

کتاب



# فیزیک یازدهم تجربے

۱۷۰۰ تست با پاسخ + درس نامہ های آموزشی

دکتر روح الہ علی پور


## مقدمه

تقدیم به  
همسر، پسر، و دختر،  
و روح بلند اولین معلم،  
پدر عزیز

### سلام به همه دختر و پسرهای گل یازدهمی!

کتابی که پیش روی شما قرار دارد، کتاب «IQ فیزیک یازدهم» است. حدود ۳۰ درصد از سؤالات کنکور از فیزیک یازدهم طراحی می‌شود. تنوع سؤالات طراحی شده از فیزیک یازدهم، بسیار بالاست؛ برخی از آن‌ها دارای پاسخ‌های کوتاه و برخی از آن‌ها دارای پاسخ‌های بلند هستند. در نتیجه، برای موفقیت در فیزیک یازدهم، هم باید با مدل‌های مختلف سؤالاتی که مطرح می‌شود، آشنا شد و هم باید، سر فرصت، یعنی در طول سال تحصیلی یازدهم، آن‌ها را فرا گرفت. برای آن که منبع کاملی در اختیار شما قرار گیرد، سعی کرده‌ایم از تمام منابعی که از آن‌ها سؤال طراحی می‌شود، استفاده کنیم. برای آن که با ساختار کتاب آشنا شوید، مطالعه مطالب زیر را توصیه می‌کنیم:

### درسنامه

هر فصل از کتاب درسی به چند بخش تقسیم شده است. برای هر بخش؛ درسنامه‌ای نوشته‌ایم که در آن، مفاهیم و روابط مورد نیاز، به‌طور کامل بررسی شده است. در درسنامه‌ها، تست‌هایی برای کامل شدن یادگیری نکات مطرح شده آورده شده است. یکی از قسمت‌های جالب در درسنامه‌ها، نکاتی هستند که سرعت پاسخ‌گویی به تست‌ها را افزایش می‌دهد. این بخش تحت عنوان  آمده است.

### سؤالات و پاسخنامه

پس از درسنامه، تست‌های هر بخش آورده شده است. تست‌های هر بخش به ترتیب مطالب مطرح شده در درسنامه مرتب شده‌اند تا فرایند یادگیری از طریق بررسی تست‌ها کامل شود.

در گام اول، تمامی مطالب مطرح شده در کتاب درسی که منبع اصلی طراحی سؤالات است را مورد بررسی قرار داده‌ایم؛ از متن کتاب و تصاویر کتاب گرفته تا مثال‌ها و تمرین‌های آن، همگی در درسنامه‌ها و تست‌ها بررسی شده‌اند.

در گام دوم، سؤالاتی که در کنکورها مطرح شده است را بررسی کرده‌ایم. حقیقت این است که سؤالات کنکور، محک‌های خوبی برای اطمینان از آموختن مفاهیم و نکات مورد توجه در فیزیک هستند.

در گام بعد، از منابع دیگری مانند کتاب راهنمای معلم نیز برای طراحی تست‌ها، استفاده شده است. در مجموع، سعی کرده‌ایم که تمامی تست‌هایی را که می‌تواند مورد توجه طراحان قرار گیرد و فرایند یادگیری و آمادگی‌تان را کامل کند، در این کتاب بیاوریم.

در انتهای هر بخش، تست‌هایی تحت عنوان «IQ+» را آورده‌ایم. تست‌های مطرح شده در این قسمت، اغلب تست‌های دشوار هستند. باید اضافه کنیم که فقط تست‌های دشوار در این بخش قرار ندارند؛ بلکه، در بعضی از موارد، تست‌های متفاوتی را خواهید دید که دارای نگاه‌های جدید اما قابل طرح در کنکور هستند. توجه داشته باشید که در صورتی که می‌خواهید به یک آمادگی کامل برسید، باید هر دو دسته تست‌ها را بررسی کنید.

در هنگام مطالعه کتاب متوجه خواهید شد که سؤالات مطرح شده دارای تنوع بالایی از بابت درجه سختی است. در واقع، در کتاب، تست‌های ساده، متوسط و دشواری که امکان مطرح شدن آن‌ها در کنکور وجود دارد، آورده شده است.

## مقدمه

### بانک آزمون

در هر فصل، هم برای هر بخش از فصل و هم برای کل فصل، آزمون‌هایی طراحی شده‌اند. با پاسخ دادن به این آزمون‌ها می‌توانید خود را مورد ارزیابی قرار دهید. مطمئناً، یک آزمون با تعداد تست محدود نمی‌تواند معیار کاملی باشد اما برای یک محک خوردن اجمالی، می‌تواند قابل قبول باشد.

### تشکر و سپاس فراوان از ...

- در پایان، جا دارد از دوستان و بزرگوارانی که در به‌وجود آمدن این کتاب نقش به‌سزایی داشته‌اند؛ تقدیر و تشکر کنم. از استاد عزیز جناب آقای محمد جوکار، مدیریت علمی انتشارات گاج بابت اعتماد و راهنمایی‌شان، تشکر می‌کنم.
- تشکر ویژه و سپاس خالصانه خود را به دوست و استاد درجه یک ریاضی کشور، جناب آقای مهندس آرش عمید تقدیم می‌کنم. یقیناً، در صورتی که پیگیری‌ها و راهنمایی‌های دلسوزانه و مشفقانه ایشان نبود، این کتاب به سرانجام نمی‌رسید. در مقابل این همه لطف، فقط می‌توانم برای سلامتی و سربلندی ایشان دعا کنم.
- از تمام دوستان بخش ویرایش کتاب بابت زحمت ویراستاری کتاب تشکر می‌کنم. در نوشتن کتاب سعی کرده‌ایم منبعی کامل برای آموزش فیزیک یازدهم برای شما عزیزان آماده کنیم. یقیناً این کتاب خالی از اشکال نیست. خوشحال می‌شویم که ابرادات کتاب را به آدرس [@psychaneladmin](https://t.me/psychaneladmin) در تلگرام ارسال فرمایید.

دوستانار شما

دکتر روح‌اله علی‌پور

## فهرست

### فصل ۱ الکتریسیته ساکن

۱۴۴	۱۳۲	۱۱۴	۹۱	۵۵	۲۹	۸
پاسخنامه تشریحی	بانک آزمون	بخش ۵ خازن	بخش ۴ انرژی پتانسیل الکتریکی، ...	بخش ۳ میدان الکتریکی	بخش ۲ قانون کولن	بخش ۱ بار الکتریکی و ویژگی‌های آن

### فصل ۲ جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

۳۵۵	۳۴۷	۲۸۵	۲۵۸	۲۳۰
پاسخنامه تشریحی	بانک آزمون	بخش ۳ ترکیب مقاومت‌ها	بخش ۲ نیروی محرکه الکتریکی و توان الکتریکی	بخش ۱ جریان الکتریکی، مقاومت الکتریکی و ...

### فصل ۳ مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

۵۵۷	۵۴۷	۵۳۷	۵۰۸	۴۸۱	۴۷۰	۴۵۲	۴۴۰
پاسخنامه تشریحی	بانک آزمون	بخش ۶ القاگراها، جریان متناوب (ac)	بخش ۵ پدیده القای الکترومغناطیسی	بخش ۴ میدان مغناطیسی حاصل از جریان ...	بخش ۳ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم ...	بخش ۲ نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار ...	بخش ۱ مغناطیس و میدان مغناطیسی

# فصل

## الکتريسيته ساکن

+

بانک  
آزمون  
فصل

۵

خازن

۴

انرژی  
پتانسیل  
الکتریکی،  
پتانسیل  
الکتریکی

۳

میدان  
الکتریکی

۲

قانون  
کولن

۱

بار  
الکتریکی و  
ویژگی های  
آن

# بخش

## بار الکتریکی و ویژگی‌های آن

- ۵

الکتروسکوپ  
(برق‌نما)
- ۴

روش‌های  
ایجاد بار  
الکتریکی
- ۳

اصل پایستگی  
بار الکتریکی
- ۲

اصل کوانتیده  
بودن بار  
الکتریکی
- ۱

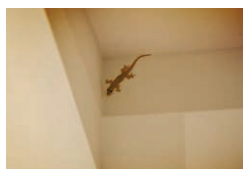
بار الکتریکی

سلام بچه‌ها! می‌خواهیم وارد آموزش فصل اول کتاب فیزیک یازدهم یعنی فصل الکتریسیته ساکن بشیم. در درسنامه‌ها، سعی می‌کنیم تمامی مفاهیم، و روابط مطرح شده در کتاب درسی رو مورد بررسی قرار داده و تکنیک‌های لازم برای پاسخ‌دهی حرفه‌ای به تست‌ها رو آموزش بدیم. شما رو به مطالعه اولین درسنامه این کتاب، دعوت می‌کنیم!

### مقدمات

### مبحث

- تعداد بسیار زیادی از پدیده‌های اطراف ما مانند ۱ درخشش لامپی کوچک، ۲ آنچه اتم‌ها را به شکل مولکول پیوند می‌دهد، ۳ پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب، ۴ چسبیدن نوار سلوفان بر ظروف، ۵ بالا رفتن یک مارمولک از دیوار، ۶ آذرخش (همون رعد و برق فورمون 😊)، ۷ احساس شوک الکتریکی در هنگام در آوردن لباس‌های بافتنی و ۸ احساس این شوک هنگام دست زدن به دستگیره فلزی در، پس از راه رفتن روی فرش و بسیاری از وسیله‌های اطراف ما همگی منشأ الکتریکی دارند.

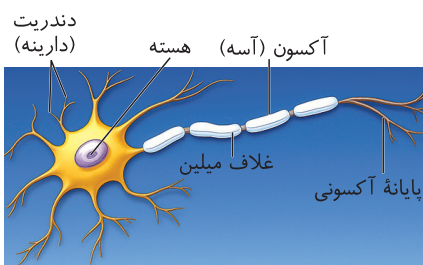


چسبیدن مارمولک به دیوار مبتنی بر جاذبه الکتریکی است.



توصیف آذرخش مبتنی بر اصول الکتریسیته ساکن است.

- نخستین بار، فیلسوفان یونان قدیم متوجه شدند که با مالش قطعه‌ای از کهربا (صمغ فسیل شده درخت که رنگ و زیبایی طبیعی دارد) با پارچه‌ای پشمی و سپس نزدیک کردن کهربا به خرده‌های کاه، آن خرده‌ها به سمت کهربا کشیده می‌شوند (از آنها که پس از مالش، کاه را می‌رباید، آن را کاه‌ربا یا کهربا نامیدند؛ گفتین! 😊). امروزه می‌دانیم که این کشش ناشی از یک نیروی الکتریکی است.
- واژه الکتریسیته از واژه یونانی الکترون که به معنی کهرباست، گرفته شده است.
- مطالعه بیشتر مثال‌های بیان شده در بالا، در دسته الکتریسیته ساکن (الکتروستاتیک) جای می‌گیرد. در این فصل با مفاهیم الکتریسیته ساکن آشنا می‌شویم. در الکتریسیته ساکن به مطالعه بارهای ساکن پرداخته می‌شود.

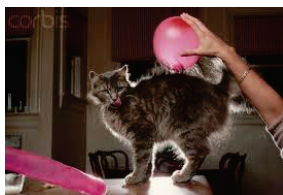


انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب به صورت الکتریکی صورت می‌گیرد.

- ! در مثال‌هایی مانند روشن شدن و درخشش لامپ‌ها و انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب، عبور جریان الکتریکی مطرح است که این دسته در فصل بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرند.
- منشأ خاصیت الکتریکی مواد، بارهای الکتریکی هستند. در ادامه به مطالعه و بررسی ویژگی‌های بارهای الکتریکی می‌پردازیم.

## بار الکتریکی

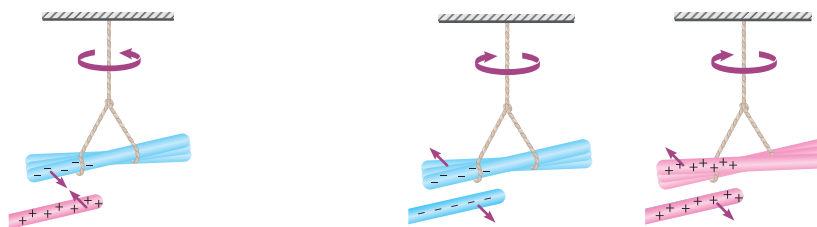
## مبحث



معمولاً وقتی دو جسم با یکدیگر مالش داده می‌شوند، هر دوی آن‌ها دارای بار الکتریکی می‌شوند و بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند؛ مثلاً وقتی یک بادکنک را به بدن گربه مالش می‌دهیم، هم در بادکنک و هم در بدن گربه، بار الکتریکی ایجاد می‌شود. این بارها به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند و این نیرو باعث برافراشته شدن موهای گربه می‌شود.

● به آزمایش زیر توجه کنید. در این آزمایش، دو میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی و دو میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم تا باردار شوند.

سپس این میله‌ها را مطابق شکل‌های زیر به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. با دقت به جنس میله‌ها و نیروهای ربایشی و رانشی بین آن‌ها، نتیجه می‌گیریم:



بارهای غیرهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند (جاذبه الکتریکی).

بارهای همنام یکدیگر را دفع می‌کنند (دافعه الکتریکی).

۱ در طبیعت دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. بنیامین فرانکلین دانشمند آمریکایی، این دو نوع بار را بار مثبت و بار منفی نام‌گذاری کرد. البته او می‌توانست هر نام دیگری به این دو نوع بار نسبت دهد.

! استفاده از علامت‌های جبری به جای نام‌های دیگر، این مزیت را دارد که وقتی در یک جسم از این دو نوع بار به مقدار مساوی وجود داشته باشد، جمع جبری بارهای جسم، صفر می‌شود که به معنای خنثی بودن آن جسم (به لحاظ الکتریکی) است.

۲ دو جسم باردار، به یکدیگر نیروی الکتریکی وارد می‌کنند:

– اگر دو جسم دارای بارهای همنام (هر دو بار مثبت یا هر دو بار منفی) باشند، یکدیگر را دفع می‌کنند.

– اگر دو جسم دارای بارهای ناهمنام (یکی دارای بار مثبت و دیگری دارای بار منفی) باشند، یکدیگر را جذب می‌کنند.

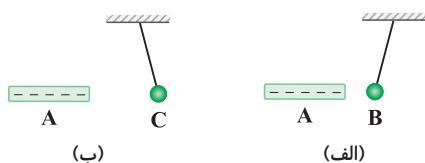
● در قسمت قبل دیدیم که میان دو جسم باردار، چه نوع نیروی الکتریکی‌ای ایجاد می‌شود. اکنون می‌خواهیم از روی نوع نیروی الکتریکی میان دو جسم (دافعه یا جاذبه الکتریکی)، به نوع بارهای دو جسم بی‌بریم. در جدول زیر، این موضوع را بررسی کرده‌ایم:

نیروی الکتریکی میان دو بار	رانش (دافعه) الکتریکی	هر دو جسم باردارند و بارهای آن‌ها همنام است.
	ربایش (جاذبه) الکتریکی	۱. ممکن است دو جسم باردار باشند و دارای بارهای ناهمنام باشند. ۲. ممکن است فقط یکی از دو جسم باردار و جسم دیگر، خنثی باشد.

توجه داشته باشید که از دافعه الکتریکی می‌توان نتیجه گرفت که الزاماً دو جسم باردار هستند، اما از جاذبه الکتریکی نمی‌توان نتیجه قطعی گرفت که دو جسم الزاماً باردار هستند.

## نکته

مطابق شکل‌های (الف) و (ب) میله A با بار الکتریکی منفی را به گوی‌های رسانای B و C نزدیک می‌کنیم. کدام گزینه الزاماً درست است؟



(۱) گوی C، بار الکتریکی منفی و گوی B، بار الکتریکی مثبت دارد.

(۲) گوی C، بار الکتریکی مثبت و گوی B، بار الکتریکی منفی دارد.

(۳) گوی C، بار الکتریکی منفی و گوی B، خنثی است یا بار الکتریکی مثبت دارد.

(۴) گوی C، بار الکتریکی مثبت و گوی B، خنثی است یا بار الکتریکی منفی دارد.

در شکل (الف) میله باردار A، گوی رسانای B را جذب کرده است. با توجه به نیروی جاذبه الکتریکی، در این حالت ممکن است که گوی B، باری مخالف با بار میله A یعنی مثبت داشته باشد و یا ممکن است گوی B، خنثی باشد و جذب میله باردار A شده باشد. با توجه به نیروی دافعه الکتریکی میان میله A و گوی C، در شکل (ب) به طور قطعی می‌توان گفت که گوی C، دارای باری همنام با میله A، یعنی بار منفی است.



وقتی روکش پلاستیکی روی یک ظرف غذا می‌کشیم و آن را در لبه‌های ظرف فشار می‌دهیم، روکش در جای خود ثابت می‌ماند. چه تعداد از گزاره‌های زیر در مورد این اتفاق درست است؟

- (الف) هنگام مالش پلاستیک و لبه‌های ظرف، هر دو باردار می‌شوند.
- (ب) بارهای روکش پلاستیکی و لبه ظرف ناهمنام هستند.
- (پ) روکش پلاستیکی و لبه ظرف به هم نیروی الکتریکی وارد می‌کنند.

۱) صفر      ۲) ۱      ۳) ۲      ۴) ۳

در اثر کشیده شدن روکش پلاستیکی به لبه‌های ظرف و مالش ایجاد شده، روکش پلاستیکی و لبه‌های ظرف دارای بارهای ناهمنام می‌شوند و بر یکدیگر نیروی الکتریکی وارد کرده و یکدیگر را جذب می‌کنند. بنابراین هر سه گزاره درست است.

- بار الکتریکی کمیته فیزیکی است که آن را با حرف  $q$  نمایش می‌دهند. یکای بار الکتریکی در SI، کولن (C) است. یک کولن، مقدار بار بزرگی است. این موضوع زمانی برای شما قابل درک می‌شود که بدانید که مثلاً در یک آذرخش (رعد و برق) نوعی، باری از مرتبه  $10^6$  C به زمین منتقل می‌شود در حالی که در مالش شانه پلاستیکی با موهای سر، بارهای منتقل شده از مرتبه نانوکولن (nC) است. در این فصل اغلب با بارهایی از مرتبه میکروکولن ( $\mu\text{C}$ ) که معادل  $10^{-6}$  کولن است و نانوکولن (nC) که معادل  $10^{-9}$  کولن است، سروکار داریم.
- وجود دو نوع بار (بار الکتریکی منفی و بار الکتریکی مثبت) به بارهای الکترون و پروتون بر می‌گردد. اندازه بار الکتریکی الکترون با اندازه بار الکتریکی پروتون یکسان است که این مقدار یکسان را بار بنیادی می‌نامند و با  $e$  نشان می‌دهند. مقدار بار بنیادی ( $e$ ) برابر است با:

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

بار الکتریکی الکترون ( $q_e$ ) و بار الکتریکی پروتون ( $q_p$ ) برابر است با:

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

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

### نکته

- در یک جسم خنثی، به تعداد مساوی الکترون و پروتون وجود دارد. در نتیجه، جمع جبری همه بارهای یک جسم خنثی، صفر می‌شود. ( $q = 0$ )
  - اگر در یک جسم، تعداد پروتون‌ها بیشتر از تعداد الکترون‌ها باشد، جسم دیگر خنثی نیست و دارای بار الکتریکی مثبت ( $q > 0$ ) است.
  - اگر در یک جسم، تعداد الکترون‌ها بیشتر از تعداد پروتون‌ها باشد، جسم دیگر خنثی نیست و دارای بار الکتریکی منفی ( $q < 0$ ) است.
- در جدول زیر، به‌طور خلاصه به این سه مورد اشاره کرده‌ایم:

جسم خنثی ( $q = 0$ )	جسم با بار الکتریکی مثبت ( $q > 0$ )	جسم با بار الکتریکی منفی ( $q < 0$ )
تعداد الکترون‌ها ( $n_e$ ) برابر با تعداد پروتون‌ها ( $n_p$ ) است:	تعداد الکترون‌ها ( $n_e$ ) کمتر از تعداد پروتون‌ها ( $n_p$ ) است:	تعداد الکترون‌ها ( $n_e$ ) بیشتر از تعداد پروتون‌ها ( $n_p$ ) است:
$n_e = n_p \Leftrightarrow q = 0$	$n_e < n_p \Leftrightarrow q > 0$	$n_e > n_p \Leftrightarrow q < 0$

### نکته

جسم با بار مثبت، دارای کمبود الکترون (نسبت به پروتون) و جسم با بار منفی، دارای زیادی الکترون (نسبت به پروتون) است.

در مورد بارهای الکتریکی دو اصل بسیار مهم وجود دارد. اصل اول، کوانتیده بودن بار الکتریکی و اصل دوم، پایستگی بار الکتریکی است. در ادامه به‌طور دقیق به بررسی این دو اصل می‌پردازیم.

## اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی

## مبحث ۲

برخی از کمیت‌ها در فیزیک، کمیت‌های کوانتیده (کوانتومی) هستند. و اندازه این نوع از کمیت‌ها، هر مقدار دلخواهی نمی‌تواند باشد. اندازه کمیت‌های کوانتیده، مضرب صحیحی از یک مقدار پایه است و این مقدار پایه، کوانتوم آن کمیت به حساب می‌آید. مثلاً تعداد افراد یک جامعه، مضرب صحیحی از یک نفر است و یا تعداد تخم‌مرغ‌های (خام) درون یک سبد، مضرب صحیحی از یک تخم‌مرغ است و هیچ‌گاه نمی‌توانیم بگوییم که  $12/7$  تخم‌مرغ یا  $29/1$  نفر داریم. اما جرم یک جسم یک کمیت کوانتیده نیست چراکه هر مقداری را می‌تواند داشته باشد. مثلاً جرم یک جسم می‌تواند  $12/42$  گرم یا هر چیز دیگری باشد.

$$q = \pm ne$$

• بار الکتریکی یک جسم یک کمیت کوانتیده است و همواره مضرب صحیحی از بار بنیادی ( $e$ ) است:

### نکته

در یک جسم باردار، تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها، یکسان نیست. اگر اختلاف تعداد پروتون‌ها و الکترون‌های یک جسم،  $n$  باشد ( $n = |n_e - n_p|$ )، آن‌گاه اندازه بار الکتریکی این جسم از ضرب  $n$  در مقدار بار بنیادی ( $e$ ) به دست می‌آید.

بار الکتریکی مثبت ( $q > 0$ )	بار الکتریکی منفی ( $q < 0$ )
$q = +ne$ تعداد الکترون‌ها، $n$ تا کم‌تر از تعداد پروتون‌ها است:	$q = -ne$ تعداد الکترون‌ها، $n$ تا بیش‌تر از تعداد پروتون‌ها است:
$n = n_p - n_e$	$n = n_e - n_p$

**!** در حقیقت، از آنجا که جرم پروتون، حدود  $1837$  برابر جرم الکترون است، این الکترون‌ها هستند که با رفتن از یک جسم باعث مثبت شدن بار آن و با اضافه شدن به یک جسم، باعث منفی شدن بار آن می‌شوند و پروتون‌ها جابه‌جا نمی‌شوند.

(کنکور)

**معمولاً در اثر مالش دو جسم به یکدیگر، هر دو دارای بار الکتریکی می‌شوند. اندازه بار الکتریکی هر یک از این اجسام:**

- مضرب صحیحی از یک بار الکتریکی پایه است.
- هر مقدار دلخواه کوچکی می‌تواند باشد.
- کمیت گسسته‌ای است که مضربی از یک کولن است.
- قطعاً برابر اندازه بار الکتریکی یک الکترون است.

**۱** بار الکتریکی کمیتی کوانتیده و مضرب صحیحی از بار پایه ( $e$ ) است.

**!** به هر سانتی‌متر از یک میله  $50$  (سانتی‌متری)، به تعداد  $2/5 \times 10^{10}$  الکترون می‌دهیم. بار میله چند میکروکولن می‌شود؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

- $-0/5$  (۱)
- $+0/5$  (۲)
- $-0/2$  (۳)
- $+0/2$  (۴)

**۳** به هر سانتی‌متر از میله  $2/5 \times 10^{10}$  الکترون داده می‌شود، پس تعداد الکترون‌های داده شده به  $50$  سانتی‌متر میله برابر است با:

$$n = 50 \times 2/5 \times 10^{10}$$

انکون بار میله را تعیین می‌کنیم. توجه داشته باشیم که چون به میله الکترون داده می‌شود، پس بار میله منفی خواهد شد:

$$q = -ne \Rightarrow q = -50 \times 2/5 \times 10^{10} \times 1/6 \times 10^{-19} = -200 \times 10^{-9} = -0/2 \times 10^{-6} = -0/2 \mu C$$

در برخی از تست‌ها، مقادیر مختلفی برای بار الکتریکی یک جسم داده می‌شود و پرسیده می‌شود که کدام یک از بارهای داده شده می‌تواند بار الکتریکی جسم باشد. با توجه به کوانتیده بودن بار الکتریکی، در صورتی که حاصل تقسیم  $\frac{|q|}{e}$ ، عددی صحیح باشد، عدد مورد نظر می‌تواند بار الکتریکی یک جسم باشد:

$$n = \frac{|q|}{e} \begin{cases} \rightarrow n = \text{عدد صحیح} & \text{بار } q \text{ وجود دارد} \\ \rightarrow n = \text{عدد غیر صحیح} & \text{بار } q \text{ وجود ندارد} \end{cases}$$

**نکته**

**!** اندازه بار الکتریکی یک جسم که به وسیله مالش دارای بار الکتریکی شده است، چند کولن می‌تواند باشد؟ (بار الکتریکی هر الکترون  $1/6 \times 10^{-19} C$  می‌باشد.)

(کنکور)

- $2 \times 10^{-19}$  (۱)
- $4 \times 10^{-19}$  (۲)
- $8 \times 10^{-19}$  (۳)
- هر سه مقدار (۴)

**۳** بار الکتریکی یک جسم، کوانتیده است، یعنی مضرب صحیحی از یک بار پایه ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ ) است. با توجه به رابطه  $|q| = ne$ ،

در صورتی که حاصل  $\frac{|q|}{e}$  عدد صحیحی باشد،  $|q|$  می‌تواند اندازه بار الکتریکی جسم باشد، بنابراین:

$$n = \frac{2 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = \frac{5}{4} \Rightarrow \text{وجود ندارد.} \Rightarrow \text{صحیح نیست.}$$

$$n = \frac{4 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = \frac{5}{2} \Rightarrow \text{وجود ندارد.} \Rightarrow \text{صحیح نیست.}$$

$$n = \frac{8 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = 5 \Rightarrow \text{وجود دارد.} \Rightarrow \text{صحیح است.}$$



تیز باش



برای محاسبه سریع‌تر n می‌توانید اندازه بار q را برحسب کولن در یکی از دو رابطه زیر قرار دهید:

۱)  $n = |q| \times \frac{5}{8} \times 10^{19}$

۲)  $n = |q| \times 0.625 \times 10^{19}$

کدام یک از بارهای زیر برحسب کولن نمی‌تواند بار الکتریکی یک جسم باشد؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

(۱)  $2 \times 10^{-17} \text{ C}$       (۲)  $3/2 \times 10^{-18} \text{ C}$       (۳)  $2/3 \times 10^{-13} \text{ C}$       (۴)  $2/4 \times 10^{-19} \text{ C}$

۴) را حساب می‌کنیم. اگر این نسبت عدد صحیح به دست آید، این عدد (q) می‌تواند بار الکتریکی یک جسم باشد، بنابراین:

۱)  $\frac{|q_1|}{e} = \frac{2 \times 10^{-17}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{200}{16} = \frac{2000}{16} = 125$  ✓ یا  $2 \times 10^{-17} \times \frac{5}{8} \times 10^{19} = 125 \times 10^2 = 12500$  ✓

۲)  $\frac{|q_2|}{e} = \frac{3/2 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{3/2 \times 10}{16} = 20$  ✓ یا  $3/2 \times 10^{-18} \times \frac{5}{8} \times 10^{19} = 2 \times 10^1 = 20$  ✓

۳)  $\frac{|q_3|}{e} = \frac{2/3 \times 10^{-13}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{2/3 \times 10^6}{16} = \frac{23 \times 10^6}{16} = 23 \times 625 \times 10^2$  ✓

یا  $2/3 \times 10^{-13} \times 0.625 \times 10^{19} = 2/3 \times 0.625 \times 10^6 = 23 \times 625 \times 10^2$  ✓

۴)  $\frac{|q_4|}{e} = \frac{2/4 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{2/4}{16} = \frac{24}{16} = \frac{3}{2} = 1.5$  ✗ یا  $2/4 \times 10^{-19} \times \frac{5}{8} \times 10^{19} = 1/5$  ✗

### بار اتم‌ها و یون‌ها

• در یک اتم خنثی با عدد اتمی Z، تعداد پروتون‌های هسته و تعداد الکترون‌هایی که به دور هسته می‌چرخند، یکسان است. در واقع عدد اتمی (Z)، همان تعداد پروتون‌ها و تعداد الکترون‌ها است. به کمک رابطه  $q = \pm ne$ ، داریم:

بار اتم (خنثی)	بار الکترون‌های دور هسته	بار هسته
صفر	-Ze	+Ze

• یون  $X^{k+}$  با عدد اتمی Z، به تعداد k، الکترون، کمتر دارد. یعنی تعداد الکترون‌های در حال چرخش به دور هسته، به تعداد k کمتر از حالت اتم خنثی است. پس تعداد الکترون‌های دور هسته  $n = Z - k$  است.

بار یون $X^{k+}$	بار الکترون‌های دور هسته	بار هسته
+ke	-(Z - k)e	+Ze

• یون  $X^{k-}$  با عدد اتمی Z، به تعداد k، الکترون اضافه‌تر دارد. یعنی تعداد الکترون‌های در حال چرخش به دور هسته، به تعداد k، بیشتر از حالت اتم خنثی است. پس تعداد الکترون‌های دور هسته،  $n = Z + k$  است.

بار یون $X^{k-}$	بار الکترون‌های دور هسته	بار هسته
-ke	-(Z + k)e	+Ze

! به سادگی می‌توان متوجه شد که بار هسته در اتم خنثی و یون‌های آن، تفاوتی نمی‌کند. چرا که در ایجاد یون‌ها فقط تعداد الکترون‌های دور هسته تغییر می‌کنند و پروتون‌های درون هسته تغییری نمی‌کنند.

عدد اتمی اورانیم  $Z = 92$  است. بار الکتریکی اتم اورانیم و هسته آن به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

- (۱) صفر،  $1/6 \times 10^{-17}$  (۲) صفر،  $1/472 \times 10^{-17}$   
 (۳)  $1/472 \times 10^{-17}$ ،  $1/472 \times 10^{-17}$  (۴) صفر،  $1/472 \times 10^{-17}$

در یک اتم تعداد پروتون‌های درون هسته با تعداد الکترون‌های در حال چرخش به دور هسته برابر بوده در حالت عادی خنثی است:

$$q_{\text{اتم}} = 0$$

با توجه به عدد اتمی اورانیم، در هسته آن ۹۲ تا پروتون وجود دارد، بنابراین:

$$q_{\text{هسته}} = +ne \Rightarrow q = +92 \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = +1472/3 \times 10^{-19} \text{ C} = +1/472 \times 10^{-17} \text{ C}$$

بار الکتریکی یون  $X^{2+}$  و بار الکتریکی الکترون‌هایی که به دور هسته آن در حال حرکت هستند، چند کولن است؟ (عدد اتمی برابر ۵ و  $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  است.)

- (۱)  $-8 \times 10^{-19}$ ،  $-3/2 \times 10^{-19}$  (۲)  $-4/8 \times 10^{-19}$ ،  $-3/2 \times 10^{-19}$   
 (۳)  $-8 \times 10^{-19}$ ،  $+3/2 \times 10^{-19}$  (۴)  $-4/8 \times 10^{-19}$ ،  $+3/2 \times 10^{-19}$

یون  $X^{2+}$ ، دو الکترون از دست داده است. با توجه به  $Z = 5$ ، تعداد پروتون‌های درون هسته، ۵ تا و تعداد الکترون‌های به دور هسته  $5 - 2 = 3$  تا است. بنابراین بار یون  $X^{2+}$  برابر با  $+2e$  و بار الکترون‌های در حال چرخش به دور هسته،  $-3e$  است:

$$q_{\text{یون}} = +2e = +2 \times 1/6 \times 10^{-19} = +3/2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q_{\text{الکترون‌ها}} = -3e = -3 \times 1/6 \times 10^{-19} = -4/8 \times 10^{-19} \text{ C}$$

### اصل پایستگی بار الکتریکی

### مبحث ۳

همان‌طور که در قسمت‌های قبلی مطرح کردیم، بار الکتریکی از طریق انتقال الکترون میان دو جسم ایجاد می‌شود. اصل پایستگی بار الکتریکی بیان می‌کند که «مجموع جبری همه 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. در واقع، تاکنون هیچ آزمایشی این اصل را نقض نکرده است. **!** منظور از دستگاه منزوی که در بیان اصل پایستگی بار به آن اشاره شده است، دستگاهی است که از محیط اطراف خود باری نمی‌گیرد و به آن باری هم نمی‌دهد.

هرگاه بار الکتریکی روی چند جسم رسانا پیش از مبادله بار میان آن‌ها با یکدیگر،  $q_1$ ،  $q_2$ ،  $q_3$ ، ... و پس از مبادله بار میان

آن‌ها  $q'_1$ ،  $q'_2$ ،  $q'_3$ ، ... باشد، براساس اصل پایستگی بار الکتریکی، داریم:

$$q'_1 + q'_2 + q'_3 + \dots = q_1 + q_2 + q_3 + \dots$$

### نکته

سه جسم رسانای A، B و C دارای بارهای الکتریکی  $+1 \text{ nC}$ ،  $q_B$  و  $-16 \text{ nC}$  هستند. با مبادله بار فقط میان این سه جسم رسانا، بار آن‌ها

به ترتیب به  $+4 \text{ nC}$ ،  $-6 \text{ nC}$  و  $-2 \text{ nC}$  می‌شود. بار  $q_B$  چند نانوکولن است؟

- (۱) +۲ (۲) -۲ (۳) +۴ (۴) -۴

به کمک اصل پایستگی بار الکتریکی، مجموع جبری بارها روی سه جسم رسانا، پیش و پس از مبادله بار میان آن‌ها، یکسان است:

$$q'_A + q'_B + q'_C = q_A + q_B + q_C \Rightarrow +4 + (-6) + (-2) = +1 + q_B + (-16) \Rightarrow q_B = +2 \text{ nC}$$

هرگاه پس از مبادله بار میان چند جسم رسانا، تغییرات بار الکتریکی هر کدام از این رساناها،  $\Delta q_1$ ،  $\Delta q_2$ ، ... و  $\Delta q_n$  باشد،

آن‌گاه  $\Delta q_1 + \Delta q_2 + \dots + \Delta q_n = 0$  است.

### نکته



### نکته

هرگاه روی دو کره رسانای یکسان بارهای  $q_1$  و  $q_2$  وجود داشته باشد، پس از تماس دو کره به یکدیگر، بار روی کره‌ها یکسان و برابر با میانگین بارهای اولیه می‌شود:

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

روی دو کره رسانای مشابه A و B، به ترتیب بارهای الکتریکی  $-12\text{nC}$  و  $+8\text{nC}$  قرار دارند. اگر این دو کره را به یکدیگر تماس دهیم و از هم دور کنیم، به ترتیب، پس از تماس چه نوع نیروی الکتریکی به هم وارد می‌کنند و بار نهایی کره B چند نانوکولن است؟

(۱) جاذبه، -۲ (۲) دافعه، -۲ (۳) جاذبه، -۱۰ (۴) دافعه، -۱۰

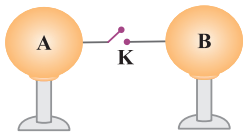
پس از تماس دو کره رسانای مشابه به یکدیگر، بارهای روی دو کره، هم‌اندازه و هم‌علامت می‌شوند.

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} \Rightarrow q'_A = q'_B = \frac{-12 + 8}{2} = -2\text{nC}$$

چون پس از تماس بار روی دو کره همنام می‌شود، دو کره یکدیگر را دفع می‌کنند.

در رابطه میانگین‌گیری، اعداد با علامت آن‌ها جای‌گذاری می‌شوند، یعنی اگر باری منفی بود، علامت منفی آن هم باید در رابطه قرار گیرد.

مطابق شکل دو جسم رسانا و مشابه A و B با بارهای  $q_A = 4\mu\text{C}$  و  $q_B = -12\mu\text{C}$  روی پایه‌های عایق قرار دارند. اگر کلید K را وصل کنیم، تعداد الکترون‌های مبادله‌شده توسط سیم رسانا و جهت شارش الکترون کدام است؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ )



(۱)  $2 \times 10^{13}$  از A به B

(۲)  $2 \times 10^{13}$  از B به A

(۳)  $5 \times 10^{13}$  از A به B

(۴)  $5 \times 10^{13}$  از B به A

دو جسم رسانا و مشابه‌اند و پس از تماس بار آن‌ها یکسان و برابر میانگین بارهای اولیه دو جسم می‌شود:

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} \Rightarrow q'_A = q'_B = \frac{4 + (-12)}{2} = -4\mu\text{C}$$

بار جسم A از  $4\mu\text{C}$  به  $-4\mu\text{C}$  می‌رسد، پس این جسم الکترون گرفته و جهت شارش الکترون از جسم B به جسم A است.

مقدار بار شارش شده به جسم A برابر است با:

$$|\Delta q_A| = |q'_A - q_A| = |-4 - 4| = -8\mu\text{C} = 8\mu\text{C}$$

تعداد الکترون شارش شده از رابطه  $|\Delta q_A| = ne$  به دست می‌آید:

$$|\Delta q_A| = ne \Rightarrow n = \frac{8 \times 10^{-6}\text{C}}{1.6 \times 10^{-19}\text{C}} = 5 \times 10^{13}$$

هرگاه روی N کره رسانای یکسان، بارهای الکتریکی متفاوت  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_N$  قرار داشته باشد، با تماس همزمان همه این کره‌ها به یکدیگر، بار نهایی روی کره‌ها یکسان و برابر با میانگین آن‌ها خواهد بود:

$$q'_1 = q'_2 = q'_3 = \dots = q'_N = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_N}{N}$$

### نکته

بار الکتریکی روی سه کره رسانای مشابه A، B و C به ترتیب  $-4\text{nC}$ ،  $+9\text{nC}$  و  $q_C$  است. اگر پس از تماس این سه کره به یکدیگر بار روی کره C برابر با  $-2\text{nC}$  باشد،  $q_C$  چند نانوکولن است؟

(۱) -۷

(۲) -۱

(۳) -۱۱

(۴) -۹

به کمک اصل پایستگی بار و با توجه به مشابه بودن کره‌های رسانا، داریم:

$$q'_A = q'_B = q'_C = \frac{q_A + q_B + q_C}{3} \Rightarrow -2 = \frac{-4 + 9 + q_C}{3} \Rightarrow q_C = -11\text{nC}$$

برای ایجاد بار الکتریکی در یک جسم، باید تعادل میان بارهای مثبت و منفی جسم را بر هم زد. همان‌طور که گفتیم الکترون تنها ذره‌ای از اتم است که از یک جسم به جسم دیگر جابه‌جا می‌شود، پس برای از بین بردن تعادل بین الکترون‌ها و پروتون‌ها، باید الکترون‌ها را جابه‌جا کنیم.

سه روش ایجاد بار الکتریکی در اجسام عبارت است از: ۱) القای الکتریکی ۲) مالش ۳) تماس

### ۱. القای الکتریکی

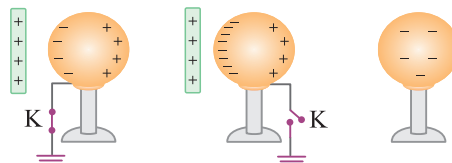
همان‌طور که دیدیم، بارهای همنام، یکدیگر را دفع و بارهای ناهمنام، یکدیگر را جذب می‌کنند. این خاصیت در ایجاد بار الکتریکی به روش القاء نقش اساسی دارد.

القای الکتریکی در یک جسم رسانا			
۱. میله باردار را به گوی رسانای خنثی با پایه عایق نزدیک می‌کنیم. الکترون‌های درون گوی از طرف میله باردار دفع می‌شوند. به همین دلیل یک سمت گوی مثبت و سمت دیگر آن منفی می‌شود.	۲. گوی را با سیم به زمین وصل می‌کنیم. در اثر این اتصال، الکترون‌ها به زمین منتقل می‌شوند.	۳. در حضور میله باردار، اتصال به زمین را قطع می‌کنیم. در این حالت، گوی کمبود الکترون دارد.	۴. با دور کردن میله باردار، گوی دارای بار مثبت می‌شود.

- ۱ در ایجاد بار به روش القاء در جسم رسانایی که آن را به زمین اتصال می‌دهیم، باری ناهمنام با بار القاگر (میله) در رسانا ایجاد می‌شود.
- ۲ در اتصال به زمین بارهایی که همنام با القاگر (میله) هستند، خنثی می‌شوند و بارهای ناهمنام با القاگر (میله) تا زمانی که القاگر (میله) در نزدیک گوی قرار دارد، در جای خود ثابت می‌مانند.
- ۳ تماس جسم رسانا با زمین (مرحله ۲) از هر نقطه از جسم رسانا می‌تواند اتفاق بیفتد و محل تماس تأثیری در وضعیت نهایی ندارد.

### نکته

در شکل‌های زیر با وصل کلید، الکترون‌ها از زمین به سطح کره منتقل می‌شوند و بار منفی کره افزایش می‌یابد، سپس با قطع اتصال و دور کردن میله، بار کره منفی می‌شود.



گوی را با سیم به زمین وصل می‌کنیم.  
در اثر این اتصال الکترون‌ها از زمین به سطح گوی منتقل می‌شوند.

### القا الکتریکی در دو جسم رسانا

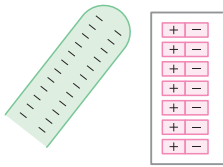
۱. با نزدیک کردن میله باردار به دو کره رسانای خنثی، به دلیل جاذبه بین بارهای ناهمنام و همچنین دافعه بین بارهای همنام، بارها همانند شکل بالا از هم جدا می‌شوند.	۲. با جدا کردن دو کره رسانا در حضور میله باردار، بارهای القا شده روی کره‌ها همانند شکل بالا در می‌آید.	۳. با دور کردن میله باردار، روی دو کره رسانا بار الکتریکی ایجاد می‌شود.

- ۱ در ایجاد بار به روش القاء در دو جسم رسانا، هر دو نوع بار ایجاد می‌شود.
- ۲ اندازه بارهای ایجاد شده در دو جسم رسانا، مستقل از یکسان (هم‌اندازه) بودن یا نبودن دو جسم رسانا، با یکدیگر برابر است.

### نکته



### اثر القا در اجسام نارسانا



در اثر القای الکتریکی در یک جسم نارسانا، در ذرات دیواره نزدیک به جسم باردار، قطبیدگی ایجاد می‌شود. در اثر قطبیدگی، بارهای مثبت و منفی در دیواره نزدیک به جسم باردار از هم جدا می‌شوند. این جدا شدن به گونه‌ای است که بارهای ناهمنام با بار جسم باردار، در فاصله نزدیک‌تر قرار می‌گیرند و بارهای همنام، کمی دورتر قرار می‌گیرند. این قطبیدگی باعث جذب شدن جسم نارسانا توسط جسم باردار می‌شود.

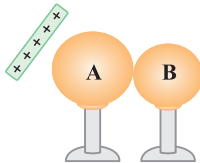
انحراف باریکه آب به سمت بادکنک باردار و جذب خرده‌های کاغذ توسط یک میله باردار، مثال‌هایی از جذب جسم نارسانا، توسط جسم باردار در اثر ایجاد قطبیدگی است.



در اثر القا، تمام نقاط جسم تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند و تنها ذرات دیواره نزدیک، قطبیده می‌شوند. در نارساناها به دلیل عدم وجود الکترون‌های آزاد، بارها از جسم خارج یا به آن وارد نمی‌شوند. بنابراین، یک جسم نارسانا از طریق القا، باردار نمی‌شود.

### نکته

مطابق شکل زیر، میله بارداری با بار الکتریکی مثبت را به دو کره رسانای خنثی با پایه‌های عایق که با یکدیگر در تماس هستند، نزدیک می‌کنیم.



ابتدا کره‌ها را از یکدیگر جدا و سپس میله را دور می‌کنیم. کدام گزینه درست است؟

$$|q_A| > |q_B|, q_B > 0 \quad (2)$$

$$|q_A| = |q_B|, q_B > 0 \quad (1)$$

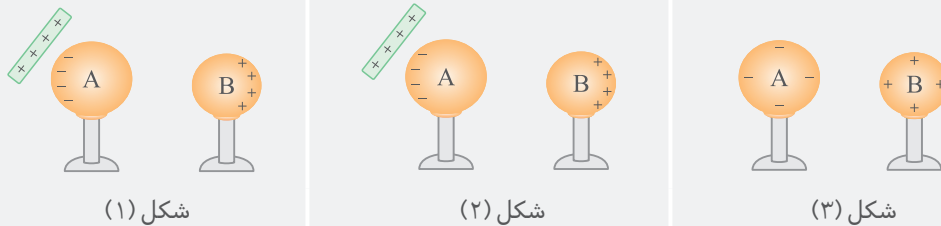
$$|q_A| < |q_B|, q_A > 0 \quad (4)$$

$$|q_A| = |q_B|, q_A > 0 \quad (3)$$

شکل (۱): در اثر القای الکتریکی، بارهای منفی (غیرهمنام با بار میله) به کره رسانای نزدیک‌تر (کره A) و بارهای مثبت (همنام با بار میله) به کره رسانای دورتر (کره B) القا می‌شوند.

شکل (۲): با جداسازی دو کره بارهای القاشده روی این کره‌ها می‌مانند.

شکل (۳): با دور کردن میله باردار، بار روی سطح خارجی کره‌ها توزیع می‌شود. توجه داشته باشید که بارهای ایجادشده در دو کره در اثر القا هم‌اندازه هستند و به اندازه کره‌ها بستگی ندارند.



### ۲. مالش

- ۱ هنگام مالش دو جسم به یکدیگر، معمولاً دو جسم تبادل الکترون می‌کنند و در نتیجه، هر دو جسم باردار می‌شوند.
- ۲ نوع باری که دو جسم مختلف در اثر مالش پیدا می‌کنند، به جنس آن‌ها بستگی دارد.
- ۳ این‌که در اثر مالش بار جسم مثبت می‌شود (الکترون از دست می‌دهد) و یا منفی می‌شود (الکترون می‌گیرد) از جدولی معروف به سری الکتریسیته مالشی (جدول تریبو الکتریک) مشخص می‌شود.
- ۴ در سری الکتریسیته مالشی، هر چه جسم به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر باشد، الکترون‌خواهی کمتری دارد. در نتیجه، در اثر مالش راحت‌تر الکترون از دست می‌دهد و بار آن مثبت می‌شود.

۵ در سری الکتریسیته مالشی، هر چه جسم به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد، الکترون‌خواهی بیشتری دارد، در نتیجه در اثر مالش، راحت‌تر الکترون می‌گیرد و بار آن منفی می‌شود.

سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)	انتهای مثبت سری	موی انسان شیشه نایلون پشم موی گربه سرب ابریشم آلمینیم پوست انسان کاغذ چوب پارچه کتان کهربا برنج، قهوه پلاستیک، پلی‌اتیلن لاستیک فلون	انتهای منفی سری
----------------------------------------	-----------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------

به‌طور مثال با توجه به جدول بالا، اگر یک تکه چوب را با موی سر مالش دهیم:

- موی سر نسبت به چوب به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است، پس موی سر دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود.

- تکه چوب نسبت به موی سر به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، پس تکه چوب دارای بار الکتریکی منفی می‌شود.

۱ اگرچه با روش مالش هم نارساها و هم رساناها را می‌توان باردار کرد، اما این روش اغلب برای باردار کردن اجسام نارسا استفاده می‌شود.

۲ با توجه به پایستگی بار، پس از مالش دو جسم خنثی با یکدیگر بار آن‌ها دقیقاً قرینه یکدیگر می‌شوند.

۳ در اثر مالش دو جسم خنثی با یکدیگر یک جسم دارای بار منفی و جسم دیگر دارای بار مثبت می‌شود. پس از مالش دو جسم یکدیگر را جذب می‌کنند.

### نکته

با توجه به جدول سری الکتریسیته مالشی زیر، با مالش دو جسم A و B به یکدیگر، به ترتیب علامت بار این دو جسم کدام است؟

انتهای مثبت سری
A
B
انتهای منفی سری

۱) منفی - منفی

۲) منفی - مثبت

۳) مثبت - مثبت

۴) مثبت - منفی

۴ با توجه به جدول سری الکتریسیته مالشی داده شده، جسم B الکترون‌خواهی بیشتری دارد، بنابراین با مالش دو جسم A و B به یکدیگر الکترون‌ها از جسم A به جسم B منتقل می‌شوند. این یعنی پس از مالش، بار الکتریکی جسم A، مثبت و بار الکتریکی جسم B، منفی می‌شود.

یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله پلاستیکی  $-12/8nC$  می‌شود. کدام گزینه، گزاره‌های درست را در مورد این اتفاق مشخص می‌کند؟  $(e = 1/6 \times 10^{-19} C)$

الف) در جدول الکتریسیته مالشی پارچه پشمی نسبت به میله پلاستیکی به انتهای مثبت نزدیک‌تر است.

ب) بار پارچه پشمی  $+12/8nC$  می‌شود.

پ)  $8 \times 10^{10}$  الکترون از میله پلاستیکی به پارچه پشمی منتقل شده است.

۱) فقط الف) و پ)      ۲) فقط ب) و پ)      ۳) فقط الف) و ب)      ۴) هر سه مورد

۳ بار الکتریکی میله پلاستیکی در اثر مالش منفی شده است، پس پارچه پشمی الکترون از دست داده و بار آن مثبت می‌شود و مورد الف) درست است.

با توجه به اصل پایستگی بار، بار پارچه پشمی  $+12/8nC$  است و مورد ب) درست است.

پارچه پشمی الکترون از دست داده و مورد پ) نادرست است. هم‌چنین با توجه به اصل کوانتیده بودن بار، تعداد الکترون‌های منتقل شده را می‌توان حساب کرد.

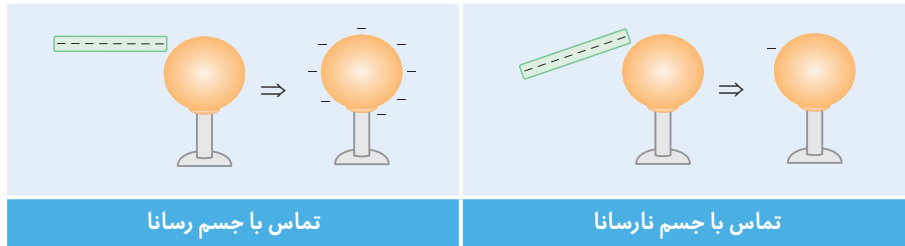
$$|q| = ne \Rightarrow n = \frac{|q|}{e} \Rightarrow n = \frac{12/8 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}} = 8 \times 10^{10}$$

### ۳. تماس

به کمک تماس می‌توان یک جسم رسانا را باردار کرد.

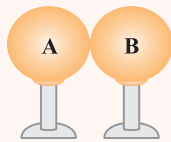
۱ با تماس جسم باردار به یک جسم رسانا، بار در تمام سطح خارجی جسم رسانا توزیع می‌شود. (نحوه توزیع بار در رسانا در بخش دیگر از این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد).

۲ با تماس یک جسم باردار به یک جسم نارسانا، بار الکتریکی تنها در محل تماس منتقل می‌شود. در واقع در جسم نارسانا به علت عدم وجود الکترون آزاد، بار تنها در محل تماس باقی می‌ماند و به بقیه نقاط جسم رسانا منتقل نمی‌شود.

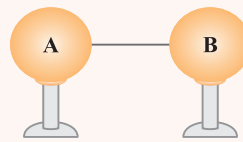


- ۱ معمولاً از تماس برای باردار کردن اجسام رسانا استفاده می‌شود.
- ۲ اگر یک جسم خنثی و یک جسم باردار را با هم تماس دهیم، پس از باردار شدن، بار دو جسم همنام شده و دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند.
- ۳ دو مدل تماس بین دو جسم رسانا وجود دارد.

### نکته



تماس مستقیم دو جسم رسانا



تماس دو جسم رسانا به کمک سیم (جسم) اتصال دهنده رسانا

در شکل زیر، ابتدا یک گوی رسانای باردار را به یک آونگ رسانای خنثی نزدیک کرده، و سپس این دو را به هم

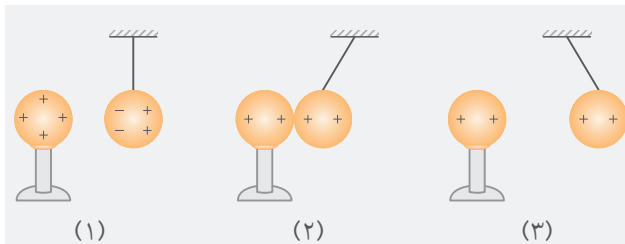
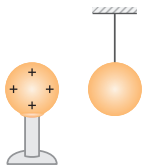
تماس می‌دهیم. نیروی الکتریکی بین دو گوی، چگونه است؟

(۱) ابتدا ربایشی و سپس رانشی

(۲) ابتدا رانشی و سپس ربایشی

(۳) در هر دو حالت رانشی

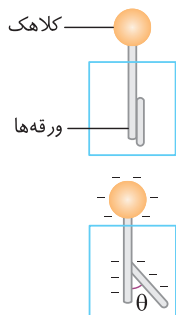
(۴) در هر دو حالت ربایشی



۱ با توجه به الفای به وجود آمده در آونگ، بین آن‌ها نیروی ربایشی ایجاد می‌شود. حال اگر آونگ و گوی با هم تماس پیدا کنند، هر دو دارای بار همنام می‌شوند و یکدیگر را می‌رانند.

### الکتروسکوپ (برق‌نما)

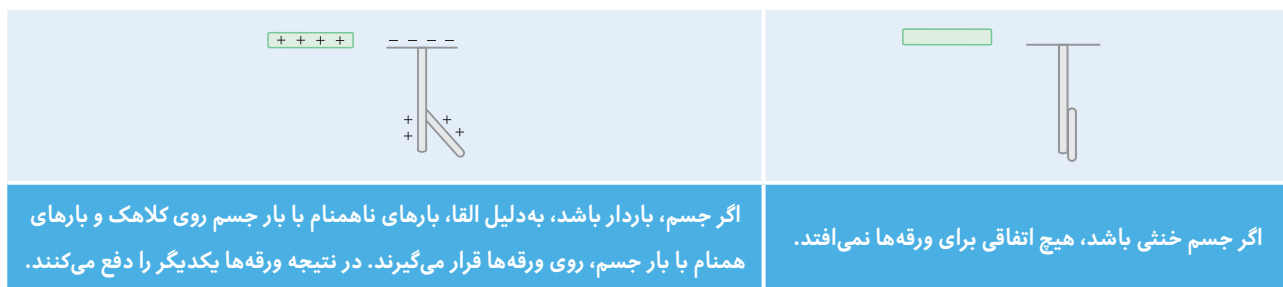
### مبحث



الکتروسکوپ (برق‌نما) ابزاری است که به کمک آن می‌توانیم، ۱ باردار یا خنثی بودن جسم ۲ نوع بار جسم و ۳ رسانا یا نارسانا بودن جسم را تعیین کنیم. در حقیقت، الکتروسکوپ خنثی را می‌توان مانند یک جسم رسانای خنثی در نظر گرفت، به گونه‌ای که کلاهک الکتروسکوپ مانند دیواره نزدیک و ورقه‌های الکتروسکوپ مانند دیواره دورتر جسم رسانای خنثی است. در الکتروسکوپ باردار مانند یک جسم رسانای باردار، بار الکتریکی در همه نقاط قرار دارد. وجود بار در ورقه‌ها باعث باز شدن آن‌ها و ساختن زاویه  $(\theta)$  با هم می‌شود. هر چه بار بیشتر باشد، این زاویه بیشتر خواهد بود. در ادامه به بررسی کاربردهای الکتروسکوپ می‌پردازیم:

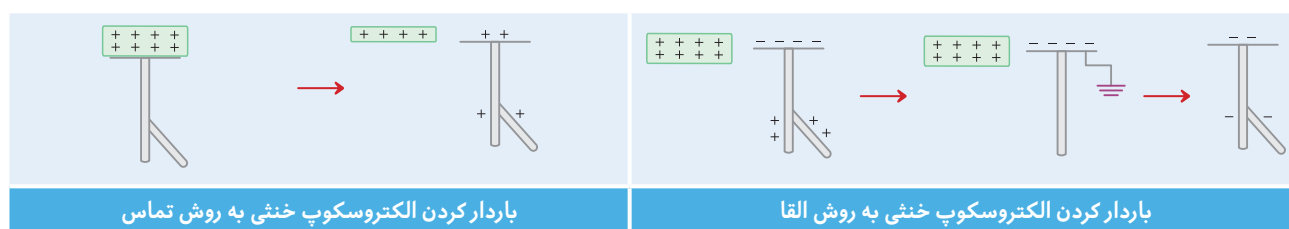
### تعیین باردار یا خنثی بودن جسم

هرگاه با نزدیک کردن آرام و تدریجی یک جسم به کلاهک الکتروسکوپ خنثی، ورقه‌های الکتروسکوپ از هم باز شوند (از یکدیگر فاصله بگیرند)، جسم دارای بار الکتریکی است؛ اما اگر فاصله ورقه‌های الکتروسکوپ تغییری نکند، جسم خنثی (بدون بار) است.



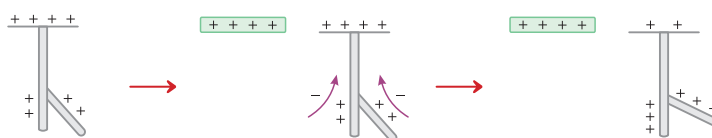
### تعیین نوع بار جسم

ابتدا الکتروسکوپ را به روش تماس با جسم باردار رسانا یا به روش القا و تماس با زمین، باردار می‌کنیم:

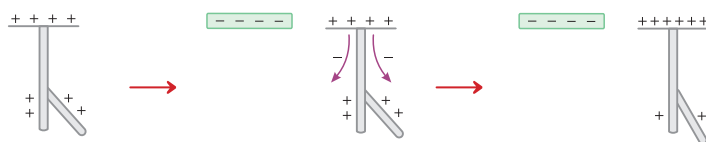


حال اگر جسم باردار را به کلاهک الکتروسکوپ با بار معلوم نزدیک کنیم، یکی از موارد زیر رخ می‌دهد.

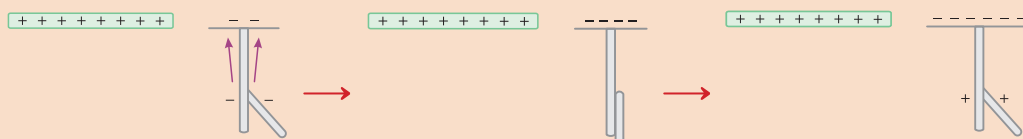
**الف) ورقه‌ها از هم دور می‌شوند:** در این حالت بار جسم همنام با بار الکتروسکوپ بوده که به دلیل دافعه الکتریکی، بار ورقه‌ها بیش تر شده و در نتیجه نیروی دافعه بین آن‌ها افزایش می‌یابد (شکل زیر).



**ب) ورقه‌ها به یکدیگر نزدیک می‌شوند:** در این حالت، بار جسم و الکتروسکوپ ناهمنام بوده و به دلیل جاذبه الکتریکی، بار ورقه‌ها کم شده و در نتیجه نیروی دافعه بین آن‌ها کاهش می‌یابد (شکل زیر).



در حالتی که بار جسم و الکتروسکوپ ناهمنام است، اگر بار جسم خیلی بیشتر از بار الکتروسکوپ باشد، ممکن است، ابتدا تمام بار ورقه‌ها به کلاهک منتقل شده و ورقه‌ها به هم بچسبند، سپس بار ورقه‌ها همنام با بار جسم شده و مجدداً ورقه‌ها یکدیگر را دفع کنند:



### نکته

### تعیین رسانا یا نارسانا بودن جسم

با تماس جسم رسانای خنثی به کلاهک الکتروسکوپ باردار، وضعیت ورقه‌ها تغییر می‌کند (زاویه میان ورقه‌ها، کاهش می‌یابد). این اتفاق با تماس جسم عایق خنثی به کلاهک الکتروسکوپ باردار رخ نمی‌دهد. با تماس جسم رسانای باردار به کلاهک الکتروسکوپ خنثی، ورقه‌های الکتروسکوپ از یکدیگر دور می‌شوند و پس از دور کردن جسم، وضعیت ورقه‌ها در همان حالت باقی می‌ماند.



# پرسش‌های چهارگزینه‌ای

سلام بچه‌ها! آماده‌اید که بریم سراغ تستا؟! کلی تست قشنگ براتون آماده کردیم که با بررسی اونها می‌تونین به همه جنبه‌های این بخش مسلط بشین. بزن بریم!

## بار الکتریکی

## مبحث

تو طراحی چهار تا تست اول، متن و شکل‌های کتاب درسی مورد توجه قرار گرفته. بچه‌ها! متن و شکل‌های کتاب و حتی متن زیر شکل‌های کتاب، می‌تونه مورد توجه طراح‌ها قرار بگیره.

۱ کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

- ۱ به مطالعه بارهای ساکن، الکتروسیستة ساکن (الکتروستاتیک) گفته می‌شود.
- ۲ واژه الکتروسیستة از واژه یونانی الکترون که به معنای کهرباست، گرفته شده است.
- ۳ کشیده شدن خرده‌های کاه به سوی قطعه‌ای کهربا که به پارچه پشمی مالش داده شده است، ناشی از یک نیروی مغناطیسی است.
- ۴ توصیف آذرخش، پیوند اتم‌ها و تشکیل مولکول و بالا رفتن یک مارمولک از دیوار مبتنی بر اصول الکتروسیستة ساکن است.

۲ کدام گزینه درباره انواع بار الکتریکی، درست است؟

- ۱ با مالش بادکنک به بدن یک گربه، فقط بادکنک دارای بار الکتریکی می‌شود که باعث برافراشته شدن موهای گربه می‌شود.
- ۲ در حالتی که دو جسم دارای بارهای همنام باشند، میان دو جسم نیروی جاذبه و در حالتی که دو جسم دارای بارهای ناهمنام باشند، میان دو جسم نیروی دافعه ایجاد می‌شود.
- ۳ دو نوع بار الکتریکی وجود دارد و دانشمندان فقط می‌توانستند آنها را بار مثبت و بار منفی نام‌گذاری کنند.
- ۴ مزیت استفاده از علامت‌های جبری (مثبت و منفی) برای نام‌گذاری دو نوع بار، صفر شدن جمع جبری بارهای یک جسم خنثی است.

(برگرفته از کتاب درسی)

۳ کدام یک از عبارات‌های زیر نادرست است؟

- ۱ یکای بار الکتریکی در SI، کولن است که با نماد C نشان داده می‌شود.
- ۲ در یک آذرخش نوعی، باری از مرتبه  $10^9$  C می‌تواند به زمین منتقل شود.
- ۳ در مالش شانه پلاستیکی با موهای سر، بارهای منتقل شده از مرتبه نانوکولن (nC) هستند.
- ۴ از آنجا که در یک آذرخش نوعی، بار بزرگی می‌تواند به زمین منتقل شود، یک کولن مقدار بار کوچکی است.

۴ مطابق شکل، دو میله شیشه‌ای باردار در کنار هم قرار می‌گیرند. کدام گزینه درست است؟

- ۱ میله آویخته شده ثابت می‌ماند چون دو میله به یکدیگر نیرویی وارد نمی‌کنند.
- ۲ میله آویخته شده الزاماً در جهت (۱) می‌چرخد، چون هر دو میله شیشه‌ای هستند.
- ۳ میله آویخته شده الزاماً در جهت (۲) می‌چرخد، چون هر دو میله شیشه‌ای هستند.
- ۴ میله آویخته شده ممکن است در جهت (۱) یا در جهت (۲) بچرخد.

۵ در شکل زیر، با نزدیک کردن یک میله به میله آویخته شده از سقف، میله آویخته شده در جهت نشان داده شده، می‌چرخد. کدام گزینه الزاماً درست می‌باشد؟

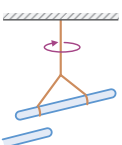
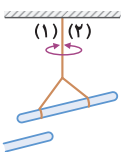
- ۱ میله‌ها دارای بارهای ناهمنام و با اندازه‌های دلخواه هستند.
- ۲ یکی از میله‌ها دارای بار مثبت و دیگری رسانا و خنثی است.
- ۳ یکی از میله‌ها دارای بار منفی و دیگری رسانا و خنثی است.
- ۴ میله‌ها دارای بارهای همنام با اندازه‌های دلخواه هستند.

۶ جسم‌های A، B و C را دوبه‌دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. وقتی A و B را به یکدیگر نزدیک شوند، همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند و اگر B

(تجربی خارج ۹۰)

C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند درست باشد؟

- ۱ A و C بارهای همنام و هم‌اندازه دارند.
- ۲ B و C بارهای ناهمنام دارند.
- ۳ B بدون بار و C باردار است.
- ۴ A بدون بار و B باردار است.



اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی

مبحث ۲

۷ اگر بار الکتریکی پروتون را با  $q_p$  و بار الکتریکی الکترون را با  $q_e$  نشان دهیم، کدام گزینه درست است؟

۱  $q_p - q_e = 0$       ۲  $q_p \times q_e = 0$       ۳  $\frac{q_p}{q_e} = 1$       ۴  $q_p + q_e = 0$

(برگرفته از کتاب درسی)

۸ کدام یک از عبارات‌های زیر درباره اصل کوانتیده بودن بار درست است؟

الف) مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است.

ب) یک بار خالص می‌تواند میان دو جسم جابه‌جا شود، اما تولید یا نابود نمی‌شود.

پ) اندازه بار الکتریکی یک جسم باردار می‌تواند هر مقداری بزرگ‌تر از مقدار بار بنیادی ( $e$ ) باشد.

ت) بار الکتریکی یک جسم کمیتی گسسته است و همواره مضرب درستی از بار بنیادی ( $e$ ) است.

۱ (الف) و (ب)      ۲ (پ) و (ت)      ۳ فقط (پ)      ۴ فقط (ت)

۹ وقتی روی فرش راه می‌روید و بدنتان بار الکتریکی پیدا می‌کند، هنگام دست دادن به دوستان، ممکن است باری به اندازه  $0.8 \mu\text{C}$  به بدن دوستان منتقل کنید. در آخرین انتقال بار، چند الکترون از دست شما به بدن دوستان منتقل شده است؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

(برگرفته از کتاب درسی)

۱  $2 \times 10^{10}$       ۲  $2 \times 10^9$       ۳  $5 \times 10^{10}$       ۴  $5 \times 10^9$

۱۰ بار الکتریکی یک جسم  $+8 \mu\text{C}$  است. کدام گزینه الزاماً درست است؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

۱ در این جسم  $5 \times 10^{13}$  الکترون وجود دارد.      ۲ در این جسم  $5 \times 10^{13}$  پروتون وجود دارد.

۳ از جسمی دیگر  $5 \times 10^{13}$  پروتون به این جسم منتقل شده است.      ۴ از این جسم  $5 \times 10^{13}$  الکترون به جسمی دیگر منتقل شده است.

(ریاضی ۹۵)

۱۱ چند الکترون باید از یک سکه خنثی خارج شود، تا بار الکتریکی آن  $+1 \mu\text{C}$  شود؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

۱  $1.6 \times 10^6$       ۲  $1.6 \times 10^{12}$       ۳  $6.25 \times 10^6$       ۴  $6.25 \times 10^{12}$

۱۲ تعداد پروتون‌های یک جسم،  $5 \times 10^{12}$  تا از تعداد الکترون‌های آن کمتر است و نزدیک کردن این جسم به یک گلوله باردار باعث جذب آن می‌شود. علامت بار گلوله و اندازه بار الکتریکی جسم چند میکروکولن است؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

۱ مثبت،  $0.8$       ۲ منفی،  $0.8$       ۳ مثبت،  $80$       ۴ منفی،  $80$

تو تستای بعدی، باید بدونین برای تغییر بار الکتریکی یه جسم، کی باید به اون، الکترون بدیم و کی باید از اون، الکترون بگیریم.

۱۳ بار الکتریکی یک جسم رسانا  $+4 \text{nC}$  است. این جسم با ..... تعداد ..... الکترون، خنثی (بدون بار) می‌شود. ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

۱ از دست دادن -  $2.5 \times 10^{10}$       ۲ گرفتن -  $2.5 \times 10^{10}$       ۳ گرفتن -  $4 \times 10^9$       ۴ از دست دادن -  $4 \times 10^9$

۱۴ بار الکتریکی یک جسم  $-9.16 \text{nC}$  است. اگر بخواهیم بار الکتریکی این جسم به  $-4 \text{nC}$  برسد، باید این جسم ..... الکترون ..... ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

۱  $2.5 \times 10^{10}$  بگیرد      ۲  $2.5 \times 10^{10}$  از دست بدهد      ۳  $3.5 \times 10^{10}$  بگیرد      ۴  $3.5 \times 10^{10}$  از دست بدهد

برای حل تست بعدی، باید شرط وجود بار الکتریکی یه جسم در طبیعت رو بلد باشین. اگر بلد نیستین، تو درسنامه براتون گفتیم.

مخصوصاً تیز باش را خوب چک کنین!

۱۵ چه تعداد از بارهای مطرح شده در جدول زیر، می‌توانند بار الکتریکی یک جسم باشند؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

$q_A$	$q_B$	$q_C$	$q_D$
$2 \times 10^{-17} \text{C}$	$7.7 \times 10^{-19} \text{C}$	$9 \text{pC}$	$2.467 \mu\text{C}$

۱ ۳      ۲ ۲      ۴ هیچ‌کدام نمی‌توانند وجود داشته باشند.

از بار الکتریکی اتم‌ها و یون‌ها تو کتاب درسی چند باری سؤال داده شده، این چند تا تست رو بررسی کنین تا به این مدل تست مسلط بشین!

۱۶ در اتم کربن ( $^{12}_6\text{C}$ ) خنثی، به ترتیب، بار الکتریکی اتم و بار الکتریکی الکترون‌هایی که به دور هسته اتم در حال حرکت اند، چند کولن است؟ ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

۱ صفر،  $-1.92 \times 10^{-18}$       ۲  $+1.92 \times 10^{-18}$ ،  $-1.92 \times 10^{-18}$

۳ صفر،  $-9.16 \times 10^{-19}$       ۴  $+1.92 \times 10^{-18}$ ،  $-9.16 \times 10^{-19}$



۱۷ بار الکتریکی هسته و بار الکتریکی یون  $C^{2+}$  به ترتیب، چند کولن است؟ (عدد اتمی C برابر ۶ و  $e = 1/6 \times 10^{-19} C$  است.)

۱  $9/6 \times 10^{-19}$  ،  $3/2 \times 10^{-19}$       ۲  $1/28 \times 10^{-18}$  ،  $3/2 \times 10^{-19}$

۳  $6/4 \times 10^{-19}$  ،  $1/28 \times 10^{-18}$       ۴  $9/6 \times 10^{-19}$  ،  $6/4 \times 10^{-19}$

۱۸ بار الکتریکی الکترون‌هایی که به دور هسته یون  $C^+$ ، در حال حرکت هستند، چند کولن است؟ (عدد اتمی کربن ۶ و  $e = 1/6 \times 10^{-19} C$  است.)

۱  $-1/6 \times 10^{-19}$       ۲  $+1/6 \times 10^{-19}$       ۳  $-8 \times 10^{-19}$       ۴  $-9/6 \times 10^{-19}$

(تجربی خارج تیر ۱۴۰۴)

۱۹ بار الکتریکی هسته اتم کربن یک بار یونیده ( $C^{12+}$ ) چند برابر بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده ( $C^{12+}$ ) است؟

۱ ۱      ۲ ۲      ۳ ۵      ۴ ۶

## اصل پایستگی بار الکتریکی

## مبحث

(برگرفته از کتاب درسی)

۲۰ کدام گزینه درباره اصل پایستگی بار الکتریکی نادرست است؟

- ۱ به بیان «مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است»، اصل پایستگی بار گفته می‌شود.
- ۲ با توجه به این اصل، بار الکتریکی می‌تواند از یک جسم به جسم دیگر، منتقل شود.
- ۳ با توجه به این اصل، امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود دارد.
- ۴ این اصل به دلیل آن که تاکنون هیچ آزمایشی آن را نقض نکرده است، مورد قبول واقع شده است.

۲۱ دو گوی رسانای A و B که دارای بارهای الکتریکی  $+16 \mu C$  و  $-6 \mu C$  هستند، یک دستگاه منزوی را تشکیل می‌دهند. با مبادله بار الکتریکی میان این دو گوی، بار گوی A در پایان به  $+8 \mu C$  می‌رسد. بار گوی B در پایان چند میکروکولن می‌شود؟

۱ -۳      ۲ +۳      ۳ +۲      ۴ +۱۸

۲۲ سه کره فلزی کوچک و مشابه a، b، و c روی پایه‌های عایق قرار دارند. کره a دارای بار الکتریکی -q و کره‌های b و c، بدون بار هستند. کره a را ابتدا

به کره b تماس داده و سپس آن را به کره c تماس می‌دهیم. به ترتیب، بار کره c و نسبت بار کره b به بار نهایی کره a، کدام است؟

۱  $\frac{1}{2}$  ،  $-\frac{q}{8}$       ۲  $\frac{1}{2}$  ،  $-\frac{q}{8}$       ۳  $\frac{1}{2}$  ،  $-\frac{q}{4}$       ۴  $\frac{1}{2}$  ،  $-\frac{q}{4}$

۲۳ روی سه کره رسانای مشابه A، B، و C، به ترتیب، بارهای الکتریکی q،  $+18 \mu C$  و  $+12 \mu C$  قرار دارند. اگر این سه کره را همزمان به یکدیگر تماس

دهیم، بار نهایی کره B برابر  $+8 \mu C$  می‌شود. بار کره A در اثر اتصال چند میکروکولن تغییر می‌کند؟

۱ ۹      ۲ ۷      ۳ ۲      ۴ ۱۴

۲۴ روی سه کره رسانای مشابه A، B، و C به ترتیب بارهای الکتریکی،  $+6 \mu C$ ،  $-2 \mu C$  و q قرار دارد. اگر این سه کره را همزمان به یکدیگر تماس دهیم،

بار نهایی کره B، برابر  $-2q$  می‌شود. بار q چند میکروکولن است؟

۱  $-2/8$       ۲  $+2/8$       ۳ -۲      ۴ +۲

سؤال بعدی یکی از رایج‌ترین سؤالا هستندش. برای این که خیالتون راحت بشه، می‌تونین تغییر بار الکتریکی رو برای دو جسم حساب کنین!

۲۵ دو کره فلزی مشابه A و B روی پایه‌های عایقی قرار دارند و به ترتیب دارای بارهای  $+20 pC$  و  $+40 pC$  هستند. اگر این دو کره را به یکدیگر تماس

دهیم ..... الکترون از ..... منتقل می‌شود. ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

۱  $5 \times 10^7$  ، کره B به کره A      ۲  $5 \times 10^7$  ، کره A به کره B

۳  $2/5 \times 10^7$  ، کره B به کره A      ۴  $2/5 \times 10^7$  ، کره A به کره B

۲۶ مطابق شکل سه کره رسانای مشابه و کوچک دارای بارهای الکتریکی  $q_A = +12 nC$ ،  $q_B = -16 nC$  و

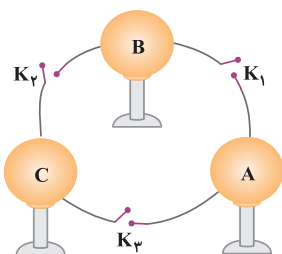
$q_C = +10 nC$  هستند. اگر در حالت (الف)، هر سه کلید همزمان بسته شود و در حالت (ب) برای این

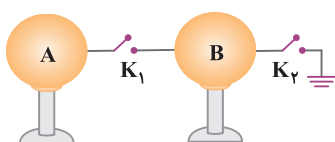
سه کره با بارهای  $q_A$ ،  $q_B$  و  $q_C$  روی آن‌ها، به ترتیب و به‌طور جداگانه کلیدهای  $K_1$ ،  $K_2$  و  $K_3$  بسته و

باز شوند، نسبت بار روی کره C در حالت (الف) به بار روی این کره در حالت (ب) کدام است؟

۱ -۱      ۲ +۱

۳ -۲      ۴ +۲





۲۷ مطابق شکل، دو کره رسانای مشابه و بدون بار A و B می‌توانند از طریق کلیدهای  $K_1$  و  $K_2$  به یکدیگر و به زمین وصل شوند. به کره رسانای A، بار الکتریکی q می‌دهیم. ابتدا کلید  $K_1$  را بسته و باز می‌کنیم و سپس کلید  $K_2$  را می‌بندیم و باز می‌کنیم. پس از ۵ بار باز و بسته کردن کلید  $K_1$  و ۴ بار باز و بسته کردن کلید  $K_2$ ، به ترتیب، نسبت بار روی کره A به بار اولیه q و نسبت بار روی کره B به بار روی کره A، کدام است؟

- ۱  $\frac{1}{2}, \frac{1}{64}$       ۲  $\frac{1}{2}, \frac{1}{64}$       ۳  $\frac{1}{2}, \frac{1}{32}$       ۴  $\frac{1}{32}, \frac{1}{2}$

## مبحث ۱۴ روش‌های ایجاد بار الکتریکی

### ایجاد بار الکتریکی به کمک روش مالش

یکی از روش‌های ایجاد بار الکتریکی، مالش دو جسم به یکدیگره. بچه‌ها! داشتن اطلاعات از کارکرد «سری الکتریسیته مالشی»، توی تستای این قسمت، واجبه.

- ۲۸ در اثر مالش دو جسم به یکدیگر.....
- تعدادی پروتون از جسم با الکترون خواهی کمتر، منتقل می‌شوند. ۲ تعدادی پروتون به جسم با الکترون خواهی کمتر، منتقل می‌شوند.
  - تعدادی الکترون از جسم با الکترون خواهی کمتر، منتقل می‌شوند. ۴ تعدادی الکترون به جسم با الکترون خواهی کمتر، منتقل می‌شوند.
- ۲۹ کدام عبارت درباره سری الکتریسیته مالشی (تریبو الکتریک) درست است؟
- در این سری، با حرکت از انتهای منفی سری به سمت انتهای مثبت سری، خاصیت الکترون خواهی مواد، افزایش می‌یابد.
  - به کمک این سری می‌توان تعیین کرد که در اثر مالش دو ماده به هم، در کدام ماده تعداد پروتون‌ها و در کدام ماده تعداد الکترون‌ها تغییر می‌کند.
  - در اثر مالش دو ماده، بار ماده‌ای که الکترون خواهی بیشتری دارد، مثبت و بار ماده‌ای که الکترون خواهی کمتری دارد، منفی خواهد شد.
  - پس از مالش دو ماده، در ماده‌ای که به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، تعداد الکترون‌ها بیشتر از تعداد پروتون‌ها خواهد بود.

انتهای مثبت سری
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
پارچه کتان
انتهای منفی سری

۳۰ با توجه به شکل مقابل که بخشی از یک سری الکتریسیته مالشی است، چه تعداد از عبارات‌های زیر الزاماً درست است؟

(الف) با مالش آلومینیم و کاغذ به یکدیگر و بردار شدن آن‌ها، از الکترون‌های کاغذ کاسته می‌شود.  
 (ب) با مالش پارچه کتان به پوست انسان و بردار شدن آن‌ها، بار الکتریکی پارچه کتان مثبت می‌شود.  
 (پ) با مالش آلومینیم و کاغذ به یکدیگر و بردار شدن آن‌ها، مجموع بار الکتریکی آن‌ها مثبت می‌شود.  
 (ت) میان این چهار ماده، پارچه کتان دارای بیشترین الکترون خواهی و آلومینیم دارای کمترین الکترون خواهی است.

- ۱ صفر      ۲ ۱      ۳ ۲      ۴ ۳

انتهای مثبت سری
پشم
پلاستیک
انتهای منفی سری

۳۱ یک میله پلاستیکی را با پارچه‌ای پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، اندازه بار الکتریکی میله پلاستیکی  $1/8 \mu\text{nC}$  می‌شود. به ترتیب، بار الکتریکی ایجاد شده در میله پلاستیکی چند نانوکولن و تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده میان پارچه پشمی و میله پلاستیکی، کدام است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

- ۱  $7 \times 10^9, -1/8$       ۲  $7 \times 10^9, +1/8$       ۳  $7 \times 10^{11}, -1/8$       ۴  $7 \times 10^{11}, +1/8$

بهره توی سری الکتریسیته مالشی، جایگاه میله شیشه‌ای نسبت به پارچه ابریشمی و همین‌طور جایگاه میله پلاستیکی نسبت به پارچه پشمی رو بلد باشین.

۳۲ یک میله پلاستیکی را با پارچه‌ای پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله پلاستیکی  $-12/8 \text{nC}$  می‌شود. اگر  $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{C}$  باشد، کدام یک از عبارات‌های زیر الزاماً نادرست است؟

- (الف) در پارچه پشمی  $8 \times 10^{10}$  پروتون و در میله پلاستیکی،  $8 \times 10^{10}$  الکترون وجود دارد.  
 (ب) در جدول الکتریسیته مالشی میله پلاستیکی نسبت به پارچه پشمی به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است.  
 (پ) الکترون خواهی پارچه پشمی کمتر از الکترون خواهی میله پلاستیکی است.  
 (ت) در اثر مالش، پروتون‌ها به پارچه پشمی و الکترون‌ها به میله پلاستیکی منتقل شده‌اند.
- ۱ (الف) و (ت)      ۲ (ب) و (پ)      ۳ (الف) و (پ)      ۴ (ب) و (ت)

۳۳ با مالش دو ماده خنثای A و B به یکدیگر، ماده A دارای بار الکتریکی  $+8 \text{nC}$  شده است. ماده B نسبت به ماده A به انتهای ..... سری الکتریسیته مالشی نزدیک‌تر است و در اثر مالش، ..... الکترون میان A و B جابه‌جا شده است. ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{C}$ )

- ۱ منفی -  $5 \times 10^9$       ۲ منفی -  $2 \times 10^{10}$       ۳ مثبت -  $5 \times 10^9$       ۴ مثبت -  $2 \times 10^{10}$



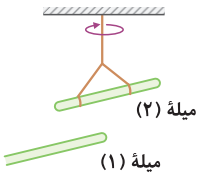
با به سؤال ترکیبی قشنگ، تستای این قسمت رو به پایان می‌رسونیم.



۳۴

با توجه به موقعیت مواد A تا D در سری الکتریسیته مالشی و نحوه تأثیر دو میله (۱) و (۲) روی یکدیگر، کدام گزینه نادرست است؟

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری



- ۱ میله‌های (۱) و (۲) می‌توانند به ترتیب از جنس B و C باشند که به میله از جنس A مالش داده شده‌اند.
- ۲ میله‌های (۱) و (۲) می‌توانند به ترتیب از جنس B و C باشند که به میله از جنس D مالش داده شده‌اند.
- ۳ میله‌های (۱) و (۲) می‌توانند به ترتیب از جنس A و B باشند که به میله از جنس C مالش داده شده‌اند.
- ۴ میله‌های (۱) و (۲) می‌توانند به ترتیب از جنس A و C باشند که به میله از جنس B مالش داده شده‌اند.

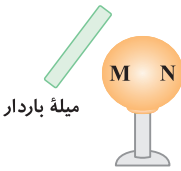
### ایجاد بار الکتریکی به کمک روش تماس و القای الکتریکی



با دو تا سؤال ساده ولی قشنگ از روش تماس، این قسمت رو شروع می‌کنیم.

۳۵

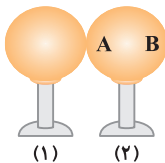
در شکل مقابل یک میله باردار را به نقطه M از یک کره رسانای خنثی با پایه عایق تماس می‌دهیم. اگر بار نقطه M، منفی باشد، به ترتیب بار الکتریکی میله و نقطه N از کره، کدام است؟



- ۱ منفی - منفی
- ۲ منفی - مثبت
- ۳ منفی - خنثی
- ۴ مثبت - خنثی

۳۶

مطابق شکل، کره‌های (۱) و (۲) به ترتیب فلزی و پلاستیکی و در تماس با یکدیگر هستند. با دادن بار الکتریکی مثبت به کره (۱)، به ترتیب، بار نقاط A و B روی کره (۲) کدام است؟



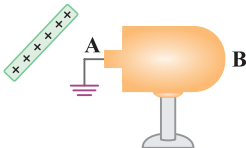
- ۱ مثبت - مثبت
- ۲ منفی - منفی
- ۳ مثبت - خنثی
- ۴ منفی - خنثی



تو تستای بعدی، روش القای الکتریکی در ایجاد بار، مورد بررسی قرار گرفته، با دقت همه رو بررسی کنین.

۳۷

در شکل مقابل، ابتدا اتصال نقطه A به زمین را قطع و سپس میله باردار را دور می‌کنیم. بار الکتریکی نقطه‌های A و B به ترتیب، کدام است؟



- ۱ مثبت - مثبت
- ۲ منفی - منفی
- ۳ خنثی - خنثی
- ۴ خنثی - مثبت

۳۸

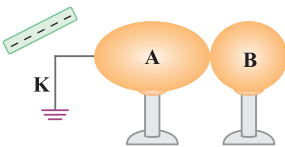
در شکل مقابل، گلوله فلزی باردار از نخ آویزان است. کره فلزی خنثایی را که دارای دسته نارسانا است، به گلوله نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که گلوله ..... می‌شود. وقتی تماس حاصل شد، کره را جدا کرده و دوباره به آرامی آن را به گلوله نزدیک می‌کنیم و ملاحظه می‌شود که گلوله ..... می‌شود. (کنکور)



- ۱ جذب - جذب
- ۲ دفع - جذب
- ۳ دفع - دفع
- ۴ جذب - جذب

۳۹

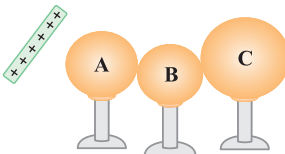
در شکل مقابل ابتدا دو جسم رسانا را از یکدیگر جدا می‌کنیم و سپس اتصال جسم رسانای سمت چپ را با زمین قطع و در پایان میله باردار را دور می‌کنیم. علامت بار جسم‌های A و B، به ترتیب کدام است؟



- ۱ خنثی - خنثی
- ۲ مثبت - خنثی
- ۳ خنثی - منفی
- ۴ مثبت - منفی

۴۰

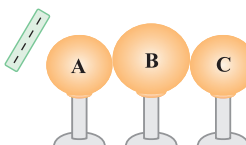
مطابق شکل، میله باردار با بار مثبت را به سه جسم رسانا که با یکدیگر در تماس هستند، نزدیک می‌کنیم. اگر ابتدا کره B و سپس میله را دور کنیم، کدام گزینه درست است؟



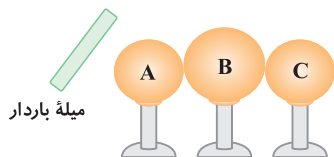
- ۱  $|q_A| < |q_C|, q_B = 0$
- ۲  $|q_A| = |q_C|, q_B > 0$
- ۳  $|q_A| = |q_C|, q_C > 0$
- ۴  $|q_A| < |q_C|, q_A < 0$

۴۱

در شکل مقابل، کره‌های رسانای A و C و کره نارسانا B در ابتدا بدون بار هستند. اگر ابتدا کره B را از بین دو کره A و C خارج و دور کنیم و سپس میله باردار را دور کنیم، بار الکتریکی کره‌های A و C به ترتیب کدام هستند؟



- ۱ خنثی - خنثی
- ۲ مثبت - مثبت
- ۳ مثبت - منفی
- ۴ خنثی - منفی



در شکل مقابل، ابتدا کرهٔ رسانای B را از دو کرهٔ رسانای A و C، جدا می‌کنیم و سپس میلهٔ باردار را دور می‌کنیم. اگر بار کرهٔ A منفی باشد، به ترتیب بار کرهٔ B و بار میله کدام است؟

- ۱ خنثی - مثبت  
 ۲ خنثی - منفی  
 ۳ مثبت - مثبت  
 ۴ مثبت - مثبت

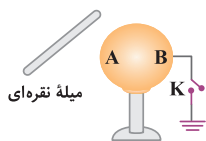
القا در رساناها و نارساناها، تفاوت‌هایی دارن. یک سؤال ساده اما خوب از تمرین‌های کتاب درسی ببینیم.

با نزدیک کردن بادکنک باردار به باریکهٔ آب، چه اتفاقی برای باریکهٔ آب مجاور بادکنک رخ می‌دهد و علت آن چیست؟

- ۱ باریکهٔ آب از بادکنک دور می‌شود. - باردار شدن باریکهٔ آب مجاور بادکنک  
 ۲ باریکهٔ آب از بادکنک دور می‌شود. - جدا شدن (قطبیدگی) بارهای مثبت و منفی باریکهٔ آب مجاور بادکنک  
 ۳ باریکهٔ آب به سمت بادکنک کشیده می‌شود. - باردار شدن باریکهٔ آب مجاور بادکنک  
 ۴ باریکهٔ آب به سمت بادکنک کشیده می‌شود. - جدا شدن (قطبیدگی) بارهای مثبت و منفی باریکهٔ آب مجاور بادکنک

با بررسی سؤالی که هر سه تا روش ایجاد بار الکتریکی در اون مورد استفاده قرار گرفته، این بخش رو به پایان می‌بریم. ترکیبی به این می‌گن!

انتهای مثبت سری
سرب ابریشم نقره
انتهای منفی سری



میله‌ای سربی را ابتدا با تکه‌ای پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم و سپس آن را به یک میله نقره‌ای تماس می‌دهیم. اکنون میله نقره‌ای را به کره‌ای رسانا، نزدیک می‌کنیم. پس از بستن و باز کردن کلید K و دور کردن میله نقره‌ای، بار الکتریکی نقاط A و B به ترتیب کدام‌اند؟

- ۱ منفی - خنثی  
 ۲ مثبت - خنثی  
 ۳ منفی - منفی  
 ۴ مثبت - مثبت

## الکتروسکوپ (برق‌نما)

## مبحث

تو کتاب درسی یازدهم، به موضوع الکتروسکوپ به طور عمقی پرداخته نشده. اما برای محکم‌کاری، چند تا تست براتون گذاشتیم تا با بررسی اون‌ها، با مفاهیم این موضوع آشنا بشین.

کدام یک از موارد زیر را به کمک الکتروسکوپ می‌توان تعیین کرد؟

- الف) نوع بار الکتریکی جسم  
 ب) رسانا یا نارسانا بودن جسم  
 پ) اندازهٔ بار الکتریکی جسم  
 ت) بارداری یا خنثی بودن جسم
- ۱ فقط (الف) و (پ)  
 ۲ فقط (ب) و (ت)  
 ۳ (الف)، (ب) و (ت)  
 ۴ (الف)، (پ) و (ت)

سمت راست یک میلهٔ پلاستیکی بدون بار بلند را به پارچه‌ای پشمی مالش می‌دهیم. اکنون به طور جداگانه، در حالت اول، سمت راست میلهٔ پلاستیکی و در حالت دوم سمت چپ میله را به کلاهک الکتروسکوپی که دارای بار الکتریکی منفی است، نزدیک می‌کنیم. با نزدیک کردن میله، زاویهٔ بین ورقه‌های الکتروسکوپ در حالت اول و دوم، به ترتیب، چگونه تغییر می‌کند؟ (پلاستیک نسبت به پارچه پشمی، به انتهای منفی سری الکتروسیسته مالشی نزدیک تر است.)

- ۱ افزایش می‌یابد، افزایش می‌یابد.  
 ۲ افزایش می‌یابد، تغییر نمی‌کند.  
 ۳ کاهش می‌یابد، افزایش می‌یابد.  
 ۴ کاهش می‌یابد، تغییر نمی‌کند.

جسمی با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ خنثایی نزدیک کرده و بدون تماس با آن در کنارش نگه می‌داریم، ملاحظه می‌شود ورقه‌های الکتروسکوپ باز شده است. در این حالت بار کلاهک و بار ورقه‌ها به ترتیب عبارتند از:

- ۱ مثبت - مثبت  
 ۲ مثبت - منفی  
 ۳ منفی - مثبت  
 ۴ منفی - منفی

میله‌ای با بار الکتریکی مثبت را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. ورقه‌های الکتروسکوپ نخست بسته و سپس از هم باز می‌شوند. بار الکتریکی قبلی الکتروسکوپ از چه نوع بوده است؟

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

برق‌نمایی (الکتروسکوپی) دارای بار الکتریکی مثبت است و ورقه‌های آن از هم باز شده‌اند. میله‌ای را با یک دستمال عایق گرفته و به کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم. ملاحظه می‌شود که زاویهٔ بین ورقه‌ها نسبت به حالت اول کاهش پیدا کرده است. بار میله قبل از تماس چه بوده است؟

- ۱ مثبت  
 ۲ منفی  
 ۳ خنثی  
 ۴ بسته به شرایط، هر کدام ممکن است درست باشد.



# تست‌های آی کیو پلاس

رسیدیم به IQ<sup>+</sup> بخش اول. سؤالی این بخش برای اوناییه که می‌خوان به درصدهای بالا برسن. البته این به این معنا نیست که فقط سؤالی دشوار تو این بخش قرار دارن. سؤالی این بخش ممکنه ساده اما مفهومی باشن.



## بار الکتریکی، کوانتیده بودن و پایستگی بار

در تست اول این بخش خواستیم بگیریم که خوندن متن کتاب باید عمیق باشه.

۵۰ توصیف چه تعداد از موارد زیر مبتنی بر الکتروسیته ساکن است؟

- |                                |                                                   |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| (الف) درخشش لامپ کوچک          | (ب) انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب          |
| (پ) چسبیدن نوار سلوفان بر ظروف | (ت) شوک الکتریکی در هنگام درآوردن لباس‌های بافتنی |
| ۴ ۱                            | ۳ ۲                                               |
| ۲ ۳                            | ۱ ۴                                               |

۵۱ سه جسم نارسانای A، B و C و یک جسم رسانای بدون بار D را در نظر بگیرید. A و B یکدیگر را به‌طور الکتریکی، جذب می‌کنند (می‌ربایند) و B و C یکدیگر را به‌طور الکتریکی، دفع می‌کنند (می‌رانند). به‌ترتیب، نوع نیروی الکتریکی میان C و D و نوع نیروی الکتریکی میان A و D همواره کدام است؟

- |                                  |                                                                 |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ۱ دافعه (رانشی)، جاذبه (ربایشی)  | ۲ جاذبه (ربایشی)، ممکن است به یکدیگر نیروی الکتریکی وارد نکنند. |
| ۳ جاذبه (ربایشی)، جاذبه (ربایشی) | ۴ دافعه (رانشی)، ممکن است به یکدیگر نیروی الکتریکی وارد نکنند.  |

تو تست بعدی، مدل جدیدی از سؤالی بار الکتریکی را طرح کردیم که ترکیب مفاهیم در آن اتفاق افتاده.

۵۲ یک جسم خنثی به جرم m، دارای بار الکتریکی q و جرم m' می‌شود. اگر حاصل  $m' - m = +7/2 \times 10^{-16} \text{ kg}$  باشد، بار الکتریکی q کدام است؟

( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  و جرم الکترون برابر  $m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$  است.)

- |                      |                      |                     |                     |
|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| ۱ $+128 \mu\text{C}$ | ۲ $-128 \mu\text{C}$ | ۳ $-7/2 \text{ mC}$ | ۴ $+7/2 \text{ mC}$ |
|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|

تو چند تا تست بعدی، هم درک سؤال و هم محاسبات آن نیازمند تسلط و فسفرسوزیه. اگر دانش‌آموز قوی هستین این تستا دستتون رو می‌بوسه.

۵۳ تعداد الکترون‌های ۱/۵ مول از اتم A با عدد اتمی ۶ چند برابر تعداد الکترون‌های ۲ مول از اتم B با عدد اتمی ۴ است؟

- |                 |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ۱ $\frac{9}{8}$ | ۲ $\frac{3}{4}$ | ۳ $\frac{3}{2}$ | ۴ $\frac{4}{3}$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|

۵۴ تعداد الکترون‌هایی که در ۱/۵ مول از یون  $A^+$  با عدد اتمی ۶ به دور هسته در حال چرخش هستند، چند برابر تعداد الکترون‌هایی است که در ۲ مول از اتم B با عدد اتمی ۴ در حال چرخش به دور هسته هستند؟

- |                 |                   |                 |                 |
|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| ۱ $\frac{3}{4}$ | ۲ $\frac{15}{16}$ | ۳ $\frac{5}{4}$ | ۴ $\frac{4}{3}$ |
|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|

۵۵ بار الکتریکی ماده‌ای  $+4/8 \text{ mC}$  است. اگر این ماده یک مول و عدد آووگادرو  $6 \times 10^{23}$  باشد، چه کسری از مولکول‌های این ماده الکترون از دست داده‌اند؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

- |                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ۱ $5 \times 10^{-7}$ | ۲ $5 \times 10^{-8}$ | ۳ $2 \times 10^{-7}$ | ۴ $2 \times 10^{-8}$ |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|

۵۶ بار الکتریکی یک جسم باردار  $q$  است. با انتقال  $2/4 \times 10^{13}$  الکترون به این بار، اندازه بار، ۸۰ درصد کاهش می‌یابد و علامت آن نیز تغییر می‌کند.

بار  $q$  چند میکروکولن است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

- ۱)  $+3/2$       ۲)  $+19/2$       ۳)  $-3/2$       ۴)  $-19/2$

۵۷ سه گوی رسانای باردار  $A$ ،  $B$  و  $C$  یک دستگاه منزوی را تشکیل می‌دهند. با مبادله بار الکتریکی میان این سه گوی، بار گوی  $A$  و  $B$  به ترتیب  $4 \mu C$  افزایش و  $7 \mu C$ ، کاهش می‌یابد. اگر بار گوی  $C$  در پایان،  $-5 \mu C$  باشد، بار این گوی در ابتدا چند میکروکولن بوده است؟

- ۱)  $+8$       ۲)  $-8$       ۳)  $+2$       ۴)  $-2$

۵۸ دو کره فلزی مشابه  $A$  و  $B$  دارای بارهای الکتریکی  $q_A$  و  $q_B = -4 \mu C$  هستند. با تماس این دو کره به یکدیگر،  $5 \times 10^{13}$  الکترون از کره  $A$  به کره  $B$  منتقل می‌شود. بار روی کره  $A$  پیش از تماس چند میکروکولن بوده است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

- ۱)  $-28$       ۲)  $+10$       ۳)  $-20$       ۴)  $+12$

۵۹ دو کره رسانای مشابه  $A$  و  $B$  به ترتیب دارای بارهای  $q$  و صفر (خنثی) هستند. در هر مرحله ابتدا دو کره را به هم تماس می‌دهیم و پس از جدا کردن آن‌ها، کره  $B$  را به زمین متصل و پس از آن ارتباط را قطع می‌کنیم. در چهارمین مرحله از تکرار این عمل، بار روی کره  $A$  به اندازه  $4 nC$  تغییر می‌کند. تا این مرحله، چند نانوکولن از بار کره  $A$  به زمین منتقل شده است؟

- ۱)  $60$       ۲)  $64$       ۳)  $28$       ۴)  $32$

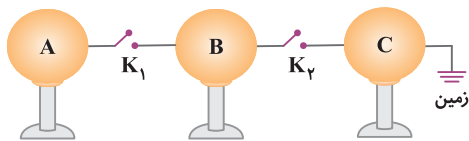
۶۰ سه کره رسانای مشابه و بدون بار  $A$ ،  $B$  و  $C$  مطابق شکل قرار دارند. به کره  $A$  بار الکتریکی  $q$  داده می‌شود. ابتدا کلید  $K_1$  بسته و پس از مدتی، کلید  $K_1$  باز و کلید  $K_2$  بسته و سپس باز می‌شود. پس از چند بار تکرار این عمل، بار روی کره  $A$  به  $3/125$  درصد مقدار اولیه‌اش می‌رسد؟

- ۱)  $7$

- ۲)  $6$

- ۳)  $5$

- ۴)  $4$



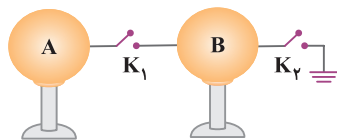
۶۱ در شکل زیر، دو کره رسانای مشابه  $A$  و  $B$  به ترتیب دارای بارهای  $q_A = 24 nC$  و  $q_B = -12 nC$  هستند. در هر مرحله ابتدا کلید  $K_1$  بسته و پس از مدتی باز می‌شود و سپس کلید  $K_2$  بسته و باز می‌شود. پس از چند بار تکرار، بار روی کره  $A$ ،  $93/75$  درصد کاهش می‌یابد؟

- ۱)  $5$

- ۲)  $4$

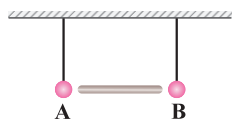
- ۳)  $3$

- ۴)  $2$

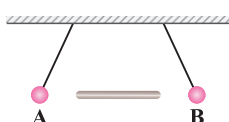


### روش‌های ایجاد بار الکتریکی

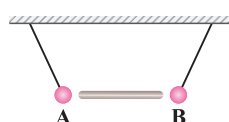
۶۲ یک انتهای میله نارسانای بلندی را به گلوله  $A$  و انتهای دیگر میله را به گلوله  $B$ ، مالش می‌دهیم، کدام یک از حالت‌های زیر نمی‌تواند وضعیت قرارگیری این میله در میان این دو گلوله آویخته شده پس از مالش باشد؟ (از اثر الکتریکی گلوله‌ها به یکدیگر و تماس گلوله‌ها به میله، چشم‌پوشی کنید.)



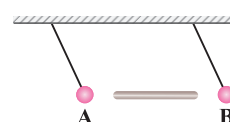
(الف)



(ب)



(ب)



(الف)

- ۱) فقط (الف)

- ۲) فقط (ب)

- ۳) (ب) و (پ)

- ۴) (الف) و (پ)





# پاسخنامه تشریحی

## فصل

۲) اگر میان دو جسم نیروی جاذبه الکتریکی ایجاد شود، آن‌گاه ممکن است: الف) دو جسم باردار و بارهای آن‌ها ناهمنام باشند یا ب) یکی از دو جسم باردار و جسم دوم خنثی باشد و در اثر القای جسم باردار در این جسم خنثی، ربایش الکتریکی میان آن‌ها ایجاد شود.

چون جسم A و B یکدیگر را جذب کرده‌اند و جسم B و C باردار و دارای بارهای همنام هستند، آن‌گاه یا جسم A باردار با باری ناهمنام با B و C است (حذف گزینه ۱) و یا جسم A بدون بار است، پس گزینه «۴» می‌تواند صحیح باشد.

۷) بار الکتریکی پروتون برابر +e و بار الکتریکی الکترون برابر -e است و e، بار بنیادی و برابر با  $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  است، پس  $\frac{q_p}{q_e} = -1$  است.  $q_p + q_e = 0$  است.

۸) موارد الف) و ب) مربوط به اصل پایستگی بار هستند. بنابراین کوانتیده بودن بار، همواره بار الکتریکی یک جسم مضرب درستی از بار بنیادی (e) می‌باشد. به عبارت بهتر، هر باری که فقط اندازه آن از بار بنیادی بزرگتر باشد، الزاماً نمی‌تواند بار الکتریکی یک جسم باشد.

۹) با توجه به رابطه  $q = \pm ne$ ، داریم:

$$q = -ne \Rightarrow -0.8 \times 10^{-9} = -n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \times 10^9$$

۱۰) جسم دارای بار الکتریکی مثبت است، پس تعدادی الکترون از این جسم به جسمی دیگر منتقل شده است:

$$q = +ne \Rightarrow 8 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \times 10^{13}$$

۱۱) بار الکتریکی یک جسم کمیته کوانتیده است، یعنی همواره مضرب صحیحی از یک بار پایه ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) است. یک جسم با از دست دادن n الکترون دارای بار الکتریکی مثبت ( $q = +ne$ ) می‌شود، بنابراین:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{1 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} = \frac{5}{8} \times 10^{13} = 0.625 \times 10^{13} = 6.25 \times 10^{12}$$

۱۲) چون تعداد پروتون‌های جسم از تعداد الکترون‌های آن کمتر است، پس جسم دارای بار الکتریکی منفی است. بار الکتریکی منفی، بار الکتریکی مثبت را جذب می‌کند، پس بار گلوله، مثبت است. به کمک رابطه  $q = \pm ne$ ، اندازه بار جسم برابر است با:

$$|q| = ne \Rightarrow |q| = 5 \times 10^{12} \times 1/6 \times 10^{-19} = 8 \times 10^{-7} \text{ C} = 0.8 \mu\text{C}$$

۱ کشیده شدن خرده‌های کاه به سوی قطعه‌ای که با پارچه پشمی مالش داده شده است، ناشی از یک نیروی الکتریکی است.

۲ نام‌گذاری دو نوع بار الکتریکی با استفاده از علامت‌های جبری مثبت و منفی به جای نام‌های دیگر توسط فرانکلین این مزیت را دارد که وقتی در یک جسم از این دو نوع بار به مقدار مساوی وجود داشته باشد، جمع جبری بارهای جسم، صفر می‌شود و به معنی خنثی بودن جسم است.

### بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) با مالش دو جسم به یکدیگر، معمولاً هردو جسم باردار می‌شوند. در این حالت بارهای ایجاد شده در دو جسم، ناهمنام هستند و در نتیجه، دو جسم یکدیگر را جذب می‌کنند. همین اتفاق در مالش بادکنک به بدن یک گربه (ایجاد بارهای ناهمنام) باعث برافراشته شدن موهای گربه می‌شود. ۲) دو جسم با بارهای همنام، یکدیگر را دفع و دو جسم با بارهای ناهمنام، یکدیگر را جذب می‌کنند. ۳) دو نوع بار الکتریکی وجود دارد و دانشمندان می‌توانستند هر نامی برای آنها انتخاب کنند.

۳ یک کولن، مقدار بار بزرگی است و در این فصل اغلب با بارهایی از مرتبه میکروکولن ( $\mu\text{C}$ ) و نانوکولن (nC) سروکار داریم.

۴ نوع بار میله‌های شیشه‌ای مشخص نشده است؛ در صورتی که بار میله‌های شیشه‌ای همنام باشد، نیروی میان میله‌ها دافعه است و میله آویخته در جهت (۱) می‌چرخد و در صورتی که بار میله‌های شیشه‌ای ناهمنام باشد، نیروی میان میله‌ها جاذبه است و میله آویخته در جهت (۲) می‌چرخد.

۵ با توجه به جهت چرخش میله آویخته شده، دو میله به یکدیگر نیروی رانشی وارد می‌کنند، پس الزاماً هر دو میله دارای بار الکتریکی هستند و بارهای آنها، همنام است.

۶ در رابطه با نیروی الکتریکی میان دو جسم به نکته‌های زیر توجه کنید: ۱) اگر میان دو جسم نیروی دافعه الکتریکی ایجاد شود، می‌توان نتیجه گرفت که: الف) دو جسم باردار هستند و ب) بارهای آن‌ها همنام است. چون B و C یکدیگر را دفع می‌کنند، پس B و C باردار هستند (حذف گزینه ۳) و بار B و C همنام است (حذف گزینه ۲).

پس بار کره  $b$  پس از تماس  $q - \frac{1}{2}q$  است. اکنون بار کره‌های  $a$  و  $c$  را به دست می‌آوریم:

$$q'_a = q'_c = \frac{-\frac{1}{2}q + 0}{2} = -\frac{1}{4}q$$

پس بار کره  $c$ ،  $q - \frac{1}{4}q$  است، اما نسبت بار کره  $b$ ، به بار نهایی کره  $a$ ، عبارت است از:

$$\frac{q'_b}{q'_a} = \frac{-\frac{1}{2}q}{-\frac{1}{4}q} = 2$$

۲۳

با توجه به مشابه بودن کره‌ها، با تماس همزمان هر سه کره باردار به یکدیگر، بار نهایی هر سه کره یکسان خواهد بود. با توجه به این که بار نهایی کره  $B$ ،  $+8\mu C$  است، داریم:

$$+8\mu C = \frac{q + 8 + 12}{3} \Rightarrow q = -6\mu C$$

$$\Delta q_A = +8 - (-6) = +14\mu C$$

۲۴

با تماس  $N$  کره مشابه رسانا به یکدیگر، بار نهایی همه کره‌ها یکسان و برابر با  $\frac{q_1 + q_2 + \dots + q_N}{N}$  خواهد شد:

$$-2q = \frac{+6 + (-20) + q}{3} \Rightarrow -7q = -14 \Rightarrow q = +2\mu C$$

۲۵

به کمک اصل پایستگی بار الکتریکی و به دلیل مشابه بودن کره‌های  $A$  و  $B$ ، بار نهایی کره‌ها پس از تماس آن‌ها به یکدیگر با هم برابر و عبارت‌اند از:

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{20 + 4}{2} = 12\mu C$$

$$\Delta q = \pm ne \Rightarrow \Delta q_A = 12 - 20 = -8\mu C = -n \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow n = \frac{8 \times 10^{-12}}{1/6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^7$$

منفی بودن تغییرات بار  $q_A$  حاکی از آن است که الکترون‌ها به روی این کره منتقل شده‌اند.

۲۶

بار نهایی هر سه کره در حالت (الف) به صورت زیر است:

$$q' = \frac{q_A + q_B + q_C}{3} = \frac{+12 + (-16) + 10}{3} = +2nC$$

در حالت (۲) با بسته و باز شدن کلید  $K_1$  داریم:

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{12 + (-16)}{2} = -2nC$$

با بسته و باز شدن کلید  $K_2$  داریم:

$$q'_C = q'_B = \frac{q_C + q'_B}{2} = \frac{10 + (-2)}{2} = +4nC$$

و در پایان با بسته و باز شدن کلید  $K_3$  داریم:

$$q''_C = \frac{q'_C + q'_A}{2} = \frac{+4 + (-2)}{2} = +1nC$$

پس پاسخ سؤال ۲  $\frac{q'}{q''_C} = \frac{+2nC}{+1nC} = 2$  خواهد بود.

۲

مثبت بودن بار الکتریکی یک جسم نشان می‌دهد تعداد پروتون‌های این جسم بیشتر از تعداد الکترون‌های آن است، پس این جسم با گرفتن الکترون می‌تواند خنثی شود:

$$q = ne \Rightarrow 4 \times 10^{-9} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 2/5 \times 10^{10}$$

۴

۱۴

منفی بودن علامت بار یک جسم به معنی بیشتر بودن تعداد الکترون‌های آن نسبت به تعداد پروتون‌های آن است. چون می‌خواهیم مقدار بار منفی جسم کمتر شود، پس جسم باید تعدادی از الکترون‌های اضافی خود را از دست بدهد:

$$\Delta q = ne \Rightarrow 5/6 \times 10^{-9} = n \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow n = \frac{5/6}{1/6} \times 10^{10} = 5 \times 10^{10}$$

۱

۱۵

برای تعیین وجود یا عدم وجود یک بار الکتریکی، کافی است  $\frac{q}{e}$  را تعیین کنیم. در صورتی که حاصل یک عدد صحیح شود، آن بار وجود دارد و در غیر این صورت وجود ندارد. با انجام این کار متوجه می‌شویم که به غیر از بار  $B$ ، سه بار دیگر می‌توانند وجود داشته باشند.

۳

۱۶

بار الکتریکی اتم خنثی صفر است و بار الکتریکی الکترون‌هایی که به دور هسته یک اتم خنثی با عدد اتمی  $Z$  در حال چرخش هستند، برابر  $-Ze$  است:

$$q = -6 \times 1/6 \times 10^{-19} C = -9/6 \times 10^{-19} C$$

۱

۱۷

بار الکتریکی هسته عناصر و یون‌ها برابر  $+Ze$  است که در آن  $Z$ ، عدد اتمی عنصر یا یون است:  $q = +6 \times 1/6 \times 10^{-19} = +9/6 \times 10^{-19} C$

بار الکتریکی یون  $C^{2+}$  برابر با  $+2e$  است:

$$q = +2 \times 1/6 \times 10^{-19} = +3/3 \times 10^{-19} C$$

۳

۱۸

یون  $C^+$ ، یک الکترون از دست داده است، پس در آن  $5$  الکترون در حال چرخش به دور هسته هستند:

$$q = -ne = -5e = -5 \times 1/6 \times 10^{-19} = -8 \times 10^{-19} C$$

۴

۱۹

در هسته اتم‌ها و یون‌ها به تعداد عدد اتمی ( $Z$ )، پروتون وجود دارد. در نتیجه بار هسته  $+Ze$  است. بار یون  $X^+$  برابر با  $+e$  است. عدد اتمی کربن،  $Z = 6$  است:

$$\frac{q_{\text{هسته}}}{q_{\text{یون}}} = \frac{+6e}{+e} = 6$$

۳

۲۰

با توجه به اصل پایستگی بار، بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

۳

۲۱

به کمک اصل پایستگی بار، داریم:

$$q'_A + q'_B = q_A + q_B \Rightarrow 8 + q'_B = 16 + (-6) \Rightarrow q'_B = +2\mu C$$

۴

۲۲

با توجه به مشابه بودن کره‌ها، بار دو کره پس از تماس یکسان و میانگین بارهای اولیه خواهد بود:

$$q'_a = q'_b = \frac{-q + 0}{2} = -\frac{1}{2}q$$



۲۷

۴

بعد از چهار بار باز و بسته شدن کلیدهای  $K_1$  و  $K_2$ ، بار روی کره  $A$ ،  $\frac{1}{16}$  برابر بار اولیه  $q$  است و بار روی کره  $B$  صفر است. وقتی برای پنجمین بار کلید  $K_1$  را می‌بندیم اما بعد از باز کردن آن کلید  $K_2$  را نمی‌بندیم،  $\frac{1}{16}$  بار  $q$ ، میان دو کره یکسان  $A$  و  $B$  تقسیم می‌شود و به هر کدام  $\frac{1}{32}$  بار  $q$ ، بار می‌رسد. پس نسبت بار روی دو کره  $1$  می‌شود و بار باقی‌مانده روی کره  $A$ ،  $\frac{1}{32}$  بار اولیه  $q$  است.

۲۸

۲

در مالش دو جسم به یکدیگر، تعدادی الکترون از جسم با الکترون خواهی کمتر به جسم با الکترون خواهی بیشتر، منتقل می‌شوند.

۲۹

۴

**بررسی سایر گزینه‌ها:**

- ۱ در سری الکتروسیسته مالشی (تریبوالکتریک) با حرکت از انتهای مثبت سری به انتهای منفی آن، خاصیت الکترون خواهی مواد افزایش می‌یابد.
- ۲ در مالش دو ماده به یکدیگر، تعدادی الکترون از جسم با الکترون خواهی کمتر به جسم با الکترون خواهی بیشتر منتقل می‌شود و پروتون‌ها نقشی ندارند.
- ۳ در نتیجه مالش دو ماده، بار الکتریکی ماده دارای الکترون خواهی بیشتر، منفی و دیگری، مثبت خواهد شد.

۳۰

۲

**بررسی عبارت‌های نادرست:**

- الف) با مالش آلومینیم و کاغذ به یکدیگر و بردار شدن آن‌ها از تعداد الکترون‌های آلومینیم کاسته و به تعداد الکترون‌های کاغذ افزوده می‌شود.
- ب) با مالش پارچه کتان به پوست انسان و بردار شدن آن‌ها، بار الکتریکی پارچه کتان منفی می‌شود.

- پ) با مالش دو ماده به یکدیگر، بارهای ایجاد شده در آن دو، یکسان و ناهمنام است. پس مجموع بارهای ایجاد شده در دو ماده، صفر می‌شود.

۳۱

۱

پلاستیک به انتهای منفی سری تریبوالکتریک، نزدیک‌تر است، پس بار الکتریکی آن  $2nC - 1$  خواهد بود:

$$q = -ne \Rightarrow -1/12 \times 10^{-9} = -n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{1/12 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}} = 7 \times 10^9$$

۳۲

۱

علامت بار میله پلاستیکی پس از مالش منفی و پارچه پشمی مثبت است. در نتیجه میله پلاستیکی در مقایسه با پارچه پشمی به انتهای منفی سری الکتروسیسته مالشی نزدیک‌تر و دارای الکترون خواهی بیشتر است. در مالش این دو جسم به یکدیگر، الکترون‌ها از پارچه پشمی به میله پلاستیکی منتقل می‌شوند، در نتیجه پس از مالش، در پارچه پشمی به تعداد  $n = \frac{q}{e} = 8 \times 10^{10}$  پروتون بیش‌تر از الکترون و در میله پلاستیکی  $8 \times 10^{10}$  الکترون بیش‌تر از پروتون وجود دارد.

۳۳

۱

در اثر مالش دو جسم  $A$  و  $B$  به یکدیگر، بار الکتریکی ماده  $B$  برابر  $8nC -$  می‌شود، پس ماده  $B$  نسبت به ماده  $A$  به انتهای منفی سری الکتروسیسته مالشی نزدیک‌تر است.

$$q = ne \Rightarrow 8 \times 10^{-9} = 1/6 \times 10^{-19} n \Rightarrow n = 5 \times 10^9$$

۳۴

۴

با مالش میله‌های از جنس  $A$  و  $C$  به میله از جنس  $B$ ، علامت بارهای این دو میله متفاوت خواهد بود. در این صورت این دو میله یکدیگر را می‌ربایند، در حالی که دو میله  $(1)$  و  $(2)$  در حال دفع یکدیگر هستند.

۳۵

۱

در تماس میله بردار با جسم رسانا، بار در تمام سطح رسانا توزیع می‌شود و همه نقاط جسم رسانا دارای بار یکسان با بار میله می‌شوند.

۳۶

۳

با دادن بار الکتریکی مثبت به کره رسانای  $(1)$ ، تمام نقاط این کره دارای بار مثبت می‌شوند. از آن جا که کره رسانای  $(1)$ ، تنها در نقطه  $A$  با کره نارسانای  $(2)$  در تماس است، پس بار نقطه  $A$  مثبت خواهد شد، اما نقطه  $B$  بدون بار الکتریکی و در نتیجه خنثی می‌ماند.

۳۷

۲

در اثر القای الکتریکی، بارهای منفی (ناهمنام با بار میله)، به سمت دیواره نزدیک‌تر به میله جذب و بارهای مثبت (همنام با بار میله) به سمت دیواره دورتر از میله دفع می‌شوند. با اتصال به زمین، بارهای مثبت جسم توسط الکترون‌های زمین خنثی می‌شوند و بارهای منفی روی جسم باقی می‌مانند. با قطع اتصال با زمین و دور کردن میله، بار منفی در تمام سطح جسم رسانا توزیع می‌شود. در نتیجه در همه نقاط  $A$  و  $B$  بار منفی قرار می‌گیرد.



توجه داشته باشید که در یک جسم رسانای بردار، نوع بار تمام نقاط یکسان خواهد بود.

۳۸

۱

با نزدیک کردن کره فلزی خنثی به گلوله بردار با بار مثبت، در اثر القای الکتریکی، بارهای ناهمنام در دیواره نزدیک‌تر و بارهای همنام در دیواره دورتر جمع می‌شوند. چون بارهای ناهمنام به یکدیگر نزدیک‌تر هستند، کره خنثی گلوله بردار را به سمت خود کشیده و جذب می‌کند. اگر گلوله و کره با یکدیگر تماس پیدا کنند، بارهای ناهمنام روی کره، خنثی می‌شوند و بارهای همنام در دیواره دورتر کره، روی سطح خارجی کره پخش می‌شوند و گلوله و کره هر دو دارای بار همنام می‌شوند. در نتیجه، با نزدیک کردن دیواره کره و گلوله به یکدیگر، این بار بین آن دو دافعه الکتریکی ایجاد می‌شود.

۳۹

۲

در اثر اتصال به زمین، بارهای منفی القا شده به زمین منتقل می‌شوند، این یعنی، باری روی جسم رسانای سمت راست قرار ندارد. پس از جدایی دو جسم رسانا و دور کردن میله بردار، بار مثبت القا شده روی جسم رسانای  $A$ ، در تمام سطح آن توزیع می‌شود.

۴۰

۳

با دور کردن کره رسانای  $B$ ، هیچ باری روی آن قرار نمی‌گیرد ( $q_B = 0$ ). در القای الکتریکی، اندازه بارهای ایجاد شده روی دو کره رسانای  $A$  و  $C$ ، یکسان هستند و چون کره  $C$  دورتر از میله قرار دارد، در آن بار مثبت (مخالف بار میله) القا می‌شود.

۴۱

۱

به دلیل وجود کره نارسانای  $B$ ، در کره  $C$  هیچ اتفاقی رخ نمی‌دهد. از طرف دیگر تنها در کره  $A$ ، جدا شدن بارهای مثبت و منفی اتفاق می‌افتد که با دور کردن میله این جداسازی از بین می‌رود و کره  $A$  خنثی می‌ماند.

۲ منفی: با تماس میله با بار منفی، بخشی از بارهای مثبت الکتروسکوپ کاهش می‌یابد.

۳ خنثی: با تماس میله خنثی به الکتروسکوپ، بخشی از الکترون‌های روی میله به الکتروسکوپ منتقل شده و در نتیجه از بارهای مثبت الکتروسکوپ کاسته می‌شود.

۵۰ ۳ درخشش لامپ کوچک و انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب به صورت الکتریکی رخ می‌دهد اما مبتنی بر الکتریسیته ساکن نیست. چراکه بارها در این حالت‌ها ساکن نیستند. چسبیدن نوار سلوفان بر ظروف و شوک الکتریکی در هنگام درآوردن لباس‌های بافتنی مبتنی بر الکتریسیته ساکن است.

۵۱ ۳ با توجه به نارسانا بودن سه جسم A، B و C و وارد کردن نیرو به یکدیگر، پس هر سه جسم A، B و C باردار هستند. میان جسم باردار و جسم رسانای خنثی، همواره نیروی جاذبه الکتریکی به وجود می‌آید.

۵۲ ۲ مثبت بودن مقدار  $m' - m$  نشان می‌دهد که جرم جسم پس از باردار شدن بیشتر شده است. این یعنی در اثر باردار شدن، تعداد الکترون‌های جسم افزایش یافته است. پس بار الکتریکی جسم منفی است. برای تعیین تعداد الکترون‌های اضافه شده به جسم کافی است که تغییر جرم جسم پس از باردار شدن را بر جرم یک الکترون تقسیم کنیم:

$$m' - m = nm_e \Rightarrow 7/2 \times 10^{-16} = n \times 9 \times 10^{-31}$$

$$\Rightarrow n = \frac{7/2 \times 10^{-16}}{9 \times 10^{-31}} = 0.8 \times 10^{15} = 8 \times 10^{14}$$

$$q = -ne \Rightarrow q = -8 \times 10^{14} \times 1.6 \times 10^{-19} = -1.28 \times 10^{-5}$$

$$= -1.28 \times 10^{-6} C = -1.28 \mu C$$

۵۳ ۱ تعداد الکترون‌هایی که در  $m$  مول از اتمی با عدد اتمی  $Z$  به دور هسته در حال چرخش هستند، عبارت است از:  $n = m \times Z \times N_a$  که در این رابطه  $N_a$ ، عدد آووگادرو است، بنابراین:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{m_1 \times Z_1}{m_2 \times Z_2} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{1/5 \times 6}{2 \times 4} = \frac{9}{8}$$

۵۴ ۲ تعداد الکترون‌هایی که در  $m$  مول از اتمی، با عدد اتمی  $Z$  به دور هسته در حال چرخش‌اند، عبارت است از:  $n = m \times Z \times N_a$

و تعداد الکترون‌هایی که در  $m$  مول از یون  $X^{\alpha\pm}$  با عدد اتمی  $Z$  به دور هسته در حال چرخش‌اند، عبارت است از:  $n = m \times (Z \mp \alpha) N_a$  که در این رابطه‌ها،  $N_a$ ، عدد آووگادرو است، بنابراین:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{1/5 \times (6-1)}{2 \times 4} = \frac{15}{16}$$

۵۵ ۲ ابتدا تعداد مولکول‌هایی که الکترون از دست داده‌اند را به دست می‌آوریم:

$$n = \frac{|q|}{e} \Rightarrow n = \frac{4/8 \times 10^{-3}}{1.6 \times 10^{-19}} = 3 \times 10^{16}$$

۴۲ ۱ در القا، باری مخالف با بار میله در نزدیک‌ترین کره (A) و باری موافق با بار میله در دورترین کره (C)، ظاهر می‌شود. در نتیجه کره B، خنثی و بار میله، مثبت است.

۴۳ ۴ با نزدیک کردن بادکنک باردار به باریکه آب، مولکول‌های آب در مجاورت بادکنک قطبیده شده (بارهای مثبت و منفی آن‌ها جدا شده) و بارهای ناهمنام با بادکنک در فاصله‌ای نزدیک‌تر قرار می‌گیرند. در نتیجه نیروی ربایشی میان بارهای ناهمنام آن بر نیروی رانشی میان بارهای همنام غلبه می‌کند و باریکه در مجاورت بادکنک به سمت آن کشیده می‌شود.

۴۴ ۳ با مالش میله سربی به پارچه ابریشمی، میله سربی دارای بار الکتریکی مثبت و با تماس میله سربی به میله نقره‌ای، بار الکتریکی میله نقره‌ای نیز، مثبت می‌شود. حال با نزدیک کردن میله نقره‌ای به کره رسانا، بارهای منفی به دیواره نزدیک‌تر کره رسانا و بارهای مثبت به دیواره دورتر کره رسانا القا می‌شوند و با اتصال کره رسانا به زمین، بارهای مثبت کره خنثی می‌شوند. در این حالت با دور کردن میله نقره‌ای، بار منفی روی تمام سطح کره رسانا، توزیع می‌شود.

۴۵ ۳ به کمک الکتروسکوپ می‌توان نوع بار الکتریکی، رسانا یا نارسانا بودن و باردار یا خنثی بودن یک جسم را تعیین کرد.

۴۶ ۲ با نزدیک کردن سمت راست میله پلاستیکی که در اثر مالش با پارچه پشمی دارای بار منفی شده است، به کلاهک الکتروسکوپ با بار منفی، در اثر القای الکتریکی، الکترون‌های روی کلاهک به سوی ورقه‌ها منتقل می‌شوند. پس زاویه میان ورقه‌های الکتروسکوپ افزایش می‌یابد. با نزدیک کردن سمت چپ میله پلاستیکی به کلاهک الکتروسکوپ با بار منفی، چون باری در این قسمت میله وجود ندارد (به نارسانا بودن میله پلاستیکی دقت کنید)، تغییری در ورقه‌های الکتروسکوپ ایجاد نمی‌شود.

۴۷ ۳ الکتروسکوپ را می‌توان یک جسم رسانا در نظر گرفت که کلاهک آن دیواره نزدیک جسم و ورقه‌های آن دیواره دورتر جسم در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه با نزدیک کردن جسمی با بار مثبت، در کلاهک (دیواره نزدیک‌تر) بارهای ناهمنام یعنی منفی و در ورقه‌ها (دیواره دورتر) بارهای همنام یعنی مثبت القا می‌شود.

۴۸ ۲ با نزدیک کردن میله‌ای با بار مثبت، ورقه‌های الکتروسکوپ بسته می‌شوند. این یعنی بار روی ورقه‌ها منفی بوده و در اثر القای بار همنام با بار میله (مثبت) در ورقه‌ها (دیواره دورتر)، از بارهای منفی ورقه کاسته می‌شود.

۴۹ ۴ هر سه حالت مطرح شده در گزینه‌های (۱) تا (۳) می‌تواند درست باشد: ۱ مثبت: اگر بار مثبت روی میله در مقایسه با بار مثبت الکتروسکوپ خیلی کم‌تر باشد، در اثر تماس، ممکن است بخشی از الکترون‌های روی میله به روی الکتروسکوپ منتقل شود و در نتیجه با خنثی شدن مقداری از بار مثبت روی ورقه‌ها، زاویه میان ورقه‌ها کاهش یابد.