خیلی سبز!

ماجرای بیست فیزیک ۲

ریاضی

۱۰

پایه یازدهم

بر اساس سبک جدید امتحانات نهایی
٪۶۰ نمره پذیرش دانشگاه
ویژه ارتقاء معدل

مهدی هاشمی ـ علی انواری

درسنامه | سؤال‌های امتحانی با پاسخ تشریحی | امتحان نهایی

درسنامه های جذاب و کاربردی در راستای سبک جدید امتحان های نهایی

تقسیم‌بندی فصل‌های کتاب به درسنامه‌های کوتاه و کاربردی به همراه مثال‌های آموزشی متنوع در داخل درسنامه‌ها

شامل سؤال‌های امتحانی استاندارد با پوشش خط به خط کتاب درسی با پاسخ‌نامه تشریحی و یاددهنده

به همراه سؤال‌های دشوار برای پوشش سؤالات دشوار احتمالی در امتحان نهایی

امتحان‌های نوبت اول و دوم

به همراه یک جلد ضمیمه رایگان شامل سؤالات مفهومی دبیرخانه راهبری کشوری درس فیزیک

Jet Questions
سؤال‌های پیشرو برای بیست گرفتن

فهرست

فصل اول: الکتریسیتهٔ ساکن ۷

پاسخ‌نامهٔ فصل اول ۶۳

فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۷۷

پاسخ‌نامهٔ فصل دوم ۱۳۰

فصل سوم: مغناطیس ۱۴۵

پاسخ‌نامهٔ فصل سوم ۱۸۳

فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب ۱۹۱

پاسخ‌نامهٔ فصل چهارم ۲۲۱

امتحان‌های نیم‌سال اول ۲۲۸

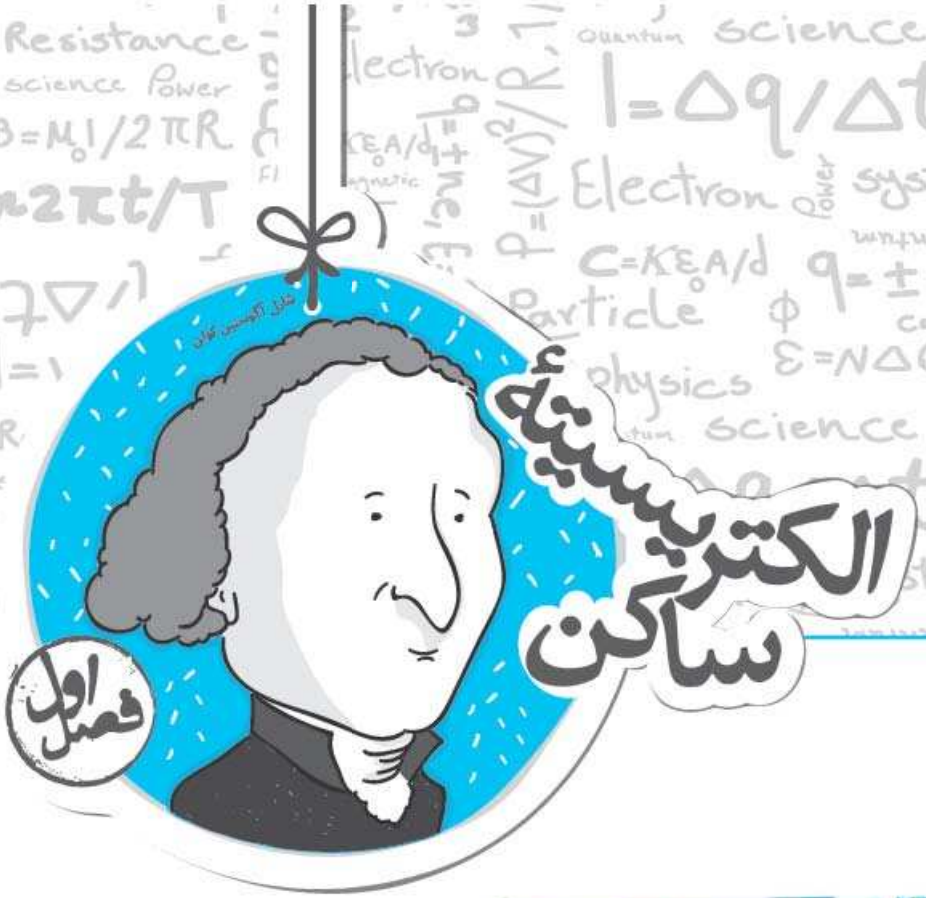
پاسخ‌نامهٔ امتحان‌های نیم‌سال اول ۲۳۴

امتحان‌های نیم‌سال دوم ۲۳۸

پاسخ‌نامهٔ امتحان‌های نیم‌سال دوم ۲۵۰

نمونه امتحان نهایی خرداد ۱۴۰۳ ۲۶۱

پاسخ‌نامهٔ نمونه امتحان نهایی خرداد ۱۴۰۳ ۲۶۴



۱ مفاهیم اولیهٔ بارالکتریکی

بیایید فصل را با یک خاطرهٔ مشترک آغاز کنیم. خیلی از ماها، در دوران بچگی جوراب پایمان می‌کردیم و کف پایمان را روی فرش می‌کشیدیم. بعد از این کار نوک انگشتمان را به دستگیرهٔ در می‌زدیم و از ایجاد جرقه و صدای آن لذت می‌بردیم. شاید آن موقع نمی‌دانستیم، منشأ این موضوع چیست ولی آن را تجربه کرده بودیم. فیلسوفان یونانیان باستان هم تجربهٔ مشابهی داشتند. آن‌ها هم وقتی خرده‌های کاه را با کهربا مالش می‌دادند و می‌دیدند که کهربا و خرده‌های کاه یکدیگر را جذب می‌کنند، مثل ما علت آن را نمی‌دانستند. البته الان شما می‌دانید، منشأ هر دوی این اتفاقات یک چیز است و آن بار الکتریکی است. درست است که یونانیان باستان به اندازهٔ شما مطلع نبودند 😊 اما مشاهدات آن‌ها پایه‌گذار علمی شد که اسم آن از واژهٔ کهربا در یونانی گرفته شده است. کهربا در یونانی می‌شود الکترون!

بارالکتریکی

بار الکتریکی خاصیتی است که برخی از ذرات بنیادی (یعنی ذرات سازندهٔ جهان) دارند. یکی از این ذرات الکترون است که بار منفی دارد. ذرات دیگری هم وجود دارند که بار مثبت دارند. در حالت عادی مقدار بار منفی و مثبت اجسام برابر است و جسم خنثی است. اما وقتی این تعادل به هم بریزد، اجسام باردار می‌شوند. یکی از پدیده‌هایی که در مورد اجسام باردار مشاهده می‌کنیم، این است که آن‌ها به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند.

نمونه به هم پیوستن اتم‌ها به هم و ایجاد مولکول، پیام‌های عصبی در اعصاب، چسبیدن سلوفان به ظرف پلاستیکی، بالارفتن یک مارمولک از دیوار همگی منشأ الکتریکی دارند.

یکای بارالکتریکی

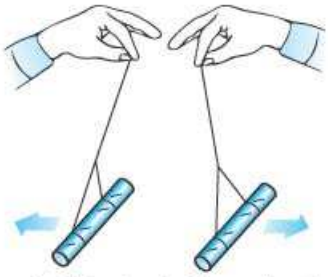
بار الکتریکی که آن را با q یا Q نشان می‌دهیم، مانند بیشتر کمیت‌های فیزیکی دیگر، یکا دارد. این یکا در SI، کولن نامیده می‌شود و آن را با C نمایش می‌دهیم. یکای کولن یکای بسیار بزرگی است. به همین خاطر بیشتر بارهایی که ما با آن‌ها سروکار داریم، در حدود میکروکولن (10^{-6} C) و نانوکولن (10^{-9} C) است.

نمونه آذرخش مثل آذرخشی که در عکس روبه‌رو به آنتن برج میلاد برخورد کرده است، حدود ۱۰ C بار دارد. این موضوع بیانگر بزرگ‌بودن یکای کولن است، چون اگر چنین آذرخشی به ما می‌خورد، احتمالاً بخار می‌شدیم!

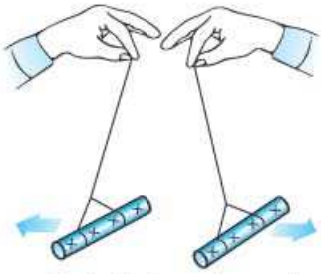
نمونه موقع شانه‌کردن موهایتان با یک شانهٔ پلاستیکی، بارهای منتقل‌شده از مرتبهٔ نانوکولن (۱nC) است.

از کجا فهمیدیم دو نوع باردار داریم؟ مثبت و منفی از کجا آمد؟

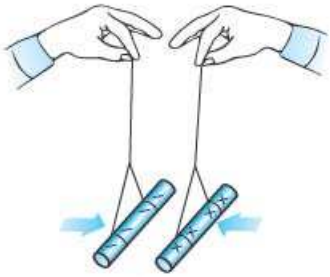
همان‌طور که در علوم هشتم دیدید، آزمایش‌هایی مانند آزمایش‌های شکل زیر نشان دادند که نیروی الکتریکی بین اجسام باردار به دو صورت **جاذبه** و **دافعه** است. این موضوع بیانگر این است که بارِ اجسام باردار نباید از یک نوع باشد؛ چون، اگر از یک نوع بود، اجسام باردار یا یکدیگر را جذب یا یکدیگر را دفع می‌کردند و هر دو حالت رخ نمی‌داد. به همین خاطر دانشمندان دو نوع بار مثبت و منفی در نظر گرفتند که این موضوع را توجیه کنند. آن‌ها فهمیدند که **بارهای هم‌نام یکدیگر را دفع و بارهای ناهم‌نام یک‌دیگر را جذب می‌کنند.**



الف) وقتی دو میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.



ب) وقتی دو میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

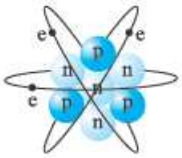


پ) وقتی میلهٔ پلاستیکی مالش داده شده با پارچهٔ پشمی را به میلهٔ شیشه‌ای مالش داده شده با پارچهٔ ابریشمی نزدیک کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.

نام‌گذاری به صورت مثبت و منفی، از کارهای بنیامین فرانکلین دانشمند آمریکایی بود. او می‌توانست هر نام دیگری برای این دو نوع بار انتخاب کند ولی این انتخاب او خوبی‌هایی دارد. یکی از آن‌ها این است که وقتی در یک جسم به مقدار مساوی از بارهای مثبت و منفی وجود داشته باشد، جمع جبری بارهای جسم صفر می‌شود و همان‌طور که گفتیم جسم خنثی می‌باشد.

بار اجزای اتم و انتقال بار

هر اتم از دو جزء اصلی یعنی هسته که بار آن مثبت است و الکترون که بارش منفی است، تشکیل شده است. همان‌طور که می‌دانید خودِ هسته از دو ذره تشکیل شده است:



۱ **نوترون‌ها** که بدون بار هستند.

۲ **پروتون‌ها** که بار هسته حاصل از بار مثبت آن‌ها است.

اندازهٔ بار اجزای اتم

اندازهٔ بار یک الکترون و یک پروتون بدون در نظر گرفتن علامت با هم برابر است. مقدار این بار تقریباً برابر $e = 1/6 \times 10^{-19}\ C$ است و به آن بار بنیادی گفته می‌شود. بار هر الکترون برابر با $-e$ و بار هر پروتون برابر با $+e$ است.

نکته در یک جسم یا اتم خنثی، تعداد الکترون‌ها برابر تعداد پروتون ها است؛ در نتیجه، همان‌طور که انتظار داریم، جمع جبری بارها صفر می‌شود.

الکترون عامل انتقال بار

زمانی‌که یک میلهٔ پلاستیکی را به یک پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم، دو جسم باردار می‌شوند. در موقع انجام این کار، تعدادی الکترون از سطح پارچه کنده و به سطح جسم پلاستیکی منتقل می‌شود؛ اما، هسته‌ها و در نتیجه پروتون‌ها جابه‌جا نمی‌شوند.

به خاطر این موضوع، پارچهٔ پشمی که با از دست دادن الکترون، تعداد پروتون‌هایش بیشتر از تعداد الکترون‌هایش شده، دارای بار خالص مثبت می‌شود. از طرف دیگر بار میلهٔ پلاستیکی با گرفتن الکترون، منفی می‌شود؛ چون، تعداد الکترون‌های آن بیشتر از تعداد پروتون‌هایش شده است.

جمع‌بندی

خنثی‌بودن جسم = مساوی‌بودن تعداد الکترون‌ها و تعداد پروتون‌ها: $n_e = n_p \Rightarrow q = 0$

منفی‌شدن بار جسم = بیشترشدن تعداد الکترون‌ها از تعداد پروتون‌ها = گرفتن الکترون: $n_e > n_p \Rightarrow q < 0$

مثبت‌شدن بار جسم = کم‌ترشدن تعداد الکترون‌ها از تعداد پروتون‌ها = از دست دادن الکترون: $n_e < n_p \Rightarrow q > 0$

یادآوری به تعداد پروتون‌های یک اتم عدد اتمی می‌گوییم و آن را با (Z) نمایش می‌دهیم.

بار کوانتیده است

اول بگوییم که کوانتیده‌بودن یعنی گسسته‌بودن. مثلاً تعداد خودکارهای شما کوانتیده است؛ یعنی، شما می‌توانید آن‌ها را دانه‌دانه بشمارید و مثلاً ۱۲/۳ خودکار نداریم. در واقع کوانتیده‌بودن در مقابل پیوسته‌بودن است. مثلاً زمان پیوسته است و شما نمی‌توانید آن را دانه‌دانه بشمارید.

با توجه به مطالب قسمت قبل می‌فهمیم که مقدار بار الکتریکی یک جسم، به تعداد الکترون‌هایی که جسم می‌گیرد یا از دست می‌دهد، وابسته است و داریم:

$$q = \pm ne \begin{cases} +ne \Rightarrow \text{از دست دادن } n \text{ الکترون} \\ -ne \Rightarrow \text{گرفتن } n \text{ الکترون} \end{cases}$$

در رابطهٔ بالا، n باید اعداد حسابی یعنی ۰، ۱، ۲ و ... باشد و نمی‌تواند اعدادی مثل ۲/۵، $\frac{۲}{۳}$ و ... باشد؛ چون نصف الکترون نداریم. این موضوع به صورت اصل زیر بیان می‌شود:

اصل کوانتیده‌بودن بار: همیشه بار الکتریکی مشاهده‌شده در اجسام، مضرب درستی (صحیحی) از بار بنیادی (e) است.

نکته از مطالب بالا می‌فهمیم که اندازهٔ کوچک‌ترین باری که می‌تواند به طور مستقل وجود داشته باشد، برابر با بار بنیادی یعنی $1e$ است.

مثال و پاسخ

مثال **بار الکتریکی جسمی $-۱/۶\ \mu C$ است. تعداد پروتون‌های این جسم از تعداد الکترون‌هایش بیشتر است یا کم‌تر؟ چندتا؟**

پاسخ بار منفی است؛ پس، جسم الکترون گرفته و تعداد پروتون‌ها از الکترون‌ها کم‌تر است؛ اما، برای این‌که بفهمیم جسم چندتا پروتون کم‌تر از الکترون دارد، باید از رابطهٔ $q = -ne$ کمک بگیریم:

$$q = -ne \Rightarrow -۱/۶\times۱۰^{-۶} = -n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = \frac{۱۰^{-۶}}{۱۰^{-۱۹}} = ۱۰^{۱۳}$$

یعنی تعداد پروتون‌های جسم ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰تا کم‌تر از تعداد الکترون‌های آن است.

مثال و پاسخ

مثال **عدد اتمی اکسیژن ۸ است ($Z = ۸$).**

الف **در حالت خنثی چند پروتون در هسته و چند الکترون در اطراف هسته وجود دارد؟**

ب **بار هستهٔ یون $O^{۲-}$ را برحسب نانوکولن به دست آورید.**

پ **مجموع بار الکترون‌های یون $O^{۲-}$ چند کولن است؟**

ت **بار خالص یون $O^{۲-}$ برحسب میکروکولن چه‌قدر است؟**

پاسخ **الف** عدد اتمی بیانگر تعداد پروتون‌های داخل هسته است؛ بنابراین، تعداد پروتون‌های اتم اکسیژن ۸تا است. از طرفی در حالت خنثی تعداد الکترون‌ها با تعداد پروتون‌ها مساوی است؛ پس، تعداد الکترون‌های اتم اکسیژن خنثی همان ۸تا است.

ب وقتی یک اتم تبدیل به یون می‌شود، فقط تعداد الکترون‌های آن تغییر می‌کند و تعداد پروتون‌های آن ثابت می‌ماند؛ پس، تعداد پروتون‌های یون $O^{۲-}$ همان ۸تا است. از طرفی می‌دانیم بار پروتون $e = +۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C$ است؛ پس:

$$q_{\text{هسته}} = +n_p e = ۸\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C = ۱۲/۸\times۱۰^{-۱۹}\ C = ۱/۲۸\times۱۰^{-۹}\ nC$$

پ در یون $O^{۲-}$ تعداد الکترون‌ها ۲تا بیشتر از پروتون‌ها است؛ پس، تعداد الکترون‌های یون $O^{۲-}$ برابر با $۸+۲=۱۰$ است. بار این تعداد الکترون برابر است با:

$$q_{\text{الکترون‌ها}} = -n_e e = -۱۰\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C = -۱/۶\times۱۰^{-۱۸}\ C$$

ت بار خالص یون $O^{۲-}$ برابر با اختلاف تعداد پروتون و الکترون ضرب‌در بار پایه است. با توجه به این که یون $O^{۲-}$، ۲تا الکترون بیشتر دارد، داریم:

$$q_{\text{خالص}} = -ne = -۲\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C = -۳/۲\times۱۰^{-۱۹}\ C = -۳/۲\times۱۰^{-۱۳}\ \mu C$$

اصل پایستگی بار

دیدید که در آزمایش مالش پارچهٔ پشمی با میلهٔ پلاستیکی، الکترون از پارچه به میله منتقل می‌شود. در این آزمایش شبیه همهٔ آزمایش‌های دیگر، بار فقط منتقل می‌شود و هیچ‌گاه به وجود نمی‌آید و یا از بین نمی‌رود. این موضوع بیانگر **اصل پایستگی بار** است که به صورت زیر بیان می‌شود:

مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است؛ یعنی، بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

سؤال‌های امتحانی

سؤال‌های با علامت سفت‌ترین سؤال‌های هر بخش. اگه به کم‌تر از ۲۰ راضی نمی‌شی، بعد از تسلط روی سؤال‌های دیگه، برو سراغ اون‌ها.

۱- درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

الف) یک کولن مقدار بار کوچکی است.

ب) جسمی که تعداد الکترون‌هایش کم‌تر از تعداد پروتون‌های آن می‌شود، بار الکتریکی خالص مثبت پیدا می‌کند.

پ) نام‌گذاری بار به صورت مثبت و منفی تنها راه برای نام‌گذاری بار بوده است.

ت) اجسام با بار مثبت یکدیگر را جذب و اجسام با بار منفی یکدیگر را دفع می‌کنند.

ث) بار الکتریکی در ماده همواره کمیتی پیوسته است که نمی‌تواند کم‌تر از بار الکتریکی پایه باشد.

۲- در جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید.

الف) بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود، به این بیان ..... گفته می‌شود. *(ریاضی شهریور ۸۵)*

ب) بار الکتریکی ..... از یک بار پایه است که به آن بار بنیادی می‌گوییم.

۳- کلمهٔ مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف) مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی (ثابت / صفر) است.

ب) یک کولن مقدار بار (بزرگی / کوچکی) است؛ به طوری‌که در یک آذرخش باری از مرتبهٔ ($10\ C$ / $10\ TC$) به زمین منتقل می‌شود.

۴- یک جسم به وسیلهٔ مالش دارای بار الکتریکی شده است. کدام گزینهٔ زیر می‌تواند مقدار بار الکتریکی آن برحسب کولن باشد؟ (اندازهٔ بار الکتریکی هر الکترون $1/6\times10^{-19}$ کولن است.)

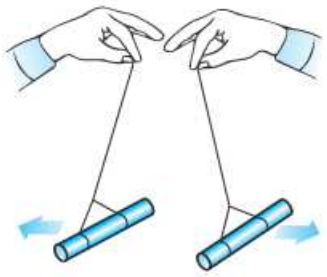
۱) 4×10^{-19} ۲) 8×10^{-19}

۵- اگر اندازهٔ بار یک الکترون $1/6\times10^{-19}C$ باشد، برای به دست آوردن $1C$ بار الکتریکی، چند الکترون باید منتقل شود؟

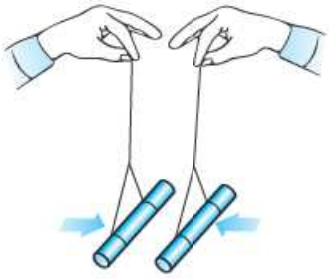
۶- به هر سانتی‌متر از یک میلهٔ عایق ۸ سانتی‌متری، 10^{10} الکترون می‌دهیم. بار این میله چند کولن می‌شود؟ (بار هر الکترون $-1/6\times10^{-19}C$ است.)

۷- عدد اتمی لیتیم ۳ است. بار هستهٔ لیتیم چند کولن است؟

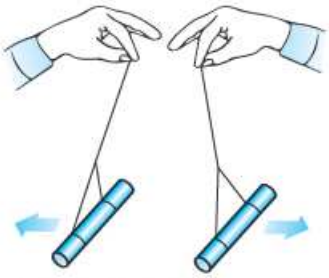
۸- آزمایش مربوط به شکل‌های زیر بیانگر کدام موضوع فیزیکی است؟



الف) وقتی دو میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.



ب) وقتی میلهٔ پلاستیکی مالش داده شده با پارچهٔ پشمی را به میلهٔ شیشه‌ای مالش داده شده با پارچهٔ ابریشمی نزدیک کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.



پ) وقتی دو میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

۲ روش‌های باردارکردن اجسام

در علوم هشتم با سه روش برای باردارکردن اجسام یعنی مالش، تماس و القا آشنا شدید. در این درس‌نامه می‌خواهیم آن‌ها را برایتان یادآوری کنیم و اگر جایی نیاز به مطالب تکمیلی‌تر بود، آن‌ها را به شما بگوییم. با روش مالش شروع می‌کنیم.

باردارکردن اجسام به روش مالش

ابتدا به نمونه‌های ذکرشده توجه کنید:

نمونه اگر یک **میلهٔ شیشه‌ای** را با **پارچهٔ ابریشمی** مالش دهید، الکترون‌هایی از میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ ابریشمی منتقل می‌شوند. این اتفاق باعث ایجاد بار **مثبت** در میلهٔ شیشه‌ای و بار **منفی** در پارچهٔ ابریشمی می‌شود.

نمونه اگر یک **میلهٔ پلاستیکی** را با **پارچهٔ پشمی** مالش دهید، الکترون‌هایی از پارچهٔ پشمی به میلهٔ پلاستیکی منتقل می‌شوند. این موضوع، باعث ایجاد بار **مثبت** در پارچهٔ پشمی و بار **منفی** در میلهٔ پلاستیکی می‌شود.

همان‌طور که در نمونه‌ها دیدید، در اثر مالش دو جسم، الکترون‌هایی از یک جسم کنده و به جسم دیگری منتقل می‌شوند و در نتیجه دو جسم باردار خواهند شد و بار آن‌ها با هم مخالف است. شاید بپرسید که چطوری بفهمیم که کدام جسم الکترون می‌گیرد و کدام جسم الکترون از دست می‌دهد؟ این موضوع با توجه به جدولی که به **سری الکتریسیتهٔ مالشی یا تریبوالکتریک** معروف است، معلوم می‌شود. همان‌طور که در جدول روبه‌رو می‌بینید، برای مواد دو انتها در نظر گرفته شده است: یکی انتهای مثبت سری و دیگری انتهای منفی سری. هر چه جسم به انتهای مثبت نزدیک باشد، جسم تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون دارد. از طرفی هر چه جسم به سمت انتهای منفی سری نزدیک باشد، جسم تمایل بیشتری به گرفتن الکترون دارد؛ پس، هر چه از انتهای مثبت سری به انتهای منفی سری نزدیک می‌شویم، **الکترون‌خواهی** مواد زیادتر می‌شود.

سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)

انتهای مثبت سری

موی انسان
شیشه
نایلون
سلفون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچهٔ کتان
کهربا
برنج، مس
پلاستیک، پلی‌اتیلن
لاستیک
تفلون

افزایش الکترون‌خواهی

انتهای منفی سری

نتیجه اگر دو جسم خنثی را با هم مالش بدهیم، دو جسم باردار با بار **مخالف و اندازه‌های مساوی** خواهیم داشت. در این آزمایش بار جسمی که به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، منفی می‌شود و بار جسمی که به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است، مثبت می‌شود.

مثال و پاسخ

مثال **در مالش کهربا به پشم، 10^7 الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود.**

الف **با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی، بار کدام ماده منفی و بار کدام ماده مثبت می‌شود؟**

ب **بار هر کدام چند پیکوکولن می‌شود؟**

پ **اگر لاستیک را به سرب مالش دهیم، کهربای آزمایش بالا کدام را جذب و کدام را دفع می‌کند؟**

پاسخ **الف** با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی، بار کهربا با گرفتن الکترون منفی می‌شود؛ چون، به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است. بار پشم هم با از دست دادن الکترون مثبت می‌شود.

ب بار پشم که 10^7 الکترون از دست داده است، به صورت زیر به دست می‌آید:

$$q_{\text{پشم}} = +ne \xrightarrow{e=1/6\times10^{-19}\,C} q_{\text{پشم}} = 10^7 \times 1/6 \times 10^{-19}\,C = 1/6 \times 10^{-12}\,C = 1/6\,pC$$

با توجه به پایستگی بار، بار کهربا برابر منفی بار پشم است؛ پس:

$$q_{\text{کهربا}} = -q_{\text{پشم}} = -1/6\,pC$$

پ اگر به سری الکتریسیتهٔ مالشی نگاه کنید، می‌فهمید که لاستیک الکترون‌خواهی بیشتری دارد؛ بنابراین، الکترون جذب می‌کند و بار منفی می‌شود. از طرفی با جداشدن الکترون از سرب، بار آن مثبت می‌شود؛ بنابراین، کهربا که بار منفی دارد، سرب را جذب و لاستیک را دفع می‌کند.

انتقال بار الکتریکی به روش تماس

قبل از بررسی این روش، باید سه مفهوم الکترون آزاد، رسانا و نارسانا را برایتان یادآوری کنیم.

الکترون آزاد، به الکترون‌هایی می‌گوییم که وابستگی بسیار کمی به هستهٔ اتم دارند و به راحتی می‌توانند در ماده حرکت کنند. الکترون‌های آزاد عامل انتقال بار الکتریکی هستند.

رسانا: در بعضی از مواد مثل مس، تعداد زیادی الکترون آزاد وجود دارد. به همین خاطر بار الکتریکی به راحتی می‌تواند در آن‌ها منتقل شود. این نوع مواد را رسانا می‌نامیم.

نارسانا: به موادی مثل شیشه، چوب و ... که الکترون‌های آن‌ها نمی‌توانند آزادانه حرکت کنند و در نتیجه نمی‌توانند بار الکتریکی را از خود عبور دهند، نارسانا می‌گوییم.

با یادآوری سه تعریف بالا، به نقطه‌ای رسیدیم که می‌توانیم، باردارکردن اجسام به روش تماس را بررسی کنیم. در روش تماس که معمولاً برای رساناها مورد استفاده قرار می‌گیرد، مانند شکل زیر، با تماس یک جسم باردار به جسم خنثی، جسم خنثی را باردار می‌کنیم.

نکته براساس قانون پایستگی بار الکتریکی، مجموع بار دو جسم، قبل و بعد از تماس برابر است؛ یعنی اگر قبل تماس بار جسم (۱)، q_1 و با جسم (۲)، q_2 باشد و پس از تماس، بار جسم (۱)، q'_1 و بار جسم (۲)، q'_2 شود، خواهیم داشت: $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$

نکته اگر دو جسمی که به هم تماس داده می‌شوند مشابه باشند، پس از تماس، مقدار بار هر کدام برابر با میانگین بار اولیهٔ آن‌ها است:

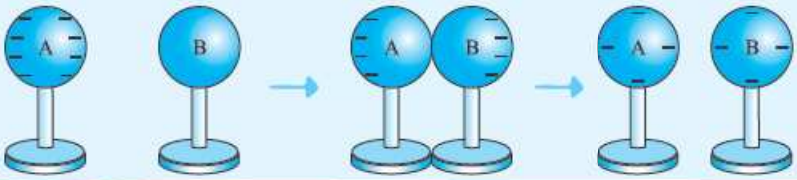
$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

مثال و پاسخ

مثال **دو کرهٔ فلزی مشابه داریم که یکی از آن‌ها ۸ الکترون بیشتر از پروتون‌هایش دارد و دیگری خنثی است. با رسم شکل به طور کیفی نشان دهید اگر دو کره را با هم تماس دهیم، چه اتفاقی می‌افتد.**

پاسخ وقتی جسمی تعداد الکترون‌هایش از تعداد پروتون‌هایش بیشتر باشد، بار منفی دارد. هر الکترون را با یک (−) نشان می‌دهیم.

چون دو کره مشابه هستند، پس از تماس، بار بین آن‌ها به صورت مساوی تقسیم می‌شود:



مثال و پاسخ

مثال **دو کرهٔ رسانای مشابه با بارهای $q_1 = -8\,\mu C$ و $q_2 = 24\,\mu C$ را با یک سیم رسانا به هم وصل می‌کنیم و سپس جدا می‌کنیم.**

الف **بار هر یک از کره‌ها چه‌قدر می‌شود؟**

ب **کدام کره و به چه تعداد الکترون می‌گیرد؟**

پاسخ **الف** کره‌ها مشابه‌اند؛ پس، بار الکتریکی آن‌ها پس از اتصال، با هم برابر می‌شود.

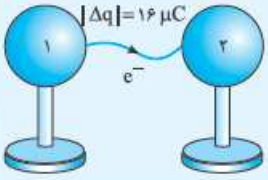
به کمک قانون پایستگی بار داریم:

$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2 \Rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-8\,\mu C + 24\,\mu C}{2} = 8\,\mu C$$

ب بار کرهٔ (۱) منفی و بار کرهٔ (۲) مثبت است؛ بنابراین، با تماس دو کره، الکترون‌ها از کرهٔ (۱) به کرهٔ (۲) می‌روند. از طرفی تعداد الکترون‌هایی که کرهٔ (۲) می‌گیرد، به مقدار بار جابه‌جاشده بستگی دارد که برابر با $q'_2 - q_2$ است؛

پس، اول بار جابه‌جاشده را به دست می‌آوریم:

$$\text{مقدار بار جابه‌جاشده} = \Delta q_2 = q'_2 - q_2 = 8\,\mu C - (24\,\mu C) = -16\,\mu C$$



حالا مقدار باری را که به کرهٔ (۲) منتقل شده است، داریم. به دست آوردن تعداد الکترون‌هایی که کرهٔ (۲) گرفته است، اصلاً کاری ندارد:

$$\Delta q = -ne \Rightarrow -16\,\mu C = -n \times (1/6 \times 10^{-19}\ C) \Rightarrow -16 \times 10^{-6}\ C = -n \times (1/6 \times 10^{-19}\ C)$$

$$\Rightarrow n = \frac{16 \times 10^{-6}\ C}{1/6 \times 10^{-19}\ C} = 10^{14}$$

بنابراین کرهٔ (۲)، 10^{14} الکترون از کرهٔ (۱) می‌گیرد.

انتقال بار الکتریکی به روش القا

خیلی‌ها وقتی کلمهٔ القا به گوششان می‌خورد، یاد جادوگر و دو دستش که از راه دور و **بدون تماس** می‌خواهد چیزی را تغییر بدهد، می‌افتند. *(ما این رو تو واحد تألیف فیلی سبز امتحان کردیم!)* در الکتریسیته هم به روشی که کره‌های فلزی **بدون تماس** با یک جسم باردار، باردار می‌شوند، روش القای بار الکتریکی می‌گوییم. برای این‌که شما این روش را در حالت‌های مختلف بهتر یاد بگیرید، آن‌ها را دسته‌بندی می‌کنیم؛ اما، قبل از بررسی این روش به نکتهٔ زیر توجه کنید:

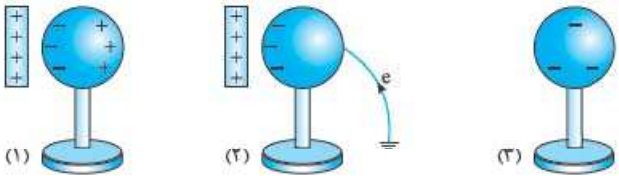
نکته زمین منبع بار الکتریکی است؛ یعنی، هر چه‌قدر از آن بار بگیریم و یا به آن بار بدهیم، مشکلی با آن ندارد و قبول می‌کند! بنابراین اگر جسم رسانای بارداری را با سیم به زمین وصل کنیم و یا با آن تماس دهیم، بار آن تخلیه می‌شود.

ایجاد بار الکتریکی در یک رسانا به روش القا

۱) میله‌ای با بار مثبت به یک کرهٔ فلزی خنثی که بر روی پایهٔ عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. این کار باعث می‌شود، الکترون‌های کره که بار منفی دارند، توسط میله جذب شوند. مانند آن‌چه در قسمت ۱ شکل زیر می‌بینید، این اتفاق باعث می‌شود که یک طرف کره بار مثبت و یک طرف آن بار منفی القا شود.

۲) زمان بسیار کوتاهی، کره را به زمین وصل می‌کنیم (شکل ۲). به خاطر حضور میله با بار مثبت، الکترون‌ها از زمین جذب رسانا می‌شوند؛ این موضوع باعث می‌شود، تعدادِ الکترون‌های رسانا از پروتون‌های آن بیشتر شود و در نتیجه جسم بار منفی پیدا کند.

۳) ابتدا اتصال کره با زمین را قطع می‌کنیم و سپس میله را دور می‌کنیم. حالا یک کرهٔ رسانای باردار داریم.



نکته در این روش بار جسم رسانا مخالف بار میله می‌شود؛ یعنی، اگر بار میله مانند شکل بالا مثبت باشد، بار جسم رسانا منفی می‌شود. اگر بار میله منفی باشد، بار جسم رسانا مثبت می‌شود.

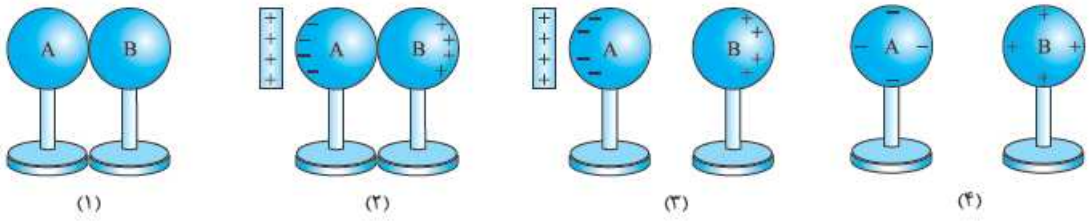
ایجاد بار الکتریکی ناهم‌نام روی دو رسانا به روش القا

۱) مانند شکل (۱)، دو کرهٔ فلزی خنثی را که بر روی پایهٔ عایق قرار دارند، در تماس با هم قرار می‌دهیم.

۲) میله‌ای با بار مثبت را به کرهٔ A نزدیک می‌کنیم (شکل ۲). در نتیجه الکترون‌های آزاد کره‌ها به طرف میله جذب می‌شوند؛ بنابراین، تعداد الکترون‌های آزاد در کرهٔ B کم شده و بار خالص آن مثبت می‌شود و کرهٔ A بار خالص منفی پیدا می‌کند.

۳) مثل آن‌چه در شکل (۳) می‌بینید، در حضور میله، کره‌ها را جدا می‌کنیم.

۴) حالا اگر مثل شکل (۴) میله را برداریم، بارها روی دو کره پخش می‌شوند.



احتمالاً با توجه به شکل‌های بالا، خودتان فهمیده‌اید که بار رسانای نزدیک‌تر به میله (این‌جا کرهٔ A) مخالف بار میله می‌شود و بار رسانای دورتر، هم‌نام بار میله می‌شود.

آن‌چه در این آزمایش رخ می‌دهد، پدیدهٔ القای بار الکتریکی است که علت آن را در چند درس‌نامه جلوتر می‌خوانید.

نکته همان‌طور که دیدید، در هر دو مورد فقط از کره‌های رسانا استفاده شد. در واقع **ایجاد بار به روش القا مختص اجسام رسانا است.**

الکتروسکوپ یا برق‌نما

شکل روبه‌رو ساختمان یک الکتروسکوپ را نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینید، الکتروسکوپ دو تیغه دارد که یکی ثابت و دیگری متحرک است. وقتی الکتروسکوپ بدون بار است، تیغه‌های آن کاملاً به هم نزدیک هستند؛ اما، وقتی که الکتروسکوپ باردار می‌شود، تیغه‌های آن از هم دور می‌شوند.

باردارکردن الکتروسکوپ

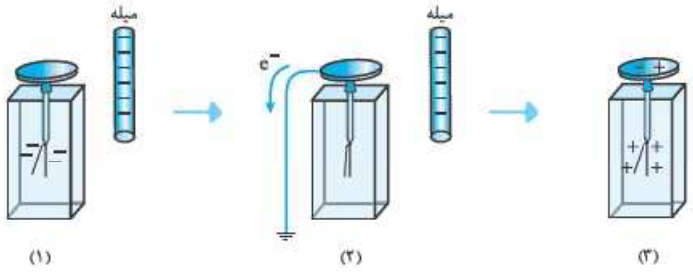
معمولاً به دو روش تماس و القا یک الکتروسکوپ را باردار می‌کنیم.

روش تماس

اگر یک میلهٔ باردار را به کلاهک یک الکتروسکوپ تماس دهیم، الکتروسکوپ باردار می‌شود. در این شیوه، بار الکتروسکوپ نیز هم‌نام بار میله خواهد بود. در شکل روبه‌رو پس از تماسِ میلهٔ منفی با کلاهک الکتروسکوپ، بار الکتروسکوپ منفی می‌شود.

روش القا

مطابق شکل (۱)، میلهٔ بارداری را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم اما تماس نمی‌دهیم! با این کار الکترون‌ها می‌خواهند در بیشترین فاصله از میله قرار بگیرند؛ پس، به سمت ورقه‌های الکتروسکوپ حرکت می‌کنند و ورقه‌ها از هم دور می‌شوند. سپس مثل شکل (۲) در حالی که میله هنوز نزدیک کلاهک است، برای چند لحظه کلاهک را با یک سیم به زمین وصل می‌کنیم. با این کار الکترون‌های آزاد به سمت زمین حرکت می‌کنند. با خارج‌شدن بارهای منفی از روی ورقه‌ها، ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند. با این اتفاق، تعداد الکترون‌های روی کلاهک و ورقه‌ها نسبت به تعداد پروتون‌ها کاهش می‌یابد. سپس سیم را قطع می‌کنیم. با این کار الکتروسکوپ باردار شده است و بار آن **مخالف بار میله** خواهد بود.



کاربردهای الکتروسکوپ

با الکتروسکوپ می‌توانیم سه مورد زیر را تعیین کنیم:

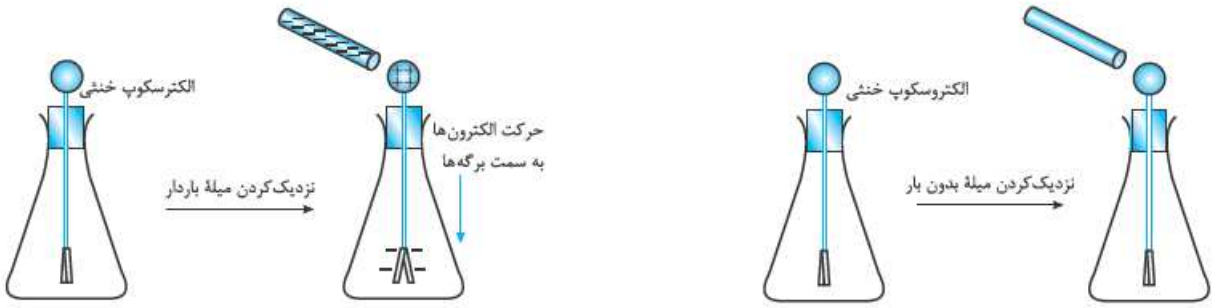
۱ باردار بودن یا نبودن جسم

۲ نوع بار جسم باردار

۳ رسانا یا نارسانا بودن جسم

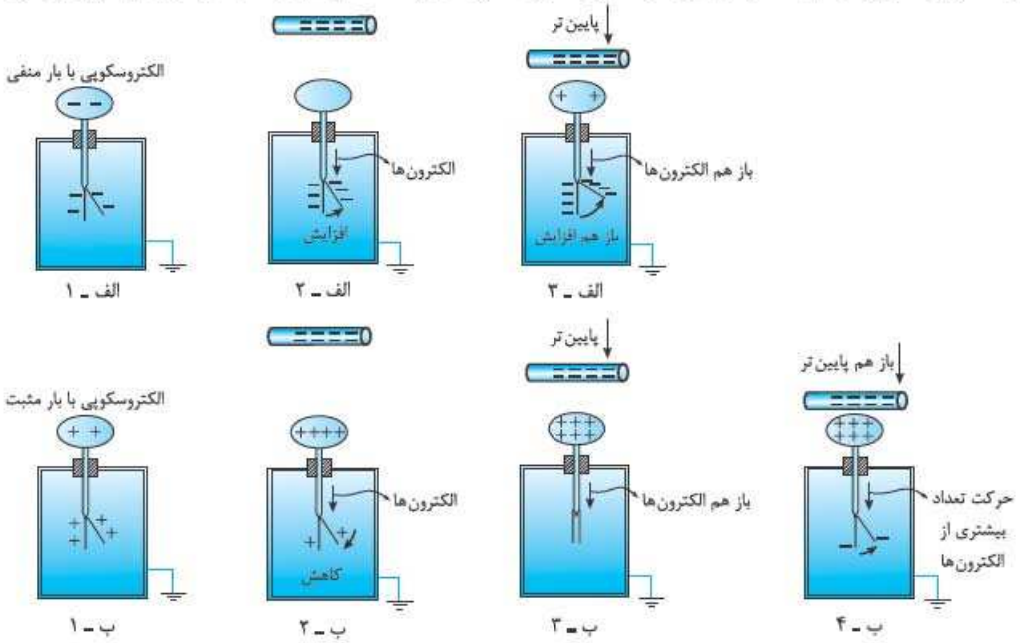
۱- تشخیص وجود بار الکتریکی در یک جسم

برای این کار جسم موردنظر را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم؛ اگر مانند شکل، با نزدیک‌کردن جسم، تیغهٔ متحرک از تیغهٔ ثابت فاصله گرفت، یعنی جسم باردار است. علت این اتفاق، رفتن بارهای هم‌نام با بار جسم از کلاهک به تیغهٔ ثابت و تیغهٔ متحرک است. از آن‌جایی که بار تیغهٔ ثابت و تیغهٔ متحرک هم‌نام می‌شود، این دو یکدیگر را می‌رانند. اما اگر جسم خنثی باشد، اتفاقی رخ نمی‌دهد و ورقه‌ها ثابت می‌مانند.



۲- تشخیص نوع بار جسم

مطابق شکل‌های زیر جسمی با بار نامعلوم را از فاصلهٔ نسبتاً دور، به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ با بار معلوم نزدیک می‌کنیم. اگر از همان ابتدا برگه شروع به دورترشدن از تیغه کند؛ یعنی، بار جسم، هم‌نام بار الکتروسکوپ است (شکل‌های (الف) از چپ به راست) اما اگر در ابتدا برگه به تیغه نزدیک شود و سپس با خیلی نزدیک‌شدن جسم باردار، تیغه‌ها از هم دور شوند، بار جسم و الکتروسکوپ مخالف یکدیگرند. (شکل‌های (ب) از چپ به راست)



حواستان باشد در شکل‌های (ب) اگر جسم باردار را با سرعت به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، ممکن است بسته‌شدن ابتدایی برگه‌ها را نبینیم و تنها با مشاهدهٔ بازشدن نهایی ورقه‌ها، بار جسم را به اشتباه مانند شکل‌های (الف) هم‌نام با بار الکتروسکوپ تشخیص دهیم.

۳- تشخیص رسانا یا نارسانا بودن یک جسم بدون بار

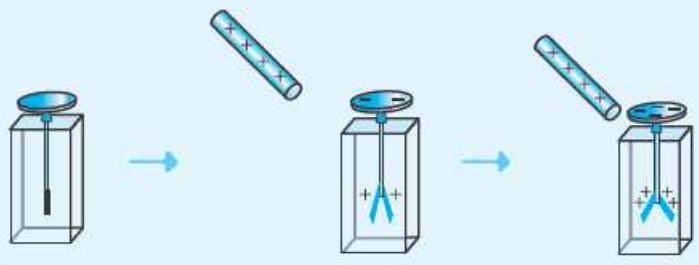
برای تشخیص رسانایی اجسام بدون بار هم می‌توان از الکتروسکوپ باردار استفاده کرد. یک نقطه از جسم بدون باری را که در دست داریم، به کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم. اگر انحراف ورقه‌ها تغییر محسوس نکند، جسم نارسانا است. اگر جسم رسانا باشد، تماس آن به کلاهک باعث تخلیهٔ بار الکتروسکوپ می‌شود و انحراف ورقه‌ها کم می‌شود و یا حتی از بین می‌رود.

مثال و پاسخ

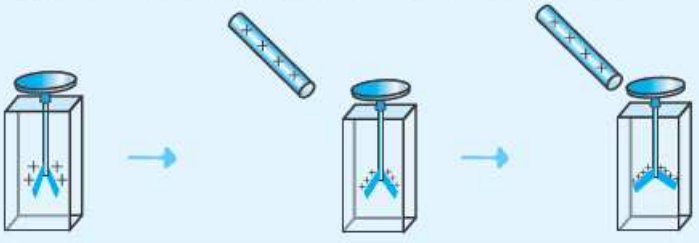
مثال **میله‌ای با بار الکتریکی مثبت را به تدریج به کلاهک یک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. ملاحظه می‌شود که ورقه‌ها به تدریج بسته و سپس باز می‌شوند. بار ورقه‌ها قبل از آزمایش چه بوده است؟**

۱) خنثی یا مثبت ۲) خنثی یا منفی ۳) منفی ۴) مثبت

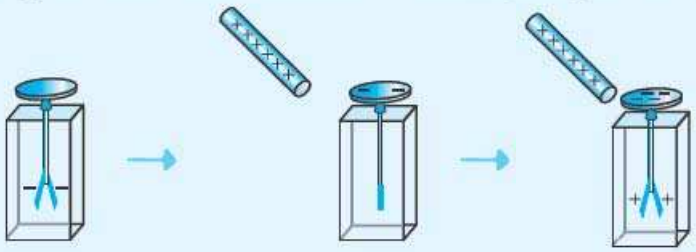
پاسخ وقتی الکتروسکوپ بدون بار باشد، ورقه‌ها از همان اول بسته‌اند. هر چه‌قدر میلهٔ باردار به الکتروسکوپ نزدیک شود، ورقه‌ها از یکدیگر بیشتر فاصله می‌گیرند؛ پس، گزینه‌های «۱» و «۲» حتماً نادرست‌اند. این موضوع را در شکل مقابل می‌بینید:



حالا فرض کنیم بار ورقه‌های الکتروسکوپ مثبت است. در این صورت با نزدیک‌کردن میله با بار مثبت، مقدار بیشتری بار مثبت روی ورقه‌ها القا می‌شود و در نتیجه فاصلهٔ ورقه‌ها بیشتر می‌شود؛ پس، گزینهٔ «۴» هم نادرست است.



حالا به بررسی تنها حالت باقی‌مانده؛ یعنی گزینهٔ (۳) می‌پردازیم. مطابق شکل زیر با نزدیک‌کردن میله با بار مثبت، بار منفی تیغه به سمت کلاهک می‌رود و در نتیجه بار آن خنثی و تیغه‌ها بسته می‌شوند. با نزدیک‌ترکردن میله، الکترون بیشتری به کلاهک می‌رود، در نتیجه بار تیغه مثبت می‌شود. با مثبت‌شدن بار تیغه، تیغه‌ها دوباره از هم فاصله می‌گیرند.



سؤال‌های امتحانی

۹- درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

الف) با مالش یک میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ ابریشمی، الکترون‌ها از میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ ابریشمی منتقل می‌شوند.

ب) در سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)، پلاستیک از پشم به انتهای مثبت نزدیک‌تر است.

پ) ایجاد بار به روش القا مختص رساناها است.

ت) بر اثر مالش دو جسم خنثی که به انتهای منفی سری الکتریسیتهٔ مالشی نزدیک هستند، بار دو جسم منفی می‌شود.

۱۰- در جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید.

الف) نوع بار یک جسم باردار را می‌توانیم به کمک ..... تعیین کنیم.

ب) یکای کولن، یکایی ..... است.

پ) بر اثر مالش دو جسم، جسمی که الکترون‌خواهی ..... دارد، الکترون از دست می‌دهد.

ت) یک میلهٔ نارسانا را که بار الکتریکی آن مثبت است، به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم و در این حالت دست دیگر خود را به کلاهک می‌زنیم و جدا می‌کنیم. با دورکردن میلهٔ باردار از کلاهک، کلاهک دارای بار الکتریکی ..... می‌شود و ورقه‌ها با بار ..... از هم دور می‌شوند.

۱۱- با توجه به جدول روبه‌رو به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) جدول روبه‌رو به چه منظور استفاده می‌شود؟

ب) نایلون نسبت به کاغذ الکترون‌خواهی بیشتری دارد یا کم‌تر؟

پ) اگر یک بادکنک پلاستیکی را به یک کاغذ مالش دهیم، کدام جسم بارش منفی می‌شود؟ اگر با این کار 10^9 الکترون منتقل شود، بار هر جسم را به دست آورید.

ت) با توجه به جدول توضیح دهید، چرا وقتی روکش سلفونی را روی یک ظرف پلاستیکی می‌کشید و آن را در لبه‌های ظرف فشار می‌دهید، روکش در جای خود ثابت می‌ماند؟

ث) یک جسم شیشه‌ای را به یک جسم برنجی مالش می‌دهیم و سپس جسم شیشه‌ای را به کلاهک یک الکتروسکوپ که بار منفی دارد، نزدیک می‌کنیم. صفحات الکتروسکوپ چگونه تغییر می‌کنند؟

سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)
انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
سلفون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچهٔ کتان
کهربا
برنج، مس
پلاستیک، پلی‌اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

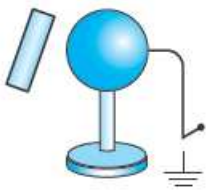
۱۲- با توجه به سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)، متن زیر را کامل کنید.

با مالش یک گربه به سرتان چون الکترون‌خواهی ..... کم‌تر است، بار گربه ..... می‌شود.

از طرفی وقتی پارچهٔ کتان شلوارتان را به چوب مالش می‌دهید چون الکترون‌خواهی چوب از پارچهٔ کتان ..... است، بار چوب ..... می‌شود و در نتیجه گربه را ..... می‌کند.

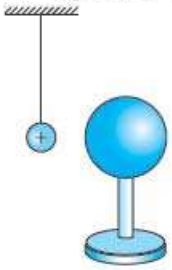
۱۳- به کمک دو نی پلاستیکی و پارچهٔ پشمی آزمایشی طراحی کنید که مشخص کند دو جسم باردار به هم نیرو وارد می‌کنند.

۱۴- ابتدا میلهٔ شیشه‌ای را به پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم و سپس مطابق شکل زیر به یک کرهٔ فلزی نزدیک می‌کنیم. اگر کلید را ببندیم و سپس باز کنیم، بار میله و کرهٔ فلزی از چه نوعی می‌شود؟



۱۵- گلولهٔ سبک و رسانایی از نخ عایقی آویزان است. ابتدا آن را با دست لمس می‌کنیم، بعد میله‌ای با بار منفی را به آن نزدیک می‌کنیم، چه اتفاقی روی می‌دهد؟ توضیح دهید. (تجربی دی ۸۴)

۱۶- یک کرهٔ فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایهٔ نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می‌کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید چه اتفاقی می‌افتد.

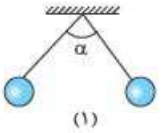


۱۷- در شکل زیر گلولهٔ فلزی بارداری از نخ آویزان است. کرهٔ فلزی خنثی را که دارای دستهٔ نارسانا است، به گلوله نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که گلوله ..... می‌شود. وقتی تماس حاصل شد، کره را جدا کرده و دوباره به آرامی آن را به گلوله نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود گلوله ..... می‌شود. (برگرفته از کنکور سراسری تجربی ۸۶)

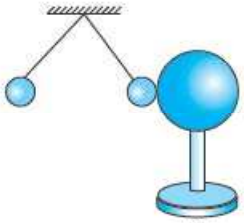
۱۸- شکل (۱) دو آونگ الکتریکی کاملاً مشابه با بارهای مثبت و هم‌اندازه را نشان می‌دهد که با یکدیگر زاویهٔ α ساخته‌اند. یک کرهٔ رسانای بدون بار را با پایهٔ عایق مطابق شکل (۲) به گلولهٔ یکی از آونگ‌ها تماس داده و سپس دور می‌کنیم. (ریاضی خرداد ۹۳)

الف) با رسم شکل ساده، پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟

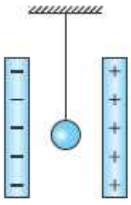
ب) از انجام این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟



(۱)


(۲)

۱۹- در شکل زیر، گلولهٔ رسانای سبک و بدون بار توسط نخ عایقی میان دو صفحهٔ باردار آویزان است. اگر آن را یک بار به یکی از صفحه‌ها تماس داده و رها کنیم، دائماً بین دو صفحه نوسان می‌کند (به صفحه‌های چپ و راست برخورد می‌کند.). علت را توضیح دهید و بنویسید تا چه زمانی این کار ادامه دارد. (تجربی شهریور ۸۴)



۲۰- سه جسم A، B و C را دوبه‌دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک شوند، همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. کدام‌یک از گزینه‌های زیر می‌تواند درست باشد؟ (کنکور سراسری تجربی خارج از کشور ۹۰)

۱) A و C بار هم‌نام و هم‌اندازه دارند.
۲) B و C بار غیرهم‌نام دارند.
۳) B بدون بار و C باردار است.
۴) A بدون بار و B باردار است.

۲۱- در محیط اطراف ما جاذبه‌های الکتریکی بیشتر از دافعه‌های الکتریکی مشاهده می‌شوند. با ذکر دلیل، علت آن را توضیح دهید. (ریاضی شهریور ۸۵)

۲۲- با ذکر دلیل بگویید، اگر یک میلهٔ فلزی خنثی را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ بارداری نزدیک کنیم، برای ورقه‌های الکتروسکوپ چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

پاسخ سؤال‌های امتحانی

۱- الف) نادرست؛ یک کولن مقدار بار الکتریکی بسیار زیادی است، به طوری که بار الکتریکی‌ای که توسط آذرخش تخلیه می‌شود، در حدود $10\ C$ است.

ب) درست

پ) نادرست؛ مثبت و منفی بودن فقط یک نام‌گذاری است و می‌تواند هر اسم دیگری داشته باشد ولی مزیت نام‌گذاری به‌صورت مثبت و منفی این است که یک جسم که به مقدار مساوی از بار مثبت و منفی داشته باشد، بار خالصش صفر می‌شود.

ت) نادرست؛ اجسام با بار هم‌نام، یکدیگر را دفع می‌کنند و اجسام با بار ناهم‌نام، یکدیگر را جذب می‌کنند.

ث) نادرست؛ بار الکتریکی یک کمیت کوانتیده است و همیشه مضرب صحیحی از بار پایه است.

۲- الف) پایستگی بار ب) مضرب صحیحی

۳- الف) ثابت ب) بزرگی ـ $10\ C$

۴- بار الکتریکی باید مضرب صحیحی از $1/6\times10^{-19}\ C$ باشد. باید بررسی کنیم کدام گزینه مضرب صحیحی از بار پایه می‌شود. برای این کار، بار هر گزینه را تقسیم بر $1/6\times10^{-19}\ C$ می‌کنیم.

گزینهٔ «۱»: $n=\frac{4\times10^{-19}\ C}{1/6\times10^{-19}\ C}=\frac{4}{1/6}=2/5$

۲/۵ مضرب صحیح نیست.

گزینهٔ «۲»: $n=\frac{8\times10^{-19}}{1/6\times10^{-19}}=5$

که این مقدار مضرب صحیح است.

۵- برای به دست آوردن تعداد الکترون‌های منتقل‌شده، باید $1\ C$ را تقسیم بر $1/6\times10^{-19}\ C$ کنیم: $n=\frac{1\ C}{1/6\times10^{-19}\ C}=625\times10^{16}$

۶- **گام اول** ابتدا تعداد الکترون‌های کل میله را به دست می‌آوریم:

$n=8\times10^{10}$

گام دوم حالا مقدار بار را به دست می‌آوریم:

$q=-ne=-8\times10^{10}\times(1/6\times10^{-19})=1/28\times10^{-8}\ C$

۷- تعداد پروتون‌های هر هسته برابر عدد اتمی است؛ پس، $n=Z=3$ است و داریم:

$q=ne=3\times1/6\times10^{-19}\ C=4/8\times10^{-19}\ C$

۸- بیانگر این موضوع است که دو نوع بار الکتریکی داریم.

۹- الف) درست

ب) نادرست؛ وقتی میلهٔ پلاستیکی را به پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم، میلهٔ پلاستیکی بارش منفی می‌شود؛ پس، باید به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد.

پ) درست

ت) نادرست؛ گفتیم در اثر مالش دو جسم خنثی با هم، حتماً دو جسم بار مخالف با هم پیدا می‌کنند و فرقی ندارد کجای سری قرار دارند.

۱۰- الف) الکتروسکوپ ب) فرعی

پ) کم‌تری

ت) منفی ـ منفی؛ در واقع داریم الکتروسکوپ را به روش القا باردار می‌کنیم. در درس‌نامهٔ باردارکردن به روش القا، خواندید که در این روش جسم باردارشده، بارش مخالف میله است؛ پس، بار الکتروسکوپ منفی می‌شود. بار دورکردن میلهٔ باردار، این بار روی کلاهک و ورقه‌ها پخش می‌شود.

۱۱- الف) برای مشخص‌کردن این‌که وقتی دو جسم را به هم مالش می‌دهیم، کدام جسم الکترون می‌گیرد و کدام‌یک الکترون از دست می‌دهد.

ب) کم‌تر ـ چون به انتهای مثبت سری نزدیک است.

پ) پلاستیک ـ با این کار پلاستیک 10^9 الکترون دریافت می‌کند و کاغذ 10^9 الکترون از دست می‌دهد؛ پس:

بار پلاستیک: $q=-ne=-10^9\times1/6\times10^{-19}=-1/6\times10^{-10}\ C$

بار کاغذ: $q=+ne=10^9\times1/6\times10^{-19}=1/6\times10^{-10}\ C$

ت) با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)، روکش سلفونی با برخورد به لبه‌های ظرف پلاستیکی الکترون از دست می‌دهد و بار مثبت پیدا می‌کند. پلاستیک هم الکترون می‌گیرد و بار منفی پیدا می‌کند. با توجه به مثبت و منفی بودن بار دو جسم، آن‌ها یکدیگر را می‌ربایند و سلفون به ظرف می‌چسبد.

ث) وقتی یک جسم شیشه‌ای را به یک جسم برنجی مالش می‌دهیم، بار شیشه مثبت و بار برنج منفی می‌شود؛ چون، الکترون‌خواهی برنج بیشتر است. همان‌طور که در درس‌نامه گفتیم، اگر یک جسم باردار را به الکتروسکوپ با بار مخالف نزدیک کنیم، صفحات الکتروسکوپ به تدریج بسته می‌شود.

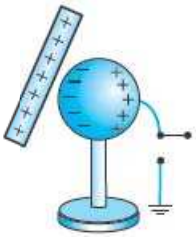
۱۲- موی انسان ـ منفی ـ کم‌تر ـ مثبت ـ جذب

۱۳- مطابق شکل روبه‌رو دو نی پلاستیکی را از نزدیکی یک انتهای آن‌ها خم می‌کنیم؛ سپس آن‌ها را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم. با این کار با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی هر دو نی بار منفی می‌گیرند.

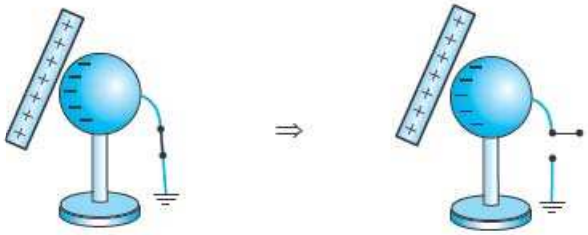
اگر دو نی را مانند آن‌چه که در شکل روبه‌رو می‌بینید به هم نزدیک کنیم، نیروی دافعهٔ بین آن‌ها را کاملاً حس می‌کنیم.

۱۴- گام اول: با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی، با مالش میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ ابریشمی، میله **بار مثبت** و پارچه بار منفی می‌گیرد.

گام دوم: با نزدیک‌کردن میله با بار مثبت به کره مطابق شکل روبه‌رو، الکترون‌های آزاد سطح کره به سمت میله کشیده می‌شوند.

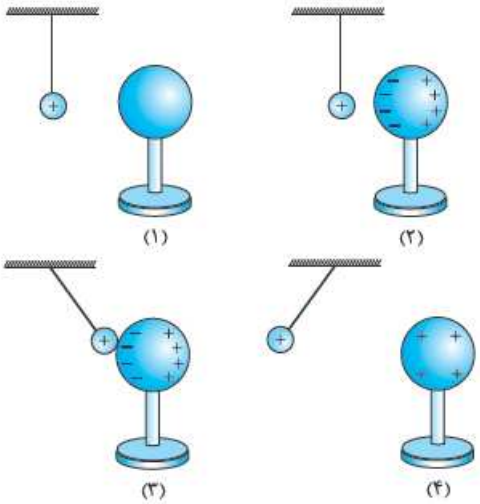


گام سوم: با بستن کلید، الکترون‌های آزاد از زمین وارد کره می‌شوند و بارهای مثبت تجمع‌یافته در طرف راست کره را خنثی می‌کنند. با این اتفاق **بار خالص کره منفی می‌شود** و با بازکردن کلید، بار کره منفی می‌ماند.



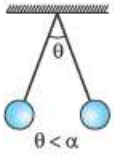
۱۵- وقتی به گلوله دست می‌زنیم، گلوله بدون بار می‌شود. زمانی که میله را به گلوله نزدیک می‌کنیم، الکترون‌های آزاد از طرفی که میله به آن نزدیک شده است، دور می‌شوند؛ بنابراین، در آن قسمتِ گلوله بار مثبت القا می‌شود و جذب میله می‌شود. اگر گلوله با میله برخورد کند، چون بار خالص منفی می‌گیرد، پس از تماس دفع می‌شود.

۱۶- اتفاقی مشابه اتفاق سؤال قبلی رخ می‌دهد:



۱۷- جذب ـ دفع

۱۸- الف) بعد از تماس، گلولهٔ آونگ مقداری از بارش را به کره می‌دهد و نیروی بین دو گلولهٔ آونگ به علت کم‌شدن بار الکتریکی، کاهش می‌یابد و زاویهٔ انحراف بین دو آونگ کم می‌شود.



ب) نیروی الکتریکی با بار گلوله‌ها نسبت مستقیم دارد.

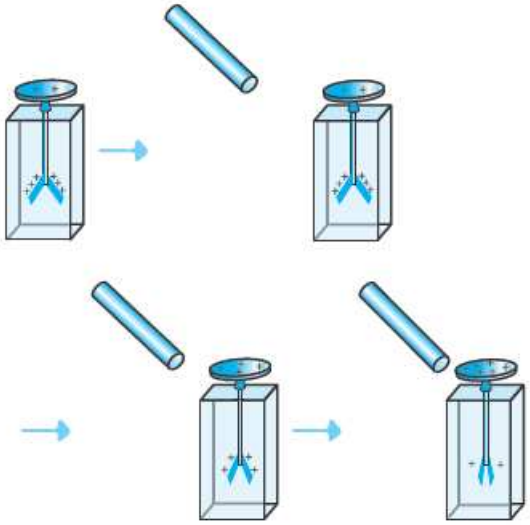
۱۹- با تماس‌دادن گلوله به یکی از صفحه‌ها، بار هم‌نام آن صفحه را گرفته و از آن دفع شده و به طرف صفحهٔ مقابل با بار مخالف می‌رود و با آن برخورد می‌کند. بعد از تماس به علت هم‌نام‌شدن بار گلوله با آن صفحه، دوباره به طرف مقابل می‌رود و به صفحهٔ مقابل برخورد می‌کند. این عمل تا زمانی که بار روی صفحه‌ها خنثی شود، ادامه دارد.

۲۰- در سؤال‌های قبل دیدیم که اگر یک جسم باردار را به یک جسم بدون بار نزدیک کنیم، به خاطر القای بار در جسم بدون بار، دو جسم یکدیگر را جذب می‌کنند. بنابراین **دو جسم رسانا اگر یکدیگر را دفع کنند، حتماً باید باردار باشند و بار هم‌نام داشته باشند.** اما اگر دو جسم همدیگر را جذب کنند، یا می‌توانند دو جسم با بارهای ناهم‌نام باشند و یا یکی از آن‌ها باردار و دیگری بدون بار باشد؛ پس، جسم B و C باید بار هم‌نام داشته باشند ولی دلیلی وجود ندارد که بار این دو جسم هم‌اندازه باشد. از طرفی با توجه به توضیحات بالا جسم A می‌تواند بدون بار باشد؛ بنابراین، گزینهٔ «۴» پاسخ این سؤال است.

۲۱- دلیل اول: معمولاً اطراف ما، اجسام بدون بار (خنثی) هستند و می‌دانیم اجسام باردار با نزدیک‌شدن به اجسام بدون بار، در آن‌ها بار مخالف القا می‌کنند و در نتیجه بر آن‌ها نیروی جاذبه وارد می‌کنند.

دلیل دوم: بارهای الکتریکی محیط اطراف ما، اکثراً به روش‌های مالش ایجاد می‌شوند، یعنی بارها ناهم‌نام هستند و یکدیگر را جذب می‌کنند.

۲۲- چون الکتروسکوپ باردار است، وقتی یک میلهٔ خنثی را به آرامی به کلاهک نزدیک می‌کنیم، در میله بار مخالف القا می‌شود؛ از این رو بارهای الکتروسکوپ توسط میله جذب می‌شود. با جذب بار توسط میله، بارهای روی ورقه‌ها به روی کلاهک می‌آیند و ورقه‌ها به تدریج بسته می‌شوند.



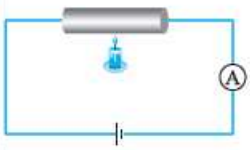
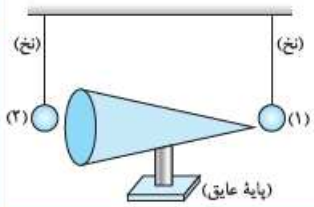
۲۳- الف) نیروی کولنی ـ نیروی الکتریکی ـ نیروی الکترواستاتیکی (هر کدوم رو بنویسین درسته.)

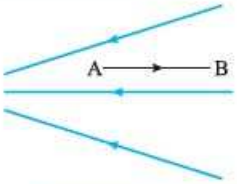
ب) هم‌راستا

پ) مستقیم

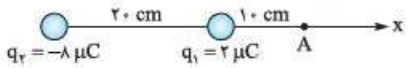
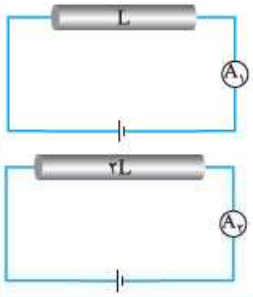
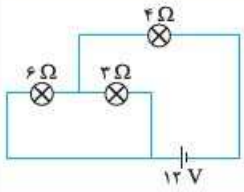
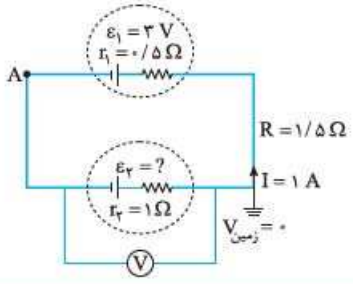
۲۴- الف) چهار برابر

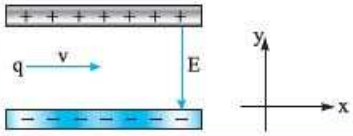
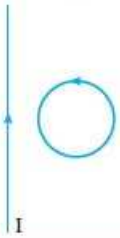
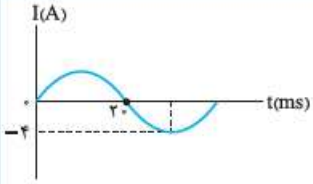
نمونه امتحان نیم‌سال دوم	رشتهٔ ریاضی	فیزیک ۲ ریاضی	
امتحان شمارهٔ ۵: نهایی خرداد ۱۴۰۳	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	

ردیف		نمره
۱	درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را با واژه‌های «درست» یا «نادرست» مشخص کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید. الف) بار الکتریکی یک جسم نمی‌تواند هر مقدار دلخواهی را داشته باشد. ب) همهٔ بارهای متحرک، جریان الکتریکی ایجاد می‌کنند. پ) دو سیم موازی با جریان‌های همسو، یکدیگر را دفع می‌کنند. ت) ضریب خودالقاوری سیم‌لوله به جریان عبوری از آن وابسته است.	۱
۲	عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید. الف) برای تنظیم و کنترل جریان در مدار از (رئوستا ـ ترمیستور) استفاده می‌شود. ب) تراکم خطوط میدان مغناطیسی در (داخل ـ خارج) سیم‌لوله بیشتر است. پ) قبل از انتقال توان الکتریکی از نیروگاه از مبدل‌هایی استفاده می‌شود که تعداد دورهای پیچهٔ ثانویه (کم‌تر ـ بیشتر) از تعداد دورهای پیچهٔ اولیه است.	۰/۷۵
۳	به سؤالات زیر پاسخ کوتاه دهید. الف) صفحات باردار یک خازن تخت که بین آن‌ها شیشه است، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با خارج‌کردن شیشه از بین صفحات خازن، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ ب) میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم، سپس آن را به کلاهک الکتروسکوپی با بار مثبت نزدیک می‌کنیم. ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک‌تر می‌شوند یا دورتر؟ چرا؟ انتهای مثبت سری شیشه نایلون ابریشم انتهای منفی سری پ) در مدار روبه‌رو توسط شمع به میله حرارت می‌دهیم. در نتیجه عدد آمپرسنج افزایش می‌یابد. با ذکر دلیل، رسانا یا نیم‌رسانا بودن میله را تعیین کنید.  ت) سیم حامل جریانی در میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم صفر است. علت آن را توضیح دهید.	۲/۲۵
۴	با توجه به کلمات داده‌شده جملات زیر را کامل کنید و به پاسخ‌برگ منتقل کنید. (دو مورد اضافه است.) دیود ـ القای الکتریکی ـ پتانسیومتر ـ القای الکترومغناطیسی ـ مقاومت نوری ـ القای مغناطیسی الف) اساس رنگ‌پاشی اتومبیل مبتنی بر ..... است. ب) تندی‌سنج دوچرخه براساس ..... کار می‌کند. پ) در ساخت دزدگیرها از ..... استفاده می‌شود. ت) جذب‌شدن میخ آهنی به آهنربا به دلیل ..... اتفاق می‌افتد.	۱
۵	مطابق شکل دو آونگ فلزی خنثی در تماس با جسم فلزی دوکی‌شکل هستند. به کمک مواد واندوگراف به جسم دوکی‌شکل بار الکتریکی می‌دهیم. الف) چرا آونگ‌ها منحرف می‌شوند؟ ب) کدام آونگ بیشتر منحرف می‌شود؟ چرا؟  	۰/۷۵

۶	دو بار نقطه‌ای $q_1 = 4\ \mu C$ و $q_2 = 3\ \mu C$ در فاصلهٔ r از هم قرار دارند. اگر نیروی بین این دو بار $2/7\ N$ باشد، فاصلهٔ دو بار چند متر است؟ $(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$	۱
۷	مطابق شکل، الکترونی را از نقطهٔ A تا B در میدان الکتریکی جابه‌جا می‌کنیم. به کمک کلمات (افزایش ـ کاهش ـ ثابت ـ مثبت ـ منفی) جدول را کامل کنید و به پاسخ‌برگ انتقال دهید. 	۱

اندازهٔ میدان الکتریکی	پتانسیل الکتریکی	انرژی پتانسیل الکتریکی	کار میدان الکتریکی
(الف)	(ب)	(پ)	(ت) .....

۸	در شکل زیر اندازه و جهت میدان الکتریکی برآیند را در نقطهٔ A به دست آورید. $(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$ 	۱/۵
۹	در مدار فلاش دوربین عکاسی خازنی وجود دارد که با ولتاژ ۲۰۰ ولت شارژ شده است. اگر فلاش دوربین عکاسی روشن شود، تخلیهٔ انرژی در مدت $2\times10^{-3}\ s$ و با توان ۴۰۰۰ وات انجام می‌شود. ظرفیت خازن چند فاراد است؟	۱
۱۰	مطابق شکل دو قطعه سیم هم‌جنس و هم‌دما با طول‌های متفاوت و سطح مقطع یکسان را به دو باتری مشابه وصل کرده‌ایم. الف) کدام آمپرسنج عدد بیشتری را نشان می‌دهد؟ چرا؟ ب) این آزمایش برای بررسی چه موضوعی طراحی شده است؟ 	۱
۱۱	در مدار شکل روبه‌رو سه مقاومت ۶ و ۳ و ۴ اهمی وجود دارد، توان مصرفی مقاومت $4\ \Omega$ را به دست آورید. 	۱/۵
۱۲	در مدار شکل مقابل: الف) ε_2 چند ولت است؟ ب) پتانسیل نقطهٔ A را به دست آورید. پ) توان مصرفی باتری ε_1 چند وات است؟ 	۱/۷۵
۱۳	از یک سیم‌لولهٔ آرمانی به طول ۱۲ cm جریان ۸۰۰ mA عبور می‌کند. اگر بزرگی میدان مغناطیسی روی محور سیم‌لوله و دور از لبه‌های آن ۴۰ G باشد: الف) تعداد حلقه‌های سیم‌لوله را تعیین کنید. $(\mu_0 = 12\times10^{-7}\ \frac{T.m}{A})$ ب) با توجه به ثابت‌بودن جریان، دو راهکار برای افزایش بزرگی میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله پیشنهاد دهید.	۱/۲۵

۱۴	ذره‌ای با بار منفی و جرم ناچیز با تندی $۳\times۱۰^{۳}\ m/s$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی وجود دارد. اگر اندازهٔ میدان الکتریکی $۴۵۰\ N/C$ باشد، اندازه و جهت میدان مغناطیسی را چنان تعیین کنید که ذره در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد. 	۱/۵
۱۵	حلقهٔ رسانایی در نزدیکی یک سیم دراز حامل جریان ثابت در حرکت است. با توجه به جهت جریان القایی در حلقه، جهت حرکت آن را با ذکر دلیل تعیین کنید. 	۰/۷۵
۱۶	پیچه‌ای شامل ۱۰۰۰ دور که مساحت هر حلقه آن $۵۰\ cm^{۲}$ است. عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $۰/۰۴\ T$ قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت $۰/۰۴\ s$ تغییر می‌کند و بزرگی آن به $۰/۰۴\ T$ در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه چند ولت است؟	۱
۱۷	شکل روبه‌رو نمودار جریان سینوسی را نشان می‌دهد که یک مولد جریان متناوب تولید کرده است. معادلهٔ جریان را برحسب زمان بنویسید. 	۱
	جمع نمرات	۲۰

پاسخ‌نامهٔ امتحان نیم‌سال دوم	رشتهٔ ریاضی	فیزیک ۲ ریاضی	
ردیف	امتحان شمارهٔ ۵	kheilisabz.com	

۱ الف) درست (۰/۲۵) ب) نادرست (۰/۲۵) پ) نادرست (۰/۲۵) ت) نادرست (۰/۲۵)

۲ الف) رئوستا (۰/۲۵) ب) داخل (۰/۲۵) پ) بیشتر (۰/۲۵)

۳ الف) ظرفیت خازن کاهش (۰/۲۵) و عدد ولت‌سنج افزایش می‌یابد. (۰/۲۵)

ب) انحراف ورق‌های الکتروسکوپ دورتر می‌شود. (۰/۲۵) چون بار شیشه و الکتروسکوپ همنام است یا هر دو دارای بار مثبت هستند. (۰/۲۵)

پ) نیم‌رسانا (۰/۲۵)، چون در نیم‌رساناها با افزایش دما، به دلیل افزایش حامل‌های بار، مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد؛ بنابراین جریان افزایش می‌یابد. (۰/۵)

ت) سیم در راستای خطوط میدان قرار گرفته است. زاویه $(\theta = ۰)$ یا $(\theta = ۱۸۰)$ می‌شود (۰/۲۵) طبق این رابطهٔ $F = ILB\sin\theta$، مقدار نیروی مغناطیسی وارد بر سیم صفر است. (۰/۲۵)

۴ الف) القای الکتریکی (۰/۲۵) ب) القای الکترومغناطیسی (۰/۲۵)

پ) مقاومت نوری (۰/۲۵) ت) القای مغناطیسی (۰/۲۵)

۵ الف) چون بار آونگ‌ها و مخروط همنام هستند، آونگ‌ها از مخروط دور می‌شوند. (۰/۲۵)

ب) آونگ (۱) (۰/۲۵)، چون چگالی سطحی بار در نقاط نوک تیز بیشتر است. (۰/۲۵)

۶

$$F = k\frac{|q_۱q_۲|}{r^۲} \quad (۰/۲۵)$$

$$۲/۷ = \frac{۹\times۱۰^۹\times۴\times۱۰^{-۶}\times۳\times۱۰^{-۶}}{(r)^۲} \quad (۰/۵)$$

$$r = ۰/۲\,m \quad (۰/۲۵)$$

۷ الف) کاهش (۰/۲۵) ب) افزایش (۰/۲۵) پ) کاهش (۰/۲۵) ت) مثبت (۰/۲۵)

۸

$$E_۱ = K\frac{|q_۱|}{r_۱^۲} \quad (۰/۲۵)$$

$$E_۱ = ۹\times۱۰^۹\times\frac{۲\times۱۰^{-۶}}{(۱۰\times۱۰^{-۲})^۲} \quad (۰/۲۵) \Rightarrow E_۱ = ۱۸\times۱۰^۵\ N/C \quad (۰/۲۵)$$

$$E_۲ = ۹\times۱۰^۹\times\frac{|-۸\times۱۰^{-۶}|}{(۳۰\times۱۰^{-۲})^۲} \quad (۰/۲۵) \Rightarrow E_۲ = ۸\times۱۰^۵\ N/C \quad (۰/۲۵)$$

$$\overrightarrow{E_t} = ۱۸\times۱۰^۵\vec{i} - ۱۰\times۱۰^۵\vec{i} = ۸\times۱۰^۵\vec{i}\ N/C \quad (۰/۲۵)$$

۹

$$u = pt \quad (۰/۲۵)$$

$$u = ۴\times۱۰^۳\times۲\times۱۰^{-۳} = ۸\,J \quad (۰/۲۵)$$

$$u = \frac{۱}{۲}cv^۲ \quad (۰/۲۵) \Rightarrow ۸ = \frac{۱}{۲}\times c\times(۲۰۰)^۲ \Rightarrow c = ۴\times۱۰^{-۴}\ F \quad (۰/۲۵)$$

۱۰ الف) آمپرسنج $A_۱$ (۰/۲۵)، هر چه طول کم‌تر باشد مقدار مقاومت کم‌تر و در نتیجه جریان بیشتر است. (۰/۵)

ب) ارتباط مستقیم مقاومت الکتریکی با طول رسانا $(R \propto L)$ (۰/۲۵)

۱۱	$R' = \frac{۶ \times ۳}{۶ + ۳} = ۲$ (۰/۲۵) , $R_{eq} = ۲ + ۴ = ۶\,\Omega$ (۰/۲۵) $I = I_{eq}$ (۰/۲۵) $I_{eq} = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{۱۲}{۶} = ۲\,A$ (۰/۲۵) $p = I^۲R$ (۰/۲۵) $\Rightarrow p = ۴ \times (۲)^۲ = ۱۶$ (۰/۲۵)	
۱۲	الف) $I = \frac{\varepsilon_۲ - \varepsilon_۱}{R + r_۱ + r_۲}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow ۱ = \frac{\varepsilon_۲ - ۳}{۱/۵ + ۰/۵ + ۱} \Rightarrow \varepsilon_۲ = ۶\,V$ (۰/۲۵) ب) $V_A + \varepsilon_۱ + Ir_۱ + IR = ۰$ (۰/۲۵) $\Rightarrow V_A + ۳ + (۱ \times ۲) = ۰$ (۰/۲۵) $\Rightarrow V_A = -۵\,V$ (۰/۲۵) پ) $p = \varepsilon_۱ I - r_۱ I^۲$ (۰/۲۵) $\Rightarrow p = ۳(۱) - ۰/۵(۱)^۲ \Rightarrow p = ۳ - ۰/۵ = ۲/۵\,w$ (۰/۲۵)	
۱۳	الف) $B = \frac{\mu_۰ NI}{l}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow ۴۰ \times ۱۰^{-۴} = \frac{۱۲ \times ۱۰^{-۷} \times N \times ۸۰۰ \times ۱۰^{-۳}}{۱۲ \times ۱۰^{-۲}}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow N = ۵۰۰$ (۰/۲۵) ب) اضافه‌کردن هستهٔ آهنی به سیم‌لوله، افزایش تعداد دورهای سیم‌لوله، کاهش طول سیم‌لوله (ذکر دو مورد کافی است و هر مورد (۰/۲۵))	
۱۴	جهت میدان درون $\Leftarrow \vec{B} \otimes$ (۰/۵) $F_E = F_B$ (۰/۲۵) $E\|q\| = \|q\| vB\sin\alpha$ (۰/۵) $\Rightarrow ۴۵۰ = ۳ \times ۱۰^۳ \times B \times ۱ \Rightarrow B = ۰/۱۵\,T$ (۰/۲۵)	
۱۵	با توجه به جهت جریان القایی و قانون لنز (۰/۲۵)، پیچه در حال نزدیک‌شدن به سیم است. (۰/۵)	
۱۶	$\varepsilon = \left\|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right\|$ (۰/۲۵) $\Rightarrow \varepsilon = \left\|-NA\left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)\right\|$ (۰/۲۵) $\Rightarrow \varepsilon = -۱۰۰۰ \times ۵۰ \times ۱۰^{-۴} \times \left(\frac{۰/۰۸}{۰/۰۱}\right)$ (۰/۲۵) $\|\varepsilon\| = ۴۰\,V$ (۰/۲۵)	
۱۷	$\frac{T}{۲} = ۲۰ \times ۱۰^{-۳}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow T = ۴۰ \times ۱۰^{-۳}\,s$ (۰/۲۵) $I = I_m \sin\frac{۲\pi}{T}t$ (۰/۲۵) $\Rightarrow I = ۴\sin\frac{۲\pi}{۴۰ \times ۱۰^{-۳}}t \Rightarrow I = ۴\sin ۵۰\pi t$ (۰/۲۵)	