بسم الله الرحمن الرحیم

کتاب کار فیزیک و آزمایشگاه

رشتهٔ کامپیوتر
زمینهٔ خدمات
شاخهٔ متوسط فنی و حرفه ای
شمارهٔ درس: ۴۳۰۳

عنوان و نام پدیدآور: کتاب کار فیزیک و آزمایشگاه [کتابهای درسی]: رشتهٔ کامپیوتر زمینهٔ خدمات/ برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای کاردانش؛ مؤلف روح الله خلیلی بروجنی؛ [برای] وزارت آموزش و پرورش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
مشخصات نشر: تهران: گویش نو، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری: ۹۶ص.: مصور (بخشی رنگی).
فروست: شاخهٔ متوسطهٔ فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۱۲/۳۵۹.
شابک: ۹-۹۷-۵۰۸۴-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا
موضوع: فیزیک
موضوع: فیزیک -- آزمایش‌ها
شناسهٔ افزوده: خلیلی، روح الله، ۱۳۵۰-
شناسهٔ افزوده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر برنامه‌ریزی درسی آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسهٔ افزوده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۰ ۲۷۴۲ک/۳۲ QC
رده‌بندی دیویی: ۱۳۹۰ ۳۵۹/۱۲ک ۳۷۳
شمارهٔ کتابشناسی ملی: ۲۳۹۲۵۰۵

۱۳۹۱

جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

پیشنهادها و نظرهای خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) tvoccd@roshd.ir

وب‌گاه (وب‌سایت) www.tvoccd.medu.ir

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: **دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

عنوان و کدکتاب: **فیزیک و آزمایشگاه، ۳۵۹/۱۲**

مجری: **انتشارات گویش نو**

مؤلف: **روح الله خلیلی بروجنی** (khalily@gmail.com)

صفحه‌آرا: **غزاله کشمیری**

طراح جلد: **محمدحسن معماری**

نوبت و سال چاپ: **دوم ۱۳۹۱**

ناشر: **انتشارات گویش نو** (تهران: خیابان انقلاب - خیابان فخر رازی - خیابان وحید نظری شرقی - پلاک ۶۱ تلفن: ۵۰ - ۶۶۹۵۶۰۴۹، ۶۶۴۸۴۵۳۴)

وب‌سایت www.bookgno.ir

چاپ: **شرکت افست «سهامی عام» (www.offset.ir)**

نظارت بر چاپ و توزیع: **ادارهٔ کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی**

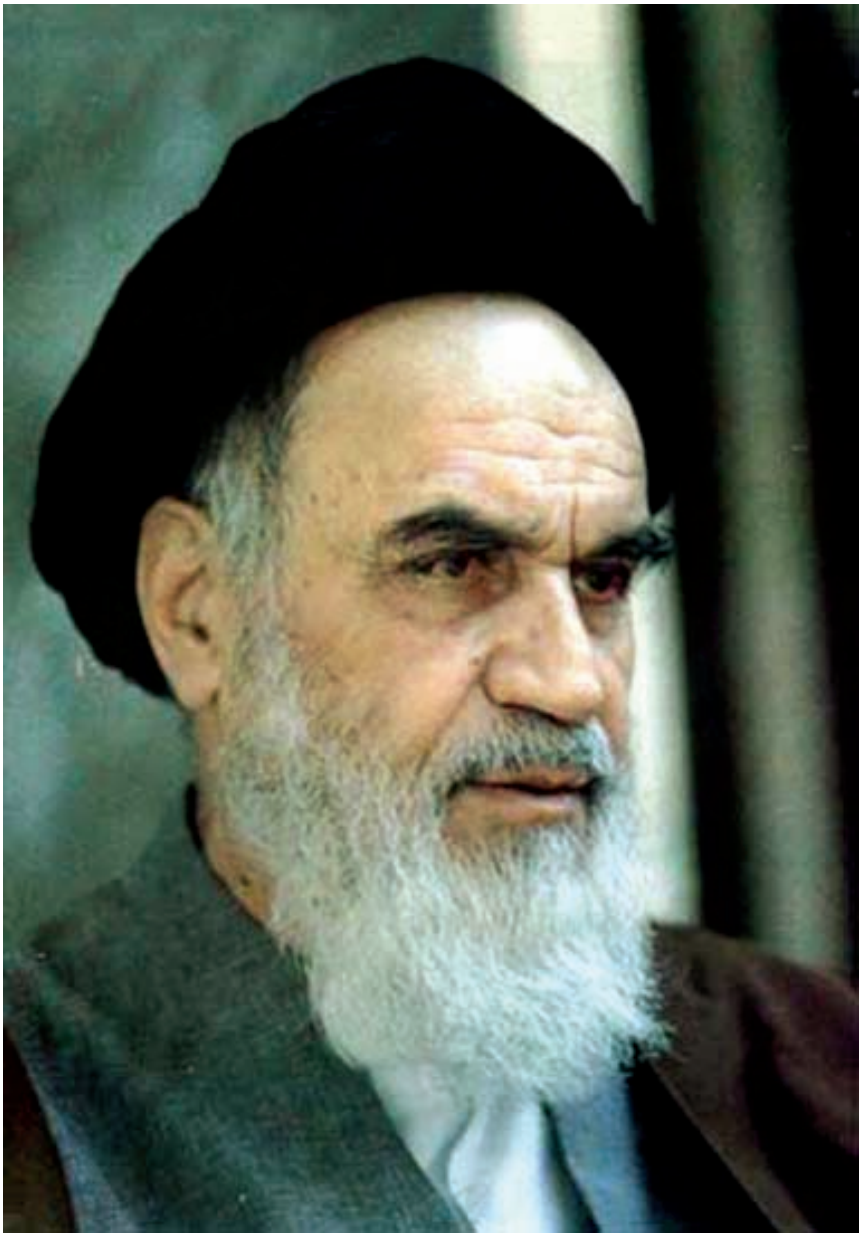
تهران ـ ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۹ ـ ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت www.chap.sch.ir

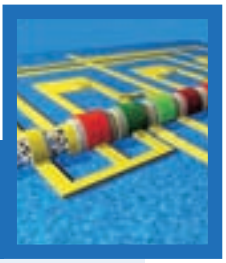
حق چاپ محفوظ است.

شابک: ۹-۹۷-۵۰۸۴-۶۰۰-۹۷۸ ISBN: 978-600-5084-97-9



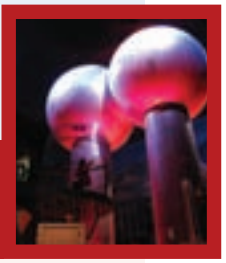
شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید ، از نیروی انسانی ایمان خودتان غافل نباشید و از اتّکای به اجانب بپرهیزید .

امام خمینی « قدّس سرّه الشّریف »



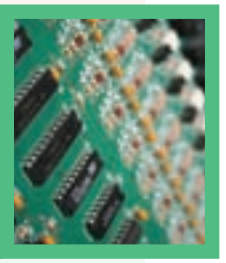
فصل ۱ یکاها ، کمیت های فیزیکی و بردارها

- استانداردها و یکاها ۹
- دستگاه بین المللی یکاها ۹
- پیشوندها و تبدیل یکاها ۱۲
- بردارها و جمع بردارها ۱۶
- آزمون تشریحی ۱۹
- آزمون چند گزینه‌ای ۲۱



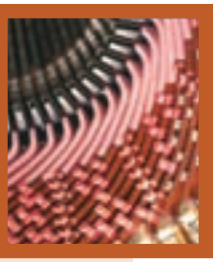
فصل ۲ بار الکتریکی و میدان الکتریکی

- بار الکتریکی ۲۵
- خواص الکتریکی ماده ۲۷
- باردار ساختن ماده ۲۹
- قانون کولن ۳۱
- میدان الکتریکی ۳۴
- انرژی پتانسیل الکتریکی ۳۹
- خازن ۴۳
- آزمون تشریحی ۴۷
- آزمون چند گزینه‌ای ۵۰



فصل ۳ جریان الکتریکی ، مقاومت الکتریکی و مدارهای الکتریکی

- جریان الکتریکی ۵۵
- مقاومت و مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ۵۸
- نیروی محرکه‌ی الکتریکی ۶۳
- مدارهای الکتریکی ۶۶
- آزمون تشریحی ۷۲
- آزمون چند گزینه‌ای ۷۵



فصل ۴ مغناطیس و کاربردهای آن

- آهن‌ربا و قطب های مغناطیسی ۸۱
- میدان‌های مغناطیسی ۸۲
- الکترومغناطیس ۸۴
- تولید الکتریسیته ۸۸
- آزمون تشریحی ۹۱
- آزمون چند گزینه‌ای ۹۴

الف) سخنی با دانش آموزان

کتابی که در پیش‌رو دارید در پاسخ به نیاز واقعی شما در آموزش درس فیزیک و آزمایشگاه رشته‌ی کامپیوتر ، برنامه‌ریزی و تألیف شده است. امروزه وجود کتاب‌هایی که در کنار کتاب درسی به عمق‌بخشیدن و شوق‌انگیزتر کردن یادگیری و همچنین پشتیبانی هدفمند برنامه‌ی درسی، شما را یاری رسانند به لحاظ محدودیت‌های کتاب درسی یک ضرورت است. حتی بسیاری از کشورهای دنیا پا را از این هم فراتر نهاده و همچون درس شما ، در ابتدای سال تحصیلی یک بسته‌ی آموزشی در اختیار هر دانش‌آموز قرار می‌دهند که تمام نیازهای آموزشی او را طی سال تحصیلی پوشش می‌دهد.

ساختار کتاب

در هر فصل این کتاب که با ساختاری جدید و کارآمد طراحی شده است، ضمن توجه به مفاهیم کلیدی هر بخش، تعدادی مثال‌های حل شده آمده است و در پی آن پرسش‌ها و مسئله‌هایی آمده است که به شیوه های متنوعی طراحی شده و محلی برای پاسخ آن ها نیز در نظر گرفته شده است. در پایان هر فصل نیز دو آزمون، یکی تشریحی و دیگری چند گزینه ای برای شما تدارک دیده شده است.

ب) سخنی باهمکاران

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 پرحجم و پرشتاب امروز، دانش، مهارت و بینش و یا در یک کلام داشتن خرد است.

همکاران محترم، همان‌طور که می‌دانید برنامه‌ریزی و تألیف کتابی که بتواند در کنار کتاب درسی ضمن توجه به واقعیت‌ها، هدف‌های اصیل و درست برنامه‌ی درسی را پشتیبانی کند و فعالیت‌های کلاس‌های درس شما را هدفمندتر، لذت‌بخش‌تر و آسان‌تر به پیش ببرد، نیاز به تعامل، تجربه، دانش و کوشش فراوانی دارد که مؤلف این کتاب به قدر وسع خود در این راه کوشیده‌است و همچون گذشته از سر منّت پذیرای نقد و پیشنهادهای شما برای بهبود کیفیت این کتاب و رفع لغزش‌های احتمالی آن است.

همکاران عزیز، در برنامه‌ریزی 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 نه تنها از جایگاه دانش‌آموزان، بلکه از منظر فعالیت‌های یک معلم نیز آسان کرده است. بدون تردید وضعیت کلاس‌های درس شما در نحوه ی استفاده از این کتاب تأثیر مستقیم دارد. در این کتاب تلاش شده است لوازم مورد نیاز برای آموزشی فعال مبتنی بر برنامه‌ی کتاب درسی برنامه‌ریزی و تألیف شود.

روح‌الله خلیلی بروجنی

تیر ماه ۱۳۹۰

یکاها ، کمیت‌های فیزیکی و بردارها

۱

در این فصل:

استانداردها و یکاها

دستگاه بین‌المللی یکاها

پیشوندها و تبدیل یکاها

بردارها و جمع برداری

آزمون تشریحی

آزمون چند گزینه‌ای

۱-۱ استانداردها و یکاها

در این بخش

- هر عددی که برای توصیف کمی یک پدیده‌ی 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.

۱-۲ دستگاه بین‌المللی یکاها

در این بخش

- 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 بازه‌ی زمانی $\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$ ثانیه در خلأ می‌پیماید.
- یکای جرم در SI کیلوگرم است و استاندارد جرم (۱kg) در SI ، جرم استوانه‌ای از جنس پلاتین – ایریدیوم است که در موزه‌ای در نزدیکی پاریس نگه‌داری می‌شود.

مثال حل شده

جرم پروتون $۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}\,kg$ و جرم الکترون $۹/۱۱\times۱۰^{-۳۱}\,kg$ 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، می‌توان نوشت:

$$\frac{m_p}{m_e}=\frac{۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}\,kg}{۹/۱۱\times۱۰^{-۳۱}\,kg}\simeq ۱۸۳۳$$

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

مثال حل شده

به جدول ۱-۳ کتاب درسی مراجعه کنید و نسبت بیش‌ترین طول به کم‌ترین طول را پیدا کنید.

حل: با توجه به جدول ۱-۳، بیش‌ترین طول مربوط به اندازه‌ی کیهان است که برابر $۲\times۱۰^{۲۶}\ m$ و کم‌ترین طول مربوط به شعاع پروتون و برابر $۱\times۱۰^{-۱۵}\ m$ است.

به این ترتیب نسبت بیش‌ترین طول به کم‌ترین طول برابر است با:

$$\frac{۲\times۱۰^{۲۶}\ m}{۱\times۱۰^{-۱۵}\ m}=۲\times۱۰^{۴۱}$$

مثال حل شده

با توجه به جدول ۱-۲ کتاب درسی، زمان متوسط بین دو تپش قلب انسان ۰/۸s است. قلب انسان در هر ثانیه تقریباً چند بار می‌تپد؟

حل: هر سال $۳/۱\times۱۰^{۷}$ ثانیه است بنابراین تعداد تپش‌های قلب در هر سال برابر است با:

$$\frac{۳/۱\times۱۰^{۷}\ s}{۰/۸\ s}=۳۸۷۵۰۰۰۰$$

یعنی قلب هر انسان در یک سال حدود ۴۰ میلیون بار می‌تپد.

۱. به جدول ۱-۲ 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 لبه‌ی قابل دید کیهان قرار دارند. فاصله‌ی کوازارها از زمین حدود $۲\times۱۰^{۲۶}\ m$ برورد 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؟
(از جدول ۱-۲ کتاب درسی استفاده کنید.)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۴. سریع‌ترین رشد گیاه متعلق به گیاهی موسوم به hesperoyucca است که در ۱۴ روز، ۳/۷ m رشد می‌کند (شکل ۱-۱). این گیاه در هر ثانیه چه‌قدر رشد می‌کند؟

شکل ۱-۱

.....

.....

.....

۵. در 6g آب، ۲×۱۰^{۲۳} عدد مولکول آب ($H_۲O$) وجود دارد. جرم یک مولکول آب چند گرم است؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

شکل ۱-۲

.....

.....

۱-۳ پیشوندها و تبدیل یکاها

در این بخش

در SI یکاهای بزرگ‌تر و کوچک‌تر با مضرب‌های ۱۰ یا $\frac{۱}{۱۰}$ 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 اندازه‌ی اولیه‌ی کمیت را در یک ضریب تبدیل ضرب می‌کنیم.

مثال حل شده

میکرومتر (μm) اغلب میکرون نامیده می‌شود. هر کیلومتر چند میکرون است؟

حل: با توجه به این که هر میکرون $۱۰^{-۶}\,m$ است داریم:

$$۱km = ۱۰^{۳}m = ۱۰^{۳}m \times \left(\frac{۱\mu m}{۱۰^{-۶}m}\right) = ۱۰^{۹}\mu m$$

مثال حل شده

نیم‌عمر یک هسته‌ی پرتوزا (رادیواکتیو) $۱/۵\times۱۰^{-۸}\,s$ است. این نیم‌عمر بر حسب میلی‌ثانیه (ms)، میکرو ثانیه (μm)، نانو ثانیه (ns) و پیکوثانیه (ps) چقدر است؟

حل:

$$۱/۵\times۱۰^{-۸}s = ۱/۵\times۱۰^{-۸}s \times \left(\frac{۱ms}{۱۰^{-۳}s}\right) = ۱/۵\times۱۰^{-۵}ms$$

$$۱/۵\times۱۰^{-۸}s = ۱/۵\times۱۰^{-۸}s \times \left(\frac{۱\mu s}{۱۰^{-۶}s}\right) = ۱/۵\times۱۰^{-۲}\mu s$$

$$۱/۵\times۱۰^{-۸}s = ۱/۵\times۱۰^{-۸}s \times \left(\frac{۱ns}{۱۰^{-۹}s}\right) = ۱۵\,ns$$

$$۱/۵\times۱۰^{-۸}s = ۱/۵\times۱۰^{-۸}s \times \left(\frac{۱ps}{۱۰^{-۱۲}s}\right) = ۱۵۰۰۰ps$$

مثال حل شده

لوله‌ی یک ماشین آتش‌نشانی در هر دقیقه ۳۰۰ لیتر آب روی آتش می‌ریزد. این عدد را بر حسب $m^{۳}/s$ بیان کنید. هر لیتر برابر $۱۰۰۰\,cm^{۳}$ است.

حل: ابتدا لیتر را بر حسب $m^{۳}$ به دست می‌آوریم:

$$۱lit = ۱۰۰۰\,cm^{۳} = ۱۰۰۰\,cm^{۳} \times \left(\frac{۱m^{۳}}{۱۰^{۶}cm^{۳}}\right) = ۱۰^{-۳}m^{۳}$$

به این ترتیب $۳۰۰۰\,lit/min$ برابر است با:

$$۳۰۰\,lit/min = ۳۰۰ \times \frac{۱۰^{-۳}m^{۳}}{۶۰s} = ۵\times۱۰^{-۳}\,\frac{m^{۳}}{s}$$

مثال حل شده

شخصی در یک پرهیز(رژیم) غذایی ۱/۸ kg در هفته جرم خود را از دست می‌دهد (یا اصطلاحاً وزن کم می‌کند). آهنگ از دست دادن جرم را بر حسب گرم بر ساعت بیان کنید .

حل: با توجه به این که هر هفته ۱۶۸ h و هر کیلوگرم 10^3 گرم است داریم

$$۱/۸\frac{\text{کیلوگرم}}{\text{هفته}} = ۱/۸ \times \frac{10^3 g}{۱۶۸ h} \approx ۱۰/۷ g/h$$

مثال حل شده

قلب شخصی در هر ثانیه $۹۲cm^3$ خون تلمبه می‌کند. اگر حجم خون این شخص ۵/۵ لیتر باشد، چه مدت طول می‌کشد تا این‌که همه‌ی خون در دستگاه گردش خون یک دور کامل بزند؟

حل: از آن‌جا که هر لیتر برابر $10^3 cm^3$ است داریم:

$$۵/۵ lit = ۵/۵ \times 10^3 cm^3$$

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

$$t = \frac{۵/۵ \times 10^3 cm^3}{۹۲ cm^3/s} \approx ۶۰ s$$

۷. اگر جرم $1cm^3$ آب ۱g باشد، جرم $1cm^3$ آب را برحسب kg پیدا کنید.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۸. جدول زیر را کامل کنید.

..... Eg	..... Gg	$۲/۱ \times 10^3$ kg
..... Tm	..... nm	۲۵۰ pm
..... ps	..... s	۴۲۰ ms
..... kg	..... μs	۱۴/۳ g
..... MB	..... GB	۲TB
..... μs	..... cm	$۱/۵ \times 10^7$ km
..... s	..... μs	۲×10^3 ns

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

۱۰. یک میلیارد ثانیه‌ی دیگر شما چند سال مسن‌تر می‌شوید؟ (فرض کنید هر سال ۳۶۵ روز است.)

۱۱. برچسب روی سس سالاد حجم محتوای آن را ۰/۴۷۳ لیتر اعلام می‌کند. با توجه به این‌که $1lit = 10^3 cm^3$ و $1in = 2/54\ cm$ است، این حجم را برحسب اینچ مکعب (in^3) بیان کنید. [اینچ (in) یکایی است که هنوز در بسیاری موارد به کار می‌رود.]

۱۲. چند اسکناس هزار تومانی را باید روی هم بگذارید تا به ماه برسد؟ آیا این کار ارزان‌تر از ساختن و فرستادن یک فضاپیما به ماه در می‌آید؟ (راهنمایی: ابتدا چند اسکناس هزار تومانی را روی هم بگذارید و ببینید چند اسکناس در 1mm جا می‌گیرد، هم‌چنین فاصله‌ی زمین تا ماه را ۳۸۴۰۰۰ کیلومتر بگیرید.)

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

۱۴. بزرگ‌ترین قطعه‌ی الماس بریده شده در جهان «اولین ستاره‌ی افریقا» نام دارد که بر عصای سلطنتی بریتانیا نصب شده است و در برج لندن نگهداری می‌شود. حجم آن ۱/۸۴ اینچ مکعب است. حجم این قطعه برحسب سانتی‌متر مکعب چه‌قدر است؟ برحسب متر مکعب چه‌قدر است؟($1in = 2/54cm$)

۱۵. فوت (ft) و مایل (mi) از جمله یکاهای طول هستند که هنوز کاربرد فراوانی دارند. با توجه با این‌که $1ft = 30/48cm$ و $1mi = 5280ft$ 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 می‌توان جای داد؟

۱-٤ 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 می‌کنیم.
- بزرگی یک بردار بنا بر تعریف یک کمیت نرده‌ای (یک عدد) و همواره مثبت است.
- جمع برداری از قانون تعویض‌پذیری پیروی می‌کند.

مثال حل شده

دو بردار A و B چه وضعیتی نسبت به هم داشته باشند تا:

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

ب) $\vec{A}+\vec{B}=\vec{C}$ و $A^2+B^2=C^2$

حل: الف) اگر دو بردار موازی و در یک جهت باشند این شرط برقرار است. (شکل ۱-۱۴ کتاب درسی را ببینید.)

ب) اگر دو بردار عمود بر یکدیگر باشند، این دو شرط برقرار است. (شکل ۱-۱۷ 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) $-3\vec{A}$

ب) $2\vec{A}-3\vec{B}$

پ) $3\vec{B}-\vec{A}$

حل: الف) بزرگی بردار $-3A$ برابر ۹ واحد و جهت آن جنوب به شمال است.

ب) چون بردارهای $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بر هم عمودند، بزرگی بردار $2A-3B$ برابر است با:

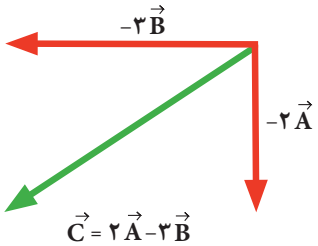
$C=\sqrt{4A^2+9B^2}=\sqrt{4\times9+9\times25}=16$ واحد

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

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

$C=\sqrt{9B^2+A^2}=\sqrt{9\times25+9}\approx15$ واحد

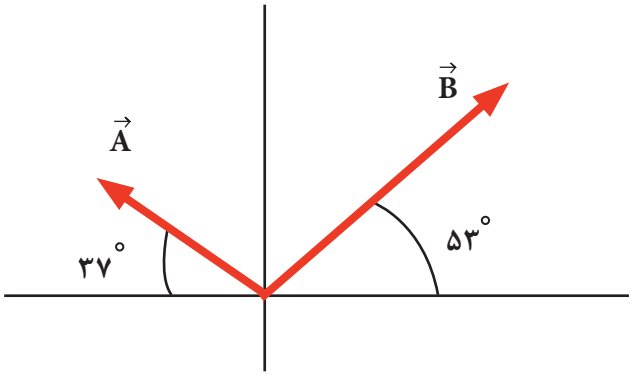
جهت بردار برایند به طرف شمال شرقی است. (چرا؟)



شکل ۱-۳

مثال حل شده

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



شکل ۱-۴

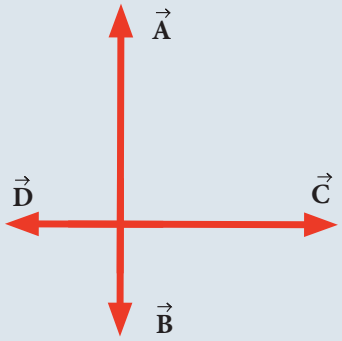
حل: با توجه به زاویه‌های داده شده، دو بردار $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بر یکدیگر عمودند. به این ترتیب داریم:

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

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

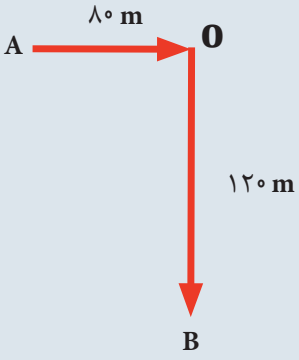
۱۸. بزرگی برایند دو بردار عمود بر هم $\vec{A}$ و $\vec{B}$ برابر ۲۵ واحد است. اگر $A=4B$ باشد، بزرگی بردار $\vec{B}$ چند واحد است؟

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



شکل ۱-۵

۲۰.دانش‌آموزی مطابق شکل ۱-۶ ازنقطه‌ی A به نقطه‌ی O و سپس به نقطه‌ی B جابه‌جا شده است. بزرگی جابه‌جایی این دانش‌آموز چند متر است؟



شکل ۱-۶

آزمون تشریحی فصل ۱

۱- گالیله در سال ۱۵۸۱، در حالی‌که 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 ورقه‌ی 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 رابطه‌ی $\pi r^3 h$ 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) $۲/۳\times۱۰^{۶}$ km = ... m = ... mm =..... nm

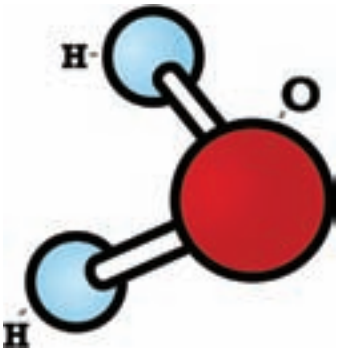
ب) ۴×۱۰^{۳} ps = ... ns = ... ms =..... s

پ) $۲/۴\times۱۰^{-۳}$ TB = ... GB = ... MB =..... kB

۶- برایند دو بردار عمود بر هم $\vec{A}$ و $\vec{B}$ برابر ۴۰ واحد است. اگر $۴A=۳B$ باشد، A چند واحد است؟

۷- اگر $\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}=۰$ و بزرگی سه بردار یکسان و برابر ۲۰ واحد باشد، در این صورت بزرگی $(\vec{A}+\vec{B}-\vec{C})$ چند واحد است؟

۸- هر یک مول اتم از هر عنصری شامل $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ اتم است. مثلاً تعداد مولکول‌های یک مول آب (یعنی ۱۸ گرم آب) برابر $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ عدد است (شکل ۱-۷). اگر پردازنده‌ی رایانه‌ای بتواند در هر ثانیه ۳/۶ میلیارد از اتم‌های این مقدار آب را بشمارد، چه مدت طول می‌کشد تا این رایانه همه‌ی مولکول‌های یک مول آب را بشمارد؟ پاسخ خود را بر حسب سال بیان کنید. (هر یک سال $۳/۱\times۱۰^{۷}$ ثانیه است.)



شکل ۱-۷

۹- جمع بردارهای نشان داده شده در شکل ۱-۸ را به‌طور جداگانه به دست آورید و بردار برایند را در هر حالت رسم کنید.

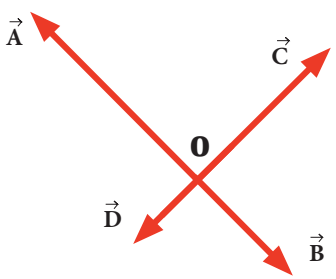
شکل ۱-۸

۱۰- جرم هر سانتی‌متر مکعب طلا ۱۹/۳۲ گرم است. از آن‌جا که طلا فلزی بسیار شکل‌پذیر است، می‌تواند به صورت یک برگه‌ی نازک یا یک رشته‌ی نازک درآید.

الف) اگر نمونه‌ای از طلا به جرم ۲۷/۶۲g به صورت برگه‌ای با ضخامت یک میکرون درآید، مساحت برگه چه‌قدر است؟

ب) اگر این نمونه، به صورت یک رشته‌ی استوانه‌ای به شعاع ۲/۵ میکرون درآید، طول این رشته چه‌قدر است؟

۱۱- شکل ۱-۹ چهار بردار عمود بر هم را نشان می‌دهد که نقطه‌ی O ابتدای آن‌ها است. بزرگی برایند 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.



شکل ۱-۹

آزمون چند گزینه‌ای فصل ۱

۱- سال نوری یکای کدام یک از کمیت‌های زیر است؟

الف) زمان ب) طول پ)سرعت

۲- ۲Gs برابر با چند میلی ثانیه است؟

الف) ۲×۱۰^{۹} ب) ۲×۱۰^{-۹} پ) ۲×۱۰^{۱۲} ت) ۲×۱۰^{-۱۲}

۳- عامل تبدیل km/h به m/s کدام است؟

الف) ۳/۶ ب) $\frac{۱۰}{۳۶}$ پ) ۳۶۰ ت) $\frac{۱۰۰۰}{۳۶}$

۴- فرض کنید a و b دو کمیت فیزیکی با یکاهای متفاوت باشند. کدام‌یک از گزینه‌های زیر از لحاظ فیزیکی با معنا است؟

الف) a+b ب) a-b پ) $\frac{a}{b}$

۵- برایند دو بردار هنگامی کمینه است که زاویه‌ی بین آن‌ها ..... درجه باشد.

الف) صفر ب) ۹۰ پ) ۱۸۰

۶- در صورتی دو رابطه‌ی $\vec{A}+\vec{B}=\vec{C}$ و $A+B=C$ برقرار است که بردارهای $\vec{A}$ و $\vec{B}$:

الف) موازی و بر خلاف جهت هم باشند.

ب) موازی و در جهت هم باشند.

پ) بر هم عمود باشند.

۷- بزرگی بردار $\vec{A}$ برابر ۴m و در جهت شمال به جنوب است. بزرگی و جهت بردار جابه‌جایی $\vec{B}=-۳\vec{A}$ چگونه است؟

الف) ۱۲m- ، شمال به جنوب ب) ۱۲m- ، جنوب به شمال

پ) ۱۲m ، شمال به جنوب ت) ۱۲m ، جنوب به شمال

۸- دو بردار $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بر هم عمودند و برایند آن‌ها با بردار $\vec{B}$ زاویه ۴۵ درجه می‌سازد. اگر بزرگی بردار $\vec{B}$ برابر ۱۲ واحد باشد، بزرگی بردار $\vec{A}$ چند واحد است؟

الف) ۶ ب) ۱۲ پ) $۶\sqrt{۲}$ ت) $۱۲\sqrt{۲}$

۹- بزرگی برایند دو بردار عمود بر هم a و $a\sqrt{۳}$ کدام است؟

الف) $a\sqrt{۲}$ ب) ۲a پ) $(۱+\sqrt{۳})a$ ت) ۴a

۱۰- در رابطه‌ی $x=\frac{۱}{۲}ct^{۲}$ یکای x برحسب متر و یکای t بر حسب ثانیه است. یکای c کدام است؟

الف) $ms^{۲}$ ب) ms پ) $ms^{-۱}$ ت) $ms^{-۲}$

بار الکتریکی و میدان الکتریکی

۲

در این فصل:

بار الکتریکی
خواص الکتریکی ماده
باردار ساختن ماده
قانون کولن
میدان الکتریکی
انرژی پتانسیل الکتریکی
خازن
آزمون تشریحی
آزمون چند گزینه‌ای

۲-۱ بار الکتریکی

در این بخش

به‌طور 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 نام‌گذاری هنوز به کار می‌رود.

دو بار مثبت یا دو بار منفی یکدیگر را دفع می‌کنند. یک بار مثبت و یک بار منفی یکدیگر را می‌ربایند.

ساختار اتم را می‌توان برحسب سه ذره توصیف کرد: الکترون با بار منفی، پروتون با بار مثبت و نوترون بدون بار. پروتون‌ها و نوترون‌ها در هسته‌ی اتم قرار دارند و الکترون‌ها گرداگرد هسته می‌چرخند.

اگر یک یا چند الکترون از اتم جدا شود، ساختار به جا مانده با بار مثبت را یون مثبت می‌نامند.

یک یون منفی اتمی است که یک یا چند الکترون اضافی به دست آورده است.

هنگامی که در یک جسم، شمار کل پروتون‌ها با شمار کل الکترون‌ها برابر باشد، بار کل صفر است و جسم از نظر الکتریکی خنثا است.

در هر فرایند باردهی، باری خلق یا نابود نمی‌شود؛ بلکه صرفاً از جسمی به جسم دیگر انتقال می‌یابد.

پایستگی بار الکتریکی یک قانون پایستگی جهانی شناخته می‌شود. هیچ گواه تجربی در خصوص نقض این اصل هرگز مشاهده نشده است.

مثال حل شده

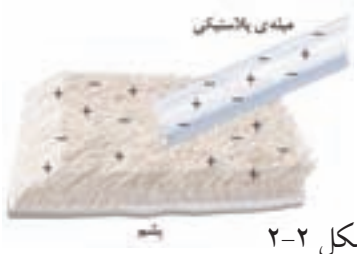
شکل ۲-۱ وضعیت دو بادکنک باردار را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. در خصوص بار این بادکنک‌ها چه می‌توان گفت؟

شکل ۲-۱

پاسخ: چون دو بادکنک به طرف یکدیگر جذب شده‌اند، بار آن‌ها ناهمنام است.

مثال حل شده

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

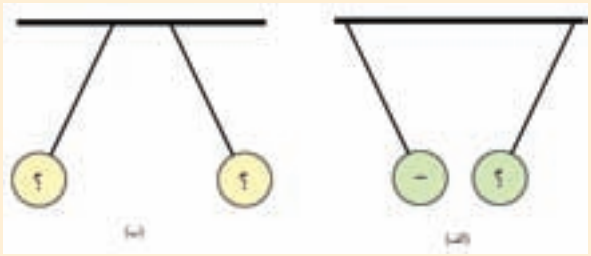


شکل ۲-۲

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

الکترون $\quad 19/2\times10^{-6}\,C = n(1/6\times10^{-19}\,C) \Rightarrow n = 12\times10^{13}$

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



شکل ۲-۳

.....

.....

.....

.....

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

شکل ۲-۴

.....

.....

.....

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.

۴. شکل ۲-۵ یک میله‌ی شیشه‌ای و پارچه‌ی ابریشم را قبل و پس از مالش به یکدیگر نشان می‌دهد. اگر پس از مالش 3×10^{13} الکترون از میله‌ی شیشه‌ای جدا شده باشد، بار پارچه‌ی ابریشمی پس از مالش چه‌قدر است؟

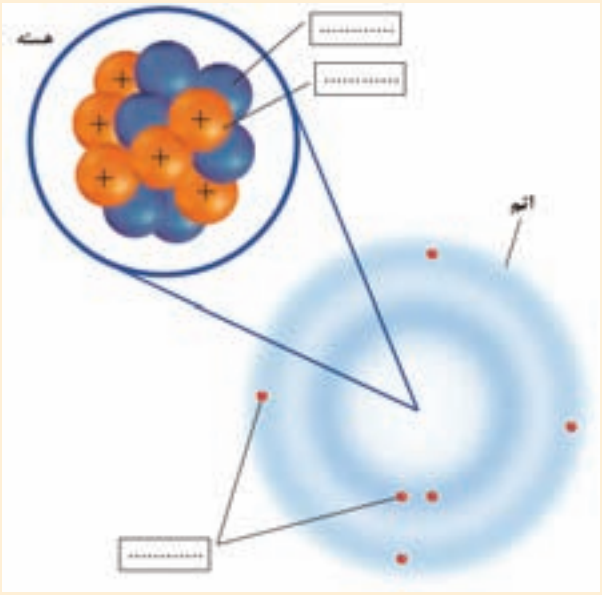
شکل ۲-۵

.....

.....

.....

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 سازنده‌ی اتم به شرح زیر است:

جرم پروتون = $۱/۶\times۱۰^{-۲۷}$ kg

جرم نوترون = $۱/۶\times۱۰^{-۲۷}$ kg

جرم الکترون = $۱/۱\times۱۰^{-۳۱}$ 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، نیم رسانا 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

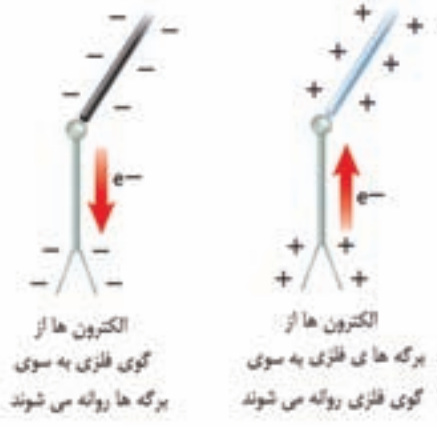
الکتروسکوپ یا برق‌نما ابزار ساده‌ای متشکل از یک گوی فلزی است که توسط میله‌ی رسانایی به دو برگه‌ی فلزی نازک متصل شده است (شکل ۲-۷). این دو برگه برای محافظت از آشفتگی‌های هوا در شیشه قرار گرفته‌اند.

شکل ۲-۷

الف) وقتی جسم بارداری را به گوی فلزی نزدیک کنیم یا تماس دهیم، برگه‌های 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 ۲-۸ 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 ۲-۸

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 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 ۲-۹ 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، چه‌طور؟

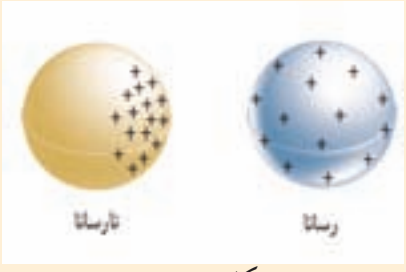
شکل ۲-۹

.....

.....

.....

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



شکل ۲-۱۰

.....

.....

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 ملکول قطبیده است.
- اجسام رسانا را به سادگی می‌توان به روش القایی باردار کرد.

مثال حل شده

دو کره‌ی فلزی مشابه A و B که روی پایه‌های عایقی قرار دارند به ترتیب دارای بار الکتریکی $+۴\,mC$ و $-۷\,mC$ هستند. این دو کره را توسط پایه‌های عایق آن‌ها گرفته و با یکدیگر تماس می‌دهیم. پس از تماس بار هر کره چه‌قدر است؟

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

$$q = \frac{(+۴mC)+(-۷mC)}{۲} = -۱/۵mC$$

به عبارت دیگر بار هر کره پس از تماس برابر $-۱/۵\,mC$ خواهد بود.

مثال حل شده

جاذبه‌ی بین یک جسم باردار و یک رسانای بدون بار متصل به زمین کاربردهای عملی مهم زیادی دارد، از آن جمله فرایند نقاشی (رنگ‌کاری) 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 حالی‌که ریز قطره‌ها به جسم نزدیک می‌شوند، بارهای القایی با علامت مخالف در جسم ظاهر می‌شوند و ریز قطره‌ها را به سطح جسم می‌ربایند. این فرایند، افشانده شدن چند باره‌ی رنگ از ابرهای ذره‌های سرگردان رنگ را کمینه می‌کند و پرداخت هموار ویژه‌ای به سطح می‌دهد.

شکل ۲-۱۱

۹. کره‌ی فلزی بی‌باری توسط یک نخ نایلونی آویزان شده است. هنگامی که یک میله‌ی شیشه‌ای با بار مثبت را به کره‌ی فلزی نزدیک می‌کنیم، کره به طرف میله کشیده می‌شود. ولی اگر کره با میله تماس یابد به‌طور ناگهانی از میله دور می‌شود. توضیح دهید که چرا کره نخست جذب و سپس دفع می‌شود.

.....

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۱۱. وقتی یک میله‌ی باردار را به یک تکه‌ی کوچک کاغذ بدون بار نزدیک کنیم، به طرف آن جذب می‌شود (شکل ۲-۱۲). توضیح دهید چرا.

شکل ۲-۱۲

.....

.....

۱۲. دو کره‌ی موازی مشابه A و B که هر یک روی پایه‌ی عایقی قرار دارند، با یکدیگر در تماس‌اند. میله‌ای پلاستیکی با بار منفی، مطابق شکل ۲-۱۳ نزدیک کره‌ی A آورده شده است.

شکل ۲-۱۳

الف) میله‌ی باردار چه تأثیری بر الکترون‌های آزاد کره‌های A و B دارد؟

ب) اگر هنگامی که میله‌ی باردار نزدیک کره‌ی A است، کره‌ها را توسط پایه‌های عایق آن‌ها از هم جدا کنیم، کره‌ها چه تفاوتی با هم خواهند داشت؟

پ) چه ترتیبی باید اتخاذ کرد تا کره‌های A و B به‌طور برابر دارای بار مثبت شوند.

.....

.....

۲-۴ قانون کولن

در این بخش

قانون حاکم بر ربایش و رانش بارهای الکتریکی نقطه‌ای را اولین بار کولن فیزیک‌دان فرانسوی در سال ۱۷۸۴ پس از آزمایش‌های زیاد به‌طور کمی به دست آورد.

بزرگی نیروی وارد بر هر یک از ذره‌های باردار بنا به قانون کولن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

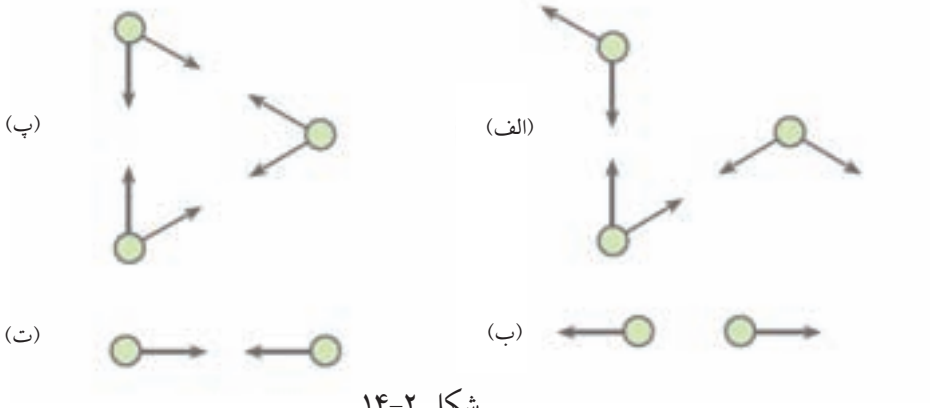
$$F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

قانون کولن تنها برای اجسام بارداری که اندازه‌ی آن‌ها خیلی کوچک‌تر از فاصله‌ی میان آن‌ها باشد صادق است. به عبارت دیگر این قانون فقط در مورد بارهای نقطه‌ای با حالتی که بیان شد برقرار است.

جهت نیروهایی که دو بار بر یکدیگر وارد می‌کنند همواره در راستای خطی است که آن‌ها را به هم متصل می‌کند. هنگامی که بارهای q_1 و q_2 هم علامت باشند، یعنی هر دو مثبت یا هر دو منفی باشند نیروها دافعه‌اند؛ هنگامی که بارها علامت مخالف دارند، نیروها جاذبه‌اند.

مثال حل شده

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



شکل ۲-۱۴

پاسخ: در شکل (الف)، دو باری که یکدیگر را می‌رانند دارای بار موافق‌اند (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 موافق‌اند. در شکل (ت) علامت دارای بار مخالف‌اند.

مثال حل شده

دو بار نقطه‌ای $q_1 = 3\mu C$ و $q_2 = -4\mu C$ در فاصله‌ی 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:

$$F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2} = (9\times10^9\ N.m^2/C^2)\frac{|(3\times10^{-6}C)(-4\times10^{-6}C)|}{(6\times10^{-2})^2} = 3\times10^{-2}N$$

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

مثال حل شده

بزرگی نیروی الکتریکی بین دو یون مشابه مثبت که به فاصله‌ی $۵\times۱۰^{-۱۰}\,m$ از یکدیگر واقع‌اند، برابر $۳/۷\times۱۰^{-۹}\,n$ است.

الف) بار هر یون چه‌قدر است؟

ب) هر اتم چند الکترون از دست داده است؟

حل: الف) با توجه به فرض مسئله دو یون مشابه‌اند، بنابراین $q_۱ = q_۲ = q$ ، در این صورت:

$$F = k\frac{q^۲}{r^۲} \Rightarrow ۳/۷\times۱۰^{-۹}\,N = (۹\times۱۰^{۹}\,N.m^۲/C^۲)\frac{q^۲}{(۵\times۱۰^{-۱۰}\,m)^۲}$$

در نتیجه

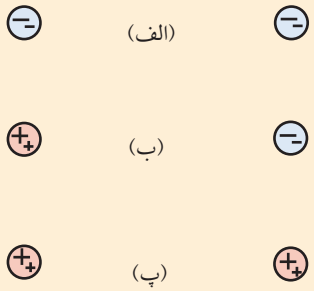
$$q^۲ = ۱/۰۲\times۱۰^{-۳۷}\,C^۲ \Rightarrow q = ۳/۲\times۱۰^{-۱۹}\,C$$

ب) با توجه به رابطه‌ی $q = ne$ داریم:

$$n = \frac{۳/۲\times۱۰^{-۱۹}\,C}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C} = ۲$$

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

۱۳. برای هر جفت از بارهای الکتریکی نقطه‌ای شکل ۲-۱۵، 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 − اندازه‌ی بار الکتریکی یکسانی را نشان می‌دهند.



شکل ۲-۱۶

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۱۵. فاصله‌ی دو پروتون در هسته‌ی اتم آهن تقریبا $۴\times۱۰^{-۱۵}\,m$ است. بزرگی نیروی الکتریکی میان این دو ذره چه‌قدر است؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

۵-۲ 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 به‌وسیله‌ی جسم‌های باردار دیگر ایجاد شده است وارد می‌شود.

میدان الکتریکی در یک نقطه‌ی معین برابر است با نیروی الکتریکی به ازای واحد بار، یعنی: $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_۰}$

یکای میدان الکتریکی در SI ، نیوتون بر کولن (N/C) است.

بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک بار نقطه‌ای q در فاصله‌ی r از آن، از رابطه‌ی $E=k\frac{|q|}{r^۲}$ به دست می‌آید.

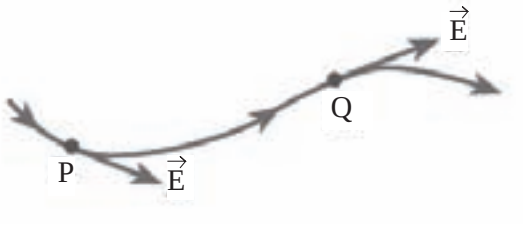
بنا به تعریف جهت میدان الکتریکی یک بار نقطه‌ای همواره به دور از یک بار مثبت و به سوی یک بار منفی است.

بزرگی و جهت میدان الکتریکی در بعضی وضعیت‌ها در همه جای درون یک ناحیه‌ی 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 کوچک‌تر است.

مثال حل شده

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

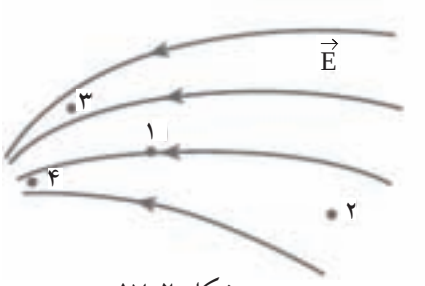


شکل ۲-۱۶

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

مثال حل شده

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

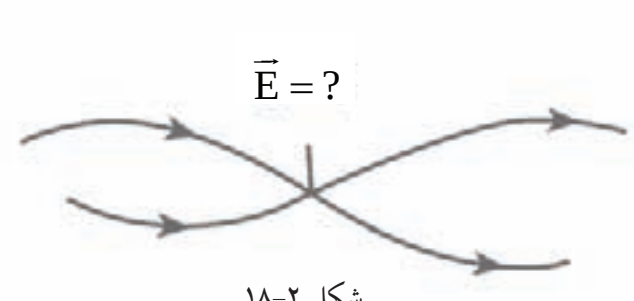


شکل ۲-۱۷

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

مثال حل شده

شکل ۲-۱۸ 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 ۲-۱۸

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 فاصله‌ی ۰/۱mm از یک بار نقطه‌ای، بزرگی میدان الکتریکی ۴۵۰۰۰ N/C است. مقدار بار الکتریکی چه‌قدر است؟

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

$$۴۵۰۰۰ N/C = (۹\times۱۰^۹ N.m^2/C^2)\frac{|q|}{(۰/۱\times۱۰^{-۳} m)^2}$$

در نتیجه بزرگی بار برابر است با:

$$|q| = ۵\times۱۰^{-۱۴} C$$

مثال حل شده

بزرگی میدان الکتریکی ناشی از بار q در محلی که بار الکتریکی نقطه‌ای ۸+ μC قرار دارد ، برابر $۵\times۱۰^۴ N/C$ است. بزرگی نیرویی که از طرف این میدان بر بار ۸+ μC وارد می‌شود، چه‌قدر است؟

حل: با توجه به رابطه‌ی $E = \frac{F}{q_۰}$ داریم:

$$F = q.E = (۸\times۱۰^{-۶} C)(۵\times۱۰^۴ N/C) = ۰/۴N$$

مثال حل شده

ذره‌ای دارای بار الکتریکی ۳- nC است.

الف) بزرگی و جهت میدان الکتریکی ناشی از این ذره را در نقطه‌ای که ۰/۲۵ m درست در بالای آن قرار دارد، بیابید.

ب) میدان الکتریکی این ذره در چه فاصله‌ای از آن دارای بزرگی ۱۲ N/C است؟

شکل ۲-۱۹

حل: الف) بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

$$E = k\frac{|q|}{r^2} = (۹\times۱۰^۹ N.m^2/C^2)\frac{|-۳\times۱۰^{-۹} C|}{(۰/۲۵m)^2} = ۴۳۲N/C$$

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

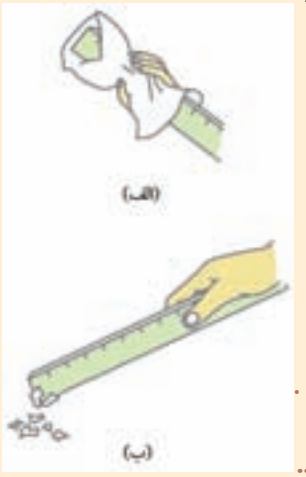
ب) دوباره با توجه به رابطه‌ی $E = k\frac{|q|}{r^2}$ داریم:

$$۱۲N/C = (۹\times۱۰^۹ N.m^2/C^2)\frac{۳\times۱۰^{-۹} C}{r^2}$$

$$r^2 = \frac{۴}{۹}m^2 \Rightarrow r = \frac{۲}{۳}m$$

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

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



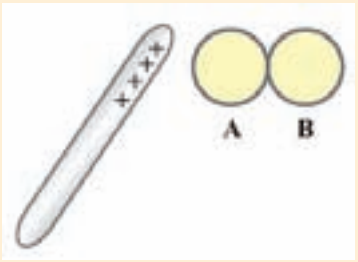
شکل ۲-۲۰

۱۸. کره‌های فلزی A و B مشابه و در ابتدا بدون بار و با یکدیگر در تماس‌اند. با نزدیک کردن میله‌ی باردار مثبت (بدون تماس) به کره‌ی A مطابق (شکل ۲-۲۱)

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

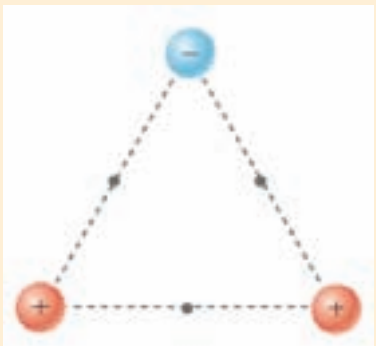
ب) کدام ویژگی میله‌ی باردار سبب این وضعیت شده است؟

پ) اگر میله‌ی باردار را از سمت راست به کره‌ی B نزدیک کنیم، پرسش الف را دوباره پاسخ دهید.



شکل ۲-۲۱

۱۹. بردار میدان الکتریکی برایند ناشی از بارهای نقطه‌ای را در هر یک از نقطه‌های مشخص شده در شکل ۲-۲۲ رسم کنید. توجه کنید طول هر بردار باید نشان دهنده‌ی بزرگی میدان برایند باشد.

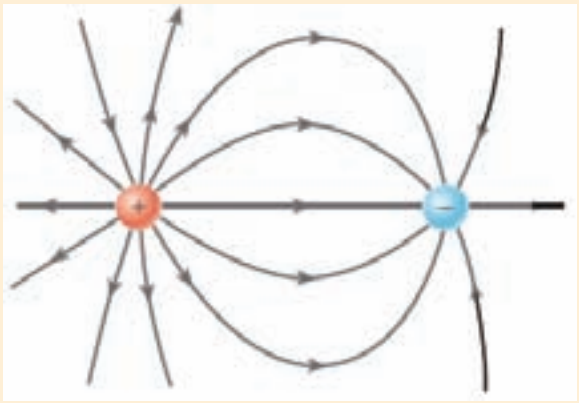


شکل ۲-۲۲

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

شکل ۲-۲۳

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.

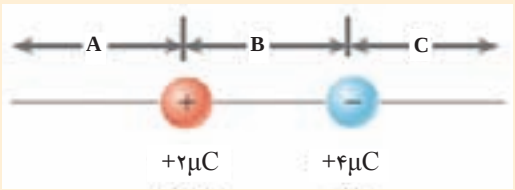


شکل ۲-۲۴

.....

.....

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



شکل ۲-۲۵

.....

.....

.....

۲۳. میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای q در فاصله‌ی ۲۵ cm از آن ۲۰۰ N/C است. اگر ۲۵ cm دیگر از بار q دور شویم، بزرگی میدان الکتریکی چه‌قدر خواهد شد؟

.....

.....

.....

.....

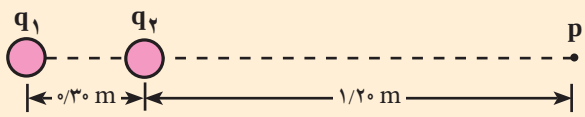
.....

.....

.....

.....

۲۴. بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند ناشی از بارهای نقطه‌ای $q_1 = +۴۰nC$ و $q_2 = +۱۰nC$ را در نقطه‌ی p تعیین کنید. (شکل ۲-۲۶)



شکل ۲-۲۶

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۶-۲ انرژی پتانسیل الکتریکی

در این بخش

- انرژی‌ای که هر جسم باردار به واسطه‌ی 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 رابطه‌ی $V = U / q$ به دست می‌آید.
- اختلاف پتانسیل یا ولتاژ دو نقطه نسبت به یکدیگر از رابطه‌ی $\Delta V = \Delta U / q$ 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 شوی میپتانسیل 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 $q = +۲\mu C$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_۱ = ۱۰\ V$ به نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_۲ = -۴۰$ V جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی این بار چند ژول است و چگونه تغییر می‌کند؟

حل: با توجه به رابطه‌ی $\Delta V = \Delta U / q$ داریم:

$$(-۴۰V) - (۱۰V) = \frac{\Delta U}{۲\times ۱۰^{-۶} C} \Rightarrow \Delta U = -۱۰^{-۴} J$$

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

مثال حل شده

پایانه‌ی مثبت باتری ۲۴ ولتی یک کامیون را به زمین وصل کرده‌ایم. پتانسیل الکتریکی پایانه‌ی منفی آن در هر یک از دو حالت زیر چند ولت می‌شود؟

الف) پتانسیل الکتریکی زمین صفر فرض شود.

ب) پتانسیل الکتریکی زمین $+۱۰۰۰\ V$ فرض شود.

حل: الف)

$$\Delta V = V_+ - V_- \Rightarrow ۲۴V = ۰ - V_- \Rightarrow V_- = -۲۴V$$

ب)

$$\Delta V = V_+ - V_- \Rightarrow ۲۴V = ۱۰۰۰ - V_- \Rightarrow V_- = -۹۷۶V$$

مثال حل شده

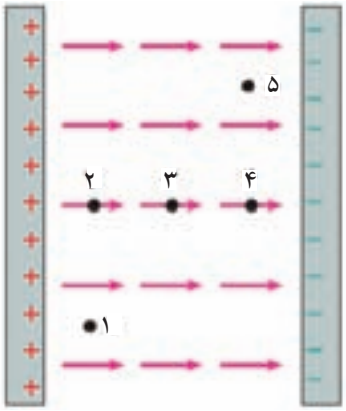
بار الکتریکی $+q$ سه مسیر متفاوت را روی خط راست درون میدان الکتریکی یکنواخت طی می‌کند (شکل ۲-۲۷).

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.



شکل ۲-۲۷

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

در مسیر دوم با حرکت بار از نقطه‌ی ۱ به ۲ پتانسیل الکتریکی تغییری نمی‌کند ولی با حرکت از ۲ به ۳ به ۴ پتانسیل رو به کاهش و ۴ به ۵ پتانسیل تغییری نمی‌کند.

در مسیر سوم از نقطه‌ی 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 $12V$ ، هرگاه بار الکتریکی $q = -2C$ از پایانه‌ی منفی تا پایانه‌ی مثبت جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟

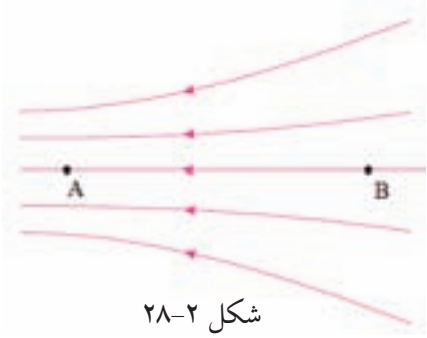
حل: با توجه به رابطه‌ی $\Delta V = \Delta U / q$ داریم:

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

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

مثال حل شده

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



شکل ۲-۲۸

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

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

.....

.....

.....

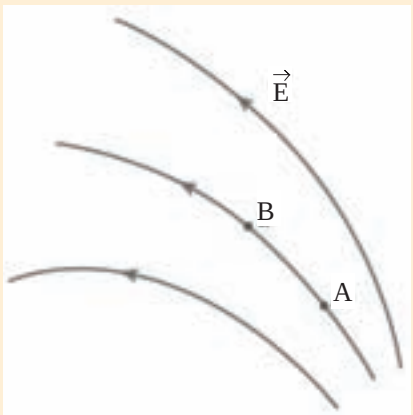
.....

.....

.....

.....

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



شکل ۲-۲۹

.....

.....

۲۷. میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ در جهت محور X وجود دارد. نقطه‌ی a را به فاصله‌ی ۰/۸ m و نقطه‌ی b را به فاصله‌ی ۱/۲ m از مبدأ در نظر بگیرید. ولتاژ بین این دو نقطه ۶۰۰ V است.

الف) پتانسیل الکتریکی کدام یک از نقطه‌ها بیش‌تر است؟

ب) بار الکتریکی $-0/2\ \mu C$ از a به b حرکت می‌کند. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار را پیدا کنید.

.....

.....

.....

.....

۲۸. باتری ۱۲ ولتی اتومبیلی می‌تواند از طریق یک مدار، بارکل ۸۴ A.h (آمپر ساعت) را از پایانه‌ای به پایانه‌ی دیگر بفرستد.

الف) این بار معادل چند کولن است؟

ب) اگر تمام بار تحت ولتاژ ۱۲V باشد، چه مقدار انرژی کسب می‌کند؟

.....

.....

.....

.....

۷-۲ خازن

در این بخش

- خازن‌ها وسیله‌های برای ذخیره‌ی 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 فاصله‌ی 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. صفحه‌ی مثبت به پایانه‌ی مثبت و صفحه‌ی منفی به پایه‌ی منفی باتری وصل است.
- فرایند شارژ شدن یک خازن وقتی تکمیل می‌شود که ولتاژ دو صفحه‌ی خازن با ولتاژ پایانه‌های باتری برابر شود.
- هر خازن دارای ظرفیت معینی است که تنها به شکل هندسی صفحه‌های آن و ماده‌ی دی‌الکتریکی که بین صفحه‌های آن قرار می‌گیرد بستگی دارد.
- ظرفیت یک خازن C با رابطه‌ی $C = Q/\Delta V$ به کمیت‌های ΔV و Q مرتبط می‌شود.
- یکای ظرفیت خازن کولن بر ولت است که فاراد (F) نامیده می‌شود.فاراد یکای بزرگی است به‌طوری که ظرفیت بیش‌تر خازن‌ها از مرتبه‌ی میکروفاراد و نانوفاراد است.
- خازن شارژ شده هنگامی تخلیه (دشارژ) می‌شود که دو صفحه‌ی رسانای آن توسط یک سیم رسانا به یکدیگر وصل شوند.
- ظرفیت یک خازن تخت که مساحت هر صفحه‌ی آن A و به فاصله‌ی d از یکدیگر واقع‌اند از رابطه‌ی $C = \varepsilon_0 A/d$ به دست می‌آید که در آن ε_0، ثابت گذر دهی خلأ نامیده می‌شود.

مثال حل شده

به دو سر یک خازن $۱۰۰\ \mu C$ اختلاف پتانسیل $۲۴\ V$ توسط یک باتری اعمال می‌کنیم. بار ذخیره شده در خازن چه‌قدر است؟

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

$$Q = C\Delta V = (۱۰۰\times۱۰^{-۶}\,F)(۲۴\,V) = ۲۴\times۱۰^{-۴}\,C$$

مثال حل شده

بار ذخیره شده در خازنی که توسط یک باتری ۱۲ ولتی باردار شده است $14\,\mu C$ است. پس از مدتی حدود μC ۴ 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 رابطه‌ی $C = Q/\Delta V$ ظرفیت خازن را که همواره مقداری ثابت و مستقل از بار و ولتاژ است به دست می‌آوریم.

$$C = \frac{14\times10^{-6}\,C}{12\,V} = \frac{7}{6}\times10^{-6}\,F$$

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

$$C = \frac{Q'}{\Delta V'} \Rightarrow \Delta V' = \frac{10\times10^{-6}\,C}{\frac{7}{6}\times10^{-6}\,F} = \frac{60}{7}\,V \approx 8/6\,V$$

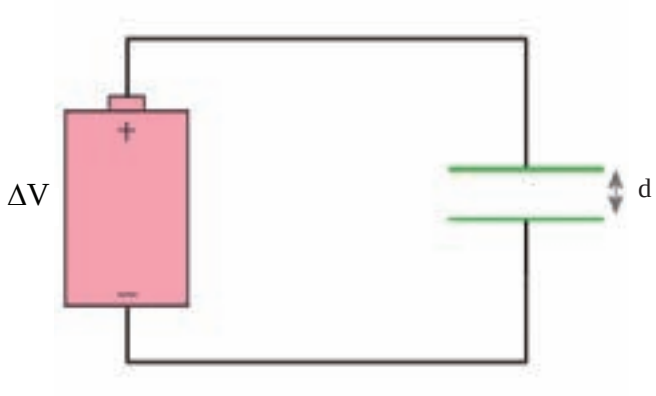
مثال حل شده

دو سر خازن تختی را که فاصله‌ی صفحه‌های آن d است مطابق شکل ۲-۳۰ به باتری با ولتاژ ΔV وصل می‌کنیم. بدون قطع کردن هرگونه اتصالی، فاصله‌ی صفحه‌های خازن را به ۲ d می‌رسانیم. هر یک از موارد زیر را بررسی کنید و ببینید چه تغییری می‌کند.

الف) ولتاژ دو سر خازن

ب) ظرفیت خازن

پ) بار ذخیره شده در خازن



شکل ۲-۳۰

پاسخ: الف) چون ولتاژ دو سر باتری تغییری نکرده است لذا ولتاژ دو سر خازن نیز ثابت مانده و همان مقدار ΔV است.

ب) ظرفیت خازن کاهش یافته است. زیرا با توجه به رابطه‌ی $C = \varepsilon_0 A/d$ ، فاصله‌ی صفحه‌های آن افزایش و در نتیجه ظرفیت کاهش یافته است. به عبارت دیگر، ظرفیت خازن نصف مقدار اولیه شده است.

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

مثال حل شده

مساحت هر یک از صفحه‌های خازن تختی $18\ cm^2$ است. اگر فاصله‌ی بین صفحه‌های خازن $2\ mm$ و بین صفحه‌ها هوا باشد، ظرفیت خازن چه‌قدر است؟

حل: با توجه به رابطه‌ی $C = \varepsilon_0 A / d$ داریم:

$$C = (8/85\times10^{-12}\ F/M)\frac{(18\times10^{-4}\ m^2)}{(2\times10^{-3}\ m)} = 7/965\times10^{-12}\ F = 7/965\ pF$$

مثال حل شده

مساحت یک ابر باران زا که در ارتفاع $1\ km$ از سطح زمین قرار دارد $2\times10^4\ m^2$ و اختلاف پتانسیل میان ابر زمین $150\ kV$ است . اگر ابر و سطحی از زمین را که زیر آن قرار دارد به صورت دو صفحه ی موازی یک خازن فرض کنیم ، ظرفیت و بار ذخیره شده در آن چقدر است؟

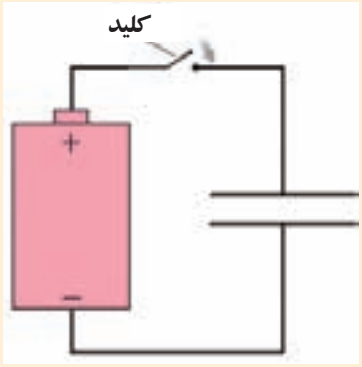
حل : با استفاده از رابطه $C = \varepsilon_0 A / d$ داریم

$$C = (8/85\times10^{-12}\ F/M)\frac{(18\times10^{-4}\ m^2)}{(10^3\ m)} = 17/7\times10^{-11}\ F$$

بار ذخیره شده در این خازن برابر است با

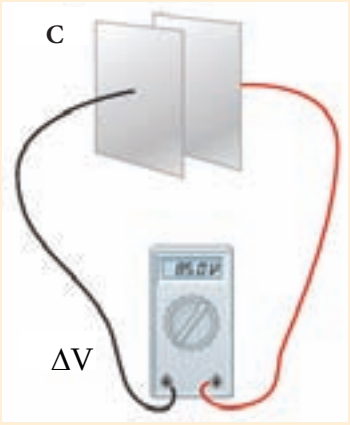
$$Q = C\Delta V = (17/7\times10^{-11}\ F)(15\times10^3\ V) \approx 2/7\times10^{-5}\ C = 27\mu C$$

۲۹. خازن شکل ۲-۳۱ دارای ظرفیت $25\ \mu F$ و در ابتدا بدون بار است. باتری، اختلاف پتانسیل $120\ V$ را فراهم می‌کند. پس از آن که کلید بسته شود، چه‌قدر بار از آن خواهد گذشت؟



شکل ۲-۳۱

۳۰. ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن باردار را ۸۵ ولت نشان می‌دهد (شکل ۲-۳۲). اگر بار ذخیره شده در خازن $5\ \mu C$ باشد، ظرفیت خازن چه‌قدر است؟



شکل ۲-۳۲

۳۱. در نظر داریم با دو صفحه‌ی فلزی تخت، هر یک به مساحت $1m^2$ ، یک خازن تخت بسازیم.

الف) برای آن‌که ظرفیت این خازن ۱F شود، فاصله‌ی بین صفحه‌های آن باید چه‌قدر باشد؟

ب) آیا در عمل، این خازن را می‌توان ساخت؟

.....

.....

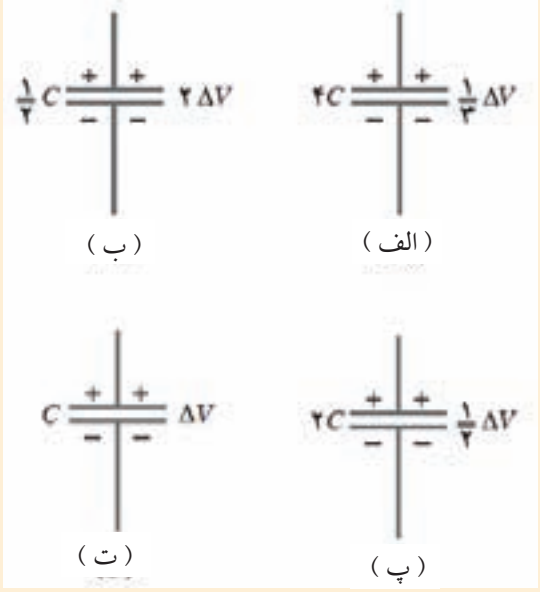
.....

.....

.....

.....

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



شکل ۲-۳۳

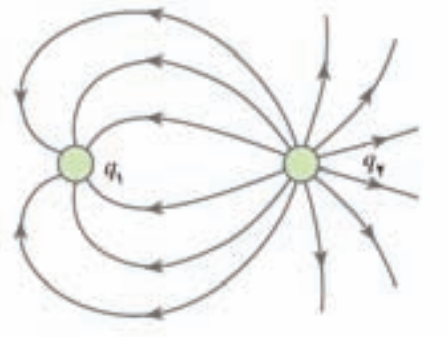
.....

.....

.....

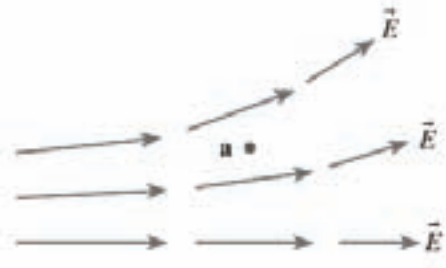
آزمون تشریحی فصل ۲

۱- شکل ۲-۳۴ 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.



شکل ۲-۳۴

۲- شکل ۲-۳۵ خط‌های میدان الکتریکی را در ناحیه‌ای از فضا نشان می‌دهد. آیا در نقطه‌ی 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؟



شکل ۲-۳۵

۳- عبارت‌های درس 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☐)

۴-جمله‌های زیر را به کمک جعبه‌ی کلمه‌ها کامل کنید.

کم‌تر ، بیش‌تر ، بزرگی ، کوچکی ، دارند ، ندارند ،
$\Delta V/Q$ ، $Q/\Delta V$ ، $1V/1C$ ، $1C/1V$

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.

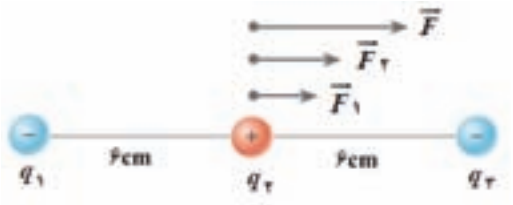
پ) ظرفیت خازن از رابطه‌ی ..... به دست می‌آید.

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

۵- سه بار نقطه‌ای $q_1 = 8\mu C$ ، $q_2 = 12\mu C$ و $q_3 = 4\mu C$ مطابق شکل ۲-۳۶ در امتداد محور واقع‌اند.

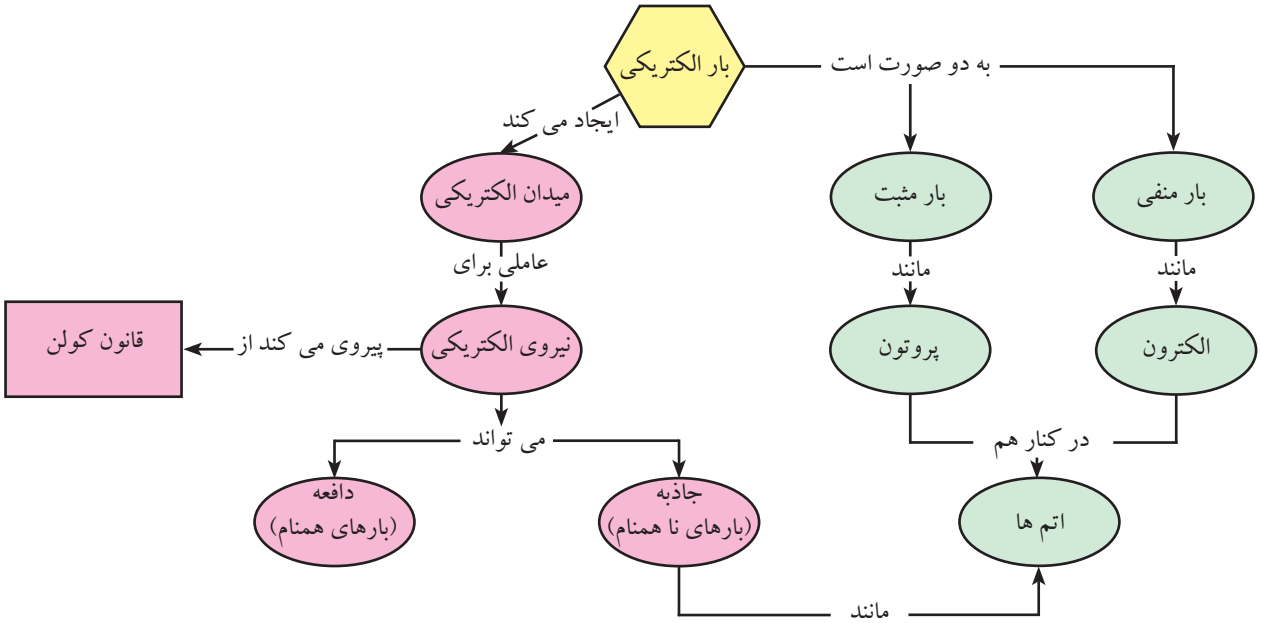
الف) هر یک از نیروهای $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ و $\vec{F}$ نماینده‌ی چه نیرویی هستند؟

ب) بزرگی برایند نیروهای الکتریکی وارد بر نقطه‌ای q_3 را پیدا کنید.



شکل ۲-۳۶

۶- نقشه‌ی مفهومی زیر را به صورت یک متن بنویسید.



۷- در شکل ۲-۳۷ نقطه یا نقطه‌هایی را مشخص کنید که در آن نقطه یا نقطه‌ها برایند میدان الکتریکی صفر است.

۸- بزرگی میدان الکتریکی در فاصله‌ی ۱۰ cm از یک ذره‌ی باردار ۱۰ nC چه‌قدر است؟

۹- بزرگی یک بار نقطه‌ای که میدان الکتریکی ۱ N/C را در نقاطی به فاصله‌ی ۱ m از آن ایجاد می‌کند، چه‌قدر است؟

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

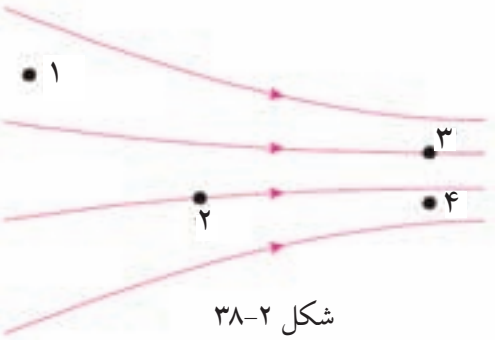
ب) خازنی به ظرفیت ۱۰ pF را به کمک یک باتری که ولتاژ دو سر آن ۱۲ V است، باردار می‌کنیم. بار ذخیره شده در خازن چه‌قدر است؟

شکل ۲-۳۷

آزمون چند گزینه‌ای فصل ۲

۱- بار نقطه‌ای $1\ \mu C$ را در کدام نقطه از میدان الکتریکی شکل ۲-۳۸ قرار دهیم تا بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر آن کم‌ترین مقدار باشد؟

الف) ۱ ب) ۲ پ) ۳ ت) ۴

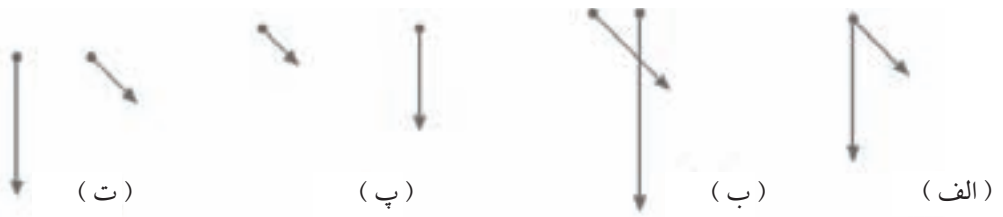


شکل ۲-۳۸

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

الف) $\frac{۳}{۸}F$ ب) $\frac{۱}{۲}F$ پ) $\frac{۱}{۴}F$ ت) $\frac{۱}{۱۶}F$

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؟

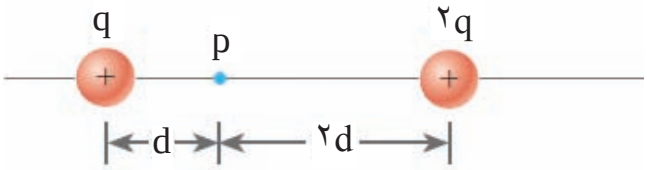


۴- با توجه به شکل ۲-۳۹ در چه ناحیه‌هایی میدان الکتریکی برایند ناشی از دو بار نقطه‌ای q و q صفر است؟

الف) سمت راست بار $2q$ ب) بین بار $2q$ و نقطه‌ی

پ) بین نقطه‌ی و بار q ت) هر دو گزینه‌ی الف و پ

ث) هر دو گزینه‌ی ب و ت



شکل ۲-۳۹

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

الف) ۱ ب) ۳ پ) ۹ ت) $\frac{۱}{۳}$

۶- در فضای بین صفحه‌های خازن تختی، ۵ نقطه مطابق شکل ۲-۴۰ مشخص شده است. کدام گزینه پتانسیل الکتریکی این نقطه‌ها را با یکدیگر به درستی مقایسه کرده است؟

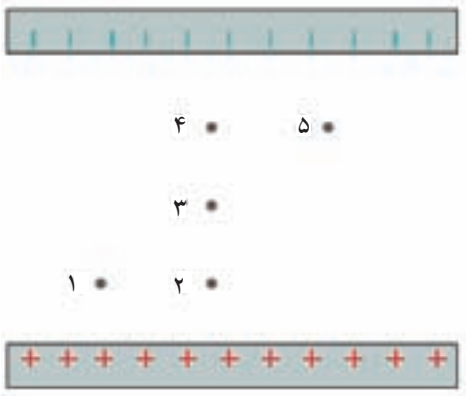
الف) $V_۱ = V_۲ < V_۳$

ب) $V_۲ = V_۳ = V_۴$

پ) $V_۱ = V_۲ > V_۵$

ت) $V_۱ < V_۴ = V_۵$

ث) $V_۱ = V_۵ > V_۳$



شکل ۲-۴۰

۷- خازن تختی را پس از شارژ شدن، از باتری جدا می‌کنیم. اگر بدون اتصال صفحه‌های آن، دو صفحه را از هم دور کنیم، ظرفیت و ولتاژ بین صفحه‌ها به ترتیب (از راست به چپ) چگونه تغییر می‌کند؟

الف) افزایش - افزایش ب) کاهش - کاهش

پ) کاهش - افزایش ت) افزایش - کاهش

۸- اگر فاصله‌ی صفحه‌های خازن تختی را نصف و ولتاژ بین دو صفحه را دو برابر کنیم، بار ذخیره شده در خازن چند برابر می‌شود؟

الف) $\frac{۱}{۴}$ ب) ۱ پ) ۲ ت) ۴

۹- در ابتدا کره‌ی A دارای باری برابر با $-۵۰e$ و کره‌ی B دارای باری برابر $+۲۰e$ است. کره‌ها از ماده‌ی رسانایی ساخته شده‌اند و اندازه‌ی آن‌ها یکسان است. اگر کره‌ها را با هم تماس دهیم، بار نهایی روی کره‌ی A چه‌قدر است؟

الف) $-۳۰e$ ب) $-۱۵e$ پ) $-۴۰e$ ت) $-۲۰e$

۱۰- بار الکتریکی مثبت ۲ نانوکولنی از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $-۲۰V$ به نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $+۳۰V$ جابه‌جا می‌شود. تغییر انرژی پتانسیل این بار چند میکرو ژول است؟

الف) $+۰/۱$ ب) $-۰/۱$ پ) $+۱۰$ ت) -۱۰

جریان الکتریکی، مقاومت الکتریکی و مدارهای الکتریکی

۳

در این فصل

جریان الکتریکی

مقاومت و مقاومت ویژه‌ی الکتریکی

نیروی محرکه‌ی الکتریکی

مدارهای الکتریکی

آزمون تشریحی

آزمون چند گزینه‌ای

۳-۱ جریان الکتریکی

در این بخش

جریان الکتریکی به زبان ساده یعنی: روان شدن بارهای الکتریکی درون مدار.

جهت قراردادی جریان از پایانه‌ی مثبت باتری به طرف پایانه‌ی 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 پایانه‌ی مثبت باتری است.

جریان در همه‌ی 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 ۳-۱ برابر ۲/۸ آمپر است. چه مدت طول می‌کشد تا از یک مقطع فرضی این مدار $840\ \mu C$ بار بگذرد؟

شکل ۳-۱

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

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

مثال حل شده

از سیمی جریانی به شدت $3/2\ A$ می‌گذرد. در هر ثانیه چه تعداد الکترون از یک مقطع فرضی سیم عبور می‌کند؟

حل: با توجه به رابطه‌های $I = q / t$ و $q = ne$ داریم:

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

مثال حل شده

جریان عبوری از لامپ‌های جلوی اتومبیلی حدود ۳A است. اگر لامپ‌های این اتومبیل به مدت ۳۰ دقیقه روشن باشند، چه‌مقدار بار الکتریکی در این مدت برحسب کولن و هم‌چنین برحسب آمپر ساعت (Ah) از باتری می‌گذرد؟

حل: در این‌جا نیز از رابطه‌ی $I = q/t$ می‌توان به پاسخ رسید. داریم:

$$q = It = (۳A)(۳۰ \times ۶۰s) = ۵۴۰۰C$$

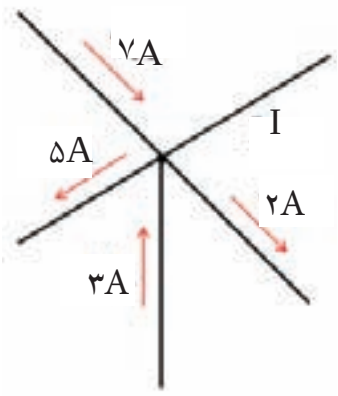
و برحسب آمپر داریم:

$$q = It = (۳A)(\frac{۱}{۲}h) = ۱/۵Ah$$

توجه کنید که $t = ۳۰\,min = \frac{۱}{۲}h$.

مثال حل شده

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



شکل ۳-۲

حل: با توجه به قاعده‌ی انشعاب کیرشهف داریم:

مجموع جریان‌های خروجی از انشعاب = مجموع جریان‌های ورودی به انشعاب

$$۷A + ۳A + I = ۵A + ۲A \Rightarrow I = -۳A$$

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

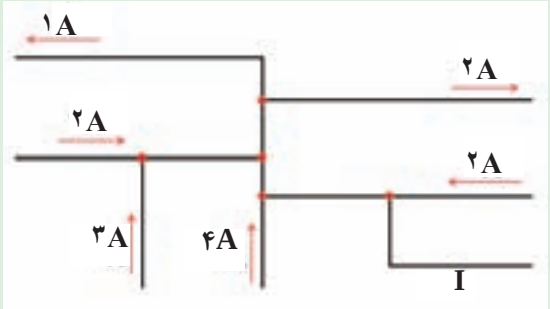
۱. اگر در هر دقیقه از یک مقطع فرضی سیمی $۴/۸\times۱۰^{۱۷}$ الکترون عبور کند، جریان عبوری از سیم چند میلی آمپر است؟

۲. تعداد ۳×۱۰^{۸} الکترون در مدت $۵\ \mu s$ 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 $۲\times۱۰^{۴}\ A$ برای مدت $۴\times۱۰^{-۴}\ s$ از آن عبور می‌کند (شکل ۳-۳). باری را که در این مدت به زمین شارش می‌کند، حساب کنید.

شکل ۳-۳

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.



شکل ۳-۴

۵. یک کارخانه‌ی ساخت باتری ادعا می‌کند که باتری‌های ساخت آن‌ها می‌توانند جریانی به شدت ۳A را به مدت ۱۲ ساعت تأمین کنند. در این مدت چند کولن بار از باتری می‌گذرد؟ این مقدار بار معادل چه تعداد الکترون است؟

۶. یک باریکه‌ی الکترون جریانی برابر با ۱۵۰ μA منتقل می‌کند. این بار صفحه‌ی یک تلویزیون را در هر ثانیه ۳۰ مرتبه جاروب می‌کند. در یک جاروب کامل چه مقدار بار به صفحه‌ی تلویزیون منتقل می‌شود؟

۲-۳ مقاومت و مقاومت ویژه‌ی الکتریکی

در این بخش

مقاومت الکتریکی با رابطه‌ی $R = \Delta V / I$ تعریف می‌شود که در آن ΔV ولتاژ دو سر رسانا است.

اگر نمودار جریان عبوری از یک رسانا برحسب ولتاژ دو سر آن به صورت خط راستی با شیب ثابت باشد، گفته می‌شود که این رسانا از قانون اهم پیروی می‌کند.

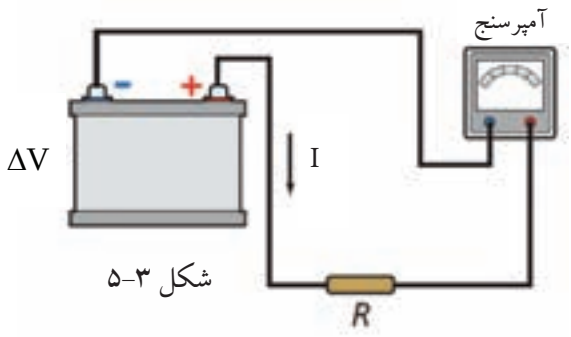
دیودها قطعه‌هایی هستند که جریان را تنها در یک جهت از خود عبور می‌دهند. دیود یک رسانای غیر اهمی است.

مقاومت یک رسانا، علاوه به جنس آن به اندازه و شکل رسانا نیز بستگی دارد. این موضوع با رابطه‌ی $R = \rho L / A$ بیان می‌شود که در آن ρ مقاومت ویژه‌ی رسانا خوانده می‌شود.

یکای مقاومت ویژه در SI، اهم متر ($\Omega.m$) است.

مثال حل شده

در مدار شکل ۳-۵ ولتاژ دو سر باتری ۳۰V و مقاومت R برابر ۱۰Ω است. آمپرسنج چه عددی را می‌خواند؟



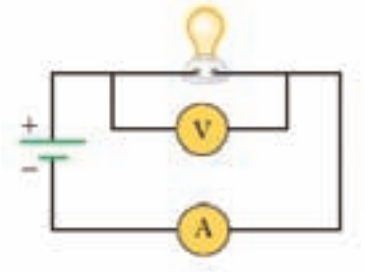
شکل ۳-۵

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

$$I = \frac{۳۰V}{۱۰\Omega} = ۳A$$

مثال حل شده

در مدار شکل ۳-۶ عددهایی که آمپرسنج و ولت‌سنج می‌خوانند به ترتیب ۴A و ۱۲V است.



شکل ۳-۶

الف) مقاومت لامپ چه‌قدر است؟

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

پ)در صورتی که ولتاژ دو سر مدار تا ۲۵ درصد افزایش یابد، عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد چه‌قدر خواهد شد؟

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

$$R = \frac{۱۲V}{۴A} = ۳\Omega$$

ب) با توجه به رابطه‌ی $q = It$ داریم:

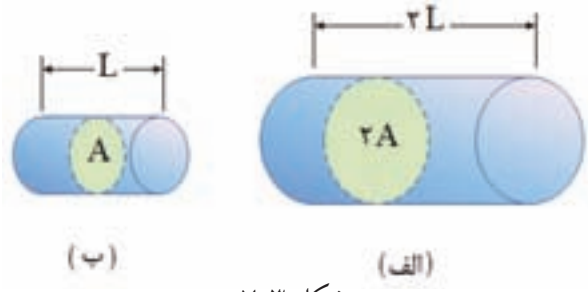
$$q = (۴A)(۶۰s) = ۲۴۰C$$

پ) برای آن‌که ولتاژ دو سر مدار ۲۵ درصد افزایش یابد، لازم است ولتاژ دو سر باتری نیز به همین میزان افزایش یابد. در این صورت ولتاژ دو سر باتری به ۱۵V خواهد رسید. به این ترتیب داریم:

$$R = \frac{\Delta V}{I} \Rightarrow ۳\Omega = \frac{۱۵V}{I} \Rightarrow I = ۵A$$

مثال حل شده

شکل ۳-۷ دو قطعه سیم هم جنس را نشان می‌دهد. 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:

$$R = \rho\frac{۲L}{۲A} = \rho\frac{L}{A}$$

یعنی مقاومت هر دو سیم یکسان است.

مثال حل شده

مقاومت یک سیم آلومینیومی به طول ۱۰ m و سطح مقطع $۱\ mm^۲$ چه‌قدر است؟ مقاومت ویژه‌ی آلومینیوم $۳/۲\times۱۰^{-۸}\Omega.m$ است.

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

$$R = (۳/۲\times۱۰^{-۸}\Omega.m)\frac{(۱۰m)}{(۱\times۱۰^{-۶}m^۲)} = ۰/۳۲\Omega$$

مثال حل شده

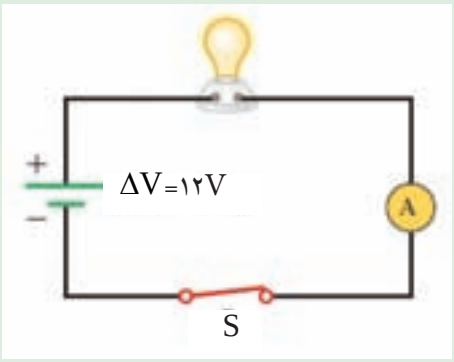
طول سیمی از فلز کنستانتان به قطر ۰/۳۵ mm چه‌قدر باشد تا مقاومت آن یک اهم شود؟ مقاومت ویژه‌ی کنستانتان $۴/۸\times۱۰^{-۷}\Omega.m$ است.

حل: با توجه به رابطه‌ی $A = \pi d^۲/۴$ سطح مقطع سیم برابر است با:

$$A = ۳/۱۴\frac{(۰/۳۵\times۱۰^{-۳}m)^۲}{۴} \approx ۹/۶۲\times۱۰^{-۸}m^۲$$

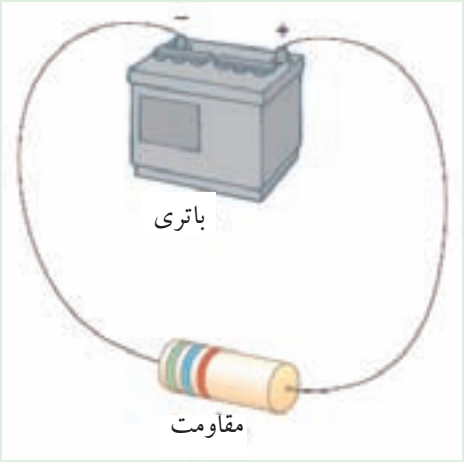
$$R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow ۱\Omega = (۴/۸\times۱۰^{-۷}\Omega.m)\frac{L}{(۹/۶۲\times۱۰^{-۸}m^۲)} \Rightarrow L = ۰/۲m = ۲۰cm$$

۷. در مورد شکل ۳–۸ جریانی که آمپرسنج می‌خواند ۲A است. مقاومت لامپ چه‌قدر است؟



شکل ۳–۸

۸. مقاومت مدار شکل ۳–۹ جریان ۱ mA را می‌کشد. اگر ولتاژ باتری ۱۲V باشد، مقدار مقاومت چه‌قدر است؟



شکل ۳–۹

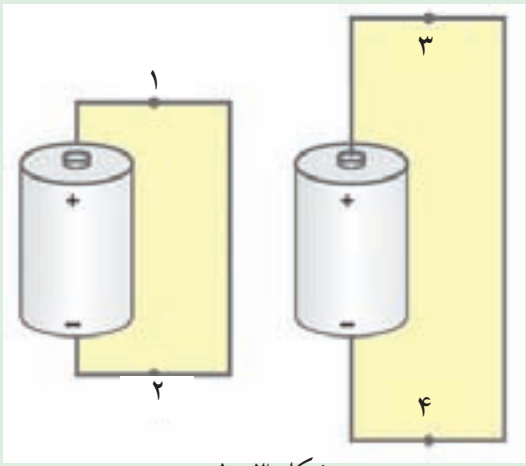
۹. در آزمایشی با یک لامپ ۱۲ ولتی مقدارهای زیر اندازه‌گیری شده است.

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.

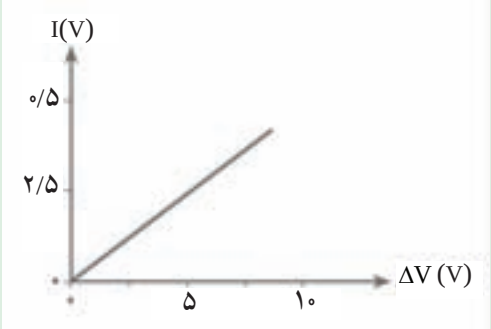


شکل ۳–۱۰

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

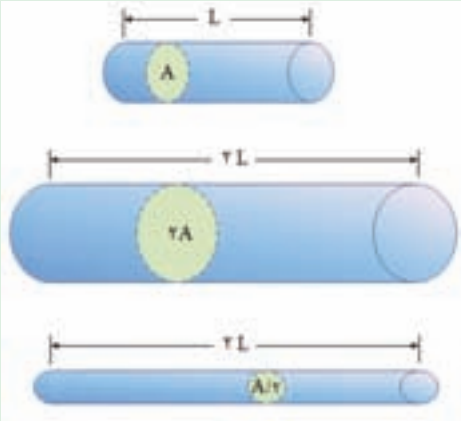
الف) مقاومت R چه‌قدر است؟

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



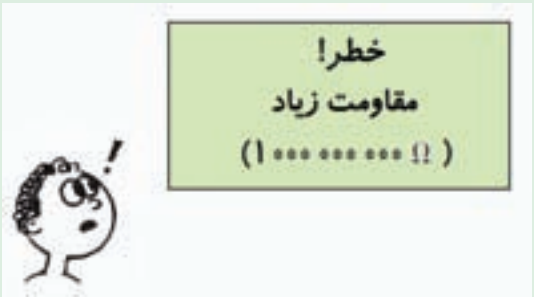
شکل ۳-۱۱

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



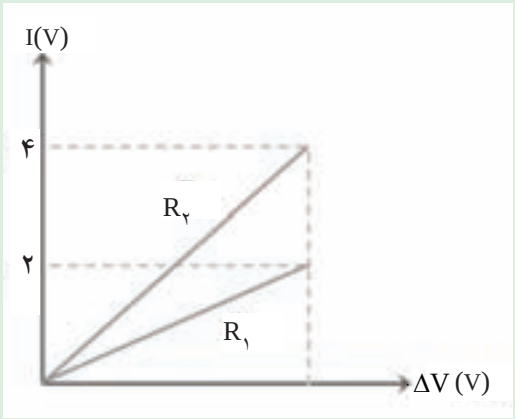
شکل ۳-۱۲

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



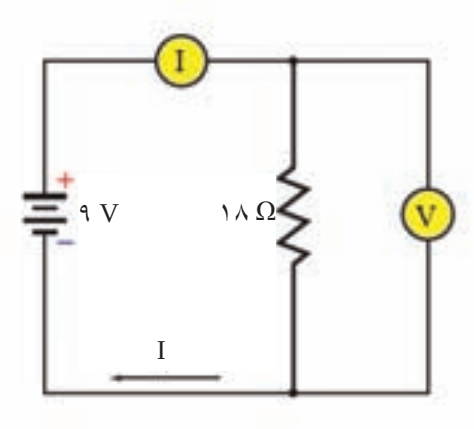
شکل ۳-۱۳

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



شکل ۳-۱۴

۱۵. در مدار شکل ۳-۱۵ مقادیری که آمپرسنج و ولت‌سنج می‌خواند چه‌قدر است؟



شکل ۳-۱۵

۱۶. یک قطعه‌ی گرافیتی به شکل مکعب مستطیل دارای ابعاد ۴۰cm × ۲۰cm × ۱۰cm است. این قطعه را می‌توان 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 ویژه‌ی گرافیت ۸×۱۰^{-۶} اهم متر است.

۳-۳ نیروی محرکه‌ی الکتریکی

در این بخش

مولد نیروی محرکه‌ی الکتریکی با دادن انرژی لازم به حامل‌های بار، سبب شارش آن‌ها در مدار می‌شود.

توان تولیدی مولد از رابطه‌ی $P = I\varepsilon$ به دست می‌آید و توان مفید (خروجی) یک مولد از رابطه‌ی $P = I\varepsilon - I^{۲}r$ به دست می‌آید. در این رابطه $I^{۲}r$ توان تلف شده در مقاومت درونی مولد است.

مثال حل شده

در مدار شکل ۳-۱۶ آمپرسنج جریان ۲A را می‌خواند.

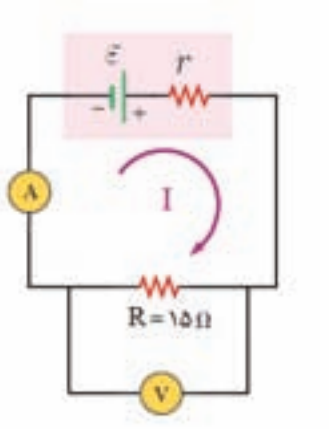
الف) ولت‌سنج چه عددی را می‌خواند؟

ب) ولتاژ دو سر مولد چه‌قدر است؟

پ) اگر مقاومت درونی مولد ۱Ω باشد، نیروی محرکه‌ی مولد را به دست آورید.

ت) توان تولیدی مولد چه‌قدر است؟

ث) توان تلف شده در مولد چه‌قدر است؟



شکل ۳-۱۶

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

$$\Delta V = (۱۵\Omega)(۲A) = ۳۰V$$

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

پ) $$\Delta V_{\text{مولد}} = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۳۰V = \varepsilon - (۲A)(۱\Omega) \Rightarrow \varepsilon = ۳۲V$$

ت) $$P = \varepsilon I = (۳۲V)(۲A) = ۶۴W$$

ث) $$P = I^۲r = (۲A)^۲(۱\Omega) = ۴W$$

مثال حل شده

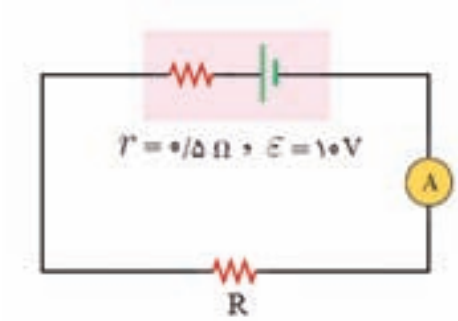
در مدار شکل ۳-۱۷، آمپرسنج عدد ۱A را می‌خواند.

الف) ولتاژ دو سر مولد چه‌قدر است؟

ب) مقاومت R را پیدا کنید.

ج) توان تولیدی مولد چه‌قدر است؟

د) توان خروجی مولد چه‌قدر است؟



شکل ۳-۱۷

حل: الف) $$\Delta V_{\text{مولد}} = \varepsilon - Ir = (۱۰V) - (۱A)(۰/۵\Omega) = ۹/۵V$$

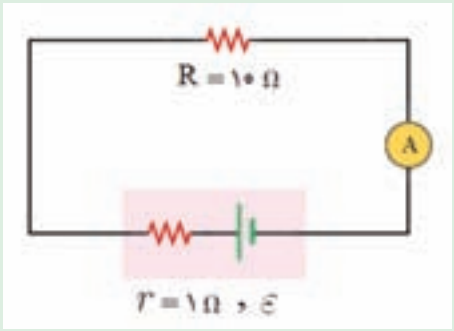
ب) ولتاژ دو سر مقاومت R با ولتاژ دو سر مولد برابر است. بنابراین:

$$\Delta V = RI \Rightarrow ۹/۵V = R(۱A) \Rightarrow R = ۹/۵\Omega$$

پ) $$P = \varepsilon I = (۱۰V)(۱A) = ۱۰W$$

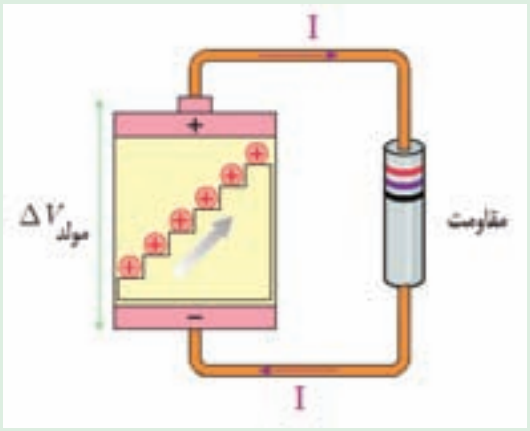
ت) $$P = \varepsilon I - I^۲r = (۱۰V)(۱A) - (۱A)^۲(۰/۵\Omega) = ۹/۵W$$

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



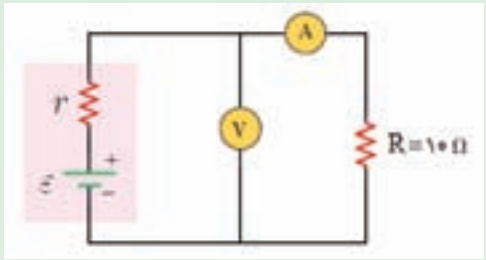
شکل ۳-۱۸

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



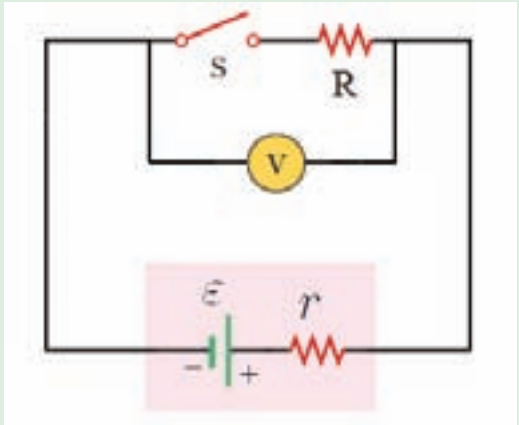
شکل ۳-۱۹

۱۹. در مدار شکل ۳-۲۰ ولت‌سنج عدد ۲۵V را می‌خواند.
الف) آمپرسنج چه عددی را می‌خواند؟
ب) اگر مقاومت درونی مولد ۰/۵ اهم باشد، نیروی محرکه‌ی آن را پیدا کنید.
پ) توان تولیدی و توان مفید مولد را به دست آورید.



شکل ۳-۲۰

۲۰. در مدار شکل ۳-۲۱ وقتی کلید S را باز یا می‌بندیم، ولت‌سنج با تقریب خوبی مقدار یکسانی را نشان می‌دهد. در این صورت مقاومت‌های R و r را با هم مقایسه کنید.



شکل ۳-۲۱

۳-۴ مدارهای الکتریکی

در این بخش

در یک مدار سری، تنها یک مسیر برای جریان وجود دارد و ولتاژ اعمال شده توسط مولد، بین تک‌تک قطعه‌های الکتریکی مدار تقسیم می‌شود.

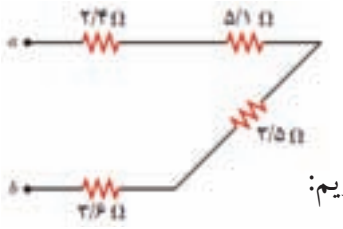
مقاومت معادل در یک مدار سری از رابطه‌ی $R_{eq} = R_1 + R_2 + \ldots$ به دست می‌آید.

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 رابطه‌ی $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$ به دست می‌آید.

مثال حل شده

مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی b و a را در شکل ۳-۲۲ پیدا کنید.



شکل ۳-۲۲

حل: چون همه‌ی مقاومت‌ها به‌طور سری به یکدیگر متصل شده‌اند، داریم:

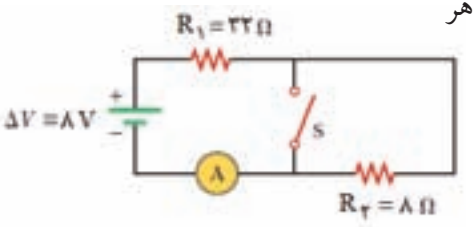
$$R_{eq} = ۲/۴\Omega + ۵/۱\Omega + ۳/۵\Omega + ۳/۶\Omega = ۱۴/۶\Omega$$

مثال حل شده

در مدار شکل ۳-۲۳ 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 ۳-۲۳

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

$$R_{eq} = R_1 + R_2 = ۳۲\Omega + ۸\Omega = ۴۰\Omega$$

به این ترتیب جریانی که آمپرسنج می‌خواند برابر است با:

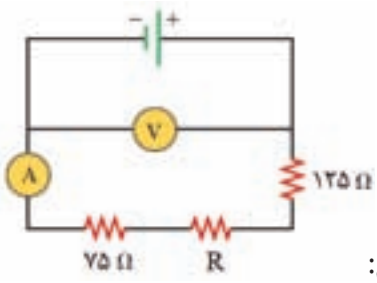
$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{۸V}{۴۰\Omega} = ۰/۲A$$

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:

$$I = \frac{\Delta V}{R_1} = \frac{۸V}{۳۲\Omega} = ۰/۲۵A$$

مثال حل شده

در مدار شکل ۳-۲۴ ولت‌سنج و آمپرسنج به ترتیب عددهای ۱۲V و ۲mA را می‌خوانند. مقاومت R چه‌قدر است؟



شکل ۳-۲۴

حل: چون مقاومت‌ها به‌طور متوالی به یکدیگر متصل شده‌اند، داریم:

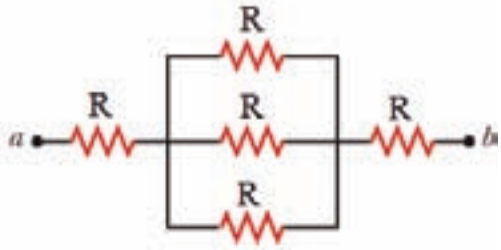
$$R_{eq} = ۷۵\Omega + R + ۱۲۵\Omega = ۲۰۰\Omega + R$$

$$\Delta V = R_{eq} I \Rightarrow ۱۲V = (۲۰۰\Omega + R)(۲\times ۱۰^{-۳} A)$$

$$۶۰۰۰\Omega = ۲۰۰\Omega + R \Rightarrow R = ۵۸۰۰\Omega$$

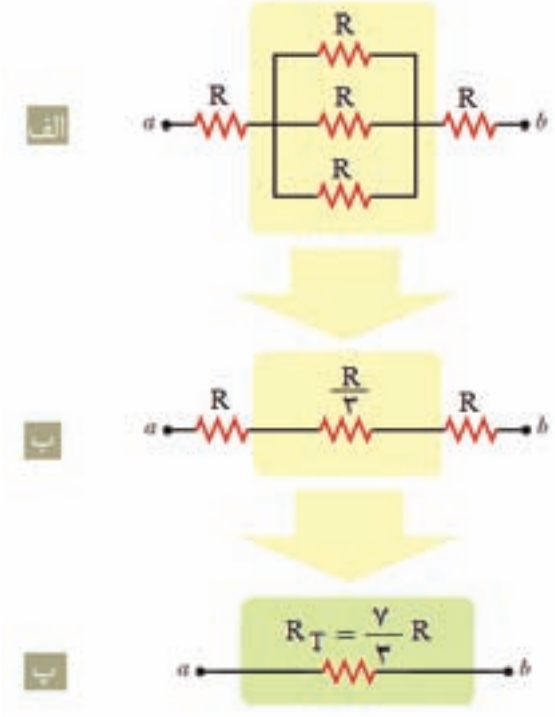
مثال حل شده

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



شکل ۳-۲۵

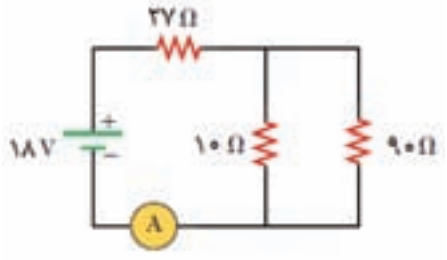
حل: مراحل مختلف محاسبه‌ی مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی a و b در شکل ۳-۲۶ نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۶

مثال حل شده

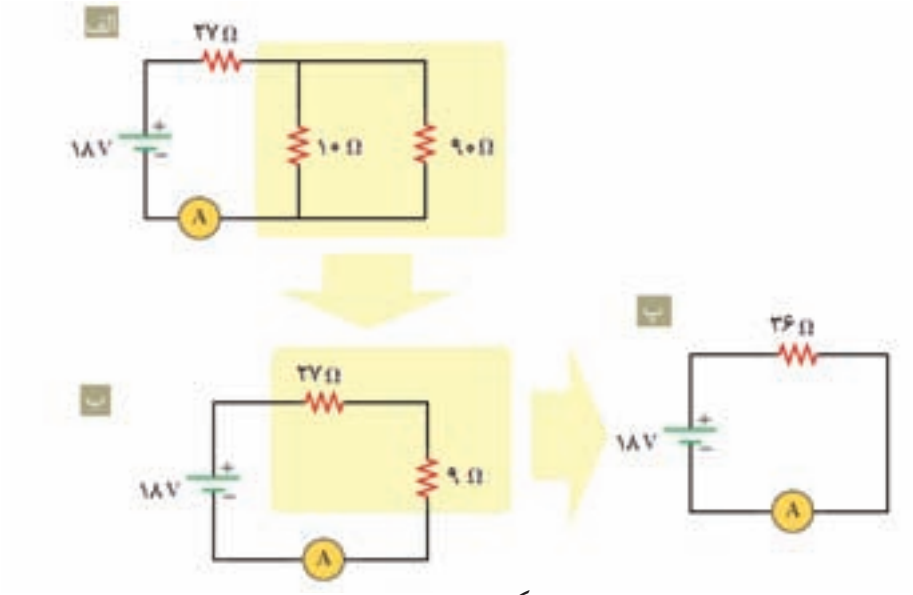
در مدار شکل ۳-۲۷ آمپرسنج چه جریانی را می‌خواند؟



شکل ۳-۲۷

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

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{۱۸V}{۳۶\Omega} = ۰/۵A$$



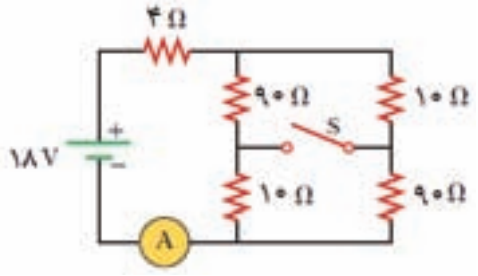
شکل ۳-۲۸

مثال حل شده

در مدار شکل ۳-۲۹ جریانی را که آمپرسنج می‌خواند در هر یک از حالت‌های زیر تعیین کنید.

الف)کلید S باز است.

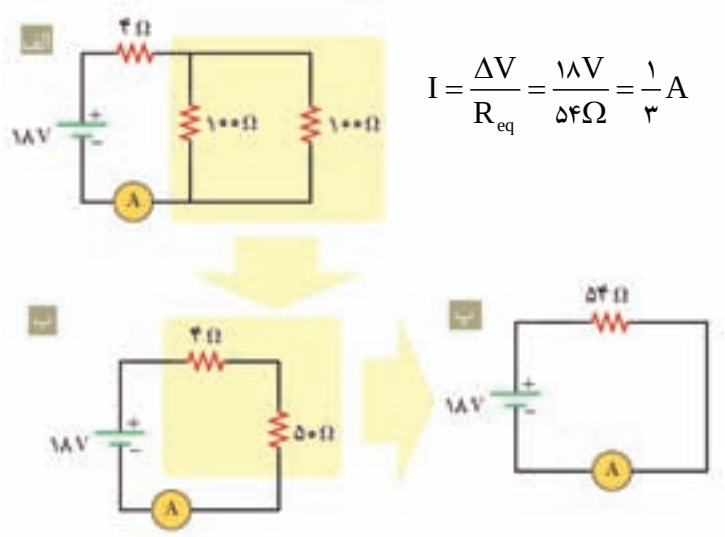
ب) کلید S بسته است.



شکل ۳-۲۹

حل: الف) در حالتی که کلید S باز است، مقاومت معادل مدار مطابق شکل ۳-۳۰ برابر ۵۴ Ω خواهد شد. به این ترتیب عددی که آمپرسنج در این حالت می‌خواند برابر است با:

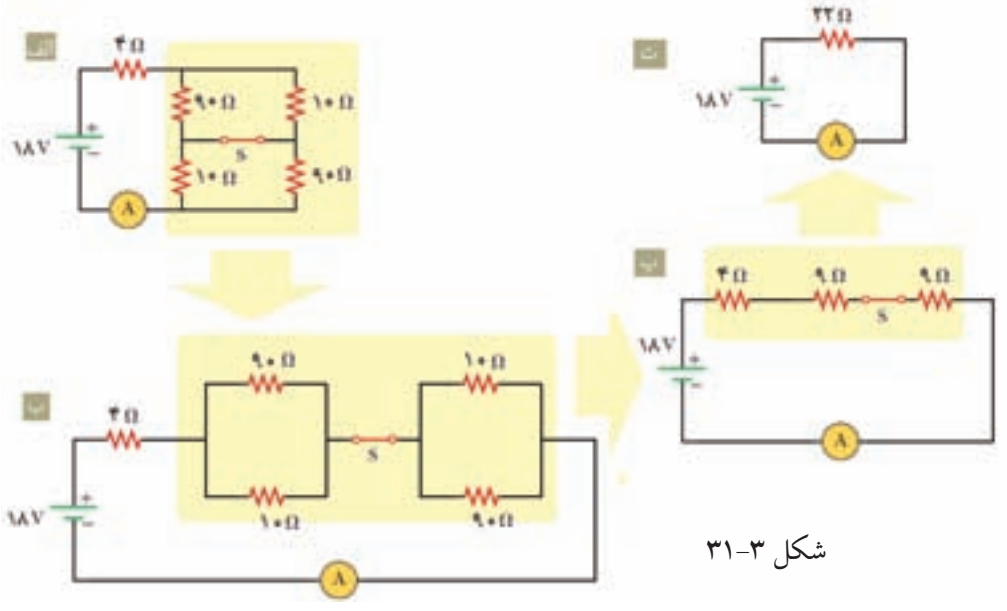
$$I=\frac{\Delta V}{R_{eq}}=\frac{۱۸V}{۵۴\Omega}=\frac{۱}{۳}A$$



شکل ۳-۳۰

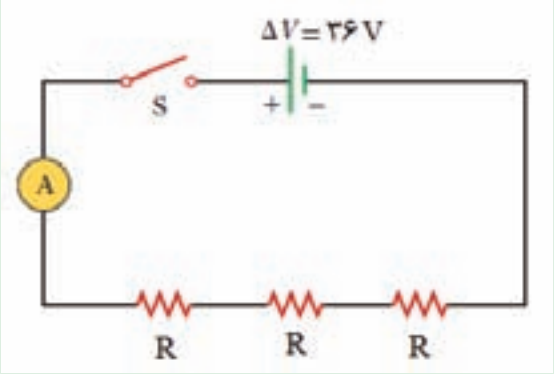
ب) وقتی کلید S بسته است، مقاومت معادل مدار مطابق شکل ۳-۳۱ برابر ۲۲ Ω خواهد شد. به این ترتیب عددی که آمپرسنج در این حالت می‌خواند برابر است با:

$$I=\frac{\Delta V}{R_{eq}}=\frac{۱۸V}{۲۲\Omega}=\frac{۹}{۱۱}A$$



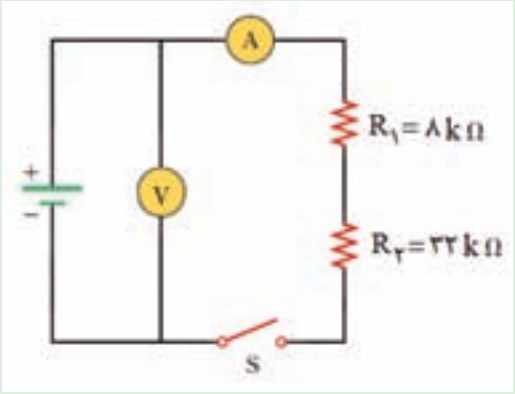
شکل ۳-۳۱

۲۱. در مدار شکل ۳-۳۲ با بستن کلید S ، آمپرسنج عدد A ۱ را می‌خواند. مقاومت R چه‌قدر است؟



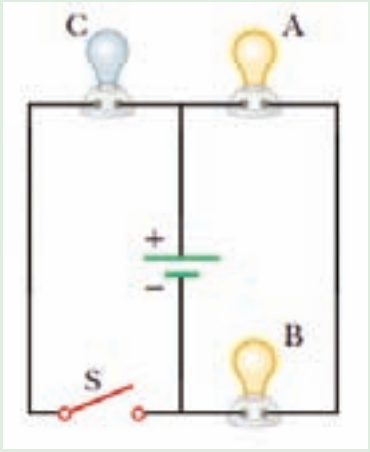
شکل ۳-۳۲

۲۲. در مدار شکل ۳-۳۳ با بستن کلید S، ولت‌سنج عدد V ۱۲۰ را می‌خواند. آمپرسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟



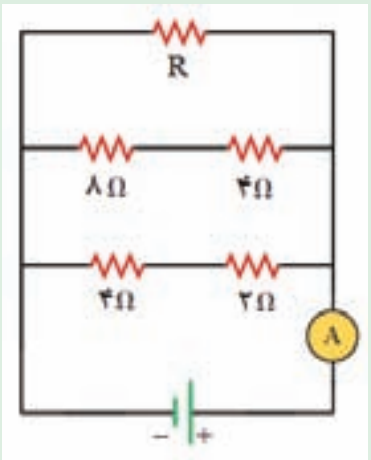
شکل ۳-۳۳

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



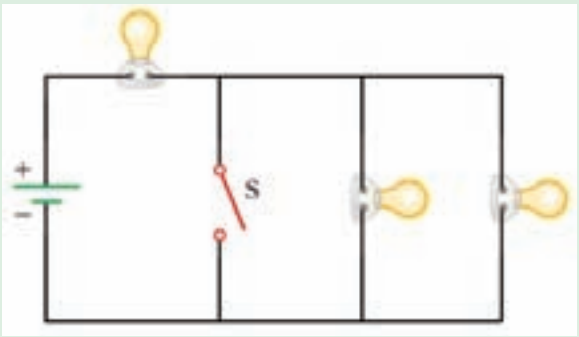
شکل ۳-۳۴

۲۴. اگر آمپرسنج در مدار ۳-۳۵ عدد A ۲ را بخواند، مقاومت R را پیدا کنید.



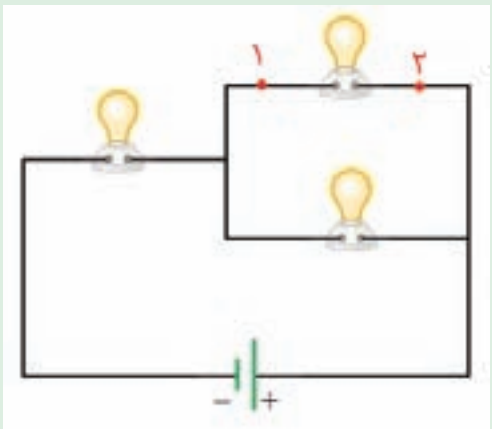
شکل ۳-۳۵

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



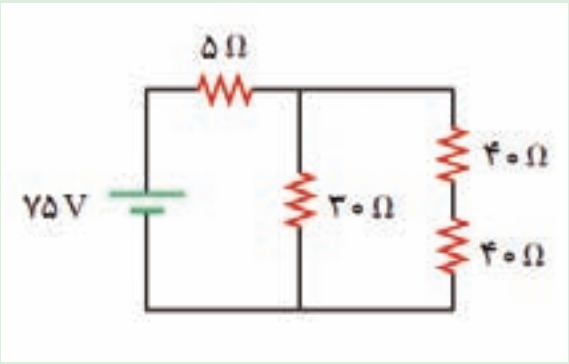
شکل ۳-۳۶

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؟ همه‌ی لامپ‌ها مشابه‌اند.



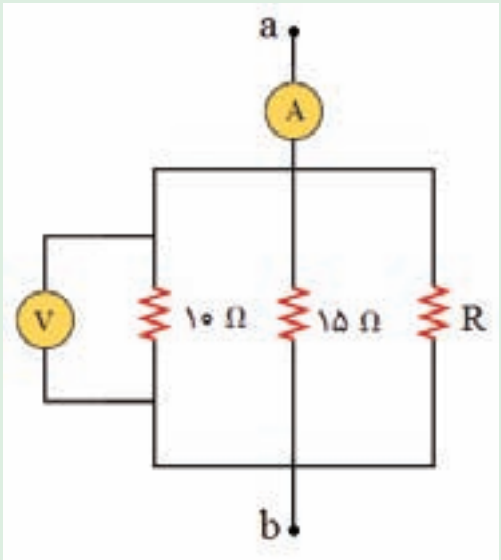
شکل ۳-۳۷

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



شکل ۳-۳۸

۲۸. شکل ۳-۳۹ بخشی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. آمپرسنج جریان ۳ A و ولت‌سنج مقدار ۱۰ V را می‌خواند. مقاومت R چه‌قدر است؟



شکل ۳-۳۹

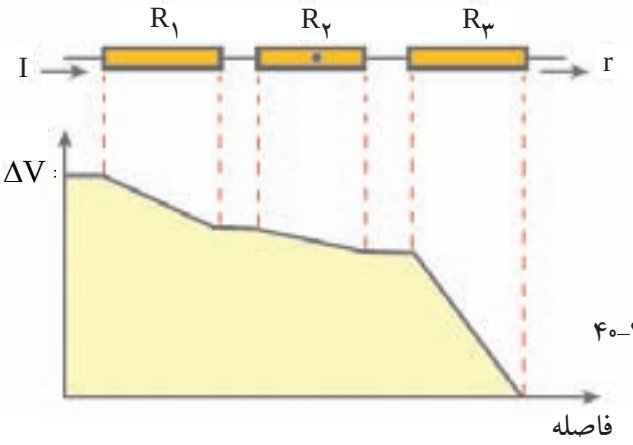
آزمون تشریحی فصل ۳

۱- شکل ۳-۴۰ 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.



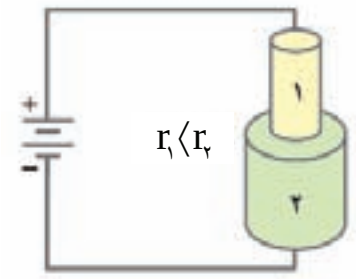
شکل ۳-۴۰

۲- در مدار شکل ۳-۴۱ 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.

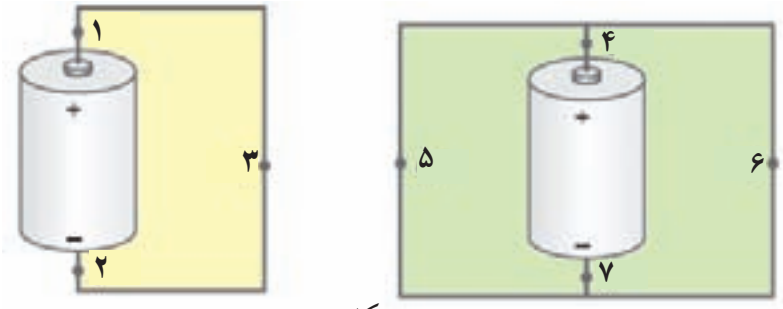
ب) افت ولتاژ دو سر هر رسانا را با هم مقایسه کنید.

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



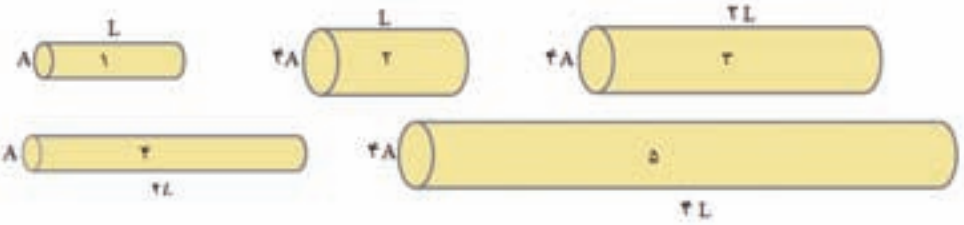
شکل ۳-۴۱

۳- در هر دو مدار شکل ۳-۴۲ باتری‌ها مشابه و سیم‌های رابط که مقاومت قابل توجهی دارند، هم‌جنس 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.



شکل ۳-۴۲

۴- همه‌ی سیم‌های شکل ۳-۴۳ از یک جنس‌اند. این سیم‌ها را از کم‌ترین تا بیش‌ترین مقاومت به ترتیب بنویسید.

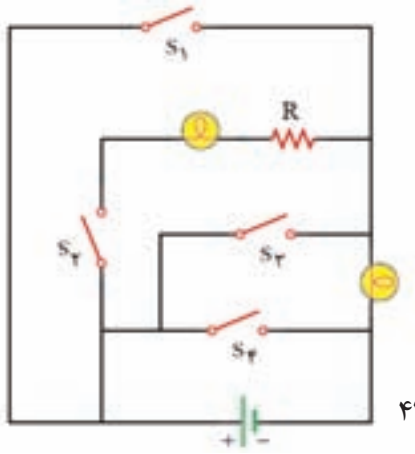


شکل ۳-۴۳

۵- در مدار شکل ۳-۴۴ با بستن کدام‌یک از کلیدها

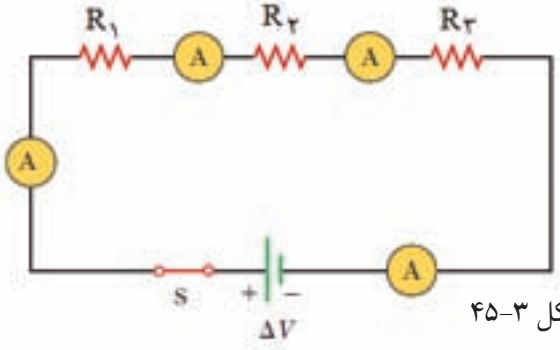
الف) یک مدار کامل شامل همه‌ی اجزای نشان داده شده در شکل تشکیل می‌شود؟

ب) دو سر باتری اتصال کوتاه می‌شود؟



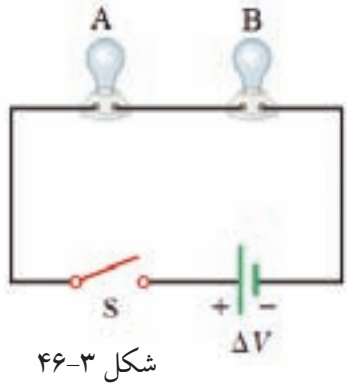
شکل ۳-۴۴

۶- در مدار شکل ۳-۴۵ مقداری را که هر آمپرسنج می‌خواند با یکدیگر مقایسه کنید.



شکل ۳-۴۵

۷- در مدار شکل ۳-۴۶ 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.

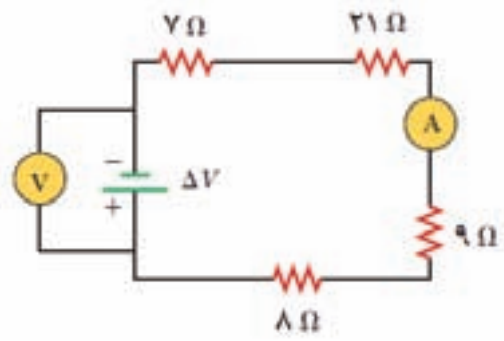


شکل ۳-۴۶

۸- در مدار شکل ۳-۴۷ ، ولت‌سنج عدد ۲۴ ولت را می‌خواند.

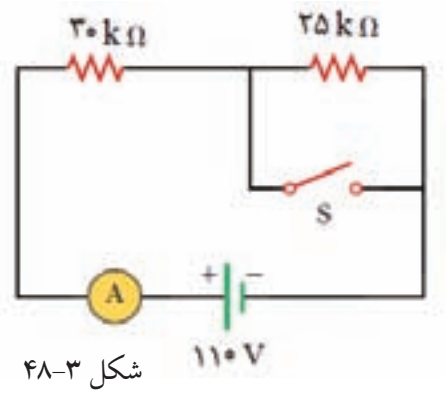
الف) آمپرسنج چه جریانی را می‌خواند؟

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



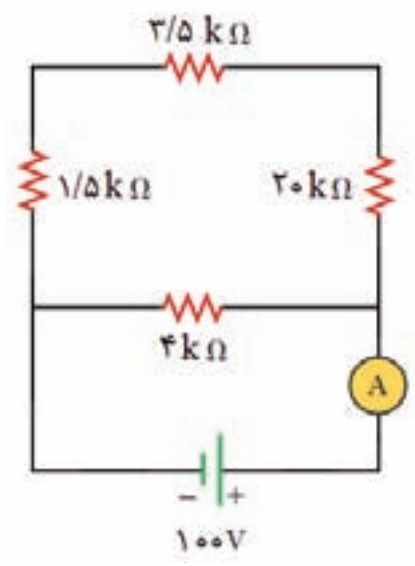
شکل ۳-۴۷

۹- در مدار شکل ۳-۴۸ عددی را که آمپرسنج در حالتی که کلید S باز است و در حالتی که کلید S بسته است نشان می‌دهد تعیین کنید.



شکل ۳-۴۸

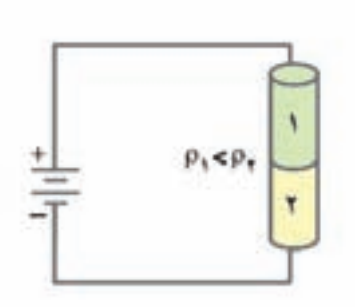
۱۰- در مدار شکل ۳-۴۹، آمپرسنج چه عددی را می‌خواند؟



شکل ۳-۴۹

آزمون چند گزینه‌ای فصل ۳

۱- دو رسانای هم طول با جنس متفاوت توسط سیم‌های رابط به باتری وصل شده‌اند (شکل ۳-۵۰). کدام گزینه درست است؟



شکل ۳-۵۰

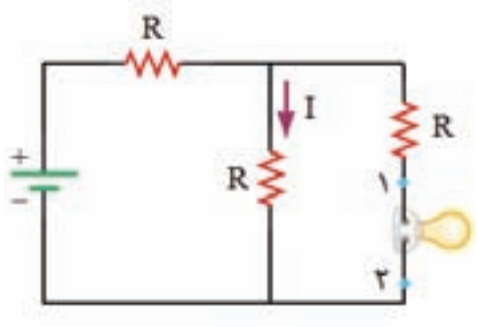
الف) افت ولتاژ دو سر هر رسانا یکسان است.

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 ۳-۵۱ را توسط سیم بدون مقاومتی به هم وصل می‌کنیم. در این صورت



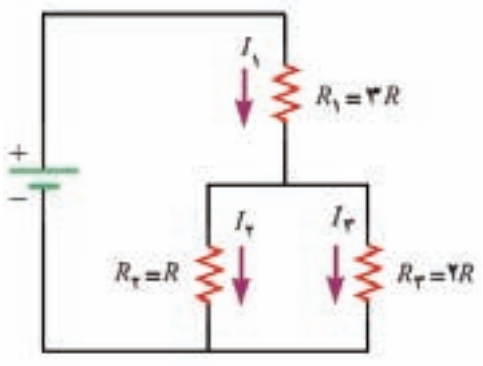
شکل ۳-۵۱

الف) جریان I کاهش می‌یابد.

ب) جریان I افزایش می‌یابد.

پ) جریان I بدون تغییر می‌ماند.

۳- کدام گزینه در مورد مدار شکل ۳-۵۲ درست است؟



شکل ۳-۵۲

الف) $I_1 > I_2 > I_3$

ب) $I_1 = 3I_2$

پ) $I_2 = 2I_3$

ت) $I_1 > I_2 = 2I_3$

۴- کدام گزینه می‌تواند یکای انرژی الکتریکی باشد؟

الف) $A^2.\Omega$

ب) $V.A$

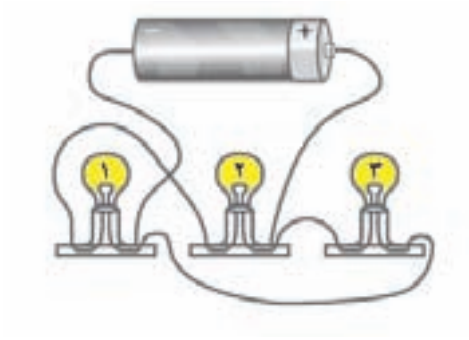
پ) $\Omega.m$

ت) $N.m/V$

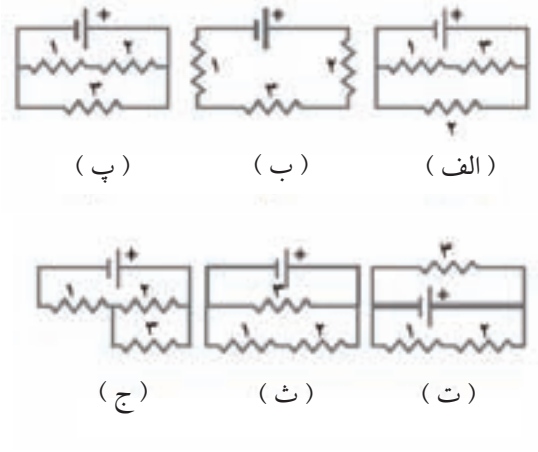
ث) A/C

ج) $V.C$

۵- شکل ۳-۵۳ 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؟



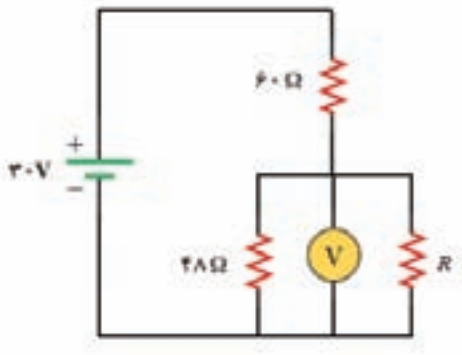
شکل ۳-۵۳



۶- در مدار شکل ۳-۵۴ در صورتی که ولت‌سنج عدد ۵ V را نشان می‌دهد، مقاومت R چند اهم است؟

الف) ۲۴/۰ ب) ۱۶/۰ پ) ۱۲/۶

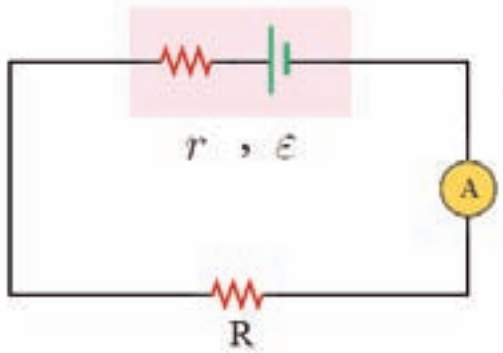
ت) ۱۲/۰ ث) ۱۰/۰



شکل ۳-۵۴

۷- یک باتری با نیروی محرکه‌ی ۶ ولت را که مقاومت درونی آن r است به مقاومت R می‌بندیم و جریانی به شدت ۰/۲ A از آمپرسنج می‌گذرد (شکل ۳-۵۵). افت ولتاژ در مقاومت درونی $\frac{۱}{۹}$ افت ولتاژ در مقاومت R است $(Ir = \frac{۱}{۹}IR)$. مقاومت R چند اهم است؟

الف) ۱۵ ب) ۲۰ پ) ۲۷ ت) ۳۰



شکل ۳-۵۵

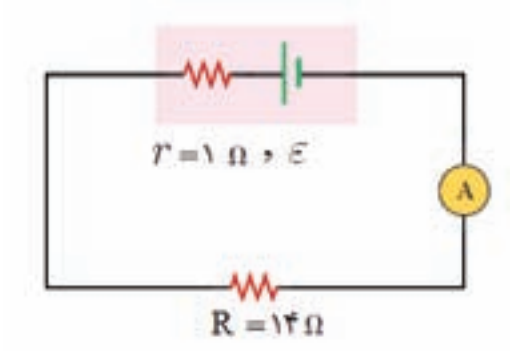
۸- ولتاژ بین دو نقطه ۵۰۰ ولت است. با صرف چند ژول انرژی، بار الکتریکی ۰/۸ میکروکولن بین این دو نقطه جاری می‌شود؟

الف) ۴×۱۰^{-۳} ب) ۸×۱۰^{-۳} پ) ۴×۱۰^{-۴} ت) ۸×۱۰^{-۴}

۹- در مدار شکل ۳-۵۶ آمپرسنج جریان A ۰/۵ را می‌خواند. نیروی محرکه‌ی مولد و توان تلف شده در مولد به ترتیب چند ولت و چند وات است؟

الف) ۳/۵۰ و ۰/۲۵ ب) ۳/۵۰ و ۳۷۵

پ) ۷/۵۰ و ۰/۲۵ ت) ۷/۵۰ و ۳/۵۰



شکل ۳-۵۶

۱۰- 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 چه‌قدر است؟

الف) صفر ب) R پ) ۲ R ت) R/۲

مغناطیس و کاربردهای آن

۴

در این فصل

آهن‌ربا و قطب‌های مغناطیسی

میدان‌های مغناطیسی

الکترومغناطیس

تولید الکتریسیته

آزمون تشریحی

آزمون چند گزینه‌ای

۴-۱ آهن‌ربا و قطب‌های مغناطیسی

در این بخش

بیش از ۲۵۰۰ سال از شناخته شدن پدیده‌های مغناطیسی می‌گذرد.

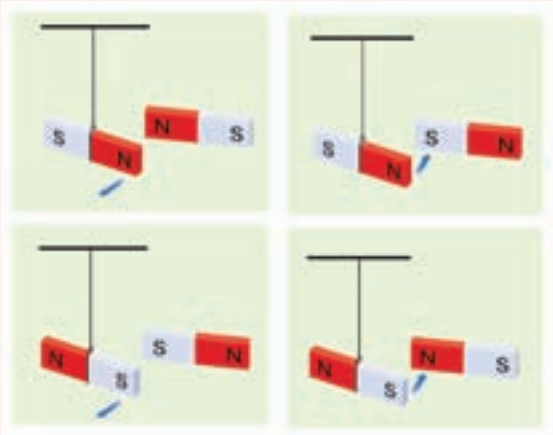
در آهن‌رباها به هر شکلی که باشند، دو ناحیه وجود دارد که خاصیت آهن‌ربایی در آن‌جا بیش از قسمت‌های دیگر است. این ناحیه را قطب‌های آهن‌ربا می‌نامند.

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.

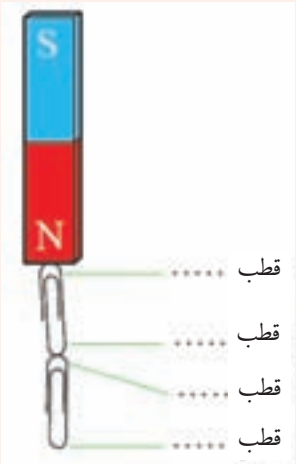
؟

۱. دریافت خود را از شکل ۴-۱ بنویسید.



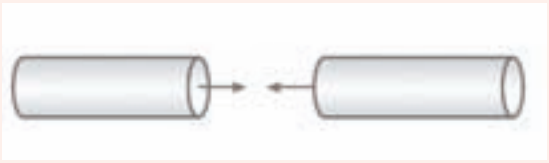
شکل ۴-۱

۲. شکل ۴-۲ 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.



شکل ۴-۲

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



شکل ۴-۳

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

شکل ۴-۴

۴-۲ میدان‌های مغناطیسی

در این بخش

در فضای اطراف هر آهن‌ربا خاصیتی وجود دارد که نتیجه‌ی آن به هر عقربه‌ی مغناطیسی، هر آهن‌ربای واقع در آن فضا یا هر قطعه‌ی آهن نیرو وارد می‌کند. 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 دهنده‌ی بزرگی میدان $\vec{B}$ است.

در قطب‌های آهن‌ربا، خط‌های میدان مغناطیسی دارای بیش‌ترین فشردگی هستند.

همه‌ی خط‌های میدان از آهن‌ربا می‌گذرند و همه‌ی آن‌ها حلقه‌ی بسته‌ای را تشکیل می‌دهند.

زمین خود آهن‌ربایی عظیم است و شکل میدان مغناطیسی آن مانند یک آهن‌ربای میله‌ای است که در مرکز زمین قرار دارد.

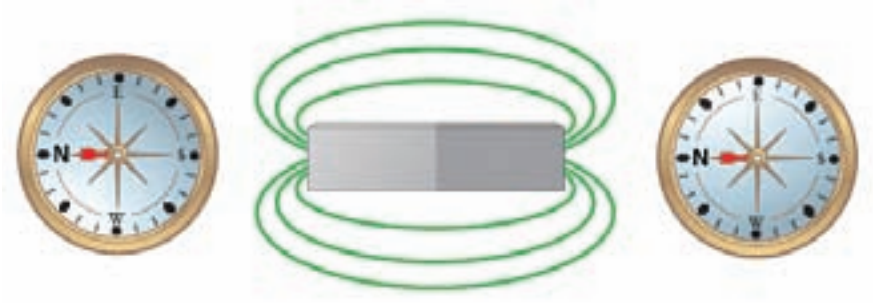
قطب‌های مغناطیسی زمین کاملاً بر قطب‌های جغرافیایی منطبق نیستند.

عقربه‌ی قطب‌نما معمولاً در جهت شمال واقعی قرار نمی‌گیرد.

اختلاف بین سمت‌گیری عقربه‌ی مغناطیسی و شمال واقعی به میل مغناطیسی معروف است.

مثال حل شده

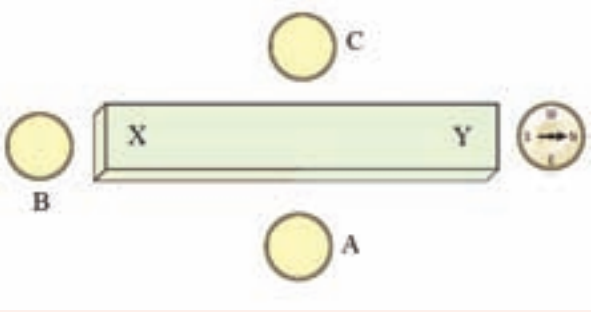
با توجه به جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی در شکل ۴-۵، قطب‌های آهن‌ربا را تعیین و جهت خط‌های میدان مغناطیسی را روی شکل رسم کنید.



شکل ۴-۵

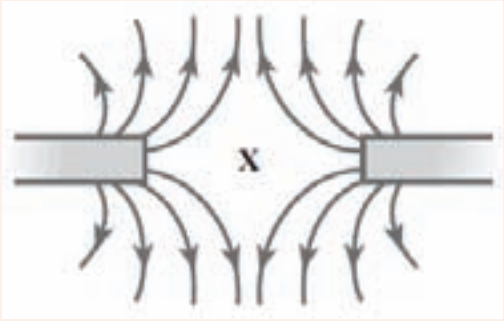
پاسخ: با توجه به جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی، سمت چپ آهن‌ربای میله‌ای قطب N و سمت راست آن قطب S است. جهت خط‌های میدان $\vec{B}$ نیز از طرف N به طرف S است (در بیرون آهن‌ربا).

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



شکل ۴-۶

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

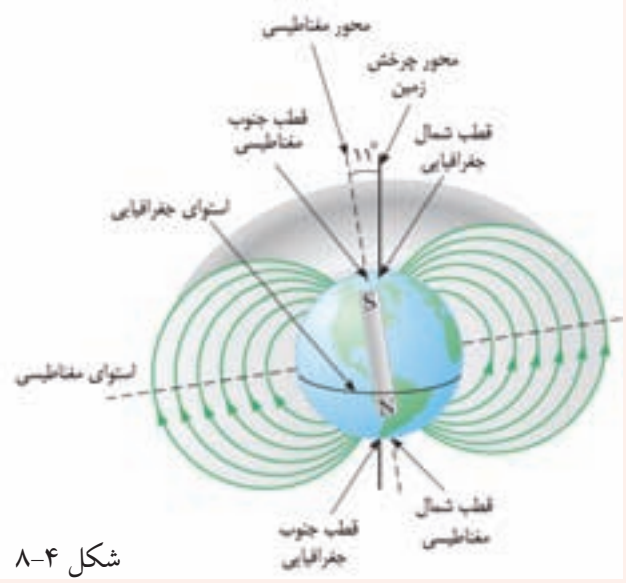


شکل ۴-۷

۷. در شکل ۴-۸

الف) بزرگی میدان مغناطیسی زمین را در استوا و در قطب شمال با هم مقایسه کنید.

ب) چرا کاربرد قطب‌نما در نزدیکی قطب شمال دشوار است؟



شکل ۴-۸

۸. به کمک جعبه‌ی کلمه‌ها، جمله‌های زیر را با انتخاب واژه‌ی مناسب کامل کنید.

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

الف) قطب ..... عقربه‌ی مغناطیسی سوی میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

ب)هنگامی‌که یک آهن‌ربا در نزدیکی عقربه‌ی مغناطیسی قرار گیرد، عقربه می‌چرخد تا ..... میدان مغناطیسی آهن‌ربا قرار گیرد.

پ)اگر در ناحیه‌ای از فضا خط‌های میدان مغناطیسی با یکدیگر موازی و هم‌فاصله باشند، میدان مغناطیسی را ..... می‌نامند.

ت) مماس بر خط‌های میدان مغناطیسی در هر ناحیه از فضا نشانگر ..... میدان مغناطیسی در آن ناحیه است.

۴-۳ الکترومغناطیس

در این بخش

در اطراف هر سیم حامل جریان I ، میدان مغناطیسی به وجود می‌آید.

به کمک قاعده‌ی دست راست می‌توان 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 می‌یابد.

جهت میدان $\vec{B}$ در یک پیچه نیز از قاعده‌ی دست راست تعیین می‌شود.

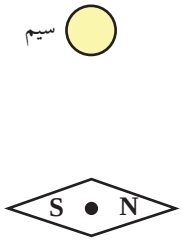
سیم‌لوله، مارپیچ بلندی از سیم‌هایی است که نزدیک یکدیگر پیچیده شده‌اند. طول سیم‌لوله معمولاً بزرگ‌تر از قطر آن است.

خط‌های میدان مغناطیسی درون یک سیم‌لوله‌ی واقعی به طول متناهی، تقریباً یکنواخت و بیرون سیم‌لوله ضعیف است.

پیچه‌ی حامل جریانی که دور یک هسته‌ی آهنی پیچیده شده باشد، آهن‌ربای الکتریکی نامیده می‌شود.

مثال حل شده

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

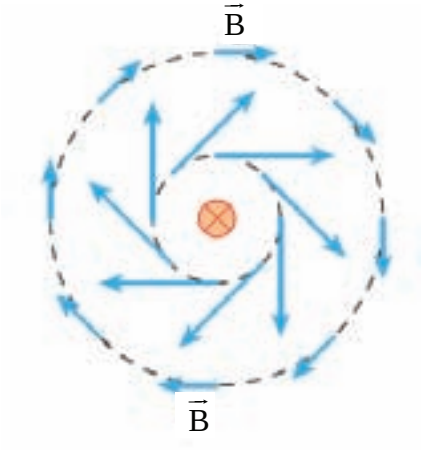


شکل ۴-۹

پاسخ: با توجه به قاعده‌ی دست راست، جهت جریان باید به طرف خارج از صفحه‌ی کتاب باشد.

مثال حل شده

شکل ۴-۱۰ مجموعه‌ای از خط‌های میدان $\vec{B}$ را در اطراف یک سیم حامل جریان نشان می‌دهد. دریافت خود را از این شکل بیان کنید.



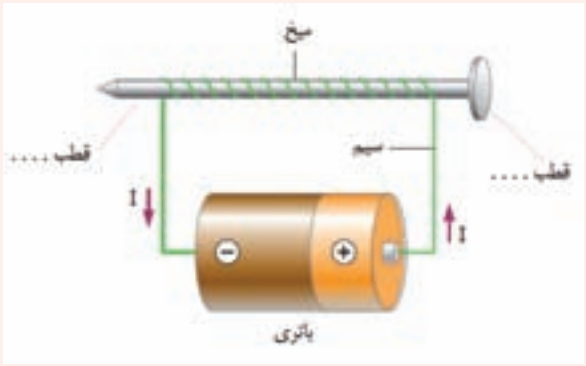
شکل ۴-۱۰

پاسخ: با افزایش فاصله از سیم حامل جریان، بزرگی میدان کاهش می‌یابد. هم‌چنین خط‌های میدان اطراف سیم حامل جریان، به صورت دایره‌های هم‌مرکزی هستند که سیم در مرکز آن‌ها قرار دارد.

۹. با وصل کردن دو سر سیم به باتری در شکل ۴-۱۱ چه اتفاقی برای عقربه‌ی مغناطیسی قطب‌نما رخ می‌دهد؟

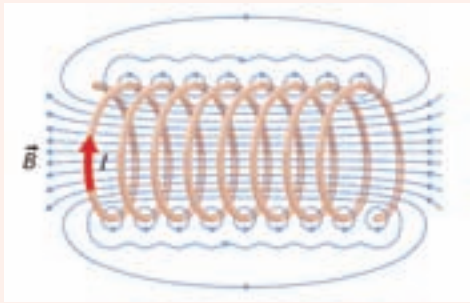
شکل ۴-۱۱

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



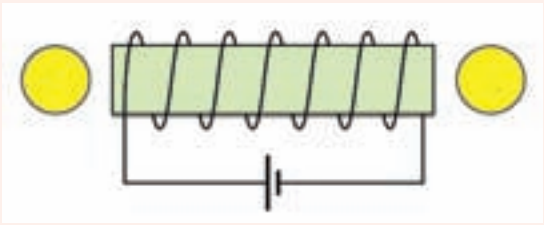
شکل ۴-۱۲

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



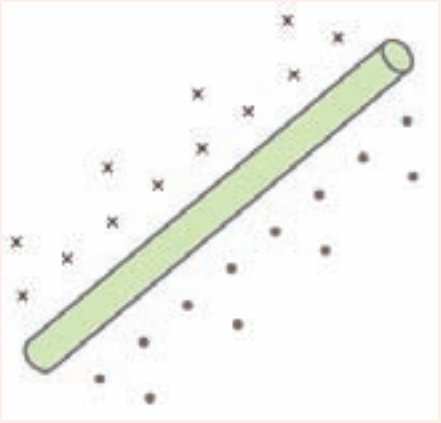
شکل ۴-۱۳

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



شکل ۴-۱۴

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



شکل ۴-۱۵

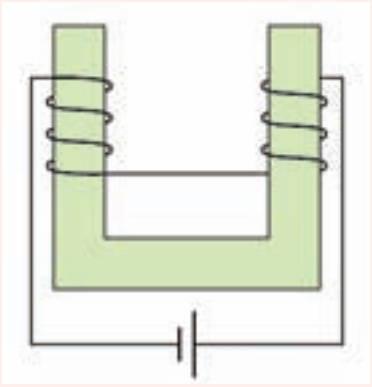
۱۴. در شکل ۴-۱۶ جهت میدان مغناطیسی داخل یک حلقه‌ی حامل جریان نشان داده شده است.

الف) جهت جریان در حلقه را روی شکل مشخص کنید.

ب) آیا قطب N حلقه بالای صفحه‌ی کاغذ است یا زیر آن؟ توضیح دهید.

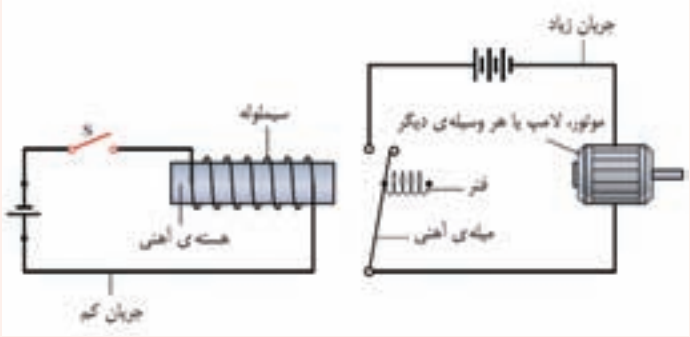
شکل ۴-۱۶

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



شکل ۴-۱۷

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



شکل ۴-۱۸

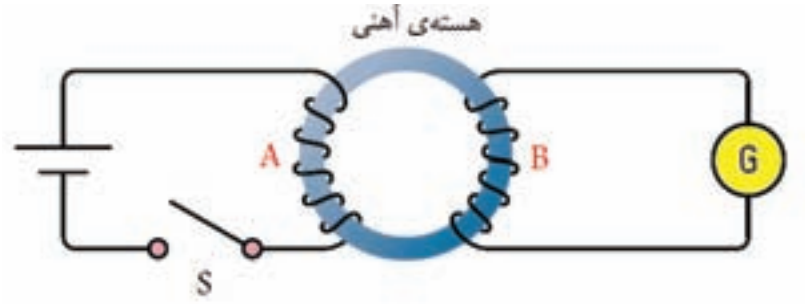
۴-۴ تولید الکتریسیته

در این بخش

- اورستد در سال ۱۸۲۰ میلادی اثر مغناطیس ناشی از جریان الکتریکی را کشف کرد.
- در سال ۱۸۳۱ فارادی و هنری بکرل به‌طور جداگانه، به کمک آثار مغناطیسی، جریان الکتریکی تولید کردند.
- تنها در صورتی در یک پیچه جریان القا می‌شود که میدان مغناطیسی در محل پیچه تغییر کند. این عبارت، بیان ساده‌ای از قانون القای الکترومغناطیسی فارادی است.
- مولد برق شامل سیم‌پیچی است که بین قطب‌های یک آهن‌ربا 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 افزاینده، ولتاژ را افزایش و مبدل کاهنده، ولتاژ را کاهش می‌دهد.
- در یک مبدل آرمانی، که مقاومت پیچه‌های 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 اولیه‌ی پیچه و تعداد دورهای ثانویه‌ی پیچه هستند.

مثال حل شده

دو سیم‌پیچ A و B روی یک هسته‌ی 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، عقربه‌ی گالوانومتر سیم‌پیچ B منحرف می‌شود. این موضوع را نکته به نکته توضیح دهید.

ب) اگر کلید برای مدتی هرچند طولانی بسته بماند، عقربه‌ی گالوانومتر منحرف نمی‌شود. چرا؟

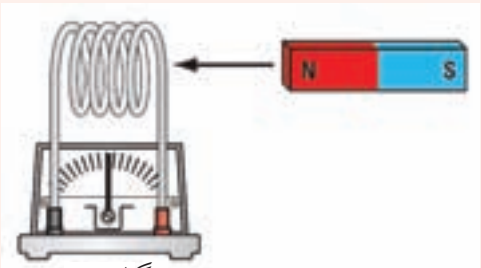
پاسخ: الف) با بسته شدن کلید S در پیچه‌ی A، برای لحظه‌ای عقربه‌ی گالوانومتر منحرف شده و عبور جریان را از سیم‌پیچ B آشکار می‌کند. با باز شدن کلید S، دوباره عقربه‌ی گالوانومتر برای لحظه‌ای منحرف شده و عبور جریان را نشان می‌دهد. در حالت اخیر، عقربه‌ی گالوانومتر برخلاف جهت قبلی منحرف می‌شود و این موضوع نشان می‌دهد که باز یا بسته شدن کلید S در پیچه‌ی A سبب ایجاد جریان‌هایی لحظه‌ای در پیچه‌ی B می‌شود، به‌طوری که جهت جریان‌ها مخالف یکدیگر است.

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

۱۷.در شکل ۴-۲۰ هنگامی که آهن‌ربا به درون پیچه حرکت کند، عقربه‌ی 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؟



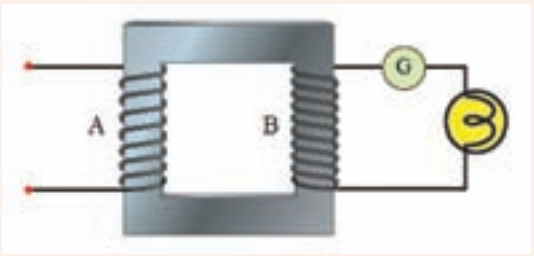
شکل ۴-۲۰

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

الف) جریان ثابت از سیم‌پیچ A بگذرد.

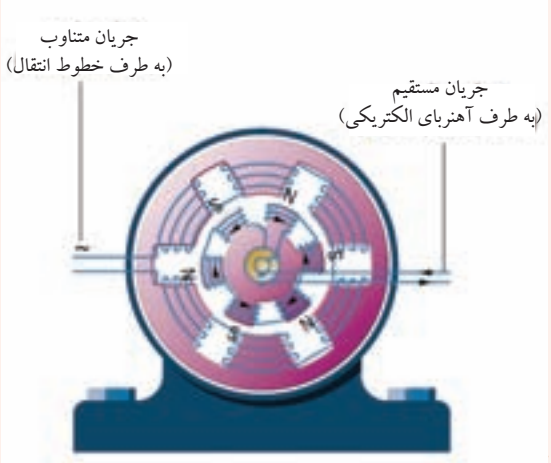
ب) جریان دائمی از سیم‌پیچ A می‌گذرد که پیوسته قطع و وصل می‌شود.

پ) جریان متناوبی از سیم‌پیچ A می‌گذرد.



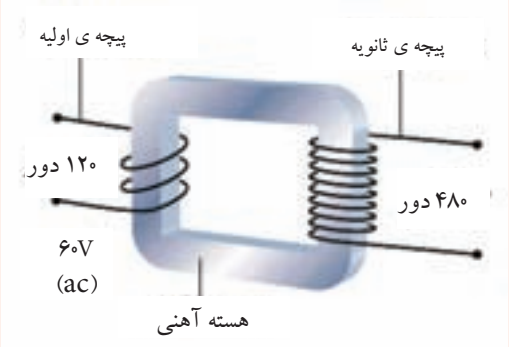
شکل ۴-۲۱

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.



شکل ۴-۲۲

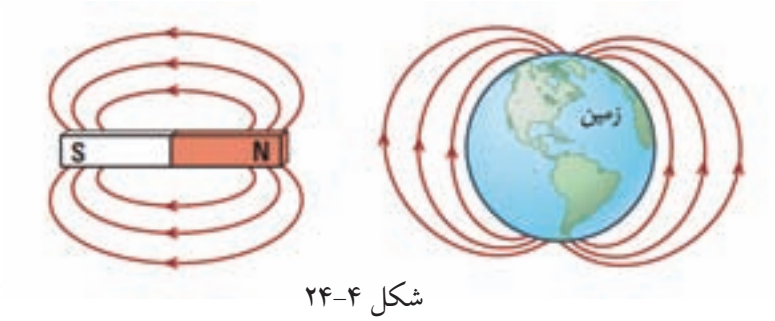
۲۰. با توجه به داده‌های روی شکل ۴-۲۳ ولتاژ خروجی توسط ثانویه‌ی مبدل چه‌قدر است؟



شکل ۴-۲۳

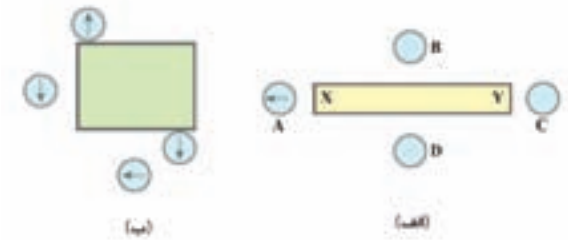
آزمون تشریحی فصل ۴

۱- در شکل ۴-۲۴ خط‌های میدان مغناطیسی یک آهن‌ربای میله‌ای و زمین نشان داده شده است. شباهت‌ها و تفاوت‌های این میدان‌ها را بیان کنید.



شکل ۴-۲۴

۲- الف) در شکل ۴-۲۵ الف جهت عقربه‌های مغناطیسی را در نقطه‌های B ، C و D مشخص کنید.

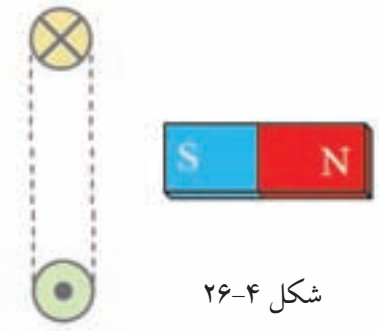


شکل ۴-۲۵

ب) کدام سر میله قطب N است؟

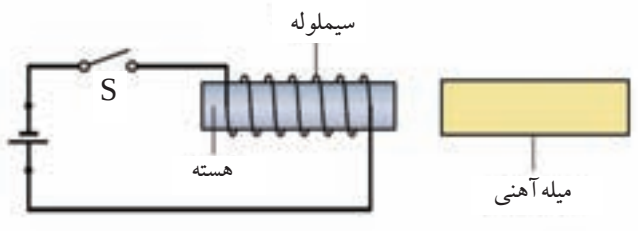
پ) دو آهن‌ربای میله‌ای درون جعبه‌ای قرار دارند. با توجه به شکل ۴-۲۵ ب نشان دهید این دو آهن‌ربا در چه وضعیتی نسبت به یکدیگرند.

۳- یک آهن‌ربای میله‌ای مطابق شکل ۴-۲۶ روی یک محور حلقه‌ی حامل جریان که عمود بر صفحه‌ی کاغذ است، قرار دارد. آیا آهن‌ربا به طرف حلقه جذب می‌شود یا دفع؟ توضیح دهید.



شکل ۴-۲۶

۴- یک میله‌ی آهنی مطابق شکل ۴-۲۷ در برابر یک سیم‌لوله‌ی هسته‌دار قرار گرفته است. با بستن S کلید :



شکل ۴-۲۷

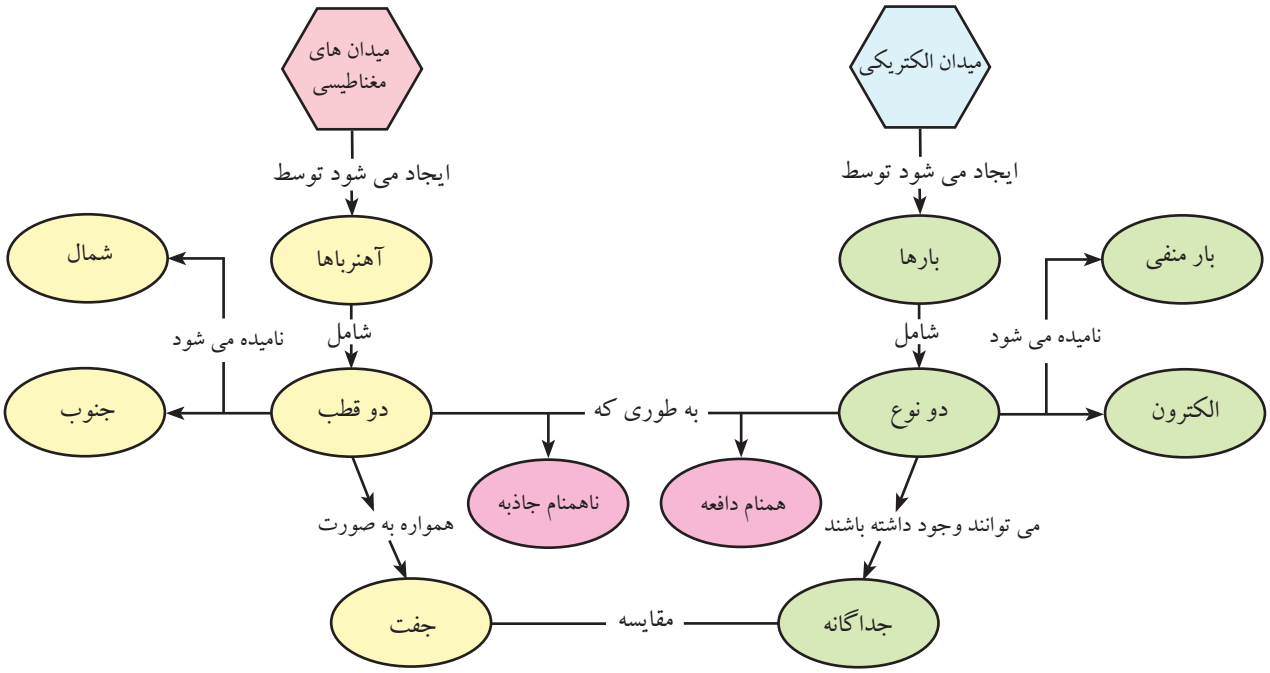
الف) قطب‌های مغناطیسی سیم‌لوله را روی شکل معین کنید.

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

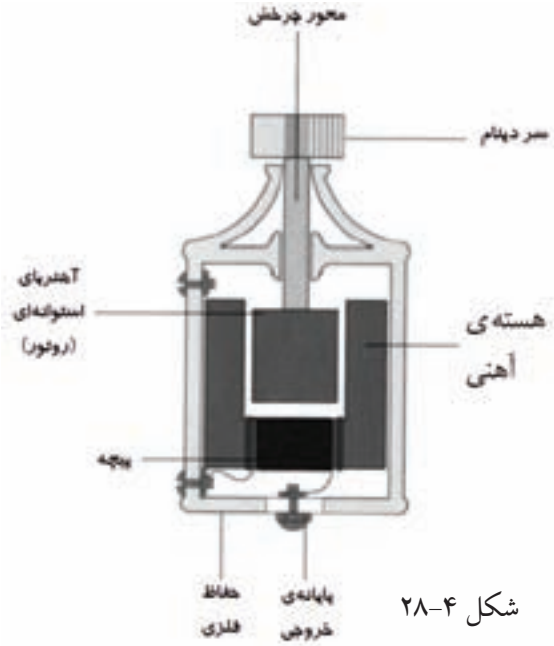
پ) قطب‌های مغناطیسی را که بر اثر پدیده‌ی القای مغناطیسی در میله‌ی آهنی ایجاد می‌شود، مشخص کنید.

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

۵- نقشه‌ی مفهومی زیر را به صورت یک متن ساده‌ی فیزیکی بنویسید.

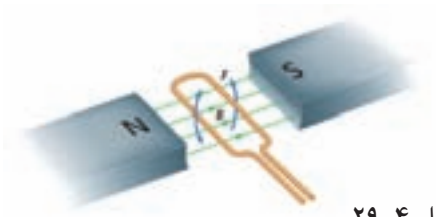


۶- شکل ۴-۲۸ ساختار یک دینام دوچرخه را نشان می‌دهد که در هنگام نیاز با تماس سر دینام با چرخ جلو یا عقب دوچرخه‌ی در حال حرکت، انرژی الکتریکی مورد نیاز تأمین می‌شود. توضیح دهید چگونه با چرخیدن سر دینام انرژی الکتریکی به‌وجود می‌آید.



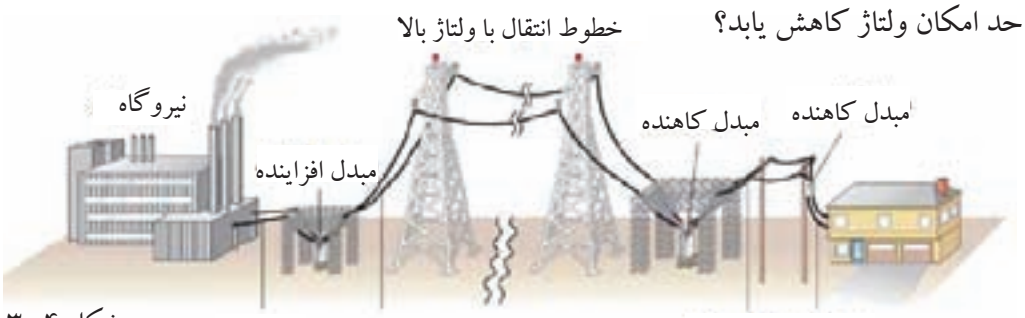
شکل ۴-۲۸

۷- در موتور الکتریکی ساده‌ی شکل ۴-۲۹ قاب به‌طور پاد ساعتگرد می‌چرخد. جهت جریان در قاب هنگامی که از بالا دیده دمی‌شود، ساعتگرد است یا پاد ساعتگرد؟



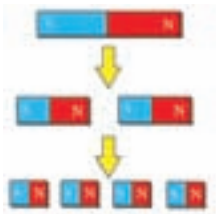
شکل ۴-۲۹

۸- مطابق شکل ۴-۳۰ سیم‌های خروجی مولد یک نیروگاه تولید برق به اولیه‌ی یک مولد افزاینده متصل می‌شود. با توجه به نظر خود درباره‌ی توان تلف شده در انتقال انرژی، توضیح دهید چرا مبدل افزاینده لازم است. چرا در محل مصرف باید تا حد امکان ولتاژ کاهش یابد؟



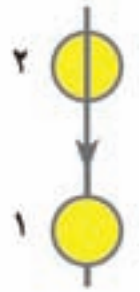
شکل ۴-۳۰

۹- به شکل ۴-۳۱ به دقت نگاه کنید و سپس دریافت خود را به صورت متنی کوتاه، در چند سطر بیان کنید.


شکل ۴-۳۱

آزمون چند گزینه‌ای

۱- در شکل ۴-۳۲ قطب‌نمای ۱ روی سیم و دیگری زیر سیم مستقیم و بلند حامل جریان I قرار گرفته‌اند. کدام گزینه جهت درست عقربه‌ی مغناطیسی را به ترتیب در هر یک از این قطب‌نماها نشان می‌دهد؟



شکل ۴-۳۲

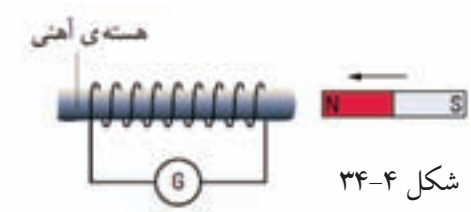
الف) ← ، ←
ب) → ، ←
پ) ↓ ، ↑
ت) ↓ ، ↑

۲- با توجه به شکل ۴-۳۳، جهت میدان مغناطیسی حاصل در نقطه‌ی p ناشی از میدان مغناطیسی دو آهن‌ربای میله‌ای مشابه کدام است؟

شکل ۴-۳۳

الف) →
ب) ←
پ) ↑
ت) ↓

۳- اگر در شکل ۴-۳۴ قطب N آهن‌ربا به طرف سیم‌لوله حرکت کند، کدام گزینه نادرست است؟



شکل ۴-۳۴

الف) در سیم‌لوله جریانی القا می‌شود که از گالوانومتر می‌گذرد.

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.

پ) 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:

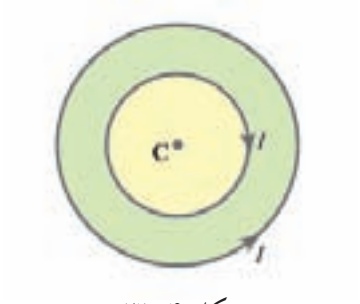
الف) می‌تواند یک‌طرفه شود.

ب) آسان‌تر تولید می‌شود.

پ) ایمن‌تر است.

ت) اتلاف آن هنگام انتقال کم‌تر است.

۶- با توجه به شکل ۴-۳۵ از دو حلقه‌ی رسانای هم مرکز، جریان‌های مساوی I می‌گذرد. جهت برایند میدان مغناطیسی در نقطه‌ی c چگونه است؟



شکل ۴-۳۵

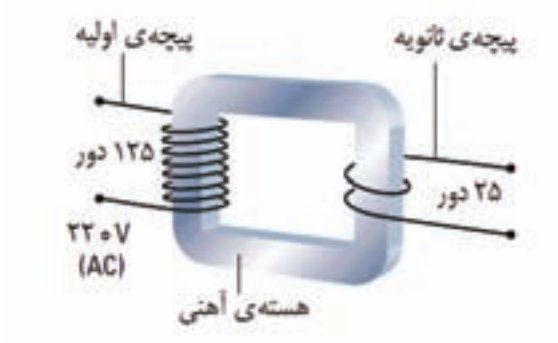
الف) ⊗ ب) ⊙ پ) →

ت) ← ث) ↑ ج) ↓

۷- شکل ۴-۳۶ یک مبدل کاهنده‌ی ac را نشان می‌دهد. ولتاژ خروجی (ثانویه) چه‌قدر است؟

الف) ۲۲ V ب) ۴۴ V

پ) ۶۶ V ت) ۸۸ V



شکل ۴-۳۶

فهرست منابع

۱- درک فیزیک، بریان آرنولد، ترجمه‌ی روح‌اله خلیلی بروجنی و مریم عباسیان، چاپ دوم ۱۳۸۸، انتشارات مدرسه.

۲- الکتریسیته و فیزیک گرما، مارک الس و کریس هانیول، ترجمه‌ی روح‌اله خلیلی بروجنی و احمد توحیدی، چاپ اول ۱۳۸۹، انتشارات مدرسه.

۳- فیزیک دانشگاهی، جلد اول، ویرایش دوازدهم، هیویانگ و راجر فریدمن، ترجمه‌ی اعظم پورقاضی، روح‌اله خلیلی بروجنی و محمد تقی فلاحی مروست، ویراسته‌ی ناصر مقبلی، چاپ اول ۱۳۸۹، نشر علوم نوین.

۴- فیزیک دانشگاهی، جلد دوم، ویرایش دوازدهم، هیویانگ و راجر فریدمن، ترجمه‌ی اعظم پورقاضی، روح‌اله خلیلی بروجنی و محمد تقی فلاحی مروست، ویراسته‌ی ناصر مقبلی، چاپ اول ۱۳۹۰، نشر علوم نوین.

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 Grew-Hi, 2005.

10- B.Heimbecker, Physics: Concepts and Connections, Irwin Publishing,200۲.

11- Jim Brieithaupt, Key Science, 3th Edition, John Murray,2001.