فصل ١

الكتريسيتهٔ ساكن

بار الکتریکی ـ 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 نیست.

جسم باردار است.

- بر اثر مالش دو جسم با هم، بار یکی از آن‌ها منفی و بار دیگری مثبت می‌شود؛ نوع بار آن‌ها را به وسیلهٔ جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) 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 $-1/6\times10^{-19}$ 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 مضرب صحیحی از بار بنیادی الکترون است: $q=\mp ne \quad , n=0,1,2,\dots$

توجه (+) یا (−) بودن بار را از روی این‌که الکترون از دست داده یا گرفته است، تعیین می‌کنیم.

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

مثال **بار جسمی $-6/4$ nC است. ($e=1/6\times10^{-19}$ 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 $q=ne \Rightarrow 6/4\times10^{-9}\ C=n\times1/6\times10^{-19}\ C \Rightarrow n=4/0\times10^{10}$

تعداد $4/0\times10^{10}$ الکترون گرفته است.

مثال **یک جسم خنثی تعداد $5/0\times10^{13}$ الکترون از دست می‌دهد. نوع بار جسم و اندازهٔ بار را تعیین نمایید. ($e=1/6\times10^{-19}$ C)**

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

برای محاسبهٔ اندازهٔ بار از رابطهٔ $|q|=ne$ استفاده می‌کنیم.

$$|q|=(5/0\times10^{13})(1/6\times10^{-19}\ C)=8/0\times10^{-6}\ C=8/0\ \mu C \Rightarrow q=+8/0\ \mu C$$

پرسش‌ها

۱ جاهای خالی را با کلمهٔ مناسب پر کنید.

الف) باردارشدن 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 مشاهده‌شدهٔ جسم ..... از بار بنیادی e است.

ت) مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ..... است.

۲ درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.

	درست	نادرست
الف) واژهٔ الکتریسیته از واژهٔ یونانی الکترون گرفته شده است که به معنی کهربا است.	☐	☐
ب) بر اثر مالش دو جسم که در بالای جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) قرار دارند، بار هر دوی آن‌ها مثبت می‌شود.	☐	☐
پ) اگر جمع جبری بارهای دستگاهی صفر باشد، جسم از نظر الکتریکی خنثی است.	☐	☐
ت) یک حصار سیمی عایق‌بندی‌شده از زمین می‌تواند توسط برقی که به آن می‌وزد، باردار شود.	☐	☐
ث) یکای کولن، یکایی فرعی است.	☐	☐
ج) به علت بیشتربودن جرم پروتون از الکترون، اندازهٔ بار پروتون بزرگ‌تر از بار الکترون است.	☐	☐
چ) بر اثر مالش دو جسم، جسمی که الکترون‌خواهی کم‌تری دارد، پروتون از دست می‌دهد.	☐	☐
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 الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) نوع بار هر یک را مشخص کنید.

الف) یک تکه کهربا ـ پارچهٔ ابریشمی { بار مثبت: / بار منفی:

ب) یک تکه کهربا ـ پارچه‌ای با الیاف پلاستیکی { بار مثبت: / بار منفی:

پ) یک میلهٔ شیشه‌ای ـ موی انسان { بار مثبت: / بار منفی:

ت) یک میلهٔ شیشه‌ای ـ پارچهٔ پشمی { بار مثبت: / بار منفی:

ادامهٔ سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)
پارچهٔ کتان
کهربا
برنج
مس
پلاستیک
پلی اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)
انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیم
کاغذ
چوب

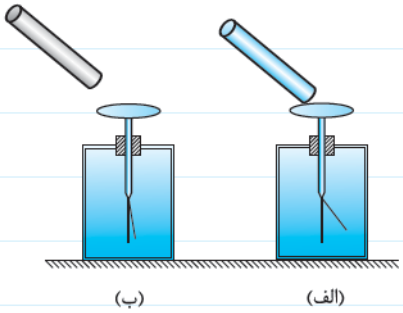
۴ **متن زیر را با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) کامل کنید:**

بر اثر مالش یک قطعه چوب با پارچهٔ کتان چون الکترون‌خواهی ..... بیشتر از الکترون‌خواهی ..... است، بار تکه‌چوب ..... می‌شود. از طرفی با مالش تکه‌شیشه با پارچهٔ پشمی چون الکترون‌خواهی شیشه ..... از الکترون‌خواهی پارچهٔ پشمی است، بار شیشه ..... می‌شود؛ بنابراین با نزدیک‌کردن تکه‌شیشه به تکه‌چوب همدیگر را ..... می‌کنند.

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

۶ **چرا بعد از سُرسُره بازی بر روی سُرسُره‌های پلاستیکی اگر به یک میلهٔ رسانا یا بدن فرد دیگری تماس پیدا کنیم، جرقه‌ای زده شده و شُک 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 نزدیک‌کردن میلهٔ دوم دهانهٔ الکتروسکوپ بسته شد؟

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

۸ **عدد اتمی اکسیژن $Z = ۸$ است؛ یعنی ۸ پروتون و ۸ نوترون در هستهٔ خود دارد.** $(e = ۱/۶۰ \times ۱۰^{-۱۹}\ C)$

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 چه‌قدر است؟

۹ بر اثر مالش یک پارچهٔ پشمی و یک میلهٔ شیشه‌ای، تعداد $۴/۰\times۱۰^{۷}$ الکترون بین دو جسم مبادله می‌شود. نوع و اندازهٔ بار هر یک را محاسبه نمایید. ($e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C$)

۱۰ چه تعداد الکترون از جسمی خنثی‌ای بگیریم تا بار آن $+۱/۰۰\ C$ شود؟ ($e=۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\ C$)

۱۱ گلوله‌ای تعداد $۵/۰\times۱۰^{۱۰}$ الکترون از دست می‌دهد. نوع بار الکتریکی آن را مشخص کرده و اندازهٔ بار را محاسبه نمایید. ($e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C$)

۱۲ بار الکتریکی یک جسم باردار $-۳۲\ \mu C$ است.

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

ب) تعداد کل الکترون‌های جابه‌جا شده را به دست آورید. ($e=۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\ C$)

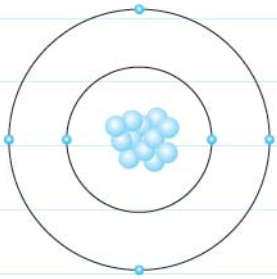
۱۳ بار جسمی $+۶/۴۰\ \mu C$ است. اگر به تعداد $۵/۰۰\times۱۰^{۱۳}$ الکترون از این جسم بگیریم، بار جسم چه‌قدر خواهد شد؟ ($e=۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\ C$)

۱۴ جرم الکترون در حدود $۹/۰\times۱۰^{-۳۱}\ kg$ است. جسمی بر اثر مالش دارای بار $+۳/۲\ nC$ می‌شود. جرم این جسم چند گرم تغییر می‌کند؟ ($e=۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\ C$)

۱۵ بار هستهٔ پایدار اتم یک عنصر $+۲/۸۸\times۱۰^{-۶}\ pC$ است. به کمک جدول تناوبی، نام عنصر را تعیین کنید. ($e=۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\ C$)

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.

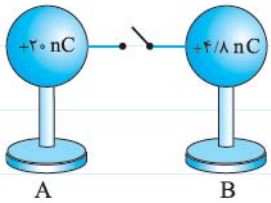
($e=۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\ C\ ,\ N_A=۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$)



۱۷ عدد اتمی گاز هلیم ۲/۰۰ و جرم مولی آن $۴/۰۰\ g/mol$ است. مجموع بار الکتریکی هسته‌های $۶/۰۰\ g$ گاز هلیم چه‌قدر است؟

($e=۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\ C\ ,\ N_A=۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$)

۱۸ در شکل مقابل، دو کرهٔ هم‌اندازهٔ رسانا را که بار یکی از آن‌ها $q_A = +۲۰/۰\,nC$ و بار دیگری $q_B = +۴/۸۰\,nC$ است، به کمک سیم بسیار نازکی به هم وصل می‌کنیم. پس از برقراری تعادل:



الف) بار هر یک از کره‌ها چه‌قدر می‌شود؟

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

پ) کدام‌یک 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 ذرهٔ باردار با حاصل‌ضرب اندازهٔ بار آن‌ها متناسب و با مجذور فاصلهٔ آن‌ها از هم نسبت عکس دارد.
- بردار نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار در راستای خطی است که آن دو ذره را به هم وصل می‌کند.

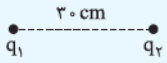
$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$$

- k ثابت الکتروستاتیکی یا ثابت کولن نام دارد که یکای آن در SI، $\frac{N.m^۲}{C^۲}$ و اندازهٔ آن ۹×۱۰^۹ است.
- می‌توان ثابت کولن را برحسب ضریب ثابتی به نام ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $(\varepsilon_۰)$ به صورت زیر نوشت:

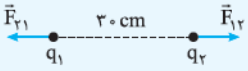
$$k = \frac{۱}{۴\pi\varepsilon_۰}\ ,\ \varepsilon_۰ = ۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲}\ \frac{C^۲}{N.m^۲}$$

- 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 ذرهٔ باردار با بارهای الکتریکی $q_۱ = ۴/۰\,nC$ و $q_۲ = ۵/۰\,nC$ در فاصلهٔ ۳۰ cm از هم قرار گرفته‌اند. اندازه و نوع نیرویی را که این دو ذره بر هم وارد می‌کنند، به دست آورید. $(k = ۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$



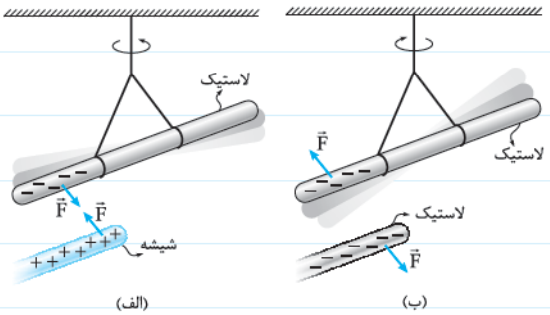
پاسخ چون بار هر دو ذره مثبت است، پس همدیگر را می‌رانند.



$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \Rightarrow F = (۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})\frac{(۴/۰\times۱۰^{-۹}\ C)(۵/۰\times۱۰^{-۹}\ C)}{(۰/۳۰\ m)^۲} \Rightarrow F = ۲/۰\times۱۰^{-۶}\ N$$

پرسش‌ها

۱۹ آزمایشی که تصویر آن را در شکل مشاهده می‌کنید، بیانگر کدام‌یک 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 فاصلهٔ بین دو ذرهٔ باردار، نیروی الکتریکی که بر هم وارد می‌کنند، نصف می‌شود.	☐	☐
ت) تغییر جنس محیط بین دو ذرهٔ باردار را که در فاصلهٔ معینی از هم قرار دارند (مثلاً یک لایهٔ شیشه‌ای بین آن‌ها قرار دهیم)، تأثیری در اندازهٔ نیرویی که بر هم وارد می‌کنند، ندارد.	☐	☐
ث) نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار با حاصل‌جمع بار الکتریکی آن‌ها رابطهٔ 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 فاصلهٔ بین دو ذرهٔ باردار، اندازهٔ نیروی الکتریکی که بر هم وارد می‌کنند ..... می‌یابد.

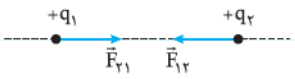
ب) ε_0، ..... نام دارد که به جنس محیط بستگی دارد و برای خلأ، اندازهٔ آن ..... $\frac{C^2}{N.m^2}$ است.

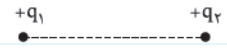
پ) ثابت کولن (k) را می‌توان برحسب ε_0 به صورت ..... نوشت.

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

۲۲ در شکل‌های زیر، دو بار نقطه‌ای در فاصلهٔ معینی از هم ثابت نگه داشته شده‌اند. تصاویری که برای نیروی وارد بر هر یک از آن‌ها رسم شده اشتباه است. دلیل اشتباه‌بودن تصاویر را نوشته و تصویر درست را رسم کنید.

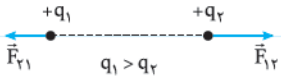
الف)





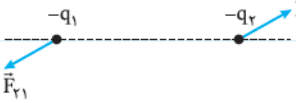
دلیل: .....

ب)



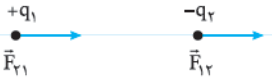
دلیل: .....

پ)



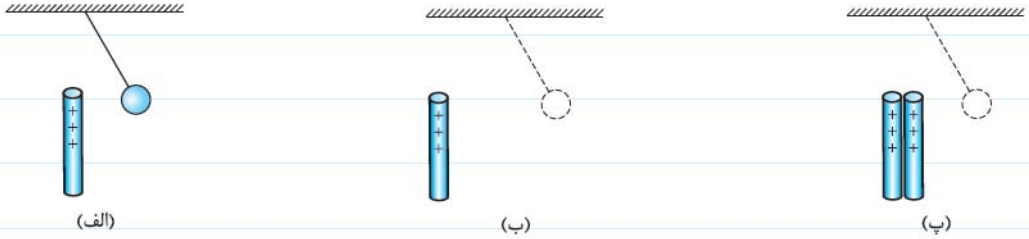
دلیل: .....

ت)



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.

«دو بادکنک ـ نخ خشک کم‌تاب ـ پارچهٔ پشمی»

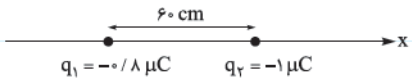
(نهایی ریاضی ـ دی ۹۱)

۲۵ در محیط اطراف ما، جاذبهٔ الکتریکی بیشتر از دافعه‌های الکتریکی مشاهده می‌شود. با ذکر دلیل علت را توضیح دهید. (در پاسخ به نیروهای بین مولکولی و نیروی بین دو جسمی که با هم مالش داده شده‌اند، توجه کنید.)

(امتحان نهایی سال‌های دور)

۲۶ دو عدد تلق پلاستیکی را با پارچه‌ای مالش دهید (مثلاً پارچهٔ لباسی که بر تن دارید). پس از مالش‌دادن 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. $(k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



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 $0/53\ \mathring{A}$ باشد: $(e = 1/6\times10^{-19}\ C\ ,\ k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$

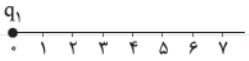
الف) بزرگی نیروی الکتریکی که الکترون بر پروتون وارد می‌کند، چه‌قدر است؟

ب) بزرگی نیرویی که پروتون بر الکترون وارد می‌کند، چه‌قدر است؟

۲۹ دو بار الکتریکی ذره‌ای q_1 و $q_2 = 25\ nC$ در فاصلهٔ $15\ cm$ از هم قرار گرفته و با نیروی $4/0\times10^{-4}\ N$ همدیگر را دفع می‌کنند. نوع و اندازهٔ بار q_1 را تعیین کنید.

۳۰ دو بار نقطه ای $q_1 = 1/20\ \mu C$ و $q_2 = 2/40\ \mu C$ را در چه فاصله‌ای از هم قرار دهیم تا با نیروی $6/48\times10^{-3}\ N$ همدیگر را دفع کنند. $(k = 9/00\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$

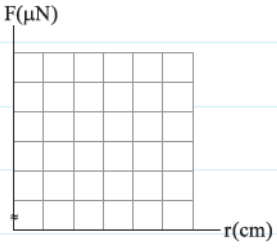
۳۱ ذرهٔ بارداری با بار $q_1 = 3\ nC$ را بر روی صفر خط‌کش نارسانایی ثابت نگه می‌داریم، سپس بار $q_2 = -3\ nC$ را به ترتیب در فاصله‌های $1\ cm$، $2\ cm$، $4\ cm$ و $6\ cm$ قرار می‌دهیم. با توجه به این‌که $k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}$ است:



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

ب) نمودار نیروی بین دو بار برحسب فاصلهٔ بین آن‌ها $(F-r)$ را رسم نمایید.

r(cm)	F(N)
۱	
۲	
۴	
۶	

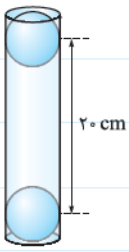


۳۲ دو ذرهٔ باردار به جرم‌های $m_1 = 80\ g$ و $m_2 = 50\ g$ و بارهای $q_1 = 0/20\ \mu C$ و $q_2 = 0/80\ \mu C$ را بر روی سطح افقی بدون اصطکاک و نارسانایی در فاصلهٔ $30\ cm$ از هم قرار داده و رها می‌کنیم. در لحظهٔ رهاشدن: $(k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$

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

ب) شتاب هر یک را حساب کنید.

۳۳ دو گلولهٔ فلزی بسیار کوچک با بارهای $0/40\ \mu C$ و $0/20\ \mu C$ مطابق شکل، درون یک لولهٔ شیشه‌ای قائم در حال تعادل‌اند. اگر فاصلهٔ گلوله‌ها از هم $20\ cm$ باشد، جرم گلوله‌ای که معلق است، چند گرم است؟ (گلوله و دیوارهٔ لوله اصطکاک ندارند، $g = 10\ N/kg$ و $k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}$)



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

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

ب) پس از مدتی که فاصلهٔ آن‌ها از هم دو برابر فاصلهٔ 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 می کنند، $\frac{1}{25}$ حالت اولیه است؟

۳۵ **دو بار ذره‌ای q و $4q$ در فاصلهٔ $6/0\ cm$ از هم قرار گرفته‌اند. اگر اندازهٔ نیروی وارد بر هر یک از آن‌ها $2/5\ N$ باشد، اندازهٔ بار q را محاسبه کنید.** $(k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$

۳۶ **دو ذرهٔ باردار (۱) و (۲) به ترتیب با بارهای $-q$ و $+q$ در فاصلهٔ r از هم قرار دارند و بر هم نیروی F وارد می‌کنند. $-0/25q$ بار را از ذرهٔ (۱) جدا کرده و به ذرهٔ (۲) اضافه می‌کنیم. در این حالت نیرویی که بر هم وارد می‌کنند، چند برابر F است؟**

برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی

- اگر در اطراف یک ذرهٔ باردار بیش از یک ذرهٔ باردار وجود داشته باشد، نیروی خالصی که به آن وارد می‌شود، حاصل‌جمع بردار نیروهایی است که تک‌تک آن ذرات در غیاب بقیهٔ 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 اندازهٔ نیرویی را که هر یک از ذرات باردار بر ذرهٔ موردنظر ما وارد می‌کنند، محاسبه می‌کنیم.

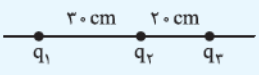
۲ جهت این نیروها را با توجه به نوع بارها مشخص کرده و بردار نیروی واردشده را برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ می‌نویسیم.

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

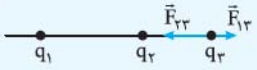
۴ اگر بردار نیروی خالص وارد بر ذرهٔ موردنظر هم مؤلفهٔ $\vec{i}$ و هم مؤلفهٔ $\vec{j}$ داشت، اندازهٔ بردار را از رابطهٔ $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ محاسبه می‌نماییم. در غیر این صورت عددی که به عنوان مؤلفهٔ $\vec{i}$ یا $\vec{j}$ به دست آمده، اندازهٔ بردار خالص است.

- F_x و F_y اندازهٔ مؤلفه‌های نیرو در راستای محورهای x و y هستند.

مثال **مطابق شکل، سه ذرهٔ باردار با بارهای الکتریکی $q_1 = 25\ nC$، $q_2 = -8/0\ nC$ و $q_3 = 10\ nC$ بر روی یک خط قرار گرفته‌اند. نیروی وارد بر بار q_3 را به دست آورید.** $(k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



پاسخ|



با توجه به نوع بارها، بار $q_۱$ بار $q_۲$ را دفع کرده و بار $q_۲$ بار $q_۳$ را جذب می‌کند.

$$F_{۱۳}=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_۱^۲}=(۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})\frac{(۲۵\times۱۰^{-۹}\ C)(۱۰\times۱۰^{-۹}\ C)}{(۰/۵۰\ m)^۲}$$

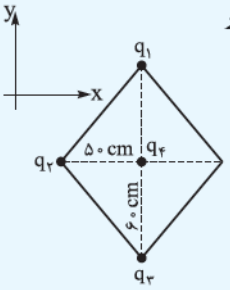
$$F_{۱۳}=۹/۰\times۱۰^{-۶}\ N \xrightarrow[\text{نیرو}]{\text{با توجه به جهت}} \vec{F}_{۱۳}=(۹/۰\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{i}$$

$$F_{۲۳}=k\frac{|q_۲||q_۳|}{r_۲^۲}=(۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})\frac{(۸/۰\times۱۰^{-۹}\ C)(۱۰\times۱۰^{-۹}\ C)}{(۰/۲۰\ m)^۲}$$

$$F_{۲۳}=۱۸\times۱۰^{-۶}\ N \xrightarrow[\text{نیرو}]{\text{با توجه به جهت}} \vec{F}_{۲۳}=(-۱۸\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{i}$$

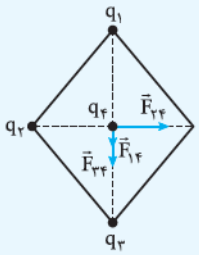
$$\vec{F}_T=\vec{F}_{۱۳}+\vec{F}_{۲۳}=(۹/۰\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{i}-(۱۸\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{i}=(-۹/۰\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{i}$$

مثال| **سه ذرهٔ باردار بر روی ۳ رأس یک لوزی (مطابق شکل) قرار گرفته‌اند. نیروی خالص وارد بر ذرهٔ بارداری را که در محل تقاطع دو قطر لوزی قرار گرفته است، محاسبه نمایید.**



$$(q_۱=۸/۰\ nC\ ,q_۲=۱۵\ nC\ ,q_۳=-۶/۰\ nC\ ,q_۴=۱۰\ nC, k=۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$$

پاسخ| ابتدا به صورت جداگانه نیرویی را که هر یک از بارها بر بار $q_۴$ وارد می‌کنند، محاسبه و با توجه به جهت نیرو، بردار آن را می‌نویسیم.



$$F_{۱۴}=k\frac{|q_۱||q_۴|}{r_۱^۲}=(۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})\frac{(۸/۰\times۱۰^{-۹}\ C)(۱۰\times۱۰^{-۹}\ C)}{(۰/۶\ m)^۲}$$

$$\Rightarrow F_{۱۴}=۲/۰\times۱۰^{-۶}\ N \Rightarrow \vec{F}_{۱۴}=(-۲/۰\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{j}$$

$$F_{۲۴}=k\frac{|q_۲||q_۴|}{r_۲^۲}=(۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})\frac{(۱۵\times۱۰^{-۹}\ C)(۱۰\times۱۰^{-۹}\ C)}{(۰/۵\ m)^۲}$$

$$\Rightarrow F_{۲۴}=۵/۴\times۱۰^{-۶}\ N \Rightarrow \vec{F}_{۲۴}=(۵/۴\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{i}$$

$$F_{۳۴}=k\frac{|q_۳||q_۴|}{r_۳^۲}=(۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})\frac{(۶/۰\times۱۰^{-۹}\ C)(۱۰\times۱۰^{-۹}\ C)}{(۰/۶\ m)^۲}$$

$$F_{۳۴}=۱/۵\times۱۰^{-۶}\ N \Rightarrow \vec{F}_{۳۴}=(-۱/۵\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{j}$$

$$\vec{F}_T=\vec{F}_{۱۴}+\vec{F}_{۲۴}+\vec{F}_{۳۴}=(-۲/۰\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{j}+(۵/۴\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{i}-(۱/۵\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{j}$$

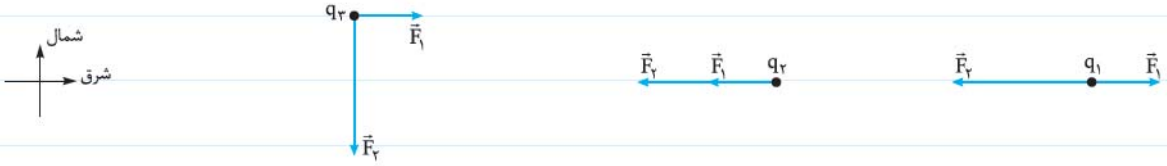
$$\vec{F}_T=(۵/۴\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{i}-(۳/۵\times۱۰^{-۶}\ N)\vec{i}$$

برای محاسبهٔ اندازهٔ نیروی خالص به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$F_T=\sqrt{F_x^۲+F_y^۲} \Rightarrow F_T=\sqrt{(۵/۴\times۱۰^{-۶}\ N)^۲+(۳/۵\times۱۰^{-۶}\ N)^۲} \Rightarrow F_T\simeq۶/۴\times۱۰^{-۶}\ N$$

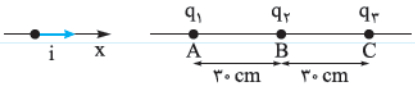
پرسش‌ها

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

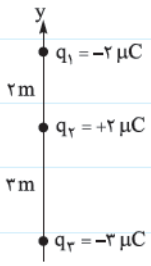


	درست	نادرست
الف) نیروی خالص وارد بر بار $q_۱$ به سمت غرب است.	☐	☐
ب) اندازهٔ نیروی وارد بر بار $q_۱$ برابر با جمع اندازهٔ نیروهای وارد بر آن است.	☐	☐
پ) نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ به سمت غرب بوده و اندازهٔ آن برابر با جمع اندازهٔ هر یک از نیروها است.	☐	☐
ت) جهت نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ به سمت جنوب غرب است.	☐	☐
ث) اندازهٔ نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$ از رابطهٔ فیثاغورس به دست می‌آید.	☐	☐

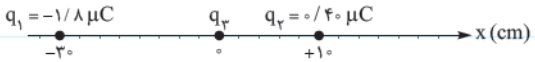
۳۸ مطابق شکل، سه ذرهٔ باردار $q_۱$، $q_۲$ و $q_۳$ در نقطه‌های A، B و C ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۲$ را برحسب بردار یکهٔ دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید. $(q_۱ = q_۲ = ۰/۲۰\,\mu C$، $q_۳ = -۰/۴۰\,\mu C$ و $k = ۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$ (نهایی تجربی با اندکی تغییر ـ دی ۹۴)



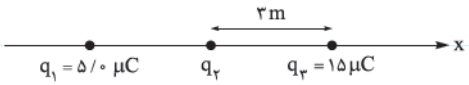
۳۹ سه ذرهٔ باردار روی محور yها مطابق شکل روبه‌رو قرار دارند. برایند نیروهای وارد بر بار $q_۲$ را در SI برحسب بردارهای یکه محاسبه کنید. $(k = ۹\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$ (نهایی ریاضی ـ دی ۹۴)



۴۰ در شکل زیر، سه ذرهٔ باردار بر روی محور مختصات ثابت نگه داشته شده‌اند. اگر نیروی وارد بر $q_۳$، $-۰/۲۷\ (N)\,\vec{i}$ باشد، نوع و اندازهٔ بار $q_۳$ را به دست آورید. $(k = ۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$



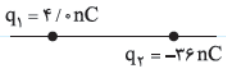
۴۱ در شکل زیر، نیروی خالص وارد بر بار $q_۳$، $+۸۷\times۱۰^{-۳}\ (N)\,\vec{i}$ است. اگر بار $q_۱$ را خنثی کنیم، نیروی وارد بر بار $q_۲$، $-۶۰\times۱۰^{-۳}\ (N)\,\vec{i}$ می‌شود. قبل از خنثی‌شدن بار $q_۱$ نیروی وارد بر آن چند نیوتون بوده است؟ $(k = ۹/۰\times۱۰^۹\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$



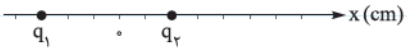
۴۲ در کدام‌یک از شکل‌های زیر، با قراردادن بار q_3 در سمت چپ مجموعهٔ بارها، می‌توان شرایطی ایجاد کرد که نیروی خالص وارد بر بار q_3 صفر شود. (ممکن است بیش از یک پاسخ صحیح داشته باشد.)

۴۳ دو ذرهٔ باردار با بارهای هم‌نام $+2/0\,\mu C$ و $+8/0\,\mu C$ در فاصلهٔ $1/2\,m$ 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 اندازهٔ بار q_3 در پاسخ به دست آمده تأثیرگذار است؟

۴۴ دو ذرهٔ باردار q_1 و q_2 مطابق شکل، در فاصلهٔ $24\,cm$ 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؟

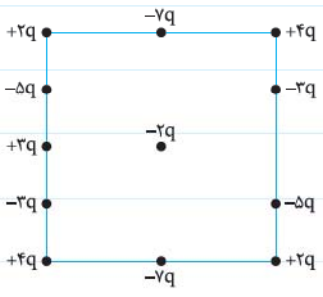


۴۵ مطابق شکل، دو ذرهٔ باردار با بارهای $q_1 = -1/0\,nC$ و $q_2 = -16\,nC$ بر روی یک محور مختصات ثابت شده‌اند. بار q_3 را کجا قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن صفر شود.

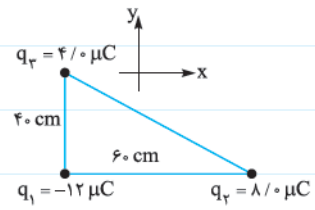


۴۶ دو ذرهٔ باردار بر روی لبهٔ خط‌کشی که برحسب cm مدرج شده، ثابت نگه داشته شده‌اند. نوع بار و اندازهٔ بار q_3 و مکان آن را به گونه‌ای تعیین کنید که برایند نیروهای وارد بر هر یک از ذره‌ها صفر باشد.

۴۷ اندازهٔ نیروی خالص وارد بر باری را که در مرکز مربعی به ابعاد $30\,cm \times 30\,cm$ قرار دارد، حساب کنید. $(q = 5/0\,nC\,,\, k = 9/0\times10^9\,\frac{N.m^2}{C^2})$

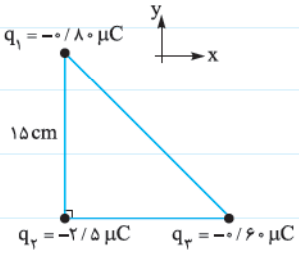


۴۸ بر روی سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه مطابق شکل، سه ذرهٔ باردار ثابت شده‌اند. بردار نیروی وارد بر بار q_1 را برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسید. $(k = 9/0\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



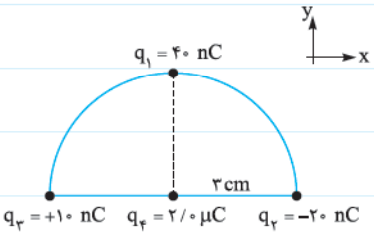
۴۹ سه ذرهٔ باردار مطابق شکل، بر روی سه رأس مثلث قائم‌الزاویهٔ متساوی‌الساقینی ثابت شده‌اند. $(k = 9/0\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

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



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

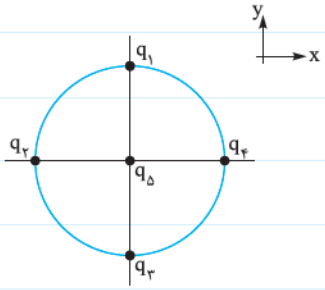
۵۰ مطابق شکل، چهار ذرهٔ باردار با بارهای $q_1 = 40\,nC$، $q_2 = -20\,nC$، $q_3 = +10\,nC$ و $q_4 = 2/0\,\mu C$ روی محیط و مرکز نیم‌دایره‌ای ثابت شده‌اند. بردار نیروی وارد بر بار q_4 را برحسب بردارهای یکه و بزرگی این نیرو را به دست آورید. $(k = 9/0\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



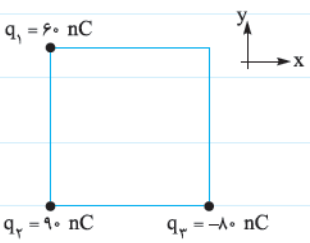
۵۱ چهار ذرهٔ باردار مطابق شکل بر روی محیط دایره‌ای به شعاع ۳۰ cm ثابت شده‌اند. $(q_2 = -0/30\,\mu C)$، $q_3 = 0/80\,\mu C$، $q_1 = q_5 = 0/50\,\mu C$، $q_4 = 0/10\,\mu C$ و $(k = 9/0\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

الف) نیروی وارد بر ذرهٔ بارداری را که در مرکز دایره قرار گرفته، به دست آورید.

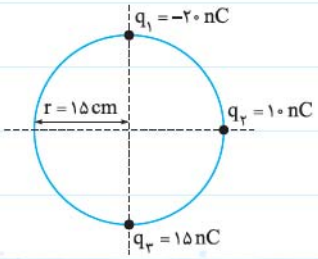
ب) اندازهٔ این نیرو چند نیوتون است؟



۵۲ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل بر روی سه رأس از مربعی به ابعاد $18\,cm \times 18\,cm$ قرار گرفته‌اند. بردار نیروی وارد بر بار q_2 را بنویسید. $(k = 9/0\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$



۵۳ سه ذرهٔ باردار بر روی محیط دایره‌ای ثابت نگه داشته شده‌اند. اندازهٔ نیروی وارد بر بار q_2 را محاسبه کنید. $(k = 9/0\times10^{9}\ \frac{N.m^2}{C^2})$



میدان الکتریکی

- در اطراف اجسام باردار خاصیتی به نام میدان الکتریکی وجود دارد که به واسطهٔ 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 اندازهٔ میدان الکتریکی در فضای اطراف یک جسم باردار از رابطهٔ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ استفاده می‌کنیم که در آن F نیروی وارد بر بار آزمون q_0 است.
- از رابطهٔ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ 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 $4/8\times10^{-6}\ N$ و جهت آن رو به شمال است. اگر اندازهٔ 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.

$$E = \frac{F}{q_0} \Rightarrow E = \frac{4/8\times10^{-6}\ N}{4/0\times10^{-12}\ C} = 1/2\times10^{6}\ N/C$$

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.

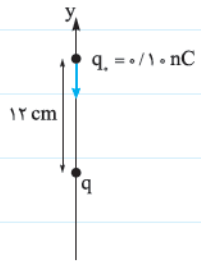
پ) برای تعیین جهت و اندازهٔ میدان الکتریکی در اطراف یک جسم باردار، از باری کوچک و ..... به نام بار ..... استفاده می‌شود.

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 $2/5\times10^{-3}\ N$ در راستای شرق به غرب بر بار آزمون وارد می‌شود. بزرگی و جهت میدان در این نقطه را مشخص نمایید.**

۵۶ در شکل مقابل، اندازهٔ نیرویی که ذرهٔ باردار q بر بار آزمون $+۰/۱۰\ nC$ وارد می‌کند، $-۵/۰\times۱۰^{-۶}\ (N)\ \vec{j}$ است. $(k=۹/۰\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$



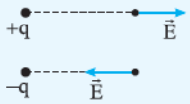
الف) نوع بار q را مشخص کنید.

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

پ) اندازهٔ بار q را به دست آورید.

میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار

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

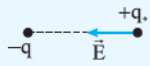


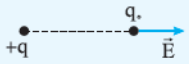
$$E \propto \frac{۱}{r^۲} \qquad E \propto q$$

- اندازهٔ میدان در فاصلهٔ r از ذرهٔ بارداری با بار q، با اندازهٔ بار متناسب و با مجذور فاصله رابطهٔ عکس دارد.

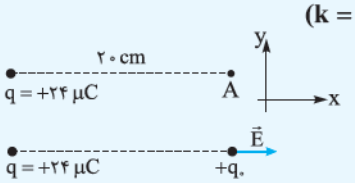
$$E = k\frac{|q|}{r^۲}$$

- اندازهٔ میدان الکتریکی را در اطراف یک ذرهٔ باردار، از رابطهٔ $E = \frac{F}{q_۰}$ نیز می‌توان به دست آورد.
- جهت میدان در اطراف یک ذرهٔ 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 نقطهٔ A مشخص نمایید. $(k=۹/۰\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$



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

$$E = k\frac{|q|}{r^۲} \Rightarrow E = (۹/۰\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲})\frac{۲۴\times۱۰^{-۶}\ C}{(۰/۲m)^۲} \Rightarrow E = ۵/۴\times۱۰^{۶}\ N/C \xrightarrow[\text{جهت بردار میدان}]{\text{با توجه به}} \vec{E} = (۵/۴\times۱۰^{۶}\ N/C)\vec{i}$$

پرسش‌ها

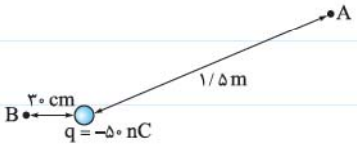
۵۷ درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص نمایید.

	درست	نادرست
الف) اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ معینی از بار الکتریکی، با اندازهٔ بار متناسب است.	☐	☐
ب) اگر فاصلهٔ یک بار الکتریکی از نقطهٔ مشخصی ۲ برابر شود، اندازهٔ میدان در آن نقطه نصف می‌شود.	☐	☐
پ) می‌توان اندازهٔ میدان الکتریکی را در فاصلهٔ معینی از ذرهٔ باردار از رابطهٔ $E = k\frac{\|q\|}{r^۲}$ به دست آورد.	☐	☐
ت) اندازهٔ میدان الکتریکی در نقطهٔ معینی برابر است با نیروی وارد بر بار آزمون در آن نقطه.	☐	☐
ث) اگر شعلهٔ شمع را به واندوگرافی با بار منفی نزدیک کنیم، یون‌های مثبت آتش برخلاف جهت میدان به سمت واندوگراف خم می‌شود.	☐	☐
ج) واندوگرافی که کلاهک آن بار مثبت دارد، شعلهٔ شمع را دفع می‌کند.	☐	☐

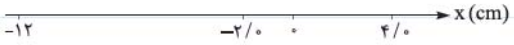
۵۸ به کمک یک واندوگراف، شمع و خط‌کش آزمایشی طرح کنید که نشان دهد اندازهٔ میدان و فاصله از بار با هم رابطهٔ عکس دارند.

۵۹ میدان الکتریکی را در فاصلهٔ $12\,cm$ از ذرهٔ بارداری با بار الکتریکی $0/8\,\mu C$ محاسبه نمایید. $(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$

۶۰ بزرگی میدان را در نقاط A و B که در اطراف ذرهٔ بارداری به بار $-50\,nC$ هستند، محاسبه نمایید و جهت میدان را در آن نقاط رسم کنید.
$(k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$

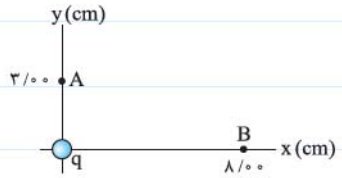


۶۱ میدان الکتریکی یک ذرهٔ باردار را که در نقطهٔ $x = -2/0\,cm$ ثابت شده است، در نقاط $x_1 = 4/0\,cm$ و $x_2 = -12\,cm$ به دست آورید.
$(k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}\ ,\ q = 20\,nC)$

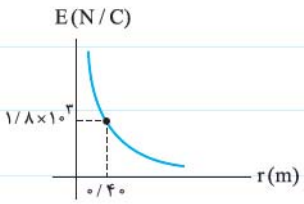


۶۲ اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ $6/0\,cm$ از یک بار نقطه‌ای $35\times10^3\ N/C$ است. اندازهٔ میدان در فاصلهٔ $15\,cm$ از آن چه‌قدر است؟

۶۳ ذرهٔ بارداری در مرکز مبدأ مختصات ثابت شده است. اگر اندازهٔ میدان در نقطهٔ A به اندازهٔ $11/0\times10^4\ N/C$ از اندازهٔ میدان در نقطهٔ B بزرگ‌تر باشد، اندازهٔ بار ذره چه‌قدر است؟ $(k = 9/00\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



۶۴ نمودار اندازهٔ میدان الکتریکی برحسب فاصله از ذرهٔ باردار q، $(E-r)$ مطابق شکل زیر داده شده است. اندازهٔ بار الکتریکی را به دست آورید.
$(\varepsilon_0 = 8/85\times10^{-12}\ \frac{C^2}{N.m^2})$



برهم‌نهی میدان الکتریکی

- اگر چند ذرهٔ 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 یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ می‌نویسیم.

۳) میدان در نقطهٔ موردنظر را از رابطهٔ $\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots$ به دست می‌آوریم.

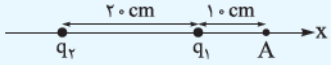
به این رابطه اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی گفته می‌شود.

۴) اگر اندازهٔ میدان را در آن نقطه خواستند، از رابطهٔ $\vec{E}_T = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$ اندازهٔ میدان را محاسبه می‌کنیم.

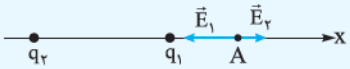
- E_x و E_y اندازهٔ مؤلفه‌های میدان در راستای محورهای x و y هستند.

مثال | **دو ذرهٔ باردار $q_1 = -2/0\ nC$ و $q_2 = 5/0\ nC$ در فاصلهٔ ۲۰ cm از هم ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی را در نقطهٔ A مشخص نمایید.**

$(k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



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



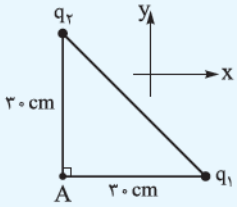
$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = (9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})\frac{2/0\times10^{-9}\ C}{(0/10\ m)^2} = 1800\ N/C \Rightarrow \vec{E}_1 = (-1800\ N/C)\vec{i}$$

$$E_2 = k\frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow E_2 = (9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})\times\frac{5/0\times10^{-9}\ C}{(0/30\ m)^2} = 500\ N/C \Rightarrow \vec{E}_2 = (+500\ N/C)\vec{i}$$

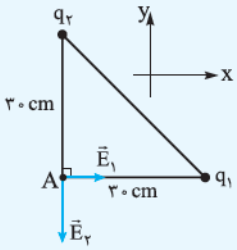
$$\Rightarrow \vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E}_T = (-1300\ N/C)\vec{i}$$

مثال | **در شکل روبه‌رو، دو ذرهٔ باردار $q_1 = -5/0\ nC$ و $q_2 = 12\ nC$ بر روی دو رأس مثلث قائم‌الزاویه ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی را در رأس قائمه به دست آورید، سپس اندازهٔ آن را محاسبه نمایید.**

$(k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



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



$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} = (9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})\times\frac{5/0\times10^{-9}\ C}{(0/30\ m)^2} = 0/50\times10^3\ N/C \Rightarrow \vec{E}_1 = (0/50\times10^3\ N/C)\vec{i}$$

$$E_2 = k\frac{|q_2|}{r_2^2} = (9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})\times\frac{12\times10^{-9}\ C}{(0/30\ m)^2} = 1/2\times10^3\ N/C \Rightarrow \vec{E}_2 = (-1/2\times10^3\ N/C)\vec{j}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (0/50\times10^3\ N/C)\vec{i} - (1/2\times10^3\ N/C)\vec{j}$$

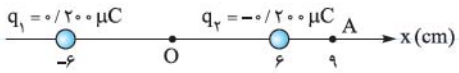
$$\vec{E}_T = \sqrt{(0/50\times10^3\ N/C)^2 + (1/2\times10^3\ N/C)^2} = 1/3\times10^3\ N/C$$

پرسش‌ها

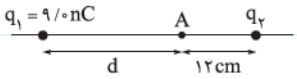
۶۵ اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی را بنویسید.

۶۶ دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1 = -3/0\,nC$ و $q_2 = -27\,nC$ مطابق شکل در فاصلهٔ ۰/۲۴ متری از یکدیگر ثابت شده‌اند. بزرگی میدان الکتریکی را در نقطهٔ M محاسبه کنید. $(k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$ (نهایی تجربی با اندکی تغییر ـ خرداد ۹۰)

۶۷ دو بار الکتریکی هم‌اندازه و ناهم‌نام q_1 و q_2 مطابق شکل در فاصلهٔ $12/0\,cm$ از هم ثابت نگه داشته شده‌اند. میدان الکتریکی را در نقطهٔ A واقع بر خط واصل دو بار و در فاصلهٔ $9/00\,cm$ از نقطهٔ O (وسط خط واصل دو بار) محاسبه نمایید. $(k = 9/00\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



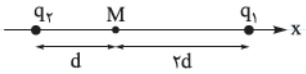
۶۸ در شکل زیر، میدان برایند در نقطهٔ A، $+7/5\times10^3\ (N/C)\,\vec{i}$ است. اگر بار q_1 را خنثی کنیم، میدان در آن نقطه، $+5/0\times10^3\ (N/C)\,\vec{i}$ می‌شود. $(k = 9/0\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



الف) نوع و اندازهٔ بار q_2 را مشخص کنید.

ب) فاصلهٔ d را محاسبه کنید.

۶۹ در شکل زیر، میدان الکتریکی در نقطهٔ M، $-2E\,\vec{i}$ است. اگر بار q_1 را خنثی کنیم، اندازهٔ 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 $q_1 = +2/0\,nC$ و $q_2 = +32\,nC$ در فاصلهٔ ۱۶ سانتی‌متری از بار q_2 صفر می‌باشد. فاصلهٔ دو بار الکتریکی از یکدیگر چند سانتی‌متر است؟ (نهایی ریاضی ـ خرداد ۹۳)

۷۱ دو بار نقطه‌ای $q_A = +2/50\,nC$ و $q_B = -22/50\,nC$ در فاصلهٔ $12/0\,cm$ 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 هم‌اندازهٔ دیگری باشد.