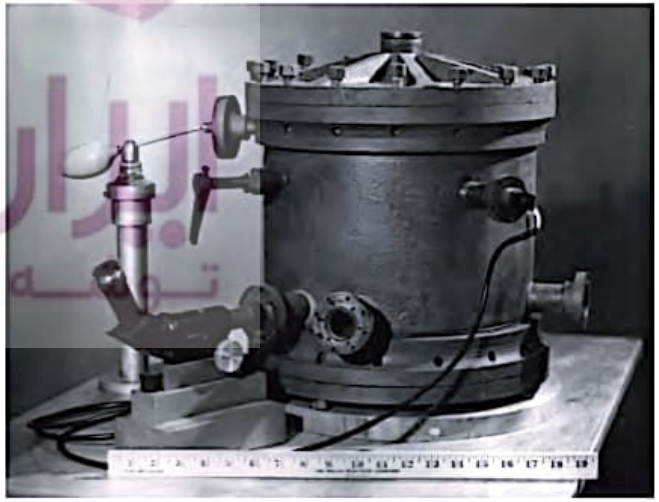
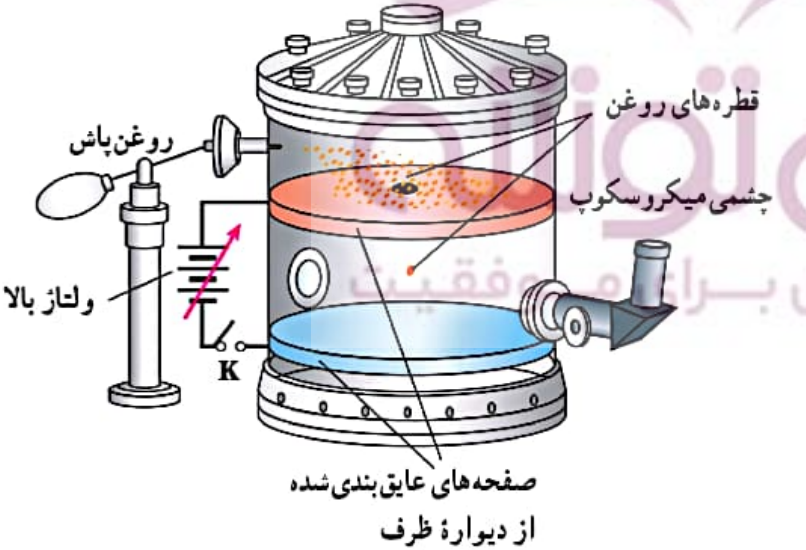
همان‌طور که پیش‌تر دیدیم بارالکتریکی با هر مقداری ظاهر نمی‌شود؛ بلکه همواره مضرب درستی از بار بنیادی e است ($q = \pm ne$). آزمایش کلاسیک فیزیک‌دان آمریکایی *رابرت میلیکان* به توضیح این امر می‌پردازد. این آزمایش اکنون به نام آزمایش قطره ــ روغن میلیکان[1] معروف است. میلیکان بین دو ورقهٔ فلزی موازی و افقی میدان الکتریکی قائم یکنواخت $\vec{E}$ را توسط یک منبع ولتاژ بالا ایجاد کرد (که می‌توانست آن را قطع و وصل کند). او در مرکز ورقهٔ بالایی چندین روزنهٔ کوچک ایجاد کرده بود که از طریق آنها قطره‌های روغن حاصل از یک روغن‌پاش به ناحیهٔ بین دو ورقه می‌پاشید. بیشتر این قطره‌ها در اثر مالش با دهانهٔ خروجی روغن‌پاش، باردار می‌شدند. میلیکان با تغییر دادن میدان الکتریکی بین صفحات به حرکت قطره‌های روغن در این فضا توجه کرد و با تحلیل این حرکت و با در نظر گرفتن مقاومت هوا، نیروی الکتریکی وارد بر هر قطره را محاسبه کرد و از آنجا بار الکتریکی هر قطره را تعیین کرد. میلیکان با تکرار آزمایش قطره ــ روغن به دفعات زیاد و با قطره‌ــ روغن‌های متفاوت دریافت که بار قطره‌ها برابر بار بنیادی e یا مضرب درستی از این مقدار است. شکل زیر اسباب واقعی آزمایش اولیهٔ میلیکان و طرحی از آن اسباب را نشان می‌دهد.

رابرت اندرو میلیکان[2] (۱۹۵۳ــ۱۸۶۸م)
فیزیک‌دان خبرهٔ آمریکایی که در سال ۱۹۲۳میلادی به خاطر کار خود در تعیین بار الکترون و نیز اثر فوتوالکتریک برندهٔ جایزهٔ نوبل گردید.





اسباب آزمایش اولیهٔ میلیکان و طرحی از آن

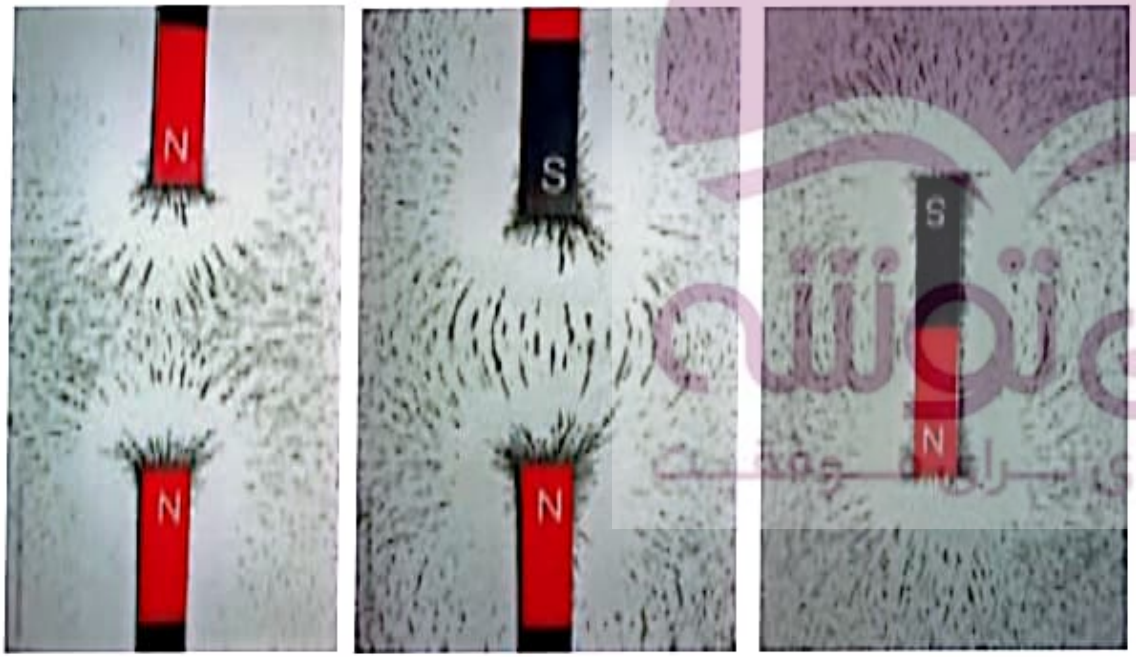
آزمایش ۳ـ۱

هدف: مشاهدهٔ طرح خط‌های میدان مغناطیسی با استفاده از برادهٔ آهن

وسیله‌های مورد نیاز : آهنربای میله‌ای (دو عدد)، برادهٔ آهن، یک ورقهٔ شیشه‌ای یا مقوایی، نمک پاش (یا وسیلهٔ دیگری برای پاشیدن برادهٔ آهن) و دوربین برای عکس گرفتن از نتیجهٔ آزمایش (اختیاری)

شرح آزمایش :

- یکی از آهنرباهای میله‌ای را روی میز قرار دهید و صفحهٔ شیشه‌ای (یا مقوایی) را روی آن بگذارید.
- به کمک نمک پاش، کمی برادهٔ آهن را به طور یکنواخت روی شیشه (مقوا) بپاشید.
- چند ضربهٔ آرام به صفحهٔ شیشه‌ای بزنید تا برادهٔ آهن در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرند. طرحی که روی صفحهٔ شیشه‌ای پدیدار می‌شود، نقشه‌ای از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای است (شکل الف).
- مراحل بالا را برای دو آهنربای میله‌ای که به‌ترتیب : قطب‌های ناهمنام و قطب‌های همنام آنها به یکدیگر نزدیک‌اند انجام دهید (شکل‌های ب و پ).



(الف) (ب) (پ)

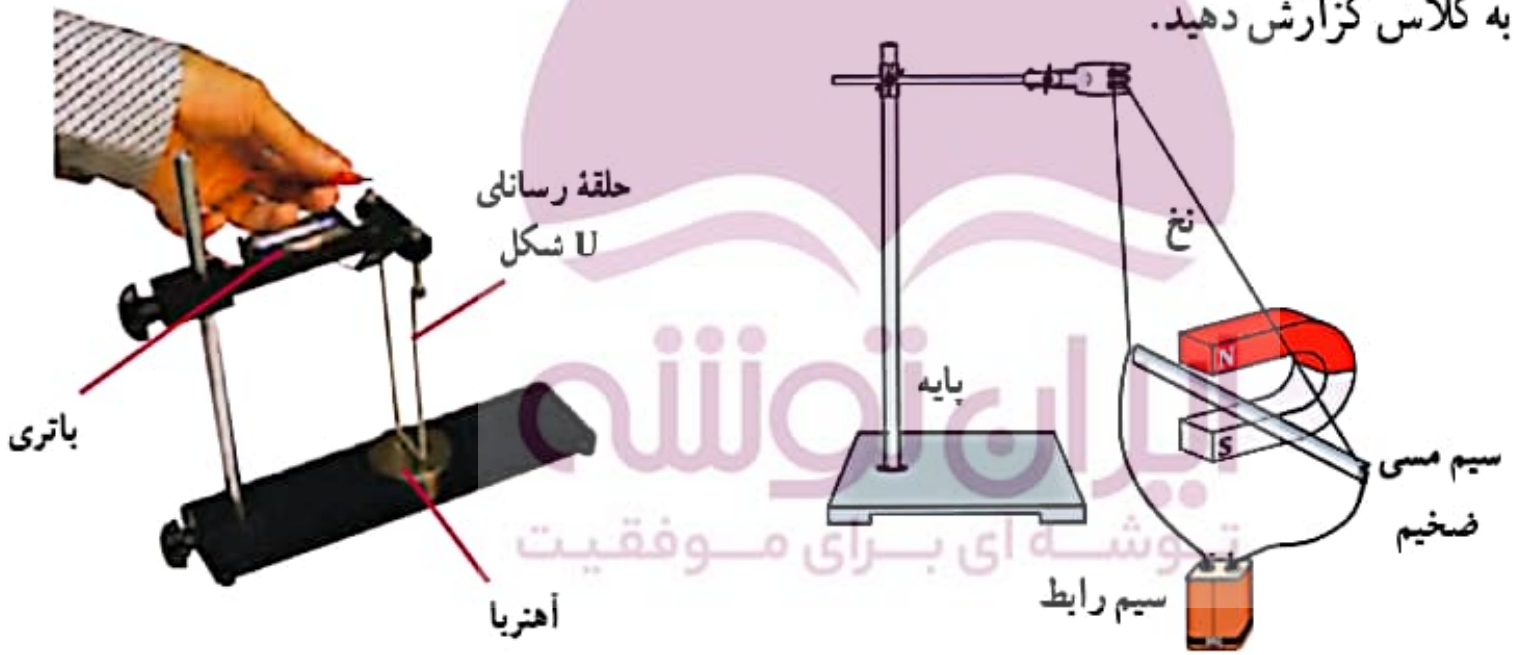
آزمایش ۳ــ۲

هدف: بررسی نیروی وارد بر سیم حامل جریان

وسیله‌های مورد نیاز : آهنربای نعلی شکل، سیم مسی ضخیم، سیم رابط، پایه، نخ و باتری

شرح آزمایش :

- مداری مطابق شکل الف ببندید تا جریان از سیم مسی بگذرد. آنچه را که مشاهده می‌کنید، در گروه خود به بحث بگذارید.
- در صورتی که وسیله‌ای مشابه شکل ب را در آزمایشگاه مدرسه در اختیار دارید می‌توانید از آن استفاده کنید.
- مدار را قطع کنید و جهت جریان را تغییر داده و مراحل بالا را دوباره انجام دهید.
- نتیجهٔ آزمایش را به کلاس گزارش دهید.



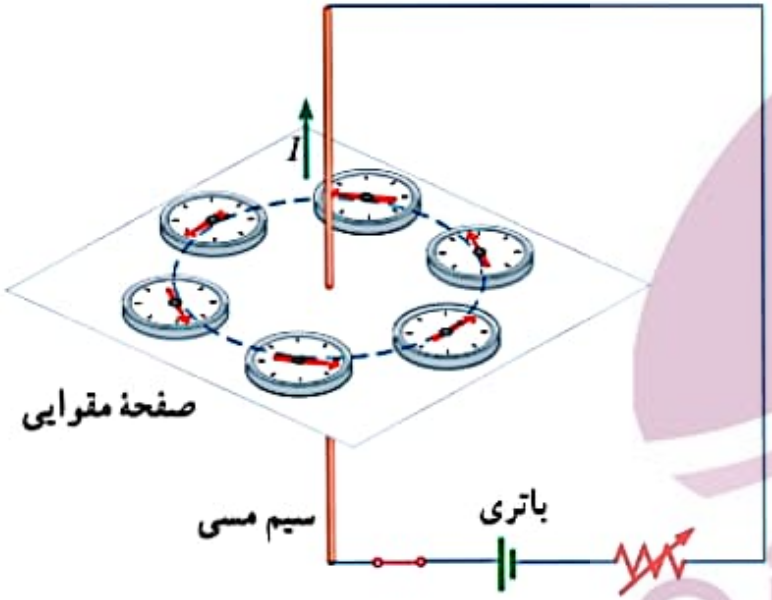
اورستد (فیزیک‌دان دانمارکی) با انجام آزمایش‌هایی شبیه آزمایش ۳ــ۲ و اندازه‌گیری نیرویی که

آزمایش ۳ـ۳

هدف: بررسی آثار مغناطیسی جریان الکتریکی (آزمایش اورستد)

وسیله‌های مورد نیاز : باتری، سیم مسی نسبتاً ضخیم، صفحهٔ مقوایی، عقربهٔ مغناطیسی (قطب‌نما)، رئوستا و سیم رابط

شرح آزمایش :

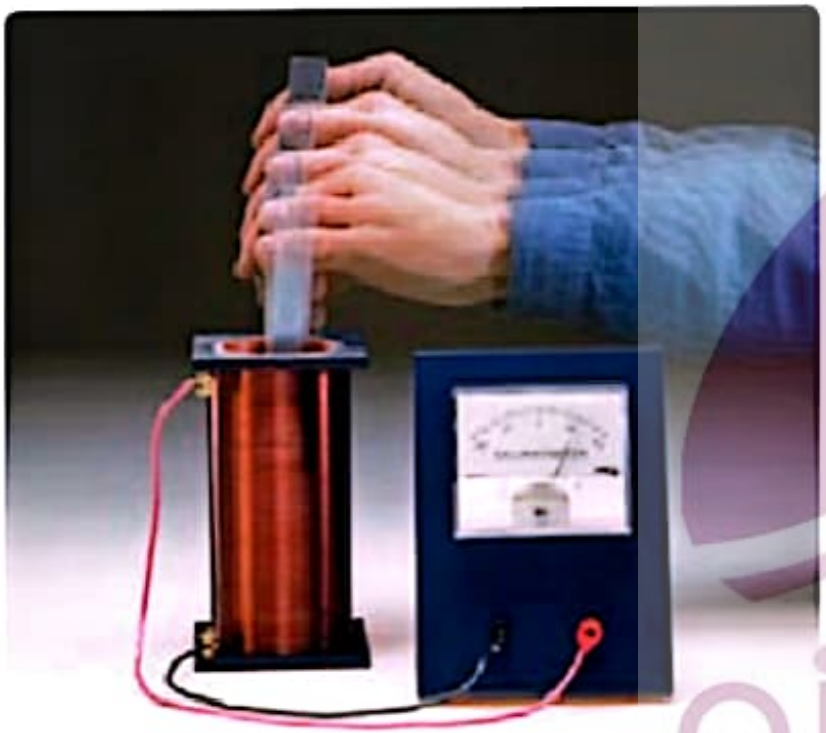


- سیم مسی را از صفحهٔ مقوایی بگذرانید و با آن مداری مطابق شکل روبه‌رو تشکیل دهید.
- قبل از برقراری جریان الکتریکی، عقربهٔ مغناطیسی را درمجاورت سیم، روی مقوا قرار دهید و به راستای قرارگرفتن آن توجه کنید.
- با وصل‌کردن مدار، جریان الکتریکی را از سیم مسی عبور دهید و به جهت‌گیری عقربهٔ مغناطیسی توجه کنید.
- عقربهٔ مغناطیسی را در نقطه‌های مختلف روی مقوا قرار دهید و جهت آن را بررسی کنید.
- با توجه به جهت گیری عقربه در نقاط مختلف صفحهٔ مقوایی، چند خط میدان مغناطیسی را رسم کنید.
- این آزمایش را بار دیگر با جریانی در جهت مخالف تکرار کنید.
- به کمک چند باتری دیگر یا تغییر مقاومت رئوستا، تحقیق کنید که افزایش یا کاهش جریان چه تأثیری در نتیجهٔ آزمایش دارد؟
- نتیجهٔ این آزمایش را در گروه خود بحث کنید و آن را به کلاس گزارش دهید.

ایران توشه

آزمایش ۴ـ۱

هدف: بررسی پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی



وسیله های مورد نیاز : گالوانومتر، آهنربای میله‌ای، سیملوله یا پیچه و سیم رابط

شرح آزمایش :

- دو سر سیملوله را به گالوانومتر ببندید.
- یکی از قطب‌های آهنربا را وارد سیملوله کنید (شکل روبه‌رو). مشاهدات خود را هنگام انجام این کار، یادداشت کنید.
- اکنون آهنربا را از سیملوله خارج کنید. مشاهدات خود را هنگام انجام این کار، دوباره یادداشت کنید.
- مراحل بالا را برای قطب دیگر آهنربا تکرار کنید.
- آزمایش را در حالی انجام دهید که آهنربا ثابت باشد و سیملوله به آن نزدیک یا از آن دور شود. آیا نتیجهٔ آزمایش تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

آزمایش ۴ـ۲

هدف: بررسی اثر خود ــ القاوری

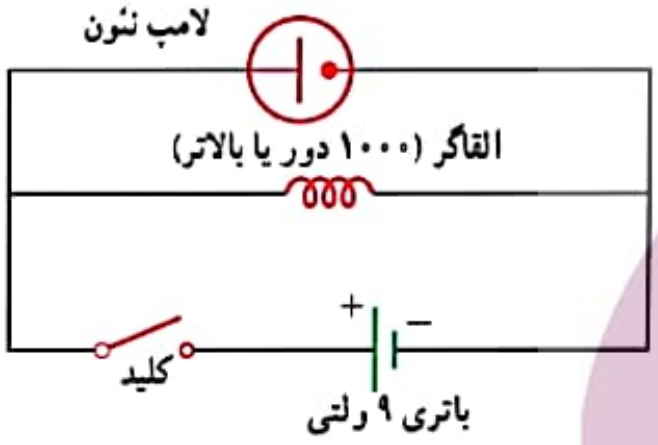
وسیله‌های مورد نیاز : لامپ نئون (لامپ فازمتری)، القاگر(۱۰۰۰ دور یا بالاتر)، باتری قلمی (۲ عدد) یا باتری ۹ ولتی، سیم رابط، کلید

شرح آزمایش :

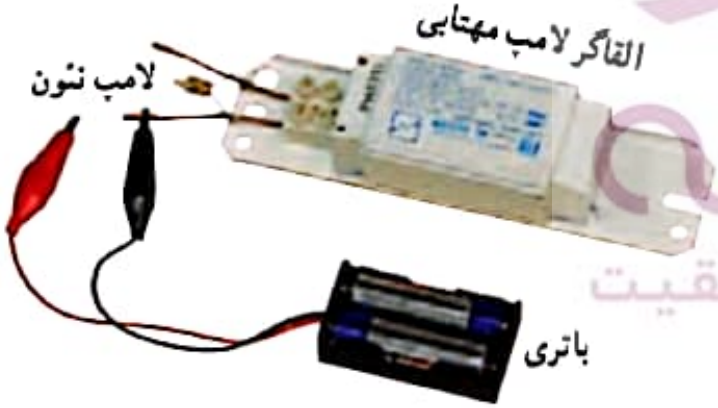
- مداری مطابق شکل الف ببندید.
- کلید را وصل کنید. آیا لامپ روشن است؟ اینک کلید را قطع کنید.

در لحظهٔ قطع کردن کلید چه چیزی مشاهده می‌کنید؟ دلیل آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به گفت‌وگو بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

توجه : می‌توانید مطابق شکل ب، به جای القاگر از القاگر لامپ‌های مهتابی (که به اشتباه ترانس نامیده می‌شود) نیز استفاده کنید.



(الف)



(ب)

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

مطابق شکل، دو نیِ پلاستیکی را از نزدیکی یک انتهای آنها خم کنید و پس از مالش دادن با پارچه‌ای پشمی نزدیک یکدیگر قرار دهید. اگر نی‌ها به‌خوبی باردار شده باشند نیروی دافعهٔ آنها را می‌توانید به‌وضوح بر روی انگشتان خود حس کنید. **پاسخ** زمانی که دو نی پلاستیکی را با پارچه‌ای پشمی مالش می‌دهیم، دارای بار منفی می‌شوند. (نی پلاستیکی الکترون‌های پارچه را جذب می‌کند و منفی می‌شود و پارچهٔ پشمی الکترون از دست می‌دهد و مثبت می‌شود) با نزدیک کردن نی‌ها به یکدیگر، طبق قانون جاذبه و دافعهٔ الکتریسیتهٔ ساکن، همدیگر را دفع می‌کنند.

فعالیت ۱-۲ (کار در کلاس)

شکل روبه‌رو تصویری از مرحله‌های ایجاد یک رونوشت در دستگاه فتوکپی را نشان می‌دهد. در مورد چگونگی کار دستگاه‌های فتوکپی تحقیق کنید.

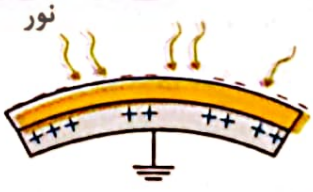
پاسخ اساس کار دستگاه فتوکپی: ۱) روی غلتک نواری یا استوانه‌ای درام (Drum)، بار الکتریسیتهٔ یکنواخت قرار دارد که ولتاژ بین دو سر آن ۷۰۰ – ۶۰۰ ولت است. در سطح غلتک از رسانای شفاف با بار منفی استفاده می‌شود. (شکل ۱)

۲) در دستگاه فتوکپی، باریکهٔ نور شدیدی از کاغذی که روی شیشهٔ دستگاه کپی قرار داده شده، عبور می‌کند. قسمت‌های سفید کاغذ نور را منعکس کرده و این نور انعکاسی، به سطح درام برخورد می‌کند و آن قسمت سطح درام، خنثی می‌شود. نواحی تیرهٔ سطح کاغذ (مانند تصویر زیر)، نور را جذب می‌کند، درنتیجه نواحی با بار منفی روی درام باقی می‌ماند. (شکل ۲)

۳) مطابق شکل زیر درون دستگاه فتوکپی پودر سیاه‌رنگ بسیار ظریفی به نام تونر موجود است که با بار مثبت شارژ شده است. این بارها به بارهای منفی که روی درام باقی مانده‌اند، می‌چسبند؛ درنتیجه فقط قسمت‌هایی از آن تونر را جذب می‌کند. جایی که کاغذ اصلی سیاه است روی درام، الکتریسیتهٔ ساکن ایجاد می‌کند، اما جایی که سفید است، الکتریسیتهٔ ساکن ایجاد نمی‌کند و یک تصویر از مدرک روی آن شکل می‌گیرد. (شکل ۳)

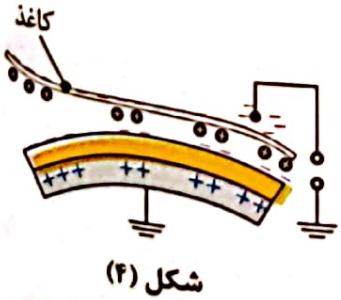
۴) سطح کاغذ با الکتریسیتهٔ ساکن منفی شارژ می‌شود و تونر باردار مثبت از سطح درام به سطح کاغذ جذب می‌شود. چون تونر به دما حساس است، هنگامی که ذرات نرم تونر از درام جدا و جذب کاغذ می‌شوند، با استفاده از گرما به سطح کاغذ می‌چسبند و به این ترتیب یک کپی ایجاد می‌شود. (شکل ۴)

شکل (۱)



شکل (۲)

شکل (۳)

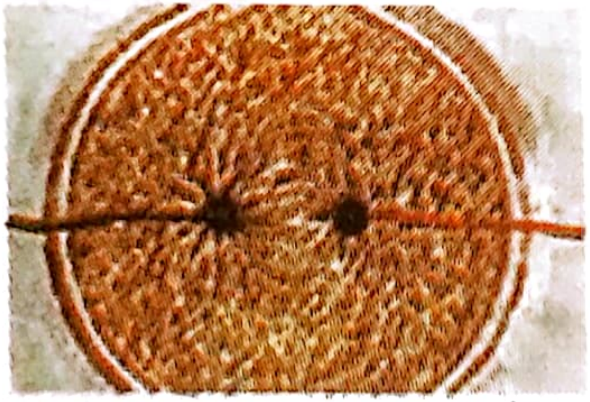


شکل (۴)

در مرحلهٔ آخر، رسانای شفاف باید پاک و برای کپی بعدی آماده شود. این عمل به‌طور عادی به وسیلهٔ «در معرض نور قرار دادن آن» و «خروج بارهای الکتریکی باقی‌مانده» و نیز «حذف تونرهای اضافی به وسیلهٔ تیغه» انجام می‌شود.

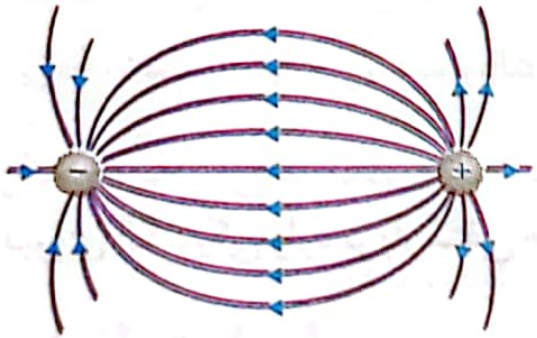
ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فعالیت ۱ - ۳ (کار در کلاس)



درون یک ظرف شیشه‌ای یا پلاستیکی با عمق کم، مقداری پارافین مایع یا روغن کرچک به عمق حدود ۰/۵cm بریزید و داخل آن دو الکترود نقطه‌ای قرار دهید. الکترودها را با سیم به پایانه‌های مثبت و منفی یک مولد ولتاژ بالا، مانند مولد وان‌دوگراف وصل کنید. روی سطح پارافین، مقدار کمی بذر چمن یا خاکشیر بپاشید. مولد را روشن کنید. اکنون به سمت‌گیری دانه‌ها در فضای بین دو الکترود توجه کنید. شکل سمت‌گیری دانه‌ها در این فضا را رسم کنید.

پاسخ



ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

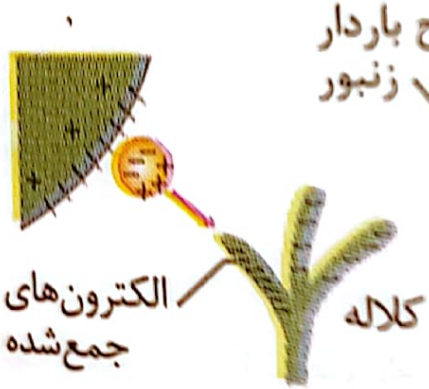
فعالیت ۱-۴

تولیدمثل برخی از گل‌ها به زنبورهای عسل وابسته است. گرده‌ها به واسطهٔ میدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می‌شوند. در این باره تحقیق کنید.

پاسخ زنبورهای عسل معمولًا در حین پرواز دارای بار مثبت می‌شوند و وقتی به گردهٔ بدون باری روی بساک یک گل (شکل الف) می‌رسند که از لحاظ الکتریکی خنثی است، میدان الکتریکی آنها روی گرده، بارهای مثبت و منفی القا می‌کند به‌طوری که آن سمت گرده که به طرف زنبور است دارای بار منفی می‌شود و به این ترتیب گرده به سوی زنبور کشیده می‌شود. (شکل ب) گرده‌ها روی مویزه‌های ریز زنبور قرار می‌گیرند؛ سپس وقتی زنبور در اطراف کلالهٔ گل دیگری پرواز می‌کند، بارهایی منفی را بر روی کلاله القا می‌کند. هرگاه نیروی الکتریکی وارد از کلاله، بزرگ‌تر از نیروی الکتریکی وارد از زنبور بر گرده باشد، گرده به سمت کلالهٔ گل کشیده می‌شود (شکل پ) و گرده‌افشانی صورت می‌پذیرد.

الف) اجزای بساک و کلالهٔ یک گل

ب) بر اثر حضور زنبور، روی گردهٔ نزدیک بساک، بار القا شده است.



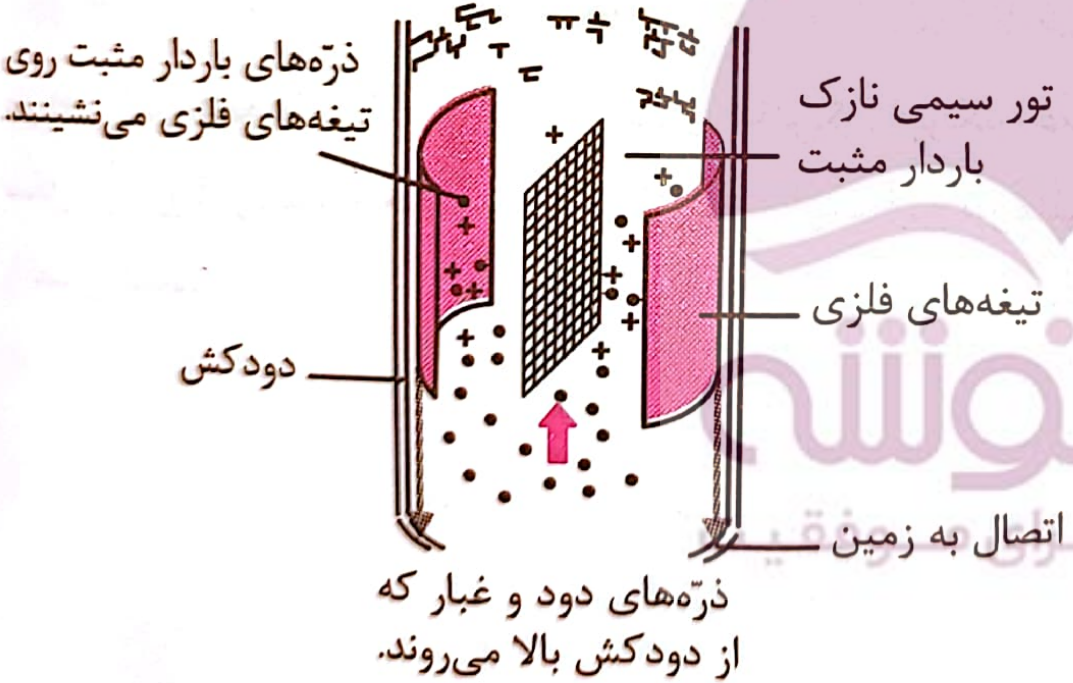
پ) الکترون‌هایی که در نوک کلاله جمع شده‌اند، گرده را جذب می‌کنند.

البرز توشه
توشه‌ای برای موفقیت

تمرین ۱-۷

فعالیت ۱-۵

رسوب‌دهندهٔ الکتروستاتیکی (ESP) دود و غبار را از گازهای زائدی که از دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها بالا می‌آید جدا می‌سازد. رسوب‌دهنده‌ها انواع مختلفی دارند. در مورد اساس کار این رسوب‌دهنده‌ها تحقیق کنید. شکل‌های روبه‌رو تأثیر رسوب‌دهنده را در کاهش آلودگی هوای ناشی از یک دودکش نشان می‌دهد. پاسخ شکل مقابل، چگونگی کار یک رسوب‌دهندهٔ الکتروستاتیکی را نشان می‌دهد. توری سیمی که به میزان زیادی دارای بار مثبت شده است، بین تیغه‌های فلزی متصل به زمین قرار دارد؛ به‌گونه‌ای که تخلیهٔ الکتریکی مداومی بین توری و این تیغه‌ها روی می‌دهد. این تخلیه، جریان پیوسته‌ای از یون‌ها را به همراه دارد که خود را به ذرّه‌های غبار در گازی که از دودکش بالا می‌رود، متصل می‌کنند. ذرّه‌های باردار عبوری، به سوی تیغه‌های متصل به زمین رانده می‌شوند و در آنجا رسوب می‌کنند. پس از مدتی این تیغه‌ها را با زدن ضربه می‌تکانند و به این ترتیب ذرّه‌ها جدا می‌شوند.

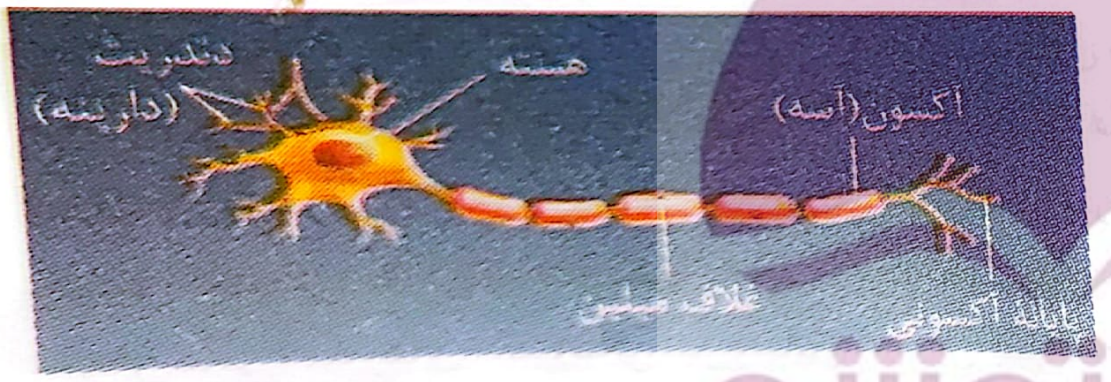


ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

فعالیت ۱-۶

صفحهٔ ۲۶

عمل مغز اساساً برمبنای کنش‌ها و فعالیت‌های الکتریکی است. سیگنال‌های عصبی چیزی جز عبور جریان‌های الکتریکی نیست. مغز این سیگنال‌ها را دریافت می‌کند و اطلاعات به‌صورت سیگنال‌های الکتریکی در امتداد اعصاب گوناگون منتقل می‌شوند. هنگام انجام هر عمل خاصی، سیگنال‌های الکتریکی زیادی تولید می‌شوند. این سیگنال‌ها حاصل کنش الکتروشیمیایی در یاخته‌های عصبی موسوم به نورون هستند. دربارهٔ چگونگی کار نورون‌ها تحقیق و به کلاس گزارش کنید.

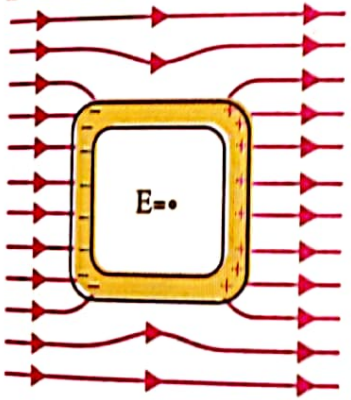


ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

پاسخ «نورون»، متشکل از یک جسم سلولی است که پیام‌های الکتریکی را از طریق اتصال‌هایی به نام «سیناپس» که روی «دندریت‌ها» قرار دارند، دریافت یا ارسال می‌کند. اگر محرک به حد کافی قوی باشد، نورون یک سیگنال الکتریکی را در امتداد تاری به نام «اکسون» ارسال می‌کند. اکسون یا تار عصبی که طول آن ممکن است به یک متر برسد، سیگنال الکتریکی را به ماهیچه‌ها و نورون‌های دیگر می‌برد. در دو طرف سطح یا غشای هر نورون، اختلاف پتانسیلی ناشی از وجود یون‌های منفیِ بیشتر در داخل غشای نسبت به خارج آن وجود دارد و اصطلاحاً به آن «نورون قطبیده» گفته می‌شود. پتانسیل داخل سلول عموماً ۶۰ تا ۹۰ میلی‌ولت، منفی‌تر از خارج آن است. این اختلاف پتانسیل، «پتانسیل استراحت نورون» نامیده می‌شود. وقتی نورون تحریک می‌شود، در محل تحریک، تغییر لحظه‌ای بزرگی در پتانسیل استراحت رخ می‌دهد. این تغییر پتانسیل که «پتانسیل کنش» نام دارد در امتداد اکسون منتشر می‌شود. تحریک می‌تواند از قبیل گرما، سرما، نور، صوت و بو به‌وجود آید. اگر تحریک، الکتریکی باشد فقط در حدود ۲۰mV در دو طرف غشا لازم است تا پتانسیل کنش را راه بیندازد.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فعالیت ۱-۷



الف) در شکل شخصی را داخل یک قفس توری فلزی می‌بینید که نوعی از قفس فاراده است. در مورد قفس فاراده و کاربردهایش تحقیق و به کلاس گزارش کنید.

پاسخ قفس فاراده، در واقع به انواع و اقسام مجموعه‌هایی گفته می‌شود که بر مبنای آزمایش فارادی، موجب حفاظت الکتروستاتیکی می‌شوند. اگر یک رسانای خنثی و منزوی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار دهیم، الکترون‌های آزاد رسانا طوری روی سطح خارجی آن توزیع می‌شوند که اثر میدان خارجی درون رسانا را خنثی و میدان خالص درون رسانا را صفر می‌کنند. (مطابق شکل) در مورد کاربردهایش می‌توان ساخت محافظ‌های الکتروستاتیکی را نام برد. مثلاً فرض کنید می‌خواهیم یک دستگاه حساس الکترونیکی را از یک میدان الکتریکی نامطلوب حفظ کنیم. به این منظور دستگاه را درون یک جعبهٔ رسانا قرار می‌دهیم یا با ورقه‌ای نازک از مادّه‌ای رسانا، دیواره‌ها، کف و سقف این اتاقک را می‌پوشانیم. میدان الکتریکی خارجی، نحوهٔ توزیع الکترون در پوشش رسانا را تغییر داده و این توزیع جدید بار، شکل خطوط میدان در مجاورت آن را نیز تغییر می‌دهد.

ب) تحقیق کنید چرا معمولاً شخصی که در داخل اتومبیل یا هواپیماست از خطر آذرخش در امان می‌ماند.

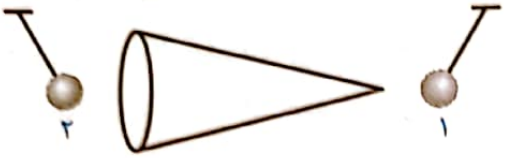
پاسخ اتومبیل مانند قفس فاراده عمل می‌کند. اگر آذرخشی به اتومبیل اصابت کند، جریان روی بدنهٔ خارجی اتومبیل باقی می‌ماند. (البته برای اتومبیل‌هایی که بدنهٔ لاستیکی یا سقف تاشو دارند وضعیت این‌طور نیست و ممکن است هیچ محافظتی ایجاد نشود) بالا کشیدن شیشه‌ها که موجب خیس شدن و رسانا شدن آنهاست، می‌تواند چاره‌ساز باشد. هواپیماها نیز مانند اتومبیل می‌توانند از سرنشینان خود محافظت کنند.

پ) با اعضای گروه خود آزمایش‌های دیگری را طراحی و اجرا کنید که نشان دهد بار اضافی داده‌شده به رسانا، روی سطح خارجی آن قرار می‌گیرد. **پاسخ** می‌توان تلفن همراه خود را در ظرف فلزی سربسته‌ای (مانند فویل آلومینیمی) گذاشت و به آن زنگ زد یا در مولد واندوگراف که بار توسط یک قطعهٔ رسانا از تسمه روی کلاهک منتقل می‌شود، قرار دارد. درنتیجه بار روی کلاهک و میدان اطراف آن به‌سرعت بزرگ و بزرگ‌تر می‌شود. برای حفاظت از مدارهای الکترونیکی حساس از میدان‌های الکتریکی آشفته که توسط وسایل الکتریکی خانگی (مانند سشوار، مخلوط‌کن و...) بر مدارهای آمپلی‌فایر، رادیو و... اثر می‌گذارند؛ می‌توان (برای حذف چنین میدان‌هایی) مدارهای الکترونیکی این وسایل را داخل جعبه‌های فلزی قرار داد.

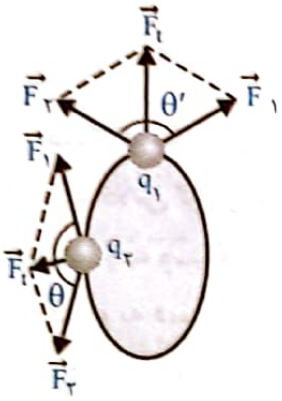
فعالیت ۱ـ۸

دو قطعه ورقهٔ آلومینیمی به ابعاد ۴ × ۳ سانتی‌متر را مچاله کنید و به سرهای دو تکه نخ هم‌اندازه به طول ۳۰cm وصل کنید. پس از آنکه جسم فلزی دوکی‌شکل را با مولد وان‌دوگراف باردار کردید، یکی از آونگ‌ها را مقابل نوک تیز و دیگری را مقابل بخش پهن دوک بیاویزید. چه مشاهده می‌کنید؟ مشاهدهٔ خود را توجیه کنید.

پاسخ وقتی جسم مخروطی را توسط واندوگراف دارای بار الکتریکی می‌کنیم، مطابق شکل روبه‌رو، آونگ شمارهٔ ۱ در نقطهٔ نوک‌تیز مخروط، با شدت بیشتری جذب می‌شود. این نشان می‌دهد که در نقاط نوک‌تیز اجسام فلزی، تجمع بار بیشتر است. به عبارتی چگالی سطحی بار در نقاط نوک‌تیز اجسام رسانا بیشتر است.



توجیه ریاضی قضیه این است که با توجه به هم‌پتانسیل بودن سطح جسم رسانا (میزان بار روی سطوح کوچک و بزرگ یکی است) و شعاع قوس در نقاط نوک‌تیز کمتر است (منظور از شعاع قوس هر نقطه، شعاع دایره‌ای فرضی است که در آن نقطه به‌صورت تقریبی بر سطح جسم مماس می‌شود)، پس اجباراً بارهای الکتریکی با فاصلهٔ کمتری از هم قرار می‌گیرند تا اثر شعاع را جبران کنند. چون شعاع در نقاط نوک‌تیز کمتر می‌شود (مساحت کمتر)، بنابراین چگالی سطحی بیشتر خواهد شد: $\sigma = \frac{q}{A}$



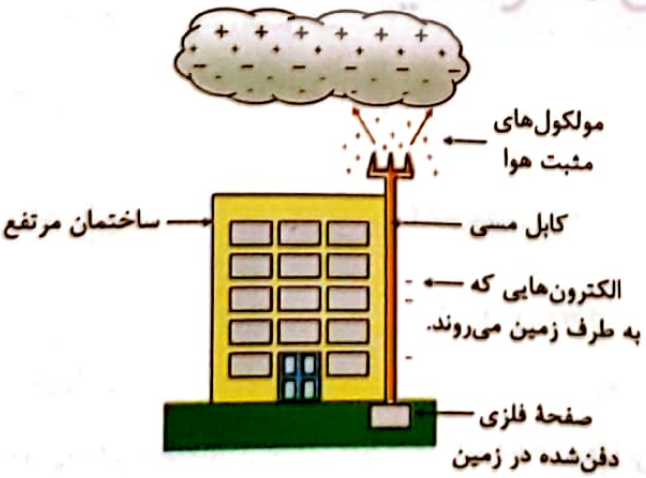
. از نظر فیزیکی می‌توان گفت که نیروهای مؤثر در سطح کوچک نقاط نوک‌تیز، اندازهٔ بزرگ‌تری دارند تا نیروهای مؤثر بر هر بار روی سطح بزرگ. (نیروی برایند در هر دو سطح بر روی بارها صفر است). مطابق شکل بالا، نیروهای وارد بر دو نقطهٔ باردار در محل نوک‌تیز و مسطح نشان می‌دهد که برایند نیروهای وارد بر بار در نقاط نوک‌تیز بزرگ‌تر است:

$$\theta' < \theta \Rightarrow F'_t > F_t$$

فعالیت ۱ـ۹

در مورد برق‌گیرهای ساختمان تحقیق کنید و بررسی کنید آنها چگونه ساختمان‌ها را از گزند آذرخش در امان نگه می‌دارند.

پاسخ مانند شکل زیر برق‌گیر برای حفاظت ساختمان‌ها از اصابت آذرخش، به‌صورت سیمی بلند و نوک‌تیز در بالاترین نقطهٔ ساختمان مورد حفاظت، نصب می‌شود. ته سیم کاملاً به زمین متصل می‌شود، برای این منظور معمولاً سیم به یک صفحهٔ فلزی لحیم شده و درون زمین تا سطح آب زیرزمینی فرو برده می‌شود. در حین توفان تندری، بارهای زیادی در سطح زمین القا می‌شوند و میدان الکتریکی شدیدی به‌وجود می‌آید. شدت میدان به‌خصوص در نزدیک اجسام نوک‌تیز زیاد است. این بارهای القاشده نمی‌توانند روی ساختمان جمع شوند، به برق‌گیر برخورد می‌کنند و بدون خسارت به زمین می‌روند.



در حسگر کیسهٔ هوای برخی از خودروها از یک خازن استفاده می‌شود. دربارهٔ چگونگی عملکرد این حسگرها تحقیق کنید و نتیجهٔ آن را به کلاس گزارش دهید. پاسخ در جلوی خودرو دو سنسور به‌کار رفته که در دو طرف خودرو و قسمت محفظهٔ چرخ‌ها قرار گرفته‌اند و به وسیلهٔ سیم به واحد کنترل مرکزی ارتباط دارند. در هنگام برخورد و ضربهٔ شدید، یک سنسور الکترومکانیکی به‌کار می‌افتد و به دستگاه کنترل مرکزی هشدار می‌دهد. دستگاه کنترل مرکزی، جریان مدار پرشدهٔ خازنی را برای سوزاندن سوخت جامدی که در محفظهٔ ایربگ قرار دارد به‌کار می‌اندازد. بخار حاصل ازگاز تولیدشده به‌سرعت کیسه را پر می‌کند و هم‌زمان با آن کمربند ایمنی سفت می‌شود و راننده را به صندلی می‌چسباند. این حسگرهای خازنی از دو صفحهٔ فلزی کوچک و نزدیک به هم ساخته شده‌اند که بارهای $Q+$ و $Q-$ دارند. وقتی اتومبیل ناگهان متوقف می‌شود، صفحهٔ عقبی که سبک‌تر است به سمت صفحهٔ سنگین‌تر جلویی حرکت می‌کند. این حرکت موجب تغییر ظرفیت خازن می‌شود و یک مدار الکتریکی این تغییر را آشکارسازی می‌کند و کیسه‌های هوا را به‌کار می‌اندازد.

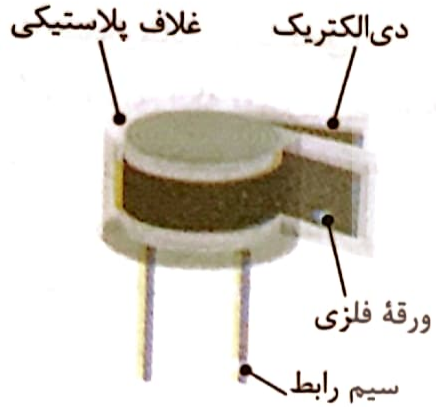
ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فعالیت ۱-۱۱

خازن‌ها انواع متعددی دارند؛ زیرا برای کاربردهای مختلفی طراحی و ساخته می‌شوند. دربارهٔ خازن‌های مختلف مانند خازن‌های ورقه‌ای، میکا، سرامیکی، الکترولیتی، خازن‌های متغیر، اَبَرخازن‌ها و ظرفیت آنها تحقیق کنید. هر گروه می‌تواند روی یک نوع خازن تحقیق کند.

۱.۲۲

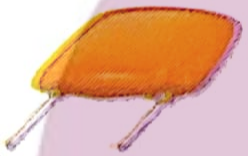
ایران توشه
توشه ای برای موفقیت



پاسخ خازن‌ها انواع متعددی دارند؛ زیرا برای کاربردهای مختلفی ساخته می‌شوند.

خازن‌های ورقه‌ای: این خازن‌ها از دو ورقهٔ قلع یا آلومینیم تشکیل شده‌اند که بین آنها دو ورقهٔ دی‌الکتریک مانند کاغذ یا پلاستیک جا داده می‌شود. این ورق‌ها را لوله می‌کنند و به‌صورت یک استوانه در می‌آورند و در محفظه‌ای پلاستیکی قرار می‌دهند. ظرفیت این نوع خازن‌ها از ۱nF تا ۱μF است.

خازن‌های میکا: بین ورقه‌های فلزی نازک قلعی، ورقه‌های نازک میکا قرار می‌دهند و ورقه‌های قلع را یک در میان به یکدیگر وصل می‌کنند. ظرفیت این خازن‌ها حدود ۵۰ تا ۵۰۰ پیکوفاراد است.



خازن‌های سرامیکی: دی‌الکتریک این خازن‌ها سرامیک است که با استفاده از انواع سیلیکات‌ها در دمای بالا تهیه می‌شود. ثابت دی‌الکتریک این خازن‌ها زیاد و در حدود ۱۰۰۰ است. خازن‌های سرامیکی به شکل عدس تهیه می‌شوند و حجم آنها کم است. صفحه‌های رسانای آنها نیز با ذوب نقره در دو طرف سرامیک تهیه می‌شود. ظرفیت این خازن‌ها حدود ده‌ها نانوفاراد (nF) است.

خازن‌های الکترولیتی: این نوع خازن‌ها از صفحه‌های آلومینیمی تشکیل شده‌اند که در میان آنها الکترولیت‌هایی از انواع مختلف فسفات یا کربنات قرار می‌دهند. در بین صفحه‌ها مادّه‌ای اسفنجی است که الکترولیت را به‌خود جذب می‌کند. ظرفیت این خازن‌ها بالاست و تا حدود ۰/۱F می‌رسد.

اَبَرخازن: این نوع خازن‌ها می‌توانند با حجمی حدود $16/4\,cm^3$ ظرفیتی تا چند کیلوفاراد داشته باشند. صفحه‌های این نوع خازن‌ها که از نوعی الکترولیت پر شده‌اند با استفاده از موادی ساخته شده‌اند که در مقیاس نانو مساحت سطح بسیار بزرگی دارند. فناوری نانو به‌کار گرفته‌شده در این خازن‌ها به ظرفیت‌های بسیار بزرگی (از مرتبهٔ کیلوفاراد) می‌انجامد. یکی از ویژگی‌های این خازن‌ها آن است که خیلی سریع‌تر از باتری‌های شارژشدنی شارژ می‌شوند و می‌توان آنها را به دفعاتی تا هزاران بار بیشتر از این باتری‌ها شارژ کرد. همین ویژگی است که باعث استفاده از این خازن‌ها در وسایل نقلیهٔ الکتریکی می‌شود.

خازن‌های متغیر: دی‌الکتریک این خازن‌ها معمولاً هواست. در ساختمان آنها دو نوع صفحهٔ فلزی، یک دستهٔ ثابت و دستهٔ دیگر متحرک به‌کار رفته است که هر دو دسته، روی یک محور قرار گرفته‌اند؛ ولی صفحه‌های متحرک، روی این محور می‌چرخند. صفحه‌ها به شکل نیم‌دایره‌اند و با چرخیدن صفحه‌های متحرک، مساحت خازن کم و زیاد می‌شود. این نوع خازن‌ها در گیرنده‌های رادیویی به‌کار می‌رفته است.

فعالیت ۲ـ۱

سرعت سوق الکترون‌های آزاد در یک رسانا می‌تواند به کندیِ سرعت حرکت یک حلزون باشد. اگر سرعت سوق الکترون‌ها اینقدر کم است، پس چرا وقتی کلید برق را می‌زنیم چراغ‌های خانه به‌سرعت روشن می‌شوند؟ (راهنمایی: شیلنگ شفافی را در نظر بگیرید. وقتی شیر را باز می‌کنید، هنگامی که شیلنگ پر از آب است، آب بلافاصله از سر دیگر شیلنگ جاری می‌شود؛ ولی اگر لکه‌ای رنگی را درون آب چکانده باشیم، می‌بینیم این لکهٔ رنگی به‌آهستگی در آب حرکت می‌کند.)

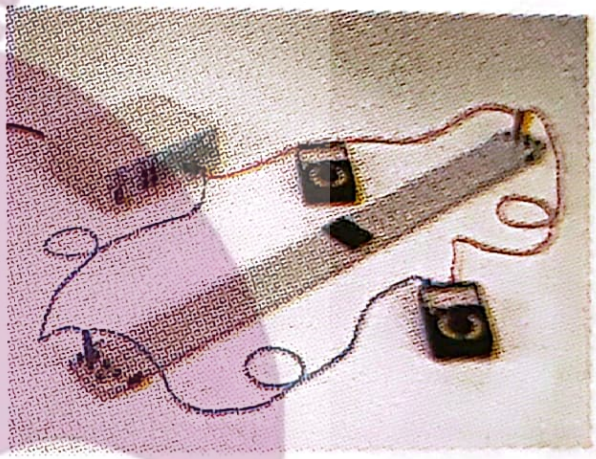
پاسخ وقتی کلید برق را می‌زنیم، میدان الکتریکی با سرعتی نزدیک به سرعت نور برقرار می‌شود (سرعت حرکت این موج در سیم‌های معمولی حدود ۹۰ درصد سرعت نور است؛ یعنی ۲۷۰۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه). الکترون‌ها (حتی الکترون‌هایی که کنار لامپ هستند) در سرتاسر سیم به‌طور هم‌زمان شروع به حرکت می‌کنند که این با زمانی که طول می‌کشد تا الکترون‌ها از کلید به لامپ برسند، ارتباطی ندارد. سرعت سوق با جریانی که ایجاد می‌شود، متفاوت است. نباید فکر کنیم که چون سرعت سوق کم است، پس جریان دیر برقرار می‌شود. سرعت سوق میانگین سرعتی است که الکترون‌ها به‌دست می‌آورند تا هم‌راستا شوند و خلاف جهت میدان الکتریکی اعمال‌شده قرار گیرند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

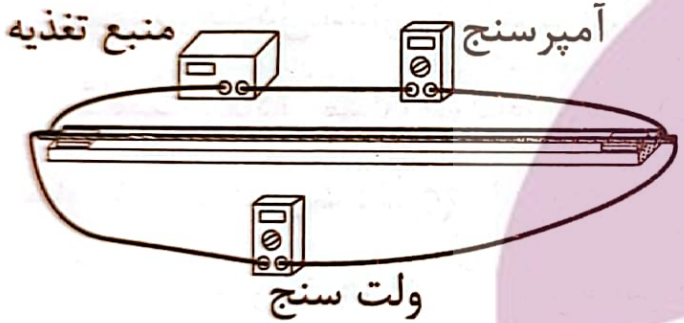
تمرین ۲ـ۱

فعالیت ۲-۲

اسباب آزمایشی را شامل یک منبع تغذیه، آمپرسنج، ولت‌سنج، سیم‌های رابط و قطعهٔ سیم‌هایی که می‌خواهیم مقاومت آنها را به‌دست آوریم، مطابق شکل داده‌شده سوار کنید. آزمایش شامل سه مرحله است.



(الف) اسباب آزمایش اندازه‌گیری مقامت یک سیم رسانا



(ب) طرحی از مدار این آزمایش

۱- قطعهٔ سیم‌هایی از جنس یکسان، مثلاً کنستانتان (یا نیکروم) با قطر برابر ولی طول‌های متفاوت را در مدار قرار دهید و با استفاده از تعریف مقاومت، مقاومت هر کدام از سیم‌ها را با استفاده از عددی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند محاسبه و نتایج خود را در جدولی ثبت کنید. به نظر شما چه رابطه‌ای بین مقاومت سیم‌ها و طول آنها وجود دارد؟

پاسخ مقاومت سیم‌ها با طول آنها رابطهٔ مستقیم دارد. محاسبه و ثبت نتایج در جدول بر عهدهٔ دانش‌آموز است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۲- آزمایش را با سیم‌هایی از جنس یکسان با طول برابر، ولی قطرهای متفاوت انجام دهید و نتایج خود را در جدولی ثبت کنید. به نظر شما چه رابطه‌ای بین مقاومت سیم‌ها و سطح مقطع آنها وجود دارد؟

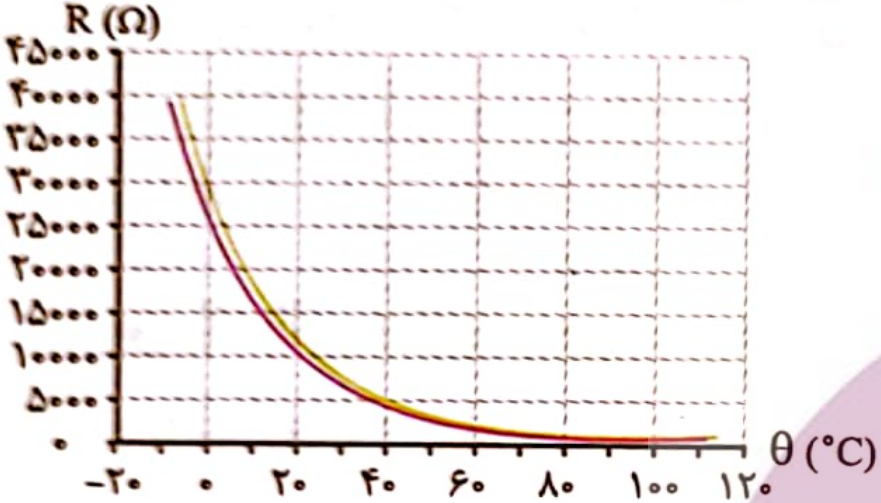
پاسخ مقاومت سیم‌ها با مساحت مقطع آنها رابطهٔ معکوس دارد.

۳- آزمایش را با دو قطعه سیم هم‌طول و با قطر یکسان انجام دهید که این بار جنس یکی از آنها کنستانتان و دیگری نیکروم است و نتایج خود را یادداشت کنید. از این فعالیت چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پاسخ نتیجه می‌گیریم که مقاومت سیم‌ها به جنس آنها بستگی دارد.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

ترمیستورها به دو نوع NTC و PTC تقسیم‌بندی می‌شوند. در مورد ساختار و کارکرد آنها تحقیق کرده و به کلاس گزارش دهید.

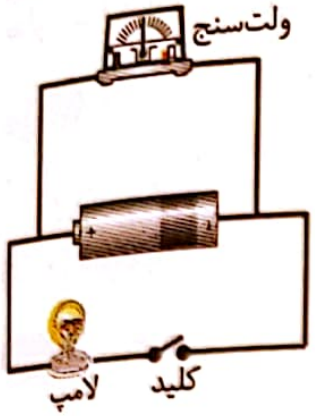


پاسخ ترمیستورها بر دو نوع NTC و PTC هستند. NTC ها از نیم‌رساناهای خالص مانند سیلیسیم یا ژرمانیم ساخته شده‌اند و همان‌طور که در مبحث تغییر مقاومت ویژه با دما دیدیم، با افزایش دما بر تعداد حامل‌های بار آنها افزوده می‌شود و به این ترتیب از مقاومت آنها کاسته می‌شود؛ به عبارت دیگر ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ α یِ آنها منفی است. (مانند شکل مقابل)

PTC ها خود بر دو نوع‌اند. یک نوع که به نام سیلیستور شناخته شده و در واقع از سیلیسیم غیرخالص (آلاییده) ساخته شده است که با افزودن یک ناخالصی به سیلیسیم، ویژگی رسانش الکتریکی پیدا کرده است. این نوع PTC ها مانند فلزات رفتار کرده و مقاومت آنها با افزایش دما زیاد می‌شود. به عبارت دیگر، ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آنها مثبت است. نوع دیگر آنها، رفتار ویژه‌ای دارد، به‌طوری که ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آنها تا پیش از دمایی خاص (موسوم به نقطهٔ کوری) اندکی منفی است و پس از آن در یک محدودهٔ دمایی تغییر چشمگیری پیدا می‌کند و به‌شدت مثبت می‌شود. به این نوع PTC ها نوع تعویضی گفته می‌شود؛ زیرا ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آنها پس از نقطهٔ کوری تغییر چشمگیری پیدا می‌کند و از یک مقدار کم منفی به مقدار مثبت بالایی تعویض می‌شود؛ به‌عبارتی یک تغییر دمای چند درجه‌ای به تغییر مقاومتی با چندین مرتبهٔ بزرگی می‌انجامد. این نوع PTC ها اغلب در یک گسترهٔ دمایی $120^{\circ}C$ طراحی شده‌اند. از PTC ها برای تنظیم جریان و جلوگیری از افزایش آن در مدارهای الکتریکی استفاده می‌شود.

فعالیت ۲-۴

صفحهٔ ۶۲



به کمک یک باتری، سیم‌های رابط، لامپ کوچک، ولت‌سنج و کلید، مداری همانند شکل روبه‌رو درست کنید. قبل از بستن کلید عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. سپس کلید را ببندید و دوباره عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. در کدام حالت ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد؟ چرا؟

در ادامه با علت تفاوت این دو عدد آشنا خواهید شد.

پاسخ عددی که ولت‌سنج در حالتِ قبل از بستن کلید، نشان می‌دهد، بزرگ‌تر است. باتری مولد انرژی است، اما با بستن کلید ضمن عبور جریان از داخل باتری، دمای آن افزایش می‌یابد؛ یعنی در باتری مانند یک مصرف‌کننده مقداری از انرژی به انرژی درونی تبدیل شده است. این تبدیل انرژی به دلیل داشتن یک مقاومت درونی در باتری (مانند یک مقاومت کوچک) است. همین اتلاف انرژی باعث مصرف انرژی مولد درون خودش شده است. در این آزمایش نیز علت کاهش عدد ولت‌سنج (همان اختلاف پتانسیل دو سر باتری در حالت وصلِ کلید)، مقاومت درونی باتری (r) است.

فعالیت ۲-۵

صفحهٔ ۶۲

میدان الکتریکی درون باتری از قطب مثبت به سمت قطب منفی است. توضیح دهید چرا وقتی از قطب مثبت باتری به سمت قطب منفی آن می‌رویم، پتانسیل کاهش می‌یابد و بالعکس.

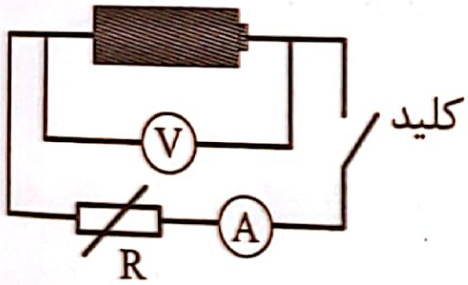
پاسخ زیرا حرکت در جهت میدان با کاهش پتانسیل همراه است؛ زیرا ما از طرف پتانسیل بالاتر به‌سمت پتانسیل پایین‌تر حرکت کرده‌ایم. تغییر پتانسیل، هنگام عبور از مقاومت، برابر $-IR$ است که به آن افت پتانسیل می‌گوییم.

تمرین ۲-۳

صفحهٔ ۶۵

فعالیت ۲-۶ (کار در کلاس)

تفاوت یک باتری نو و فرسوده عمدتاً در مقدار مقاومت داخلی آن است که می‌تواند کمتر از یک اُهم برای باتری نو تا چند هزار اُهم برای باتری فرسوده باشد. برای اندازه‌گیری مقاومت داخلی یک باتری مدار ساده‌ای متشکل از یک باتری، یک کلید قطع و وصل و یک مقاومت یا لامپ کوچک را سوار کنید. نخست درحالی که کلید قطع است، ولتاژ دو سر باتری را با یک ولت‌سنج اندازه بگیرید و آنگاه پس از بستن کلید، دوباره ولتاژ دو سر باتری را اندازه بگیرید. همچنین در این حالت، جریان عبوری از مدار را نیز باید به کمک یک آمپرسنج اندازه بگیرید. اکنون با استفاده از رابطهٔ ۲- ۷ مقاومت داخلی باتری را محاسبه کنید (البته در یک اندازه‌گیری دقیق‌تر معمولاً از یک مقاومت متغیر استفاده می‌شود و مقاومت داخلی پس از چندین اندازه‌گیری محاسبه می‌شود). آزمایش را یک بار برای باتری نو و یک بار برای باتری فرسوده انجام دهید.

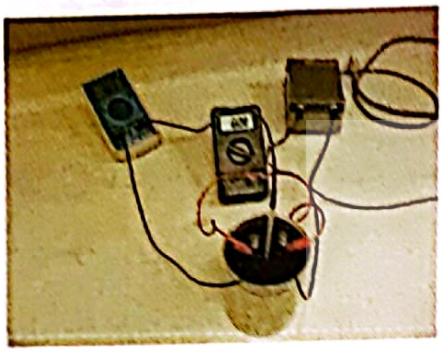


پاسخ برعهدهٔ دانش‌آموز است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فعالیت ۲-۷

صفحهٔ ۶۸

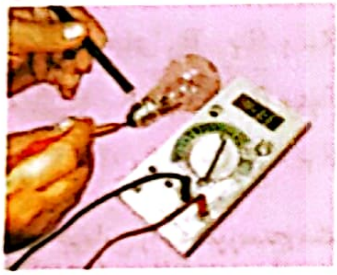


قانون ژول بیان می‌دارد گرمای تولیدشده توسط جریان I ی عبوری از یک مقاومت R در مدت زمان t برابر با RI^2t است. این قانون را می‌توان به روش گرماسنجی با یک گرماسنج که در فیزیک دهم با آن آشنا شدید تحقیق کرد. اسباب این آزمایش در شکل نشان‌داده شده است. دربارهٔ چگونگی این آزمایش تحقیق کنید.

پاسخ مداری شامل منبع تغذیه، گرماسنج، آمپرسنج، ولت‌متر، کلید و رئوستا می‌بندیم. رسانایی با مقاومت معلوم R، داخل گرماسنج قرار داده و کلید مدار را می‌بندیم. با عبور جریان I به مدت معلوم t، مقدار گرمای ایجادشدهٔ U را از رابطهٔ $U = RI^2t$ به‌دست می‌آوریم. (با تکرار آزمایش با مقادیر مختلف R، I و t، بستگی U به R، I و t به‌دست می‌آید.) با خواندن مقدارهای V و I به‌ترتیب از ولت‌متر و آمپرمتر و استفاده از فرمول $U = VIt$، می‌توانیم برابری $RI^2t = VIt$ را تحقیق کنیم.

فعالیت ۲-۸

صفحهٔ ۶۸



الف) همانند شکل با یک اهم‌متر، مقاومت رشتهٔ سیم داخل لامپ ۱۰۰ واتی را اندازه‌گیری کنید. سپس با استفاده از رابطهٔ ۲- ۱۰ و با داشتن مشخصات روی لامپ، مقاومت آن را در حالت روشن محاسبه کنید. نتیجهٔ محاسبه را با مقدار اندازه‌گیری‌شده مقایسه کنید و نتیجه را پس از گفت‌وگوی گروهی گزارش دهید.

پاسخ مقاومت رشته را در حالت خاموش با اهم‌متر اندازه‌گیری کردیم و به عدد ۳۴/۰Ω رسیدیم. برای محاسبهٔ مقاومت در حالت روشن از رابطهٔ $P = \frac{V^2}{R}$ استفاده می‌کنیم:

$$R = \frac{V^2}{P} \Rightarrow R = \frac{(۲۲۰)^2}{۱۰۰} = ۴۸۴\Omega$$

علت اختلاف این است که افزایش دما باعث افزایش مقاومت رساناهای فلزی می‌شود.

ب) اکنون با استفاده از نتیجهٔ به‌دست آمده، دمای رشتهٔ سیم داخل لامپ را در حال روشن برآورد کنید (رشتهٔ سیم لامپ از جنس تنگستن و ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آن $۴/۵\times۱۰^{-۳}\,C^{-۱}$ است).

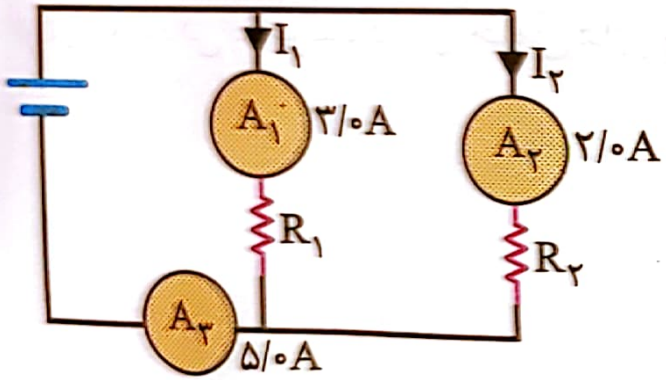
پاسخ

$$R = R_۰(۱+\alpha\Delta T) \Rightarrow ۴۸۴ = ۳۴/۰(۱+۴/۵\times۱۰^{-۳}\Delta T)$$

$$\Rightarrow ۱+۴/۵\times۱۰^{-۳}\Delta T = ۱۴/۲ \Rightarrow ۴/۵\times۱۰^{-۳}\Delta T = ۱۳/۲ \Rightarrow \Delta T \approx ۳/۰\times۱۰^{۳}\,K$$

$$\Delta T = \Delta\theta = \theta_۲ - \theta_۱ \xrightarrow{\theta_۱ = ۲۰^\circ C} ۳/۰\times۱۰^{۳} = \theta_۲ - ۲۰^\circ C \Rightarrow \theta_۲ = ۳۰۲۰^\circ C$$

فعالیت ۲-۹

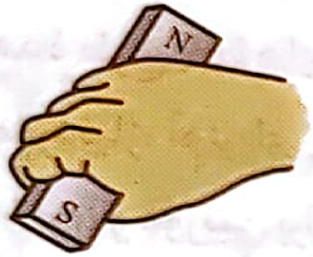


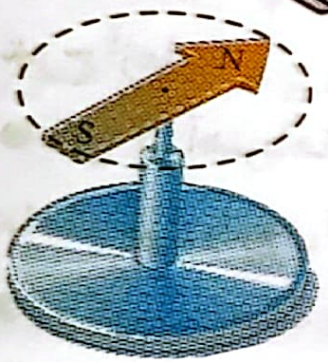
مداری مانند مدار مثال ۲-۱۲ ببندید و در هر شاخهٔ آن، یک آمپرسنج قرار دهید. با خواندن آمپرسنج‌ها، رابطهٔ بین جریان‌ها را بررسی کنید.

پاسخ عددی که آمپرسنج شمارهٔ ۳ نشان می‌دهد برابر است با مجموع اعدادی که آمپرسنج‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فعالیت ۳-۱



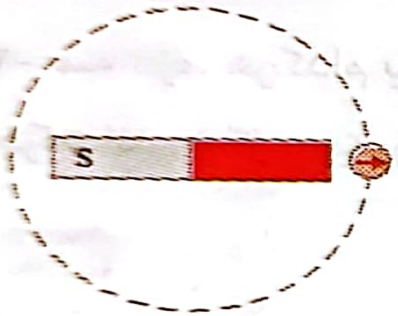


یکی از قطب‌های یک آهنربای میله‌ای را به یک عقربهٔ مغناطیسی نزدیک کنید (شکل روبه‌رو). آنچه را می‌بینید توضیح دهید. با دور کردن آهنربا از قطب‌نما چه اتفاقی می‌افتد؟ دلیل آن را شرح دهید. درصورتی‌که قطب‌نما در اختیار ندارید، یک سوزن ته‌گرد مغناطیسی‌شده را روی سطح آب، درون ظرفی شناور سازید. به این ترتیب، سوزن ته‌گرد مانند عقربهٔ مغناطیسی یک قطب‌نما رفتار می‌کند.

پاسخ اگر یکی از قطب‌های آهنربای میله‌ای را به یک قطب‌نما (عقربهٔ مغناطیسی) نزدیک کنیم، قطب‌نما آن‌قدر می‌چرخد تا قطب‌های ناهمنام، مجاور یکدیگر قرار گیرند و بین قطب‌ها ربایش به‌وجود آید. اگر بین آنها رانش ایجاد شود، پس قطب‌های همنام، مجاور یکدیگر قرار گرفته‌اند. با دور کردن آهنربا، از قطب‌نما، قطب‌نما دوباره با چرخش به راستای اوّلیهٔ خود برمی‌گردد.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

فعالیت ۳-۲



یک آهنربای میله‌ای را روی سطح افقی میزی قرار دهید. یک قطب‌نما یا عقربهٔ مغناطیسی را مقابل یکی از قطب‌های آهنربا قرار دهید. روی مسیری دایره‌ای‌شکل دور آهنربا، عقربه را به‌آرامی حرکت دهید (شکل روبه‌رو)، بررسی کنید پس از یک دور حرکت، عقربه چند درجه می‌چرخد.

پاسخ ۷۲۰ درجه، زیرا عقربهٔ مغناطیسی در هر $\frac{۱}{۴}$ دور، ۱۸۰° می‌چرخد؛ بنابراین در یک دور حرکت $۴\times۱۸۰^\circ = ۷۲۰^\circ$ می‌چرخد.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

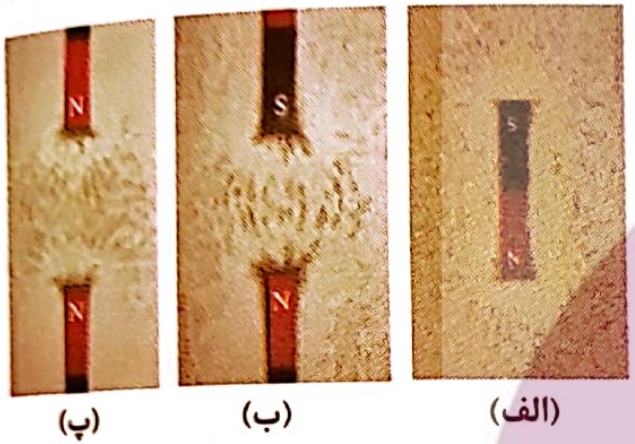
آزمایش ۳-۱

صفحهٔ ۸۷

هدف: مشاهدهٔ طرح خط‌های میدان مغناطیسی با استفاده از برادهٔ آهن

وسیله‌های موردنیاز: آهنربای میله‌ای (دو عدد)، برادهٔ آهن، یک ورقهٔ شیشه‌ای یا مقوایی، نمک پاش (یا وسیلهٔ دیگری برای پاشیدن برادهٔ آهن) و دوربین برای عکس گرفتن از نتیجهٔ آزمایش (اختیاری)

شرح آزمایش:



(پ) (ب) (الف)

- **یکی از آهنرباهای میله‌ای را روی میز قرار دهید و صفحهٔ شیشه‌ای (یا مقوایی) را روی آن بگذارید.**
- **به کمک نمک پش، کمی برادهٔ آهن را به‌طور یکنواخت روی شیشه (مقوا) بپاشید.**
- **چند ضربهٔ آهن در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرند. طرحی که روی صفحهٔ شیشه‌ای پدیدار می‌شود، نقشه‌ای از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای است (شکل الف).**
- **مراحل بالا را برای دو آهنربای میله‌ای که به‌ترتیب: قطب‌های ناهمنام و قطب‌های همنام آنها به یکدیگر نزدیک‌اند انجام دهید (شکل‌های ب و پ).** پاسخ بر عهدهٔ دانش‌آموز است.

فعالیت ۳-۳

صفحهٔ ۸۸

وقتی یک سوزن مغناطیسی‌شده یا یک عقربهٔ مغناطیسی را از وسط آن آویزان می‌کنیم در بیشتر نقاط زمین، به‌طور افقی قرار نمی‌گیرد و امتداد آن با سطح افقی زمین زاویه می‌سازد. به این زاویه، شیب مغناطیسی گفته می‌شود.

برای یافتن شیب مغناطیسی محلی که در آن زندگی می‌کنید درست به وسط یک سوزن مغناطیسی‌شده یا عقربهٔ مغناطیسی بزرگ، نخی را ببندید و آن را آویزان کنید. پس از تعادل، به کمک نقاله، زاویه‌ای را اندازه بگیرید که امتداد سوزن یا عقربهٔ مغناطیسی با راستای افق می‌سازد. عدد به‌دست آمده، شیب مغناطیسی محل زندگی شماست. چنانچه در آزمایشگاه مدرسه شیب‌سنج مغناطیسی موجود باشد می‌توانید از آن نیز استفاده کنید. پاسخ بر عهدهٔ دانش‌آموز است.

تمرین ۳-۱

صفحهٔ ۹۰

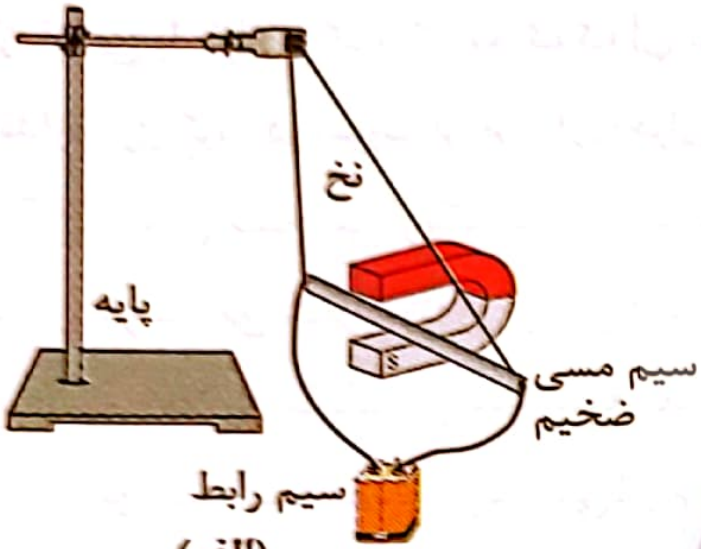
آزمایش ۳-۲

هدف بررسی نیروی وارد بر سیم حامل جریان

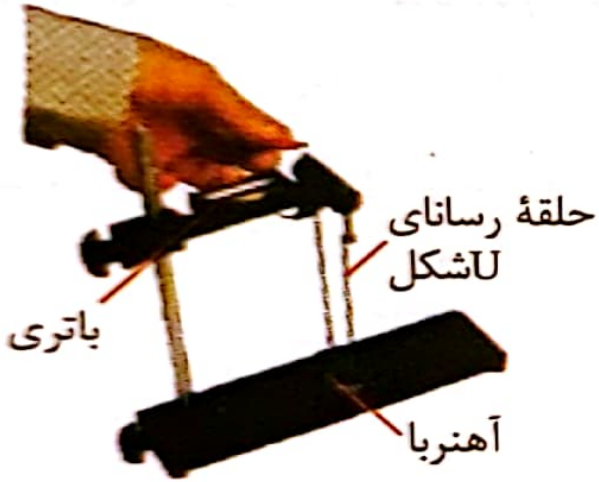
وسیله‌های موردنیاز: آهنربای نعلی‌شکل، سیم مسی ضخیم، سیم رابط، پایه، نخ و باتری

شرح آزمایش:

- **مداری مطابق شکل الف ببندید تا جریان از سیم مسی بگذرد. آنچه را که مشاهده می‌کنید، در گروه خود به بحث بگذارید.**
- **در صورتی که وسیله‌ای مشابه شکل ب را در آزمایشگاه مدرسه در اختیار دارید می‌توانید از آن استفاده کنید.**
- **مدار را قطع کنید و جهت جریان را تغییر داده و مراحل بالا را دوباره انجام دهید.**
- **نتیجهٔ آزمایش را به کلاس گزارش دهید.**



(الف)



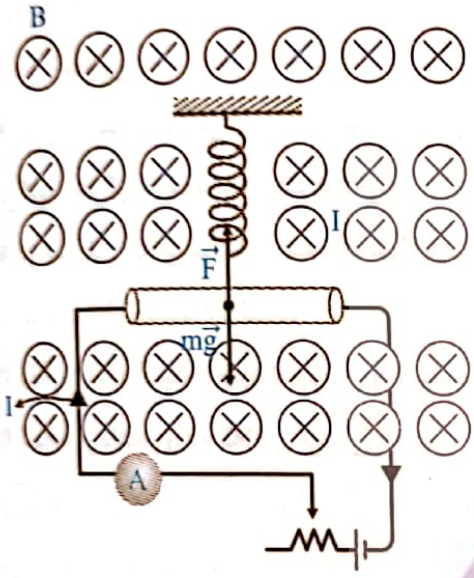
(ب)

پاسخ طبق مدار و با استفاده از قاعدهٔ دست راست، سیم به سمت بیرون رانده می‌شود؛ در صورتی که مدار را قطع کنیم و جهت جریان را تغییر دهیم، سیم به سمت داخل (خلاف جهت قبل) رانده می‌شود.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

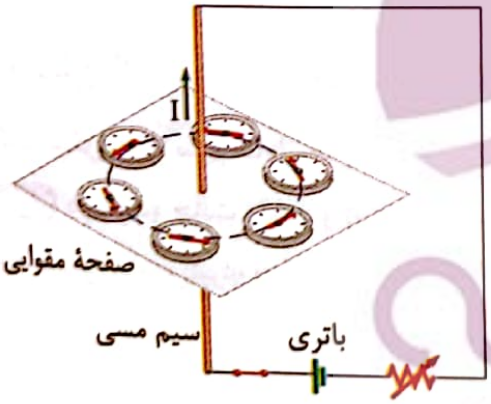
فعالیت ۳-۴ صفحهٔ ۹۳

آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی درون میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد. در صورت لزوم، برای اجرای این آزمایش می‌توانید از ترازوهای دیجیتال (رقمی) با دقت ۰/۰۱g استفاده کنید.



پاسخ طول مشخصی از یک سیم مستقیم را به اندازهٔ ℓ در یک میدان مغناطیسی درون‌سو مطابق شکل روبه‌رو قرار می‌دهیم و آن را توسط نیروسنجی از وسط آویزان می‌کنیم. مداری با یک رئوستا، منبع تغذیه، سیم فوق و آمپرسنج می‌بندیم. ولتاژ ثابتی توسط منبع تغذیه برقرار می‌کنیم و جریان را به‌وسیلهٔ رئوستا آن‌قدر تغییر می‌دهیم که نیروسنج عدد صفر را نشان دهد. اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم (F) روبه‌بالا، دقیقاً برابر اندازهٔ وزن سیم (mg) روبه‌پائین است. با اندازه‌گیری جرم سیم و داشتن مقدار g می‌توانیم F را محاسبه کنیم: $F = mg$

آزمایش ۳-۳ صفحهٔ ۹۵



هدف: بررسی آثار مغناطیسی جریان الکتریکی را (آزمایش اورستد)

وسیله‌های موردنیاز: باتری، سیم مسی نسبتاً ضخیم، صفحهٔ مقوایی، عقربهٔ مغناطیسی (قطب نما)، رئوستا و سیم رابط

شرح آزمایش:

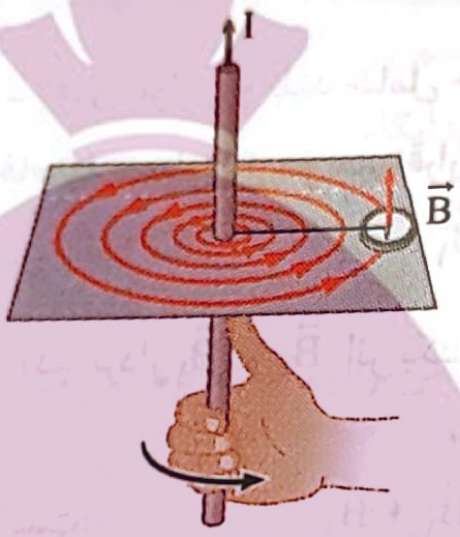
- **سیم مسی را از صفحهٔ مقوایی بگذرانید و با آن مداری مطابق شکل روبه‌رو تشکیل دهید.**
- **قبل از برقراری جریان الکتریکی، عقربهٔ مغناطیسی را در مجاورت سیم، روی مقوا قرار دهید و به راستای قرار گرفتن آن توجه کنید.**
- **با وصل کردن مدار، جریان الکتریکی را از سیم مسی عبور دهید و به جهت‌گیری عقربهٔ مغناطیسی توجه کنید.**
- **عقربهٔ مغناطیسی را در نقطه‌های مختلف روی مقوا قرار دهید و جهت آن را بررسی کنید.**

پاسخ

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

● **با توجه به جهت‌گیری عقربه در نقاط مختلف صفحهٔ مقوّایی، چند خط میدان مغناطیسی را رسم کنید.**

پاسخ



● **این آزمایش را بار دیگر با جریانی در جهت مخالف تکرار کنید.**

● **به کمک چند باتری دیگر یا تغییر مقاومت رئوستا، تحقیق کنید که افزایش یا کاهش جریان چه تأثیری در نتیجهٔ آزمایش دارد؟**

پاسخ افزایش یا کاهش جریان باعث انحراف بیشتر عقربهٔ مغناطیسی می‌شود.

● **نتیجهٔ این آزمایش را در گروه خود بحث کنید و آن را به کلاس گزارش دهید.**

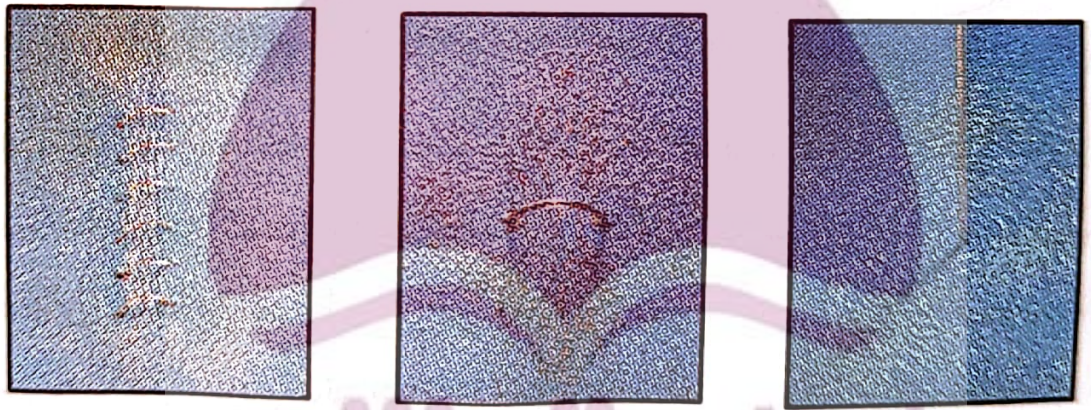
پاسخ از این آزمایش نتیجه می‌گیریم با تغییر جهت جریان، جهت میدان مغناطیسی نیز تغییر می‌کند.

ایران توشه

پرسش ۳-۶

فعالیت ۳-۵

آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان با استفاده از برادهٔ آهن، طرح خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف یک سیم بلند (شکل الف)، یک حلقهٔ دایره‌ای (شکل ب) و یک سیملولهٔ حامل جریان (شکل پ) ایجاد کرد.



(الف) (ب) (پ)

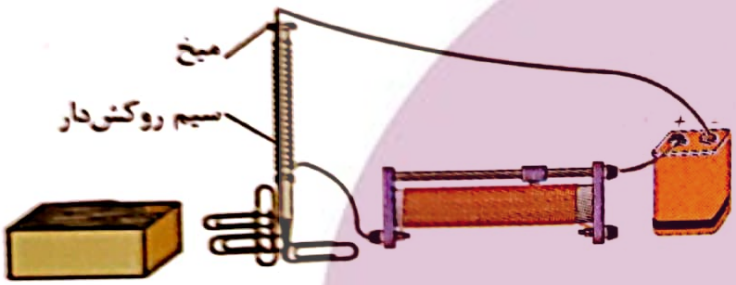
ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

پاسخ برای ایجاد شکل (الف)، مشاهدهٔ طرح خطوط میدان مغناطیسی (دوایر متحدالمرکز) در اطراف سیم بلند، می‌توانیم سیم را از مرکز یک صفحهٔ مقوایی عبور دهیم که دو سر سیم در مداری شامل باتری و کلید باشد. روی صفحه به کمک نمک‌پاش محتوی برادهٔ آهن، براده‌ها را به‌صورت یکنواخت می‌ریزیم؛ آنگاه کلید را می‌بندیم. ضربه‌های آرامی به صفحه می‌زنیم و مشاهده می‌کنیم که براده‌های آهن به خط می‌شوند و نقش خط‌های میدان مغناطیسی را نشان می‌دهند؛ زیرا براده‌ها به آهنرباهای بسیار کوچک تبدیل می‌شوند.

همین آزمایش را برای حلقهٔ دایره‌ای و سیملوله نیز می‌توانیم انجام دهیم و شکل‌های مربوطه را برای خطوط میدان مشاهده کنیم.

فعالیت ۳ - ۶

صفحهٔ ۱۰۱



قسمتی از سیم نازک روکش‌داری را دور میخ آهنی نسبتاً بلندی بپیچید و مداری مطابق شکل تشکیل دهید. با تغییر مقاومت رئوستا، جریان عبوری از مدار را تغییر دهید. الف) بررسی کنید برای جریان‌های متفاوت، آهنربای الکتریکی چه تعداد گیرهٔ فلزی را می‌تواند بلند کند.

پاسخ اگر با تغییر مقاومت رئوستا، جریان عبوری از مدار افزایش یابد، تعداد گیره‌های فلزی بیشتری جذب آهنربای الکتریکی می‌شود.

ب) اگر تعداد دورهای سیم دو برابر شود، نتیجهٔ کار چه تفاوتی خواهد داشت؟ **پاسخ** در اثر دو برابر شدن تعداد دورهای سیم، خاصیت مغناطیسی اطراف سیم افزایش یافته و جذب تعداد گیره‌ها بیشتر خواهد شد.

نکته عوامل مؤثر در زیاد شدن خاصیت مغناطیسی در این آزمایش، تعداد باتری‌های بیشتر (افزایش ولتاژ)، زیاد کردن تعداد دورها در واحد طول و افزایش جریان در مدار است.

فعالیت ۳ - ۷

صفحهٔ ۱۰۲

یک لولهٔ آزمایش را تا نزدیکی لبهٔ آن از الکل طبی (اتانول ۹۶ درجه) پر کنید. در لوله را ببندید و آن را به‌طور افقی قرار دهید. مطابق شکل، یک آهنربای نئودیمیم را بالای حباب هوای درون لوله بگیرید و به‌آرامی آهنربا را حرکت دهید. دلیل آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به گفت‌وگو بگذارید.

پاسخ حباب هوای درون لوله، به‌سمت آهنربا کشیده می‌شود و با حرکت آن به حرکت در می‌آید. دلیل این حرکت این است که دوقطبی‌های مغناطیسی در راستای میدان خارجی (نئودیمیم) منظم می‌شوند.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

آزمایش ۴ - ۱

هدف: بررسی پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی

وسیله‌های موردنیاز: گالوانومتر، آهنربای میله‌ای، سیملوله یا پیچه و سیم رابط

شرح آزمایش:

- دو سر سیملوله را به گالوانومتر ببندید.
- یکی از قطب‌های آهنربا را وارد سیملوله کنید (شکل روبه‌رو).

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

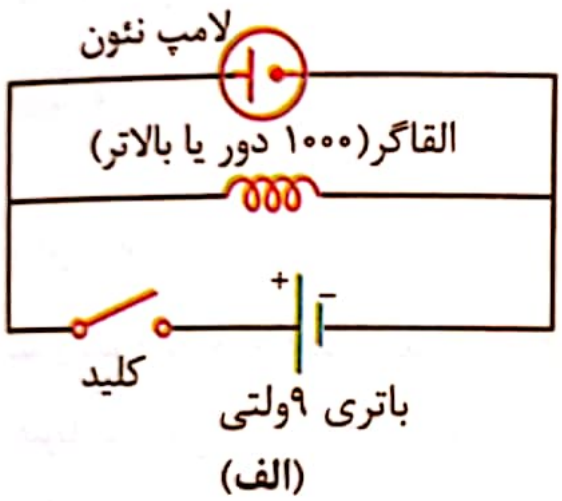
مشاهدات خود را هنگام انجام کار، یادداشت کنید.

- **اکنون آهنربا را از سیملوله خارج کنید. مشاهدات خود را هنگام انجام این کار، دوباره یادداشت کنید.**
- **مراحل بالا را برای قطب دیگر آهنربا تکرار کنید.**
- **آزمایش را در حالی انجام دهید که آهنربا ثابت باشد و سیملوله به آن نزدیک یا از آن دور شود. آیا نتیجهٔ آزمایش تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.**

پاسخ وقتی قطب N آهنربا را وارد سیملوله می‌کنیم، عقربهٔ گالوانومتر منحرف می‌شود. وقتی آهنربا را از سیملوله خارج می‌کنیم، عقربهٔ گالوانومتر در جهت مخالف قبل منحرف می‌شود. با وارد کردن آهنربا از قطب S، مراحل عکس حالت بالا اتفاق می‌افتد. با ثابت نگه‌داشتن آهنربا و نزدیک کردن سیملوله به آن، عقربه منحرف می‌شود. با دور کردن سیملوله از آهنربا، جهت انحراف عقربه برعکس می‌شود. نتیجهٔ آزمایش به حرکت نسبی آهنربا و سیملوله بستگی دارد.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

آزمایش ۴-۲



(الف)

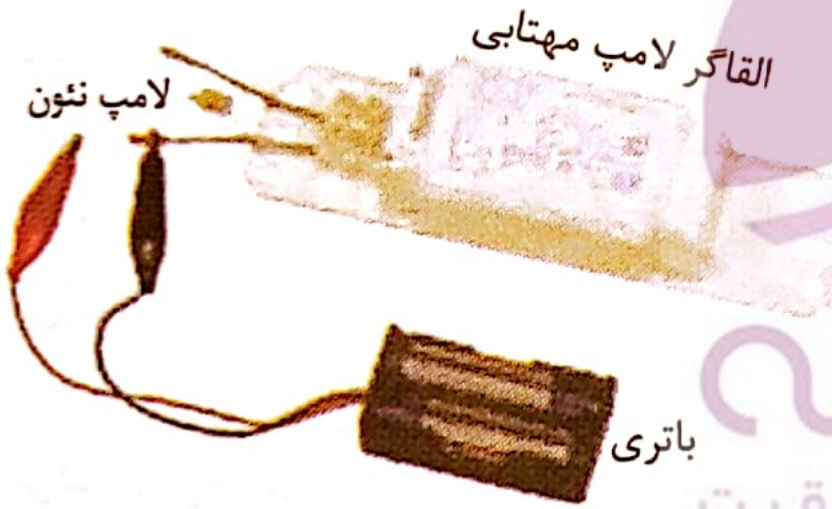
هدف: بررسی اثر خود-القاوری

وسیله‌های موردنیاز: لامپ نئون (لامپ فازمتری)، القاگر(۱۰۰۰ دور یا بالاتر)، باتری قلمی (۲ عدد) یا باتری ۹ ولتی، سیم رابط، کلید

شرح آزمایش:

- **مداری مطابق شکل الف ببندید.**
- **کلید را وصل کنید. آیا لامپ روشن است؟ اینک کلید را قطع کنید.**

در لحظهٔ قطع کردن کلید چه چیزی مشاهده می‌کنید؟ دلیل آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به گفت‌وگو بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.



(ب)

توجه: می‌توانید مطابق شکل ب، به جای القاگر از القاگر لامپ‌های مهتابی (که به اشتباه ترانس نامیده می‌شود) نیز استفاده کنید.

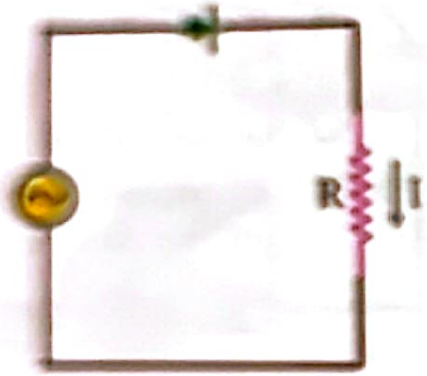
پاسخ با بستن کلید، لامپ، لحظه‌ای روشن شده، سپس خاموش نمی‌شود. زیرا القاگر آرمانی باعث اتصال کوتاه می‌شود و لامپ روشن می‌شود. با قطع کردن کلید، انرژی ذخیره‌شده در القاگر لامپ تخلیه می‌شود و لامپ برای لحظه‌ای روشن و بعد خاموش می‌شود.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

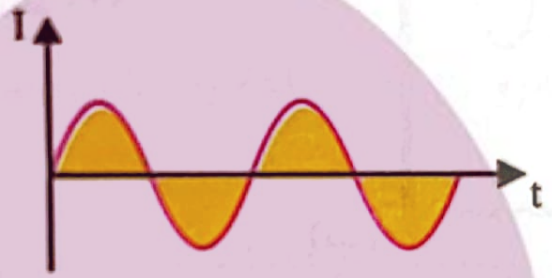
تمرین ۴-۳

فعالیت ۴-۱

در فصل ۲ دیدیم که دیود جریان را در یک جهت از خود عبور می‌دهد و در جهت دیگر مانع عبور جریان می‌شود. به همین دلیل آن را یک‌سوکنندهٔ جریان می‌نامند. نمودار شکل ب، تغییرات جریان برحسب زمان را برای مدار شکل الف نشان می‌دهد. پس از گفت‌وگو در گروه خود، نمودار تغییرات جریان بر حسب زمان را برای مدار شکل پ رسم کنید.



(پ)



(ب)

(الف)

پاسخ

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت