

خرید کتاب های کنکور

با تخفیف ویژه

و
ارال رایگان

Medabook.com



مدابوک



پک جامه ناس تلفنی، رایگان

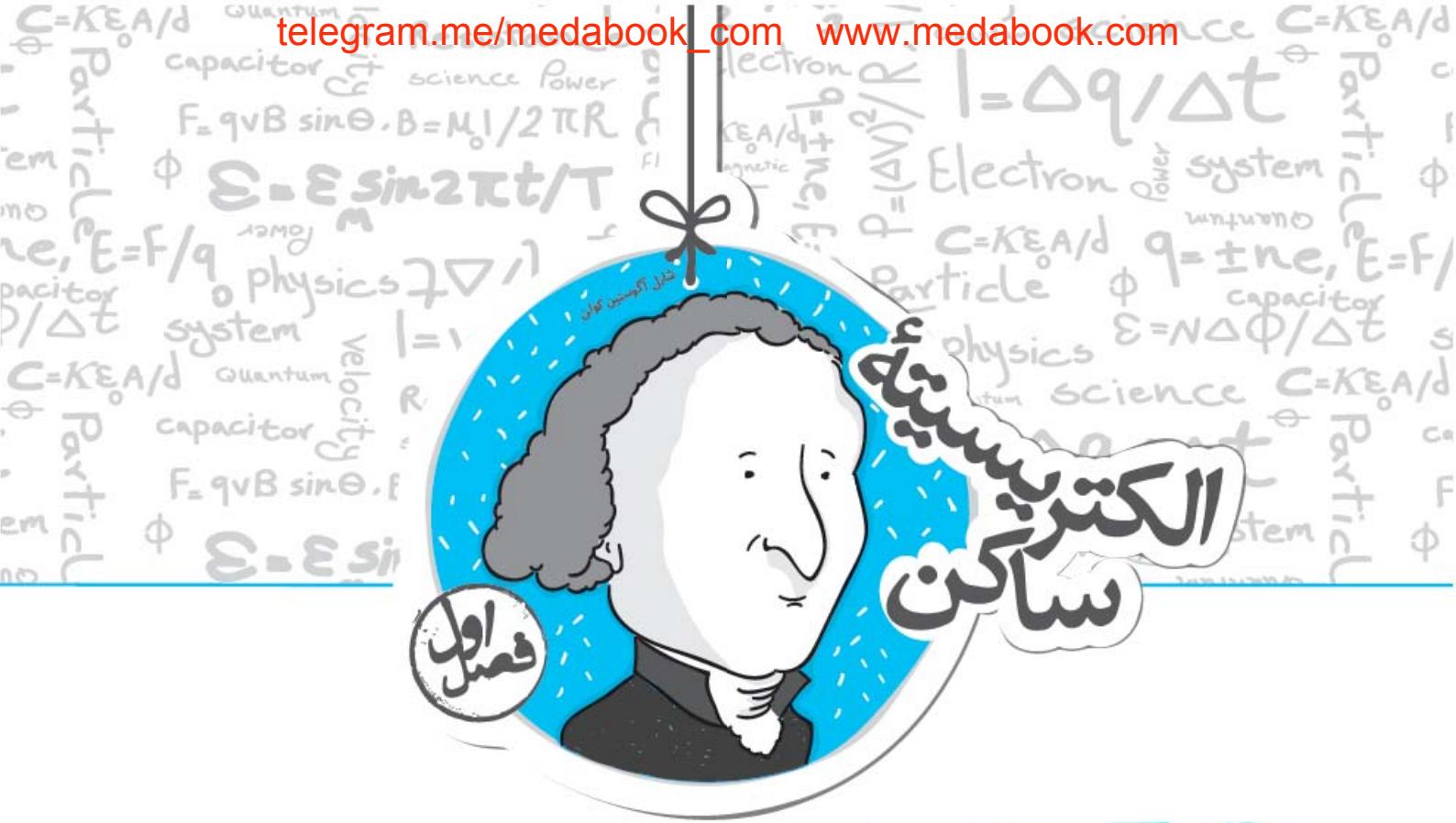
با مشاوران رتبه برتر

برای انتخاب بهترین منابع

دبیرستان و کنکور

۰۲۱ ۳۸۴۳۵۲۱۰





۱ مفاهيم أوليه بار الکتروني

بیایید فصل را با یک خاطره مشترک آغاز کنیم. خیلی از ماه، در دوران بچگی جوراب پایمان می‌کردیم و کف پایمان را روی فرش می‌کشیدیم. بعد از این کار نوک انگشتمن را به دستگیره 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 تجربه مشابهی داشتند. آن‌ها هم وقتی خردۀای کاه را با کهربا مالش می‌دادند و می‌دیدند که کهربا و خردۀای 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 الکترونی است. درست است که یونانیان باستان به اندازه شما مطلع نبودند اما مشاهدات آن‌ها پایه‌گذار علمی شد که اسم آن از واژه کهربا در یونانی گرفته شده است. کهربا در یونانی می‌شود الکترون!

بار الکترونی

بار الکترونی خاصیتی است که برخی از ذرات بنیادی (یعنی ذرات سازنده 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 آن‌ها به هم و ایجاد مولکول، پیام‌های عصبی در اعصاب، چسبیدن سلوفان به ظرف پلاستیکی، بالارفتن یک مارمولک از دیوار همگی منشأ الکترونی دارند.

یکای بار الکترونی

بار الکترونی که آن را با Q نشان می‌دهیم، مانند بیشتر کمیت‌های فیزیکی دیگر، 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 ($10^{-9} C$) و نانوکولن ($10^{-9} C$) است.

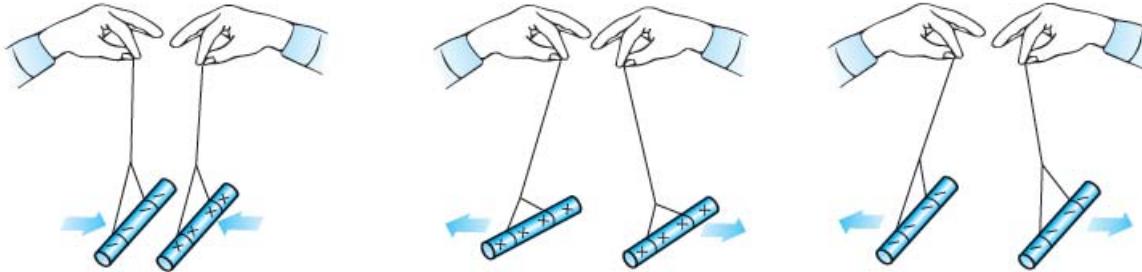


نمونه آذرخش مثل آذرخشی که در عکس رویه رو به آنتن برج میلاد برخورد کرده است، حدود $10^6 C$ بار دارد. این موضوع بیانگر بزرگ بودن یکای کولن است، چون اگر چنین آذرخشی به ما می‌خورد، احتمالاً بخار می‌شیم!

نمونه موقع شانه کردن موها یاتان با یک شانه پلاستیکی، بارهای منتقل شده از مرتبه نانوکولن ($1 nC$) است.

از کجا فهمیدیم، نوع بارداری؟ مثبت و منفی از کجا آمد؟

همان طور که در علوم هشتم دیدیم، آزمایش‌های 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 بار 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 همان یکدیگر را دفع و بارهای نامنام یکدیگر را جذب می‌کنند.

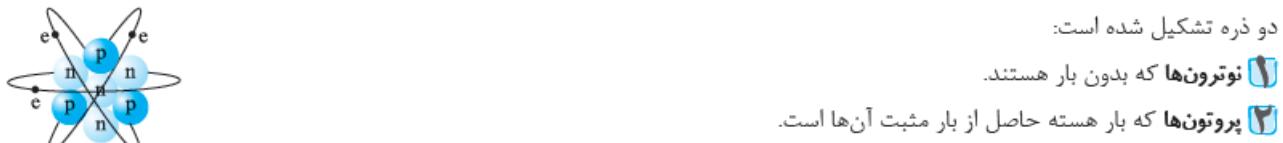


(الف) وقتی دو میله پلاستیکی مالش داده شده با پارچه پشمی را به میله شیشه‌ای مالش داده شده با پارچه ابریشمی نزدیک کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.
 (ب) وقتی دو میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش می‌دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.
 (پ) وقتی میله پلاستیکی مالش داده شده با پارچه پشمی را به میله شیشه‌ای مالش داده شده با پارچه 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 خود هسته از دو ذره تشکیل شده است:



نوترون‌ها که بدون بار هستند.

پروتون‌ها که بار هسته حاصل از بار مثبت آن‌ها است.

اندازه بار اجزای اتم

اندازه بار یک الکtron و یک پروتون بدون در نظر گرفتن علامت با هم برابر است. مقدار این بار تقریباً برابر $C = 1.6 \times 10^{-19}$ است و به آن بار بنیادی گفته می‌شود. بار هر الکtron برابر با e^- و بار هر پروتون برابر با e^+ است.

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

الکtron عامل انتقال بار

زمانی که یک میله پلاستیکی را به یک پارچه پشمی مالش می‌دهیم، دو جسم باردار می‌شوند. در موقع انجام این کار، تعدادی الکtron از سطح پارچه کنده و به سطح جسم پلاستیک منتقل می‌شود؛ اما، هسته‌ها و در نتیجه پروتون‌ها جایه‌جا نمی‌شوند.

به خاطر این موضوع، پارچه پشمی که با از دست دادن الکtron، تعداد پروتون‌ها بیشتر از تعداد الکtron‌ها بیش شده، دارای بار خالص مثبت می‌شود. از طرف دیگر بار میله پلاستیکی با گرفتن الکtron، منفی می‌شود؛ چون، تعداد الکtron‌های آن بیشتر از تعداد پروتون‌ها بیش شده است.

جمع بندی

خنثی بودن جسم \Rightarrow مساوی بودن تعداد الکtron‌ها و تعداد پروتون‌ها: $n_e = n_p \Rightarrow q = 0$

منفی شدن بار جسم \Rightarrow بیشتر شدن تعداد الکtron‌ها از تعداد پروتون‌ها \Rightarrow گرفتن الکtron: $n_e > n_p \Rightarrow q < 0$

مثبت شدن بار جسم \Rightarrow کمتر شدن تعداد الکtron‌ها از تعداد پروتون‌ها \Rightarrow از دست دادن الکtron: $n_e < n_p \Rightarrow q > 0$

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

ماجراهای من و درسام - فیزیک ۲ - تجربی

بارکوانتیده است

اول بگوییم که کوانتیده بودن یعنی گستته بودن. مثلاً تعداد خودکارهای شما کوانتیده است؛ یعنی، شما می‌توانید آن‌ها را دانه‌دانه بشمارید و مثلاً ۱۲/۳ خودکار نداریم. در واقع کوانتیده بودن در مقابل پیوسته بودن 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:

$$q = \pm ne$$

از دست دادن n الکترون $\Rightarrow +ne$
گرفتن n الکترون $\Rightarrow -ne$

در رابطه بالا، n باید اعداد حسابی یعنی $1, 2, 3, \dots$ باشد و نمی‌تواند اعدادی مثل $2/5$ و ... باشد؛ چون نصف الکترون نداریم. این موضوع به صورت اصل زیر بیان می‌شود:

اصل کوانتیده بودن بار: همیشه بار الکتریکی مشاهده شده در اجسام، مضرب درستی (صحیحی) از بار بنیادی (e) است.

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

مثال و پاسخ

مثال بار الکتریکی جسمی $C = 16\mu C$ 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 رابطه $q = -ne$ کمک بگیریم:

$$q = -ne \Rightarrow -1/6 \times 10^{-9} = -n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{10^{-9}}{10^{-19}} = 10^{13}$$

یعنی تعداد پروتون‌های جسم 10^{13} تا کمتر از تعداد الکترون‌های آن است.

مثال و پاسخ

مثال عدد اتمی اکسیژن ۸ است ($Z = 8$).

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

b بار هسته یون O^{+2} را بحسب ناتوکولن به دست آورید.

c مجموع بار الکترون‌های یون O^{-2} چند کول است؟

d بار خالص یون O^{+2} بحسب میکروکولن چقدر است؟

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

b وقتی یک اتم تبدیل به یون می‌شود، فقط تعداد الکترون‌های آن تغییر می‌کند و تعداد پروتون‌های آن ثابت می‌ماند؛ پس، تعداد پروتون‌های یون O^{+2} همان ۸ تا است. از طرفی می‌دانیم بار پروتون $C = +1/6 \times 10^{-19} C$ است؛ پس:

$$q = +n_p e = 8 \times 1/6 \times 10^{-19} C = 1/28 \times 10^{-9} nC$$

c در یون O^{+2} تعداد الکترون‌ها ۲ تا بیشتر از پروتون‌ها است؛ پس، تعداد الکترون‌های یون O^{+2} برابر با $8 + 2 = 10$ است. بار این تعداد الکترون برابر است با:

$$q = -n_e e = -10 \times 1/6 \times 10^{-19} C = -1/6 \times 10^{-18} C$$

d بار خالص یون O^{+2} برابر با اختلاف تعداد پروتون و الکترون ضرب در بار پایه است. با توجه به این که یون O^{+2} ، ۲ تا الکترون بیشتر دارد، داریم:

$$q = -2 \times 1/6 \times 10^{-19} C = -3/2 \times 10^{-19} C = -3/2 \times 10^{-13} \mu C$$

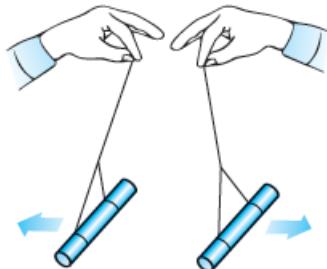
اصل پایستگی بار

دیدید که در آزمایش مالش پارچه پشمی با میله پلاستیکی، الکترون از پارچه به میله منتقل می‌شود. در این آزمایش شبیه همه 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 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.

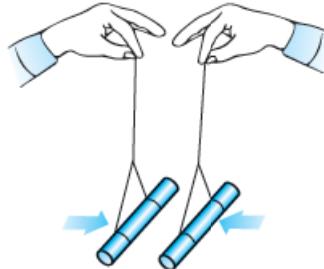
سؤال‌های امتحانی

(ریاضی شوریور ۸۵)

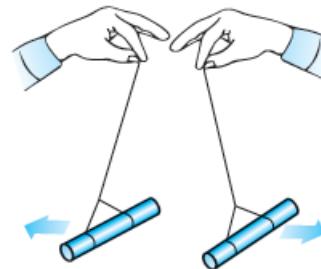
- ۱- درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.
- الف) یک کولن مقدار بار کوچک است.
- ب) جسمی که تعداد الکترون‌هایش کم‌تر از تعداد پروتون‌های آن می‌شود، بار الکتریکی خالص مثبت پیدا می‌کند.
- پ) نام‌گذاری بار به صورت مثبت و منفی تنها راه برای نام‌گذاری بار بوده است.
- ت) اجسام با بار مثبت یکدیگر را 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.
- ب) بار الکتریکی از یک بار پایه است که به آن بار بنیادی می‌گوییم.
- ۳- کلمه مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.
- الف) مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی (ثابت / صفر) است.
- ب) یک کولن مقدار بار (بزرگی / کوچکی) است: به طوری که در یک آذرخش باری از مرتبه $(10^0 \text{ C} / 10^{-19} \text{ C})$ به زمین منتقل می‌شود.
- ۴- یک جسم به وسیله مالش دارای بار الکتریکی شده است. کدام گزینه زیر می‌تواند مقدار بار الکتریکی آن برحسب کولن باشد؟ (اندازه بار الکتریکی هر الکترون 10^{-19} C کولن است).
- ۵- اگر اندازه بار یک الکترون 10^{-19} C باشد، برای به دست آوردن 10^6 بار الکتریکی، چند الکترون باید منتقل شود؟
- ۶- به هر سانتی‌متر از یک میلۀ عایق 10^0 سانتی‌متری، الکترون می‌دهیم. بار این میلۀ چند کولن می‌شود؟ (بار هر الکترون 10^{-19} C است).
- ۷- عدد اتمی لیتیم ۳ است. بار هسته لیتیم چند کولن است؟
- ۸- آزمایش مربوط به شکل‌های زیر بیانگر کدام موضوع فیزیکی است؟



پ) وقتی دو میلۀ شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش می‌دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.



ب) وقتی میلۀ پلاستیکی مالش داده شده با پارچه ابریشمی را به میلۀ شیشه‌ای مالش داده شده با پارچه ابریشمی نزدیک کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.



الف) وقتی دو میلۀ پلاستیکی را با پارچه 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 تکمیلی تر بود، آن‌ها را به شما بگوییم. با روش مالش شروع می‌کنیم.

مالش اجسام به روش مالش

ابتدا به نمونه‌های ذکر شده توجه کنید:

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

ماجراهای من و درسام - فیزیک ۲ (تجربی)

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

سری الکتریسیتی ماشی (تریبوالکتریک)	
انتهای مثبت سری	
	موی انسان
	شیشه
	نایلون
	سلفون
	پشم
	موی گربه
	سرپ
	ابریشم
	آلومینیم
	پوست انسان
	کاغذ
	چوب
	پارچه کتان
	کهربا
	برنج، مس
	پلاستیک، پلی‌اتیلن
	لاستیک
	تفلون
انتهای منفی سری	

همان‌طور که در نمونه‌ها دیدید، در اثر مالش دو جسم، الکترون‌هایی از یک جسم کنده و به جسم دیگر 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 الکtron می‌گیرد و کدام جسم الکtron از دست می‌دهد؟ این موضوع با توجه به جدولی که به سری الکتریسیتی ماشی یا تریبوالکتریک معروف است، معلوم می‌شود. همان‌طور که در جدول رو به رو می‌بینید، برای مواد دو انتهای 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، الکترون خواهی مواد زیادتر می‌شود.

نتیجه: اگر دو جسم خنثی را با هم مالش بدهیم، دو جسم باردار با بار مخالف 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 الکتریسیتی ماشی، بار کدام ماده منفی و بار کدام ماده مثبت می‌شود؟

ب بار هر کدام چند پیکوکولون 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 الکتریسیتی ماشی، 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:

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

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

$$q_{کهربا} = -q_{پشم} = -1/6 pC$$

پ اگر به سری الکتریسیتی ماشی نگاه کنید، می‌فهمید که لاستیک الکترون خواهی بیشتری دارد؛ بنابراین، الکترون جذب می‌کند و بارش 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 هماس

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

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

فصل اول: الکتریسیتی ساکن

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 این سه تعریف، به نقطه‌ای رسیدیم که می‌توانیم، باردار کردن 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:

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

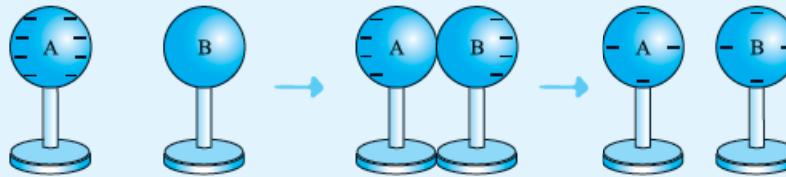
$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

مثال و پاسخ

مثال: دو کره 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 کره 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 چه قدر 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.

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

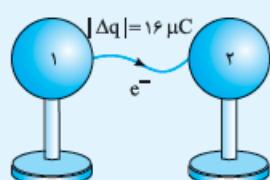
به کمک قانون پایستگی بار داریم:

ب: بار کره (۱) منفی و بار کره (۲) مثبت است؛ بنابراین، با تماس دو کره، الکترون‌ها از کره (۱) به کره (۲) می‌روند. از طرفی تعداد الکترون‌هایی

که کره (۲) می‌گیرد، به مقدار بار جایه‌جاشده بستگی دارد که برابر با $q_2 - q'_2$ است؛

پس، اول بار جایه‌جاشده را به دست می‌آوریم:

$$\Delta q_2 = q'_2 - q_2 = 8 \mu C - (24 \mu C) = -16 \mu C$$



ماجراهای من و درسام - فیزیک ۲ - نجفی

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

$$\Delta q = -ne \Rightarrow -16\mu C = -n \times (1/6 \times 10^{-19} C) \Rightarrow n = \frac{16 \times 10^{-6} C}{1/6 \times 10^{-19} C} = 10^{14}$$

بنابراین کره (۲)، 10^{14} الکtron از کره (۱) می‌گیرد.

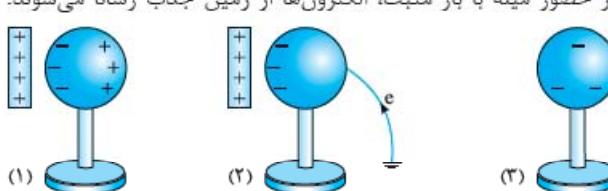
انتقال بار الکتریکی به روش القا

خیلی‌ها وقتی کلمه القا به گوششان می‌خورد، یاد جادوگر و دو دستش که از راه دور و بدون تماس می‌خواهد چیزی را تغییر بدهد، می‌افتد. (ما این را توواحد تأثیف فیلی سبز امتحان کوییم!) در الکتریسیته هم به روشنی که کره‌های فلزی بدون تماس با یک جسم باردار، باردار می‌شوند، روش القای بار الکتریکی می‌گوییم. برای این که شما این روش را در حالت‌های مختلف بهتر یاد بگیرید، آن‌ها را دسته‌بندی می‌کنیم؛ اما، قبل از بررسی این روش به نکته زیر توجه کنید:

نکته زمین منبع بار الکتریکی است؛ یعنی، هر چه قدر از آن بار بگیریم و یا به آن بار بدھیم، مشکلی با آن ندارد و قبول می‌کنند! 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 رسانای به روش القا

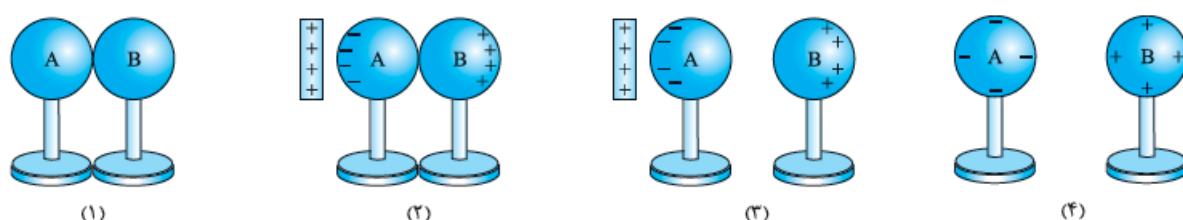
- (۱) میله‌ای با بار مثبت به یک کره فلزی خنثی که بر روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. این کار باعث می‌شود، الکترون‌های کره که بار منفی دارند، توسط میله جذب شوند. مانند آن‌چه در قسمت ۱ شکل زیر می‌بینید، این اتفاق باعث می‌شود که یک طرف کره بار مثبت و یک طرف آن بار منفی القا شود.
- (۲) زمان بسیار 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، تعداد 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 کره 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 ذاهم‌نمایی دو رسانای به روش القا

- (۱) مانند شکل (۱)، دو کره فلزی خنثی را که بر روی پایه عایقی قرار دارند، در تماس با هم قرار می‌دهیم.
- (۲) میله‌ای با بار مثبت را به کره A نزدیک می‌کنیم (شکل ۲). در نتیجه الکترون‌های آزاد کره‌ها به طرف میله جذب می‌شوند؛ بنابراین، تعداد الکترون‌های آزاد در کره B کم شده و بار خالص آن مثبت می‌شود و کره 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 کره A) مخالف بار میله می‌شود و بار رسانای دورتر، همنام بار میله می‌شود.

آن‌چه در این آزمایش رخ می‌دهد، پدیده 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.

۴) الکتروسکوپ با برق خنا

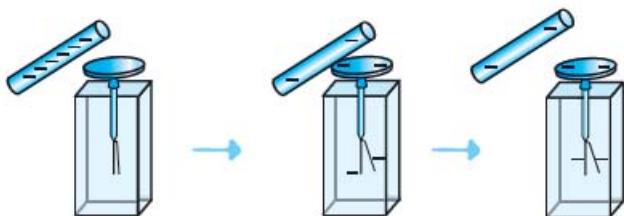


شکل رو به رو ساختمان یک الکتروسکوپ را نشان می‌دهد. همان طور که می‌بینید، الکتروسکوپ دو تیغه دارد که یکی ثابت و دیگری متحرک است. وقتی الکتروسکوپ بدون بار است، تیغه‌های آن کاملاً به هم نزدیک هستند؛ اما، وقتی که الکتروسکوپ باردار می‌شود، تیغه‌های آن از هم دور می‌شوند.

۵) باردار کردن الکتروسکوپ

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

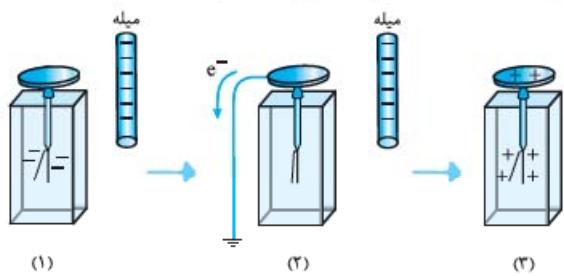
روش تماس



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

روش القا

مطابق شکل (۱)، میله 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 خارج شدن 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.

۶) 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

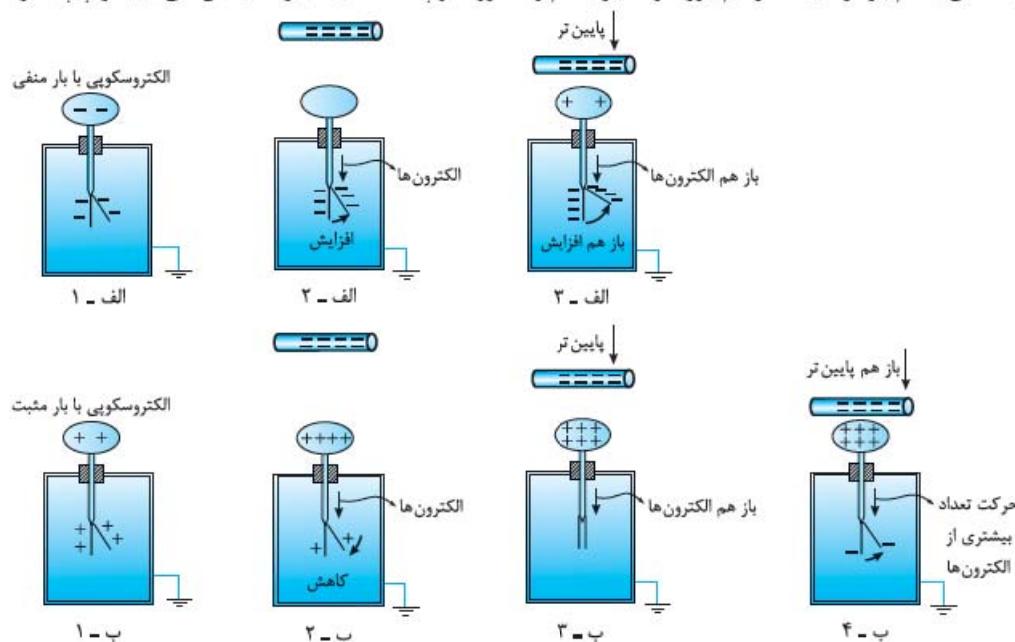
برای این کار جسم موردنظر را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم؛ اگر مانند شکل زیر، با نزدیک کردن جسم، تیغه متحرک از تیغه ثابت فاصله گرفت، یعنی جسم باردار است. علت این اتفاق، رفتن بارهای همنام با بار جسم از کلاهک به تیغه ثابت و تیغه متحرک است. از آن جایی که بار تیغه ثابت و تیغه متحرک همنام می‌شود،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



ماجراهای من و درسام - فیزیک ۲ - تجربی

۲- تشخیص نوع بار جسم

مطابق شکل‌های زیر جسمی با بار نامعلوم را از فاصله 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، همان بار الکتروسکوپ است (شکل‌های (الف) از چپ به راست) اما اگر در ابتدا برگه به تیغه نزدیک شود و سپس با خیلی نزدیک شدن جسم باردار، تیغه‌ها از هم دور شوند، بار جسم و الکتروسکوپ مخالف یکدیگرند. (شکل‌های (ب) از چپ به راست)



حوالستان باشد در شکل‌های (ب) اگر جسم باردار را با سرعت به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، ممکن است بسته شدن ابتدایی برگه‌ها را نبینیم و تنها با مشاهده بازشدن نهایی ورقه‌ها، بار جسم را به اشتباہ مانند شکل‌های (الف) همانم با بار الکتروسکوپ تشخیص دهیم.

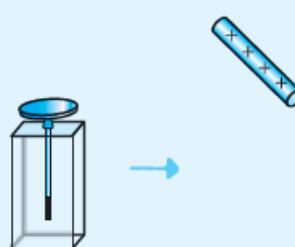
۳- تشخیص رسانا یا نارسانا بودن یک جسم بدون بار

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 تخلیه بار الکتروسکوپ می‌شود و انحراف ورقه‌ها کم می‌شود و یا حتی از بین می‌رود.

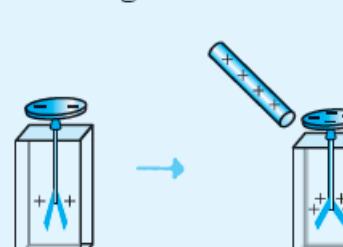
مثال و پاسخ

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. باز ورقه‌ها قبل از آزمایش چه بوده است؟

(۱) مثبت



(۲) منفی



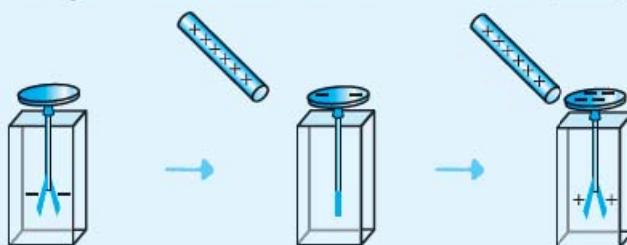
(۳) خنثی یا مثبت

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

حالا فرض کنیم باز ورقه‌ای الکتروسکوپ مثبت است. در این صورت با نزدیک کردن میله با بار مثبت، مقدار بیشتری بار مثبت روی ورقه‌ها

القا می‌شود و در نتیجه فاصله ورقه‌ها بیشتر می‌شود؛ پس، گزینه «۴» هم نادرست است.

حالا به بررسی تنها حالت باقی مانده؛ یعنی گزینه (۳) می پردازیم. مطابق شکل زیر با نزدیک کردن میله با بار مثبت، بار منفی تیغه به سمت کلاهک می رود و در نتیجه بار آن خنثی و تیغه ها بسته می شوند. با نزدیک تر کردن میله، الکترون بیشتری به کلاهک می رود، در نتیجه بار تیغه مثبت می شود. با مثبت شدن بار تیغه، تیغه ها دوباره از هم فاصله می گیرند.



سؤالهای امتحانی

۹- درستی یا نادرستی عبارت های زیر را تعیین کنید.

الف) با مالش یک میله شیشه ای به پارچه ابریشمی، الکترون ها از میله شیشه ای به پارچه ابریشمی منتقل می شوند.

ب) در سری الکتریسیتی مالشی (تریبوالکتریک)، پلاستیک از پشم به انتهای مثبت نزدیک تر است.

پ) ایجاد بار به روش القا مختص رساناها است.

ت) بر اثر مالش دو جسم خنثی که به انتهای منفی سری الکتریسیتی مالشی نزدیک هستند، بار دو جسم منفی می شود.

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

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

ب) یکای کولن، یکایی است.

پ) بر اثر مالش دو جسم، جسمی که الکترون خواهی دارد، الکترون از دست می دهد.

ت) یک میله نارسانا را که بار الکتریکی آن مثبت است، به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می کنیم و در این حالت دست دیگر خود را به کلاهک می نزدیم و جدا می کنیم، با دور کردن میله باردار از کلاهک، کلاهک دارای بار الکتریکی می شود و ورقه ها با بار از هم دور می شوند.

۱۱- با توجه به جدول رویه رو به سوالات زیر پاسخ دهید.

الف) جدول رویه رو به چه منظور استفاده می شود؟

ب) نایلون نسبت به کاغذ الکترون خواهی بیشتری دارد یا کمتر؟

پ) اگر یک بادکنک پلاستیکی را به یک کاغذ مالش دهیم، کدام جسم بازش منفی می شود؟

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 می کشید و آن را در لبه های ظرف فشار می دهید، روکش در جای خود ثابت می ماند؟

ث) یک جسم شیشه ای را به یک جسم برنجی مالش می دهیم و سپس جسم شیشه ای را به کلاهک یک الکتروسکوپ که بار منفی دارد، نزدیک می کنیم، صفحات الکتروسکوپ چگونه تغییر می کنند؟

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

با مالش یک گربه به سرتان چون الکترون خواهی کمتر است، بار گربه می شود.

از طرفی وقتی پارچه کتان شلوار تان را به چوب مالش می دهید چون الکترون خواهی چوب از پارچه کتان است، بار چوب می شود و در نتیجه گربه را می کند.

انتهای مثبت سری

موی انسان

شیشه

نایلون

سلفون

پشم

موی گربه

سُرب

ابریشم

آلومینیم

پوست انسان

کاغذ

چوب

پارچه کتان

کهربا

برنج، مس

پلاستیک، پلی اتیلن

لاستیک

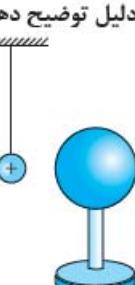
تفلون

انتهای منفی سری

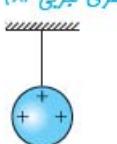
ماجراهای من و درسام - فیزیک ۲ - تجربی

۱۳- گلوله سبک و رسانایی از نخ عایقی آویزان است. ابتدا آن را با دست لمس می کنیم، بعد میله ای با بار منفی را به آن نزدیک می کنیم، چه اتفاقی روی می دهد؟ توضیح دهید.
(تبریزی ۱۴)

۱۴- یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید
چه اتفاقی می افتد.

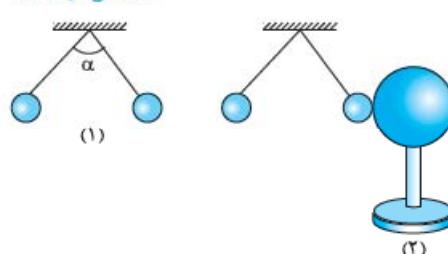


۱۵- در شکل زیر گلوله فلزی بارداری از نخ آویزان است. کره فلزی خنثی را که دارای دسته نارسانایی است، به گلوله نزدیک می کنیم. مشاهده می شود که گلوله می شود. وقتی تماس حاصل شد، کره را جدا کرده و دوباره به آرامی آن را به گلوله نزدیک می کنیم. مشاهده می شود گلوله می شود.
(برگرفته از لکنور سراسری تبریزی ۱۶)

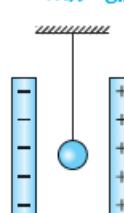


۱۶- شکل (۱) دو آونگ الکتریکی کاملاً مشابه با بارهای مثبت و هماندازه را نشان می دهد که با یکدیگر زاویه α ساخته اند. یک کره رسانای بدون بار را با پایه عایق مطابق شکل (۲) به گلوله یکی از آونگها تماس داده و سپس دور می کنیم.
(ریاضی فرداد ۹۳)

الف) با رسم شکل ساده، پیش بینی کنید چه اتفاقی می افتد?
ب) از انجام این آزمایش چه نتیجه ای می گیریم؟



۱۷- در شکل زیر، گلوله رسانای سبک و بدون بار توسط نخ عایقی میان دو صفحه باردار آویزان است. اگر آن را یک بار به یکی از صفحه ها تماس داده و رها کنیم، دائمآ بین دو صفحه نوسان می کند (به صفحه های چپ و راست برخورد می کند). علت را توضیح دهید و بنویسید تا چه زمانی این کار ادامه دارد.
(تبریزی شهریور ۱۴)



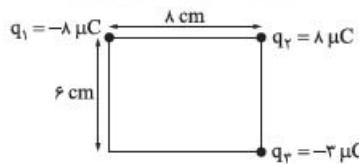
۱۸- سه جسم A، B و C را دویه دو به یکدیگر نزدیک می کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک شوند، هم دیگر را با نیروی الکتریکی جذب می کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می کنند. کدامیک از گزینه های زیر می تواند درست باشد؟
(لکنور سراسری تبریزی قارچ از کشور ۹۰)

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

۱۹- در محیط اطراف ما جاذبه های الکتریکی بیشتر از دافعه های الکتریکی مشاهده می شوند. با ذکر دلیل، علت آن را توضیح دهید.
(ریاضی شهریور ۱۴)

۲۰- با ذکر دلیل بگویید، اگر یک میله فلزی خنثی را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ بارداری نزدیک کنیم، برای ورقه های الکتروسکوپ چه اتفاقی رخ می دهد؟

۳۸- سه بار الکتریکی در رأس های مستطیلی مطابق شکل زیر قرار دارند. نیروی وارد بر بار q_2 چند نیوتن است؟ (برگرفته از سراسری ریاضی قارچ از کشور) *



میدان الکتریکی

میدان الکتریکی چیست؟

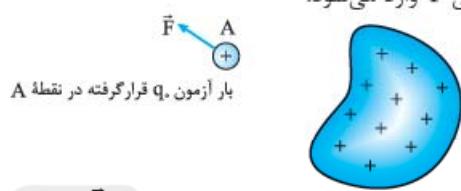
یک بار الکتریکی در فضای اطراف خود خاصیتی را ایجاد می کند که به آن میدان الکتریکی می گوییم. هر باری مانند q_1 در شکل زیر به واسطه میدانش به بارهای اطراف نیرو وارد می کند. به همین خاطر است که وقتی مانند شکل زیر، بار q_2 را بدون این که در تماس با بار q_1 باشد، در کنار q_1 قرار می دهیم، به آن نیرو وارد می شود:



در واقع وقتی q_2 را در مکانی اطراف q_1 می گذاریم، تحت تأثیر میدان الکتریکی ای قرار می گیرد که q_1 قبلًا در آن مکان ایجاد کرده است و در نتیجه به آن نیرو وارد می شود. میدان الکتریکی را که کمیتی برداری است با \vec{E} نشان می دهیم.

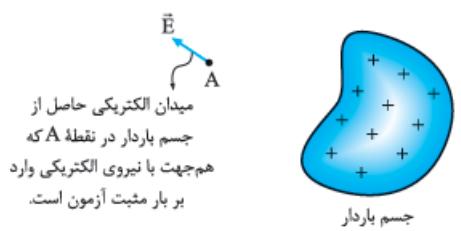
تعریف کمی میدان الکتریکی

فرض کنید یک جسم باردار به شکل زیر داریم. یک بار بسیار کوچک و مثبت q_0 را که به آن بار آزمون می گوییم، در نقطه‌ای مانند A اطراف این جسم باردار قرار می دهیم. همان‌طور که انتظار دارید، به بار q_0 مانند شکل زیر نیروی الکتریکی \vec{F} وارد می شود.



با داشتن \vec{F} ، میدان الکتریکی \vec{E} در نقطه A، حاصل از جسم باردار به صورت رو به رو تعریف می شود:

همان‌طور که می بینید، میدان الکتریکی کمیتی برداری است که بزرگی آن از رابطه $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ به دست می آید. جهت میدان هم مطابق شکل زیر همان جهت نیروی وارد بر بار مثبت آزمون است.



احتمالاً یکای میدان الکتریکی را با توجه به رابطه $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ به راحتی حدس زده‌اید. چون نیرو بر حسب نیوتون (N) و بار بر حسب کولن (C) است،

یکای میدان الکتریکی در SI نیوتون (N) بر کولن (C) است که آن را به صورت N/C نمایش می دهیم.

نحوه میدان الکتریکی حاصل از سیم‌کشی داخل منزل، حدوداً $C/N = 10^{-2}$ و میدان الکتریکی در سطح هسته اورانیم $C/N = 2 \times 10^{-1}$ است.

نکته همان‌طور که در شکل بالا می بینید، ایجاد میدان الکتریکی توسط جسم باردار ربطی به حضور بار دوم (در اینجا q_0) ندارد و خاصیت حاصل از جسم باردار اول است.

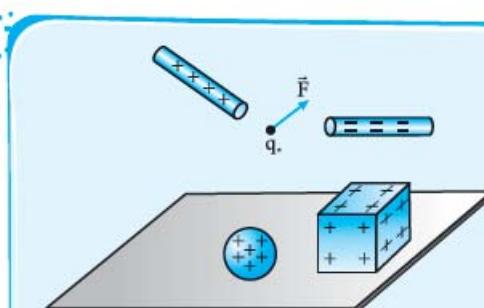


نکته میدان الکتریکی حاصل از یک جسم باردار می تواند باعث جذب یک جسم خنثی شود.

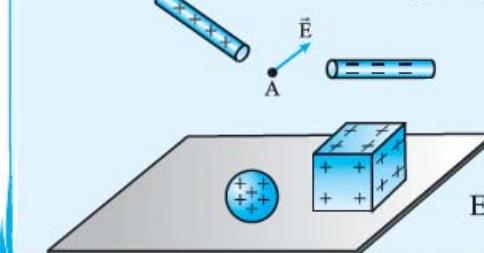
نحوه اگر یک میله باردار را به خرده‌های یک کاغذ نزدیک کنیم، مولکول‌های کاغذ مطابق شکل رو به رو بر اثر میدان الکتریکی میله قطبیده می شوند و توسط میله باردار جذب می شوند.

مثال و پاسخ

مثال اندازه نیروی الکتریکی وارد بر بار آزمون $C = 1/6 \text{nC}$ ، $q = 1/6 \text{nC}$ واقع در نقطه A، در اطراف چهار جسم باردار نشان داده شده برابر $N = 4/8 \times 10^{-9}$ است. اگر جهت نیروی وارد بر بار آزمون به شکل رو به رو باشد، جهت و اندازه میدان الکتریکی در نقطه A را مشخص کنید.



پاسخ: جهت میدان الکتریکی، همان جهت نیروی وارد بر بار مثبت آزمون است، پس داریم:



اندازه میدان را هم به شکل زیر محاسبه می کنیم:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{4/8 \times 10^{-9} \text{ N}}{1/6 \text{nC}} = \frac{4/8 \times 10^{-9} \text{ N}}{1/6 \times 10^{-9} \text{ C}} = 3 \times 10^{+3} \text{ N/C}$$

میدان الکتریکی حاصل از یک بار نقطه‌ای

در این قسمت می خواهیم جهت و اندازه میدان حاصل از یک بار نقطه‌ای را مشخص کنیم. برای تعیین جهت میدان اطراف یک بار نقطه‌ای، اول از شما می خواهیم، مثال زیر را خودتان حل کنید.

مثال و پاسخ

مثال با قراردادن بار مثبت آزمون در نقطه‌های a، b و c در شکل‌های (الف) و (ب) جهت میدان را مشخص کنید.



پاسخ (الف) بار مثبت آزمون را در نقطه a قرار می‌دهیم، چون بار q مثبت است، بار مثبت q را دفع می‌کند:

پس، جهت نیروی وارد بر بار مثبت آزمون و در نتیجه میدان الکتریکی به صورت رو به رو می‌شود:

حالا بار مثبت آزمون را در نقطه b قرار می‌دهیم و می‌بینیم باز هم بار مثبت q دفع می‌شود؛ پس، جهت نیرو

و میدان در نقطه b مطابق شکل رو به رو از بار q دور می‌شود:

و اگر بار مثبت آزمون را در نقطه C هم قرار دهیم، باز هم بار مثبت q توسط بار مثبت q دفع می‌شود و برای جهت نیروی وارد بر بار مثبت آزمون و در نتیجه میدان الکتریکی در نقطه C داریم:

همان‌طور که می‌بینید، میدان برای بار مثبت در هر سه نقطه در جهت دورشدن از بار است.

پاسخ (ب) بار مثبت آزمون را در نقطه a قرار می‌دهیم، چون بار منفی است، بار مثبت q را جذب می‌کند.

در نتیجه مطابق شکل، نیرو وارد بر بار آزمون و در نتیجه میدان الکتریکی به سمت بار $-q$ است:

اگر بار مثبت آزمون را در نقطه b بگذاریم، خواهیم دید که باز هم بار مثبت q جذب بار $-q$ می‌شود و نیرو

و میدان به سمت بار $-q$ خواهد بود:

به همین صورت با قراردادن بار مثبت آزمون در نقطه C، نیروی وارد بر این بار و در نتیجه جهت میدان الکتریکی حاصل از $-q$ در نقطه C به سمت بار $-q$ است:

می‌بینید که میدان برای بار منفی در هر سه نقطه در جهت نزدیک شدن به بار است.

نتیجه: در مثال بالا این نتیجه را می‌گیریم که بردار میدان الکتریکی در اطراف بار نقطه‌ای مثبت، در راستای شعاعی به سمت خارج بار و در اطراف بار نقطه‌ای منفی، در راستای شعاعی به سمت بار است (کمی جلوتر با رسم خطوط میدان الکتریکی این موضوع را بهتر خواهید دید).

اداءه میدان الکتریکی اطراف یک بار نقطه‌ای

در مورد جهت میدان در اطراف بار نقطه‌ای صحبت کردیم، حالا می‌خواهیم مقدار میدان الکتریکی در اطراف یک بار نقطه‌ای را به دست آوریم.

نیروی الکتریکی وارد بر بار q از طرف بار q به صورت رو به رو به دست می‌آید: چون q مثبت است، می‌توانیم قدر مطلق آن را نگذاریم.

گفتیم که میدان الکتریکی برابر با $E = \frac{F}{q}$ است؛ بنابراین داریم:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{(k \frac{|q| q_0}{r^2})}{q_0} = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow E = k \frac{|q|}{r^2}$$

مثال پاسخ

مثال: اندازه میدان الکتریکی ذره‌ای با بار $C = 4\mu C$ در نقطه A ، به فاصله 20 سانتی‌متری از این بار، چند N/C است؟

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$

پاسخ: خیلی راحت با جای‌گذاری مقدارها در رابطه بالا، اندازه میدان به دست می‌آید:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(0.2)^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-2}} = 9 \times 10^5 N/C$$

نکته: با توجه به رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ برای مقایسه اندازه میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای q و q' به ترتیب در فاصله‌های r و r' از آن‌ها خواهیم داشت:

$$\frac{E'}{E} = \frac{k \frac{|q'|}{r'^2}}{k \frac{|q|}{r^2}} = \frac{|q'|}{|q|} \times \frac{r^2}{r'^2} = \frac{|q'|}{|q|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \Rightarrow \frac{E'}{E} = \frac{|q'|}{|q|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

پس میدان حاصل از یک بار نقطه‌ای با اندازه بار نسبت مستقیم و با مجدور فاصله آن بار نسبت وارون دارد.

مثال پاسخ

مثال: در شکل زیر بزرگی میدان الکتریکی ناشی از ذره باردار $C = -1\mu C$ در نقطه A است. (ریاضی شهریور ۹۰)

الف بردار میدان الکتریکی را در نقطه A رسم کنید.



$$(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$

پاسخ: الف بار منفی است؛ پس میدان مانند شکل رو به رو است:

$$E_1 = 2 \times 10^{-5} N/C \Rightarrow E_2 = \frac{E_1}{2} = \frac{2 \times 10^{-5} N/C}{2} = 10^{-5} N/C \text{ شود: } E_2 = \frac{E_1}{2}$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow 10^{-5} N/C = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \times \frac{1 \times 10^{-9} C}{r_2^2} \Rightarrow r_2^2 = 9 \times 10^{-2} m^2 \Rightarrow r_2 = 3 \times 10^{-1} m$$

مثال: در مثال بالا، فاصله بار تا نقطه A چه قدر است؟

پاسخ: از رابطه‌ای که برای نسبت دو میدان به دست آورديم، استفاده می‌کنيم:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{q_1}{q_2} \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \xrightarrow{q_1=q_2} \frac{2 \times 10^{-5} N/C}{10^{-5} N/C} = 1 \times \left(\frac{3 \times 10^{-1} m}{r_1}\right)^2$$

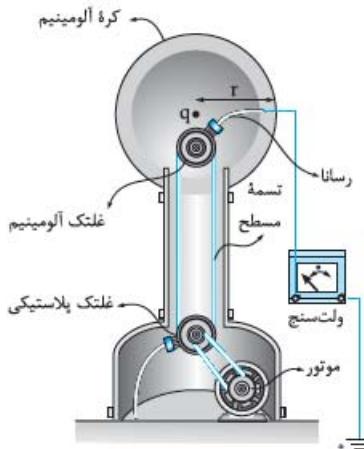
$$\Rightarrow \sqrt{2} = \frac{3 \times 10^{-1} m}{r_1} \Rightarrow r_1 = \frac{\sqrt{2}}{3} \times 10^{-1} m$$



$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

نتیجه: از مثال قبل نتیجه می‌گیریم که برای مقایسه میدان الکتریکی یک بار در دو فاصله متفاوت داریم:

مولد وان دوگراف: وسیله‌ای برای ایجاد بار الکتریکی است که نخستین بار توسط فیزیکدان آمریکایی، رابرت، می وان دوگراف اختراع شد. این وسیله که تصویر آن را در شکل مقابل می‌بینید، با استفاده از تسمه متحرکی، بار الکتریکی را بر روی یک کلاهک توانی فلزی جمع می‌کند. این مولد زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ولتاژ بالایی بخواهیم. میدان در نزدیکی سطح این مولد حدود $C/N \times 10^6$ است.



سؤالهای امتحانی

-۳۹- درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

- (الف) بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار در هر نقطه، با اندازه بار ذره نسبت مستقیم دارد.
 (ب) بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار با فاصله از آن رابطه عکس دارد.
 (پ) باردار میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار همواره در جهت نزدیکشدن به آن است.
 (ت) یکای میدان الکتریکی در SI کولن بر متر مربع است.

-۴۰- در جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید.

- (الف) یک بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود، خاصیتی ایجاد می‌کند که به آن می‌گویند.
 (ب) نیروی وارد بر بار الکتریکی مثبت آزمون واقع در میدان الکتریکی، با آن میدان است.
 (پ) میدان الکتریکی کمیتی است که یکای آن در SI است.

-۴۱- بادکنک بارداری را به آب در حال خروج از شیر آب نزدیک می‌کنیم. توضیح دهید، چرا آب به هنگام فروریختن، خمیده می‌شود؟

-۴۲- برای تعیین میدان الکتریکی در نقطه‌ای از فضا، بار آزمون $+20\text{nC}$ را در آن نقطه قرار می‌دهیم. نیروی الکتریکی $N \times 10^{-3}$ در راستای جنوب - شمال و به طرف شمال بر این بار وارد می‌شود. بزرگی و جهت میدان الکتریکی در این نقطه را مشخص کنید.

-۴۳- بزرگی میدان الکتریکی ذره‌ای با بار $C - 2\mu$ را در نقطه M به فاصله $m - 20$ از مرکز Hسته محاسبه کنید.

-۴۴- هسته آهن، شعاعی در حدود $m - 10^{-15} \times 4$ دارد و شامل ۲۶ پروتون است.

- (الف) بزرگی نیروی دافعه بین دو پروتون که به فاصله $m - 10^{-15} \times 4$ از هم قرار دارند، چقدر است?
 (ب) میدان الکتریکی در فاصله $nm / 4$ از مرکز Hسته چقدر است?

-۴۵- با ۲ شمع، مولد وان دوگراف و یک خط‌کش، یک آزمایش طراحی کنید که نشان دهد با افزایش فاصله، میدان الکتریکی کاهش می‌یابد.

برایند میدان‌های الکتریکی



برای به دست آوردن میدان الکتریکی خالص (برایند) حاصل از چند ذره باردار در نقطه‌ای از فضا، ابتدا میدان الکتریکی ناشی از هر ذره را در آن نقطه تعیین می‌کنیم و بعد این میدان‌ها را به صورت برداری با هم جمع می‌کنیم:

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

پاسخ سوال‌های امتحانی

پ) درست
ت) نادرست؛ گفتم 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 - منفی؛ در واقع داریم الکتروسکوپ را به روش القا باردار می‌کنیم. در درسنامه باردار کردن به روش القا، خواندید که در این روش جسم باردار شده، بارش مخالف میله است؛ پس، بار الکتروسکوپ منفی می‌شود. بار دور کردن میله باردار، این بار روی کلاهک و ورقه‌ها پخش می‌شود.

۱۱- الف) برای مشخص کردن این که وقتی دو جسم را به هم مالش می‌دهیم، کدام جسم الکترون می‌گیرد و کدام یک الکترون از دست می‌دهد.

ب) کمتر - چون به انتهای مثبت سری نزدیک است.
پ) پلاستیک - با این کار پلاستیک 10^9 الکترون دریافت می‌کند و

کاغذ 10^9 الکترون از دست می‌دهد؛ پس:

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

ت) با توجه به سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)، روش 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، الکترون خواهی برنج بیشتر است. همان‌طور که در درسنامه گفتم، اگر یک جسم باردار را به الکتروسکوپ با بار مخالف نزدیک کنیم، صفحات الکتروسکوپ به تدریج بسته می‌شود.

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

پ) 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 قسمت 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.

۱- الف) نادرست؛ یک کولن مقدار بار الکتریکی بسیار زیادی است، به طوری که بار الکتریکی ای که توسط آذرخش تخلیه می‌شود، در حدود $10^6 C$ است.

پ) نادرست؛ مثبت و منفی بودن فقط یک نام‌گذاری است و می‌تواند هر اسم دیگری داشته باشد ولی مزیت نام‌گذاری به صورت مثبت و منفی این است که یک جسم که به مقدار مساوی از بار مثبت و منفی داشته باشد، بار خالص 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 - $10^6 C$

۴- بار الکتریکی باید مضرب صحیحی از $10^{-19} C$ باشد. باید بررسی کنیم کدام گزینه مضرب صحیحی از بار پایه می‌شود. برای این کار، بار هر گزینه را تقسیم بر $10^{-19} C$ می‌کنیم.

$$n = \frac{4 \times 10^{-19} C}{1/6 \times 10^{-19} C} = \frac{4}{1/6} = 2/5$$

گزینه ۱۱:

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

گزینه ۲۲:

که این مقدار مضرب صحیح است.

۵- برای به دست آوردن تعداد الکترون‌های منتقل شده، باید $1 C$ را تقسیم بر $10^{-19} C$ کنیم:

$$n = \frac{1 C}{1/6 \times 10^{-19} C} = 625 \times 10^{16}$$

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

$$n = 8 \times 10^{10}$$

گام دوم: حالا مقدار بار را به دست می‌آوریم:

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

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

$$q = ne = 3 \times 1/6 \times 10^{-19} C = 4/8 \times 10^{-8} C$$

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

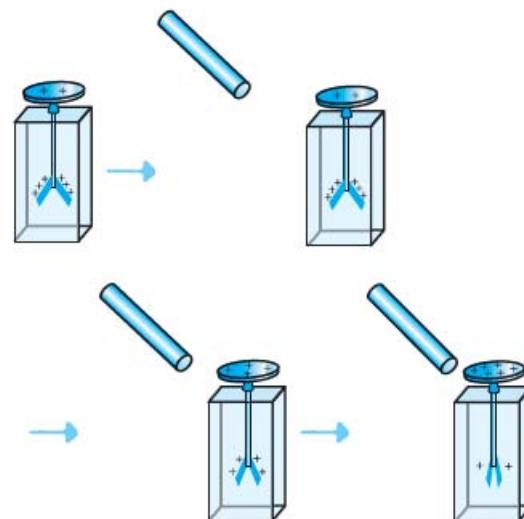
۹- الف) درست

ت) نادرست؛ وقتی میله پلاستیکی را به پارچه پشمی مالش می‌دهیم، میله پلاستیکی بارش منفی می‌شود؛ پس، باید به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد.



ماجراهای من و درسام - فیزیک ۲ - تجربی

۲۰- چون الکتروسکوپ باردار است، وقتی یک میله 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.



۲۱- (الف) نیروی کولنی - نیروی الکتریکی - نیروی الکترواستاتیکی (هر کدام رو بنویسید درسته.)
ب) هم‌راستا
پ) مستقیم

۲۲- (الف) چهار برابر
ب) یکای ضریب گذرهای الکتریکی خلاً.

پ) خلاف جهت یکدیگر - این موضوع به این خاطر است که نیرویی که دو جسم باردار به هم وارد می‌کنند، عمل و عکس العمل هم هستند.
ت) دو برابر
ث) وارون

۲۳- نیروی الکتریکی (الکترواستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط مستقیم بین آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل ضرب بزرگی آن‌ها نسبت مستقیم است و با مجدد فاصله بین آن‌ها نسبت عکس دارد.
۲۴- (الف) نیروی الکتریکی که کره (۱) به کره (۲) وارد می‌کند، عکس العمل نیروی الکتریکی‌ای است که کره (۲) به کره (۱) وارد می‌کند؛ پس، اندازه این دو نیرو با هم برابر است و فرقی نمی‌کند جرم و بار هر کدام چهقدر است.

ب) چون اندازه نیروها باهم برابر است، طبق قانون دوم نیوتون داریم:

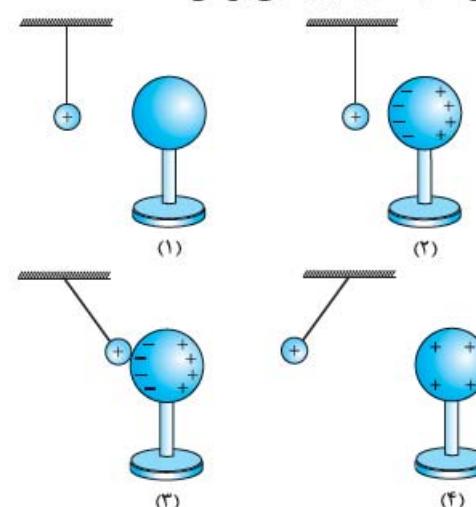
$$F_1 = F_2 \Rightarrow m_1 a_1 = m_2 a_2 \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{m_2} = 2$$

۲۵- دو بار ناهمنام هستند؛ پس، نیروی بین آن‌ها را بایشی است. بزرگی نیرو هم برابر است با:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \times \frac{(2 \mu C) \times (5 \mu C)}{(3m)^2}$$

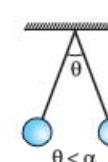
$$= 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \times \frac{(2 \times 10^{-6} C) \times (5 \times 10^{-6} C)}{9 m^2} = 10^{-2} N$$

۱۴- اتفاقی مشابه اتفاق سوال قبلی رخ می‌دهد:



۱۵- جذب - دفع

۱۶- (الف) بعد از تماس، گلوله آونگ مقداری از بارش را به کره می‌دهد و نیروی بین دو گلوله آونگ به علت کم شدن بار الکتریکی، کاهش می‌یابد و زاویه انحراف بین دو آونگ کم می‌شود.
ب) نیروی الکتریکی با بار گلوله‌ها نسبت مستقیم دارد.



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

۱۸- در سوال‌های 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 C 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، گزینه «۴» پاسخ این سوال است.

۱۹- دلیل اول: معمولاً اطراف ما، اجسام بدون بار (خنثی) هستند و می‌دانیم اجسام باردار با نزدیک شدن 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، اکثرأً به روش‌های مالش ایجاد می‌شوند، یعنی بارها ناهمنام هستند و یکدیگر را جذب می‌کنند.

گام دوم: q_2 را در نظر نمی‌گیریم و نیروی وارد بر q_2 از طرف q_1 را به دست می‌آوریم. همان‌طور که در شکل بالا می‌بینید، این نیرو خلاف

$$\vec{F}_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} \quad \text{جهت } \vec{i} \text{ است:}$$

$$= (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(8 \times 10^{-9} \text{ C})(8 \times 10^{-9} \text{ C})}{(8 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 9.0 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{12} = (-9.0 \text{ N})\vec{i}$$

گام سوم: این دفعه q_1 را کنار می‌گذاریم و \vec{F}_{23} را تعیین می‌کنیم. چون این نیرو در خلاف جهت \vec{j} است، داریم:

$$\vec{F}_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2}$$

$$= (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(3 \times 10^{-9} \text{ C})(8 \times 10^{-9} \text{ C})}{(6 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 6.0 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{23} = (-6.0 \text{ N})\vec{j}$$

گام چهارم: با توجه به گام دوم و سوم، نیروی برایند برابر است با: $\vec{F}_T = (-9.0 \text{ N})\vec{i} + (-6.0 \text{ N})\vec{j}$

اندازه F_T هم از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F_T = \sqrt{9.0^2 + 6.0^2} = \sqrt{117.0} \text{ N}$$

۳۹-الف) درست

ب) نادرست: با **مجذور** فاصله از بار رابطه عکس دارد.

ب) نادرست: برای بار مثبت در جهت دورشدن از آن است.

ت) نادرست: یکای میدان الکتریکی در SI نیوتن بر کولن است.

۴۰-الف) میدان الکتریکی ب) هم‌جهت

پ) برداری - N/C

۴۱-مانند آن‌چه که در شیمی دهم خواندید، میدان الکتریکی حاصل از بادکنک، جهت‌گیری مولکول‌های قطبی آب را تغییر می‌دهد. به این ترتیب، مولکول‌های آب طوری قرار می‌گیرند که جذب بادکنک شوند. اگر بار بادکنک مثبت باشد، سر منفی مولکول‌ها نزدیک بادکنک می‌گیرد و اگر بار بادکنک منفی باشد، سر مثبت مولکول‌ها نزدیک بادکنک قرار می‌گیرد و به این ترتیب آب به هنگام فروریختن خمیده می‌شود.

۴۲-با توجه به تعریف میدان الکتریکی داریم:

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow E = \frac{5 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-9}} = 2.5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

جهت میدان الکتریکی نیز به سمت شمال است!

۴۳-روش اول: (الف) با استفاده از رابطه $\frac{kq}{r^2}$ بزرگی میدان را به دست می‌آوریم:

$$E_1 = \frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-9}}{4} = 4.5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

حالا نوبت به \vec{F}_{21} می‌رسد. این دفعه باید q_2 را نادیده بگیریم:

$$\vec{F}_{21} = k \frac{|q_2||q_1|}{r_{21}^2}$$

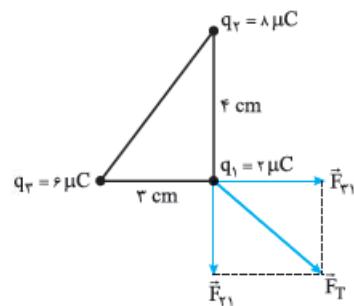
$$= (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(3 \times 10^{-9} \text{ C})(4 \times 10^{-9} \text{ C})}{(2 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$\Rightarrow F_{21} = 27.0 \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{21} = -27.0 \text{ N}\vec{j}$$

بنابراین داریم:

$$F_T = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = (-12.0 \text{ N})\vec{i} + (-27.0 \text{ N})\vec{j}$$

۴۷-ابتدا جهت نیروهای وارد بر q_1 را مشخص می‌کنیم. با توجه به این که بارها مثبت هستند، دو نیرو به صورت دافعه است.



مثل همیشه عمل می‌کنیم. ابتدا q_2 را در نظر نمی‌گیریم. F_{31} را به دست می‌آوریم:

$$\vec{F}_{31} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{31}^2}$$

$$= (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(6 \times 10^{-9} \text{ C})(2 \times 10^{-9} \text{ C})}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$= 12.0 \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{31} = (12.0 \text{ N})\vec{i}$$

حالا q_2 را در نظر نمی‌گیریم و \vec{F}_{21} را به دست می‌آوریم:

$$\vec{F}_{21} = k \frac{|q_2||q_1|}{r_{21}^2}$$

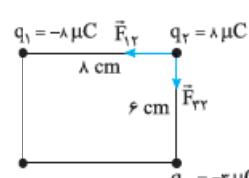
$$= (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(8 \times 10^{-9} \text{ C})(2 \times 10^{-9} \text{ C})}{(4 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 9.0 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{21} = (-9.0 \text{ N})\vec{j}$$

در نتیجه برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 برابر است با:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = (12.0 \text{ N})\vec{i} + (-9.0 \text{ N})\vec{j}$$

۴۸-گام اول: جهت نیروهای وارد بر q_2 را مشخص می‌کنیم:



ماجراهای من و درسام - فیزیک ۲ - تجربی

گام دوم: اندازه میدان حاصل از هر کدام از بارها در نقطه موردنظر را

به دست می‌آوریم:

$$E_1 = k \frac{q_1}{r_1} = (9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(4 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$= 4 \times 10^7 \text{ N/C}$$

$$E_2 = k \frac{q_2}{r_2} = (9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(6 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$= 6 \times 10^7 \text{ N/C}$$

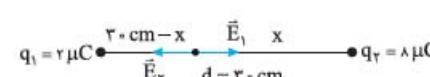
گام سوم: حالا براساس اصل برهم‌نیهی میدان‌های الکتریکی داریم:

$$E = E_1 + E_2 \Rightarrow E = 4 \times 10^7 \text{ N/C} + 6 \times 10^7 \text{ N/C}$$

$$= 10 \times 10^7 \text{ N/C} = 10^8 \text{ N/C}$$

- ۴۷- چون بارها هم علامت هستند، این نقطه مطابق شکل زیر، بین دو

بار قرار دارد:



با مساوی صفر قراردادن جمع بردار میدان‌ها داریم:

$$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0 \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2 \Rightarrow |E_1| = |E_2|$$

$$\Rightarrow \frac{kq_1}{(0/3 \text{ m} - x)^2} = \frac{kq_2}{x^2} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{x^2}{(0/3 \text{ m} - x)^2}$$

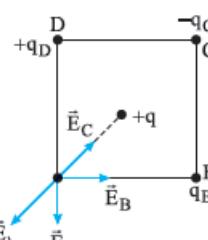
$$\Rightarrow \left(\frac{x}{0/3 \text{ m} - x}\right)^2 = 4$$

$$\Rightarrow \frac{x}{0/3 \text{ m} - x} = 2 \Rightarrow x = 2 \times (0/3 \text{ m} - x)$$

$$= 0/6 \text{ m} - 2x \Rightarrow 3x = 0/6 \text{ m} \Rightarrow x = 0/2 \text{ m}$$

- ۴۸- این سؤال یکی از سؤال‌های بسیار خوب چند سال اخیر در امتحان نهایی بوده است. برای این که میدان در نقطه A صفر شود، باید بار در نقطه‌ای قرار گیرد که روی خط واصل $q_1 = +q$ و نقطه A باشد. این

موضوع به این خاطر است که اگر بار دوم روی این خط نباشد، نمی‌تواند یک میدان در راستای میدان q_1 در نقطه A و در خلاف جهت آن ایجاد کند. برای نمونه به شکل روبرو نگاه کنید:



همان‌طور که در شکل بالا می‌بینید، میدان‌های حاصل از دو بار $-q_B$ و $+q_C$ در راستای میدان \vec{E} حاصل از بار $+q$ نیست و نمی‌تواند آن را خنثی کند. پس با توجه به شکل، فقط بار واقع در نقطه C می‌تواند میدانی هم راستا با E ایجاد کند. از طرفی چون E_C باید در خلاف جهت E باشد، نوع بار واقع در C باید منفی باشد.

ب) به همین ترتیب می‌توانیم E_2 را به دست آوریم:

$$E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{4^2} = 4/5 \times 10^0 \text{ N/C}$$

روش دوم: برای به دست آوردن E_2 می‌توانیم از رابطه استفاده کنیم:

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{100}$$

$$\Rightarrow E_2 = \frac{4/5 \times 10^0}{100} = 4/5 \times 10^0 \text{ N/C}$$

- ۴۹- (الف) با استفاده از قانون کولن، نیروی بین دو پروتون را به دست می‌آوریم:

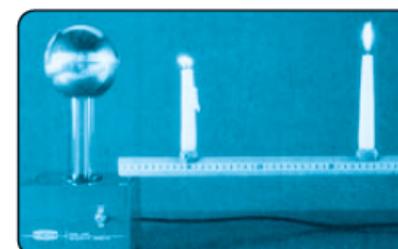
$$F = \frac{ke^2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1/6 \times 10^{-19})^2}{(4 \times 10^{-15})^2} = 1/44 \times 10^0 \text{ N}$$

ب) چون $4 \text{ nm} / 4 = 10^{15} \text{ m}$ برابر است، همه پروتون‌ها را یک نقطه فرض می‌کنیم و میدان را به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{kq}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (26 \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(4 \times 10^{-15} \text{ m})^2}$$

$$= 23/4 \times 10^{-10} \text{ N/C}$$

- ۵۰- شکل زیر یک سازوکار آزمایشگاهی برای مشاهده این نتیجه را نشان می‌دهد. دو شمع، یکی در فاصله‌ای نزدیک و دیگری در فاصله‌ای دور از کلاهک یک مولد واندوگراف قرار گرفته‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، شعله شمع نزدیک‌تر، به سمت کلاهک کشیده شده است، در حالی که شعله شمع دورتر تغییر چندانی نکرده است. دلیل آن است که کلاهک مولد واندوگراف بار منفی بزرگی دارد که یون‌های مثبت درون شعله شمع نزدیک‌تر را به سمت خود می‌کشد، در حالی که شمع دیگر در فاصله دوری از کلاهک قرار گرفته است که تحت تأثیر میدان الکتریکی ضعیفی قرار می‌گیرد.



- ۵۱- **گام اول:** با توجه به مثبت بودن q_1 و منفی بودن q_2 جهت میدان حاصل از هر کدام را مطابق شکل زیر مشخص می‌کنیم:

