

فصل



الكتريسيتة
ساكن

بار الکتریکی - پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

- یونانیان باستان دریافته بودند که با مالش سنگی به نام الکترون (electron)، این سنگ می‌تواند خرده‌های کاه را به خود جذب کند، بنابراین به این سنگ در ادبیات ما کهربا گفته می‌شود.
- جسم خنثی جسمی است که تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های برابر دارد.
- بار الکتریکی خاصیتی است که به علت بر هم خوردن تعادل بین تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های یک جسم، در آن به وجود می‌آید.
- اگر تعداد الکترون‌های جسم بیشتر از تعداد پروتون‌ها باشد، بار جسم منفی است.
- اگر تعداد الکترون‌های جسم کمتر از تعداد پروتون‌ها باشد، بار جسم مثبت است.
- برای تشخیص باردار بودن یک جسم از وسیله‌ای به نام الکتروسکوپ استفاده می‌کنیم.



جسم باردار است.



جسم باردار نیست.

- بر اثر مالش دو جسم با هم، بار یکی از آن‌ها منفی و بار دیگری مثبت می‌شود؛ نوع بار آن‌ها را به وسیله جدول سری الکتروسیسته مالشی (تریوالکتریک) مشخص می‌شود.
- هر چه از انتهای مثبت جدول به سمت انتهای منفی جدول نزدیک‌تر شویم، الکترون‌خواهی اجسام بیشتر می‌شود. یعنی در اثر مالش، بار آن‌ها منفی می‌شود. مثلاً بر اثر مالش موی گربه و شیشه، بار شیشه مثبت می‌شود اما بر اثر مالش موی انسان با شیشه، بار شیشه منفی می‌شود.
- یکای اندازه‌گیری بار الکتریکی در SI، کولن است که با نماد C نمایش داده می‌شود.
- بار الکتریکی یک الکترون $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.
- بنا بر اصل پایستگی بار الکتریکی در یک دستگاه منزوی، مجموع بار خالص ثابت است؛ یعنی بار تولید یا نابود نمی‌شود.
- بار یک جسم کوانتیده است، یعنی ضرب صحیحی از بار بنیادی الکترون است:

$$q = \mp ne, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

توجه (+) یا (-) بودن بار را از روی این که الکترون از دست داده یا گرفته است، تعیین می‌کنیم.

توجه n تعداد الکترون‌های از دست داده یا اضافه شده است.

مثال بار جسمی $-6/4 \text{ nC}$ است. $(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$

الف تعداد الکترون‌های این جسم بیشتر است یا تعداد پروتون‌ها؟

ب این جسم چه تعداد الکترون گرفته یا از دست داده است؟

پاسخ الف چون نوع بار منفی است، پس تعداد الکترون‌ها از پروتون‌ها بیشتر است.

ب $q = ne \Rightarrow 6/4 \times 10^{-9} \text{ C} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow n = 4/0 \times 10^{10}$

تعداد $4/0 \times 10^{10}$ الکترون گرفته است.

مثال یک جسم خنثی تعداد $5/0 \times 10^{13}$ الکترون از دست می‌دهد. نوع بار جسم و اندازه بار را تعیین نمایید. $(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$

پاسخ چون جسم الکترون از دست داده، پس بار آن مثبت است.

برای محاسبه اندازه بار از رابطه $|q| = ne$ استفاده می‌کنیم.

$$|q| = (5/0 \times 10^{13})(1/6 \times 10^{-19} \text{ C}) = 8/0 \times 10^{-6} \text{ C} = 8/0 \mu\text{C} \Rightarrow q = +8/0 \mu\text{C}$$

پرسش‌ها

۱ جاهای خالی را با کلمه مناسب پر کنید.

- (الف) باردار بودن یک جسم و نوع بار آن را می‌توانیم به کمک تعیین کنیم.
 (ب) اگر تعداد الکترون‌های جسمی از تعداد پروتون‌های آن بیشتر باشد، بار خالص جسم است.
 (پ) همواره بار الکتریکی مشاهده‌شده جسم از بار بنیادی e است.
 (ت) مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی است.

۲ درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.

- | نادرست | درست | |
|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (الف) واژه الکتریسیته از واژه یونانی الکترون گرفته شده است که به معنی کهربا است. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (ب) بر اثر مالش دو جسم که در بالای جدول سری الکتریسیته مالشی (تریوالکتریک) قرار دارند، بار هر دوی آن‌ها مثبت می‌شود. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (پ) اگر جمع جبری بارهای دستگاهی صفر باشد، جسم از نظر الکتریکی خنثی است. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (ت) یک حصار سیمی عایق‌بندی‌شده از زمین می‌تواند توسط برقی که به آن می‌وزد، باردار شود. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (ث) یکای کولن، یکایی فرعی است. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (ج) به علت بیشتر بودن جرم پروتون از الکترون، اندازه بار پروتون بزرگ‌تر از بار الکترون است. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (چ) بر اثر مالش دو جسم، جسمی که الکترون‌خواهی کم‌تری دارد، پروتون از دست می‌دهد. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (ح) بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد. |

۳ هر یک از جفت اجسامی را که در زیر آورده شده‌اند، به هم مالش می‌دهیم. به کمک جدول سری الکتریسیته مالشی (تریوالکتریک) نوع بار هر یک را مشخص کنید.

(الف) یک تکه کهربا - پارچه ابریشمی } بار مثبت:
 } بار منفی:

سری الکتریسیته مالشی (تریوالکتریک)	ادامه سری الکتریسیته مالشی (تریوالکتریک)
انتهای مثبت سری	پارچه کتان
موی انسان	کهربا
شیشه	برنج
نایلون	مس
پشم	پلاستیک
موی گربه	پلی اتیلن
سُرب	لاستیک
ابریشم	تفلون
آلومینیم	
کاغذ	
چوب	انتهای منفی سری

(ب) یک تکه کهربا - پارچه‌ای با الیاف پلاستیکی } بار مثبت:
 } بار منفی:

(پ) یک میله شیشه‌ای - موی انسان } بار مثبت:
 } بار منفی:

(ت) یک میله شیشه‌ای - پارچه پشمی } بار مثبت:
 } بار منفی:

۴ متن زیر را با توجه به سری الکتروسیته مالشی (تریوالکتریک) کامل کنید:

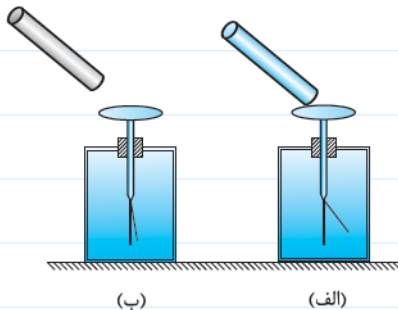
بر اثر مالش یک قطعه چوب با پارچه کتان چون الکترون خواهی بیشتر از الکترون خواهی است، بار تکه چوب می شود. از طرفی با مالش تکه شیشه با پارچه پشمی چون الکترون خواهی شیشه از الکترون خواهی پارچه پشمی است، بار شیشه می شود؛ بنابراین با نزدیک کردن تکه شیشه به تکه چوب همدیگر را می کنند.



۵ یک تلق رنگی (تلق‌هایی که برای کاور جزوات به کار می‌رود) را با دست به دیوار مالش داده، سپس آن را رها کنید. مشاهده می‌کنید که تلق به دیوار می‌چسبد. دلیل نتیجه این آزمایش را توضیح دهید.

۶ چرا بعد از سُرُشه بازی بر روی سُرُشه‌های پلاستیکی اگر به یک میلهٔ رسانا یا بدن فرد دیگری تماس پیدا کنیم، جرقه‌ای زده شده و سُک خفیفی به ما وارد می‌شود؟

۷ یک میلهٔ پلاستیکی را به یک پارچهٔ کتان مالش می‌دهیم. سپس میله را با کلاهک الکتروسکوپ خنثی‌ای مالش می‌دهیم تا بار میله به تیغه‌های الکتروسکوپ منتقل شود (شکل الف)، سپس یک میلهٔ دیگر را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم و به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که دهانهٔ الکتروسکوپ بسته می‌شود (شکل ب).



الف) نوع بار اولیه‌ای را که از میلهٔ پلاستیکی به الکتروسکوپ داده شده، تعیین کنید.

ب) چرا با نزدیک کردن میلهٔ دوم دهانهٔ الکتروسکوپ بسته شد؟

پ) به نظر شما جنس میلهٔ دوم می‌تواند چوب باشد یا شیشه؟

۸ عدد اتمی اکسیژن $Z = 8$ است؛ یعنی ۸ پروتون و ۸ نوترون در هستهٔ خود دارد. $(e = 1/60 \times 10^{-19} \text{ C})$

الف) بار الکتریکی هستهٔ اتم اکسیژن را حساب کنید.

ب) مجموع بار الکتریکی الکترون‌های اتم اکسیژن را به دست آورید؟

پ) بار الکتریکی اتم خنثی اکسیژن چه قدر است؟

۹ بر اثر مالش یک پارچه پشمی و یک میله شیشه‌ای، تعداد $4/0 \times 10^7$ الکترون بین دو جسم مبادله می‌شود. نوع و اندازه بار هر یک را محاسبه نمایید. ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

۱۰ چه تعداد الکترون از جسمی خنثی‌ای بگیریم تا بار آن $+1/00 \text{ C}$ شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

۱۱ گلوله‌ای تعداد $5/0 \times 10^{10}$ الکترون از دست می‌دهد. نوع بار الکتریکی آن را مشخص کرده و اندازه بار را محاسبه نمایید. ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

۱۲ بار الکتریکی یک جسم باردار $-32 \mu\text{C}$ است.

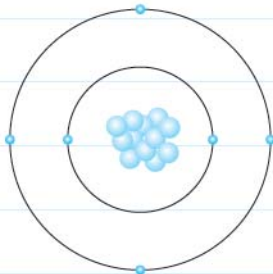
الف) این جسم الکترون از دست داده یا گرفته است؟

ب) تعداد کل الکترون‌های جابه‌جا شده را به دست آورید. ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

۱۳ بار جسمی $+6/40 \mu\text{C}$ است. اگر به تعداد $5/00 \times 10^{13}$ الکترون از این جسم بگیریم، بار جسم چه قدر خواهد شد؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

۱۴ جرم الکترون در حدود $9/0 \times 10^{-31} \text{ kg}$ است. جسمی بر اثر مالش دارای بار $+3/2 \text{ nC}$ می‌شود. جرم این جسم چند گرم تغییر می‌کند؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

۱۵ بار هسته پایدار اتم یک عنصر $+2/88 \times 10^{-6} \text{ pC}$ است. به کمک جدول تناوبی، نام عنصر را تعیین کنید. ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)



۱۶ در شکل مقابل، طرح ساده‌ای از اتم کربن را مشاهده می‌کنیم که الکترون‌ها در مدارهای

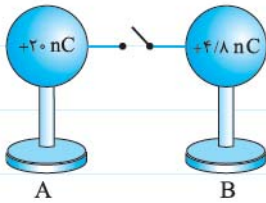
مشخصی به دور هسته در حال چرخش‌اند. بار منفی یک مول کربن را برحسب کولن به دست آورید.

$$(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}, N_A = 6/02 \times 10^{23})$$

۱۷ عدد اتمی گاز هلیوم $2/00$ و جرم مولی آن $4/00 \text{ g/mol}$ است. مجموع بار الکتریکی هسته‌های $6/00 \text{ g}$ گاز هلیوم چه قدر است؟

$$(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}, N_A = 6/02 \times 10^{23})$$

۱۸ در شکل مقابل، دو کره هم‌اندازه رسانا را که بار یکی از آن‌ها $q_A = +2.0 \times 10^{-6} \text{ nC}$ و بار دیگری $q_B = +4.0 \times 10^{-6} \text{ nC}$ است، به کمک سیم بسیار



نازکی به هم وصل می‌کنیم. پس از برقراری تعادل:

(الف) بار هر یک از کره‌ها چه قدر می‌شود؟

(ب) تقریباً چه تعداد الکترون بین آن‌ها مبادله شده است تا تعادل برقرار شود؟

(پ) کدام یک از کره‌ها الکترون از دست داده است؟

قانون کولن

■ بارهای الکتریکی بر هم نیرو وارد می‌کنند.

■ بارهای هم‌علامت همدیگر را دفع و بارهای مختلف‌العلامه همدیگر را جذب می‌کنند.

■ نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار با حاصل ضرب اندازه بار آن‌ها متناسب و با مجذور فاصله آن‌ها از هم نسبت عکس دارد.

■ بردار نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار در راستای خطی است که آن دو ذره را به هم وصل می‌کند.

■ ثابت الکتروستاتیکی یا ثابت کولن نام دارد که یکای آن در SI، $\frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$ و اندازه آن 9×10^9 است.

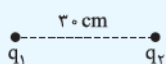
■ می‌توان ثابت کولن را برحسب ضریب ثابتی به نام ضریب گذردهی الکتریکی (ϵ_0) به صورت زیر نوشت:

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

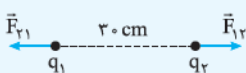
■ نیروی الکتریکی که دو جسم باردار بر هم وارد می‌کنند، طبق قانون سوم نیوتون هم‌اندازه و در خلاف جهت هم هستند.



مثال مطابق شکل، دو ذره باردار با بارهای الکتریکی $q_1 = 4.0 \text{ nC}$ و $q_2 = 5.0 \text{ nC}$ در فاصله 3.0 cm از هم قرار گرفته‌اند. اندازه و نوع



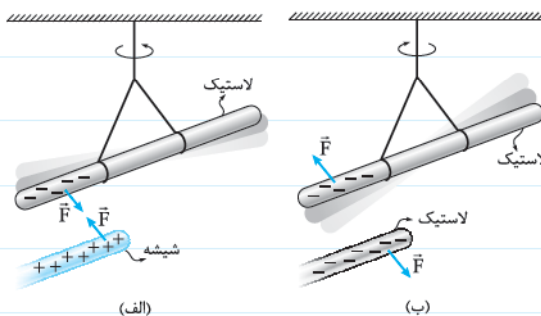
نیرویی را که این دو ذره بر هم وارد می‌کنند، به دست آورید. ($k = 9.0 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)



پاسخ چون بار هر دو ذره مثبت است، پس همدیگر را می‌رانند.

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = (9.0 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(4.0 \times 10^{-9} \text{ C})(5.0 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.030 \text{ m})^2} \Rightarrow F = 2.0 \times 10^{-6} \text{ N}$$

پرسش‌ها



۱۹ آزمایشی که تصویر آن را در شکل مشاهده می‌کنید، بیانگر کدام یک از

قوانین فیزیکی است؟

۲۰ درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.

درست نادرست

الف) بارهای هم‌نام همدیگر را دفع می‌کنند.

ب) طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که هر یک از بارها بر هم وارد می‌کنند، هم‌اندازه و در خلاف جهت هم است.

پ) با دو برابر شدن فاصله بین دو ذره باردار، نیروی الکتریکی که بر هم وارد می‌کنند، نصف می‌شود.

ت) تغییر جنس محیط بین دو ذره باردار را که در فاصله معینی از هم قرار دارند (مثلاً یک لایه شیشه‌ای

بین آن‌ها قرار دهیم)، تأثیری در اندازه نیرویی که بر هم وارد می‌کنند، ندارد.

ث) نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار با حاصل جمع بار الکتریکی آن‌ها رابطه مستقیم دارد.

ج) اساس کار دستگاه‌های فتوکپی جذب جوهر باردار توسط کاغذ باردار است.

۲۱ با انتخاب عبارت مناسب، جملات را به درستی تکمیل نمایید.

الف) با کاهش فاصله بین دو ذره باردار، اندازه نیروی الکتریکی که بر هم وارد می‌کنند می‌یابد.

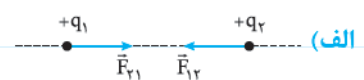
ب) ϵ_0 نام دارد که به جنس محیط بستگی دارد و برای خلأ، اندازه آن $\frac{C^2}{N.m}$ است.

پ) ثابت کولن (k) را می‌توان برحسب ϵ_0 به صورت نوشت.

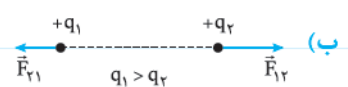
ت) یکای اندازه‌گیری ثابت کولن (k) در SI است.

۲۲ در شکل‌های زیر، دو بار نقطه‌ای در فاصله معینی از هم ثابت نگه داشته شده‌اند. تصاویری که برای نیروی وارد بر هر یک از آن‌ها رسم شده

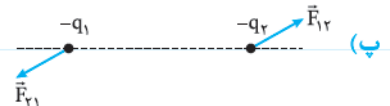
اشتباه است. دلیل اشتباه بودن تصاویر را نوشته و تصویر درست را رسم کنید.



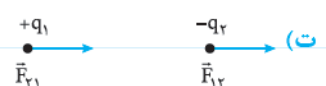
دلیل:



دلیل:



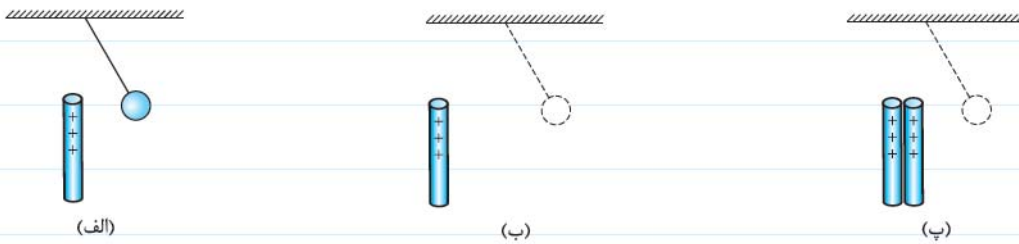
دلیل:



دلیل:

۲۳ یک آونک الکتریکی مطابق شکل (الف) توسط یک میلهٔ باردار دفع شده و از حالت قائم منحرف می‌شود. در شکل‌های (ب) و (پ) میزان

انحراف آونک را به صورت کیفی نسبت به حالت قبلی (که با نقطه‌چین نمایش داده شده است)، با ذکر دلیل رسم نمایید.



۲۴ با وسایل زیر، آزمایشی را طراحی کنید که نشان دهد، بارهای الکتریکی هم‌نام یکدیگر را می‌رانند و غیرهم‌نام یکدیگر را می‌ربایند.

(نوبتی ریاضی - دی ۹۱)

«دو بادکنک - نخ خشک کم‌تاب - پارچهٔ پشمی»

۲۵ در محیط اطراف ما، جاذبهٔ الکتریکی بیشتر از دافعه‌های الکتریکی مشاهده می‌شود. با ذکر دلیل علت را توضیح دهید. (در پاسخ به نیروهای

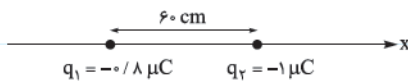
(امتحان نوبتی سال‌های دور)

بین مولکولی و نیروی بین دو جسمی که با هم مالش داده شده‌اند، توجه کنید.)

۲۶ دو عدد تعلق پلاستیکی را با پارچه‌ای مالش دهید (مثلاً پارچهٔ لباسی که بر تن دارید). پس از مالش دادن آن‌ها را به هم نزدیک کنید. مشاهدهٔ

خود را نوشته و دلیل آن را توضیح دهید.

۲۷ دو ذرهٔ باردار q_1 و q_2 مطابق شکل، در فاصلهٔ 60 cm از هم قرار گرفته‌اند. $(k = 9/0 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$



(الف) نوع نیرویی را که دو ذره بر هم وارد می‌کنند، بنویسید.

(ب) نیرویی را که بر هر یک از آن‌ها وارد می‌شود، رسم کنید.

(پ) نیرویی را که ذرهٔ q_1 بر q_2 وارد می‌کند، به دست آورید.

۲۸ اتم هیدروژن دارای یک الکترون و یک پروتون است. اگر شعاع متوسط ابر الکترونی که الکترون در آن به دور هسته می‌چرخد، در حدود

$$0.53 \text{ \AA} \text{ باشد: } (e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, k = 9/0 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$$

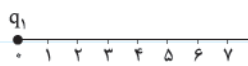
(الف) بزرگی نیروی الکتریکی که الکترون بر پروتون وارد می‌کند، چه قدر است؟

(ب) بزرگی نیرویی که پروتون بر الکترون وارد می‌کند، چه قدر است؟

۲۹ دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1 = 25 \text{ nC}$ و $q_2 = 25 \text{ nC}$ در فاصله 15 cm از هم فرار گرفته و با نیروی $4/0 \times 10^{-4} \text{ N}$ همدیگر را دفع می‌کنند. نوع و اندازه بار q_1 را تعیین کنید.

۳۰ دو بار نقطه‌ای $q_1 = 1/20 \mu\text{C}$ و $q_2 = 2/40 \mu\text{C}$ را در چه فاصله‌ای از هم قرار دهیم تا با نیروی $6/48 \times 10^{-3} \text{ N}$ همدیگر را دفع کنند.
 $(k = 9/00 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2})$

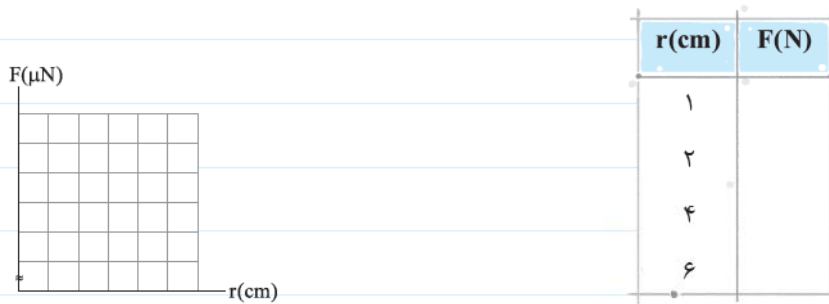
۳۱ ذره بارداری با بار $q_1 = 3 \text{ nC}$ را بر روی صفر خطکش نارسانایی ثابت نگه می‌داریم، سپس بار $q_2 = -3 \text{ nC}$ را به ترتیب در فاصله‌های 1 cm ،



2 cm ، 4 cm و 6 cm قرار می‌دهیم. با توجه به این که $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}$ است:

الف) جدول زیر را که نیروی بین دو بار بر حسب فاصله را مشخص می‌کند، تکمیل کنید.

ب) نمودار نیروی بین دو بار بر حسب فاصله بین آن‌ها ($F-r$) را رسم نمایید.

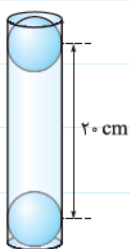


۳۲ دو ذره باردار به جرم‌های $m_1 = 80 \text{ g}$ و $m_2 = 50 \text{ g}$ و بارهای $q_1 = 0/20 \mu\text{C}$ و $q_2 = 0/80 \mu\text{C}$ را بر روی سطح افقی بدون اصطکاک و

نارسانایی در فاصله 30 cm از هم قرار داده و رها می‌کنیم. در لحظه رهاشدن: $(k = 9/0 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2})$

الف) نیرویی که هر یک از ذرات به هم وارد می‌کنند، چه قدر است؟

ب) شتاب هر یک را حساب کنید.



۳۳ دو گلوله فلزی بسیار کوچک با بارهای $0/40 \mu\text{C}$ و $0/20 \mu\text{C}$ مطابق شکل، درون یک لوله شیشه‌ای قائم در حال

تعادل‌اند. اگر فاصله گلوله‌ها از هم 20 cm باشد، جرم گلوله‌ای که معلق است، چند گرم است؟ (گلوله و دیواره لوله

اصطکاک ندارند، $g = 10 \text{ N/kg}$ و $(k = 9/0 \times 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2})$

۳۴ دو ذره باردار با بارهای $q_1 = 0/80 \mu C$ و $q_2 = 0/12 \mu C$ را در فاصله 12 cm از هم قرار داده و آن‌ها را رها می‌کنیم:

(الف) در لحظه رهاشدن، نیروی الکتریکی که بر هر یک از آن‌ها وارد می‌شود، چند نیوتون است؟

(ب) پس از مدتی که فاصله آن‌ها از هم دو برابر فاصله اولیه شود، نیروی الکتریکی که بر هر یک از آن‌ها وارد می‌شود، چند نیوتون است؟

(پ) در چه فاصله‌ای از هم نیرویی که بر هم وارد می‌کنند، $\frac{1}{35}$ حالت اولیه است؟

۳۵ دو بار ذره‌ای q و $4q$ در فاصله $6/0 \text{ cm}$ از هم قرار گرفته‌اند. اگر اندازه نیروی وارد بر هر یک از آن‌ها $2/5 \text{ N}$ باشد، اندازه بار q را محاسبه کنید.

$$(k = 9/0 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$$

۳۶ دو ذره باردار (۱) و (۲) به ترتیب با بارهای $-q$ و $+q$ در فاصله r از هم قرار دارند و بر هم نیروی F وارد می‌کنند. $2/5 q$ بار را از ذره (۱) جدا کرده و به ذره (۲) اضافه می‌کنیم. در این حالت نیرویی که بر هم وارد می‌کنند، چند برابر F است؟

برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی

■ اگر در اطراف یک ذره باردار بیش از یک ذره باردار وجود داشته باشد، نیروی خالصی که به آن وارد می‌شود، حاصل جمع بردار نیروهایی است که تک‌تک آن ذرات در غیاب بقیه ذره‌ها بر آن وارد می‌کنند. به این موضوع اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی گفته می‌شود.

■ برای حل این نوع از مسئله‌ها مراحل زیر را رعایت می‌کنیم.

۱) اندازه نیرویی را که هر یک از ذرات باردار بر ذره موردنظر ما وارد می‌کنند، محاسبه می‌کنیم.

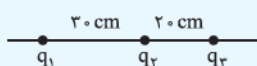
۲) جهت این نیروها را با توجه به نوع بارها مشخص کرده و بردار نیروی واردشده را برحسب بردارهای یکه \vec{i} و \vec{j} می‌نویسیم.

۳) بردار نیروی خالص وارد بر ذره موردنظر را از رابطه $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$ به دست می‌آوریم، که برحسب \vec{i} و \vec{j} می‌باشد.

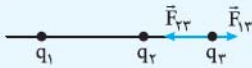
۴) اگر بردار نیروی خالص وارد بر ذره موردنظر هم مؤلفه \vec{i} و هم مؤلفه \vec{j} داشت، اندازه بردار را از رابطه $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ محاسبه می‌نماییم. در غیر این صورت عددی که به عنوان مؤلفه \vec{i} یا \vec{j} به دست آمده، اندازه بردار خالص است.

■ F_x و F_y اندازه مؤلفه‌های نیرو در راستای محورهای x و y هستند.

مثال | مطابق شکل، سه ذره باردار با بارهای الکتریکی $q_1 = 25 \text{ nC}$ ، $q_2 = -8/0 \text{ nC}$ و $q_3 = 10 \text{ nC}$ بر روی یک خط قرار گرفته‌اند. نیروی



وارد بر بار q_3 را به دست آورید. $(k = 9/0 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$



با توجه به نوع بارها، بار q_1 بار q_3 را دفع کرده و بار q_2 بار q_3 را جذب می‌کند.

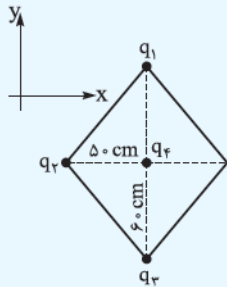
$$F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = (9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(25 \times 10^{-9} C)(10 \times 10^{-9} C)}{(0/50 m)^2}$$

$$F_{12} = 9/0 \times 10^{-6} N \xrightarrow[\text{نیرو}]{\text{با توجه به جهت}} \vec{F}_{12} = (9/0 \times 10^{-6} N) \vec{i}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = (9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(18 \times 10^{-9} C)(10 \times 10^{-9} C)}{(0/20 m)^2}$$

$$F_{23} = 18 \times 10^{-6} N \xrightarrow[\text{نیرو}]{\text{با توجه به جهت}} \vec{F}_{23} = (-18 \times 10^{-6} N) \vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} = (9/0 \times 10^{-6} N) \vec{i} - (18 \times 10^{-6} N) \vec{i} = (-9/0 \times 10^{-6} N) \vec{i}$$



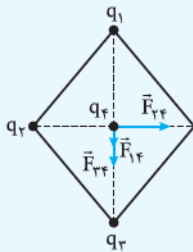
مثال سه ذره باردار بر روی ۳ رأس یک لوزی (مطابق شکل) قرار گرفته‌اند. نیروی خالص وارد بر ذره بارداری را که در

محل تقاطع دو قطر لوزی قرار گرفته است، محاسبه نمایید.

$$(q_1 = 8/0 nC, q_2 = 15 nC, q_3 = -6/0 nC, q_4 = 10 nC, k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$

پاسخ ابتدا به صورت جداگانه نیرویی را که هر یک از بارها بر بار q_4 وارد می‌کنند، محاسبه و با توجه به

جهت نیرو، بردار آن را می‌نویسیم.



$$F_{14} = k \frac{|q_1||q_4|}{r_{14}^2} = (9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(8/0 \times 10^{-9} C)(10 \times 10^{-9} C)}{(0/6 m)^2}$$

$$\Rightarrow F_{14} = 2/0 \times 10^{-6} N \Rightarrow \vec{F}_{14} = (-2/0 \times 10^{-6} N) \vec{j}$$

$$F_{24} = k \frac{|q_2||q_4|}{r_{24}^2} = (9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(15 \times 10^{-9} C)(10 \times 10^{-9} C)}{(0/5 m)^2}$$

$$\Rightarrow F_{24} = 5/4 \times 10^{-6} N \Rightarrow \vec{F}_{24} = (5/4 \times 10^{-6} N) \vec{i}$$

$$F_{34} = k \frac{|q_3||q_4|}{r_{34}^2} = (9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(6/0 \times 10^{-9} C)(10 \times 10^{-9} C)}{(0/6 m)^2}$$

$$F_{34} = 1/5 \times 10^{-6} N \Rightarrow \vec{F}_{34} = (-1/5 \times 10^{-6} N) \vec{j}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{14} + \vec{F}_{24} + \vec{F}_{34} = (-2/0 \times 10^{-6} N) \vec{j} + (5/4 \times 10^{-6} N) \vec{i} - (1/5 \times 10^{-6} N) \vec{j}$$

$$\vec{F}_T = (5/4 \times 10^{-6} N) \vec{i} - (3/5 \times 10^{-6} N) \vec{j}$$

برای محاسبه اندازه نیروی خالص به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$F_T = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \Rightarrow F_T = \sqrt{(5/4 \times 10^{-6} N)^2 + (3/5 \times 10^{-6} N)^2} \Rightarrow F_T \approx 6/4 \times 10^{-6} N$$

پرسش‌ها



۳۷ در هر یک از شکل‌های زیر بردار نیروهایی که بر یک ذره باردار وارد شده‌اند، رسم شده است. درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص نمایید.



نادرست درست

الف) نیروی خالص وارد بر بار q_1 به سمت غرب است.

ب) اندازه نیروی وارد بر بار q_1 برابر با جمع اندازه نیروهای وارد بر آن است.

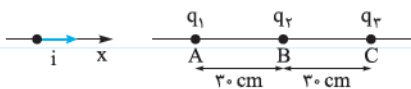
پ) نیروی خالص وارد بر بار q_2 به سمت غرب بوده و اندازه آن برابر با جمع اندازه هر یک از نیروها است.

ت) جهت نیروی خالص وارد بر بار q_3 به سمت جنوب غرب است.

ث) اندازه نیروی خالص وارد بر بار q_3 از رابطه فیثاغورس به دست می‌آید.

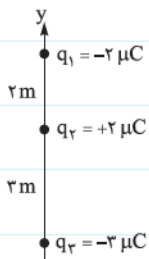
۳۸ مطابق شکل، سه ذره باردار q_1 ، q_2 و q_3 در نقطه‌های A، B و C ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2 را برحسب بردار یکه دستگاه

مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید. ($q_1 = q_2 = 0/20 \mu C$ ، $q_3 = -0/40 \mu C$ و $k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$) (نوبتی تهرانی با انکی تغییر - دی ۹۳)



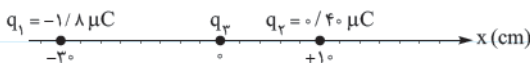
۳۹ سه ذره باردار روی محور yها مطابق شکل روبه‌رو قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 را در SI برحسب

بردارهای یکه محاسبه کنید. ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$) (نوبتی ریاضی - دی ۹۳)



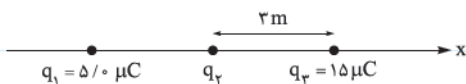
۴۰ در شکل زیر، سه ذره باردار بر روی محور مختصات ثابت نگه داشته شده‌اند. اگر نیروی وارد بر q_3 ، $\vec{F}_3 = 27 (N) \vec{i}$ باشد، نوع و اندازه بار q_3

را به دست آورید. ($k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)



۴۱ در شکل زیر، نیروی خالص وارد بر بار q_3 ، $\vec{F}_3 = 87 \times 10^{-3} (N) \vec{i}$ است. اگر بار q_1 را خنثی کنیم، نیروی وارد بر بار q_2 ، $\vec{F}_2 = 60 \times 10^{-3} (N) \vec{i}$

می‌شود. قبل از خنثی شدن بار q_1 نیروی وارد بر آن چند نیوتون بوده است؟ ($k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

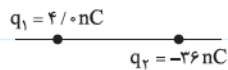


۴۲ در کدام یک از شکل‌های زیر، با قراردادن بار q_3 در سمت چپ مجموعه بارها، می‌توان شرایطی ایجاد کرد که نیروی خالص وارد بر بار q_3 صفر شود. (ممکن است بیش از یک پاسخ صحیح داشته باشد).



۴۳ دو ذره باردار با بارهای هم‌نام $+2/0 \mu C$ و $+8/0 \mu C$ در فاصله $1/2 m$ از هم ثابت شده‌اند. مکان نقطه‌ای را بیابید که در آن نقطه، نیروی خالص وارد بر بار $q_3 = 5/0 \mu C$ صفر باشد. آیا نوع و اندازه بار q_3 در پاسخ به دست آمده تأثیرگذار است؟

۴۴ دو ذره باردار q_1 و q_2 مطابق شکل، در فاصله $24 cm$ از هم ثابت شده‌اند. بار q_3 را در چه فاصله‌ای از بار q_1 قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر بار آن صفر شود؟



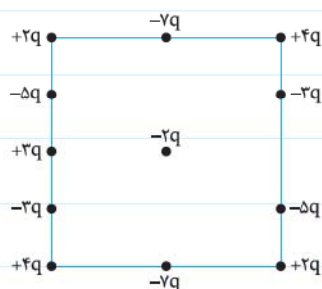
۴۵ مطابق شکل، دو ذره باردار با بارهای $q_1 = -1/0 nC$ و $q_2 = -16 nC$ بر روی یک محور مختصات ثابت شده‌اند. بار q_3 را کجا قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن صفر شود.



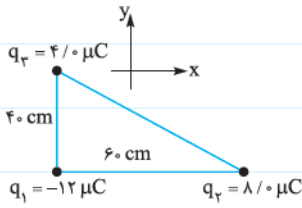
۴۶ دو ذره باردار بر روی لبه خط‌کشی که بر حسب cm مدرج شده، ثابت نگه داشته شده‌اند. نوع بار و اندازه بار q_3 و مکان آن را به گونه‌ای تعیین کنید که برایند نیروهای وارد بر هر یک از ذره‌ها صفر باشد.



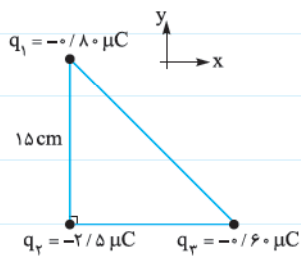
۴۷ اندازه نیروی خالص وارد بر باری را که در مرکز مربعی به ابعاد $30 cm \times 30 cm$ قرار دارد، حساب کنید. $(q = 5/0 nC, k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$



۴۸ بر روی سه رأس یک مثلث قائم الزاویه مطابق شکل، سه ذره باردار ثابت شده‌اند. بردار نیروی وارد بر بار q_1 را برحسب بردارهای یکه \vec{i} و \vec{j} بنویسید. ($k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)



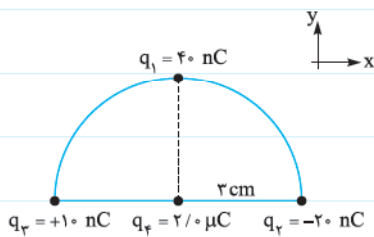
۴۹ سه ذره باردار مطابق شکل، بر روی سه رأس مثلث قائم الزاویه متساوی الساقینی ثابت شده‌اند. ($k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)



الف) نیروی وارد بر ذره‌ای را که در رأس قائم قرار دارد، برحسب بردارهای یکه \vec{i} و \vec{j} به دست آورید.

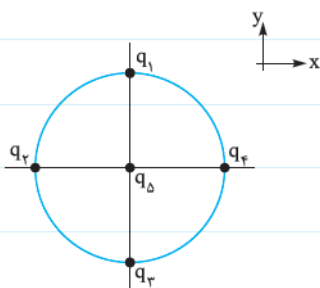
ب) بزرگی نیروی وارد بر ذره‌ای را که در رأس قائم قرار دارد، به دست آورید.

۵۰ مطابق شکل، چهار ذره باردار با بارهای $q_1 = 40 \text{ nC}$ ، $q_2 = -20 \text{ nC}$ ، $q_3 = +10 \text{ nC}$ و $q_4 = 2/0 \text{ microC}$ روی محیط و مرکز نیم‌دایره‌ای ثابت شده‌اند. بردار نیروی وارد بر بار q_4 را برحسب



بردارهای یکه و بزرگی این نیرو را به دست آورید. ($k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

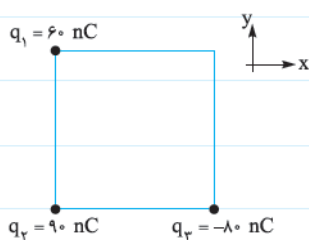
۵۱ چهار ذره باردار مطابق شکل بر روی محیط دایره‌ای به شعاع 30 cm ثابت شده‌اند. ($q_1 = 0/80 \text{ microC}$ ، $q_2 = -0/30 \text{ microC}$)



الف) نیروی وارد بر ذره باردار q_4 را که در مرکز دایره قرار گرفته، به دست آورید. ($k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ و $q_4 = 0/10 \text{ microC}$ ، $q_5 = q_1 = 0/50 \text{ microC}$)

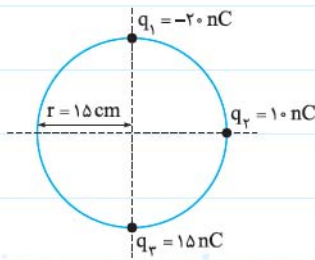
ب) اندازه این نیرو چند نیوتون است؟

۵۲ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل بر روی سه رأس از مربعی به ابعاد $18 \text{ cm} \times 18 \text{ cm}$ قرار گرفته‌اند. بردار



نیروی وارد بر بار q_2 را بنویسید. ($k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

۵۳ سه ذره باردار بر روی محیط دایره‌ای ثابت نگه داشته شده‌اند. اندازه نیروی وارد بر بار q_2 را محاسبه کنید. ($k = 9/0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)



میدان الکتریکی

- در اطراف اجسام باردار خاصیتی به نام میدان الکتریکی وجود دارد که به واسطه آن، اجسام باردار می‌توانند حضور یکدیگر را حس کرده و بر هم نیرو وارد کنند.
- میدان الکتریکی یک کمیت برداری است.
- جهت میدان الکتریکی در یک نقطه از فضای اطراف جسم باردار، هم‌جهت با نیرویی است که در آن نقطه بر یک بار نقطه‌ای مثبت و کوچک به نام بار آزمون وارد می‌شود.
- برای به دست آوردن اندازه میدان الکتریکی در فضای اطراف یک جسم باردار از رابطه $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ استفاده می‌کنیم که در آن F نیروی وارد بر بار آزمون q_0 است.
- از رابطه $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ می‌توان یکای اندازه‌گیری میدان الکتریکی را به صورت N/C به دست آورد.

مثال در نقطه‌ای در اطراف یک جسم باردار نیروی وارد بر یک بار آزمون مثبت $4/8 \times 10^{-6} N$ و جهت آن رو به شمال است. اگر اندازه بار آزمون $4/0 pC$ باشد، اندازه و جهت میدان را در آن نقطه تعیین نمایید.

پاسخ با توجه به این‌که جهت میدان الکتریکی همان جهت نیروی وارد بر بار آزمون مثبت است، پس جهت میدان نیز رو به شمال است.

$$E = \frac{F}{q_0} \Rightarrow E = \frac{4/8 \times 10^{-6} N}{4/0 \times 10^{-12} C} = 1/2 \times 10^6 N/C$$

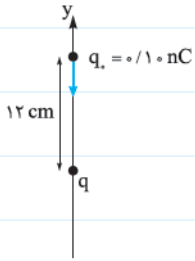
پرسش‌ها

۵۴ به کمک کلمه‌های مناسب، جمله‌ها را به درستی تکمیل نمایید.

- (الف) نیرویی که دو بار الکتریکی بر هم وارد می‌کنند، کنش از راه است.
- (ب) اجسام باردار خاصیتی در فضای پیرامون خود ایجاد می‌کنند که به آن اصطلاحاً بار گفته می‌شود.
- (پ) برای تعیین جهت و اندازه میدان الکتریکی در اطراف یک جسم باردار، از باری کوچک و به نام بار استفاده می‌شود.
- (ت) میدان الکتریکی کمیتی است که بزرگی آن برابر با و جهت آن با نیروی وارد بر بار است.
- (ث) یکای اندازه‌گیری میدان الکتریکی در SI است.

۵۵ برای تعیین اندازه و جهت میدان الکتریکی در نقطه‌ای از فضا بار آزمون $+0/50 nC$ را در نقطه‌ای از میدان قرار می‌دهیم. نیروی الکتریکی وارد بر ذره $2/5 \times 10^{-3} N$ در راستای شرق به غرب بر بار آزمون وارد می‌شود. بزرگی و جهت میدان در این نقطه را مشخص نمایید.

۵۶ در شکل مقابل، اندازه نیرویی که ذره باردار q بر بار آزمون $+0.10 \text{ nC}$ وارد می‌کند، \vec{j} $-5.0 \times 10^{-6} \text{ (N)}$ است. $(k = 9.0 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$



(الف) نوع بار q را مشخص کنید.

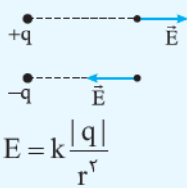
(ب) میدان الکتریکی بار q را در محلی که بار آزمون قرار گرفته است، محاسبه کنید.

(پ) اندازه بار q را به دست آورید.

میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار

■ میدان الکتریکی در اطراف ذره باردار در راستای خطی است که آن نقطه را به ذره متصل می‌سازد.

$$E \propto \frac{1}{r^2} \quad E \propto q$$



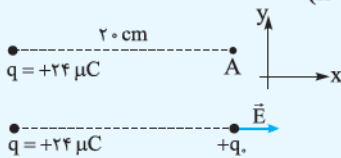
■ اندازه میدان در فاصله r از ذره بارداری با بار q ، با اندازه بار متناسب و با مجذور فاصله رابطه عکس دارد.

■ اندازه میدان الکتریکی را در اطراف یک ذره باردار، از رابطه $E = \frac{F}{q_0}$ نیز می‌توان به دست آورد.

■ جهت میدان در اطراف یک ذره باردار را می‌توان به کمک بار آزمون مثبت مشخص کرد، به طوری که نیروی وارد بر بار آزمون مثبت هم‌جهت با میدان الکتریکی در آن نقطه است.



مثال | در شکل زیر، اندازه و جهت میدان الکتریکی را در نقطه A مشخص نمایید. $(k = 9.0 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$



پاسخ | اگر در نقطه A بار آزمون مثبت قرار دهیم، جهت میدان مشخص می‌گردد.

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow E = (9.0 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{24 \times 10^{-6} \text{ C}}{(0.2 \text{ m})^2} \Rightarrow E = 5/4 \times 10^6 \text{ N/C} \xrightarrow[\text{جهت بردار میدان}]{\text{با توجه به}} \vec{E} = (5/4 \times 10^6 \text{ N/C}) \vec{i}$$

پرسش‌ها



۵۷ درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص نمایید.

- | نادرست | درست | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (الف) اندازه میدان الکتریکی در فاصله معینی از بار الکتریکی، با اندازه بار متناسب است. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (ب) اگر فاصله یک بار الکتریکی از نقطه مشخصی ۲ برابر شود، اندازه میدان در آن نقطه نصف می‌شود. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (پ) می‌توان اندازه میدان الکتریکی را در فاصله معینی از ذره باردار از رابطه $E = k \frac{ q }{r^2}$ به دست آورد. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (ت) اندازه میدان الکتریکی در نقطه معینی برابر است با نیروی وارد بر بار آزمون در آن نقطه. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (ث) اگر شعله شمع را به واندوگرافی با بار منفی نزدیک کنیم، یون‌های مثبت آتش برخلاف جهت میدان به سمت واندوگراف خم می‌شود. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | (ج) واندوگرافی که کلاهک آن بار مثبت دارد، شعله شمع را دفع می‌کند. |



۵۸ به کمک یک واندوگراف، شمع و خطکش آزمایشی طرح کنید که نشان دهد اندازه میدان و فاصله از بار با هم رابطه عکس دارند.

۵۹ میدان الکتریکی را در فاصله ۱۲ cm از ذره باردار با بار الکتریکی $۸/۰ \mu\text{C}$ محاسبه نمایید. $(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

۶۰ بزرگی میدان را در نقاط A و B که در اطراف ذره باردار با بار -۵۰nC هستند، محاسبه نمایید و جهت میدان را در آن نقاط رسم کنید.

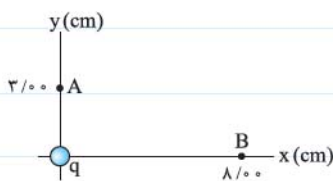


۶۱ میدان الکتریکی یک ذره باردار را که در نقطه $x = -۲/۰ \text{ cm}$ ثابت شده است، در نقاط $x_1 = ۴/۰ \text{ cm}$ و $x_2 = -۱۲ \text{ cm}$ به دست آورید.

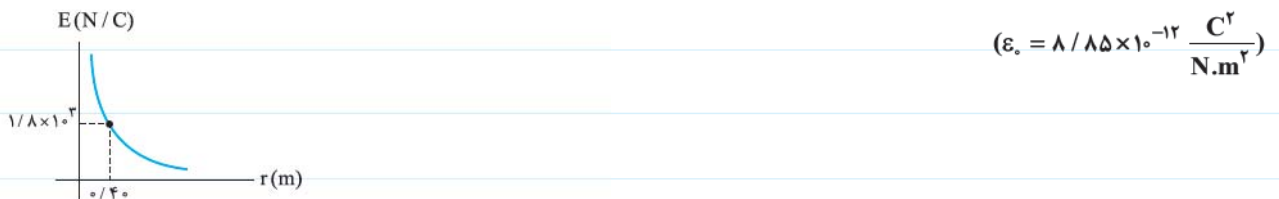


۶۲ اندازه میدان الکتریکی در فاصله ۶/۰ cm از یک بار نقطه‌ای $۳۵ \times ۱۰^۳ \text{ N/C}$ است. اندازه میدان در فاصله ۱۵ cm از آن چقدر است؟

۶۳ ذره باردار در مرکز مبدأ مختصات ثابت شده است. اگر اندازه میدان در نقطه A به اندازه $۱۱/۰ \times ۱۰^۴ \text{ N/C}$ از اندازه میدان در نقطه B بزرگ‌تر باشد، اندازه بار ذره چقدر است؟ $(k = ۹/۰۰ \times ۱۰^۹ \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$



۶۴ نمودار اندازه میدان الکتریکی بر حسب فاصله از ذره باردار q، $(E-r)$ مطابق شکل زیر داده شده است. اندازه بار الکتریکی را به دست آورید.



برهم‌نهی میدان الکتریکی

■ اگر چند ذره باردار در ناحیه‌ای از فضا قرار داشته باشند و بخواهیم که میدان خالص را در یک نقطه از فضا مشخص نماییم، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

۱) اندازه و جهت هر یک از میدان‌ها را به طور جداگانه در آن نقطه محاسبه می‌نماییم.

۲) بردار هر یک از میدان‌ها را برحسب مؤلفه‌هایشان در راستای بردارهای یک \vec{i} و \vec{j} می‌نویسیم.

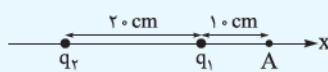
۳) میدان در نقطه موردنظر را از رابطه $\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$ به دست می‌آوریم.

به این رابطه اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی گفته می‌شود.

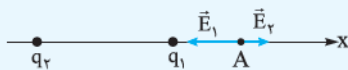
۴) اگر اندازه میدان را در آن نقطه خواستند، از رابطه $E_T = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$ اندازه میدان را محاسبه می‌کنیم.

■ E_x و E_y اندازه مؤلفه‌های میدان در راستای محورهای x و y هستند.

مثال | دو ذره باردار $q_1 = -2/0 \text{ nC}$ و $q_2 = 5/0 \text{ nC}$ در فاصله 20 cm از هم ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی را در نقطه A مشخص نمایید.



$$(k = 9/0 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$$

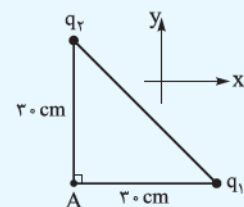


پاسخ | ابتدا میدان الکتریکی هر کدام از بارها را به صورت جداگانه در نقطه A مشخص می‌نماییم.

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = (9/0 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}) \frac{2/0 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0/10 \text{ m})^2} = 1800 \text{ N/C} \Rightarrow \vec{E}_1 = (-1800 \text{ N/C})\vec{i}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow E_2 = (9/0 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}) \times \frac{5/0 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0/30 \text{ m})^2} = 500 \text{ N/C} \Rightarrow \vec{E}_2 = (+500 \text{ N/C})\vec{i}$$

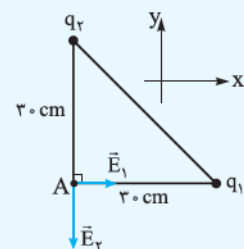
$$\Rightarrow \vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E}_T = (-1300 \text{ N/C})\vec{i}$$



مثال | در شکل روبه‌رو، دو ذره باردار $q_1 = -5/0 \text{ nC}$ و $q_2 = 12 \text{ nC}$ بر روی دو رأس مثلث قائم‌الزاویه

ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی را در رأس قائمه به دست آورید، سپس اندازه آن را محاسبه نمایید.

$$(k = 9/0 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$$



پاسخ | ابتدا میدان هر یک را در نقطه A به دست می‌آوریم.

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = (9/0 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}) \times \frac{5/0 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0/30 \text{ m})^2} = 0/50 \times 10^3 \text{ N/C} \Rightarrow \vec{E}_1 = (0/50 \times 10^3 \text{ N/C})\vec{i}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = (9/0 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}) \times \frac{12 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0/30 \text{ m})^2} = 1/2 \times 10^3 \text{ N/C} \Rightarrow \vec{E}_2 = (-1/2 \times 10^3 \text{ N/C})\vec{j}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (0/50 \times 10^3 \text{ N/C})\vec{i} - (1/2 \times 10^3 \text{ N/C})\vec{j}$$

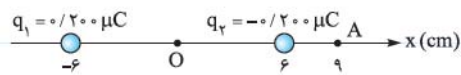
$$E_T = \sqrt{(0/50 \times 10^3 \text{ N/C})^2 + (1/2 \times 10^3 \text{ N/C})^2} = 1/3 \times 10^3 \text{ N/C}$$

۶۵ اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی را بنویسید.

۶۶ دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1 = -3/0 \text{ nC}$ و $q_2 = -27 \text{ nC}$ مطابق شکل در فاصله $0/24$ متری از یکدیگر ثابت شده‌اند. بزرگی میدان الکتریکی را در نقطه M محاسبه کنید. $(k = 9/0 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$
(نهایی تهرنی با اندکی تغییر - فرداد ۹۰)

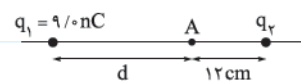


۶۷ دو بار الکتریکی هم‌اندازه و ناهم‌نام q_1 و q_2 مطابق شکل در فاصله $12/0 \text{ cm}$ از هم



ثابت نگه داشته شده‌اند. میدان الکتریکی را در نقطه A واقع بر خط واصل دو بار و در فاصله $9/00 \text{ cm}$ از نقطه O (وسط خط واصل دو بار) محاسبه نمایید. $(k = 9/00 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

۶۸ در شکل زیر، میدان برابند در نقطه A ، $\vec{E} = 7/5 \times 10^3 \text{ (N/C)}$ است. اگر بار q_1 را خنثی کنیم، میدان در آن نقطه، $\vec{E} = 5/0 \times 10^3 \text{ (N/C)}$ می‌شود.



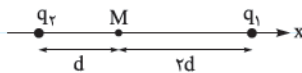
$$(k = 9/0 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$$

الف) نوع و اندازه بار q_2 را مشخص کنید.

ب) فاصله d را محاسبه کنید.

۶۹ در شکل زیر، میدان الکتریکی در نقطه M ، $-2E\vec{i}$ است. اگر بار q_1 را خنثی کنیم، اندازه میدان $+E\vec{i}$ می‌شود. $\frac{q_1}{q_2}$ را به دست آورید.

(بارها هم‌نام هستند.)



۷۰ میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای $q_1 = +2/0 \text{ nC}$ و $q_2 = +32 \text{ nC}$ در فاصله 16 سانتی‌متری از بار q_2 صفر می‌باشد. فاصله دو بار

(نهایی ریاضی - فرداد ۹۳)

الکتریکی از یکدیگر چند سانتی‌متر است؟

۷۱ دو بار نقطه‌ای $q_A = +2/50 \text{ nC}$ و $q_B = -22/50 \text{ nC}$ در فاصله $12/0 \text{ cm}$ از هم قرار دارند. نقاطی را بر روی خطی که دو بار را به هم

متصل می‌کند، پیدا کنید که در آنجا میدان الکتریکی هر یک از بارها هم‌اندازه دیگری باشد.