ولت سنج و آمپر سنج به ترتیب عددهای ۱۲V و ۲mA را می‌خوانند. مقاومت R چقدر است؟  
**حل:** چون مقاومت‌ها به‌طور متوالی به یکدیگر متصل شده‌اند، داریم:

$$R_{eq} = 75\Omega + R + 125\Omega = 200\Omega + R$$

$$\Delta V = R_{eq} I \Rightarrow 12V = (200\Omega + R)(2 \times 10^{-3} A)$$

$$6000\Omega = 200\Omega + R \Rightarrow R = 5800\Omega$$

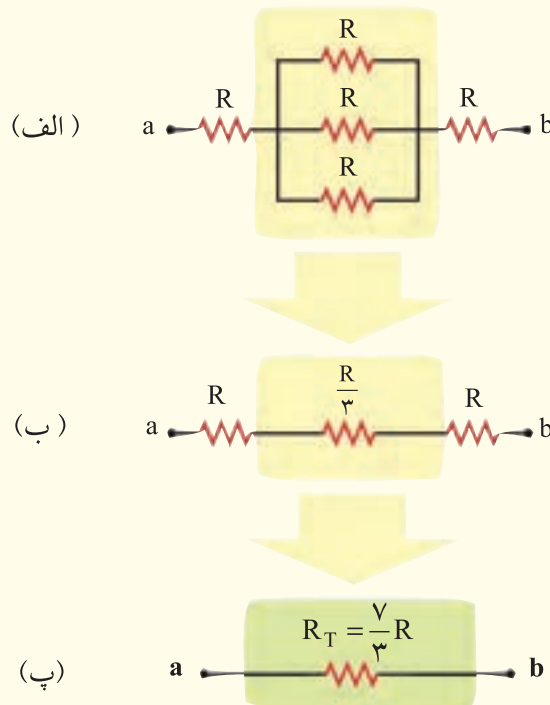
## مثال حل شده



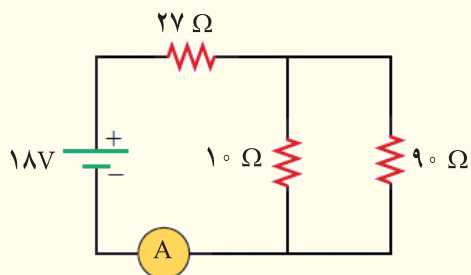
شکل ۲۵-۳

شکل ۲۵-۳ بخشی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. مقاومت معادل بین دو نقطه a و b را پیدا کنید.

**حل:** مراحل مختلف محاسبه مقاومت معادل بین دو نقطه a و b در شکل ۲۶-۳ نشان داده شده است.



شکل ۲۶-۳

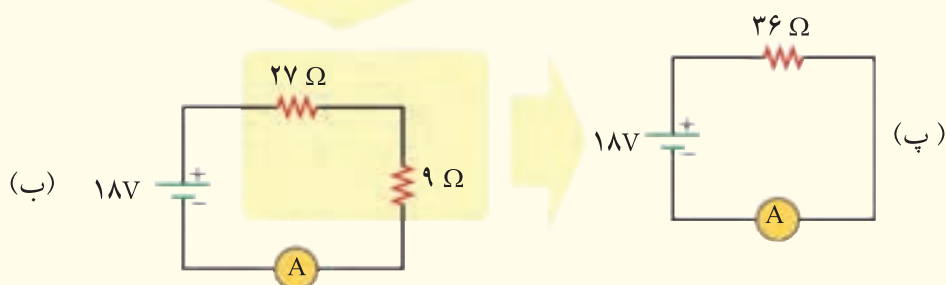
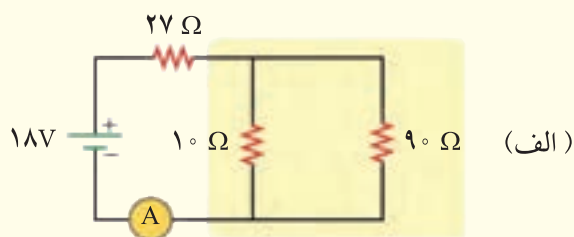


شکل ۲۷-۳

در مدار شکل ۲۷-۳ آمپرسنج چه جریانی را می‌خواند؟

**حل:** ابتدا مقاومت معادل مدار را مطابق مراحل مختلف شکل ۲۸-۳ به دست می‌آوریم. با توجه به قسمت پ شکل

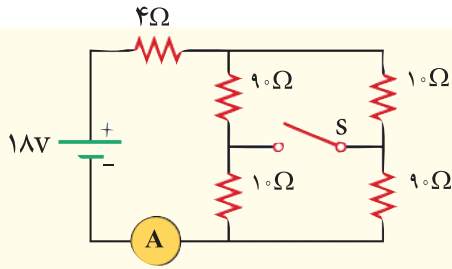
$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{18V}{36\Omega} = 0.5A \quad \text{۲۸-۳ داریم:}$$



شکل ۲۸-۳

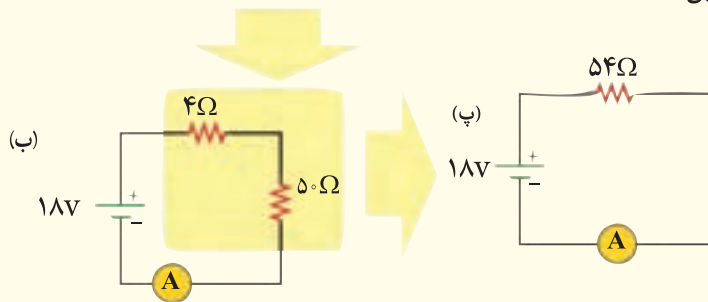
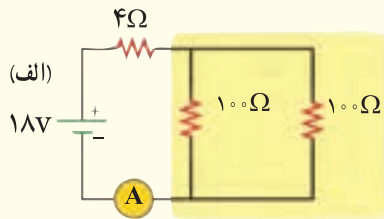
### نکته‌ها و توصیه‌های معلم

## مثال حل شده



شکل ۲۹-۳

در مدار شکل ۳-۲۹ جریانی را که آمپرسنج می‌خواند در هر یک از حالت‌های زیر تعیین کنید.  
الف) کلید S باز است.  
ب) کلید S بسته است.



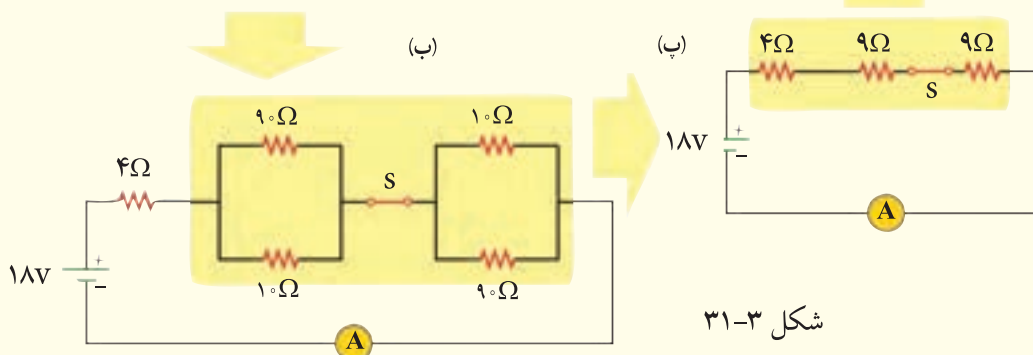
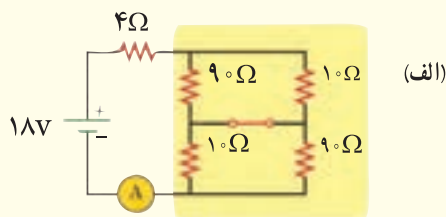
شکل ۳۰-۳

**حل: الف)** در حالتی که کلید S باز است، مقاومت معادل مدار مطابق شکل ۳۰-۳ برابر  $54\Omega$  خواهد شد. به این ترتیب عددی که آمپرسنج در این حالت می‌خواند برابر است با:

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{18V}{54\Omega} = \frac{1}{3} A$$

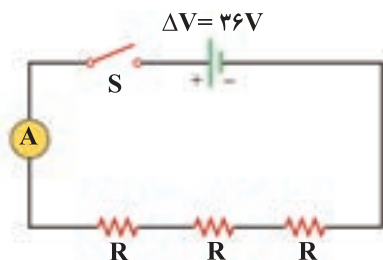
**ب)** وقتی کلید S بسته است، مقاومت معادل مدار مطابق شکل ۳۱-۳ برابر  $22\Omega$  خواهد شد. به این ترتیب عددی که آمپرسنج در این حالت می‌خواند برابر است با:

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{18V}{22\Omega} = \frac{9}{11} A$$



شکل ۳۱-۳





شکل ۳-۳۲

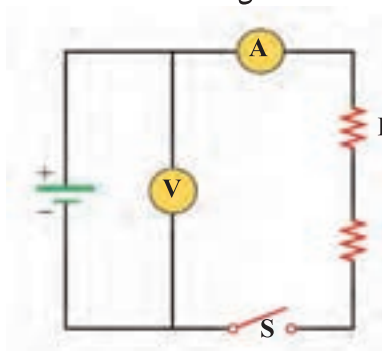
۲۱. در مدار شکل ۳-۳۲ با بستن کلید S، آمپرسنج عدد  $1A$  را می‌خواند. مقاومت چقدر است؟

---

---

---

---



شکل ۳-۳۳

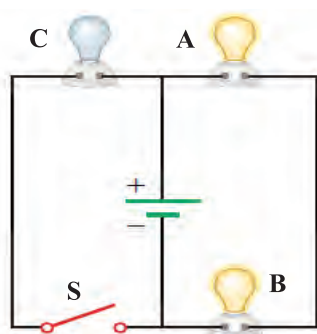
۲۲. در مدار شکل ۳-۳۳ با بستن کلید S، ولت‌سنج عدد  $120V$  را می‌خواند. آمپرسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟

---

---

---

---



شکل ۳-۳۴

۲۳. در مدار شکل ۳-۳۴ با بستن کلید S، نور لامپ‌ها چه تغییری می‌کند؟ همه لامپ‌ها مشابه‌اند.

---

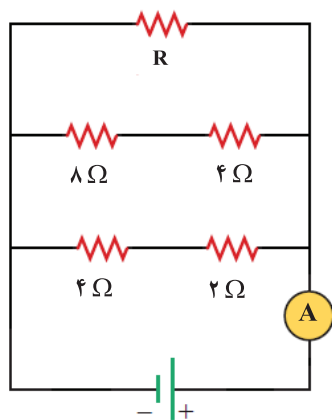
---

---

---

---

---



شکل ۳-۳۵

۲۴. اگر آمپرسنج در مدار ۳-۳۵ عدد  $2A$  را بخواند، مقاومت R را پیدا کنید.

---

---

---

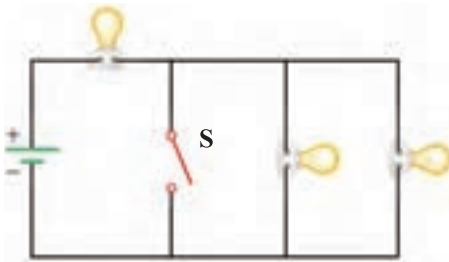
---

---

---

---

---



شکل ۳-۳۶

۲۵. در مدار شکل ۳-۳۶ نور لامپ‌ها را پیش و پس از بستن کلید S با هم مقایسه کنید. همه لامپ‌ها مشابه‌اند.

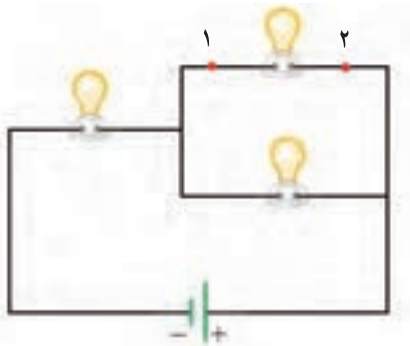
---

---

---

---

---



شکل ۳-۳۷

۲۶. اگر نقطه‌های ۱ و ۲ را در مدار شکل ۳-۳۷ با یک سیم بدون مقاومت به هم وصل کنیم، نور لامپ‌ها چه تغییری می‌کند؟ همه لامپ‌ها مشابه‌اند.

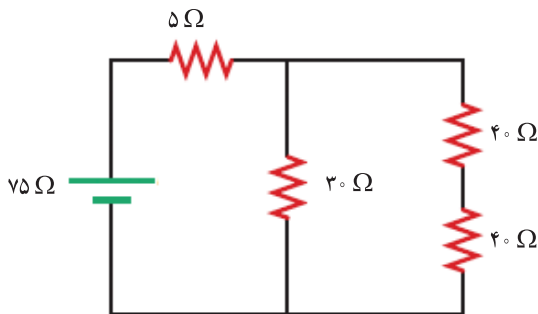
---

---

---

---

---



شکل ۳-۳۸

۲۷. در مدار شکل ۳-۳۸ چه جریانی از مقاومت ۵ اهمی می‌گذرد؟

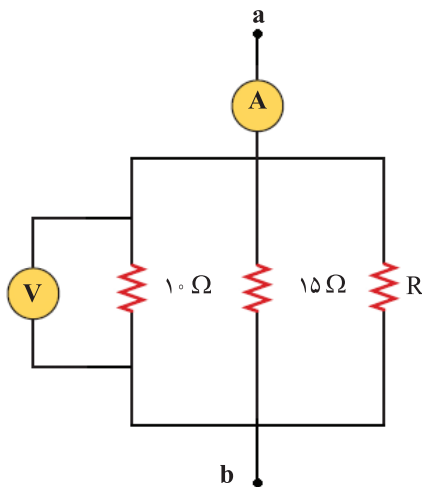
---

---

---

---

---



شکل ۳-۳۹

۲۸. شکل ۳-۳۹ بخشی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. اگر آمپرسنج جریان ۳A و ولت‌سنج مقدار  $10V$  را می‌خواند. مقاومت R چقدر است؟

---

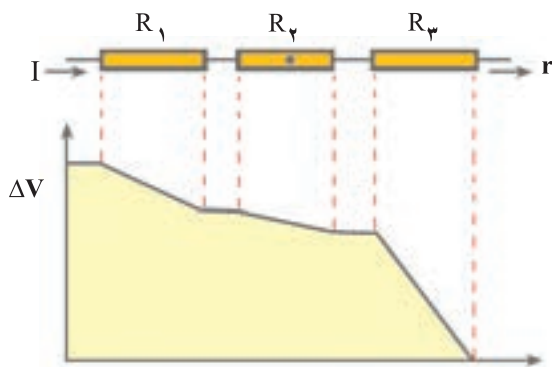
---

---

---

---

### آزمون تشریحی فصل ۳



شکل روبه‌رو نمودار تغییرات ولتاژ برحسب فاصله را برای سه مقاومت سری نشان می‌دهد.

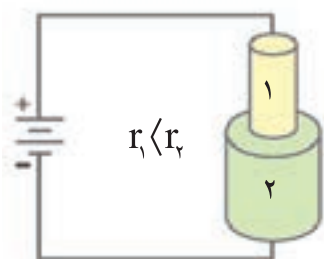
الف) آیا جریان  $I'$  بیشتر، مساوی و یا کمتر از جریان  $I$  است؟ توضیح دهید.

ب) با توجه به نمودار، مقدار مقاومت‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.

پ) در مقاومت  $R_2$  نقطه‌ای نشان داده شده است. آیا

در این نقطه میدان الکتریکی وجود دارد؟ اگر بله، جهت آن به کدام سو است؟ اگر نه، توضیح دهید چرا؟

در مدار شکل زیر طول دو رسانای ۱ و ۲ یکسان و جنس آنها مشابه است. این دو رسانا توسط سیم‌های رابط با مقاومت ناچیز به مولدی وصل شده‌اند.

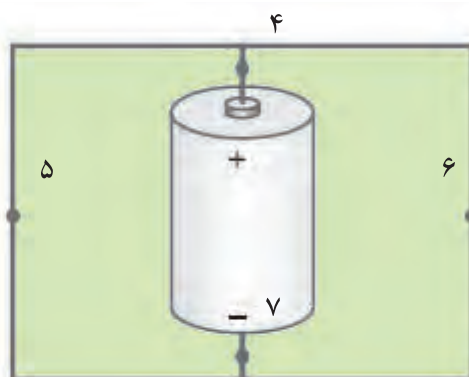
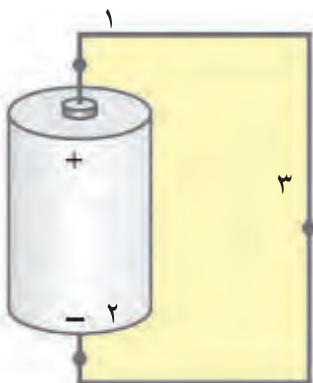


الف) مقاومت دو رسانا را با هم مقایسه کنید.

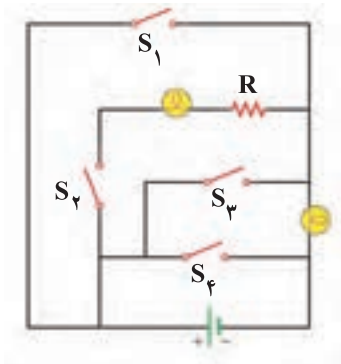
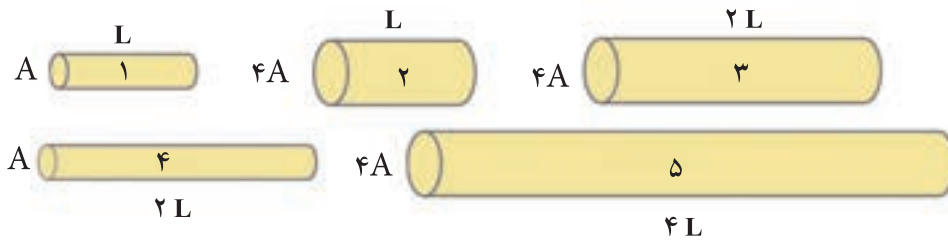
ب) افت ولتاژ دو سر هر رسانا را با هم مقایسه کنید.

پ) توان تلف شده در کدام مقاومت بیشتر است؟ توضیح دهید چرا؟

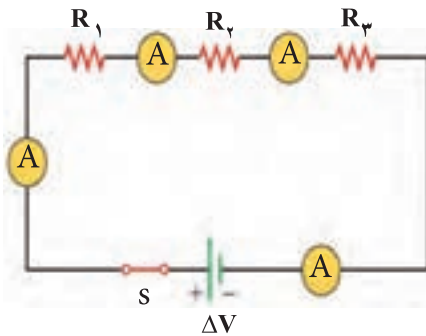
در هر دو مدار شکل زیر باتری‌ها مشابه و سیم‌های رابط که مقاومت قابل توجهی ندارند، هم جنس هستند و قطر یکسانی دارند. جریان الکتریکی را در هر یک از نقطه‌های ۱ تا ۷ ( $I_1$  تا  $I_7$ ) از بیشترین تا کمترین مقدار به ترتیب بنویسید.



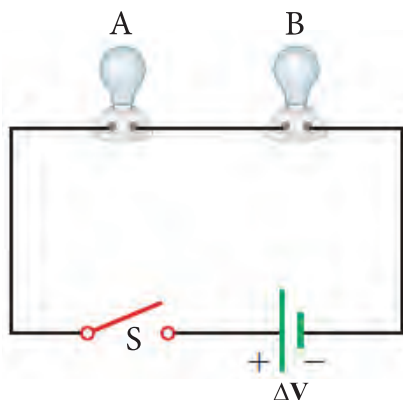
همه سیم‌های شکل زیر از یک جنس‌اند. این سیم‌ها را از کمترین تا بیشترین مقاومت به ترتیب بنویسید.



در مدار شکل روبه‌رو با بستن کدام یک از کلیدها  
(الف) یک مدار کامل شامل همه اجزای نشان داده شده  
در شکل تشکیل می‌شود؟  
(ب) دو سر باتری اتصال کوتاه می‌شود؟



در مدار شکل روبه‌رو مقداری را که هر آمپرسنج می‌خواند  
با یکدیگر مقایسه کنید.



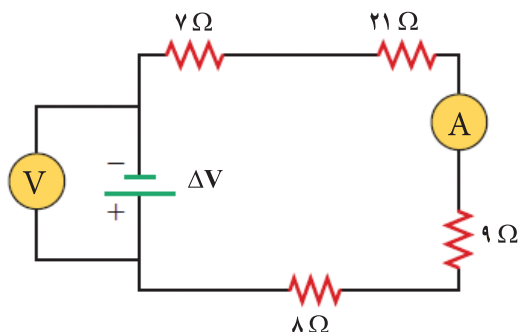
در مدار شکل روبه‌رو مقاومت لامپ B بیشتر از لامپ  
A است. پس از بسته شدن کلید S، توان تلف شده در  
هر لامپ را با هم مقایسه کنید.

۸

در مدار شکل زیر ولت‌سنج عدد ۲۴ ولت را می‌خواند.

الف) آمپرسنج چه جریانی را می‌خواند؟

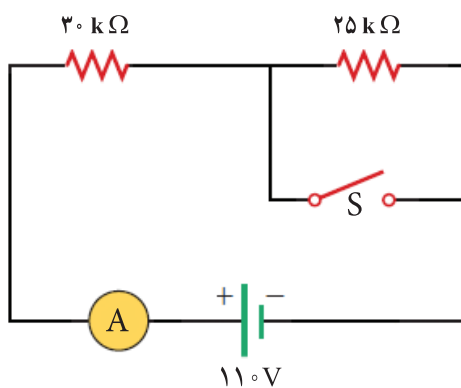
ب) توان تلف شده در مقاومت ۸ اهمی چقدر است؟



۹

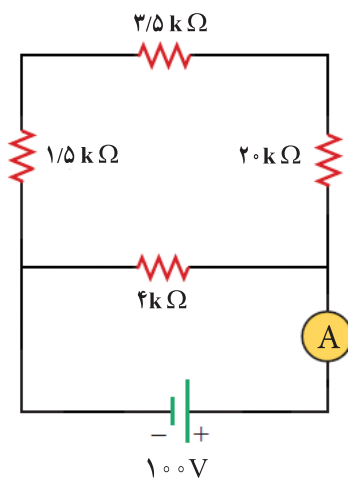
در مدار شکل زیر عددی را که آمپرسنج در حالتی که کلید S باز است و در حالتی که کلید S بسته است نشان می‌دهد

تعیین کنید.



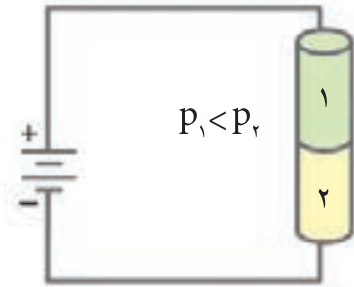
۱۰

در مدار شکل زیر، آمپرسنج چه عددی را می‌خواند؟



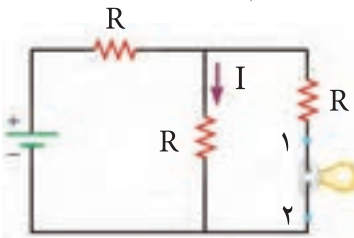
## آزمون چند گزینه‌ای فصل ۳

۱ دو رسانای هم طول با جنس متفاوت توسط سیم‌های رابط به باتری وصل شده‌اند (شکل زیر). کدام گزینه درست است؟

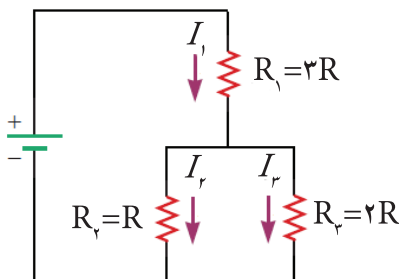


- (الف) افت ولتاژ دو سر هر رسانا یکسان است.  
 (ب) جریان عبوری از رسانای ۱ بیشتر از رسانای ۲ است.  
 (پ) آهنگ مصرف انرژی در رسانای ۲ بیشتر از رسانای ۱ است.  
 (ت) میدان الکتریکی درون هر دو رسانا صفر است.

۲ نقطه‌های ۱ و ۲ در مدار شکل زیر را توسط سیم بدون مقاومتی به هم وصل می‌کنیم. در این صورت



- (الف) جریان  $I$  کاهش می‌یابد.  
 (ب) جریان  $I$  افزایش می‌یابد.  
 (پ) جریان  $I$  بدون تغییر می‌ماند.

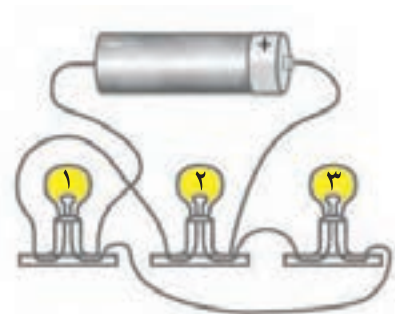


۳ کدام گزینه در مورد مدار شکل روبه‌رو درست است؟

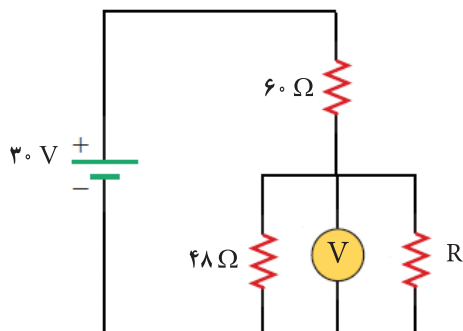
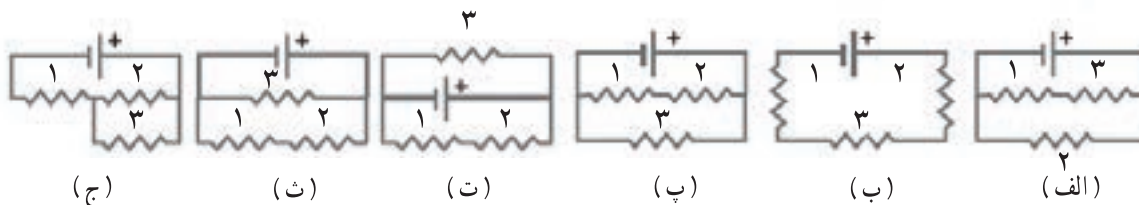
- (الف)  $I_1 > I_2 > I_3$   
 (ب)  $I_1 = 3I_2$   
 (ت)  $I_1 > I_2 = 2I_3$   
 (پ)  $I_1 = 2I_2$

۴ کدام گزینه می‌تواند یکای انرژی الکتریکی باشد؟

- (الف)  $A^2 \cdot \Omega$   
 (ب)  $V \cdot A$   
 (ت)  $N \cdot m / V$   
 (ج)  $\Omega \cdot m$   
 (ث)  $A/C$   
 (ج)  $V \cdot C$

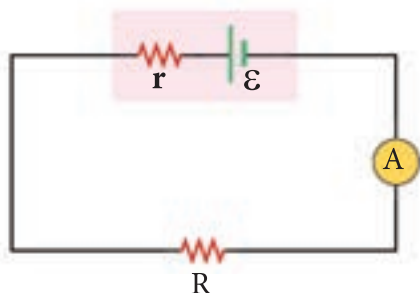


۵ شکل روبه‌رو مداری شامل سه لامپ و یک باتری را نشان می‌دهد که توسط سیم‌هایی به هم وصل شده‌اند. کدام گزینه این مدار را به‌طور نمادین درست نشان می‌دهد؟



در مدار شکل روبه‌رو در صورتی که ولت‌سنج عدد ۵V را نشان می‌دهد، مقاومت R چند اهم است؟

- (الف) ۲۴/۰ (ب) ۱۶/۰ (پ) ۱۲/۶ (ت) ۱۲/۰ (ث) ۱۰/۰



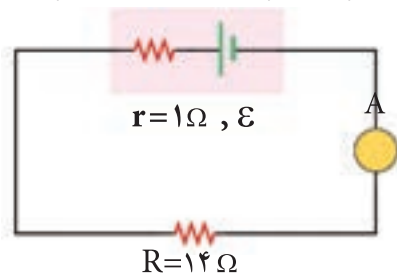
یک باتری با نیروی محرکه ۶ ولت را که مقاومت درونی آن  $r$  است به مقاومت  $R$  می‌بندیم و جریانی به شدت  $A = 0.2$  از آمپرسنج می‌گذرد (شکل روبه‌رو). افت ولتاژ در مقاومت درونی  $\frac{1}{9}$  افت ولتاژ در مقاومت  $R$  است ( $Ir = \frac{1}{9} IR$ ). مقاومت R چند اهم است؟

- (الف) ۱۵ (ب) ۲۰ (پ) ۲۷ (ت) ۳۰

ولتاژ بین دو نقطه ۵۰۰ ولت است. با صرف چند ژول انرژی، بار الکتریکی  $8 \mu\text{C}$  میکروکولن بین این دو نقطه جاری می‌شود؟

- (الف)  $4 \times 10^{-3}$  (ب)  $8 \times 10^{-3}$  (پ)  $4 \times 10^{-4}$  (ت)  $8 \times 10^{-4}$

در مدار شکل زیر آمپرسنج جریان ۵A را می‌خواند. نیروی محرکه مولد و توان تلف شده در مولد به ترتیب چند ولت و چند وات است؟



- (الف) ۳/۵۰ و ۲/۲۵ (ب) ۳/۵۰ و ۳۷۵ (ت) ۷/۵۰ و ۳/۵۰ (پ) ۷/۵۰ و ۲/۲۵

دو مقاومت مشابه R را یک بار به‌طور موازی و بار دیگر به‌طور سری به دو سر یک باتری می‌بندیم. جریانی که از هر کدام از این مقاومت‌ها می‌گذرد، در هر دو حالت یکسان است. مقاومت درونی باتری چقدر است؟

- (الف) صفر (ب) R (پ) ۲R (ت) R/۲

## مغناطیس، جریان متناوب و موج‌های الکترومغناطیسی



در این فصل:

آهن‌ربا و قطب‌های مغناطیسی

میدان‌های مغناطیسی

فواص مغناطیسی مواد

الکترومغناطیس

تولید الکتریسیته

موج‌های الکترومغناطیسی

آزمون تشریحی

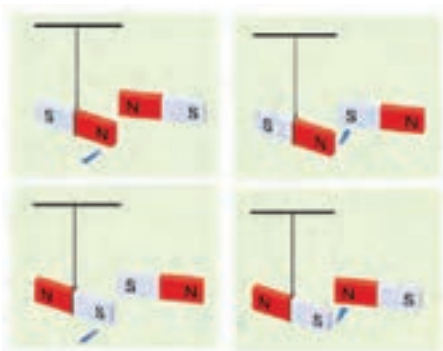
آزمون چند گزینه‌ای



### ۴-۱ آهن‌ربا و قطب‌های مغناطیسی

در این بخش

- بیش از ۲۵۰۰ سال از شناخته شدن پدیده‌های مغناطیسی می‌گذرد.
- در آهن‌رباها به هر شکلی که باشند، دو ناحیه وجود دارد که خاصیت آهن‌ربایی در آنجا بیش از قسمت‌های دیگر است. این ناحیه را قطب‌های آهن‌ربا می‌نامند.
- قطبی از آهن‌ربا را که به سوی شمال تمایل دارد یا به عبارت دیگر شمال‌گرا است، قطب N و قطب دیگر را که جنوب‌گرا است، قطب S می‌نامند.
- قطب‌های همنام دو آهن‌ربا یکدیگر را می‌رانند و قطب‌های ناهمنام آنها، یکدیگر را می‌ربایند.



۱. دریافت خود را از شکل ۴-۱ بنویسید.

---

---

---

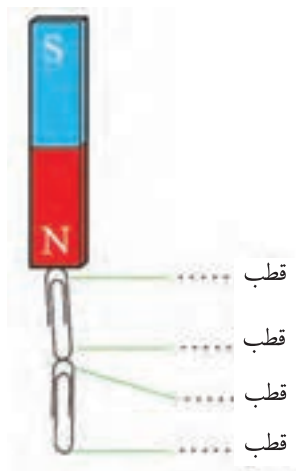
---

---

---

شکل ۴-۱





شکل ۲-۴

۲. شکل ۲-۴ پدیده القای مغناطیسی را نشان می‌دهد که برخی از اجسام فلزی جذب آهن‌ربا می‌شوند و خود تبدیل به یک آهن‌ربای جدید می‌شوند. نوع هر قطب القا شده را در گیره‌های فلزی تعیین کنید.

۳. دو میله فلزی استوانه‌ای که از نظر الکتریکی خنثی هستند یکدیگر را می‌ربایند (شکل ۳-۴). فرض کنید هیچ وسیله دیگری به جز همین دو میله در اختیار نداریم. چگونه می‌توانیم تشخیص دهیم هر یک از میله‌ها خاصیت آهن‌ربایی دارند یا خیر؟



شکل ۳-۴

۴. وقتی قطب N آهن‌ربایی را به یک کره فلزی آویزان نزدیک می‌کنیم، می‌بینیم که کره فلزی به طرف آهن‌ربا کشیده می‌شود (شکل ۴-۴). اگر همین کار را با قطب S انجام دهیم، چه اتفاقی می‌افتد؟



شکل ۴-۴

## ۲-۴ و ۳-۴ میدان‌های مغناطیسی و خواص مغناطیسی مواد

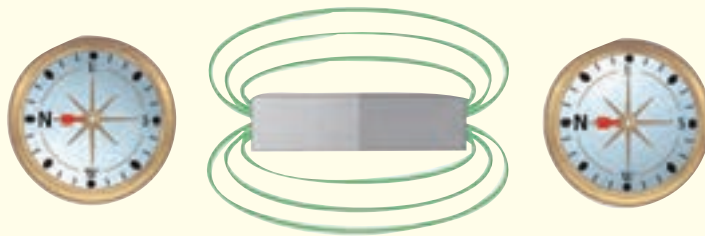
### در این بخش

- در فضای اطراف هر آهن‌ربا خاصیتی وجود دارد که سبب می‌شود به هر عقربه مغناطیسی و به هر آهن‌ربا یا هر قطعه آهن واقع در آن فضا نیرو وارد کند. این خاصیت را با مفهوم میدان مغناطیسی و با نماد  $\vec{B}$  معرفی می‌کنیم.
- جهت مماس بر خط‌های میدان مغناطیسی در هر نقطه، جهت  $\vec{B}$  را در آن نقطه نشان می‌دهد.
- تراکم خط‌های میدان نشان دهنده بزرگی میدان  $\vec{B}$  است.
- در قطب‌های آهن‌ربا، خط‌های میدان مغناطیسی دارای بیشترین فشردگی هستند.
- همه خط‌های میدان از آهن‌ربا می‌گذرند و همه آنها حلقه بسته‌ای را تشکیل می‌دهند.

- زمین خود آهن ربایی عظیم است و شکل میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن ربای میله‌ای است که در مرکز زمین قرار دارد.
- قطب‌های مغناطیسی زمین کاملاً بر قطب‌های جغرافیایی منطبق نیستند.
- عقربه قطب‌نما معمولاً در جهت شمال واقعی قرار نمی‌گیرد.
- اختلاف بین سمت‌گیری عقربه مغناطیسی و شمال واقعی به میل مغناطیسی معروف است.

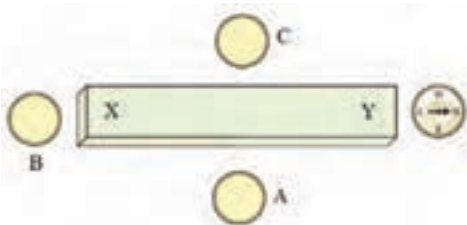
### مثال حل شده

با توجه به جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی در شکل ۴-۵، قطب‌های آهن‌ربا را تعیین و جهت خط‌های میدان مغناطیسی را روی شکل رسم کنید.



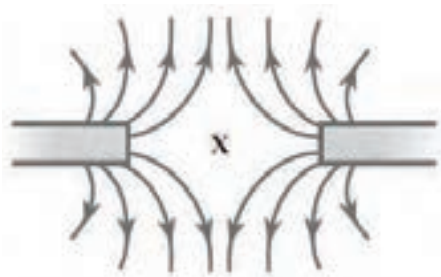
شکل ۴-۵

**پاسخ:** با توجه به جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی، سمت چپ آهن‌ربای میله‌ای قطب N و سمت راست آن قطب S است. جهت خط‌های میدان  $\vec{B}$  نیز از طرف N به طرف S است (در بیرون آهن‌ربا).



شکل ۴-۶

۵. با توجه به شکل ۴-۶ و جهت‌گیری عقربه مغناطیسی عقربه‌های X و Y را تعیین کنید و جهت‌گیری عقربه مغناطیسی را در هر یک از مکان‌های A، B و C رسم کنید.

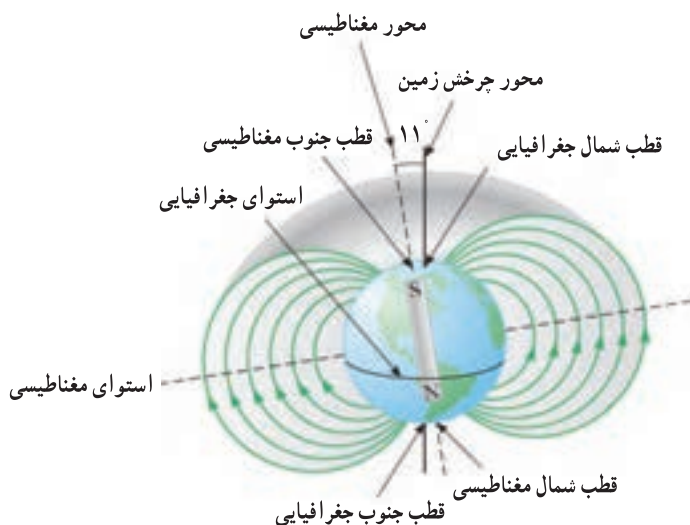


شکل ۴-۷

۶. شکل ۴-۷ خط‌های میدان مغناطیسی را پیرامون دو قطب همنام در یک آهن‌ربای میله‌ای نشان می‌دهد. درباره میدان مغناطیسی در نقطه X چه می‌توان گفت؟

## ۷. در شکل ۴-۸

- الف) بزرگی میدان مغناطیسی زمین را در استوا و در قطب شمال با هم مقایسه کنید.  
 ب) چرا کاربرد قطب نما در نزدیکی قطب شمال دشوار است؟



شکل ۴-۸

۸. به کمک جعبه کلمه ها، جمله های زیر را با انتخاب واژه مناسب کامل کنید.

متغیر، راستای، جهت، N، S، سوی، بزرگی، یکنواخت

- الف) قطب ..... عقربه مغناطیسی سوی میدان مغناطیسی را نشان می دهد.  
 ب) هنگامی که یک آهن ربا در نزدیکی عقربه مغناطیسی قرار گیرد، عقربه می چرخد تا ..... میدان مغناطیسی آهن ربا قرار گیرد.  
 پ) اگر در ناحیه ای از فضا خط های میدان مغناطیسی با یکدیگر موازی و هم فاصله باشند، میدان مغناطیسی را ..... می نامند.  
 ت) مماس بر خط های میدان مغناطیسی در هر ناحیه از فضا نشانگر ..... میدان مغناطیسی در آن ناحیه است.

## ۴-۱۴ الکترومغناطیس

### در این بخش

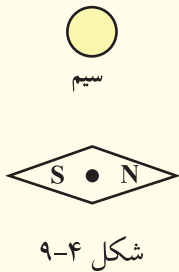
در اطراف هر سیم حامل جریان  $I$ ، میدان مغناطیسی به وجود می آید.  
 به کمک قاعده دست راست می توان جهت میدان  $\vec{B}$  را در اطراف یک سیم راست حامل جریان  $I$  تعیین کرد.  
 اگر سیم راستی که حامل جریان است را به صورت یک پیچه درآوریم، میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط آن به میزان قابل توجهی افزایش می یابد.

جهت میدان  $\vec{B}$  در یک پیچه نیز از قاعده دست راست تعیین می شود.

سیم لوله، مارپیچ بلندی از سیم هایی است که نزدیک یکدیگر پیچیده شده اند. طول سیم لوله معمولاً بزرگ تر از قطر آن است.

خط های میدان مغناطیسی درون یک سیم لوله واقعی به طول متناهی، تقریباً یکنواخت و بیرون سیم لوله ضعیف است. پیچه حامل جریانی که دور یک هسته آهنی پیچیده شده باشد، آهن ربای الکتریکی نامیده می شود.

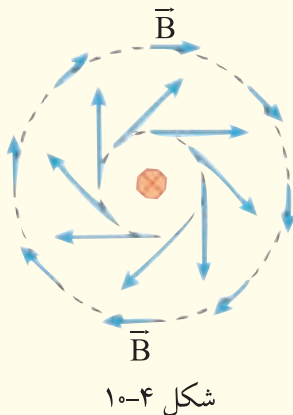
## مثال حل شده



با توجه به جهت گیری عقربه مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان که عمود بر صفحه کتاب است (شکل ۹-۴)، جهت جریان را در سیم تعیین کنید.

**پاسخ:** با توجه به قاعده دست راست، جهت جریان باید به طرف خارج از صفحه کتاب باشد.

## مثال حل شده



شکل ۱۰-۴ مجموعه ای از خط های میدان  $\vec{B}$  را در اطراف یک سیم حامل جریان نشان می دهد. دریافت خود را از این شکل بیان کنید.

**پاسخ:** با افزایش فاصله از سیم حامل جریان، بزرگی میدان کاهش می یابد. همچنین خط های میدان اطراف سیم حامل جریان، به صورت دایره های هم مرکزی هستند که سیم در مرکز آنها قرار دارد.

سیم با روکش عایق قطب نما



شکل ۱۱-۴

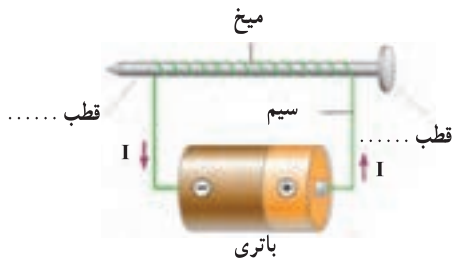
۹. با وصل کردن دو سر سیم به باتری در شکل ۱۱-۴ چه اتفاقی برای عقربه مغناطیسی قطب نما رخ می دهد؟

.....

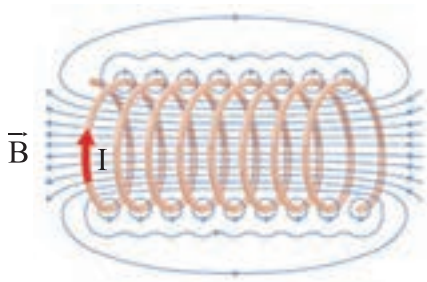
.....

.....

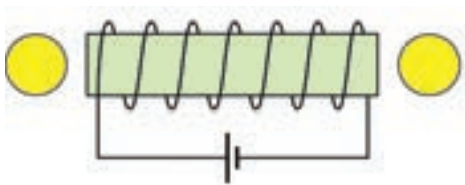
.....



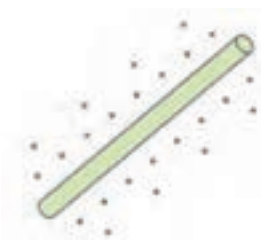
شکل ۴-۱۲



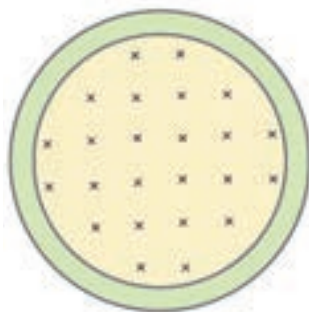
شکل ۴-۱۳



شکل ۴-۱۴



شکل ۴-۱۵



شکل ۴-۱۶

۱۰. شکل ۴-۱۲ یک آهنربای الکتریکی ساده را نشان می‌دهد. قطب‌های آهنربا را با توجه به جهت جریان تعیین کنید.

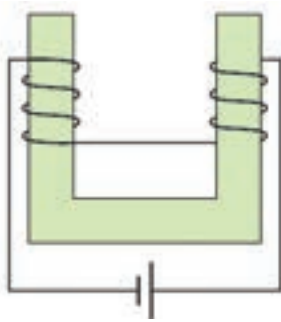
۱۱. در شکل ۴-۱۳ جهت خط‌های میدان مغناطیسی را درون و بیرون یک سیم‌لوله با هم مقایسه کرده و حداقل به دو نکته مهم اشاره کنید.

۱۲. در شکل ۴-۱۴، ابتدا جهت جریان را در مدار و سیم‌لوله تعیین کرده و سپس قطب‌های مغناطیسی را در دو طرف سیم‌لوله حاوی هسته آهنی پیدا کنید. با توجه به قطب‌های مغناطیسی سیم‌لوله، جهت گیری عقربه‌های مغناطیسی را در دو دایره مجاور سیم‌لوله رسم کنید.

۱۳. با توجه به جهت میدان  $\vec{B}$  در اطراف سیم حامل جریان شکل ۴-۱۵، جهت جریان را در سیم تعیین کنید.

۱۴. در شکل ۴-۱۶ جهت میدان مغناطیسی داخل یک حلقه حامل جریان نشان داده شده است.

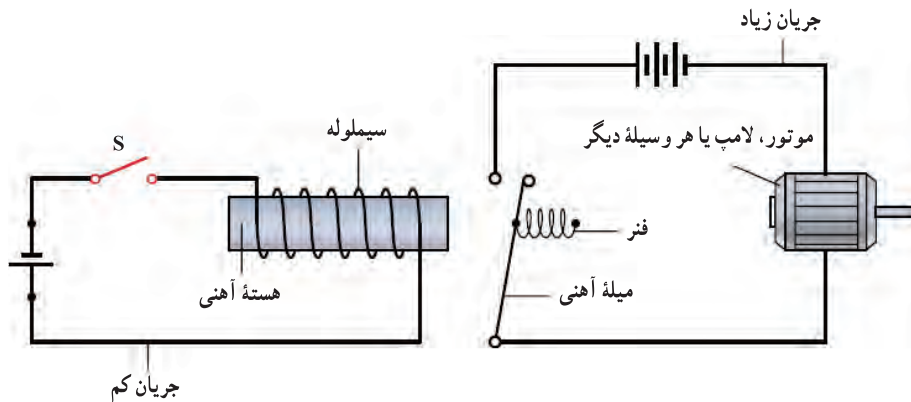
الف) جهت جریان در حلقه را روی شکل مشخص کنید.  
ب) آیا قطب N حلقه بالای صفحه کاغذ است یا زیر آن؟ توضیح دهید.



شکل ۴-۱۷

۱۵. با توجه به جهت جریان و با استفاده از قاعده دست راست، نوع قطب مغناطیسی را در هر یک از شاخه‌های هسته آهنی شکل ۴-۱۷ تعیین کنید.

۱۶. شکل ۴-۱۸ طرحی از یک رله الکتریکی را نشان می‌دهد. توضیح دهید چگونه با بستن کلید S، مدار سمت راست شروع به کار می‌کند.



شکل ۴-۱۸

#### ۴-۵ تولید الکتریسته

#### در این بخش

اورستد در سال ۱۸۲۰ میلادی اثر مغناطیسی ناشی از جریان الکتریکی را کشف کرد. در سال ۱۸۳۱ فارادی و هنری بکرل به طور جداگانه، به کمک آثار مغناطیسی، جریان الکتریکی تولید کردند. تنها در صورتی در یک پیچیده جریان القا می‌شود که میدان مغناطیسی در محل پیچیده تغییر کند. این عبارت، بیان ساده‌ای از قانون القای الکترومغناطیسی فارادی است.

مولد برق شامل سیم‌پیچی است که بین قطب‌های یک آهن ربا می‌چرخد. مولدها و تمامی نیروگاه‌های تولید برق در ایران، جریان متناوب تولید می‌کنند. بسامد جریان متناوب تولید شده در نیروگاه‌ها برابر ۵۰ هرتز (۵۰Hz) است.

ولتاژ جریان‌های متناوب را به سادگی می‌توان به هر مقدار دلخواه افزایش و یا کاهش داد. این موضوع برای

انتقال انرژی الکتریکی اهمیت زیادی دارد.

مبدل وسیله‌ای است که برای تغییر ولتاژ منبع ac مورد استفاده قرار می‌گیرد. مبدل افزایشنده، ولتاژ را افزایش و مبدل کاهشنده، ولتاژ را کاهش می‌دهد.

در یک مبدل آرمانی، که مقاومت پیچ‌های آن صفر فرض می‌شود، داریم:  $V_1 / V_2 = N_1 / N_2$ . در این رابطه  $V_1$  و  $V_2$  به ترتیب ولتاژ اولیه و ولتاژ ثانویه هستند. همچنین  $N_1$  و  $N_2$  به ترتیب تعداد دورهای اولیه پیچ و تعداد دورهای ثانویه پیچ هستند.

### مثال حل شده

دو سیم‌پیچ A و B روی یک هسته آهنی پیچیده شده‌اند (شکل ۴-۱۹). سیم‌پیچ A با کلیدی به باتری متصل است و سیم‌پیچ B به گالوانومتری که صفر آن در وسط قرار دارد بسته شده است.



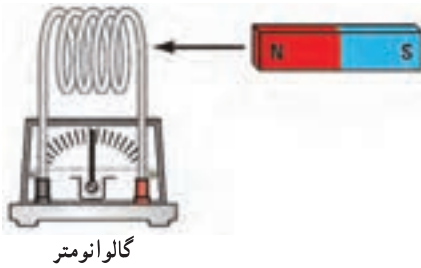
شکل ۴-۱۹

الف) اگر کلید S چند ثانیه‌ای بسته و سپس باز شود، عقربه گالوانومتر سیم‌پیچ B منحرف می‌شود. این موضوع را نکته به نکته توضیح دهید.

ب) اگر کلید S برای مدتی هرچند طولانی بسته بماند، عقربه گالوانومتر منحرف نمی‌شود. چرا؟  
پاسخ: الف) با بسته شدن کلید S در پیچه A، برای لحظه‌ای عقربه گالوانومتر منحرف شده و عبور جریان را از سیم‌پیچ B آشکار می‌کند. با باز شدن کلید S، دوباره عقربه گالوانومتر برای لحظه‌ای منحرف شده و عبور جریان را نشان می‌دهد. در حالت اخیر، عقربه گالوانومتر برخلاف جهت قبلی منحرف می‌شود و این موضوع نشان می‌دهد که باز یا بسته شدن کلید S در پیچه A سبب ایجاد جریان‌هایی لحظه‌ای در پیچه B می‌شود، به‌طوری که جهت جریان‌ها مخالف یکدیگر است.

ب) وقتی کلید S بسته می‌ماند، گالوانومتر عبور جریانی را از پیچه B نشان می‌دهد. زیرا هنگام بسته ماندن کلید S، بزرگی یا جهت خط‌های میدان مغناطیسی که از پیچه B عبور می‌کنند، تغییری نمی‌کنند.

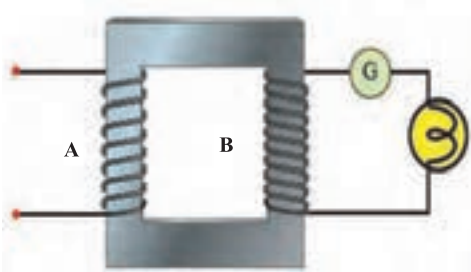




شکل ۴-۲۰

۱۷. در شکل ۴-۲۰ هنگامی که آهن‌ربا به درون پیچه حرکت کند، عقربه گالوانومتر به سمت راست منحرف می‌شود.

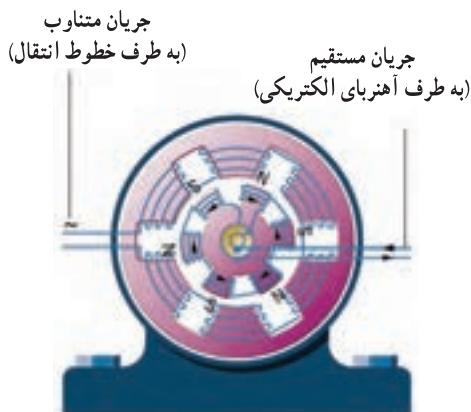
الف) نام پدیده‌ای که بر اثر حرکت آهن‌ربا ایجاد می‌شود چیست؟  
ب) اگر آهن‌ربا از پیچه دور شود، انحراف عقربه چه تغییری می‌کند؟



شکل ۴-۲۱

۱۸. مطابق شکل ۴-۲۱ آیا عقربه گالوانومتر در حالت‌های زیر منحرف می‌شود؟

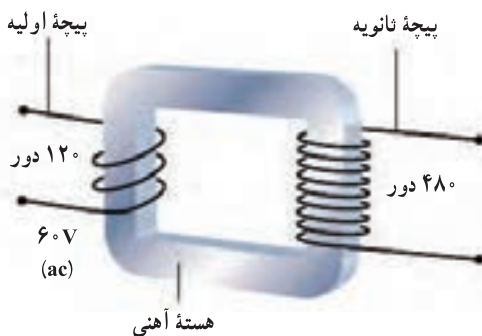
الف) جریان ثابت از سیم‌پیچ A بگذرد.  
ب) جریان دائمی از سیم‌پیچ A می‌گذرد که پیوسته قطع و وصل می‌شود.  
پ) جریان متناوبی از سیم‌پیچ A می‌گذرد.



شکل ۴-۲۲

۱۹. شکل ۴-۲۲ مقطع یک مولد (ژنراتور) را نشان می‌دهد. توضیح دهید در هنگامی که جریان وارد سیم‌پیچ‌های چرخان می‌شود، مولد چگونه برق تولید می‌کند؟

۲۰. با توجه به داده‌های روی شکل ۴-۲۳ ولتاژ خروجی توسط ثانویه مبدل چقدر است؟



شکل ۴-۲۳



- نور پدیده‌ای الکترومغناطیسی است.
- در فضای اطراف هر جسم باردار مرتعش موج الکترومغناطیسی ایجاد می‌شود.
- در یک موج الکترومغناطیسی، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر یکدیگر و بر جهت انتشار عمودند.
- سرعت موج‌های الکترومغناطیسی در هر محیط با ضریب شکست  $n$  از رابطه  $v = c/n$  به دست می‌آید.
- هر موج الکترومغناطیسی دارای بسامد  $f$  و طول موج  $\lambda$  از طریق رابطه  $v = \lambda f$  به سرعت انتشار موج مربوط می‌شوند.
- طیف موج‌های الکترومغناطیسی، همهٔ بسامدها و طول موج‌ها را دربرمی‌گیرد.
- طول موج گسترهٔ نور مرئی از حدود  $380$  تا  $750$  nm است.

۲۱. جدول زیر به ترتیب بخش‌هایی از طیف موج‌های الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد. بعضی از بخش‌ها نامگذاری شده است.

موج‌های رادیویی	K	نور مرئی	L	پرتوهای X
-----------------	---	----------	---	-----------

الف) نام بخش K را بنویسید.

ب) نام بخش L را بنویسید.

پ) کدام یک از بخش‌های طیف کوچک‌ترین طول موج را دارد؟

۲۲. در جدول زیر داده‌هایی را می‌بینید که اندازهٔ طول موج و بسامد چند نوع موج رادیویی را نشان می‌دهد. با کاربرد رابطهٔ  $v = \lambda f$  جدول را کامل کنید.

نوع موج رادیویی	طول موج (m)	بسامد (MHz)
بلند (LW)	۱۵۰۰	.....
متوسط (MW)	۳۰۰	.....
کوتاه (SW)	۱۰	.....
<sup>۱</sup> VHF	.....	۱۰۰
<sup>۲</sup> UHF	.....	۳۰۰۰

۱. Very high frequency = VHF

۲. Ultra high frequency = UHF

۲۳. طیف موج‌های الکترومغناطیسی شامل موج‌های رادیویی، میکروموج، فروسرخ، نور مرئی، فرابنفش، پرتوهای X و گاما است.

الف) کدام یک از عبارت‌های زیر در مورد موج‌های الکترومغناطیسی درست است؟

۱. همه آنها طول موج یکسانی دارند.

۲. همه آنها بسامد یکسانی دارند.

۳. همه آنها در خلأ با سرعت یکسانی منتشر می‌شوند.

ب) برای پختن غذا دو نوع از موج‌های الکترومغناطیسی را به کار می‌برند، آنها را نام ببرید.

پ) برای مشخص کردن شکستگی‌های استخوان از کدام نوع موج الکترومغناطیسی استفاده می‌شود؟

ت) کدام یک از موج‌ها بلندترین طول موج را دارند؟

ث) کدام یک سبب آفتاب سوختگی می‌شود؟

ج) کدام یک در ضد عفونی وسایل جراحی به کار می‌رود؟

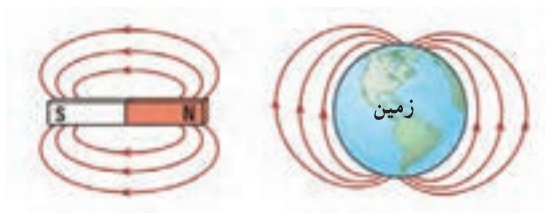
۲۴. الف) بسامد یک موج رادیویی به طول موج  $1500\text{m}$  در هوا چند هرتز است؟

ب) در محیطی به ضریب شکست  $1/5$ ، طول موجی به بسامد  $1\text{GHz}$  چند متر است؟

پ) موج‌های رادیویی با بسامد  $105\text{MHz}$  در هوا چه طول موجی دارند؟

### نکته‌ها و توصیه‌های معلم

## آزمون تشریحی فصل ۴

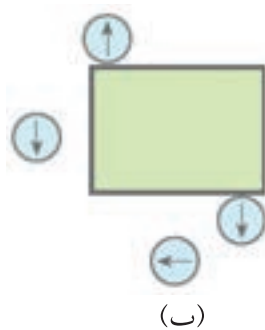


در شکل روبه‌رو خط‌های میدان مغناطیسی یک آهن‌ربای میله‌ای و زمین نشان داده شده است. شباهت‌ها و تفاوت‌های این میدان‌ها را بیان کنید.

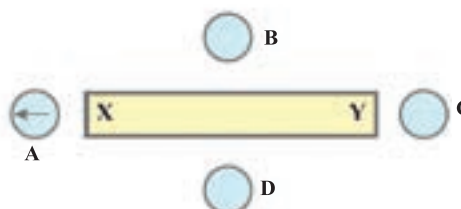
الف) در شکل الف زیر، جهت عقربه‌های مغناطیسی را در نقطه‌های B، C و D مشخص کنید.

ب) کدام سر میله قطب N است؟

پ) دو آهن‌ربای میله‌ای درون جعبه‌ای قرار دارند. با توجه به شکل ب نشان دهید این دو آهن‌ربا در چه وضعیتی نسبت به یکدیگرند؟



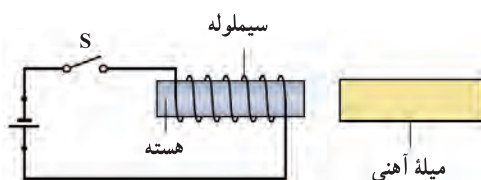
(ب)



(الف)



یک آهن‌ربای میله‌ای مطابق شکل روبه‌رو روی یک محور حلقه حامل جریان که عمود بر صفحه کاغذ است، قرار دارد. آیا آهن‌ربا به طرف حلقه جذب می‌شود یا دفع؟ توضیح دهید.



یک میله آهنی مطابق شکل روبه‌رو در برابر یک سیملوله هسته‌دار قرار گرفته است. با بستن S کلید:

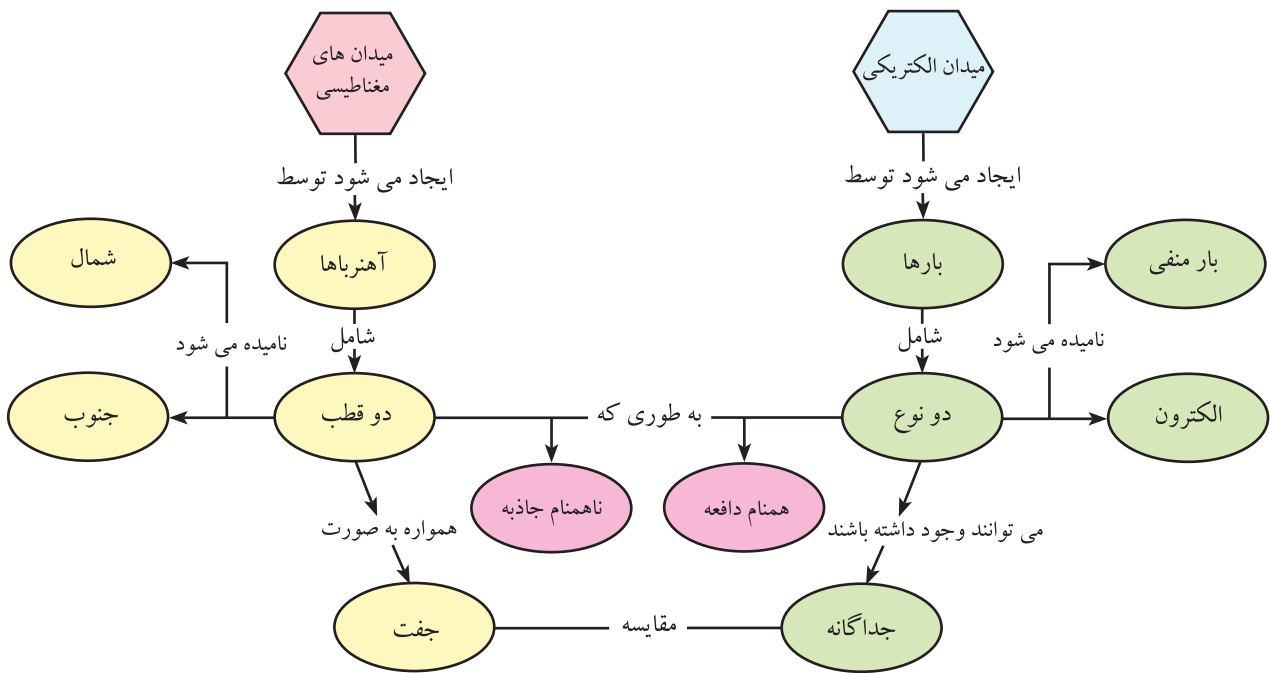
الف) قطب‌های مغناطیسی سیملوله را روی شکل معین کنید.

ب) جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیملوله که از میله آهنی می‌گذرد، به چه صورت است؟

پ) قطب‌های مغناطیسی را که بر اثر پدیده القای مغناطیسی در میله آهنی ایجاد می‌شود، مشخص کنید.

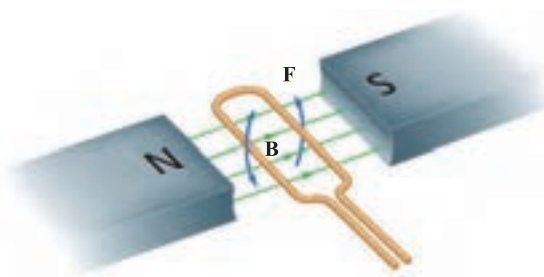
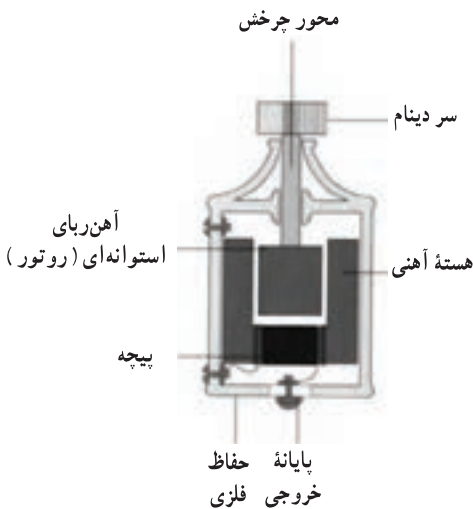
ت) وقتی کلید S باز شود آیا میله آهنی به طرف چپ حرکت می‌کند یا راست یا می‌چرخد؟ توضیح دهید.

نقشه مفهومی زیر را به صورت یک متن ساده فیزیکی بنویسید.

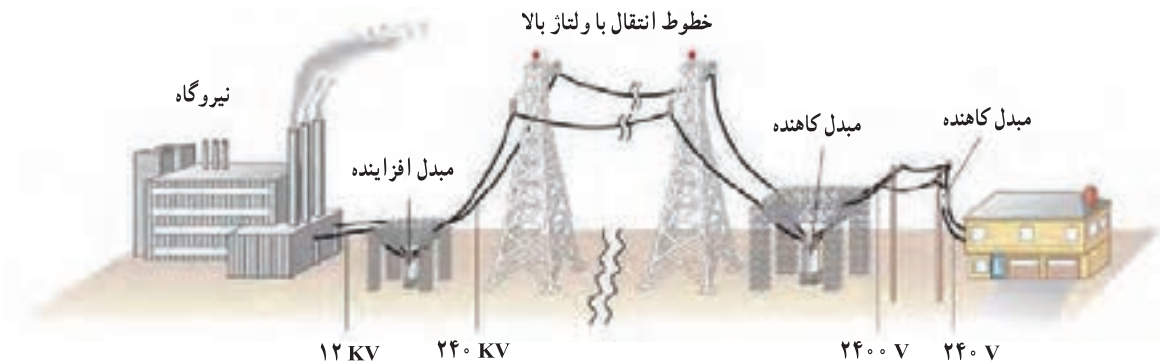


شکل روبه‌رو ساختار یک دینام دوچرخه را نشان می‌دهد که در هنگام نیاز با تماس سر دینام با چرخ جلو یا عقب دوچرخه در حال حرکت، انرژی الکتریکی مورد نیاز تأمین می‌شود. توضیح دهید چگونه با چرخیدن سر دینام انرژی الکتریکی به وجود می‌آید؟

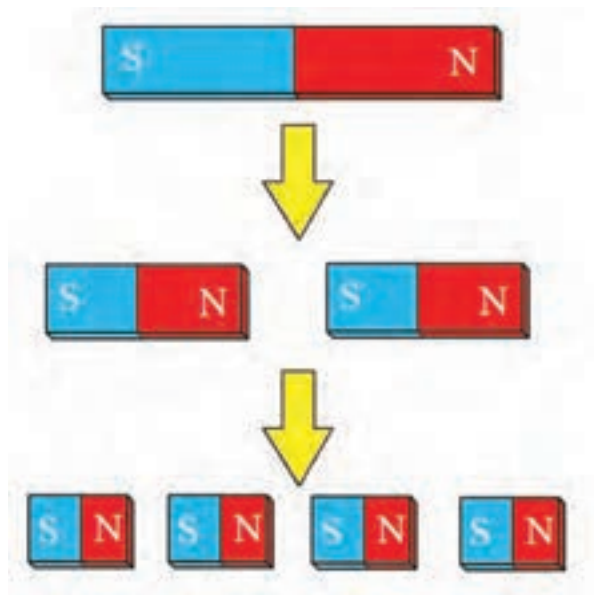
در موتور الکتریکی ساده شکل روبه‌رو قاب به‌طور پاد ساعتگرد می‌چرخد. جهت جریان در قاب هنگامی که از بالا دیده می‌شود، ساعتگرد است یا پاد ساعتگرد؟



مطابق شکل زیر سیم‌های خروجی مولد یک نیروگاه تولید برق به اولیه یک مبدل افزایش دهنده متصل می‌شود. با توجه به نظر خود درباره تلف شده در انتقال انرژی، توضیح دهید چرا مبدل افزایش دهنده لازم است؟ چرا در محل مصرف باید تا حد امکان ولتاژ کاهش یابد؟



به شکل زیر به دقت نگاه کنید و سپس دریافت خود را به صورت متنی کوتاه، در چند سطر بیان کنید.



در سال‌های اخیر استفاده از تلفن‌های همراه بسیار متداول شده است. تلفن‌های همراه از نوعی موج‌های رادیویی برای ارسال و دریافت اطلاعات استفاده می‌کنند که بسامد آن‌ها توسط استفاده‌های رادیویی به کار برده نمی‌شود.

موج‌های رادیویی تلفن‌های همراه دارای طول موج  $0.3 \text{ m}$  هستند. بسامد این موج‌ها را حساب کنید.

## آزمون چند گزینه‌ای فصل ۲

۱

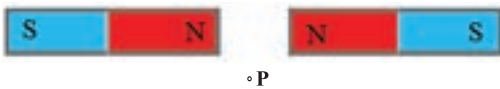


در شکل روبه‌رو قطب‌نمای ۱ روی سیم و دیگری زیر سیم مستقیم و بلند حامل جریان  $I$  قرار گرفته‌اند. کدام گزینه جهت درست عقربه مغناطیسی را به ترتیب در هر یک از این قطب‌نماها نشان می‌دهد؟

(الف) ← ، ←  
(ب) → ، →  
(پ) ↑ ، ↓  
(ت) ↓ ، ↑

(الف) ← ، ←  
(ب) → ، →  
(پ) ↑ ، ↓  
(ت) ↓ ، ↑

با توجه به شکل روبه‌رو، جهت میدان مغناطیسی حاصل در نقطه  $P$  ناشی از میدان مغناطیسی دو آهن‌ربای میله‌ای مشابه کدام است؟

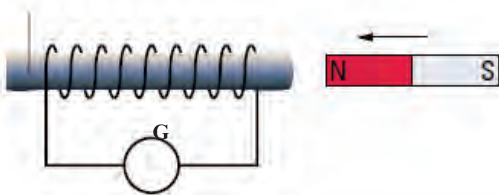


(الف) →  
(ب) ←  
(پ) ↑  
(ت) ↓

(الف) →  
(ب) ←  
(پ) ↑  
(ت) ↓

اگر در شکل زیر قطب  $N$  آهن‌ربا به طرف سیم‌لوله حرکت کند، کدام گزینه نادرست است؟  
(الف) در سیم‌لوله جریانی القا می‌شود که از گالوانومتر می‌گذرد.

هسته آهنی



(ب) انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.  
(پ) اگر آهن‌ربا را از قطب  $S$  به سیم‌لوله نزدیک کنیم جریانی در سیم‌لوله القا نمی‌شود و گالوانومتر عبور جریانی را نشان نمی‌دهد.

۴

موتور الکتریکی:

(الف) انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

(ب) انرژی گرمایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

(ج) انرژی الکتریکی را تنها به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند.

(ت) انرژی گرمایی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند.

(ث) انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی و گرما تبدیل می‌کند.

۵

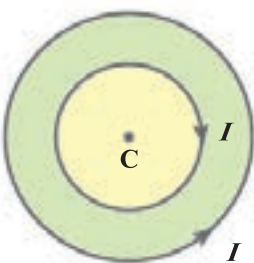
مزیت جریان متناوب (ac) نسبت به جریان مستقیم (dc) در انتقال توان الکتریکی آن است که:

(الف) می‌تواند یک‌طرفه شود.

(ب) آسان‌تر تولید می‌شود.

(پ) ایمن‌تر است.

ت) اتلاف آن هنگام انتقال کمتر است.

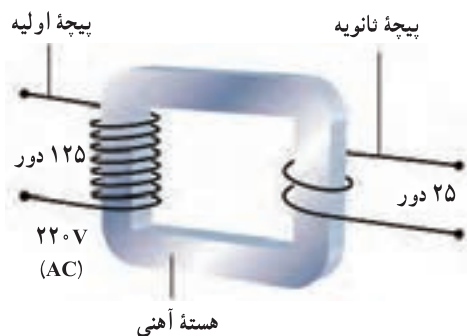


با توجه به شکل روبه‌رو از دو حلقهٔ رسانای هم مرکز، جریان‌های مساوی  $I$  می‌گذرد. جهت برآیند میدان مغناطیسی در نقطهٔ  $C$  چگونه است؟

- الف)  $\otimes$  (ب)  $\odot$  (پ)  $\rightarrow$   
ت)  $\leftarrow$  (ث)  $\uparrow$  (ج)  $\downarrow$

شکل روبه‌رو یک مبدل کاهندهٔ  $ac$  را نشان می‌دهد. ولتاژ خروجی (ثانویه) چقدر است؟

- الف)  $22\text{ V}$  (ب)  $44\text{ V}$   
پ)  $66\text{ V}$  (ت)  $88\text{ V}$



کدام گزینه طول موج، بسامد و سرعت نور مرئی را در مقایسه با موج‌های رادیویی درست بیان می‌کند؟

	طول موج	بسامد	سرعت
الف	بزرگ‌تر	کمتر	یکسان
ب	بزرگ‌تر	کمتر	بیشتر
پ	بزرگ‌تر	کمتر	یکسان
ت	کوچک‌تر	بیشتر	کمتر
ث	کوچک‌تر	بیشتر	یکسان

## فهرست منابع

- ۱- درك فیزیک، بریان آرنولد، ترجمه روح‌الله خلیلی بروجنی و مریم عباسیان، چاپ دوم، انتشارات مدرسه ۱۳۸۸.
- ۲- الکتریسیته و فیزیک گرما، مارک الس و کریس هانیول، ترجمه روح‌الله خلیلی بروجنی و احمد توحیدی، چاپ اول، انتشارات مدرسه ۱۳۸۹.
- ۳- فیزیک دانشگاهی، جلد اول، ویرایش دوازدهم، هیویانگ و راجر فریدمن، ترجمه اعظم پورقاضی، روح‌الله خلیلی بروجنی و محمد تقی فلاحی مروست، ویراسته ناصر مقبلی، چاپ اول، نشر علوم نوین ۱۳۸۹.
- ۴- فیزیک دانشگاهی، جلد دوم، ویرایش دوازدهم، هیویانگ و راجر فریدمن، ترجمه اعظم پورقاضی، روح‌الله خلیلی بروجنی و محمد تقی فلاحی مروست، ویراسته ناصر مقبلی، چاپ اول، نشر علوم نوین ۱۳۹۱.

- 5- R. D. Knight, Physics, Second Edition, Pearson Addison Wesley, 2008.
- 6- Douglas C. Giancoli, Physics for Scientists and Engineers, Prentice Hall, 2008.
- 7- Serway / Vuille, College Physics, 8th Edition Brooks / Cole, 2009.
- 8- Tipens, Physics, 7th Edition, Mc Graw Hill, 2007.
- 9- Physics, Principles and Problems, Glencoe / Mc Graw-Hi, 2005.
- 10- B. Heimbecker, Physics: Concepts and Connections, Irwin Publishing, 2002.
- 11- Jim Brieithaupt, Key Science, 3th Edition, John Murray, 2001.

