



مرجع تخصصی عرضه آنلاین کتاب

www.ketabonline.ir

پرفروش‌ترین
کتاب‌های
امتحان
نهایی

فرمول
بیست

۲ فیزیک

پایه یازدهم
رشته ریاضی و فیزیک

مؤلفان

مروارید شاه‌حسینی

هادی حمزه‌پور

فرمول

بیست

ن و القلم و ما یسطرون

کتاب پیش رو از مجموعه کتاب‌های فرمول بیست می‌باشد. هدف اصلی این مجموعه کتاب، ارائه آموزش‌های کامل همراه با مثال‌ها و تمرینات متنوع برپایه کتاب درسی در جهت تسلط و آمادگی برای امتحانات می‌باشد.

و اما این کتاب...

۱. تمام مطالب کتاب تو درس‌نامه‌ها پوشش داده شده، پس درس‌نامه‌ها رو خوب بخون و تمام مثال‌هاش رو حل کن. در ضمن نکته‌ها و فرمول‌ها رو خوب به خاطر بسپار.
۲. فیلم‌های جمع‌بندی برای استفاده شما عزیزان به صورت QR-code قرار داده شده است. این جمع‌بندی برای کسانی مناسب‌تر است که مطالب کتاب را خوانده‌اند و می‌خواهند برای آمادگی بهتر، یک بار دیگر درس را مرور کنند.
۳. تمام تمرینات کتاب درسی مشابه‌سازی شده و یا نمونه اون رو به صورتی که توی امتحان مطرح میشه، آوردیم. همچنین پرسش‌ها و تمرین‌های آخر هر فصل رو به طور کامل پاسخ تشریحی، آخر همون فصل گذاشتیم.
۴. تمرین‌های انتهای هر درس‌نامه رو حل کن و هر کدام که راه‌حل خوبی براش سراغ نداشته، به پاسخ‌هاش نگاه کن. حتی اگر راه‌حل رو هم پیدا کردی، باز پاسخ‌نامه رو ببین.
۵. سطح سؤالات با علامت 🌟 بالاتر از بقیه سؤالات و ویژه دانش‌آموزان سخت‌کوش است.
۶. در پایان کتاب آزمون‌های تألیفی و نهایی وجود داره تا از خودت آزمون بگیری و با نحوه مطرح شدن سؤالات توی امتحان آشنا بشی. تو می‌تونی بهترین نمره کلاس رو بگیری.

به امید موفقیت

فهرست

پاسخ	درسنامه و سوالات	
۲۷۰	۸۶ تا ۶	فصل اول: الکتریسیته ساکن
۲۹۶	۱۶۲ تا ۸۷	فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم
۳۲۳	۲۱۹ تا ۱۶۳	فصل سوم: مغناطیس
۳۳۷	۲۶۷ تا ۲۲۰	فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

امتحان نهایی



۳۵۲	آزمون ۱: نوبت دوم
۳۵۵	آزمون ۲: نوبت دوم
۳۵۸	آزمون ۳: خردادماه ۱۴۰۳
۳۶۰	آزمون ۴: خردادماه ۱۴۰۴
۳۶۳	پاسخ نامه تشریحی آزمون ۱ تا ۴

بارم بندی درس فیزیک ۲ ریاضی

نوبت دوم	نوبت اول	شماره فصل
۴/۵	۱۳	اول
۵/۵	۷	تا صفحه ۶۷
	—	از صفحه ۶۷ تا آخر فصل
۵/۵	—	سوم
۴/۵	—	چهارم
۲۰	۲۰	جمع

شب امتحان

نوبت اول

نوبت دوم

۱

بخش



د ر س ت ا م ه

و سؤالات تشریحی

فصل اول

الکتریسیته ساکن

۱

از فصل اول فیزیک (۲)، ۱۳ نمره در نوبت اول، ۴/۵ نمره در نوبت دوم و ۶/۷۵ نمره در نوبت شهریور و دی سؤال طرح می‌شود. توجه داشته باشید که از این بارم‌بندی، ۲ نمره در نوبت اول، ۵/۵ نمره در نوبت دوم و ۱/۲۵ نمره در نوبت شهریور و دی مربوط به فعالیت‌ها و آزمایش‌های این فصل است.

بار الکتریکی

صفحه ۲ تا ۴ کتاب درسی

بسته اول



الف بار الکتریکی

واژه الکتریسیته از واژه یونانی **الکترون** گرفته شده است که به معنای **کهریا** است.

نکته مبانی فیزیک مرتبط با پدیده‌هایی که منشأ الکتریکی دارند نخستین بار مورد توجه فیلسوفان یونان قدیم قرار گرفت که دریافتند اگر قطعه‌ای از کهریا با پارچهٔ پشمی مالش داده شود و سپس به خرده‌های کاه نزدیک گردد، آن خرده‌های کاه به سوی کهریا کشیده می‌شوند.

آذرخش، نیروی بین اتم‌ها در مولکول، انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب، قابلیت چسبیدن نوار سلوفان بر ظروف و بالا رفتن مارمولک از دیوار، همه منشأ الکتریکی دارند.

طبق تجربه و آزمایش مشخص شده است که دو نوع بار الکتریکی وجود دارد که توسط بنیامین فرانکلین، بار مثبت و بار منفی نام‌گذاری شد. اتم‌ها در حالت خنثی، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های یکسان دارند و اصطلاحاً بار خالص جسم، صفر است. اگر تعداد الکترون‌ها بیش‌تر از تعداد پروتون‌ها باشد، بار خالص جسم، منفی است و اگر تعداد الکترون‌ها کم‌تر از تعداد پروتون‌ها باشد، بار خالص جسم، مثبت است. بار الکتریکی را با نماد q نمایش می‌دهند و یکای آن در SI بر حسب کولن است و با نماد C نمایش داده می‌شود.

نکته یک کولن مقدار بار بزرگی است، برای مثال در یک آذرخش باری از مرتبهٔ 10^9 به زمین منتقل می‌شود، در صورتی‌که در مالش شانهٔ پلاستیکی با موی سر، بارهای منتقل شده از مرتبهٔ نانوکولن (nC) است.

قانون بنیادی الکتروستاتیک

بارهای همنام یکدیگر را دفع و بارهای ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند.

نکته جسم باردار می‌تواند علاوه بر جسم با بار مخالف، جسم خنثی را نیز جذب کند. ولی تنها دو جسم باردار با بار همنام می‌توانند یکدیگر را دفع کنند.

سؤال دو جسم A و B یکدیگر را جذب می‌کنند و دو جسم A و C یکدیگر را دفع می‌کنند. در مورد بار این سه جسم چه می‌توان گفت؟

پاسخ جسم‌های A و C یکدیگر را دفع می‌کنند، بنابراین هر دو باردار هستند و بار آنها همنام است.

جسم‌های A و B یکدیگر را جذب می‌کنند، بنابراین با توجه به باردار بودن جسم A ، نتیجه می‌گیریم که جسم B یا دارای بار ناهمنام با جسم A است یا ممکن است خنثی باشد.

ب روش‌های باردار کردن اجسام

اجسام را به سه روش باردار می‌کنند:

۱ مالش

۲ تماس

۳ القا

مالش

اگر دو جسم با جنس‌های مختلف را به یکدیگر مالش دهیم، الکترون از سطح یک جسم به سطح جسم دیگر منتقل می‌شود و هر دو جسم، باردار می‌شوند، ولی بار دو جسم، ناهمنام است. با این روش هم اجسام رسانا و هم اجسام نارسانا را می‌توانیم باردار کنیم.

به عنوان مثال اگر پارچه پشمی و میله پلاستیکی را به یکدیگر مالش دهیم، پارچه پشمی، الکترون از دست داده و بار آن مثبت می‌شود و میله پلاستیکی، الکترون دریافت کرده و بار آن منفی می‌شود و یا اگر میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش دهیم، شیشه الکترون از دست داده و بار آن مثبت می‌شود و ابریشم الکترون دریافت کرده و بار آن منفی می‌شود.

نکته! در روش مالش یکی از جسم‌ها دارای بار مثبت و جسم دیگر دارای بار منفی می‌شود و اندازه بار آن‌ها نیز یکسان است.

نکته! نوع باری که دو جسم مختلف بر اثر مالش پیدا می‌کنند، به جنس آن‌ها بستگی دارد.

نکته! روش مالش بهترین و راحت‌ترین روش برای باردار کردن اجسام نارسانا است.

سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)

برای تعیین نوع بار اجسام بر اثر مالش، از جدولی موسوم به سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک؛ Tribo در زبان یونانی به معنای مالش است)، استفاده می‌شود. در این جدول، اجسام را از نظر خاصیت الکترون خواهی مرتب کرده‌اند. هر چه جسم به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد، بر اثر مالش قدرت الکترون‌گیری بیشتری دارد. به عنوان مثال اگر لاستیک با پشم مالش داده شود، لاستیک از پشم الکترون می‌گیرد و بار خالص لاستیک، منفی و بار خالص پشم، مثبت می‌شود.

راستی نگران نباشین! لازم نیست این جدول رو حفظ کنین.

انتهای منفی سری

A

B

C

D

انتهای مثبت سری

سؤال چهار جسم در سری تریبوالکتریک مطابق شکل مقابل قرار دارند. جسم B را به طور جداگانه با جسم‌های

A و C مالش می‌دهیم. در هر حالت بار جسم‌ها را تعیین کنید.

پاسخ هر جسمی که به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد، در مالش، الکترون دریافت می‌کند. در اثر مالش جسم‌های A و B، جسم A دارای بار منفی و جسم B دارای بار مثبت می‌شود و در اثر مالش جسم‌های B و C، جسم B دارای بار منفی و جسم C دارای بار مثبت می‌شود.

تماس

اگر جسم رسانای خنثی را به جسم رسانای باردار تماس دهیم، جسم خنثی به طور همنام با جسم باردار، دارای بار الکتریکی می‌شود.

نکته! برای انتقال بار با استفاده از روش تماس، باید دو جسم، رسانا باشند.

$$q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$$

نکته! مجموع بار الکتریکی دو جسم، قبل و بعد از تماس، برابر است:

نکته! اگر دو کره فلزی و هم‌اندازه (یعنی دو کره مشابه) دارای بارهای q_1 و q_2 باشند، پس از تماس، بار کره‌ها برابر یکدیگر می‌شود و مقدار بار هر کدام

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

از کره‌ها پس از تماس از رابطه زیر به دست می‌آید:

در این رابطه q_1 و q_2 با علامت قرار داده می‌شوند.

افزایش بار منفی

سؤال دو کره رسانای مشابه و هم‌اندازه دارای بارهای $q_1 = -2\mu\text{C}$ و $q_2 = +10\mu\text{C}$ هستند. اگر دو کره را با هم تماس داده و جدا کنیم، بار نهایی هر کره چند میکروکولن می‌شود؟

پاسخ اگر کره‌ها هم‌اندازه باشند، بار نهایی کره‌ها یکسان می‌شود، بنابراین:

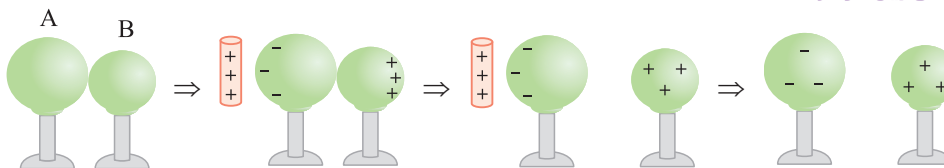
$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-2 + 10}{2} = +4\mu\text{C}$$

الف

می‌دانیم بارهای هم‌نام یک‌دیگر را دفع و بارهای ناهم‌نام یک‌دیگر را جذب می‌کنند، این موضوع اساس پدیده القای بار الکتریکی است. در این روش بدون این‌که بین جسم باردار و جسم خنثی تماسی برقرار شود، جسم خنثی را باردار می‌کنند. در واقع القای بار الکتریکی جابه‌جا شدن بار الکتریکی درون یک جسم در اثر نیروی جاذبه یا دافعه الکتریکی است. از این روش بیشتر برای باردار کردن اجسام رسانا استفاده می‌شود.

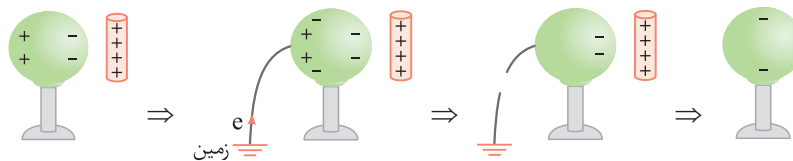
توجه پدیده القای الکتریکی در همه اجسام چه رسانا و چه نارسنا رخ می‌دهد ولی در اجسام رسانا به واسطه حضور الکترون‌های آزاد، شدیدتر است. با رسم شکل، روش القای بار را یادآوری می‌کنیم:

۱ القای بار الکتریکی بین دو کره:



توجه بارهای ایجادشده در این روش در دو کره، هم‌اندازه هستند و به اندازه و شکل اجسام رسانا بستگی ندارند.

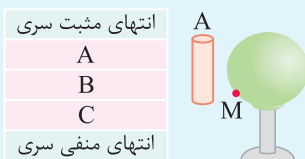
۲ القای بار الکتریکی در یک کره:



نکته در روش (ب) بار ایجادشده در کره، همیشه مخالف بار میله می‌باشد، زیرا به زمین متصل است و زمین مانند جسم بزرگی است که در صورت لزوم می‌تواند الکترون بگیرد و یا الکترون از دست بدهد.

می‌توانیم به پای اینکله کره رو با سیم به زمین وصل کنیم، انگشت خودمون رو به کره بزنیم، راستی یارتون باشه فرقی نمی‌کنه انگشت دستتون رو به کپای کره می‌زنیم.

سؤال سه جسم در سری تریبو الکتریک مطابق شکل زیر قرار دارند. جسم‌های A و C را با یکدیگر مالش می‌دهیم، سپس جسم A را به کره رسانا و خنثی نزدیک می‌کنیم و انگشت دست را به نقطه M متصل می‌کنیم و در نهایت انگشت را جدا کرده و جسم A را دور می‌کنیم. بار نهایی کره رسانا را تعیین کنید.

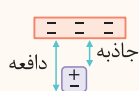


پاسخ با توجه به سری تریبو الکتریک در هنگام مالش، جسم A دارای بار مثبت می‌شود. با نزدیک کردن جسم A به کره رسانا و تماس انگشت دست به نقطه M، بارهای منفی از دست (زمین) به کره منتقل می‌شوند، بنابراین بار نهایی کره، منفی است.

توجه محل اتصال دست به کره تأثیری در بار نهایی کره ندارد.

نکته در القای بار الکتریکی همیشه جسم القاکننده و جسم القاشونده یک‌دیگر را جذب می‌کنند.

سؤال اگر خطکش باردار را به یک قطعه فویل آلومینیم بسیار سبک نزدیک کنیم، چه اتفاقی می افتد؟



پاسخ فرض کنید بار خطکش، منفی است. با نزدیک کردن خطکش به فویل آلومینیمی، القای بار (جدا شدن بارهای مثبت و منفی) در فویل رخ می دهد. جاذبه بین خطکش و قسمت مثبت فویل بیش تر از دافعه بین خطکش و قسمت منفی فویل است، بنابراین فویل جذب خطکش می شود.

پس از تماس خطکش با فویل، مقداری بار منفی به فویل منتقل می شود و پس از همنام شدن بار فویل و خطکش، دافعه ای بین آن ها ایجاد می شود و باعث دفع فویل می شود.

سؤال چرا وقتی روکش پلاستیکی را روی ظرف می کشید و آن را در لبه های ظرف فشار می دهید، روکش در جای خود ثابت باقی می ماند؟

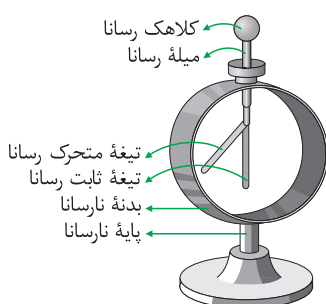
(پرسش ۱- صفحه ۳ کتاب درسی)

پاسخ وقتی روکش پلاستیکی غذا را روی ظرف پلاستیک می کشید و آن را در لبه های ظرف فشار می دهید، روکش در جای خود ثابت می ماند. از این روش در بسته بندی مواد غذایی استفاده می شود. روکش پلاستیکی (سلوفان) از مواد پلیمری ساخته شده است. این مواد در تماس با دست انسان، بار الکتریکی منفی پیدا می کنند و می توانند در سطح ظرف، بار مثبت القاء کنند، بنابراین نیروی جاذبه بین بارهای مثبت و منفی باعث ایجاد جاذبه می شود. با توجه به نارسا بودن روکش و ظرف، باری بین این دو مبادله نمی شود، چرا که اگر بار بین این دو مبادله می شد، بارهای آن ها همنام می شدند و یکدیگر را دفع می کردند. **توجه** هنگامی که سلوفان را باز می کنید، در اثر تماس دو لایه مختلف از سلوفان، آن ها باردار می شوند و به هم می چسبند.

باردار کردن توسط برف: بنابه دلایل مختلفی، دانه های برف در حین سقوط در هوا باردار می شوند. حال اگر یک صفحه توری فلزی را توسط پایه های نارسا نگه داریم، در اثر تماس دانه های باردار برف با توری، بار به توری منتقل شده و توری باردار می شود.

ج الکروسکوپ

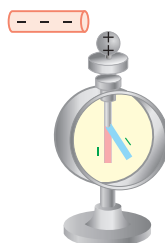
وسیله ای است که برای بررسی ماهیت الکتریکی مواد استفاده می شود و مطابق شکل زیر از یک کلاهک رسانا و ورقه های فلزی تشکیل شده است که درون محفظه ای قرار گرفته اند.



کاربردهای الکروسکوپ

۱ تشخیص باردار بودن جسم: مطابق شکل های زیر با نزدیک کردن یا تماس جسم با کلاهک الکروسکوپ خنثی به باردار بودن جسم پی می بریم. اگر جسم باردار را به کلاهک الکروسکوپ نزدیک کنید و یا با کلاهک الکروسکوپ خنثی تماس دهید، ورقه های الکروسکوپ از یکدیگر فاصله می گیرند.

اگر میله با بار منفی با کلاهک الکروسکوپ خنثی تماس داده شود، بار کلاهک و ورقه های الکروسکوپ نیز منفی می شود، در نتیجه بار ورقه ها همنام شده و از هم فاصله می گیرند.

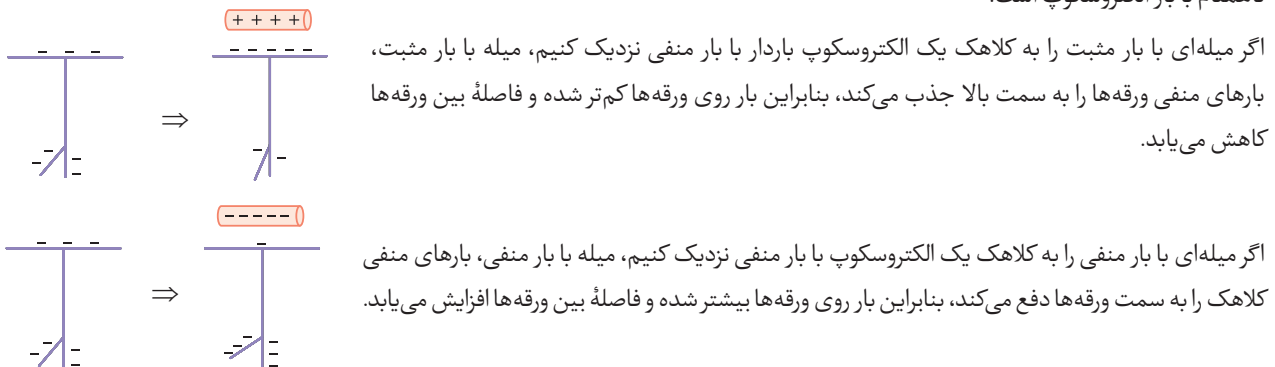


اگر میله با بار منفی کنار کلاهک الکروسکوپ نگه داشته شود، بارهای منفی و مثبت کلاهک الکروسکوپ تفکیک شده و الکترون ها به سمت ورقه ها دفع می شوند و بار ورقه ها همنام شده و از هم فاصله می گیرند.

۲ مقایسه بار دو جسم باردار: اگر اجسام باردار را نزدیک کلاهک الکروسکوپ نگه داریم، هرچه فاصله بین تیغه ها بیش تر باشد، آن گاه بار جسم بیش تر است. توجه کنید که در این حالت باید دو جسم را در یک فاصله از کلاهک الکروسکوپ نگه داریم تا بتوان از روی فاصله بین تیغه ها از هم، اندازه بار اجسام را با هم مقایسه کرد.

نکته با استفاده از یک الکروسکوپ نمی توان اندازه بار یک جسم را اندازه گیری کرد.

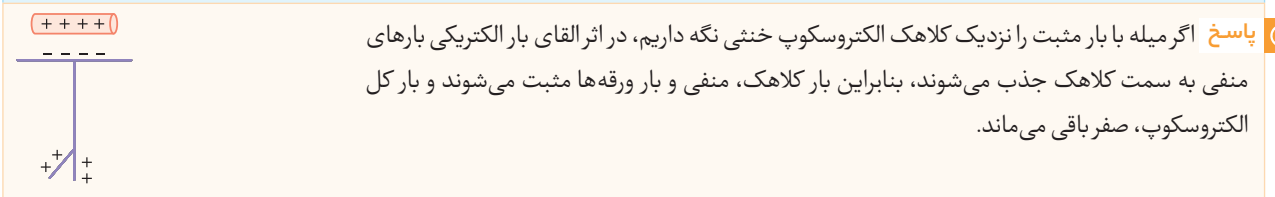
۳ تشخیص نوع بار: ابتدا الکتروسکوپ را با بار مشخص (مثبت یا منفی) باردار می‌کنیم. سپس جسم باردار را نزدیک کلاهک الکتروسکوپ نگه می‌داریم، اگر فاصله بین ورقه‌های الکتروسکوپ بیش‌تر شود، آن‌گاه بار جسم، همان‌بار الکتروسکوپ است و اگر فاصله بین ورقه‌ها کم‌تر شود، آن‌گاه بار جسم، ناهم‌نام با بار الکتروسکوپ است.



نکته ! الکتروسکوپ را مانند یک جسم رسانا می‌توانیم با روش‌های تماس یا القا باردار کنیم. فقط دقت کنید که اگر الکتروسکوپ با روش القا باردار شده باشد، بار الکتروسکوپ مخالف بار القاکننده است و اگر الکتروسکوپ به روش تماس باردار شده باشد، بار الکتروسکوپ، همان‌بار القاکننده است.

۴ تشخیص رسانا بودن یا نارسا بودن یک جسم: یک سر جسم را در دستمان (بدون دستکش) گرفته و سر دیگر آن را به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار تماس می‌دهیم. اگر ورقه‌های الکتروسکوپ خیلی سریع به هم بچسبند، جسم موردنظر رسانا است و اگر زاویه بین ورقه‌های الکتروسکوپ تغییری نکند، پس جسم موردنظر نارسا است.

سؤال میله‌ای با بار مثبت را نزدیک کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نگه می‌داریم، بار کلاهک، بار ورقه‌ها و بار کل الکتروسکوپ چگونه است؟



د پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

در مورد بارهای الکتریکی، دو اصل وجود دارد: **۱ اصل پایستگی بار الکتریکی** **۲ اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی**

اصل پایستگی بار الکتریکی

این اصل بیان می‌کند که مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی (دستگاهی که با محیط اطراف خود بار الکتریکی مبادله نمی‌کند)، ثابت است، یعنی بار الکتریکی می‌تواند از یک جسم به جسم دیگر منتقل شود، ولی نمی‌تواند به وجود آید و یا از بین برود. آن‌چه باعث می‌شود که در یک جسم، بار مثبت و در جسم دیگر بار منفی به وجود آید، انتقال الکترون از یک جسم به جسم دیگر است. به عنوان مثال اگر هنگام شانه کردن مو، تعداد 10^7 الکترون در شانه اضافه شود، به همین تعداد یعنی 10^7 الکترون از مو سر کم شده است.

اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی

اگر جسم خنثی الکترون به دست آورد یا از دست بدهد، همواره بار الکتریکی جسم، مضرب درستی (صحیحی) از بار بنیادی e (بار یک الکترون یا یک پروتون) است.

اگر بار جسم را با نماد q نمایش دهیم که یکای آن در SI برابر کولن (C) است و مقدار بار بنیادی را با نماد e نمایش دهیم که مقدار آن برابر $1.6 \times 10^{-19} C$ است، آن‌گاه اصل کوانتیده بودن بار را به صورت زیر می‌نویسیم:

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

نکته ! اندازه بار الکتریکی هر پروتون دقیقاً برابر با اندازه بار الکتریکی هر الکترون است. مقدار بار الکتریکی یک پروتون برابر با $1.6 \times 10^{-19} C$ و مقدار بار الکتریکی یک الکترون برابر با $-1.6 \times 10^{-19} C$ است. مقدار $1.6 \times 10^{-19} C$ را بار پایه می‌گوییم و آن را با نماد e نشان می‌دهیم. دقت کنید که نماد e فقط اندازه بار الکتریکی پروتون و الکترون را نشان می‌دهد و نوع بار آن‌ها را تعیین نمی‌کند.

سؤال در آذرخش حدود 10^9 C بار الکتریکی به زمین منتقل می‌شود. چه تعداد الکترون به زمین منتقل شده است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

پاسخ از اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی استفاده می‌کنیم:

$$q = ne \Rightarrow 10^9 = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{10^9}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{28}$$

سؤال کدام یک از مقدارهای زیر می‌تواند بار الکتریکی یک جسم بر حسب کولن باشد؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

☐ $q_1 = 2/4 \text{ C}$ ☐ $q_2 = 16 \times 10^{-18} \text{ C}$ ☐ $q_3 = 4/8 \times 10^{-20} \text{ C}$

پاسخ با توجه به ویژگی کوانتیده بودن بار الکتریکی، تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده را محاسبه می‌کنیم. اگر n عدد صحیح باشد، آن‌گاه چنین باری وجود دارد.

☐ $n = \frac{q}{e} \Rightarrow n_1 = \frac{2/4}{1.6 \times 10^{-19}} = 1/5 \times 10^{19} (\checkmark)$

☐ $n = \frac{q}{e} \Rightarrow n_2 = \frac{16 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} = 100 (\checkmark)$

☐ $n = \frac{q}{e} \Rightarrow n_3 = \frac{4/8 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.3 (\times)$

سؤال اتم روی (${}^{65}_{30}\text{Zn}$)، بار الکتریکی خواسته شده در هر قسمت را محاسبه کنید. ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

(مشابه تمرین ۱-۱ صفحه ۵ کتاب درسی)

☐ بار الکترون‌ها ☐ بار هسته ☐ بار اتم

پاسخ اگر عدد اتمی $Z = 30$ باشد مفهوم آن این است که در حالت خنثی، هسته 30 پروتون دارد و 30 الکترون نیز به دور هسته می‌چرخند.

$q_e = -ne = -30 \times 1.6 \times 10^{-19} = -4.8 \times 10^{-18} \text{ C}$

$q_p = +ne = +30 \times 1.6 \times 10^{-19} = +4.8 \times 10^{-18} \text{ C}$

☐ بار خالص اتم در حالت خنثی، صفر است.

بار الکتریکی

پرسش‌های تشریحی

بسته
۱

● عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید و جاهای خالی را تکمیل کنید.

- بار الکتریکی موجود در اجسام، کمیتی (کوانتیده - پیوسته) است.
- طبق اصل (کوانتیده بودن بار الکتریکی - پایستگی بار الکتریکی) مجموع بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است.
- طبق اصل (کوانتیده بودن بار الکتریکی - پایستگی بار الکتریکی)، همواره بار الکتریکی مشاهده شده یک جسم، مضرب درستی از بار بنیادی e است.
- طبق اصل (کوانتیده بودن بار الکتریکی - پایستگی بار الکتریکی)، بار الکتریکی می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.
- در یک اتم خنثی جمع جبری همه بارها (بار خالص) (دقیقاً برابر صفر - مخالف صفر) است.
- در سری الکتریسیته مالشی هر چه به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر شویم (الکترون دهی - الکترون خواهی) مواد بیش‌تر می‌شود.
- پس از مالش دو جسم به یکدیگر، بار دو جسم (هم‌اندازه - متفاوت) و (همنام - ناهمنام) خواهد شد.
- در روش القای بار الکتریکی، بار دو جسم در نهایت (ناهمنام - همنام) است.
- در باردار کردن اجسام به روش تماس، بار نهایی دو جسم (همنام - ناهمنام) است.
- وقتی دو خط‌کش پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم، آن دو خط‌کش پس از مالش یکدیگر را (دفع - جذب) می‌کنند.
- هنگامی که میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم، تعداد الکترون‌های پارچه پشمی (کاهش - افزایش) می‌یابند.
- وقتی یک الکتروسکوپ باردار از اجسام باردار دیگر دور باشد، بار کلاهک و بار تیغه‌های آن (همنام - ناهمنام) هستند.
- هنگامی که یک میله با بار مثبت را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک کنیم، بار تیغه‌ها (مثبت - منفی) می‌شود.
- اگر با نزدیک کردن میله باردار به کلاهک الکتروسکوپ باردار، فاصله تیغه‌ها افزایش یافت، بار میله و بار الکتروسکوپ (همنام - ناهمنام) بوده است.
- اگر با نزدیک کردن میله باردار به کلاهک الکتروسکوپ باردار، فاصله تیغه‌ها کاهش یافت، بار میله و بار الکتروسکوپ (همنام - ناهمنام) بوده است.

● **درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را مشخص کنید.**

۱۶. بار الکتریکی یک جسم همواره مضرب درستی از بار بنیادی e است.
۱۷. با مالش دو جسم به یکدیگر، دو جسم دارای بارهای مشابه می‌شوند.
۱۸. برای تشخیص باردار بودن یک جسم و نوع بار آن از مولد واندوگراف استفاده می‌شود.
۱۹. بار الکتریکی موجود در اجسام، کمیتی کوانتیده است.
۲۰. اگر جمع جبری بارهای یک دستگاه منزوی، صفر شود، آن دستگاه از نظر الکتریکی، باردار است.
۲۱. یک کولن، مقدار بار کوچکی است.
۲۲. با استفاده از الکتروسکوپ می‌توانیم رسانا بودن یا نارسانا بودن یک جسم را مشخص کنیم.
۲۳. در باردار کردن اجسام با روش تماس، بار دو جسم در نهایت هم‌اندازه و هم‌نام است.
۲۴. در باردار کردن اجسام به روش مالش، بار الکتریکی جسمی که الکترون خواهی کم‌تری دارد، مثبت می‌شود.
۲۵. طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود.
۲۶. در القای بار الکتریکی، همیشه جسم القاکننده و القاشونده یک‌دیگر را جذب می‌کنند.

● **به سؤالات زیر پاسخ دهید.**

۲۷. در مورد بار الکتریکی چند اصل وجود دارد؟ آن‌ها را نام ببرید.
۲۸. اصل پایستگی بار الکتریکی را تعریف کنید.
۲۹. اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی را تعریف کنید.
۳۰. با توجه به سری الکتروسیسته مالشی زیر، اگر جسمی از نوع ماده B را با جسمی از نوع ماده C مالش دهیم، نوع بار الکتریکی آن‌ها چه خواهد شد؟ چرا؟

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

۳۱. یک میلیه شیشه‌ای خنثی را با پارچه ابریشمی خنثی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میلیه شیشه‌ای برابر $6/4 \text{ nC}$ می‌شود:

(مشابه تمرین ۲ صفحه ۴۱ کتاب درسی)

۱) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه ابریشمی چند نانوکولن است؟ چرا؟

۲) الکترون‌ها از چه جسمی به چه جسمی منتقل شده‌اند؟ تعداد آنها را محاسبه کنید. ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

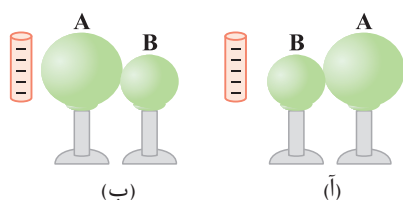
۳۲. با توجه به سری الکتروسیسته مالشی (تریپوالکتریک) زیر، اگر یک میلیه از جنس تفلون و خنثی را با موی انسان مالش دهیم و در اثر این مالش، 5×10^{10} الکترون بین این دو مبادله شود، بار الکتریکی میلیه تفلونی چند نانوکولن خواهد شد؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
⋮
پلاستیک
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

۳۳. جسم‌های A و B به ترتیب دارای بارهای مثبت و منفی هستند و جسم C خنثی است. نوع نیروی میان دو جسم از نظر جاذبه و دافعه را در هر قسمت مشخص کنید.

۱) جسم‌های A و B ۲) جسم‌های B و C ۳) جسم‌های A و C

۳۴. در هر دو شکل زیر، ابتدا کره‌های فلزی A و B که روی پایه‌های عایق قرار دارند و از قبل خنثی بودند، از هم جدا کرده و سپس میلیه را از آن‌ها دور می‌کنیم. در هر شکل بار القاشده در کره A را با بار القاشده در کره B مقایسه کنید.



(مشابه تمرین ۱- صفحه ۴۱ کتاب درسی)

۳۵. با یک الکتروسکوپ باردار مثبت هرکدام از کارهای زیر را چگونه می توان انجام داد؟

آ تشخیص نوع بار یک جسم باردار

ب رسانا یا نارسانا بودن جسم

۳۶. بار الکتریکی جسمی برابر $-64nC$ است. این جسم چه تعداد الکترون اضافی گرفته است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}C$)

(مشابه تمرین ۱- صفحه ۵ کتاب درسی)

۳۷. عدد اتمی آهن ۲۶ و بار الکتریکی الکترون $1/6 \times 10^{-19}C$ است:

آ بار الکتریکی هسته آهن چند کولن است؟

ب اتم آهن چند کولن بار الکتریکی منفی دارد؟

پ بار الکتریکی اتم آهن چند کولن است؟

۳۸. بار الکتریکی هسته اتم کربن (^{12}C) چند پیکوکولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}C$)

۳۹. بار الکتریکی اتم هلیوم یک بار یونیده (He^+) چند کولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}C$)

۴۰. بار الکتریکی اتم لیتیم دوبار یونیده (Li^{2+}) چند کولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}C$)

۴۱. جسمی رسانا با بار $+2nC$ چه تعداد الکترون مبادله کند تا بار آن $-5nC$ شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}C$)

۴۲. کدام یک از موارد زیر نمی تواند بار الکتریکی یک جسم بر حسب کولن باشد؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}C$)

آ $2/4$ ب 16×10^{-18} پ $4/8 \times 10^{-20}$ ت 32×10^{-5}

۴۳. سه جسم باردار A، B و C فقط با هم بار الکتریکی مبادله می کنند. اگر تغییرات بار الکتریکی جسم A برابر با $-5\mu C$ و تغییرات بار الکتریکی جسم B برابر با $+4\mu C$ باشد، تغییرات بار الکتریکی جسم C چند میکروکولن است؟

قانون کولن

صفحه ۵ تا ۱۰ کتاب درسی

بسته دوم

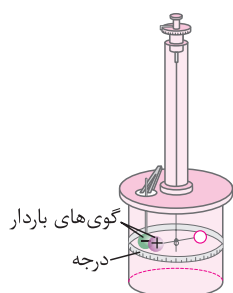


الف نیروی الکتریکی

اجسام باردار به یکدیگر نیروی جاذبه یا دافعه وارد می کنند که به آن نیروی الکتریکی می گویند. اگر بار دو جسم، همنام باشد این نیروی الکتریکی از نوع دافعه و اگر بار دو جسم، ناهمنام باشد این نیروی الکتریکی از نوع جاذبه است. دانشمند فرانسوی، شارل آگوستین کولن با استفاده از یک ترازوی پیچشی، عوامل مؤثر بر نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار که اصطلاحاً بار نقطه ای خوانده می شود را مشخص کرد. نتیجه آزمایش های او امروز با نام قانون کولن شناخته می شود.

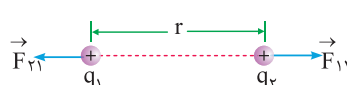
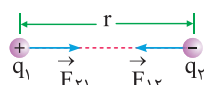
ترازوی پیچشی کولن

مطابق شکل مقابل، گلوله ای با بار مثبت به یک سر یک میله نارسانای سبک و افقی متصل شده است و این میله افقی از وسط توسط یک رشته سیم نازک و کشسان آویخته شده است. گلوله دیگری با بار منفی را از نخ آویزان کرده و از حفره ای که در بالا وجود دارد، به داخل محفظه می برند. نیروی ربایش بین این گلوله با گلوله دارای بار مثبت سبب پیچش سیم متصل به میله افقی می شود و این پیچش آن قدر ادامه می یابد تا گلوله با بار مثبت به تعادل برسد. حال با توجه به درجه هایی که بر سطح استوانه شیشه ای (محفظه) درج شده است، زاویه چرخش میله را اندازه گیری می کنیم و از روی زاویه چرخش، نیرویی را که به گلوله دارای بار مثبت وارد شده است، محاسبه می کنیم. کولن توانست با چنین آزمایشی یک رابطه برای محاسبه اندازه نیروی الکتروستاتیکی به دست آورد.



ب قانون کولن

اگر دو بار الکتریکی نقطه ای q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار گیرند، مطابق شکل های زیر به یکدیگر نیرو وارد می کنند:



(آ) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی همنام، رانشی است. (ب) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهمنام، ربایشی است.

نکته برای رسم بردار نیروی الکتریکی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند، ابتدا خط وصل بین دو بار را رسم می‌کنیم و با توجه به این‌که دو بار همنام هستند یا ناهمنام، بردار نیرو را در امتداد خط وصل بین دو بار رسم می‌کنیم.

$\vec{F}_{12}$ نیرویی است که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند و $\vec{F}_{21}$ نیرویی است که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند. نیروی الکتریکی که بارها به هم وارد می‌کنند، عمل و عکس‌العمل (کنش و واکنش) هستند، بنابراین:

۱ این دو نیرو همیشه خلاف جهت هم هستند. ($\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$)

۲ راستای این دو نیرو در راستای خطی است که دو ذره را به هم متصل می‌کند.

۳ اندازه این دو نیرو همیشه با هم برابر است. ($|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}|$)

نکته نیروهای $\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{21}$ هم‌اندازه و در خلاف جهت هم هستند ولی نمی‌توانند یکدیگر را خنثی کنند، زیرا این دو نیرو به دو ذره متفاوت وارد می‌شوند و قابل برابندگیری نیستند.

قانون کولن

بزرگی نیروی الکتریکی ربایشی و رانشی بین دو ذره باردار q_1 و q_2 که در فاصله r از یکدیگر قرار دارند، با حاصل ضرب اندازه بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله بین دو ذره از هم، نسبت وارون دارد:

$$\underbrace{F_{12} = F_{21} = F}_{\text{قانون سوم نیوتون}} \Rightarrow F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

$|q_1|$ و $|q_2|$: اندازه بار دو جسم بر حسب کولن (C) و r : فاصله بین دو ذره بر حسب متر (m) و k : ثابت کولن (الکتروستاتیکی) بر حسب

$$\frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \quad (k = 8.98 \times 10^9 \approx 9 \times 10^9)$$

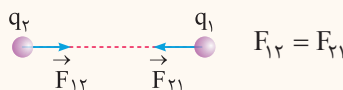
ثابت کولن (k) را بر حسب ضریب ثابت دیگری به نام ضریب گذردهی الکتریکی ϵ_0 بیان می‌کنند که برابر است با:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2}$$

سؤال دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 3\mu\text{C}$ و $q_2 = -6\mu\text{C}$ در فاصله 30cm از یکدیگر ثابت شده‌اند:

ا اندازه نیرویی که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند، بزرگ‌تر است یا اندازه نیرویی که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند؟

ب اندازه نیرویی را که این دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)



پاسخ **ا** طبق قانون سوم نیوتون، اندازه نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند، با هم برابرند:

ب از قانون کولن استفاده می‌کنیم:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^{-6}}{(30 \times 10^{-2})^2} = 1.8 \text{ N}$$

سؤال دو ذره باردار q_1 و q_2 در محل خود ثابت شده‌اند. اگر $\vec{F}_{21}$ در جهت مثبت محور x باشد، $\vec{F}_{12}$ در کدام جهت است؟

پاسخ طبق قانون سوم نیوتون، نیروها در یک راستای ولی جهت نیروها خلاف یکدیگر است، بنابراین اگر یکی از نیروها در جهت مثبت محور x باشد، نیروی دیگر در جهت منفی محور x خواهد بود.

سؤال در هریک از حالت های زیر اندازه نیروی بین دو ذره باردار چند برابر می شود؟

- ☐ الفاصله بین بارها دو برابر شود.
☐ بفاصله بین بارها نصف شود.
☐ پفقط اندازه یکی از بارها دو برابر شود.
☐ تاندازه هریک از بارها دو برابر شود.

$$F \propto \frac{1}{r^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{r_2=2r_1} \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

پاسخ ☐ آ

$$F \propto \frac{1}{r^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{r_2=\frac{1}{2}r_1} \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{1}{\frac{1}{2}}\right)^2 = 4$$

☐ ب

$$F \propto |q_1| |q_2| \xrightarrow{|q_1'|=2|q_1| \text{ ثابت: } |q_2|} \frac{F'}{F} = \frac{2|q_1|}{|q_1|} = 2$$

☐ پ

$$F \propto |q_1| |q_2| \xrightarrow{|q_1'|=2|q_1| \text{ ثابت: } |q_2'|=2|q_2|} \frac{F'}{F} = \frac{2|q_1| \times 2|q_2|}{|q_1| |q_2|} = 4$$

☐ ت

سؤال دو بار الکتریکی نقطه ای هم اندازه q در فاصله معینی از یکدیگر قرار دارند. اگر نیمی از بار یکی را برداشته و به دیگری اضافه کنیم، اندازه نیروی

الکتریکی بین دو بار در همان فاصله، در هریک از حالات زیر چند برابر می شود؟

- ☐ آبارها همنام باشند.
☐ ببارها ناهمنام باشند.

پاسخ ☐ آ اگر بارها همنام باشند و نیمی از بار ذره اول را برداریم و به ذره دوم بدهیم، آنگاه بار ذره اول به $\frac{1}{4}q$ و بار ذره دوم به $\frac{3}{4}q$ می رسد.

$$\frac{F'}{F} = \frac{k \frac{|\frac{1}{4}q| |\frac{3}{4}q|}{r^2}}{k \frac{|q|^2}{r^2}} = \frac{3}{4}$$

☐ ب اگر بارها ناهمنام باشند و نیمی از بار ذره اول را برداریم، آنگاه بار آن به $\frac{1}{4}q$ می رسد و اگر این نصف بار را به ذره دوم اضافه کنیم، با توجه به

ناهمنام بودن بارها، نصف بار ذره دوم هم خنثی می شود و اندازه بار ذره دوم نیز به $\frac{1}{4}q$ می رسد.

$$\frac{F'}{F} = \frac{k \frac{|\frac{q}{4}| |\frac{q}{4}|}{r^2}}{k \frac{|q|^2}{r^2}} = \frac{1}{4}$$

سؤال دو کره فلزی مشابه و هم اندازه که روی پایه های عایق قرار دارند، دارای بارهای الکتریکی $q_1 = 12\mu C$ و $q_2 = -2\mu C$ می باشند. اگر این دو کره

را با هم تماس داده و سپس از هم جدا کنیم و در همان فاصله قبل قرار دهیم، اندازه نیروی بین آن ها چند برابر می شود؟

پاسخ ☐ با توجه به مشابه بودن کره ها، بار جدید کره ها به صورت زیر به دست می آید:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{12 + (-2)}{2} = 5\mu C$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q_1'| |q_2'|}{|q_1| |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = \frac{5 \times 5}{12 \times 2} \times 1 = \frac{25}{24}$$

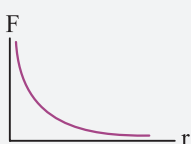
حال با توجه به رابطه کولن، نسبت اندازه نیروها را می نویسیم:

نکته از ریاضیات می دانیم وقتی مجموع دو کمیت، ثابت باشد، حاصل ضرب آن دو کمیت، زمانی بیشینه می شود که آن دو کمیت با هم برابر باشند.

بنابراین در سؤال قبل، بعد از تماس دو کره فلزی با یکدیگر و برابر شدن بار دو کره، نیروی بین دو کره بیشینه می شود.

نکته با توجه به رابطه قانون کولن، اندازه نیروی بین دو بار با مربع فاصله بین دو بار نسبت عکس دارد، بنابراین نمودار

اندازه نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار بر حسب فاصله بین آن ها به شکل زیر است:

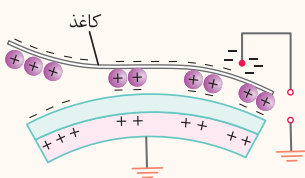
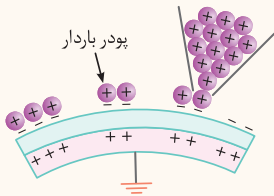
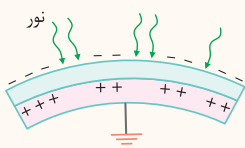
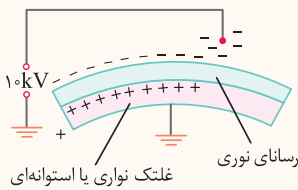




پاسخ

اساس کار دستگاه فتوکپی، باردار شدن و نیروی بین اجسام باردار است.

دستگاه فتوکپی شامل استوانه‌ای است که به آن درام می‌گویند و مطابق شکل زیر آن را به صورت مثبت باردار می‌کنند. سطح استوانه با روکش رسانا پوشانده شده است که آن را به صورت ناهمنام با درام، یعنی منفی باردار می‌کنند.

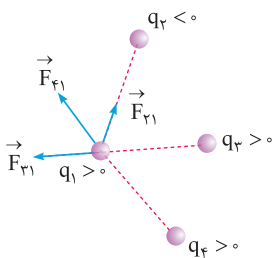


هنگامی که برگه را روی سطح شیشه‌ای دستگاه قرار می‌دهند، نور شدیدی به آن تابانده می‌شود. قسمت‌های سفیدرنگ کاغذ، نور را بازتاب می‌کنند ولی قسمت‌های تیره‌رنگ که شامل نوشته یا تصویر هستند، تقریباً بازتاب ناچیزی دارند. نورهای بازتاب‌شده پس از برخورد با بخش رسانای روی غلتک باعث خنثی شدن بار آن قسمت‌ها می‌شوند.

در مرحله بعد، پودر باردار را از روی غلتک عبور می‌دهند که جذب قسمت‌های باردار می‌شوند.

در مرحله آخر، کاغذ سفید که به صورت ناهمنام با پودر سیاه، باردار شده است را از روی آن عبور می‌دهند تا پودر سیاه را جذب می‌کند.

ج اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی



آزمایش نشان می‌دهد که اگر تعدادی ذره باردار در یک فضا قرار داشته باشند، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برآیند نیروهایی است که هر یک از ذره‌ها در غیاب سایر ذره‌ها، بر آن ذره وارد می‌کنند. این موضوع که از آزمایش نتیجه‌گیری شده است را اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی می‌گویند. به عنوان مثال، اگر چند ذره مطابق شکل مقابل قرار داشته باشند، نیروهای وارد بر بار q_1 را مطابق شکل رسم کرده و سپس برآیندگیری می‌کنیم:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{r1} + \vec{F}_{r2} + \vec{F}_{r3}$$

برای نیروی برآیند

مراحل استفاده از اصل برهم‌نهی نیروهای الکتریکی

۱ مطابق شکل بالا نیروهای وارد بر ذره مورد نظر را طوری رسم کنید که ابتدای هر کدام از نیروها، روی ذره مورد نظر باشد.

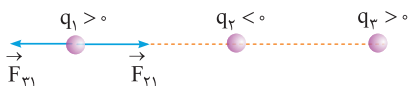
۲ اندازه هر یک از نیروها را با استفاده از قانون کولن محاسبه کنید.

۳ بردار نیروی خالص (نیروی برآیند) را رسم کنید. با توجه به جهت نیروها، اندازه بردار برآیند را به دست آورید.

سؤال‌های مربوط به اصل برهم‌نهی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

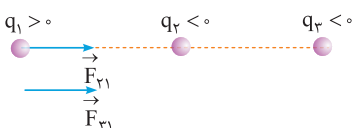
۱ نیروهای الکتریکی روی یک خط باشند

در این حالت راستای نیروی بین ذره‌ها، هم‌راستا با خطی است که ذره‌ها روی آن قرار دارند، بنابراین نیروهای وارد بر هر ذره با هم هم‌جهت یا در خلاف جهت هستند، یعنی در هنگام برآیندگیری به ترتیب نیروها با هم جمع یا از هم کم می‌شوند.



$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{r1} + \vec{F}_{r2} \Rightarrow F_1 = |F_{r1} - F_{r2}|$$

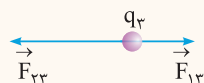
و جهت آن در جهت بردار بزرگ‌تر است.



$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{r1} + \vec{F}_{r2} \Rightarrow F_1 = F_{r1} + F_{r2}$$

و جهت آن هم‌جهت با دو بردار است.

سؤال سه ذره باردار $q_1 = 2/5 \mu C$ ، $q_2 = -1 \mu C$ و $q_3 = 4 \mu C$ مطابق شکل زیر در مکان خود ثابت شده‌اند. اندازه نیروی وارد بر بار q_3 چند نیوتون و در کدام جهت است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)



پاسخ ابتدا نیروهای وارد بر بار q_3 از طرف دو بار دیگر رسم می‌کنیم:

با استفاده از قانون کولن اندازه هر کدام از نیروها را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{13} = k \frac{|q_1| |q_3|}{r_{13}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2/5 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{6^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 10^{-2}}{36 \times 10^{-4}} = \frac{1}{4} \times 10^2 = 25 N$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2| |q_3|}{r_{23}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{2^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 4 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-4}} = 90 N$$

با توجه به این که دو نیرو در خلاف جهت هم هستند، باید آن‌ها را از هم کم کنیم:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_T = F_{23} - F_{13} = 90 - 25 = 65 N$$

$F_{23} > F_{13}$ است، بنابراین $\vec{F}_T$ هم جهت با $\vec{F}_{23}$ و به سمت چپ خواهد بود.

نمایش بردارها بر حسب بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$: یکی از روش‌های نمایش بردارها استفاده از بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ است. اندازه بردارهای $\vec{i}$ و $\vec{j}$ برابر واحد

است. بردار $\vec{i}$ در جهت محور X ها و بردار $\vec{j}$ در جهت محور Y ها است. به عنوان مثال اگر برداری با اندازه ۲۰ واحد به سمت مثبت محور X ها باشد، می‌توانیم

آن را به صورت $20 \vec{i}$ نمایش دهیم. اگر برداری با اندازه ۲۰ واحد به سمت منفی محور Y ها باشد، می‌توانیم آن را به صورت $-20 \vec{j}$ نمایش دهیم.

سؤال سؤال قبل را بر حسب بردارهای یکه بنویسید.

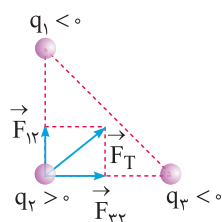
$$\vec{F}_{13} = +25 \vec{i} (N) \text{ و } \vec{F}_{23} = -90 \vec{i} (N)$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 25 \vec{i} + (-90 \vec{i}) = -65 \vec{i} (N)$$

پاسخ $\vec{F}_{13}$ به سمت راست و $\vec{F}_{23}$ به سمت چپ است.

حال بردار نیروی برآیند را محاسبه می‌کنیم:

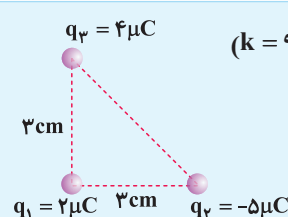
یعنی اندازه نیرو $65 N$ در خلاف جهت محور X ها است.



۲ نیروهای الکتریکی بر هم عمود باشند اگر نیروهای وارد بر یک ذره بر هم عمود باشند، با استفاده از رابطه فیثاغورس می‌توانید اندازه نیروی برآیند را محاسبه کنید.

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_T = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2}$$

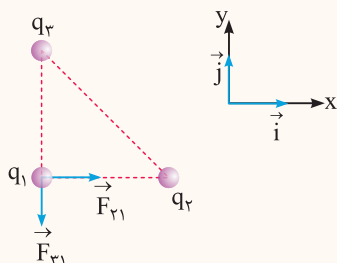
سؤال مطابق شکل مقابل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه ثابت شده‌اند: ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)



برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 از طرف دو بار دیگر را بر حسب بردارهای یکه بنویسید.

اندازه برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 از طرف دو بار دیگر چند نیوتون است؟

بردار نیروی برآیند وارد بر بار q_1 را رسم کنید.



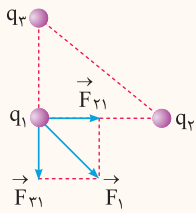
$$F_{21} = k \frac{|q_2| |q_1|}{r_{21}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{3^2 \times 10^{-4}} = 10^2 N \Rightarrow \vec{F}_{21} = +100 \vec{i} (N)$$

$$F_{31} = k \frac{|q_3| |q_1|}{r_{31}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{3^2 \times 10^{-4}} = 80 N \Rightarrow \vec{F}_{31} = -80 \vec{j} (N)$$

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = +100 \vec{i} - 80 \vec{j} (N)$$

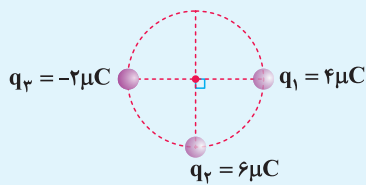
ب) دو نیرو بر هم عمود هستند، بنابراین از رابطه فیثاغورس استفاده می‌کنیم:

$$F = \sqrt{F_{r1}^2 + F_{r2}^2} = \sqrt{(100)^2 + (80)^2} = \sqrt{10000 + 6400} = \sqrt{16400} = \sqrt{400 \times (25 + 16)} = 20\sqrt{41} \text{ N}$$



سؤال مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی دایره‌ای با شعاع ۱۰ cm قرار دارند. بزرگی برابند نیروهای وارد بر بار $q_4 = 1 \mu\text{C}$ در مرکز دایره از

طرف سه بار دیگر چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

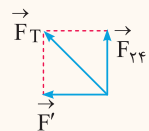


پاسخ ابتدا نیروهای وارد بر بار q_4 را رسم می‌کنیم و سپس با استفاده از قانون کولن اندازه هر کدام را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} F_{14} = k \frac{|q_1| |q_4|}{r_{14}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 3.6 \text{ N} \\ F_{24} = k \frac{|q_2| |q_4|}{r_{24}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 5.4 \text{ N} \\ F_{34} = k \frac{|q_3| |q_4|}{r_{34}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 1.8 \text{ N} \end{cases}$$

$\vec{F}_{14}$ و $\vec{F}_{34}$ هم جهت هستند، بنابراین اندازه برابند آن‌ها به صورت زیر می‌شود:

$$F' = F_{14} + F_{34} = 3.6 + 1.8 = 5.4 \text{ N}$$

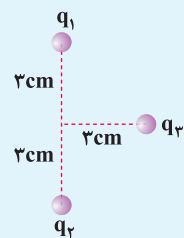


نیروهای $\vec{F}_{24}$ و $\vec{F}'$ بر هم عمود هستند، بنابراین:

$$F = \sqrt{F_{24}^2 + F'^2} = \sqrt{(5.4)^2 + (5.4)^2} = 5.4\sqrt{2} \text{ N}$$

سؤال مطابق شکل مقابل، سه ذره باردار $q_1 = -q_2 = 2 \mu\text{C}$ و $q_3 = 10 \mu\text{C}$ در مکان‌های نشان داده شده، ثابت

شده‌اند. بزرگی برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 از طرف دو بار دیگر چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$



پاسخ ابتدا نیروهای وارد بر q_3 را رسم کرده و اندازه آن‌ها را با استفاده از قانون کولن محاسبه می‌کنیم:

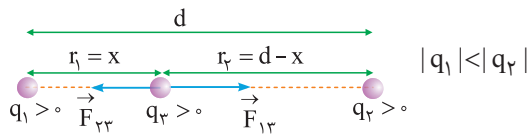
$$\begin{aligned} F_{13} = F_{23} &= k \frac{|q_1| |q_3|}{r^2} \quad r = \sqrt{3^2 + 3^2} = 3\sqrt{2} \text{ cm} \rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{18 \times 10^{-4}} \\ &\Rightarrow F_{13} = \frac{18}{18} \times 10^2 = 100 \text{ N} \\ F_T &= \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2} = \sqrt{2} F_{13} = 100\sqrt{2} \text{ N} \end{aligned}$$

با توجه به مثلث‌های قائم‌الزاویه در شکل، داریم:

بار در حال تعادل

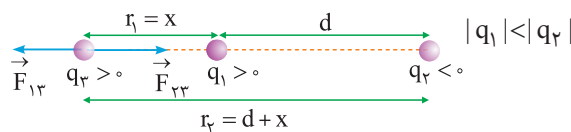
اگر دو ذره باردار q_1 و q_2 در محل خود ثابت شده باشند، می توان بار q_3 را در محلی قرار داد که بر این دو نیروهای وارد بر بار q_3 از طرف بارهای q_1 و q_2 صفر شود و یا اصطلاحاً بار q_3 در حالت تعادل قرار گیرد. برای تعیین محل بار q_3 به نکات زیر توجه کنید:

۱ q_3 حتماً روی خطی که بارهای q_1 و q_2 را به یکدیگر متصل می کند، قرار می گیرد، زیرا اگر سه بار روی یک خط نباشند، نیروهای وارد بر بار q_3 ، زاویه ای می سازند که بر این دو آن ها صفر نمی شود.



۲ مقدار و علامت بار q_3 اهمیتی ندارد.

۳ اگر بارهای q_1 و q_2 هم نام باشند، بار q_3 بین دو بار قرار می گیرد و اگر بارهای q_1 و q_2 ناهم نام باشند، بار q_3 در خارج از فاصله بین دو بار قرار می گیرد.



۴ بار q_3 همیشه نزدیک تر به باری است که اندازه کوچک تری دارد.

۵ نیروهای وارد بر بار q_3 از طرف بارهای q_1 و q_2 باید هم اندازه باشند، بنابراین:

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_3|}{r_1^2} = \frac{k|q_2||q_3|}{r_2^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{r_1^2} = \frac{|q_2|}{r_2^2}$$

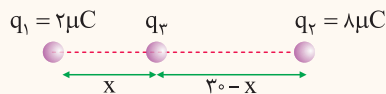
سؤال دو بار الکتریکی نقطه ای q_1 و q_2 در فاصله 30cm از یکدیگر ثابت شده اند. در هریک از حالت های زیر بار q_3 را دقیقاً در چه مکانی قرار دهیم

تا بار q_3 در حالت تعادل قرار گیرد؟

آ $q_2 = 8\mu\text{C}$, $q_1 = 2\mu\text{C}$

ب $q_2 = -8\mu\text{C}$, $q_1 = 2\mu\text{C}$

پاسخ **آ** بارها هم نام هستند، بنابراین بار q_3 بین دو بار قرار می گیرد. چون اگر در خارج دو بار قرار گیرد، دو نیروی $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ هم جهت می شوند و بر ایند آن ها نمی تواند صفر باشد.

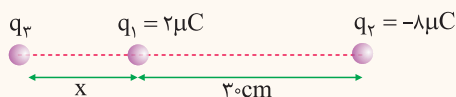


برای در تعادل ماندن بار q_3 ، باید نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای q_1 و q_2 در خلاف جهت هم و هم اندازه باشند، بنابراین با استفاده از قانون کولن داریم:

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_3|}{x^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{(30-x)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(30-x)^2} \Rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{8}{(30-x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{4}{(30-x)^2} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} = \frac{2}{30-x} \Rightarrow 30-x = 2x \Rightarrow x = 10\text{cm}$$

ب بارها ناهم نام هستند، بنابراین محل بار q_3 در خارج از فاصله دو بار و نزدیک بار



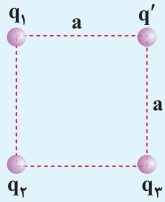
کوچک تر است. چون اگر در فاصله بین دو بار قرار گیرد، $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ هم جهت بوده و بر ایند آن ها نمی تواند صفر باشد.

با استفاده از قانون کولن داریم:

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_3|}{x^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{(30+x)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(30+x)^2}$$

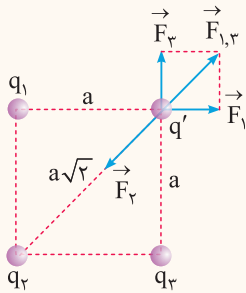
$$\Rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{8}{(30+x)^2} \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{4}{(30+x)^2} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} = \frac{2}{30+x} \Rightarrow 2x = 30+x \Rightarrow x = 30\text{cm}$$

سؤال مطابق شکل زیر، چهار بار الکتریکی نقطه‌ای در چهار رأس مربعی ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_3 = \lambda nC$ باشد. بار q_2 چند نانوکولن باشد تا بار q' در حال تعادل باشد؟



پاسخ

علامت و مقدار بار q' در حال تعادل اهمیتی ندارد. برای رسم نیروهای وارد بر بار q' فرض می‌کنیم علامت بار q' مثبت است. با توجه به این که اندازه بارهای q_1 و q_3 یکسان و هم چنین فاصله بارهای q_1 و q_2 تا بار q' یکسان است، پس نیروهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_3$ هم اندازه هستند. از طرفی دو نیروی $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_3$ برهم عمودند، بنابراین:



$$F_1 = F_3 \Rightarrow F_{1,3} = \sqrt{F_1^2 + F_3^2} = \sqrt{2} F_1$$

بار q' در حال تعادل است، بنابراین باید نیروهای $\vec{F}_{1,3}$ و $\vec{F}_2$ هم اندازه و در خلاف جهت هم باشند:

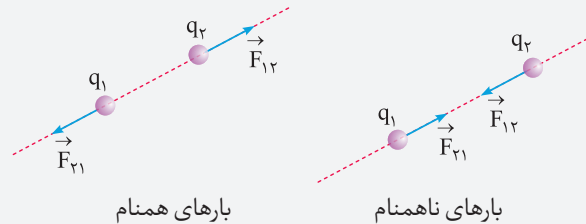
$$F_2 = F_{1,3} \Rightarrow k \frac{|q_2| |q'|}{(a\sqrt{2})^2} = \sqrt{2} \times k \frac{|q_1| |q'|}{a^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{2a^2} = \sqrt{2} \frac{|q_1|}{a^2} \Rightarrow |q_2| = 2\sqrt{2} |q_1| \Rightarrow |q_2| = 16\sqrt{2} nC$$

علامت بار q_2 باید مخالف علامت بارهای q_1 و q_3 باشد، یعنی $q_2 = -16\sqrt{2} nC$ است.

توجه طبق اصل کوانتیده بودن بار، مقدار بار یک جسم نمی‌تواند به صورت رادیکالی باشد ولی از نظر تئوری مقدار رادیکالی را می‌پذیریم.

نکته نیروی بین دو بار الکتریکی در راستای خط وصل بین دو بار است و جهت آن به علامت بارها بستگی دارد.

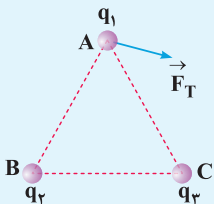


بارهای همنام

بارهای ناهمنام

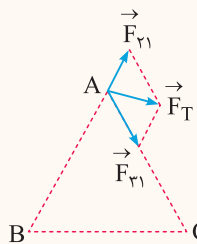
در تجزیه نیروی برابند، از این نکته استفاده می‌کنیم.

سؤال سه ذره باردار در سه رأس مثلث متساوی الاضلاعی قرار گرفته‌اند. اگر برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 مطابق شکل مقابل باشد، علامت و اندازه بارهای q_2 و q_3 را با هم مقایسه کنید.



پاسخ

نیرویی که q_2 به q_1 وارد می‌کند، در راستای ضلع BA و نیرویی که بار q_3 به q_1 وارد می‌کند، در راستای ضلع CA است، بنابراین نیروی $\vec{F}_T$ را تجزیه می‌کنیم تا نیروهای $\vec{F}_{21}$ و $\vec{F}_{31}$ مشخص شوند. از انتهای $\vec{F}_T$ به موازات ضلع‌های AB و AC رسم کنید.



طبق جهت $\vec{F}_{21}$ و $\vec{F}_{31}$ نتیجه می‌گیریم که بارهای q_1 با q_2 همنام و بارهای q_1 با q_3 ناهمنام است، بنابراین بارهای q_2 و q_3 نیز ناهمنام هستند. طبق شکل، طول بردار $\vec{F}_{31}$ بلندتر از طول بردار $\vec{F}_{21}$ است، بنابراین اندازه نیروی $\vec{F}_{31}$ بیشتر از اندازه نیروی $\vec{F}_{21}$ است، بنابراین:

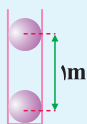
$$|F_{31}| > |F_{21}| \Rightarrow k \frac{|q_3| |q_1|}{r^2} > k \frac{|q_2| |q_1|}{r^2} \Rightarrow |q_3| > |q_2|$$

توجه اندازه بار q_1 با اندازه بارهای q_2 و q_3 قابل مقایسه نیست.

د ترکیب نیروی الکتریکی با نیروهای دیگر

نیروی الکتریکی می‌تواند با نیروی وزن، کشش نخ، ترکیب شود. در هر حالت کافی است، نیروهای وارد بر جسم را رسم کنید تا به راحتی رابطه بین نیروها با نیروی الکتریکی را مشخص کنید.

سؤال مطابق شکل زیر، دو گلولهٔ رسانا و کوچک که بار یکسان دارند، در فاصلهٔ 1 m از هم ثابت شده‌اند و در حالت تعادل داخل لولهٔ



شیشه‌ای و بدون اصطکاک قرار دارند:

پاسخ بار گلوله‌ها را از نظر همانم و ناهمانم بودن مشخص کنید.

ب اگر جرم هر گلوله 36 g باشد، اندازهٔ بار هر گلوله چند میکروکولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ و $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

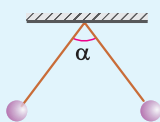


پاسخ اگر گلوله در حال تعادل بالایی را در نظر بگیرید، نیروی وزن رو به پایین است، بنابراین نیروی الکتریکی رو به بالا می‌شود؛ یعنی نیروی بین گلوله‌ها دافعه است، بنابراین بار این گلوله‌ها همانم است، یعنی هردو مثبت یا هردو منفی هستند.

ب با توجه به حالت تعادل گلوله بالایی، نتیجه می‌گیریم که اندازهٔ $\vec{F}$ و mg باید برابر باشد، بنابراین:

$$F = mg \Rightarrow k \frac{|q||q|}{r^2} = mg \Rightarrow 9 \times 10^9 \times \frac{|q|^2}{1^2} = 36 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow |q|^2 = \frac{36 \times 10^{-1}}{9 \times 10^9} = 4 \times 10^{-10} \Rightarrow |q| = 2 \times 10^{-5} \text{ C} = 20 \mu\text{C}$$

سؤال مطابق شکل مقابل، دو گلولهٔ باردار و رسانا با نخ نارسا از سقف آویزان شده‌اند و در حالت تعادل با هم



زاویهٔ α می‌سازند. اگر بار گلوله‌ها را افزایش دهیم، زاویهٔ α چگونه تغییر می‌کند؟

پاسخ اگر بار گلوله‌ها افزایش یابد، نیروی دافعه بین گلوله‌ها طبق قانون کولن افزایش می‌یابد. با افزایش نیروی دافعه، زاویه بین نخ‌ها افزایش می‌یابد.

ه ترکیب مسائل نیروی الکتریکی با حرکت‌شناسی

با رابطهٔ $F = ma$ (قانون دوم نیوتون) آشنا شده‌اید؛ در این رابطه، نیروی F ممکن است نیروی الکتریکی باشد، بنابراین اگر نیرو از جنس الکتریکی باشد، باز هم می‌توانید از قانون دوم نیوتون استفاده کرده و شتاب حرکت ذره را به دست آورید.

سؤال دو جسم کوچک رسانا و باردار با جرم یکسان 2 g حامل بارهای $+10 \mu\text{C}$ هستند و در فاصلهٔ 30 cm از یکدیگر نگه داشته شده‌اند. اگر دو جسم در

این حالت رها شوند، اندازهٔ شتاب دو جسم ناشی از نیروی الکتریکی، بلافاصله پس از رها شدن چند متر بر مجذور ثانیه می‌شود؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$)

پاسخ ابتدا اندازهٔ نیروی بین دو جسم را محاسبه می‌کنیم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{(0.30)^2} = 10 \text{ N}$$

حال از قانون دوم نیوتون استفاده می‌کنیم تا اندازهٔ شتاب را به دست آوریم:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{10}{2 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

سؤال دو جسم باردار با بارهای $q_1 = 4q_2$ و جرم‌های $m_1 = 4m_2$ در فاصلهٔ کمی از یکدیگر نگه داشته شده‌اند. اگر دو جسم در این حالت رها شوند

و تنها نیروی وارد بر این دو جسم، نیروی الکتریکی آن‌ها به یکدیگر باشد، اندازهٔ شتاب جسم دوم بلافاصله پس از رها شدن چند برابر اندازهٔ شتاب جسم اول بلافاصله پس از رها شدن می‌شود؟

پاسخ طبق قانون کولن، نیروی الکتریکی که دو جسم به یکدیگر وارد می‌کنند، هم‌اندازه است، بنابراین رابطهٔ $q_1 = 4q_2$ کاربردی ندارد.

با توجه به قانون دوم نیوتون، اندازهٔ شتاب جسم با جرم جسم رابطهٔ عکس دارد، بنابراین:

$$a = \frac{F}{m} \xrightarrow{F_1=F_2} \frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{m_1}{4m_1} = \frac{1}{4}$$

● عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید و جاهای خالی را تکمیل کنید.

۴۴. نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار از نوع نیروهای (تماسی - غیرتماسی) است.
۴۵. نیروهای الکتریکی که دو ذره باردار به یکدیگر وارد می‌کنند، (هم جهت با هم - خلاف جهت هم) هستند. (ریاضی خرداد ۹۵)
۴۶. نیروی کولنی میان دو بار الکتریکی (همنام - ناهمنام)، رانشی است. (تجربی خرداد ۸۷)
۴۷. اگر بارهای الکتریکی دو جسم، همنام باشند، نیروهای بین دو جسم (رانشی - ربایشی) است. (تجربی دی ۹۱)
۴۸. در قانون کولن، قانون (اول - سوم) نیوتون دیده می‌شود.
۴۹. بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار با حاصل ضرب (اندازه بارها - خود بارها) نسبت (مستقیم - عکس) دارد. (ریاضی شهریور ۹۸)
۵۰. بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار با مربع فاصله بین دو ذره از هم نسبت (مستقیم - وارون) دارد. (ریاضی شهریور ۹۸)
۵۱. اندازه نیروی الکتریکی که دو ذره باردار به یکدیگر وارد می‌کنند به علامت بار آن‌ها بستگی (دارد - ندارد).
۵۲. اگر فقط اندازه یکی از بارهای الکتریکی، دو برابر شود، اندازه نیروی الکتریکی بین دو بار، (نصف - دو برابر) می‌شود.
۵۳. با نصف شدن فاصله میان دو بار الکتریکی نقطه‌ای، اندازه نیروی الکتریکی بین آن‌ها ($\frac{1}{4}$ - چهار) برابر می‌شود. (ریاضی خرداد ۹۱)
۵۴. یکای ثابت کولن در SI برابر با $(\frac{C^2}{N \cdot m^2} - \frac{N \cdot m^2}{C^2})$ است.
۵۵. یکای ثابت گذردهی الکتریکی خلأ در SI برابر با $(\frac{C^2}{N \cdot m^2} - \frac{N \cdot m^2}{C^2})$ است.
۵۶. نیرویی که مانع فروپاشی هسته اتم‌ها می‌شود، نیروی (هسته‌ای - الکتریکی) نام دارد.
۵۷. نیروی هسته‌ای به مراتب (بزرگ‌تر - کوچک‌تر) از نیروی الکتریکی است.
۵۸. نیروی گرانشی به مراتب (ضعیف‌تر - قوی‌تر) از نیروی الکتریکی است. 
۵۹. تمامی اجسام به علت جرمشان بر یکدیگر نیروی (گرانشی - الکتریکی) وارد می‌کنند که همواره از نوع (جاذبه - دافعه) است. 
۶۰. نیروی الکتریکی بین پروتون و الکترون (بیش‌تر - کم‌تر) از نیروی گرانشی بین آن‌هاست. (ریاضی خرداد ۹۸ - ریاضی دی ۹۷)

● درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید.

۶۱. نیروی الکتریکی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند از قانون سوم نیوتون پیروی می‌کند.
۶۲. نیروی الکتریکی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند، هم اندازه و در خلاف جهت هم هستند.
۶۳. اگر اندازه بار الکتریکی q_1 بزرگ‌تر از اندازه بار الکتریکی q_2 باشد، اندازه نیروی $\vec{F}_{21}$ کوچک‌تر از اندازه نیروی $\vec{F}_{12}$ است.
۶۴. اندازه نیروی الکتریکی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند با حاصل ضرب اندازه دو بار نسبت مستقیم دارد.
۶۵. یکای اندازه‌گیری ثابت گذردهی الکتریکی خلأ برابر با $\frac{N \cdot m^2}{C^2}$ است.
۶۶. یکای اندازه‌گیری ثابت کولن و ثابت گذردهی الکتریکی خلأ عکس یکدیگر هستند.
۶۷. اندازه نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار به علامت بارها بستگی ندارد.
۶۸. برای دو بار همنام در نقطه‌ای خارج از فاصله بین دو بار، برآیند نیروهای الکتریکی می‌تواند صفر شود.
۶۹. نیرویی که دو بار ناهمنام به یکدیگر وارد می‌کنند از نوع رانشی است.
۷۰. نیروهای الکتریکی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند، با توجه به این‌که هم اندازه و در خلاف جهت هم هستند، می‌توانند یکدیگر را خنثی کنند.

● به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۷۱. قانون کولن را تعریف کنید. (ریاضی شهریور ۸۶)
۷۲. اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی را تعریف کنید.
۷۳. دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 در مکان خود ثابت شده‌اند. اگر نیروی الکتریکی $\vec{F}_{21}$ در جهت جنوب شرقی باشد، نیروی الکتریکی $\vec{F}_{12}$ در کدام جهت است؟

۷۴. دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 در مکان خود ثابت شده‌اند. اگر بردار نیروی الکتریکی که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند در SI برابر با $\vec{F}_{12} = 8\vec{i} - 6\vec{j}$ باشد، آن‌گاه نیروی $\vec{F}_{21}$ در SI کدام است؟

۷۵. نمودار تغییرات بزرگی نیروی الکتروستاتیکی بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای را برحسب فاصله بین دو بار رسم کنید.

۷۶. دو ذره با بارهای $q_1 = 2\mu\text{C}$ و $q_2 = 5\mu\text{C}$ در فاصله ۳۰ سانتی متری از یکدیگر ثابت شده‌اند، اندازه نیروی الکتریکی که دو ذره به یکدیگر وارد

می‌کنند، چند نیوتون است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$) (تجربی شهریور ۸۹)

۷۷. دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = -1nC$ و $q_2 = 5nC$ در فاصله r از هم قرار دارند و بر هم نیرویی به بزرگی $1/8 \times 10^{-3} N$ وارد می‌کنند، r چند میلی‌متر

است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

۷۸. دو ذره با بارهای q_1 و $q_2 = 5q_1$ در فاصله 3 cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. اندازه نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند، 50 N است.

اندازه‌های q_1 و q_2 چند میکروکولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$) (تجربی دی ۸۹)

۷۹. الکترونی در فاصله ۴۰ pm از مرکز هسته اتم اکسیژن (O) قرار دارد. بزرگی نیروی الکتریکی وارد شده از طرف هسته اتم اکسیژن به این الکترون، چند

میکرونیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}, e = 1/6 \times 10^{-19} C)$

۸۰. دو کره فلزی کوچک و هم‌اندازه که روی پایه های عایق قرار دارند و دارای بارهای الکتریکی $q_1 = -10\mu\text{C}$ و $q_2 = 4\mu\text{C}$ هستند، در فاصله معینی از یکدیگر قرار دارند. دو کره را با هم تماس داده و در همان فاصله اولیه قرار می‌دهیم:

۱ بار جدید هر كره چند ميكروكولن است؟

ب چه تعداد الکترون بین کره‌ها مبادله شده است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

پ اندازه نیروی الکتریکی بین دو کره چند برابر حالت اول شده است؟

۸۱. دو بار الکتریکی نقطه‌ای همنام q_1 و $q_2 = 4q_1$ در فاصله r از هم قرار دارند. اگر نیمی از بار q_2 را برداشته و همان را به بار q_1 اضافه کنیم. در همان فاصله قبلی، اندازه نیروی الکتریکی بین این دو بار نقطه‌ای چند برابر می‌شود؟

۸۲. بزرگی نیروی دافعه بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه در فاصله ۲r از یکدیگر برابر با ۲N٪ است. اگر به یکی از بارها ۲μC اضافه کنیم، بزرگی نیروی دافعه بین

دو بار در همان فاصله قبلی برابر با 3N می شود. اندازه اولیه هریک از این بارهای الکتریکی چند میکروکولن بوده است؟ (تجربی خارج از کشور ۸۵)

۸۳. دو بار الکتریکی نقطه‌ای برابر در فاصله ثانی از یک دیگر قرار دارند و به یک دیگر نیرویی به بزرگی F وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار الکتریکی یکی را کم

کرده و همان مقدار به دیگری اضافه کنیم، بزرگی نیرویی که به هم وارد می‌کنند چند F می‌شود؟ (سراسری تجربی ۸۸)

۸۴. دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2 = q_1$ در فاصله r از یک دیگر قرار دارند و به یک دیگر نیروی دافعه وارد می‌کنند. چند درصد از بار q_2 را به بار q_1 منتقل کنیم تا در همان فاصله، نیروی دافعه بین بارهای الکتریک،، بیشینه شود؟

۸۵. دو گلوله فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می باشند، در فاصله ۳۰ سانتی متری از یکدیگر، نیروی جاذبه ۴ نیوتونی بر یکدیگر وارد می کنند.

اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام $+3\mu\text{C}$ خواهد شد. بار اولیه گلوله‌ها چند میکروکولن بوده است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)

۸۶. دو گلوله بسیار کوچک و خنثی در فاصله ۸ سانتی متری از یک دیگر ثابت شده‌اند. اگر 10^8 الکترون از یک گلوله برداشته و به گلوله دیگر منتقل کنیم،

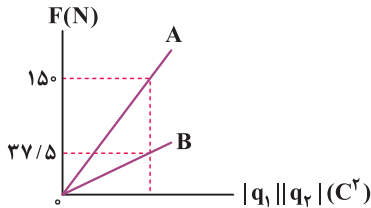
بزرگی نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند نیوتون می‌شود؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

۸۷. دو کرهٔ رسانای مشابه که دارای بارهای همانم و نامساوی هستند، از فاصلهٔ d برهم نیروی الکتریکی به بزرگی F را وارد می‌کنند. اگر این دو کره را با هم تماس داده و به جای اولشان برگردانیم، بزرگی نیروی بین دو کره F' می‌شود. چه رابطه‌ای بین F و F' برقرار است؟

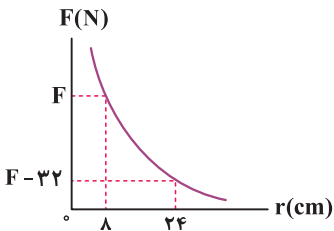
۸۸. دو بار الکتریکی نقطه‌ای بر هم نیرویی به بزرگی F وارد می‌کنند. اگر فاصله بین بارها و همچنین اندازه یکی از بارها را دو برابر کنیم، اندازه نیرویی که بر هم وارد می‌کنند، چند F می‌شود؟

۸۹. دو بار الکتریکی نقطه‌ای در فاصله‌ای از یک دیگر قرار دارند. بار یکی را نصف و فاصله آن‌ها را از یک دیگر دو برابر می‌کنیم. برای آن‌که اندازه نیروی الکتریکی بین آن‌ها تغییر نکند، باید اندازه بار الکتریکی دوم را چگونه تغییر دهیم؟

۹۰. بار الکتریکی ۸ میکروکولنی از فاصله ۲ برابر ۲ میکروکولنی نیرویی به بزرگی F وارد می‌کند. بار ۲ میکروکولنی در چه فاصله‌ای برابر ۸ میکروکولنی نیرویی به بزرگی $2F$ وارد می‌کند؟
(سراسری تجربی ۸۵)



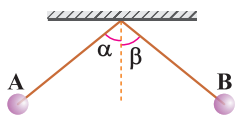
۹۱. نمودار اندازه نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 بر حسب حاصل ضرب اندازه دو بار برای دو حالت A و B رسم شده است. فاصله بین دو بار در حالت A نسبت به فاصله دو بار در حالت B چگونه است؟ (بر حسب درصد بیان کنید).



۹۲. نمودار تغییرات بزرگی نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌اندازه بر حسب فاصله بین آن‌ها مطابق شکل مقابل است. این دو بار را در فاصله چند سانتی‌متری از هم قرار دهیم تا بزرگی نیروی الکتریکی بین آن‌ها برابر $144N$ شود؟

۹۳. سه بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 ، q_2 و q_3 در سه رأس یک مثلث در یک صفحه به گونه‌ای ثابت نگه داشته شده‌اند که فواصل بارهای q_1 و q_2 تا بار q_1 برابر و بردار نیروی وارد بر بار q_2 از طرف بار q_1 در SI به صورت $\vec{F}_{12} = 6\vec{i} + 8\vec{j}$ است. اگر بردار نیروی برآیند وارد بر بار q_1 از طرف دو بار دیگر در SI ، $\vec{F}_T = -2\vec{i} - 11\vec{j}$ باشد، نسبت $\frac{q_2}{q_3}$ را به دست آورید.

۹۴. دو ذره باردار کوچک دارای بار هم‌نام که در فاصله r از یک دیگر قرار دارند، رها می‌کنیم. اگر تنها نیروی وارد بر آن‌ها نیروی الکتریکی باشد، شتاب آن‌ها چگونه تغییر می‌کند؟

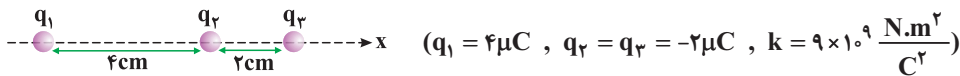


۹۵. مطابق شکل مقابل، دو آونگ هم‌طول با بارهای هم‌نام q_A و q_B در مجاورت یک دیگر قرار گرفته‌اند. اگر $|q_B| > |q_A|$ و $m_B < m_A$ باشد، زاویه انحراف دو آونگ از راستای قائم را با یک دیگر مقایسه کنید.

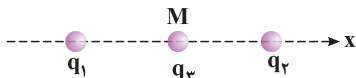
۹۶. دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌جرم با جرم‌های $2/5g$ و با بارهای $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = 4\mu C$ در فاصله ۶ سانتی‌متری از هم ثابت نگه داشته شده‌اند. اگر آن‌ها را از این حالت رها کنیم و تنها نیروی مؤثر، نیروی الکتریکی بین آن‌ها باشد، اندازه شتاب هر کدام پس از رها شدن چند متر بر مربع ثانیه خواهد شد؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)

۹۷. ذره A به جرم m و بار الکتریکی q و ذره B به جرم $3m$ و بار الکتریکی $2q$ در نزدیکی هم قرار دارند. اگر تنها نیروی وارد بر این ذره‌ها، نیروی الکتریکی متقابل آن‌ها باشد و تحت تأثیر آن نیروها ذرات شتاب بگیرند، بزرگی شتاب ذره A چند برابر بزرگی شتاب ذره B خواهد شد؟

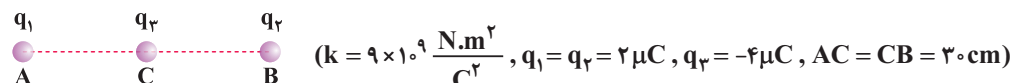
۹۸. در شکل زیر، بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر ذره باردار q_3 چند نیوتون است؟
(تجربی دی ۹۲)

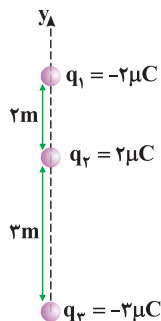


۹۹. مطابق شکل زیر، دو ذره با بارهای $q_1 = 3\mu C$ و $q_2 = -2\mu C$ در فاصله $4m$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_3 = -2\mu C$ را که در نقطه M، وسط خط واصل دو ذره قرار گرفته است، بر حسب بردار یکه $\vec{i}$ بنویسید. ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)
(تجربی شهریور ۹۴)



۱۰۰. مطابق شکل زیر، سه ذره باردار q_1 ، q_2 و q_3 در نقطه‌های A، B و C ثابت شده‌اند. بردار برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_2 را در SI بر حسب بردار یکه به دست آورید.
(تجربی دی ۹۴)

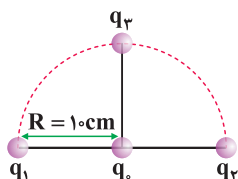




۱.۱ سه ذره باردار روی محور y ها مطابق شکل مقابل قرار دارند. بردارهای نیروهای وارد بر بار q_2 را در SI برحسب

(ریاضی دی ۹۴)

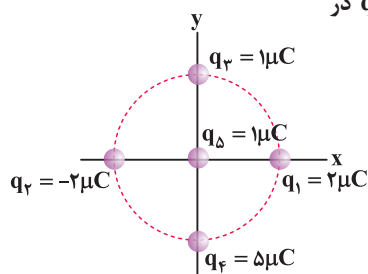
بردارهای یکه به دست آورید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۱.۲ در شکل زیر، بردارهای نیروهای وارد از طرف سه بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 ، q_2 و q_3 بر بار q_0 را برحسب

نیوتون به دست آورید.

$(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}, q_0 = 1 \mu C, q_3 = -10 \mu C, q_1 = q_2 = 10 \mu C)$

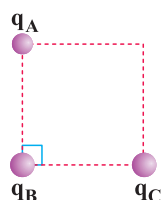


۱.۳ در شکل مقابل، چهار بار الکتریکی نقطه‌ای روی محیط دایره‌ای به شعاع ۳۰ cm قرار گرفته‌اند و بار q_5 در

مرکز این دایره و در مبدأ مختصات است: $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

نیروی الکتریکی وارد بر بار q_5 را در SI برحسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسید.

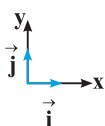
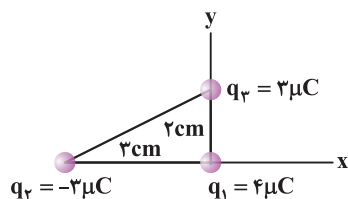
بزرگی برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_5 چند نیوتون است؟



۱.۴ سه ذره باردار مطابق شکل مقابل در سه رأس یک مربع به ضلع ۲۰ cm ثابت شده‌اند. بزرگی برآیند نیروهای

الکتریکی وارد بر بار q_B چند نیوتون است؟ $(q_A = q_B = q_C = 2 \mu C, k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

(مشابه تمرین ۵ صفحه ۴۱ کتاب درسی)



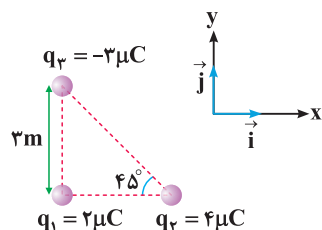
۱.۵ مطابق شکل مقابل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار

دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 را در SI برحسب بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ دستگاه

مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$ (تجربی خرداد ۹۵)

۱.۶ سه ذره باردار مطابق شکل مقابل در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی وارد بر ذره

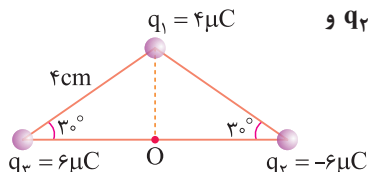
واقع در رأس قائمه، برحسب بردارهای $\vec{i}$ و $\vec{j}$ چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$ (ریاضی خرداد ۹۶)



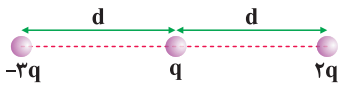
۱.۷ مطابق شکل مقابل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس یک مثلث ثابت شده‌اند. اندازه نیروی الکتریکی

خالص وارد بر بار الکتریکی نقطه‌ای $q_4 = 1 \mu C$ واقع در نقطه O در وسط خط واصل دو بار الکتریکی q_1 و

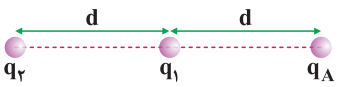
q_3 از طرف سه بار دیگر چند نیوتون است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



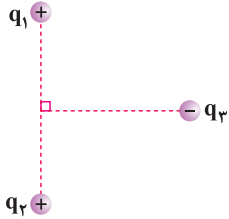
۱۰۸. دو بار الکتریکی نقطه‌ای q در فاصله d بر یک دیگر نیرویی به بزرگی F را وارد می‌کنند. در شکل مقابل، برابند نیروهای وارد بر بار q برابر چند F و در کدام جهت است؟



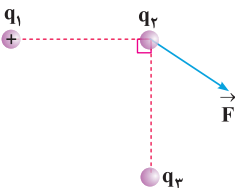
۱۰۹. در شکل زیر، برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار الکتریکی q_A از طرف دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 برابر F است. اگر بار q_2 حذف شود، نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_A برابر $\frac{F}{p}$ می‌شود. نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ را به دست آورید.



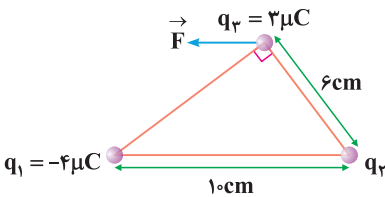
۱۱۰. مطابق شکل مقابل، بار الکتریکی نقطه‌ای q_3 روی عمود منصف خط واصل دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌اندازه q_1 و q_2 قرار دارد. برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 را رسم کنید. (ریاضی خرداد ۹۰)



۱۱۱. در شکل مقابل، $\vec{F}$ برابند نیروهای وارد بر بار q_2 است. نوع بارهای q_1 و q_3 را مشخص کنید. (ریاضی دی ۹۱)

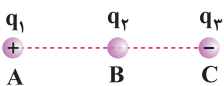


۱۱۲. مطابق شکل مقابل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی رئوس مثلثی ثابت شده‌اند. بردار برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 از طرف دو بار دیگر ($\vec{F}$) موازی با قاعده مثلث است. بار q_2 چند میکروکولن است؟



۱۱۳. دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و q_2 مطابق شکل زیر در نقطه‌های A و B ثابت شده‌اند و بار q_3 در نقطه C ، در راستای AB در حال تعادل است:

(ریاضی شهریور ۹۰)

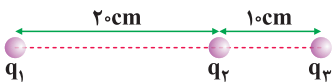


الف) نوع بار q_2 مثبت است یا منفی؟

ب) مقادیر $|q_1|$ و $|q_2|$ را مقایسه کنید.

۱۱۴. دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 16 \mu C$ و $q_2 = 9 \mu C$ در فاصله 28 cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. بار q_3 را در چه نقطه‌ای قرار دهیم تا اندازه نیروی وارد بر بار q_3 از طرف دو بار q_1 و q_2 هم‌اندازه باشند؟

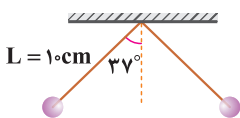
۱۱۵. در شکل مقابل، برابند نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای نقطه‌ای برابر صفر است. نسبت



(سراسری تجربی ۹۳)

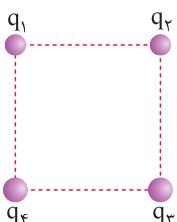
$\frac{q_3}{q_2}$ را به دست آورید.

۱۱۶. در شکل مقابل، دو گلوله هم‌جرم دارای بارهای برابر $6 \mu C$ در حال تعادل هستند. جرم گلوله‌ها



چند گرم است؟ (جرم نخ‌ها ناچیز است و $g = 10 \frac{m}{s^2}$, $\sin 37^\circ = 0.6$, $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)

۱۱۷. سه ذره باردار q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل مقابل در سه رأس مربعی ثابت شده‌اند. اگر



$q_1 = q_3 = 5 \mu C$ باشد، نوع و اندازه بار q_2 (برحسب میکروکولن) را طوری تعیین کنید که بار q_4 در حال تعادل باشد.

۲
بخش



پاسخ‌نامه

۱ کوانتیده	۲ پایستگی بار الکتریکی
۳ کوانتیده بودن بار الکتریکی	۴ پایستگی بار الکتریکی
۵ دقیقاً برابر صفر	۶ الکترون دهی
۷ هم‌اندازه - ناهمنام	۸ ناهمنام
۹ همنام	۱۰ دفع
۱۱ کاهش	۱۲ همنام
۱۳ مثبت	۱۴ همنام
۱۵ ناهمنام	۱۶ درست

۱۷ | نادرست - با مالش دو جسم به یک‌دیگر، دو جسم دارای بارهای هم‌اندازه و ناهمنام می‌شوند.

۱۸ | نادرست - برای تشخیص باردار بودن یک جسم و نوع بار آن از الکتروسکوپ استفاده می‌شود.

۱۹ | درست

۲۰ | نادرست - اگر جمع جبری بارهای یک دستگاه منزوی، صفر شود، آن دستگاه از نظر الکتریکی، خنثی است.

۲۱ | نادرست - یک کولن مقدار بار بزرگی است.

۲۲ | درست

۲۳ | نادرست - در روش تماس، در نهایت بار دو جسم، همنام است ولی لزومی ندارد که هم‌اندازه باشند.

۲۴ | درست

۲۵ | درست

۲۶ | درست

۲۷ | در مورد بار الکتریکی، دو اصل وجود دارد:

۱- اصل پایستگی بار الکتریکی ۲- اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی

۲۸ | 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.

۲۹ | اگر جسم خنثی الکترون به‌دست آورد و یا از دست بدهد، همواره بار الکتریکی مشاهده‌شده جسم، مضرب درستی از بار بنیادی e است.

۳۰ | در سری تریبو الکتریک داده‌شده در سؤال، مواد پایین‌تر الکترون‌خواهی بیشتری دارند، بنابراین در اثر مالش ماده‌های B و C ، ماده C الکترون گرفته و ماده B الکترون از دست می‌دهد، بنابراین ماده C دارای بار منفی و ماده B دارای بار مثبت می‌شود.

۳۱ | آ | بار الکتریکی پارچه ابریشمی برابر $6/4 \text{ nC}$ - است. علت این موضوع پایستگی بار الکتریکی است. چون هر دو جسم در ابتدا خنثی بودند و پس از مالش یکی از آنها دارای بار $6/4 \text{ nC}$ + شده است، بنابراین دیگری باید دارای بار $6/4 \text{ nC}$ - شده باشد تا بار الکتریکی پایسته بماند.

ب | الکترون‌ها از میله شیشه‌ای به پارچه پشمی منتقل شده‌اند و تعداد آنها را می‌توان به صورت زیر به‌دست آورد:

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

$$\Rightarrow n = \frac{6/4 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}} = 4 \times 10^{10}$$

۳۲ | با توجه به سری الکتریسیته مالشی، تفلون الکترون‌خواهی بیشتری از موی انسان دارد، بنابراین میله تفلونی دارای بار منفی می‌شود که به صورت زیر می‌توان آن را پیدا کرد:

$$q = -ne = -5 \times 10^{10} \times 1/6 \times 10^{-19} = -8 \times 10^{-9} \text{ C} = -8 \text{ nC}$$

۳۳ | بارهای همنام یک‌دیگر را دفع و بارهای ناهمنام یک‌دیگر را جذب می‌کنند. همچنین اجسام باردار می‌توانند جسم خنثی را به علت القای بار الکتریکی جذب کنند.

آ | جاذبه ب | جاذبه پ | جاذبه

۳۴ | در هر دو شکل، اندازه بار القاشده در کره‌های A و B به علت پایستگی بار الکتریکی، برابر هستند.

۳۵ | آ | اگر جسم باردار را به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار مثبت نزدیک کنیم و ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دورتر شوند، بار آن جسم نیز مانند بار الکتروسکوپ، مثبت است. ولی اگر لحظه‌ای ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک شوند، بار جسم، مخالف بار الکتروسکوپ و منفی است. ب | اگر جسم نارسانا را به کلاهک الکتروسکوپ باردار مثبت نزدیک کرده و با آن تماس دهیم، تغییر محسوسی در موقعیت ورقه‌های الکتروسکوپ به‌وجود نمی‌آید. ولی اگر جسم، رسانا باشد، ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک شده و بر اثر تماس جسم رسانا با کلاهک الکتروسکوپ، بار الکتروسکوپ تخلیه می‌شود و ورقه‌های الکتروسکوپ تقریباً روی هم می‌افتند و به هم می‌چسبند.

۳۶ | با توجه به اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی داریم:

$$q = -ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{-64 \times 10^{-9}}{-1/6 \times 10^{-19}} = 40 \times 10^{10} = 4 \times 10^{11}$$

۳۷ | آ | عدد اتمی آهن ۲۶ است، یعنی در هسته اتم آهن ۲۶ پروتون و اطراف آن ۲۶ الکترون وجود دارد.

$$q_{\text{هسته}} = +ne = 26 \times 1/6 \times 10^{-19} = 4/16 \times 10^{-18} \text{ C}$$

$$\text{ب | } q_{\text{الکترون‌ها}} = -ne = -26 \times 1/6 \times 10^{-19} = -4/16 \times 10^{-18} \text{ C}$$

پ | بار الکتریکی اتم آهن، صفر است، زیرا تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های آن برابر است.

۴۵ | خلاف جهت هم

۴۷ | رانشی

۴۹ | اندازه بارها - مستقیم

۵۱ | ندارد

۵۳ | چهار

$$\frac{C^2}{N.m^2} \quad ۵۵$$

۵۷ | بزرگ‌تر

۵۹ | گرانشی - جاذبه

۶۱ | درست

۴۴ | غیرتماسی

۴۶ | همنام

۴۸ | سوم

۵۰ | وارون

۵۲ | دو برابر

$$\frac{N.m^2}{C^2} \quad ۵۴$$

۵۶ | هسته‌ای

۵۸ | ضعیف‌تر

۶۰ | بیش‌تر

۶۲ | درست

۶۳ | نادرست - نیروی الکتریکی که دو بار به هم وارد می‌کنند، هم‌اندازه هستند.

۶۴ | درست

۶۵ | نادرست - یکای اندازه‌گیری ثابت گذردهی الکتریکی خلاء برابر با

$$\frac{C^2}{N.m^2} \text{ است.}$$

۶۶ | درست

۶۸ | نادرست - برای دو بار **ناهمنام** در نقطه‌ای خارج از فاصله بین دو بار، برآیند نیروهای الکتریکی می‌تواند صفر شود.

۶۹ | نادرست - نیرویی که دو بار **همنام** به یک‌دیگر وارد می‌کنند از نوع رانشی است.

۷۰ | نادرست - چون نیروهای الکتریکی که دو بار به یک‌دیگر وارد می‌کنند، به دو جسم متفاوت وارد می‌شوند، قابل برآیندگیری نیستند.

۷۱ | اندازه نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل ضرب بزرگی بار آن‌ها نسبت مستقیم و با مربع فاصله بین آن‌ها نسبت وارون دارد.

۷۲ | اگر تعدادی بار الکتریکی نقطه‌ای داشته باشیم، تجربه نشان می‌دهد که در این وضعیت، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برآیند نیروهایی است که هریک از ذره‌های دیگر در غیاب سایر ذره‌ها، بر آن ذره وارد می‌کنند. این موضوع که از آزمایش نتیجه شده است را اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی می‌گویند.

۷۳ | با توجه به قانون سوم نیوتون، نیروهای $\vec{F}_{۲۱}$ و $\vec{F}_{۱۲}$ نیروهای عمل و عکس‌العمل هستند، بنابراین هم‌اندازه و در خلاف جهت یک‌دیگر هستند، بنابراین اگر نیروی $\vec{F}_{۲۱}$ در جهت جنوب شرقی باشد، نیروی $\vec{F}_{۱۲}$ در خلاف جهت آن، یعنی در جهت **شمال غربی** است.

۳۸ | تعداد پروتون‌های هسته اتم کربن $Z = ۶$ است، بنابراین:

$$q = +ne = +۶ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۹/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

$$\Rightarrow q = ۹/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C \times \left(\frac{۱pC}{۱۰^{-۱۲} C} \right) = ۹/۶ \times ۱۰^{-۷} pC$$

۳۹ | اتم هلیم در حالت عادی، خنثی است.

هنگامی که از اتم هلیم یک الکترون خارج شود، بار اتم هلیم یک‌بار یونیده، مثبت خواهد شد، بنابراین بارالکتریکی این یون به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$q = ne \Rightarrow q = ۱ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

۴۰ | اتم لیتیم در حالت عادی، خنثی است. اتم لیتیم دوبار یونیده، دو الکترون از دست داده و بار الکتریکی مثبت پیدا می‌کند، بنابراین بار این یون به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$q = ne = ۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۳/۳ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

۴۱ | بار مبادله‌شده برابر است با:

$$\Delta q = q_2 - q_1 = -۵ - (+۳) = -۸nC$$

بنابراین:

$$\Delta q = -ne \Rightarrow -۸ \times ۱۰^{-۹} = -n \times (۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹})$$

$$\Rightarrow n = \frac{۸ \times ۱۰^{-۹}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۵ \times ۱۰^{۱۰}$$

۴۲ | با توجه به ویژگی کوانتیده بودن بار الکتریکی، تعداد الکترون‌های مبادله‌شده (n) را محاسبه می‌کنیم. اگر n عددی صحیح باشد، آن‌گاه چنین باری وجود دارد.

$$q = ne \Rightarrow ۲/۴ = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \quad \text{آ}$$

$$\Rightarrow n = \frac{۲/۴}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۱۵ \times ۱۰^{۱۸} \quad (\checkmark)$$

$$q = ne \Rightarrow ۱۶ \times ۱۰^{-۱۸} = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \quad \text{ب}$$

$$\Rightarrow n = \frac{۱۶ \times ۱۰^{-۱۸}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۱۰^۲ \quad (\checkmark)$$

$$q = ne \Rightarrow ۴/۸ \times ۱۰^{-۲۰} = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \quad \text{پ}$$

$$\Rightarrow n = \frac{۴/۸ \times ۱۰^{-۲۰}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۰/۳ \quad (\times)$$

$$q = ne \Rightarrow ۳۲ \times ۱۰^{-۵} = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \quad \text{ت}$$

$$\Rightarrow n = \frac{۳۲ \times ۱۰^{-۵}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۲ \times ۱۰^{۱۵} \quad (\checkmark)$$

۴۳ | با توجه به پایستگی بار الکتریکی داریم:

$$\Delta q_A + \Delta q_B + \Delta q_C = 0 \Rightarrow -۵ + ۴ + \Delta q_C = 0$$

$$\Rightarrow \Delta q_C = +۱\mu C$$

(ب) با مقایسه بار قدیم کره (۱) و بار جدید آن، مشخص می‌شود که کره (۱) به اندازه $7\mu\text{C}$ بار از دست داده است.

$$\begin{cases} q_1 = -10\mu\text{C} \\ q'_1 = -3\mu\text{C} \end{cases} \Rightarrow \Delta q = 7\mu\text{C}$$

$$\Rightarrow \Delta q = ne \Rightarrow 7 \times 10^{-6} = n \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow n = \frac{7 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{7}{1.6} \times 10^{13}$$

$$\Rightarrow n = \frac{70}{16} \times 10^{13} = \frac{35}{8} \times 10^{13} = 4.375 \times 10^{13}$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{|q_1||q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = \frac{3 \times 3}{10 \times 4} \times 1 = \frac{9}{40}$$

(پ)

۸۱ | در ابتدا بارها q_1 و $q_2 = 4q_1$ هستند. اگر نیمی از بار q_2 ، یعنی

به اندازه $2q_1$ را از آن کم کرده و همان مقدار را به دیگری اضافه کنیم، بارهای ثانویه برابرند با:

$$q'_1 = 3q_1, \quad q'_2 = 2q_1$$

با استفاده از قانون کولن داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{|q_1||q_2|} = \frac{3q_1 \times 2q_1}{q_1 \times 4q_1} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2}$$

۸۲ | با توجه به این که نیروی بین دو بار از نوع دافعه است، بنابراین دو

بار همنام هستند، بنابراین با توجه به اطلاعات داده شده در سؤال داریم:

$$\begin{cases} \text{حالت اول: } F_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{r_1^2} \\ \text{حالت دوم: } F_2 = k \frac{|q_1+2||q_2|}{r_2^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{|q_1|}{|q_1+2|} \Rightarrow \frac{0.02}{0.03} = \frac{|q_1|}{|q_1+2|} \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{|q_1|}{|q_1+2|}$$

$$\Rightarrow 3q_1 = 2q_1 + 4 \Rightarrow q_1 = 4\mu\text{C}$$

بنابراین با توجه به این که در حالت اولیه بارها برابر هستند، بنابراین $q_2 = 4\mu\text{C}$ می‌باشد.

۸۳ | مقدار بارها در حالت دوم برابر است با:

$$\begin{cases} q'_1 = q - \frac{25}{100}q = \frac{75}{100}q = \frac{3}{4}q \\ q'_2 = q + \frac{25}{100}q = \frac{125}{100}q = \frac{5}{4}q \end{cases}$$

بنابراین با توجه به قانون کولن داریم:

$$\begin{cases} \text{حالت اول: } F_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{|q|^2}{r^2} \\ \text{حالت دوم: } F_2 = k \frac{|q'_1||q'_2|}{r^2} = k \frac{\frac{15}{16}|q|^2}{r^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{|q|^2}{\frac{15}{16}|q|^2} \Rightarrow \frac{F}{F_2} = \frac{16}{15} \Rightarrow F_2 = \frac{15}{16}F$$

۷۴ | با توجه به قانون کولن و طبق قانون سوم نیوتون، نیروهای

$\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{21}$ عمل و عکس العمل هستند، پس هم‌اندازه و در خلاف جهت

یک‌دیگر هستند، بنابراین: $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow \vec{F}_{21} = -8\vec{i} + 6\vec{j} \text{ (N)}$

۷۵ | با توجه به قانون کولن داریم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F \propto \frac{1}{r^2}$$



۷۶ | از قانون کولن استفاده می‌کنیم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{(30)^2 \times 10^{-4}} = \frac{9 \times 10^2}{900} = 1\text{N}$$

۷۷ | با استفاده از قانون کولن داریم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow 1/8 \times 10^{-3} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-9} \times 5 \times 10^{-9}}{r^2}$$

$$\Rightarrow r^2 = \frac{45 \times 10^{-9}}{1/8 \times 10^{-3}} \Rightarrow r^2 = 25 \times 10^{-6}$$

$$\Rightarrow r = 5 \times 10^{-3} \text{ m} = 5\text{mm}$$

۷۸ | با استفاده از قانون کولن داریم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow 50 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1| \times |5q_1|}{3^2 \times 10^{-4}} \Rightarrow 50 = 5|q_1|^2 \times 10^{13}$$

$$\Rightarrow |q_1|^2 = 10^{-12} \Rightarrow |q_1| = 10^{-6} \text{ C} = 1\mu\text{C}, \quad |q_2| = 5|q_1| = 5\mu\text{C}$$

۷۹ | ابتدا بار هسته اتم اکسیژن و الکترون را مشخص می‌کنیم:

$$q_1 = +8e = +8 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow q_1 = 12.8 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{بار الکترون} = q_2 = -e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

با استفاده از قانون کولن داریم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = \frac{9 \times 10^9 \times 12.8 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(40 \times 10^{-12})^2}$$

$$\Rightarrow F = 11.52 \times 10^{-7} \text{ N} = 1.152\mu\text{N}$$

۸۰ | آ | با توجه به مشابه و هم‌اندازه بودن کره‌ها، بار جدید دو کره

برابر است با:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-10 + 4}{2} = -3\mu\text{C}$$

می‌دانیم برای دو عددی که مجموع ثابتی دارند، حاصل ضرب آن دو عدد هنگامی بیشینه می‌شود که دو عدد با هم برابر باشند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر دو کره با بار همنام در حالتی که اندازه بار دو کره یکسان است (F') بیش‌تر از حالتی است که اندازه بار کره‌ها نامساوی است (F).

۸۸ | با استفاده از قانون کولن داریم:

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

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = 2 \times 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{2}$$

۸۹ | با توجه به قانون کولن و با توجه به ثابت بودن نیروی الکتریکی

در دو حالت می‌توانیم بنویسیم:

$$\begin{cases} F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \\ F' = k \frac{|q_1||q'_2|}{(2r)^2} \\ F = F' \end{cases}$$

$$\Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{k \left(\frac{|q_1|}{2}\right) |q'_2|}{(2r)^2} \Rightarrow |q_2| = \frac{|q'_2|}{8} \Rightarrow |q'_2| = 8|q_2|$$

۹۰ | اگر $q_1 = 8\mu C$ و $q_2 = 2\mu C$ باشد، باتوجه به اطلاعات داده‌شده در سؤال داریم:

$$\begin{cases} \text{حالت اول: } F = k \frac{|q_1||q_2|}{r_1^2} \\ \text{حالت دوم: } 2F = k \frac{|q_1||q_2|}{r_2^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{F}{2F} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{r_2}{r}\right)^2 \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{r_2}{r} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow r_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} r$$

۹۱ | با استفاده از قانون کولن داریم:

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{k \frac{|q_1||q_2|}{r_A^2}}{k \frac{|q_1||q_2|}{r_B^2}} = \frac{r_B^2}{r_A^2} \Rightarrow \frac{150}{37/5} = \frac{r_B^2}{r_A^2} \Rightarrow \frac{r_B}{r_A} = \frac{r_B}{r_A} = 2$$

$$\Rightarrow \frac{r_B}{r_A} = 2 \Rightarrow r_A = \frac{1}{2} r_B$$

بنابراین فاصله بین دو بار در حالت A، ۵۰ درصد کم‌تر از فاصله بین دو بار در حالت B است.

۸۴ | اگر دو بار الکتریکی، همنام باشند، با ثابت بودن مجموع بار الکتریکی آن‌ها، در صورتی نیروی الکتریکی بین آن‌ها در یک فاصله معین، بیشینه است که اندازه دو بار الکتریکی با هم برابر باشد، بنابراین:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{q_1 + 2q_1}{2} = \frac{3q_1}{2}$$

$$\Delta q_2 = q'_2 - q_2 = \frac{3q_1}{2} - 2q_1 = -\frac{1}{2} q_1$$

$$q_2 \text{ درصد تغییرات بار} = \frac{\Delta q_2}{q_2} \times 100 = \frac{-\frac{1}{2} q_1}{2q_1} \times 100 = -\frac{1}{4} \times 100 = -25\%$$

۸۵ | با توجه به قانون کولن داریم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \xrightarrow{F=4N, r=30cm} 4 = \frac{9 \times 10^9 \times |q_1||q_2|}{(30 \times 10^{-2})^2}$$

$$\Rightarrow 4 = \frac{9 \times 10^9 \times |q_1||q_2|}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow |q_1||q_2| = 4 \times 10^{-11} C^2$$

$$\xrightarrow{\times 10^{+12}} |q_1||q_2| = 40 \mu C^2 \quad (1)$$

با توجه به این‌که گلوله‌ها هم‌اندازه هستند، داریم:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \Rightarrow \frac{q_1 + q_2}{2} = 2 \Rightarrow q_1 + q_2 = 4 \mu C \quad (2)$$

بنابراین با توجه به روابط (۱) و (۲) داریم:

$$\begin{cases} |q_1||q_2| = 40 \xrightarrow{\text{نیروی بین دو بار جاذبه است}} q_1 \times q_2 = -40 \\ q_1 + q_2 = 4 \Rightarrow q_2 = 4 - q_1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow q_1 \times (4 - q_1) = -40 \Rightarrow 4q_1 - q_1^2 = -40 \Rightarrow q_1^2 - 4q_1 - 40 = 0$$

$$\Rightarrow (q_1 - 10)(q_1 + 4) = 0 \Rightarrow \begin{cases} q_1 = 10 \mu C \xrightarrow{(2)} q_2 = -4 \mu C \\ q_1 = -4 \mu C \xrightarrow{(2)} q_2 = 10 \mu C \end{cases}$$

۸۶ | بار گلوله‌ای که الکترون از دست داده است، برابر است با:

$$q_1 = +ne = 10^8 \times 1/6 \times 10^{-19} = 1/6 \times 10^{-11} C$$

بار گلوله‌ای که الکترون گرفته است، برابر است با:

$$q_2 = -ne = -10^8 \times 1/6 \times 10^{-19} = -1/6 \times 10^{-11} C$$

با استفاده از قانون کولن داریم:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = \frac{9 \times 10^9 \times 1/6 \times 10^{-11} \times 1/6 \times 10^{-11}}{(8 \times 10^{-2})^2}$$

$$\Rightarrow F = 0/36 \times 10^{-9} = 36 \times 10^{-11} N$$

۸۷ | با توجه به مشابه بودن کره‌ها و همنام بودن بار آن‌ها، بعد از

تماس دو کره، مجموع بار الکتریکی کره‌ها به نسبت مساوی بین دو کره تقسیم می‌شود، از طرفی می‌دانیم که نیروی الکتریکی که دو کره بر هم وارد می‌کنند، با حاصل ضرب اندازه بار دو کره متناسب است. از ریاضیات