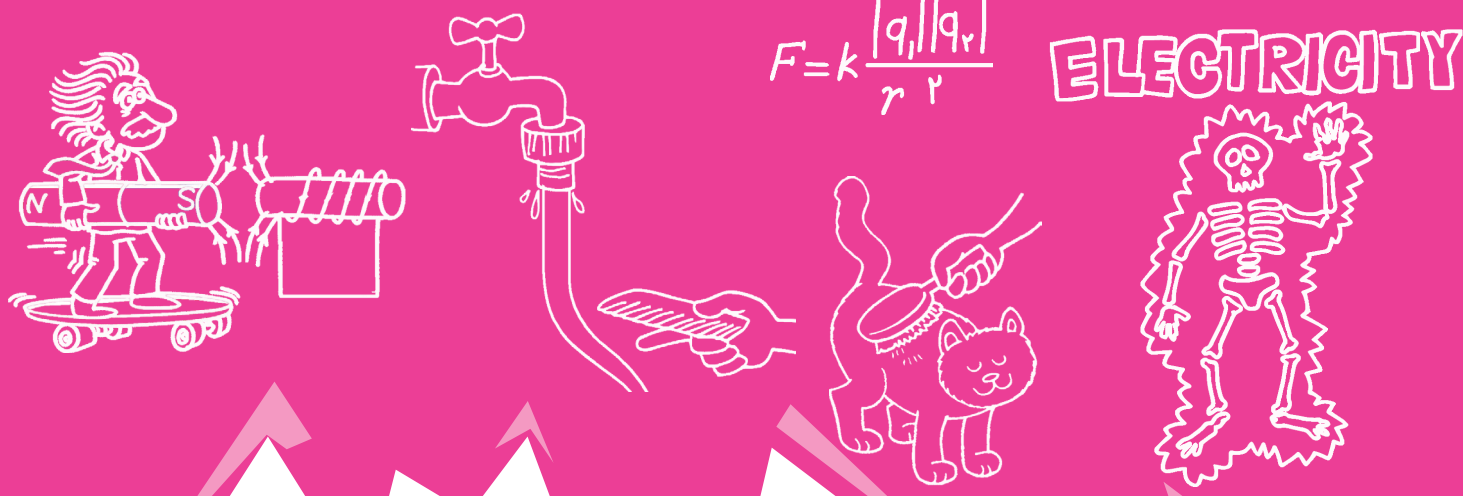
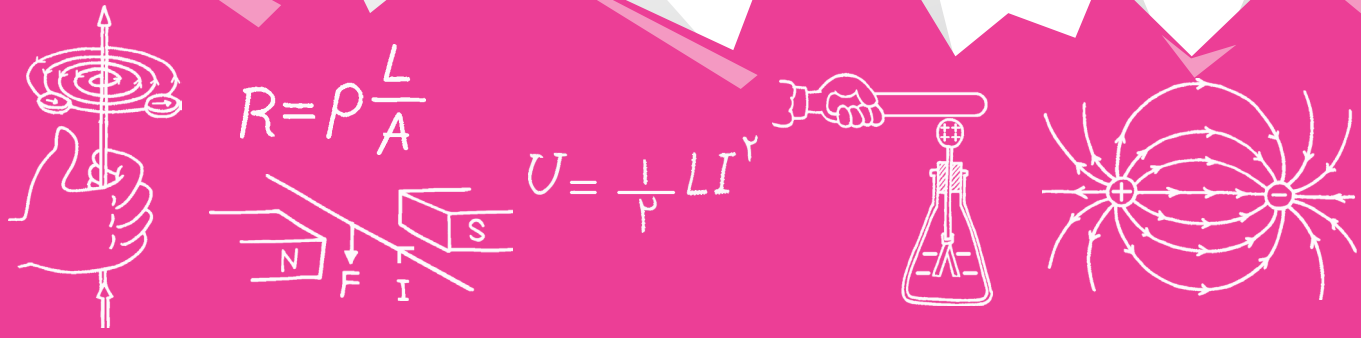


جزوهٔ کلاس کنکور

فیزیک یازدهم

تألیف: احمد مصلایی

رشتهٔ علوم تجربی



سرشناسه	:	مصلائی، احمد ۱۳۵۴-
عنوان و نام پدیدآور	:	کلاس کنکور فیزیک ۲ یازدهم رشته تجربی/ نویسنده احمد مصلایی؛ مدیر تالیف احمد مصلایی؛ ویراستار فنی مریم مجاور
مشخصات نشر	:	تهران: کتب آموزشی پیشرو، ۱۴۰۲
مشخصات ظاهری	:	۱۷۶ ص.: مصور؛ ۲۲×۲۹ س‌م.
شابک	:	۲۷۰۰۰۰۰ ریال: ۳-۱۴-۵۵۴۲-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپای مختصر
شماره کتابشناسی ملی	:	۹۲۶۵۲۰۵
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:	فیپا

کتب آموزشی پیشرو

نام کتاب:	کلاس کنکور فیزیک (۲) - پایه یازدهم (رشته علوم تجربی)
ناشر :	کتب آموزشی پیشرو (کاپ)
عنوان پروژه:	کلاس کنکور
تالیف:	احمد مصلایی
مدیر تالیف:	احمد مصلایی
صفحه آرایی:	نسیم کیانی
تصویرگر:	زهرا عسگری
حروف چینی :	منصوره سعیدی
تصویرسازی جلد:	امیر حامد پاژتار
ایده طرح جلد:	احمد مصلایی
لیتوگرافی و چاپ:	گلپا گرافیک/ نگار نقش
سال و نوبت چاپ:	۱۴۰۲/ اول
شابک :	۹۷۸-۶۲۲-۵۵۴۲-۱۴-۳
شمارگان:	۱۰۰۰
قیمت :	۲۷۰۰۰۰ تومان

مرکز فروش: میـــدان انقلاب- خیابان فخـــررازی- خیـــابان ومیـــدنظری غربی- پـــلاک ۸۳

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۹۳۴۹۰ ۰۲۱-۶۶۹۶۱۰۷۹ ۰۲۱-۶۶۹۶۴۷۲۳ -۵ صندوق پستی: ۱۳۱۴۵-۱۱۳۹

سایت نشر کاپ: www.cup-book.com آدرس سایت زیرزره‌بین: www.zirezarebinpub.ir

سخن مؤلف

به نام او

معلومات در دنیای امروز چه‌قدر اهمیت دارد؟

سال ۹۲ مدرسه‌ای درس می‌دادم که مسئولاش ادعا می‌کردند اکثر دانش‌آموزاشون نابغه هستند، ولی متوجه شدم بیشتر بچه‌ها ادای نابغه بودن رو درمی‌یارن و مغز اکثرشون از یک سری معلومات به‌درد نخور پر شده! رسیده بودیم به مبحث نور. عرض کردم نور با سرعت $۳\times۱۰^{۸}\,m/s$ در خلأ منتشر می‌شه. یکی از بچه‌های ننر و لوسی که ادعاش می‌شد و در جریان بودم کلی شر و ور شبه‌علمی تحویل بچه‌ها، دبیرها و مسئولین مدرسه داده (مثل دختر ۱۶ ساله‌ای که به مسئولین گفته بود که در زیر زمین خونش انرژی هسته‌ای تولید کرده!) گفت: «نه آقا! اشتباه گفتید! سرعت نور $۲۹۹۷۹۲۴۵۸\,m/s$ است!!» من که در ۹۹ درصد موارد آدم مؤدبی هستم، جواب دادم: «خاک بر سرت!!»

جا خورد! انتظار داشت تشویقش کنم! و لبخندی که حاکی از تصور گرفتن حال من بود به مرور از صورتش محو شد!! ادامه دادم، یک بار از اینشتین پرسیدند یک مایل چند فوته؟ جواب داد:« نمی‌دونم! چرا باید مغزم رو با اطلاعاتی که ظرف دو دقیقه در هر کتاب مرجعی می‌تونم پیدا کنم، پر کنم؟!» تازه زمان اینشتین خبری از اینترنت و فضای مجازی نبود و گرنه « دو دقیقه» جای خودشو می‌داد به « دو ثانیه»! اینشتین با این جواب به ما می‌فهمونه که از مغز باید برای فکر کردن استفاده کرد، نه انباشت اطلاعات! این موضوع هنوز در کشور ما جا نیفتاده! از قدیم الایام مسابقاتی برگزار می‌شد که اطلاعات عمومی شرکت‌کننده‌ها رو محک می‌زد و از شخص برنده به عنوان انسان بامعلومات تقدیر می‌شد! دروسی در مدارس تدریس می‌شن که هیچ اثری در افزایش قدرت تحلیل دانش‌آموزان ندارند؛ حتی خوندن اون‌ها به طور ناخودآگاه باعث کاهش توانایی ذهنی دانش‌آموزان می‌شه! چه طور چنین چیزی ممکنه؟! از راه تعمیم! دانش‌آموزی که روش گرفتن نمره در یک درس حفظی رو یاد گرفته با همون دیدگاه شروع به خوندن یک درس تحلیلی می‌کنه و خودتون تا آخرشو بخونید!

هدف یک کتاب کمک آموزشی در وهلهٔ اول اینه که به خوانندگان خود کمک کنه که در آزمون‌های امتحانی موفق شن. در کنار این هدف همیشه به این فکر می‌کنم که آیا کاری که انجام می‌دهم به رشد فکری و توانایی ایده‌پردازی مخاطبان کمک می‌کنه یا نه! همین سؤال باعث می‌شه خیلی موقع‌ها قلمم به سمتی بچرخه که با کتاب‌های معمول آموزشی متفاوت باشه. امیدوارم با این کتاب در درجهٔ اول آدم به مراتب خوش فکرتری شید و در درجهٔ دوم به راحتی از پس آزمون‌های تشریحی و تستی فیزیک یازدهم بربیاید.

ساختار کتاب

نگاهی به فصل: هر فصل از کتاب با خلاصه‌ای از مباحث اون فصل شروع می‌شه. متن نوشته‌ها دست نویس خود مؤلفه و برای نوشتنش بسی خون‌دل خوردم، بدبختی کشیدم و رنج بردم!!

واحد: هر فصل رو به چند واحد درسی تقسیم کردیم. مباحث مربوط به هر واحد رو با ساده‌ترین و پیشرفته‌ترین روش‌های ممکن درس دادیم و به اندازهٔ کافی هم ازش تست حل کردیم.

با آیکون‌های موجود در کتاب هم آشنا شید!

میانبر شما در یک تست با چهار گزینه سروکار دارید. خیلی موقع‌ها می‌تونید با توجه به گزینه‌ها یا به کمک روش‌های فرعی سریع‌تر به جواب تست برسید. ما این کار رو در «میانبر» ها انجام دادیم.

سریع باش ترفندهای محاسباتی برای اینکه سریع‌تر به جواب تست برسی و بری سراغ تست بعدی!

تکنیک تصویرکارتونی لیونل مسی نشون میده چه خبره! با خوندن این قسمت‌ها مهارت شما در حل یک سری تست‌ها به شدت افزایش پیدا می‌کنه.

کدینگ یک سری رمز و رموز برای به خاطرسپاری فرمول‌ها (یا بعضی مفاهیم)

تصویرسازی عینیت‌بخشی به یک سری مفاهیم برای درک بهتر اون‌ها

ویژه بچه‌های خفن این کتاب مخاطب خاص نداره! هر دانش‌آموزی با هر سطحی بهرهٔ خودش رو از این کتاب خواهد برد! به هر حال برای خوانندگان کمال‌گرا و اون‌هایی که به کم‌تر از درصد ۱۰۰ راضی نیستند، بخشی رو کنار گذاشتیم به نام «ویژه بچه‌های خفن» که داخل کادری طوسی رنگ آورده شده.

کالبدشکافی شکل‌های کتاب درسی تعدادی از شکل‌های کتاب درسی رو که مهم‌اند حسابی و از هر جهت در قالبی که می‌بینید بررسی کردیم.

تله طراح خیلی از طراحان تست‌های کنکورهای سراسری (و آزمایشی) دچار بیماری دانش‌آموزآزاری هستند با آیکون‌های «خطر» و «تله طراح» به استقبال مباحثی رفتیم که طراح می تونه براتون دام پهن کنه و شما رو به اشتباه وادار کنه!

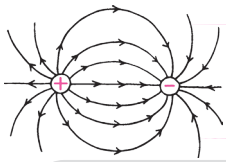
تشکر نامه

در پایان از همهٔ عزیزانی که در تولید این کتاب نقش داشتند تشکر می‌کنم. از جمله «آقای سید احمد موسوی» مدیریت انتشارات کاپ، «آقای حاتمی» در امور تولید، «آقای کیانوش خرم‌روز» در ویرایش کتاب، خانم «زهرا عسگری» بابت رسم کارتون‌های کتاب و بالاخره خانم «نسیم کیانی» بابت صفحه آرایی فوق العادهٔ کتاب.

تقدیم به

شیرینی زندگیم «سامان مصلایی»

classkonkurnote
@classkonkurnote

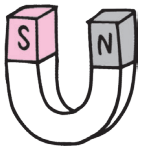


فصل ۱ الکتریسیته ساکن

بار الکتریکی	۸
نیروی الکتریکی	۱۷
میدان الکتریکی	۳۲
پتانسیل الکتریکی	۴۵
توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا	۵۵
خازن	۵۸

فصل ۲ جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

جریان الکتریکی	۶۹
مقاومت الکتریکی	۷۴
نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها	۸۵
ترکیب مقاومت‌ها	۹۵



فصل ۳ مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

مبانی مغناطیس	۱۲۷
نیروی مغناطیسی	۱۳۵
میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی	۱۴۴
شار مغناطیسی	۱۵۳
القای الکترومغناطیس	۱۵۶
القاگرها	۱۶۸
جریان متناوب و مبدل	۱۷۱

بارالکتریکی

۱ بارپنیادی (e): اندازهٔ بارالکترون

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

۲ درمورد بارهای الکتریکی دو اصل وجود دارد.

۱) اصل چاپستگی بار: جمع جبری بارهای الکتریکی در دستگاه منزوی ثابت است.

۲) کوانتیده بودن بار: بار یک جسم مضرب درستی از بارپنیادیه.

(از دست دادن n الکترون)

$q = +ne$, $n = 0, 1, 2, \dots$

(به دست آوردن n الکترون)

✱ دراتمی با عدد اتمی Z و n_e الکترون:

(بار هسته) $q = +Ze$

(بار الکترون‌ها) $q = -n_e e$

(بار اتم) $q = (Z - n_e)e$

مالش ← القا

۳ روش‌های باردارکردن اجسام ← تماس

۴ مالش: باماليش دو جسم نارسانای خنثی بارهای دو جسم هم اندازه و ناهم‌نام می‌شه.

۵ در سری الکتریسیتهٔ مالشی، موادی که به انتهای منفی سری نزدیک‌ترند، الکترون خواهی بیشتری دارند.

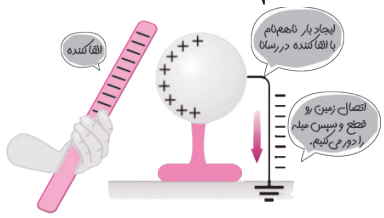
۶ تماس: انتقال بار الکتریکی از جسم باردار به جسم خنثی (باردوجسم هم‌نام می‌شه)

✱ اگر دو کرهٔ رسانای مشابه با بارهای q_1 و q_2 را باهم تماس دهیم، بار آن‌ها پس از تماس برابر می‌شود:

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

القای الکتریکی

۱ القا: ایجاد بار الکتریکی در یک جسم بدون تماس با اون. بارهای القاشونده و القاکننده ناهم‌نامند.

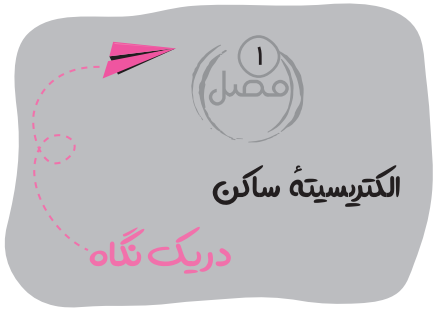


۲ کاربرد الکتروسکوپ ← تشخیص رسانایی ← تشخیص بار ← تعیین علامت بار

✱ مقایسهٔ علامت بارهای جسم و الکتروسکوپ زمانی که آروم به هم نزدیک می‌کنن.

← افزایش زاویهٔ بین برگه‌ها: هم‌نام

← کاهش زاویهٔ بین برگه‌ها: ناهم‌نام



نیروی الکتریکی

۱ قانون کولن: اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه‌ای با حاصل ضرب اندازهٔ بارها نسبت مستقیم و با مجذور فاصلهٔ بینشون نسبت عکس داره.

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

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

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

(ε_0 ضریب گذردهی الکتریکی خلا $= 8/85 \times 10^{-12}\ \frac{C^2}{N.m^2}$)

✱ اگر مجموع بارهای هم‌نام دو جسم ثابت باشه، در صورت برابری بارها، F ماکزیمم می‌شه.

میدان الکتریکی

۱ میدان الکتریکی: خاصیتی است در اطراف یک بار که بنابر اون خاصیت به بارهای اطراف نیروی الکتریکی وارد می‌کنه.

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ (نیروی الکتریکی وارد بر q / بار آزمون در نقطهٔ A)

(میدان الکتریکی بار q در نقطهٔ A)

۲ جهت میدان الکتریکی در هر نقطه، در جهت نیروی وارد بر بار + قرص در اون نقطه است.

میدان بار + در جهت خروجی از بار و میدان بار − در جهت ورودی به بار است.

۳ میدان الکتریکی بار q در فاصلهٔ r از بار:

$E = k\frac{|q|}{r^2}$

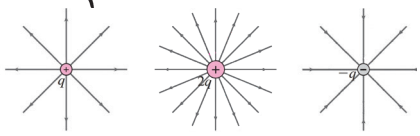
۴ ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی

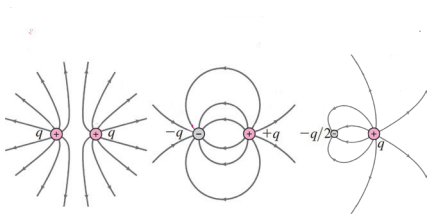
← خروج از بار +، ورود به بار −

← بزرگی میدان ∝ تراکم خطوط

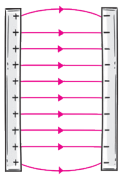
← همدیگه رو قطع نمی‌کنند.

← بردار میدان در هر نقطه مماس بر خط میدان عبوری از اون نقطه رسم می‌شه





۵ میدان الکتریکی یکنواخت: میدانیه که خطوطش، هم‌جهت، موازی و با تراکم یکسان هستند.



۶ نیروی وارد بر بار q در میدان $\vec{E}$: $\vec{F} = q\vec{E}$

← $q > 0$: $\vec{F}$ در جهت $\vec{E}$

← $q < 0$: $\vec{F}$ در خلاف جهت $\vec{E}$

کار نیروی الکتریکی

۱) کار نیروی الکتریکی $\vec{F}_E$ در جابه‌جایی $\vec{d}$:

$W_E = F_E d \cos\theta$ ← (زاویه بین $\vec{F}_E$ و $\vec{d}$)

۲) زاویه بین نیرو و جابه‌جایی ← راست: $W_E = 0$

تند: $W_E > 0$

باز: $W_E < 0$

☆ اندازه کار نیروی الکتریکی روی مسیر از رابطه زیر هم حساب کرد:

$|W_E| = |q| E d_{//}$

($d_{//}$: فاصله بین دو نقطه در راستای خطوط میدان)

☆ کار نیروی الکتریکی در جابه‌جایی بار در بین دو نقطه به مسیر جابه‌جایی بستگی نداره!

انرژی پتانسیل الکتریکی

۱) انرژی پتانسیل الکتریکی: انرژی ای که بار الکتریکی به خاطر موقعیتش در میدان الکتریکی به دست می‌اره.

۲) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره باردار در یک جابه‌جایی مشخص، برابر منفی کار نیروی الکتریکی در همون جابه‌جایی:

$\Delta U_E = -W_E = -|q| E d \cos\theta$

۳) تعیین علامت ΔU_E

حرکت بار در جهت نیروی الکتریکی:

$\theta < 90^\circ \Rightarrow \cos\theta > 0 \Rightarrow W_E > 0 \Rightarrow \Delta U_E < 0$

حرکت بار در خلاف جهت نیروی الکتریکی:

$\theta > 90^\circ \Rightarrow \cos\theta < 0 \Rightarrow W_E < 0 \Rightarrow \Delta U_E > 0$

☆ اگه تنها نیروی وارد بر بار، نیروی الکتریکی باشه، داریم: $\Delta U_E = -\Delta K$

☆ اگه علاوه بر نیروی الکتریکی، نیروی $\vec{F}$ به بار وارد شه: $W_F = \Delta U_E + \Delta K$

پتانسیل الکتریکی

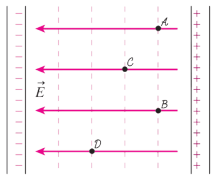
۱) اختلاف پتانسیل الکتریکی: نسبت تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره باردار در انتقال بین دو نقطه به بار ذره، برابر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین اون دو نقطه است.

$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{\Delta U_E}{q}$

۲) یکای پتانسیل الکتریکی در SI «ولت (V)» یا همون «ژول بر کولن»، یعنی: $V = \frac{J}{C}$

☆ اختلاف پتانسیل بین دو نقطه، مستقل از اندازه و علامت باریه که بین اون دو نقطه جابه‌جا می‌شه.

۳) پتانسیل الکتریکی در جهت خطوط میدان کاهش پیدا می‌کنه.



$V_A = V_B$

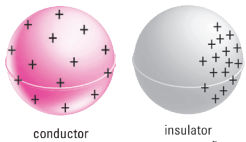
$V_B > V_C > V_D$

۴) اگه فاصله دو نقطه در راستای خطوط میدان $d_{//}$ باشه:

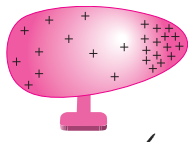
$|\Delta V| = E d_{//}$

توزیع بار الکتریکی

۱) باری که به عایق داده می‌شه در نقطه تماس باقی می‌مونه و باری که به رسانا داده می‌شه، روی سطح خارجی رسانا پخش می‌شه.



۲) توزیع بار بر سطح رسانا: بار در سطح خارجی یک رسانای کروی به طور یکنواخت پخش می‌شه ولی در اجسام دیگه، تراکم بار در نقاط تیز، بیشتر از بقیه نقاطه.



۳) در شرایط تعادل الکترواستاتیکی، میدان الکتریکی در داخل رسانا صفره.

خازن

۱) خازن: وسیله ای است برای ذخیره موقت بار و انرژی الکتریکی.

۲) فرق باتری و خازن

باتری انرژی رو با اهنگ کم جه‌می‌ده.

خازن انرژی رو با اهنگ زیاد جه‌می‌ده.

از تخلیه انرژی الکتریکی خازن برای فلاش دوربین استفاده می‌شه.

۳) ظرفیت خازن: نسبت بار ذخیره شده روی هریک از صفحه‌های خازن به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه.

$C = \frac{Q}{V}$

۴) یکای ظرفیت در SI، «کولن بر ولت» یا «فاراد (F)» است.

☆ ظرفیت خازن به ولتاژ و بار ذخیره شده روی صفحه‌هاش بستگی نداره.

۵) ظرفیت خازن تخت: $C = K\varepsilon_0 \frac{A}{d}$

(ε_0: ثابت دی الکتریک)

۶) ثابت دی الکتریک خلأ ۱ و بقیه عایق‌ها بزرگ‌تر از یک است. $K_{هوا} \simeq 1$

۷) میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن:

$E = \frac{V}{d} = \frac{q}{K\varepsilon_0 A}$

۸) فروریزش الکتریکی: اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن از یک حد بیشتر بشه، تعدادی از الکترون های اتم‌های دی الکتریک کنده می‌شه و مسیرهای رسانا در دی الکتریک ایجاد می‌شه که باعث تخلیه خازن می‌شه.

۹) انرژی خازن: انرژی به نوع انرژی پتانسیل الکتریکی در میان الکتریکی بین صفحه‌های خازن ذخیره می‌شه.

$U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

واحد ۱ بار الکتریکی

برق چشمانت تو از دور مرا می‌گیرد
من اگر دست به زلفت بزنم می‌میرم. (کاظم بهمنی)

منشأ بار الکتریکی

انواع کمیت‌ها:

۱ پیوسته: در حدودی که تعریف می‌شوند، هر مقداری می‌توانند داشته باشند (نمونه: طول، زمان).

۲ کوانتیده: فقط مقادیر معینی می‌توانند داشته باشند (نمونه: تعداد افراد، بار الکتریکی).

توجه به کمترین مقدار یک کمیت کوانتیده، «مقدار پایه» یا «کوانتای» آن کمیت می‌گویند.

بار الکتریکی یک کمیت کوانتومی و یکای آن در SI «کولن (C)» است.

مقدار بار الکتریکی یک جسم مضرب صحیحی از اندازهٔ بار یک الکترون $(e = 1/6\times10^{-19}\,C)$ است.

$q = \pm ne\ ,(n = 0,1,2,...)$

(از دست دادن n الکترون توسط جسم خنثی)

(جذب n الکترون توسط جسم خنثی)

توجه در یک جسم خنثی، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر است؛ اگر این تساوی به هم بخورد، جسم باردار می‌شود. می‌توان رابطهٔ بالا را به‌صورت زیر نوشت:

$q = (n_p - n_e)e$

n_p: تعداد پروتون‌ها، n_e: تعداد الکترون‌ها

نتیجه

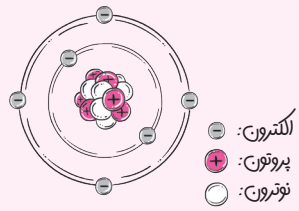
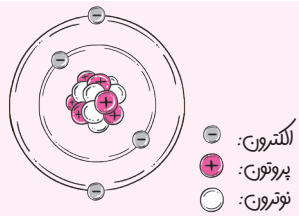
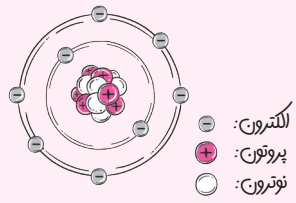
- اگر تعداد الکترون‌های یک جسم بیشتر از تعداد پروتون‌هایش باشد، بار آن جسم منفی است: $n_e > n_p \Rightarrow q < 0$
- اگر تعداد الکترون‌های یک جسم کمتر از تعداد پروتون‌هایش باشد، بار آن جسم مثبت است: $n_p > n_e \Rightarrow q > 0$
- اگر تعداد الکترون‌های یک جسم برابر پروتون‌هایش باشد، بار آن جسم صفر است: $n_p = n_e \Rightarrow q = 0$

نکته یک هسته با عدد اتمی Z، دارای Z تا پروتون است؛ پس بار هسته برابر است با: $n_p = Z \Rightarrow q = +Ze$

اگر اتم دارای n_e الکترون باشد، مجموع بار الکترون‌هایش $-n_e e$ و بار کل اتم $q = (Z - n_e)e$ است.

در یک اتم خنثی، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر و بار خالص اتم صفر است.

نمونه حواست باشه ازت چی می‌خوان؟ بار اتم یک چیزه، بار هسته یک چیز دیگه و بار الکترون‌ها یک چیز دیگه!

نوع اتم	شکل	بار هسته	بار الکترون‌ها	بار اتم
کربن خنثی $(^{12}_{6}C)$	 الکترون: پروتون: نوترون:	$q = Ze$ $q = 6\times1/6\times10^{-19}$ $q = 9/6\times10^{-19}\,C$	$q = -n_e e$ $q = -6\times1/6\times10^{-19}$ $q = 9/6\times10^{-19}\,C$	$q = (n_p - n_e)e$ $q = 0$
کربن دو بار یونیدهٔ مثبت (C^{2+})	 الکترون: پروتون: نوترون:	$q = Ze$ $q = 6\times1/6\times10^{-19}$ $q = 9/6\times10^{-19}\,C$	$q = -n_e e$ $q = -4\times1/6\times10^{-19}$ $q = -6/4\times10^{-19}\,C$	$q = (n_p - n_e)e$ $q = +2\times1/6\times10^{-19}$ $q = 3/2\times10^{-19}\,C$
کربن دو بار یونیدهٔ منفی (C^{2-})	 الکترون: پروتون: نوترون:	$q = Ze$ $q = 6\times1/6\times10^{-19}$ $q = 9/6\times10^{-19}\,C$	$q = -n_e e$ $q = -8\times1/6\times10^{-19}$ $q = -12/8\times10^{-19}\,C$	$q = (n_p - n_e)e$ $q = -2\times1/6\times10^{-19}$ $q = -3/2\times10^{-19}\,C$

مثال بار الکتریکی هستهٔ یون X^{5-} برابر $4/8\times10^{-12}\mu C$ است. عدد اتمی این عنصر کدام است؟ (اندازهٔ بار الکترون $1/6\times10^{-19}$ است.)

(آزمایشی سنجش- ۱۴۰۱)

۱) ۲۰ ۲) ۳۰ ۳) ۲۵ ۴) ۳۵

پاسخ ۴ وقتی یک اتم یونیده می‌شه، تعداد الکترون‌هاش تغییر می‌کنه و تعداد پروتون‌هاش ثابت می‌مونه. پس تعداد پروتون‌های هستهٔ X و یون X^{5-} برابره. عدد اتمی یک عنصر برابر تعداد پروتون‌هاشه. یعنی هسته Z تا پروتون داره و بارش برابر $q=Ze$ است.

$$q=(4/8\times10^{-12})\times10^{-6}C=4/8\times10^{-18}C$$

$$q=Ze\Rightarrow 4/8\times10^{-18}=Z\times(1/6\times10^{-19})\Rightarrow Z=3\times10^{19-18}=3$$

تمرین اتم اکسیژن دارای ۸ الکترون است. اگر اتم ۲ الکترون از دست دهد، مقدار بار این اتم اکسیژن چه اندازه می‌شود؟

(تست پیشنهادی آموزش و پرورش)

۱) $-6e$ ۲) $+2e$ ✓ ۳) $-2e$ ۴) $-6e$

مثال جسمی دارای بار مثبت است. اگر تعداد 3×10^{14} الکترون به آن بدهیم، اندازهٔ بار الکتریکی جسم نسبت به قبل دو برابر می‌شود. بار اولیهٔ جسم چند میکروکولن بوده است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

(آزمایشی نشانه - ۹۸)

۱) ۴۸ ۲) ۲۴ ۳) ۱۶ ۴) ۸

پاسخ ۴ بار اولیهٔ جسم رو با q_1 و بار ثانویه‌ش رو با q_2 نشون می‌دیم. وقتی به جسمی با بار مثبت، الکترون می‌دیم، از بار مثبت جسم کم می‌شه تا این که جسم خنثی می‌شه. از این به بعد، با ادامهٔ تزریق الکترون به جسم، بار منفیش زیاد می‌شه و اندازهٔ بارش افزایش پیدا می‌کنه. پس $q_1>0$ و $q_2<0$ است.

$$|q_2|=2|q_1|\xrightarrow[(q_2<0)]{(q_1>0)}q_2=-2q_1$$

بار انتقال یافته به جسم برابر تفاضل بار اولیه از بار ثانویه است:

$$\Delta q=q_2-q_1$$

$$\Delta q=-2q_1-q_1=-3q_1$$

$$\Delta q=-ne=-(3\times10^{14})\times(1/6\times10^{-19})\Rightarrow -3q_1=-3\times1/6\times10^{-5}\Rightarrow q_1=16\times10^{-6}C=16\mu C$$

مثال از طریق تماس، q کولن بار الکتریکی به جسمی منتقل شده است، q کدام مقدار نمی‌تواند باشد؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

(آزمایشی سنجش- ۹۴)

۱) $5/6\times10^{-19}$ ۲) $6/4\times10^{-19}$ ۳) 8×10^{-19} ۴) $11/2\times10^{-19}$

پاسخ ۴ q باید مضرب درستی از بار پایه $(e=1/6\times10^{-19}C)$ باشه.

$$1)\ n_1=\frac{q_1}{e}=\frac{5/6\times10^{-19}}{1/6\times10^{-19}}=3/5\Rightarrow n_1\notin Z$$

$$2)\ n_2=\frac{q_2}{e}=\frac{6/4\times10^{-19}}{1/6\times10^{-19}}=4\Rightarrow n_2\in Z$$

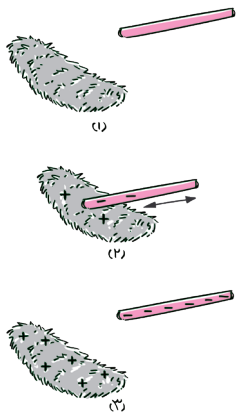
$$3)\ n_3=\frac{q_3}{e}=\frac{8\times10^{-19}}{1/6\times10^{-19}}=5\Rightarrow n_3\in Z$$

$$4)\ n_4=\frac{q_4}{e}=\frac{11/2\times10^{-19}}{1/6\times10^{-19}}=7\Rightarrow n_4\in Z$$

روش‌های باردار کردن اجسام

روش‌های متداول برای باردار کردن اجسام: ۱ مالش، ۲ تماس، ۳ القا

مالش: مواد نارسانا معمولاً از طریق مالش باردار می‌شوند. الکترون‌خواهی اتم‌های مختلف یکسان نیست. وقتی سطح دو ماده را به هم می‌مالیم، الکترون‌ها از سطح ماده‌ای که الکترون‌خواهی کم‌تری دارد به سطح مادهٔ دیگر منتقل می‌شود. ماده‌ای که دارای الکترون‌های مازاد می‌شود، بار منفی و مادهٔ دیگر بار مثبت پیدا می‌کنند.

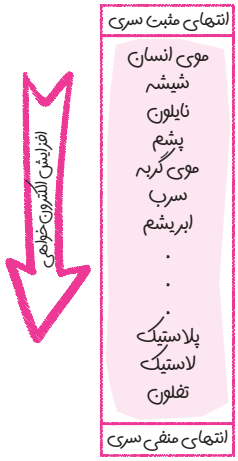


مواد رسانا رو نمی‌شه از این راه باردار کرد؟

نه! دو تا فلز معمولاً از این راه باردار نمی‌شن. فلزی که الکترون از دست می‌ده، بار مثبت پیدا می‌کنه و به غلط کردن می‌افته و هدیه‌شو (الکترون) پس می‌گیره!

البته اگه یک رسانا رو با یک نارسانا مالش بدیم، مقداری بار الکتریکی بینشون دست به دست می‌شه.

نوع باری را که دو جسم در اثر مالش با یکدیگر کسب می‌کنند، به کمک جدول روبه‌رو، می‌توان تعیین کرد. اسم این جدول «سری الکتریسیتهٔ مالشی «تریبوالکتریک» است. اگر دو ماده را با یکدیگر مالش دهیم، ماده‌ای که به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است، الکترون از دست می‌دهد و بار مثبت پیدا می‌کند و مادهٔ دیگر که به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، الکترون می‌گیرد و بار منفی پیدا می‌کند.



نمونه در اثر مالش میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ ابریشمی، بار میله + و بار پارچهٔ ابریشمی − می‌شود. هم‌چنین در اثر مالش میلهٔ پلاستیکی به پارچهٔ پشمی، بار میله − و بار پارچهٔ پشمی + می‌شود.

نوجه لازم نیست سری الکتریسیتهٔ مالشی و رو حفظ باشی؛ فقط نمونهٔ بالا رو حفظ کن. شیشه +، شیشه +، شیشه +، پلاستیک −، پلاستیک −، پلاستیک −! لازم نیست زور بزنی! حفظ شدی!

عوامل موثر در میزان بار منتقل شده در اثر مالش: ۱ شدت مالش، ۲ سطح تماس دو جسم، ۳ فاصلهٔ دو ماده در جدول الکتریسیتهٔ مالشی

مثال **بر اثر مالش یک میلهٔ شیشه‌ای با پارچهٔ پشمی به اندازهٔ ۳/۲ فمتوکولن بار بین دو جسم مبادله می‌شود. چند عدد الکترون و از کدام‌یک از آن‌ها به دیگری منتقل می‌شود؟ $(e = 1/6\times10^{-19}C)$** (آزمایشی سنجش- ۹۸)

۱) 2×10^{4} عدد از پشم به شیشه
۲) 2×10^{4} عدد از شیشه به پشم
۳) 5×10^{3} عدد از شیشه به پشم
۴) 5×10^{3} عدد از پشم به شیشه

۴ ۳ ۲ ۱ شیشه +، شیشه +، شیشه +! یعنی شیشه الکترون می‌ده (گزینه‌های ۱ و ۴: ✗) خب؛ حالا ببینیم ۳/۲ فمتوکولن حاصل تجمع چند تا الکترونه (فمتو یعنی 10^{-15}).

$$q = ne \Rightarrow \frac{3/2}{2}\times10^{-15} = n\times(1/6\times10^{-19}) \Rightarrow n = 2\times10^{-15+19} = 2\times10^{4}$$

سریع باش در تست‌های این فصل به دفعات با گزینه‌هایی برخورد می‌کنید که اعدادی توان‌دار با پایه‌های متفاوت آورده شده. در این صورت، لازم نیست توان عدد نهایی را حساب کنید. فقط پایهٔ عدد را حساب کنید. در این تست می‌توانستیم بنویسیم:

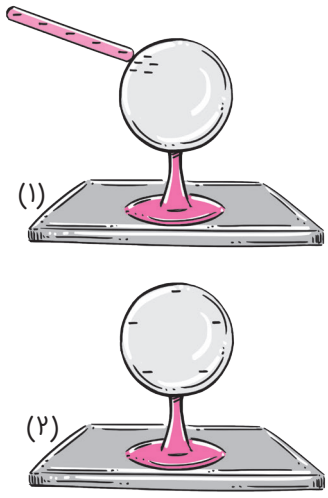
$$q = ne \Rightarrow 3/2\times\cancel{10^{-15}} = n\times(1/6\times\cancel{10^{-19}}) \Rightarrow n = 2\times10^{x}$$

ولش‌کن! ولش‌کن! حساب‌نکن→

تمرین **هنگامی که یک پارچهٔ پشمی بدون بار به یک میلهٔ پلاستیکی با بار الکتریکی $q = -20nC$ مالش داده شود، پارچهٔ پشمی دارای بار الکتریکی $Q = +0/05\mu C$ می‌شود. بار میلهٔ پلاستیکی پس از مالش چند نانوکولن است؟** (آزمایشی گزینهٔ دو – ۹۸)

۱) ✓ -70 ۲) 30 ۳) 15 ۴) -30

تـماس: در روش تماس، یک جسم باردار را در تماس با یک رسانا قرار می‌دهیم، در این صورت مقداری بار الکتریکی از جسم به رسانا منتقل می‌شود.



جسم باردار باید رسانا باشه؟

نه! می‌تونه عایق هم باشه! هر چه شدت مالش و سطح تماس دو جسم بیشتر باشه، بار بیشتری از جسم باردار به رسانا منتقل می‌شه.

مالش؟! مگه تماس به معنی یک لحظه ارتباط بین دو تا جسم نیست؟!

نه بابا! همه فکر می‌کنند روش تماس یعنی یک *touch* کوچولو بین دو تا جسم و مالش یعنی سابیدن دو جسم روی هم! ولی در فیزیک، منظور از تماس، انتقال بار الکتریکی یک جسم باردار به جسم دیگر است و معنی تحت‌اللفظیش درست نیست!

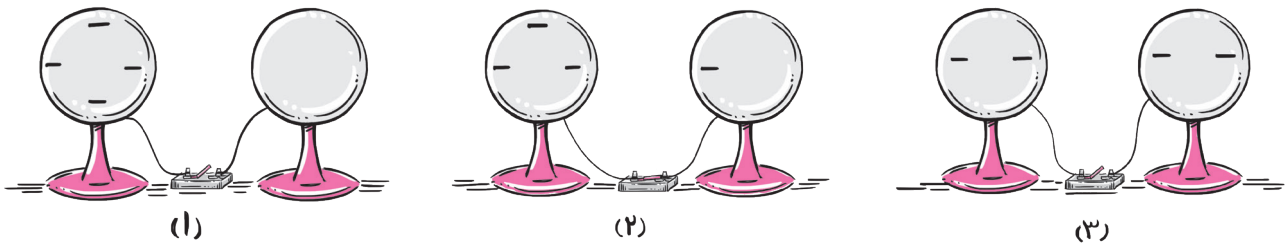
فرقش با مالش چیه؟

در مالش، هر دو تا جسم خنثی هستند و در اثر مالش بارهای ناهمنام کسب می‌کنند (برخلاف روش تماس که بار دو جسم همنام می‌شه).

نکته اگر دو کرهٔ رسانای مشابه را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی تا وقتی بینشان مبادله می‌شود که بار کره‌ها یکسان شود. اگر بار اولیهٔ کره‌ها را با q_1 و q_2 و بار نهایی آن‌ها را با q'_1 و q'_2 نشان دهیم، طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، داریم:

$$\underbrace{q'_1+q'_2}_{\text{مجموع بار کره‌ها بعد از تماس}}=\underbrace{q_1+q_2}_{\text{مجموع بار کره‌ها قبل از تماس}}$$

چون کره‌ها مشابهند، پس از تماس، بارهاشو برابر می‌شه. $q'_1=q'_2\Rightarrow 2q'_1=q_1+q_2\Rightarrow q'_2=q'_1=\frac{q_1+q_2}{2}$: اگر دو کره مشابه باشند.



مثال **دو کرهٔ فلزی مشابه A و B روی پایه‌های عایقی قرار دارند و به ترتیب، دارای بارها $+20pC$ و $+4pC$ هستند. اگر این دو کره را به یکدیگر تماس دهیم ..... الکترون از ..... منتقل می‌شود. ($e=1/6\times10^{-19}C$)** (آزمایشی سنجش - ۹۴)

۱) 5×10^{7}، کرهٔ B به کرهٔ A

۲) 5×10^{7}، کرهٔ A به کرهٔ B

۳) $2/5\times10^{7}$، کرهٔ B به کرهٔ A

۴) $2/5\times10^{7}$، کرهٔ A به کرهٔ B

پاسخ ۴ چون کره‌ها مشابهند، پس از تماس، بارهاشون برابر می‌شه.

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

بار کرهٔ A، $8pC$ کم شده و به بار کرهٔ B همین اندازه اضافه شده:

$$\Delta q_A=q'_A-q_A=12-20=-8pC$$

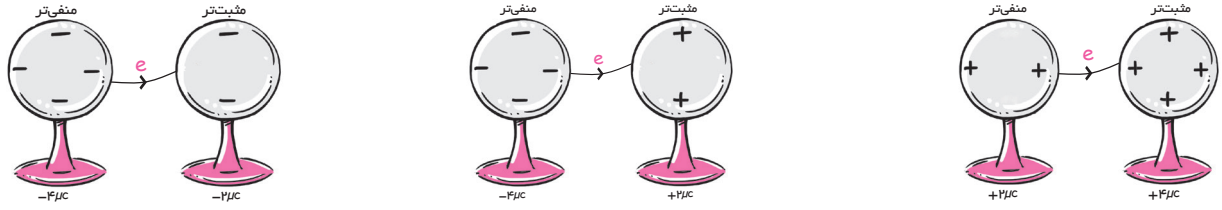
$$\Delta q_B=q'_B-q_B=12-4=8pC$$

پس $+8pC$ بار الکتریکی از A به B منتقل شده. بار مثبت که حرکت نمی‌کنه. در واقع، $-8pC$ بار الکتریکی از B به A منتقل می‌شود.

حالا ببینیم این مقدار بار، حاصل انتقال چند تا الکترونه (p یعنی 10^{-12}).

$$\Delta q=-ne\Rightarrow -8\times10^{-12}=-n\times1/6\times10^{-19}\Rightarrow n=5\times10^{-12}\times10^{19}=5\times10^{7}$$

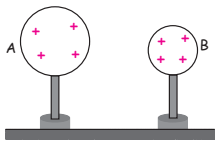
کدینگ ببین! دو تا کرهٔ مشابه داریم؛ یکی مثبت‌تر از اون یکیه؛ یعنی الکترون‌هاش کم‌تره و از اون یکی الکترون می‌گیره. خلاصه این که اونی که منفی‌تره به اون یکی الکترون می‌ده. *تعریف از خود نباشه، شکل‌های پایین فیلی آموزشی اندرا*



تمرین دو کرهٔ رسانای کاملاً مشابه، دارای بار الکتریکی q_1 و q_2 هستند. اگر دو کره را با هم تماس دهیم، اندازهٔ بار کرهٔ دوم تغییر نمی‌کند، اما علامت آن قرینه می‌شود. $\frac{q_1}{q_2}$ چقدر است؟ (آزمایشی مرات- ۹۹)

۱) $-\frac{1}{3}$ ۲) $+\frac{1}{3}$ ۳✓) -3 ۴) $+3$

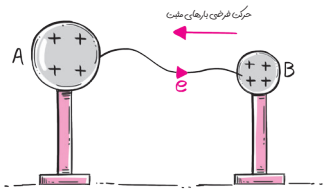
مثال در شکل روبه‌رو، بار خالص دو کرهٔ رسانای A و B با هم برابر است و کره‌ها روی پایه‌های عایق قرار دارند. اگر این دو کره را با سیم به هم وصل کنیم: (آزمایشی سنجش - ۹۳)



۱) تعدادی الکترون از A به B منتقل می‌شود. ۲) تعدادی الکترون از B به A منتقل می‌شود.

۳) ذراتی با بار مثبت از A به B منتقل می‌شود. ۴) ذراتی با بار مثبت از B به A منتقل می‌شود.

۴ ۳ ۲ ۱✓ فاصلهٔ بارهای مثبت در کرهٔ B کمتر از فاصلهٔ بارهای مثبت در کرهٔ A است. پس بارهای کرهٔ B نیروی دافعهٔ بزرگ‌تری به هم وارد می‌کنند و به اصطلاح نامتعادل‌ترند. وقتی دو کره را با سیم به هم وصل می‌کنیم، از بار مثبت B کم و به بار مثبت A اضافه می‌شه. اگر بارهای مثبت حرکت می‌کردند، تعدادی بار مثبت از B به A می‌رفتند، ولی عملاً بارهای مثبت حرکت نمی‌کنند و تعدادی الکترون از A به B منتقل می‌شه که باعث می‌شه تعدادی از بارهای مثبت B خنثی بشه و بار مثبت A بیشتر بشه.



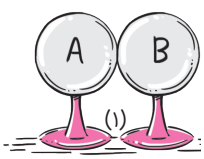
نتیجه حرکت الکترون در یک جهت، معادل حرکت بار مثبت در خلاف آن جهت است (یعنی همان نتیجه را به دنبال دارد.)

آقا! من نفهمیدم! چرا الکترون از A به B می‌ره؟!

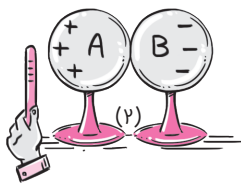
می‌تونی بگی بعد از تماس، بار A مثبت‌تر شده؛ پس انگار بار مثبت گرفته؛ گرفتن بار مثبت معادل دادن بار منفیه؛ پس A الکترون می‌ده.

القای الکتریکی: به دادن بار الکتریکی به یک جسم، بدون تماس با آن جسم، «القای الکتریکی» می‌گویند.

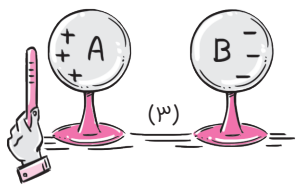
شکل‌های زیر مراحل ایجاد بارهای القایی ناهم‌نام را در دو کرهٔ رسانا نشان می‌دهد.



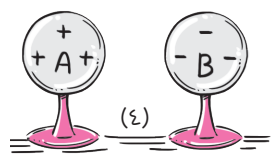
۱) دو کرهٔ رسانای خنثی را در تماس با هم قرار می‌دهیم



۲) میله‌ای با بار منفی را به کرهٔ A نزدیک می‌کنیم. تعدادی از الکترون‌های آزاد کرهٔ A به سمت کرهٔ B می‌روند و کرهٔ A در اثر کمبود الکترون، بار مثبت به دست می‌آورد.

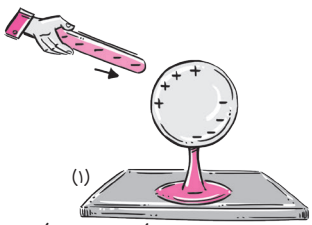


۳) در حضور میله، کره‌ها را از هم جدا می‌کنیم

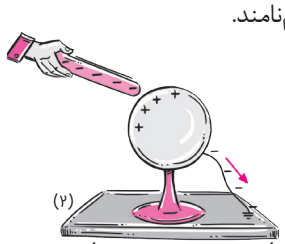


۴) میله را دور می‌کنیم. حالا A بار مثبت و B بار منفی دارد.

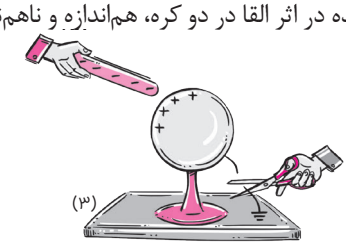
نکته در روش القا، هیچ باری از القاکننده (میله) به القاشونده (کره‌ها) منتقل نمی‌شود، بلکه مقداری بار الکتریکی در جسم القا شونده از یکدیگر تفکیک می‌شوند. بارهای ایجاد شده در اثر القا در دو کره، هم‌اندازه و ناهم‌نامند.



۱) میله‌ای با بار منفی را به کرهٔ رسانا نزدیک می‌کنیم. میله، تعدادی از الکترون‌های آزاد را دفع می‌کند و در بخشی از کره که در نزدیکی میله قرار دارد، بار مثبت ایجاد می‌شود.



۲) کره را به زمین وصل می‌کنیم. الکترون‌ها که تا جای ممکن تمایل دارند که از میله دور شوند، به سمت زمین می‌روند.



۳) حالا کره بار مثبت پیدا کرده است؛ در حضور میله، اتصال کره با زمین را قطع می‌کنیم.

۴) میله را دور می‌کنیم؛ بار مثبت به طور یکنواخت در سرتاسر کره پخش می‌شود.

نکته محل اتصال کره به زمین مهم نیست. در شکل اخیر، از هر جایی، سیم را به کره وصل کنید، الکترون‌ها از همان مسیر به سمت زمین می‌روند. ضمناً به جای سیم می‌توانید انگشت خود را با کره تماس دهید. بدن انسان رساناست و همان کار را با سیم انجام می‌دهد (به شرطی که پاپوش عایق پاتون نکنید!)

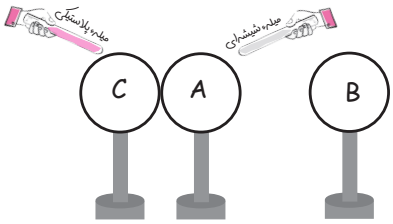
اگر ابتدا میله را دور و سپس اتصال کره با زمین را قطع کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟

با دور کردن میله، تعدادی الکترون دوباره از زمین به طرف کرهٔ مثبت جذب می‌شوند و آن‌ها را خنثی می‌کنند و کره بی‌بار می‌شود. پس اول اتصال زمین رو قطع کن، بعدش میله رو دور کن! (first break the earth connection, and then remove the rod!)

نتیجه بار القایی ناهم‌نام با بار القاکننده است. پس اگر بخواهیم در کره، بار منفی ایجاد کنیم، باید از میله‌ای با بار مثبت استفاده کنیم.

توجه زمین یک خنثی کنندهٔ بزرگ است! اگر جسمی با بار خنثی به آن متصل شود، الکترون‌های اضافی‌اش را جذب می‌کند و اگر جسمی با بار مثبت به آن وصل شود، با ارسال الکترون، بار جسم را خنثی می‌کند. (هم گیرندهٔ الکترونه، هم بخشندهٔ الکترون) در ضمن، اتصال به زمین را با نماد ⏚ نشان می‌دهند.

مثال **دو میلهٔ پلاستیکی و شیشه‌ای با اندازهٔ بارهای یکسان را مطابق شکل زیر، به دو کرهٔ خنثای A و C نزدیک کرده و در همین حال کرهٔ C را از A جدا می‌کنیم. حال میله‌های باردار را دور کرده و در کرهٔ C با بار Q+ القا می‌شود. اگر کرهٔ خنثای B را یک بار با کرهٔ A و سپس با کرهٔ C تماس دهیم، بار کرهٔ B در نهایت کدام می‌شود؟ (سه کرهٔ A، B و C فلزی و مشابه هستند و روی پایه‌های عایق قرار دارند.)** (آزمایشی کانون- ۸۴)



۱) $-\frac{Q}{۲}$ ۲) $-\frac{Q}{۴}$ ۳) $+\frac{Q}{۴}$ ۴) صفر

۱ ۲ ۳ ۴ واضحه که بار اولیهٔ کرهٔ A برابر منفی بار اولیهٔ کرهٔ C است:

$$q_A = -q_C = -Q$$

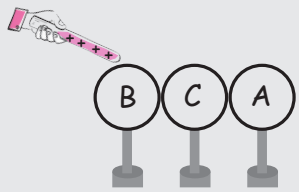
وقتی کرهٔ B رو به کرهٔ A تماس می‌دیم، کرهٔ A نصف بارشو تقدیم کرهٔ B می‌کنه:

$$q_B = \frac{q_A}{۲} = -\frac{Q}{۲}$$

حالا کرهٔ B رو با کرهٔ C تماس می‌دیم. مجموع بار کره‌ها به نسبت مساوی بینشون تقسیم می‌شه:

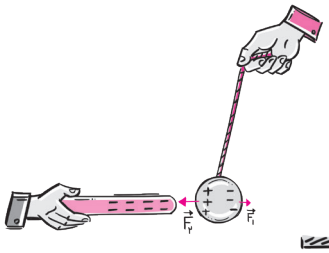
$$q'_B = q'_C = \frac{q_C + q_B}{۲} = \frac{+Q - \frac{Q}{۲}}{۲} = \frac{+\frac{Q}{۲}}{۲} = +\frac{Q}{۴}$$

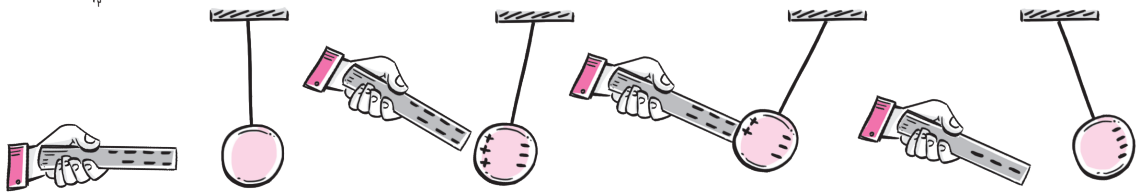
تمرین **سه کرهٔ فلزی یکسان A، B و C، مطابق شکل، روی پایه‌های عایق قرار داشته، با هم تماس دارند. میله‌ای فلزی با بار مثبت را به کرهٔ B نزدیک می‌کنیم. قبل از دور کردن میله، کرهٔ C را از بین دو کرهٔ دیگر برمی‌داریم و اتصال سه کره از هم قطع می‌شود؛ سپس میله را دور می‌کنیم. در این حالت بار کرهٔ A، $+۲۰\mu C$ خواهد شد. بعد از این کار، ابتدا دو کرهٔ B و C را تماس داده و از هم جدا می‌کنیم. سپس کرهٔ C را مجدداً با کرهٔ A تماس می‌دهیم. پس از جدا کردن کرهٔ C از کرهٔ A، بار کرهٔ C چند میکروکولن خواهد شد؟** (آزمایشی کانون - ۸۴)



۱) ۶/۸- ۲) ۵- ۳) ۵+ ✓ ۴) ۱۰+

نکته جسم القاکننده بارهای هم‌نام خود را با نیروی $\vec{F}_1$ دفع و بارهای ناهم‌نام را با نیروی $\vec{F}_2$ جذب می‌کند. چون فاصلهٔ بارهای ناهم‌نام تا القاکننده کمتر از فاصلهٔ بارهای هم‌نام تا القاکننده است، نیروی جاذبه بزرگ‌تر از نیروی دافعه است $(F_2 > F_1)$. در نتیجه القاکننده و القاشونده یکدیگر را جذب می‌کنند. البته ممکن است دو جسم در اثر نیروی جاذبهٔ الکتریکی با هم تماس برقرار کنند و مقداری بار الکتریکی از جسم القاکننده به جسم القاشونده منتقل و دو جسم یکدیگر را دفع کنند. شکل‌های زیر همین را نشان می‌دهند.





(۱) (۲) (۳) (٤)

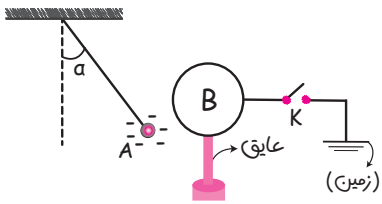
۱) میله‌ای با بار منفی را به گلولهٔ رسانایی که توسط نخی، معلق نگه داشته شده، نزدیک می‌کنیم.

۲) در گلوله بارهای مثبت و منفی القا می‌شوند. چون بارهای مثبت به میله نزدیک‌ترند، نیروی خالص وارد بر گلوله به سمت چپ است.

۳) ممکن است گلوله در اثر نیروی جاذبهٔ میله به آن بچسبد. در این صورت مقداری از بار میله به گلوله منتقل و گلوله بار منفی پیدا می‌کند.

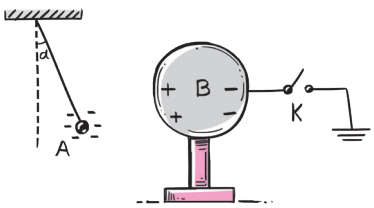
۴) گلوله توسط میله دفع می‌شود و از آن دور می‌شود

مثال **در شکل زیر، آونگ الکتریکی A که بار منفی دارد، در مجاورت کرهٔ فلزی بدون بار B که بر روی پایهٔ عایقی قرار دارد، به اندازهٔ زاویهٔ α منحرف شده است. اگر کلید K را وصل کنیم، زاویهٔ α چگونه تغییر می‌کند؟** *(آزمایشی کانون - ۸۸)*

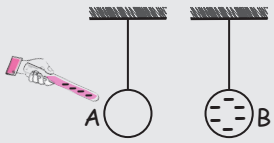


۱) افزایش می‌یابد.
۲) کاهش می‌یابد.
۳) تغییر نمی‌کند.
۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

۴ ۳ ۲ ۱ اولش در سمت چپ کرهٔ B، بار مثبت و در سمت راستش بار منفی القا می‌شه. بارهای مثبت القایی، گلولهٔ A رو جذب و بارهای منفی القایی گلولهٔ A رو دفع می‌کنند . نیروی جاذبه به نیروی دافعه می‌چربه و گلولهٔ A به سمت B منحرف می‌شه. وقتی کلید K رو می‌بندیم، بارهای منفی B به سمت زمین می‌رن و نیروی دافعه‌ای که این بارها به گلولهٔ A وارد می‌کردند، از بین می‌بره. پس کرهٔ B بار خالص مثبت پیدا می‌کنه و به A فقط نیروی جاذبه وارد می‌کنه که باعث می‌شه گلولهٔ A به کرهٔ B نزدیک‌تر بشه و زاویهٔ α افزایش پیدا می‌کنه.

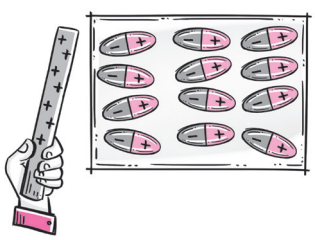


تمرین **با توجه به شکل زیر، کرهٔ فلزی و خنثای A، کرهٔ سبک B را: (میله و کره‌ها هیچ کدام با هم تماس برقرار نمی‌کنند.)** *(آزمایشی کانون - ۸۴)*



۱) جذب می‌کند.
✔ ۲) دفع می‌کند.
۳) ابتدا جذب و سپس دفع می‌کند.
۴) ابتدا دفع و سپس جذب می‌کند

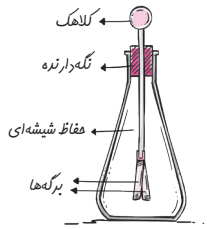
القای الکتریکی در مواد نارسانا با مواد رسانا فرق دارد. اگر مطابق شکل، میله‌ای با بار مثبت را به یک مادهٔ عایق نزدیک کنیم، بارهای مثبت و منفی مولکول‌های مادهٔ عایق اندکی از هم فاصله می‌گیرند و مولکول‌ها قطبیده می‌شوند، طوری که سر منفی مولکول‌ها به سمت میله جذب و سر مثبت مولکول‌ها از میله دفع می‌شوند. به این ترتیب، ماده دارای بار سطحی منفی می‌شوند و جذب میلهٔ مثبت می‌شود. (به همین ترتیب خرده‌های کاغذ، جذب شانهٔ باردار می‌شود.)



خطر اگر در مجاورت میلهٔ باردار، مادهٔ عایق را به زمین وصل کنیم، بار چندانی بین عایق و زمین منتقل نمی‌شود. بنابراین، مواد عایق را نمی‌توان به روش القا باردار کرد.

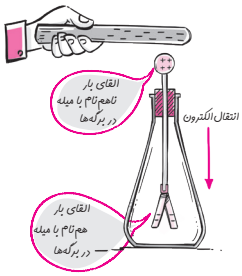
الکتروسکوپ

اولین سوال پایان فصل کتاب درسی در مورد الکتروسکوپ است. با این وسیله در کتاب علوم تجربی پایهٔ هشتم آشنا شدید. با رویکردی تصویری الکتروسکوپ را بررسی می‌کنیم.



کاربردهای الکتروسکوپ
- ۱ تشخیص باردار بودن یک جسم
- ۲ تعیین نوع بار جسم
- ۳ تشخیص این که جسم رساناست یا نارسانا

تشخیص باردار بودن جسم: اگر جسم باردار را به الکتروسکوپ خنثی نزدیک کنیم، برگه‌های الکتروسکوپ از هم فاصله می‌گیرند.

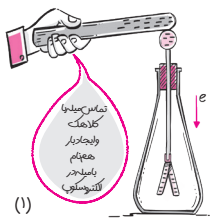


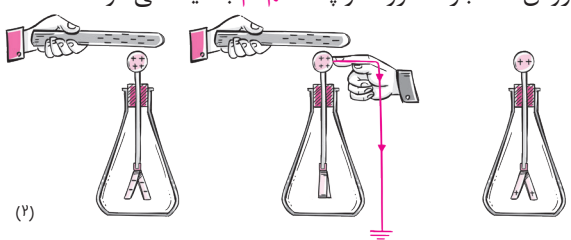
بار کلاهک ← ناهم‌نام با بار جسم باردار

بار برگه‌ها ← هم‌نام با بار جسم باردار

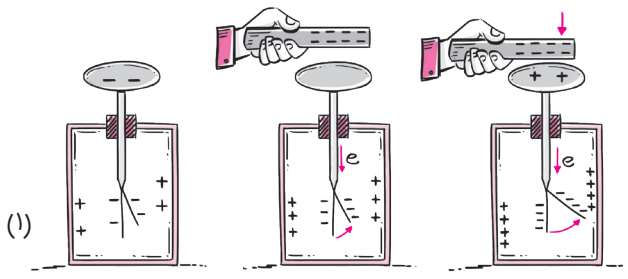
بار الکتروسکوپ ← صفر (۰ = باربرگه‌ها - بار کلاهک)

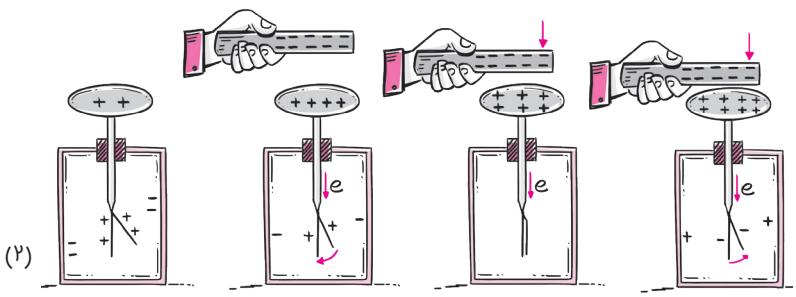
برای ایجاد بار الکتریکی در الکتروسکوپ، یا از روش تماس استفاده می‌کنیم (شکل ۱) یا از روش القا (شکل ۲). در روش تماس، بار الکتروسکوپ هم‌نام با میله و در روش القا، بار الکتروسکوپ، ناهم‌نام با میله می‌شود.





تعیین نوع بار جسم: جسم را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپی با بار معین نزدیک می‌کنیم. اگر بار جسم و الکتروسکوپ هم‌نام باشند، زاویهٔ بین برگه‌ها افزایش می‌یابد (شکل ۱). اگر بار جسم و الکتروسکوپ ناهم‌نام باشند، زاویهٔ بین برگه‌ها کاهش می‌یابند. اگر بار جسم بیشتر از بار الکتروسکوپ باشد، ممکن است برگه‌ها آن‌قدر به هم نزدیک شوند تا به هم بچسبند و در ادامه، با ایجاد بار مخالف بار اولیه روی برگه‌ها، دوباره برگه‌ها از هم دور شوند(شکل ۲).





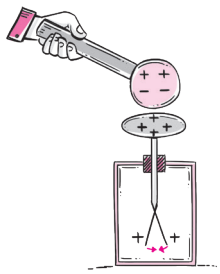
ویژه بچه‌های خفن

تله طراح میله‌ای رو با بار زیاد رو به سرعت به کلاهک الکتروسکوپی با بار ناهم‌نام میله نزدیک می‌کنیم. علامت بار روی برگه‌ها خیلی سریع‌تر از چیزی که تصور می‌کنیم، تغییر می‌کنه و اندازهٔ بار روی برگه‌ها بیشتر از قبل می‌شه و برگه‌ها از هم فاصله می‌گیرن! پس با این حساب از روی افزایش فاصلهٔ بین برگه‌ها نمی‌تونیم صددرصد نتیجه بگیریم بار میله و الکتروسکوپ هم‌نامند.

میلهٔ بارداری را به سرعت به الکتروسکوپی که به‌طور منفی باردار شده نزدیک می‌کنیم، زاویهٔ بین ورقه‌های الکتروسکوپ افزایش می‌یابد. نوع بار الکتروسکوپ چیست؟

ممکن است مثبت یا منفی باشد (اگر طراح به جای «به سرعت» می‌گفت «به آرامی»، نوع بار الکتروسکوپ قطعاً منفی بود.)

نکته اگر مطابق شکل روبه‌رو، یک جسم رسانای خنثی را به یک الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم، در بخشی از جسم که به کلاهک نزدیک‌تر است، بار ناهم‌نام با الکتروسکوپ و در بخش دورتر، بار هم‌نام با الکتروسکوپ القا می‌شود. چون بارهای ناهم‌نام جسم و کلاهک به هم نزدیک‌ترند، نیروی جاذبهٔ بین بارهای ناهم‌نام بیشتر از نیروی دافعهٔ بین بارهای هم‌نام است و تعدادی از بارهای روی برگه‌های الکتروسکوپ در اثر این جاذبه به سمت کلاهک می‌روند. در نتیجه بار روی برگه‌ها و زاویهٔ بین آن‌ها کاهش می‌یابد.



نتیجه

جسم را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌کنیم

- زاویهٔ بین برگه‌ها افزایش می‌یابد. → بار جسم هم‌نام با الکتروسکوپ است.
- زاویهٔ بین برگه‌ها کاهش می‌یابد. → جسم یا خنثی است یا دارای بار ناهم‌نام بار الکتروسکوپ است.
- زاویهٔ بین برگه‌ها ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد. → بار جسم ناهم‌نام با بار الکتروسکوپ است.

نمرین **الکتروسکوپی با بار منفی در اختیار داریم. اگر میله‌ای رسانا را به کلاهک آن نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک می‌شوند. نوع بار میله چیست؟**

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

مثال **برق‌نمایی (الکتروسکوپی) دارای بار الکتریکی مثبت است و ورقه‌های آن از هم باز شده‌اند. میله‌ای را با یک دستمال عایق گرفته، 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؟** *(آزمایشی سنجش - ۸۹)*

۱) مثبت ۲) منفی

۳) خنثی ۴) بسته به شرایط، هر کدام ممکن است درست باشد.

✓۴ ۳ ۲ ۱ ممکنه بار میله منفی باشه و این بارها بعد از تماس میله با کلاهک، به سمت الکتروسکوپ رفته و تعدادی از بارهای مثبت رو خنثی کرده باشن. ممکنه میله خنثی باشه و در اثر تماس با الکتروسکوپ، تعدادی از بارهای مثبت الکتروسکوپ به میله منتقل بشن. این امکان هم وجود داره که میله دارای بار مثبت نسبتاً کمی باشه و در تماس با الکتروسکوپ تعدادی از بارهای مثبت الکتروسکوپ به میله منتقل شن.

آقا! بار مثبت که حرکت نمی‌کنه!

می‌دونم! هر جا که گفتم بار مثبت منتقل می‌شه، منظورم انتقال بار منفی در جهت مخالفشه.

نمرین **میلهٔ پلاستیکی را با شیشه مالش می‌دهیم و آن را به یک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم، اگر ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور شوند، بار کلاهک و ورقه‌ها، به ترتیب از راست به چپ، کدام است؟** *(آزمایشی کانون - ۹۸)*

۱) منفی - منفی ✓۲) مثبت - منفی

۳) منفی - مثبت ۴) مثبت - مثبت

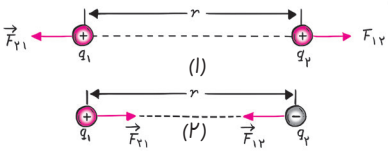
انتهای مثبت
شیشه
سرب
کاغذ
پلاستیک
تفلون
انتهای منفی

(سری الکتریسیته مالشی)

واحد ۲ نیروی الکتریکی

روح مثل الکتریسیته است؛ ازش سر در نمی‌یاریم،
اما نیرویی که می‌تونه یه اتاق رو روشن کنه. (درس چارلز)

نیرویی که دو ذرهٔ باردار به هم وارد می‌کنند، در امتداد خط واصل دو بار و به‌صورت رباشی (شکل ۱) یا رانشی (شکل ۲) است.



نیروهایی که دو ذره به هم وارد می‌کنند، هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow F_{21} = F_{12}$$

طبق قانون کولن، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار با حاصل‌ضرب بزرگی بارها نسبت مستقیم و با مربع فاصلهٔ بین آن‌ها نسبت عکس دارد.

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

(ثابت کولن $= 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$) (حاصل ضرب بزرگی بارها) (فاصلهٔ دو بار از هم) (نیروی بین دو بار $F = F_{21} = F_{12}$)

توجه خود k هم از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

($\varepsilon_0 = 8/85\times10^{-12} C^2/N.m^2$ ضریب گذردهی الکتریکی خلأ)

مثال **دو بار الکتریکی نقطه‌ای q و ۵q در فاصلهٔ ۳m از هم قرار دارند و نیروی دافعهٔ ۰/۰۲N به یکدیگر وارد می‌کنند. q چند میکروکولن است؟** $\left(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C}\right)$

(سراسری تجربی - ۹۱، خارج از کشور)

۱) ۱۰ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۵

$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow 2\times10^{-2} = 9\times10^9\times\frac{q\times5q}{3^2} \Rightarrow 5q^2 = 2\times10^{-11} \Rightarrow q^2 = 4\times10^{-12} \Rightarrow q = 2\times10^{-6}C = 2\mu C$

گزینهٔ ۱ ✓ ۲ ✓ ۳ ✓ ۴

سریع باش از تفاوت واضح بین گزینه‌ها استفاده کن و توان‌ها رو وارد محاسباتت نکن. ببین من چه جوری حل می‌کنم!

$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow 2\times10^{-2} = 9\times10^9\times\frac{5q^2}{3^2} \rightarrow q^2 = 0/4\times10^{-10} = 4\times10^{-11} \Rightarrow q = 2\times10^{-6}$

(به من چه! یک چیز دیگه! یک چیزی)

پس گزینه‌ای رو انتخاب می‌کنم که در اون عدد ۲ وجود داشته باشه! حالا اگر بین گزینه‌ها عددی مثل ۲۰ یا ۰/۲ بود، خب باید توان عدد رو هم حساب می‌کردیم.

سریع باش تکنیک محاسباتی ۹۰: ثابت کولن را می‌توان با عدد زیر نمایش داد:

$$k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2} = 9\times10^9 \frac{N.(10^2 cm)^2}{(10^6\mu C)^2} = 9\times10^9 \frac{N.(10^4 cm^2)}{10^{12}\mu C^2} = 90\frac{N.cm^2}{\mu C^2}$$

یعنی اگر در رابطهٔ کولن، q_1 و q_2 را بر حسب میکروکولن و r را بر حسب سانتی‌متر و k را مساوی عدد ۹۰ قرار دهید، F بر حسب نیوتون به‌دست می‌آید *(یاد برنامهٔ ۹۰ به خیر!... نقطه‌چین و با فحش سالم پر کنید!)*

نمونه در تست قبل، برای محاسبهٔ دقیق می‌توانستیم این‌طور وارد عمل شویم:

$$2\times10^{-2} = 90\times\frac{5q^2}{(300^2)} \Rightarrow 5q^2 = 20 \Rightarrow q = 4\mu C$$

مثال **در شکل مقابل، دو گلوله کاملاً با هم مشابه‌اند و جرم و بار الکتریکی یکسان دارند. بار الکتریکی هر گلوله $+5\mu C$ و اصطکاک دیواره‌ها ناچیز است. اگر نیروی سطح وارد بر گلولهٔ پایینی برابر ۵N باشد و دو گلوله در حال تعادل باشند، فاصلهٔ دو گلوله از هم چند سانتی‌متر است؟** $\left(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C}\right)$

(آزمایشی گاج - ۹۷)

۱) ۲۰ ۲) ۳۰ ۳) ۱۰ ۴) اطلاعات مسئله کافی نیست

۴ ۳ ۲ ۱ شکل روبه‌رو، نیروهای وارد بر گلوله رو نشون می‌ده. از تعادل گلولهٔ بالایی نتیجه می‌گیریم نیروی الکتریکی وارد بر گلوله هم‌اندازه با وزنشه:

$$F_E - W = 0 \Rightarrow F_E = W \quad (1)$$

گلولهٔ پایینی هم به حال تعادله. پس برایند نیروهای وارد بر این گلوله هم صفره. پس نیرویی که کف لوله به بار وارد می‌کنه ($\vec{F}_N$) با مجموع نیروهای وزن و الکتریکی وارد بر بار خنثی می‌شه.

$$F_{net} = 0 \Rightarrow F_N - F'_E - W = 0 \xrightarrow{(F'_E = F_E \text{ قانون سوم نیوتون})} F_E + W = F_N \xrightarrow{(1)} 2F_E = 5 \Rightarrow F_E = 2/5\,N$$

چون بارها بر حسب μC داده شده‌اند، از تکنیک محاسباتی ۹۰ می‌ریم و r رو مستقیماً بر حسب cM به‌دست می‌یاریم.

$$F = k\frac{qq}{r^2} \Rightarrow 2/5 = \frac{90\times 5^2}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{90\times 25}{2/5} = 900 \Rightarrow r = 30\,cm$$

تمرین در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم $14/4\,g$ و بار یکسان و مثبت q در فاصلهٔ $1\,cm$ از هم قرار دارند و گوی بالایی معلق مانده است. چند الکترون از گوی معلق بگیریم تا فاصلهٔ آن‌ها از یکدیگر دو برابر شود؟ (از اصطکاک دیواره صرف‌نظر شود، $k = 9\times 10^9\,N.m^2/C^2$، $e = 1/6\times 10^{-19}\,C$ و $g = 10\,\frac{m}{s^2}$) (آزمایشی مرآت - ۹۹)

۱) 10^{10} ۲) $7/5\times 10^{11}$ ✓ ۳) 5×10^{11} ۴) $2/5\times 10^{11}$

نوجه قانون کولن در حالت مقایسه‌ای آن به‌صورت مقابل نوشته می‌شود:

$$\frac{F'}{F} = \left(\frac{q'_1}{q_1}\right)\times\left(\frac{q'_2}{q_2}\right)\times\left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

البته بهتر است این مدل تست‌ها را به کمک رابطهٔ تناسبی زیر حل کرد.

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

نحوهٔ تغییر q_1	نحوهٔ تغییر q_2	نحوهٔ تغییر r	نحوهٔ تغییر F به کمک رابطهٔ مقایسه‌ای	نحوهٔ تغییر F به کمک رابطهٔ تناسبی
ثابت $(q'_1 = q_1)$	ثابت $(q'_2 = q_2)$	۲ برابر $(r' = 2r)$	$\frac{F'}{F} = \frac{q'_1}{q_1}\times\frac{q'_2}{q_2}\times\left(\frac{r}{r'}\right)^2 = 1\times 1\times\left(\frac{r}{2r}\right)^2 = \frac{1}{4}$	(۱ برابر) $\frac{q_1 q_2}{r^2}$ (۱ برابر) (۲ برابر)^2 $\Rightarrow F \propto$ (۱/۴ برابر)
ثابت $(q'_1 = q_1)$	۲ برابر $(q'_2 = 2q_2)$	نصف $(r' = \frac{1}{2}r)$	$\frac{F'}{F} = \frac{q'_1}{q_1}\times\frac{q'_2}{q_2}\times\left(\frac{r}{r'}\right)^2 = 1\times 2\times\left(\frac{1}{\frac{1}{2}}\right)^2 = 8$	(۱ برابر) $\frac{q_1 q_2}{r^2}$ (۲ برابر) (۱/۲ برابر)^2 $\Rightarrow F \propto$ (۸ برابر)
۲ برابر $(q'_1 = 2q_1)$	۲ برابر $(q'_2 = 2q_2)$	ثابت $(r' = r)$	$\frac{F'}{F} = \frac{q'_1}{q_1}\times\frac{q'_2}{q_2}\times\left(\frac{r}{r'}\right)^2 = 2\times 2\times 1^2 = 4$	(۲ برابر) $\frac{q_1 q_2}{r^2}$ (۲ برابر) (۱ برابر)^2 $\Rightarrow F \propto$ (۴ برابر)
۲ برابر $(q'_1 = 2q_1)$	$\frac{1}{2}$ برابر $(q'_2 = \frac{1}{2}q_2)$	۲ برابر $(r' = 2r)$	$\frac{F'}{F} = \frac{q'_1}{q_1}\times\frac{q'_2}{q_2}\times\left(\frac{r}{r'}\right)^2 = 2\times\frac{1}{2}\times\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$	(۲ برابر) $\frac{q_1 q_2}{r^2}$ (۱/۲ برابر) (۲ برابر)^2 $\Rightarrow F \propto$ (۱/۴ برابر)

مثال دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 در فاصلهٔ r از هم قرار گرفته و بزرگی نیروی الکتریکی بین آن‌ها F است. اگر اندازهٔ هر بار را دو برابر کرده و فاصلهٔ آن‌ها از هم را نیز دو برابر کنیم، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند برابر F خواهد شد؟ (آزمایشی مرآت - ۹۹)

۱) $\frac{1}{4}$ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) ۱ ۴) ۲

گزینهٔ ۴ می‌خواهیم نیروی الکتریکی ثانویه (F') را برحسب نیروی الکتریکی اولیه (F) تعیین کنیم. از قانون کولن در حالت مقایسه‌ای استفاده می‌کنیم:

$$\frac{F'}{F}=\frac{q_1'}{q_1}\times\frac{q_2'}{q_2}\times\left(\frac{r}{r'}\right)^2=\frac{2q_1}{q_1}\times\frac{2q_2}{q_2}\times\left(\frac{r}{2r}\right)^2=2\times2\times\frac{1}{4}=1$$

میانبر قانون کولن رو به شکل تناسبیش می‌نویسیم؛ این‌جوری:

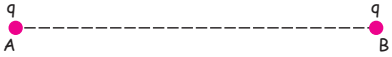
$$F\propto\frac{q_1q_2}{r^2}\Rightarrow(F,\text{۱برابر شده})\Rightarrow F'=F$$

(q_1: ۲ برابر، q_2: ۲ برابر، r^2: $(۲)^2$ برابر، $\frac{2\times2}{2^2}$: ۱ برابر)

تمرین بار الکتریکی $8\mu C$ از فاصلهٔ r بر بار $2\mu C$ نیروی F وارد می‌کند. بار $2\mu C$ در چه فاصله‌ای بر بار $8\mu C$ نیرویی به اندازهٔ $2F$ وارد می‌کند؟ (سراسری تجربی - ۸۵)

۱) $2r$ ۲) $\sqrt{2}r$ ۳) $\frac{1}{2}r$ ۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}r$ ✓

مثال مطابق شکل زیر، بارهای الکتریکی مثبت و هم‌اندازهٔ q در جای خود ثابت شده‌اند و به یکدیگر نیروی الکتریکی به بزرگی F وارد می‌کنند. اگر تعدادی الکترون از جسم A به جسم B منتقل کنیم تا بار جسم B برابر $-2q$ شود، در این صورت بزرگی نیرویی که دو ذره به هم وارد می‌کنند، چند برابر F می‌شود؟ (سراسری تجربی - ۱۴۰۰، خارج از کشور)



۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

گزینهٔ ۴ بر اساس اصل پایستگی بار الکتریکی، مجموع بار جسم‌های A و B، قبل و بعد از تبدیل بار یکسانه: $q_A'+q_B'=q_A+q_B$

$$q_A'-2q=q+q\Rightarrow q_A'=4q$$

(یعنی جسم A بار $-3q$ رو به B می‌ده، بار B می‌شه $q_B'=q-3q=-2q$ و بار A می‌شه: $q_A'=q-(-3q)=q+3q=4q$)

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}\xrightarrow[\text{(ثابت:r)}]{\text{(ثابت:k)}}\frac{F'}{F}=\frac{q_A'|q_B'|}{q_Aq_B}=\frac{4q\times2q}{q\times q}=\frac{8q^2}{q^2}=8$$

مثال دو کرهٔ فلزی کوچک مشابه که اندازهٔ بار یکی سه برابر دیگری است در فاصلهٔ ۱۵ سانتی‌متری، یکدیگر را با نیروی F جذب می‌کنند. اگر پس از تماس آن‌ها به یکدیگر، آن‌ها را در فاصلهٔ $10cm$ قرار دهیم، نیرویی چند برابر F به هم وارد می‌کنند؟ (آزمایشی کانون - ۱۴۰۰)

۱) ۱ ۲) $\frac{1}{3}$ ۳) ۳ ۴) $\frac{3}{4}$

گزینهٔ ۴ اگه بار یکی از کره‌ها $q_1=q$ باشه، بار اون یکی $q_2=-3q$ است؛ چرا منفی؟ چون کره‌ها همدیگه رو جذب می‌کنند و باید بارهاشون ناهم‌نام باشه. چون کره‌ها مشابه‌اند، بارشون بعد از تماس، یکسان می‌شه:

$$q_1'=q_2'=\frac{q_1+q_2}{2}=\frac{q+(-3q)}{2}=\frac{-2q}{2}=-q$$

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}\xrightarrow[\text{(ثابت:r)}]{\text{(ثابت:k)}}\frac{F'}{F}=\left|\frac{q_1'}{q_1}\right|\times\left|\frac{q_2'}{q_2}\right|\times\left(\frac{r}{r'}\right)^2=\left|\frac{-q}{q}\right|\times\left|\frac{-q}{-3q}\right|\times\left(\frac{15}{10}\right)^2=1\times\frac{1}{3}\times\left(\frac{3}{2}\right)^2=\frac{3}{4}$$

تمرین دو گوی رسانای کوچک و یکسان با بارهای $q_1=8nC$ و $q_2=-2nC$ از فاصلهٔ r، یکدیگر را با نیرویی به بزرگی F جذب می‌کنند. آن‌ها را با هم تماس می‌دهیم و درفاصله r' از یکدیگر قرار می‌دهیم، اگر در این حالت، گوی‌ها یکدیگر را با نیرویی با همان اندازهٔ F دفع کنند، r' چند برابر r است؟ (آزمایشی گزینهٔ دو - ۹۷)

۱) $\frac{5}{4}$ ۲) $\frac{4}{5}$ ۳) $\frac{3}{4}$ ✓ ۴) $\frac{4}{3}$

نکته اگر کسر x (یا x درصد) از بار q_1 به بار q_2 منتقل شود، بار q_1 به $q'_1 = q_1 - xq_1$ و بار q_2 به $q'_2 = q_2 + xq_2$ تبدیل می‌شوند. اگر نیروی الکتریکی بین دو بار را در این دو حالت به ترتیب با F و F' نشان دهیم، با فرض ثابت ماندن فاصلهٔ دو بار از هم، می‌توان نوشت:

$$\frac{F'}{F} = \frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2} = \frac{(q_1 - xq_1)(q_2 + xq_2)}{q_1 q_2}$$

مثال **دو بار الکتریکی نقطه‌ای برابر، در فاصلهٔ ثابتی از هم قرار دارند و به یکدیگر نیروی F وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار الکتریکی یکی کم و همان مقدار بر بار دیگر اضافه کنیم، نیرویی که به هم وارد می‌کنند، چند F می‌شود؟** (سراسری تجربی - ۸۸)

۱) ۱ ۲) ۴ ۳) $\frac{15}{16}$ ۴) $\frac{16}{15}$

۱ ۲ ۳ ۴ اگه ۲۵ درصد رو ۰/۲۵ و ۰/۲۵ رو $\frac{1}{4}$ بنویسیم، سریع‌تر می‌تونیم به جواب برسیم!

$$\begin{cases} q_1 = q,\ q'_1 = q - \frac{1}{4}q = \frac{3}{4}q \\ q_2 = q,\ q'_2 = q + \frac{1}{4}q = \frac{5}{4}q \end{cases} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \left|\frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2}\right| = \frac{\frac{3}{4}q \times \frac{5}{4}q}{q \times q} = \frac{15}{16}$$

سریع باش هر وقت تغییرات یک کمیت مجهول برحسب درصد داده یا خواسته شد، مقدار اولیهٔ اون کمیت رو ۱۰۰ بگیرید و مقدار ثانویه رو بر این اساس حساب کنید. پس در مثال بالا می‌تونستیم، مقدار اولیهٔ بارها رو ۱۰۰ واحد (واحدش مهم نیست) در نظر بگیریم: $q_2 = q_1 = 100$

۲۵ درصد این بارها یعنی ۲۵ واحد:

(بار منتقل شده)

$$\Delta q = \frac{25}{100}q_1 = \frac{25 \times 100}{100} = 25$$

پس ۲۵ واحد از بار q_1 کم شده:

$$q'_1 = q_1 - \Delta q = 100 - 25 = 75$$

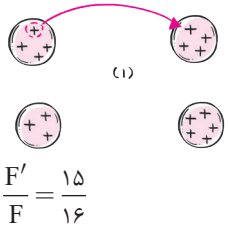
و همین مقدار به بار q_2 اضافه شده:

$$q'_2 = q_2 + \Delta q = 100 + 25 = 125$$

$$\frac{F'}{F} = \left|\frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2}\right| = \frac{75 \times 125}{100 \times 100} = \frac{15}{16}$$

(۳) (۵) (۴) (۴)

میانبر تست، از نوع پارامتریه و مقدار q داده نشده؛ یعنی مقدار q مهم نیست و به‌ازای هر qای باید به جواب درست برسی. پس خودت می‌تونی به q یک عددلخواه بدی. عددی که ۲۵ درصدشو (یعنی $\frac{1}{4}$ اونو) راحت بتونی حساب کنی. چه عددی بهتر از ۴! فرض می‌کنیم مطابق شکل، هر کدوم از بارها ۴ واحدن. حالا ۲۵ درصد بار یک کره (یعنی ۱ واحد از بارش رو) به کرهٔ دیگه می‌دیم. بار کره‌ها ۳ و ۵ واحد می‌شه. حاصل ضرب بارها در حالت اول $16 = 4 \times 4$ و در حالت دوم $15 = 3 \times 5$ می‌شه. پس:



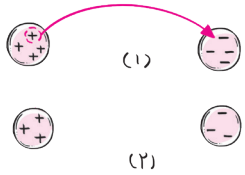
$$\frac{F'}{F} = \frac{15}{16}$$

اگر در مثال قبل بارها ناهم‌نام بودند، جواب چه بود؟

محاسبات روبرو کاملاً قابل فهمه:

$$\begin{cases} q_1 = q,\ q' = q - \frac{1}{4}q = \frac{3}{4}q \\ q_2 = -q,\ q'_2 = -q + \frac{1}{4}q = -\frac{3}{4}q \end{cases} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \left|\frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2}\right| = \frac{\frac{3}{4}q \times \frac{5}{4}q}{q \times q} = \frac{9}{16}$$

میانبر در این سؤال هم می‌تونیم به بار مقدار عددی بدیم. همون ۴ واحد خوبه که ۲۵ درصدش می‌شه ۱ واحد. اگر ۱+ واحد از بار کرهٔ مثبت کم و همون رو به کرهٔ منفی بدیم، یک واحد از بار کرهٔ منفی خنثی می‌شه و بارش می‌شه ۳- واحد. حاصل‌ضرب بزرگی بارها در حالت اول $16 = 4 \times 4$ و در حالت دوم $9 = |-3| \times |-3|$ می‌شه، پس:



$$\frac{F'}{F} = \frac{9}{16}$$

تمرین **دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌نام و هم‌اندازه در فاصلهٔ مشخصی از یکدیگر قرار دارند. چند درصد از بار یکی را برداشته و به دیگری بدهیم تا در همان فاصلهٔ قبلی، نیروی بین دو بار $\frac{9}{25}$ برابر حالت اول شود؟** (آزمایشی گاج - ۹۹)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۸۰ ✓