

## بار الکتریکی - پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی: صفحه‌های ۲ تا ۵ کتاب درسی

**مفهوم بار الکتریکی:** اجسام در حالت عادی از حیث الکتریکی خنثی هستند، یعنی تعداد بارهای مثبت و منفی آن‌ها یکسان است. اگر جسمی الکترون اضافی دریافت کند دارای بار منفی و اگر الکترون از دست بدهد، دارای بار مثبت می‌شود.

**چه اجسامی و چگونه به روش مالش باردار می‌شوند؟** معمولاً اجسام نارسانا را به روش مالش باردار می‌کنند، به این صورت که طی مالش الکترون‌های سطح یکی از دو جسم با کسب انرژی به جسم دیگر منتقل می‌شوند.

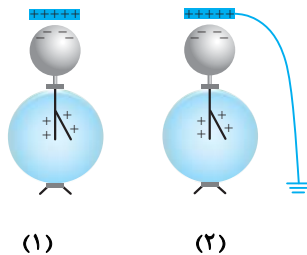
● **تذکره ۱:** در روش مالش، هر دو جسم دارای بارهای ناهم‌نام اما هم‌اندازه می‌شوند.

● **تذکره ۲:** جسمی که الکترون خواه‌تر است، الکترون دریافت می‌کند جدول الکتروسیسته مالشی (تریپولکترونیک) برخی اجسام از بالا به پایین به ترتیب افزایش الکترون‌خواهی مرتب شده‌اند. (جدول ۱-۱ کتاب درسی)

**الکتروسکوپ:** در پرسش‌های مربوط به الکتروسکوپ معمولاً ۳ کاربرد آن پرسیده می‌شود. در ابتدا روش باردار کردن آن را بیان می‌کنیم. فرض کنیم می‌خواهیم به الکتروسکوپ بار منفی بدهیم.

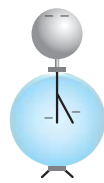
(آ) **روش تماس:** میله‌ی با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی تماس می‌دهیم. در این حالت تعدادی از بارهای منفی میله به الکتروسکوپ منتقل می‌شود.

(ب) **روش القا:** ۱. یک میله‌ی شیشه‌ای را که با مالش به یک پارچه‌ی ابریشمی دارای بار مثبت کرده‌ایم، به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم در این صورت کلاهک بار منفی و ورقه‌ها بار مثبت به دست می‌آورند.



(۱)

(۲)



(۳)

۲. بدون تغییر مکان میله‌ی شیشه‌ای، کلاهک الکتروسکوپ را با دست یا با یک سیم رسانا به زمین اتصال می‌دهیم، در این صورت بارهای مثبت الکتروسکوپ توسط زمین خنثی می‌شوند و فقط در کلاهک، بار منفی باقی می‌ماند.

۳. اتصال به زمین را قطع و سپس میله را دور می‌کنیم. در این صورت الکتروسکوپ دارای بار منفی خواهد شد.

**کاربرد ۱: تشخیص باردار بودن یک جسم:** اگر جسم را به وسیله‌ی یک عایق به یک الکتروسکوپ دارای بار معلوم نزدیک کنیم و یا تماس دهیم و هیچ اتفاقی در فاصله‌ی بین ورقه‌ها رخ ندهد، آن جسم بدون بار است. در غیر این صورت باردار خواهد بود.

**کاربرد ۲:** تعیین نوع بار یک جسم توسط الکتروسکوپ باردار: برای تشخیص نوع بار یک جسم، ابتدا الکتروسکوپ را باردار می‌کنیم، به طوری که نوع بار آن مشخص باشد. سپس جسم باردار را به تدریج و به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. دو حالت ممکن است رخ دهد. اگر در تمام مدت ورقه‌های الکتروسکوپ به طور پیوسته از هم دور شوند، بار جسم ناهم‌نام با بار الکتروسکوپ خواهد بود.

**کاربرد ۳:** رسانا یا نارسانا بودن یک جسم: جسم مورد نظر را به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس می‌دهیم. اگر بار الکتروسکوپ خنثی شود، جسم مورد نظر رسانا است و اگر تغییری در ورقه‌های الکتروسکوپ ایجاد نشود، جسم نارسانا می‌باشد.

### پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

**اصل پایستگی بار الکتریکی:** مجموع جبری همه‌ی بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است.

بار الکتریکی می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود. اما هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

● **تذکره:** بار الکتریکی هر جسم مضرب درستی از بار بنیادی (بار الکترون) است که از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

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

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

## بارالکتريک، پایستگی و کوانتیده بودن بارالکتريک صفحه‌های ۲ تا ۵

## پرسش‌ها

## مرجع

	<p>۱. جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید.</p> <p>(آ) وقتی دو جسم با یکدیگر مالش داده می‌شوند، معمولاً هر دوی آن‌ها دارای ..... می‌شوند. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۲</p> <p>(ب) اگر جمع جبری بارهای جسم صفر باشد آن جسم ..... است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۲</p> <p>(پ) وقتی میله‌ی شیشه‌ای با پارچه‌ی ابریشمی مالش داده شود، در میله بار ..... ایجاد می‌شود. مرتبط با شکل ۱-۴ صفحه‌ی ۲</p> <p>(ت) اگر میله‌ی شیشه‌ای را به یک میله‌ی پلاستیکی که هر دو را با روش مالش باردار کرده‌ایم، نزدیک نماییم، هم‌دیگر را ..... می‌کنند. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۲</p> <p>(ث) یکای بار الکتریکی در SI ..... است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۲</p> <p>(ج) وقتی میله‌ی بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، بار کلاهک آن ..... و بار ورقه‌ها ..... می‌شود. مرتبط با شکل ۱-۵ صفحه‌ی ۳</p> <p>(ح) طبق اصل پایستگی بار، مجموع جبری همه‌ی بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ..... است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۲</p> <p>(خ) بار الکتریکی با هر مقداری ظاهر ..... مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۴</p>
	<p>۲. (آ) چگونه توسط یک الکتروسکوپ نوع بار یک میله‌ی باردار را تشخیص دهیم؟ مکمل و مشابه پرسش ۱ صفحه‌ی ۴۱</p> <p>(ب) چگونه توسط یک الکتروسکوپ رسانا یا عایق بودن یک میله را تشخیص دهیم؟ مکمل و مشابه پرسش ۱ صفحه‌ی ۴۱</p>
<p>گوج- شهید سلطانی- ۹۵ (۳ بار تکرار)</p>	<p>۳. جسمی را از فاصله‌ی دور تا نزدیکی کلاهک الکتروسکویی با بار منفی جابه‌جا می‌کنیم. اگر زاویه‌ی نهایی بین ورقه‌های الکتروسکوپ، کوچک‌تر از زاویه‌ی بین ورقه‌های الکتروسکوپ در حالت اول باشد، بار الکتریکی جسم از کدام نوع بوده است؟ مرتبط با شکل ۱-۵ صفحه‌ی ۳</p>

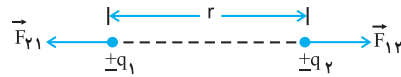
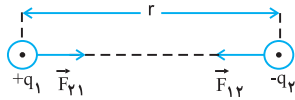
## مسائل

## مرجع

	<p>۴. یک میله‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار میله‌ی شیشه‌ای <math>+11/2nc</math> می‌شود.</p> <p>(آ) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه‌ی ابریشمی چه قدر است؟ مکمل و مشابه مسئله ۲ صفحه‌ی ۴۱</p> <p>(ب) تعداد الکترون‌های منتقل شده از میله‌ی شیشه‌ای به پارچه‌ی ابریشمی را محاسبه کنید. <math>(e = 1/6 \times 10^{-19} C)</math></p>
	<p>۵. (آ) چند الکترون یک جسم خنثی انتقال یابد تا بار الکتریکی به اندازه‌ی <math>6/4nc</math> در آن ایجاد شود؟ <math>e = -1/6 \times 10^{-19} C</math> مکمل و مشابه مثال ۱-۱ صفحه‌ی ۵</p> <p>(ب) عدد اتمی قلع <math>Z = 50</math> است. بار الکتریکی هسته‌ی اتم قلع چقدر است؟ اتم قلع چه مقدار بار منفی دارد؟ بار الکتریکی اتم قلع چقدر است؟ <math>e = -1/6 \times 10^{-19} C</math> مکمل و مشابه با تمرین ۱-۱ صفحه‌ی ۵</p>
	<p>۶. بار الکتریکی اتم و هسته‌ی کربن (<math>^{12}_6C</math>) دوبرار یونیده (<math>C^{++}</math>) را محاسبه کنید. <math>(e = 1/6 \times 10^{-19} C)</math> مکمل و مشابه مسئله ۳ صفحه‌ی ۴۱</p>

## قانون کولن: صفحه‌های ۵ تا ۱۰ کتاب درسی

**قانون کولن:** نیروی الکتریکی رابشی یا رانشی بین دو ذره باردار  $q_1$  و  $q_2$  که در فاصله  $r$  از یکدیگر قرار دارند، با حاصل ضرب بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله دو ذره از یکدیگر نسبت وارون دارد.



طبق قانون سوم نیوتون، اندازه‌ی نیرویی که بار  $q_1$  به  $q_2$  وارد می‌کند با اندازه‌ی نیرویی که بار  $q_2$  به  $q_1$  وارد می‌کند برابر است. به عبارت دیگر این دو نیرو هم‌اندازه، هم‌راستا اما در سوی مخالف یکدیگرند.

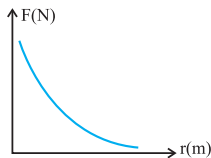
$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1} \rightarrow F_{1,2} = F_{2,1}$$

طبق قانون کولن برای محاسبه‌ی بزرگی نیرویی که دو ذره باردار به هم وارد می‌کنند از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم.

$$F_{1,2} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

در این رابطه برای محاسبه‌ی بزرگی نیروی  $F$  بر حسب  $N$ ، باید  $r$  بر حسب «متر» و  $q_1$  و  $q_2$  بر حسب «کولن» باشد.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{C^2}{N.m^2} \rightarrow k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$$



در رابطه‌ی فوق  $\epsilon_0$  ضریب گذردهی الکتریکی خلأ می‌باشد و یکای آن  $\frac{C^2}{N.m^2}$  است.

به کمک علامت بارها، نوع نیروی بین آن‌ها (هم‌نام دافعه، ناهم‌نام جاذبه) را تعیین می‌کنیم.

نمودار نیروی بین دو بار ( $F$ ) بر حسب فاصله‌ی آن‌ها مطابق شکل مقابل است.

## گونه‌های مختلف مسائل مربوط به قانون کولن

**حالت ۱:** محاسبه‌ی نیروی بین دو بار: در این حالت یکی از  $q_1$  یا  $q_2$  یا  $r$  یا  $F$  مجهول است که با توجه به توضیح بالا و رابطه‌ی ذکر شده قابل حل هستند.

**حالت ۲:** تماس دو کره‌ی رسانای باردار: در این تیپ از مسائل، عموماً دو کره‌ی رسانای باردار را به هم تماس می‌دهند و نسبت نیروی الکتریکی کره‌ها، در دو حالت قبل و بعد از تماس آن‌ها با یکدیگر را می‌خواهند که به صورت زیر عمل می‌کنیم.

۱- بعد از تماس کره‌ها به یکدیگر، بار هر یک با دیگری برابر و مساوی میانگین جبری بار کره‌ها قبل از تماس است، (بار کره‌ها با علامت مثبت یا منفی خودشان در نظر گرفته می‌شود).

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

۲- برای تعیین نسبت نیروی کره‌ها به هم بعد از تماس یعنی  $F' = \frac{k|q_1'| |q_2'|}{r^2}$  به نیروی آن‌ها به هم قبل از تماس یعنی  $F = \frac{k|q_1| |q_2|}{r^2}$

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

● **مثال:** دو کره‌ی رسانای مشابه با بارهای ناهم‌نام  $-q$  و  $\Delta q$  در فاصله  $r$  نیروی  $F$  را بر هم وارد می‌کنند. اگر این دو کره را به هم تماس دهیم و در همان فاصله قرار دهیم، نیرویی که به هم وارد می‌کنند چند برابر می‌شود؟

● **پاسخ:** ۱- بارهای الکتریکی کره‌ها را بعد از تماس می‌یابیم:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} \xrightarrow{q_1 = -q, q_2 = \Delta q} q_1' = q_2' = \frac{-q + \Delta q}{2} \rightarrow q_1' = q_2' = 2q$$

۲- نسبت نیروها را می‌نویسیم و مقادیر را در آن‌ها جایگزین می‌کنیم.

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q_1'| |q_2'|}{|q_1| |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = \frac{|q_1|=q, |q_2|=\Delta q}{|q_1'|=q', |q_2'|=2q, r=r'} \rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{2q \times 2q}{q \times \Delta q} \times 1 \rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{4}{5}$$

● **نذکره:** نیرویی که کره‌ها بعد از تماس با یکدیگر، بر هم وارد می‌کنند الزاماً رانشی است ولی نیروی آن‌ها به هم قبل از تماس به علامت بارهای روی آن‌ها بستگی دارد.

**حالت ۳:** برایند نیروهای وارد بر یک ذره از طرف چند ذره: در این تیپ از مسائل، چند ذره که می‌توانند بر روی یک خط راست قرار گیرند و یا غیر واقع بر یک خط باشند (مانند رأس‌های مثلث، چهارضلعی، دایره و ...) داده می‌شود و مسئله برایند نیروهای وارد بر یک ذره‌ی خاص را می‌خواهد.

روش عمومی محاسبه برایند در سه مرحله به صورت زیر است:

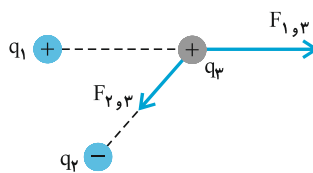
**مرحله اول:** بردار نیرویی که از طرف هر یک از بارها بر بار هدف وارد می‌شود را رسم می‌کنیم. برای رسم، توجه به چهار نکته‌ی زیر مهم است:

۱. هر دفعه برای رسم نیروی هر یک از بارها بر بار هدف، به بارهای دیگر توجهی نمی‌کنیم.

۲. ابتدای بردار را بر بار هدف قرار می‌دهیم.

۳. راستای بردار نیرو الزاماً روی خطی است که دو بار را به هم وصل می‌کنند.

۴. جهت بردار بر اساس نوع دو بار تعیین می‌شود. (جاذبه یا دافعه)



به‌عنوان مثال: در شکل بردار نیروهایی را که  $q_1$  و  $q_2$  بر  $q_3$  وارد می‌کنند مطابق روش ذکر شده رسم کرده‌ایم.

**مرحله دوم:** بزرگی هر یک از نیروها را بدون در نظر گرفتن علامت بارها و از

رابطه‌ی  $F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$  به دست می‌آوریم (کمیت‌ها در SI باشند).

**مرحله سوم:** در پایان، برایند بردارها را بر اساس قوانین جمع برداری محاسبه می‌کنیم اگر نیروها هم‌راستا باشند، اندازه‌ی برایند با جمع جبری اندازه‌ی آن‌ها به دست می‌آید و در نهایت بسته به این که در سوی مثبت محور  $x$  باشد به صورت  $F_T \vec{i}$  و اگر خلاف جهت  $x$  باشد آن را به صورت  $-F_T \vec{i}$  می‌نویسیم.

اما اگر ذره‌ها در یک راستا نباشند، بهتر است نیروی هر ذره را بر حسب بردارهای یکه  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  بنویسیم و جمع برداری کنیم:

$\vec{F}_t = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$  که در نهایت به صورت  $\vec{F}_t = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$  در می‌آید و بزرگی آن را از رابطه‌ی  $F_t = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$  محاسبه

می‌کنیم.

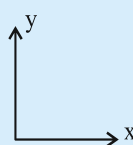
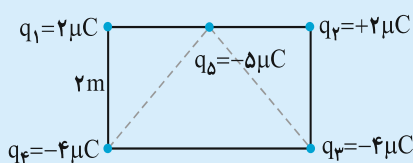
**حالت ۴:** یافتن محل بار الکتریکی سوم که برایند نیروهای وارد بر آن از طرف دو بار دیگر صفر شود.

کاربرد این تیپ مسئله بیشتر در بحث میدان الکتریکی است که رفتار حل در هر دو حالت یکسان است. در این‌جا فقط به این چهار نکته اکتفا می‌کنیم:

۱. هنگامی برایند نیروهای وارد بر باری صفر است که نیروی وارد از طرف دو بار دیگر هم‌اندازه و ناهمسو باشند.

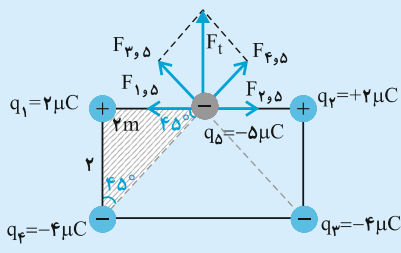
۲. محل بار سوم برای صفر شدن نیرو برای دو بار هم‌نام بین دو بار و نزدیک به بار با بزرگی کوچک‌تر است و برای بارهای ناهم‌نام، خارج دو بار و نزدیک به بار با اندازه‌ی کوچک‌تر خواهد بود.

۳. با رسم بردارهای دو نیرو که ناهم‌سو هستند اندازه‌های آن‌ها دو را مساوی قرار می‌دهیم.



● **مثال:** مطابق شکل در چهار رأس یک مستطیل  $(2m \times 4m)$ ،

چهار بار الکتریکی و بر وسط ضلع بالای آن بار  $q_5 = -5 \mu C$  واقع است، برایند نیروهای وارد بر بار  $q_5$  را از طرف چهار بار دیگر بر حسب بردارهای یکه بیابید.



● پاسخ: بار هدف  $q_5$  است. بنابراین در مرحله اول و با توجه به علامت بارها، بردار نیروی وارد از طرف چهار ذره دیگر بر بار  $q_5$  را رسم می‌کنیم:

اگر به شکل دقت کنید دو بار  $q_1$  و  $q_2$  هم‌اندازه و هم‌فاصله با بار  $q_5$  هستند. بنابراین بزرگی نیروهای آن‌ها  $(F_{1,5}, F_{2,5})$  یکسان است و چون ناهمسو هستند برآیند آن‌ها صفر است.  $(F_{2,5}, F_{1,5}) = 0$  (دو نیروی  $F_{1,5}, F_{2,5}$ )

پس فقط بارهای  $q_3$  و  $q_4$  باقی می‌مانند، اندازه‌ی این دو بار و فاصله‌ی آن‌ها با بار  $q_5$  یکسان است. پس نیروهای آن‌ها نیز هم‌اندازه‌اند و داریم:

$$F_{3,5} = F_{4,5} = \frac{k |q_3| |q_5|}{r_{3,5}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{8} = 2/25 \times 10^{-2} \text{ N}$$

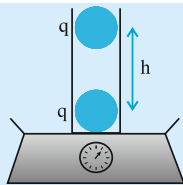
مطابق شکل دو نیروی  $F_{3,5}$  و  $F_{4,5}$  بر هم عمودند و برآیندشان در جهت بالا (+y) خواهد بود داریم:

$$F_t = \sqrt{F_{3,5}^2 + F_{4,5}^2} \rightarrow F_t = 2/25 \sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ N} \rightarrow \vec{F}_t = 2/25 \sqrt{2} \times 10^{-2} \vec{j}$$

### تعادل ذره‌های باردار با در نظر گرفتن نیروی گرانش

در این گونه مسائل نیروی کولنی بین بارها و وزن آن‌ها به گونه‌ای است که برآیند نیروهای وارد بر بار صفر است و بار ساکن می‌ماند.

حالت ۱: بارها در راستای قائم‌اند:



● مثال: مطابق شکل دو گلوله‌ی هم‌جرم و دارای بار یکسان در لوله‌ای بدون اصطکاک با دیواره، طوری قرار دارند که دو گلوله در فاصله‌ی  $h$  در حالت تعادل‌اند.

(آ) نوع بار را تعیین و فاصله‌ی  $h$  را بر حسب جرم گلوله به دست آورید.

(ب) نیروسنج چه عددی را نشان خواهد داد، جرم لوله را  $M$  و جرم هر یک از گلوله‌ها را  $m$  در نظر بگیرید.

● پاسخ: (آ) چون دو بار یکدیگر را دفع کردند پس هم‌نام هستند و چون ذره‌ی بالایی در تعادل است، پس وزن آن برابر نیروی بین دو ذره است.



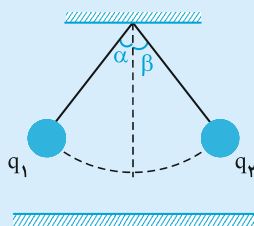
$$F_t = 0 \rightarrow F = mg \rightarrow \frac{kq^2}{h^2} = mg \rightarrow h = q \sqrt{\frac{k}{mg}}$$

(ب) نیروسنج، وزن لوله و دو گلوله را نشان می‌دهد. (به نظر شما چرا با آن که گلوله‌ی بالایی در هوا معلق است، نیروسنج وزن آن را نیز نشان می‌دهد؟)

$$= 2mg + Mg = (2m + M)g$$

### حالت ۲: آونگ الکتریکی در حال تعادل

در مسائل مربوط به آونگ‌ها، اغلب دو گلوله‌ی باردار هم‌جرم که به نخ‌های هم‌طول، سبک و عایق متصل‌اند و به حال تعادل قرار دارند مطرح می‌شود، که ممکن است زاویه‌ی انحراف نخ از راستای قائم یا جرم یا بار گلوله یا طول نخ را بخواهند. روش عمومی حل آن‌ها با استفاده از شرط تعادل نیروهای وارد بر گلوله انجام می‌پذیرد.



● مثال: در آونگ الکتریکی زیر، گلوله‌ها هم‌جرم و نخ‌ها هم‌اندازه‌اند.

(آ) آیا زاویه‌ی انحراف  $\alpha$  و  $\beta$  مساوی‌اند؟ آیا اندازه‌ی بارها در این مورد مؤثرند؟

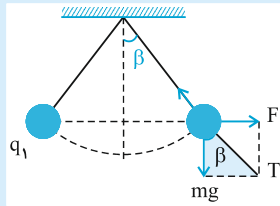
(ب) آیا بارهای  $q_1$  و  $q_2$  هم علامت‌اند؟ یا ناهم علامت؟

(پ) نیروهای وارد بر گلوله را رسم کنید.

(ت) تانژانت زاویه‌ی انحراف ( $\alpha$  یا  $\beta$ ) را برای این که گلوله‌ها در تعادل باشند به دست آورید.

(ث) نیروی کشش نخ را به دست آورید.

● پاسخ: آ) چون گلوله‌ها هم جرم هستند و نخ‌ها هم طول، بنابراین  $\alpha = \beta$  خواهد بود. در ضمن اندازه‌ی بارها مهم نیستند، چون نیروی وارد بر هر دو یکسان است (طبق قانون سوم نیوتون، اگر جرم‌ها مساوی نباشند،  $\alpha \neq \beta$  خواهد بود.)  
 ب) چون یکدیگر را دفع کردند و به تعادل رسیدند، الزاماً هم علامت‌اند.



پ) بر هر گلوله ۳ نیروی وزن ( $mg$ )، نیروی کولنی ( $F$ ) و نیروی کشش نخ ( $T$ ) وارد می‌شود که برای سادگی فقط برای  $q_2$  رسم می‌کنیم.  
 ت) برای محاسبه  $\tan \beta$ ، در مثلث رنگی داریم: ( $d$  فاصله‌ی دو گلوله است)

$$\tan \beta = \frac{F}{mg} = \frac{kq^2}{d^2 mg}$$

ث) نیروی کشش نخ از رابطه‌ی فیثاغورس به دست می‌آید.  $T = \sqrt{F^2 + mg}$  که در همه جا  $F = \frac{k|q_1||q_2|}{d^2}$  می‌باشد.

### مفهوم و رابطه‌ی قانون کولن صفحه‌های ۵ تا ۸

#### پرسش‌ها

#### مرجع

۹۴ خرداد تجربی - خرداد ۹۴ (۸ بار تکرار)	جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید و یا از داخل پرانتز عبارت مناسب را انتخاب کنید.
۹۰ دی تجربی - دی ۹۰ (۱۰ بار تکرار)	آ) نیروی الکتریکی میان دو بار الکتریکی ... دافعه است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۵
۸۸ خرداد تجربی - خرداد ۸۸ (۷ بار تکرار)	ب) اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو بار، با حاصل ضرب ... نسبت ... دارد. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶
۸۷ خرداد تجربی - خرداد ۸۷ (۱۲ بار تکرار)	پ) نیرویی که دو جسم باردار ساکن بر یکدیگر وارد می‌کنند، ... نام دارد و این نیرو ممکن است ... یا ... باشد. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۵
۸۵ شهریور و خرداد ۸۵ (۱۱ بار تکرار)	ت) اگر بارهای الکتریکی دو جسم ... باشد، نیروی بین دو جسم، دافعه و اگر بارهای الکتریکی دو جسم ... باشند، نیروی بین دو جسم جاذبه خواهد بود. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۵
۸۴ شهریور تجربی - خرداد، دی و شهریور ۸۴ (۶ بار تکرار)	ث) نیروی الکتریکی که دو ذره‌ی باردار بر یکدیگر وارد می‌کنند ... و در جهت مخالف یکدیگرند. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶
۸۸ دی تجربی ریاضی - دی ۸۸ (۹ بار تکرار)	ج) اگر فاصله‌ی بین دو بار نقطه‌ای از یکدیگر نصف شود، نیروی الکتریکی بین دو بار (نصف، دو برابر، چهار برابر) می‌شود. مرتبط با رابطه‌ی ۱-۲ صفحه‌ی ۶
۹۱ دی تجربی - دی ۹۱ (۴ بار تکرار)	چ) اگر فقط اندازه‌ی یکی از بارهای الکتریکی دو برابر شود، اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو بار (دو برابر - نصف) می‌شود. مرتبط با رابطه‌ی ۱-۲ صفحه‌ی ۶
۹۵ شهریور تجربی - شهریور ۹۵ (۶ بار تکرار)	ح) اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو ذره‌ی باردار به علامت بارها بستگی (دارد - ندارد). مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶
۸۵ شهریور تجربی - دی و شهریور ۸۵ (۷ بار تکرار)	خ) اگر بارهای الکتریکی دو جسم نابرابر باشند، بزرگی نیروی الکتریکی وارد شده بر هر یک از جسم‌ها ..... می‌باشد. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶
۹۵ خرداد ریاضی - خرداد ۹۵ (۸ بار تکرار)	د) نیرویی که دو بار الکتریکی بر هم وارد می‌کنند، با (فاصله‌ی، مربع فاصله‌ی) بارها از یکدیگر نسبت وارون دارد. مرتبط با رابطه‌ی ۱-۲ صفحه‌ی ۶
	ذ) نیروهای الکتریکی که دو ذره‌ی باردار به یکدیگر وارد می‌کنند (هم‌جهت - خلاف جهت یکدیگر) هستند. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶

#### مسائل

۸. دو ذره با بارهای  $q_1 = 2\mu C$  و  $q_2 = 5\mu C$  در فاصله‌ی  $30$  سانتی‌متری از یکدیگر ثابت شده‌اند. نیروی

$$\text{الکتریکی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ } k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

(۸ بار تکرار)

مرتبط با رابطه‌ی ۱-۲ صفحه‌ی ۶

## مرجع

<p>۸۹ نهایی تجربی - دی</p> <p>(۶ بار تکرار)</p>	<p>۹. دو ذره با بارهای <math>q_1</math> و <math>q_2 = 5q_1</math> در فاصله <math>3</math> سانتی متر از یکدیگر ثابت شده اند. اندازه ی نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می کنند، برابر <math>50\text{N}</math> است. اندازه ی <math>q_1</math> و <math>q_2</math> را حساب کنید. <math>(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})</math></p> <p>مرتبط با رابطه ی ۱-۲ صفحه ی ۶</p>
	<p>۱۰. دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای <math>q_1 = -10\text{nc}</math> و <math>q_2 = 4\text{nc}</math> را با هم تماس می دهیم و سپس تا فاصله <math>r = 0.3\text{m}</math> از هم دور می کنیم:</p> <p>(آ) نیروی بر هم کنش الکتریکی بین دو گوی را حساب کنید. <math>(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})</math></p> <p>(ب) این نیرو رانشی است یا ربایشی؟</p>
<p>تهران - سما ۹۱</p> <p>(۶ بار تکرار)</p>	<p>۱۱. دو کره ی رسانای مشابه با بارهای <math>q</math> و <math>5q</math> در فاصله <math>r</math> به هم نیروی <math>F</math> وارد می کنند. اگر این دو کره را به هم تماس دهیم و در همان فاصله قرار دهیم، نیرویی که به هم وارد می کنند، چند برابر می شود؟</p> <p>مکمل و مرتبط با مسئله ی ۴ صفحه ی ۴۱</p>

## برهم نهی نیروهای الکتروستاتیکی هم راستا صفحه های ۸ و ۹

## مسائل

## مرجع

<p>۹۶ نهایی تجربی - خرداد</p> <p>(۷ بار تکرار)</p>	<p>۱۲. مطابق شکل، دو ذره با بارهای <math>q_1 = 3 \times 10^{-6}\text{C}</math> و <math>q_2 = -2 \times 10^{-6}\text{C}</math> در فاصله <math>0.2\text{m}</math> از یکدیگر ثابت شده اند. نیروی الکتریکی بر ایند وارد بر بار <math>q_3 = -2 \times 10^{-6}\text{C}</math> را که در نقطه ی <math>M</math> وسط خط واصل دو ذره قرار گرفته است، بر حسب بردار یکه ی <math>\vec{i}</math> بنویسید. <math>(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})</math></p>  <p>مکمل و مشابه مسئله ۶ صفحه ی ۴۱</p>
<p>۸۷ نهایی تجربی - دی</p> <p>(۷ بار تکرار)</p>	<p>۱۳. مطابق شکل زیر، سه ذره با بارهای الکتریکی <math>q_1 = +2/5\mu\text{C}</math> و <math>q_2 = -1\mu\text{C}</math> و <math>q_3 = +4\mu\text{C}</math> در نقطه های <math>A</math>، <math>B</math> و <math>C</math> ثابت شده اند. بر ایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار <math>q_3</math> را بر حسب بردار یکه ی <math>\vec{i}</math> بنویسید و بزرگی آن را به دست آورید. <math>(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}, BC = 2\text{cm}, AC = 6\text{cm})</math></p>  <p>مکمل و مشابه مثال ۱-۳ صفحه ی ۹</p>
<p>تهران - ریاضی - شهریور ۸۴</p> <p>(۶ بار تکرار)</p>	<p>۱۴. مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی مثبت <math>q_1</math> و <math>q_2</math> در فاصله <math>60</math> سانتی متر از هم قرار دارند. با محاسبه و رسم شکل نشان دهید بار الکتریکی <math>q_3</math> را در چه فاصله ای از بار الکتریکی <math>q_1</math> قرار دهیم تا در حالت تعادل قرار گیرد؟</p>  <p>مکمل و مشابه مثال ۱-۳ صفحه ی ۹</p>
<p>تهران - ممتاز خنان - ۹۵</p> <p>(۷ بار تکرار)</p>	<p>۱۵. دو بار الکتریکی <math>q_1 = -3\mu\text{C}</math> و <math>q_2 = 27\mu\text{C}</math> در فاصله <math>5/0</math> متری از هم ثابت شده اند. مکان بار <math>q_3</math> را طوری تعیین کنید که در حالت تعادل بماند.</p> <p>مکمل و مشابه مثال ۱-۳ صفحه ی ۹</p>
<p>بیوجند - نمونه تربیت - ۹۱</p> <p>(۲ بار تکرار)</p>	<p>۱۶. نیرویی که بار <math>q_A</math> بر <math>q_B</math> وارد می کند برابر <math>4/5 \times 10^{-3}</math> نیوتون و <math>q_B = -2q</math> و <math>q_A = q</math> و <math>q_C = 10\text{cm}</math> و <math>20\text{cm}</math> بر ایند نیروهای وارد بر بار <math>q_B</math> برابر <math>67/5 \times 10^{-3}</math> نیوتون است. نوع و اندازه ی بار <math>q_C</math> را حساب کنید. (بر ایند نیروهای وارد بر <math>q_B</math> به طرف راست است.)</p>  <p>مکمل و مشابه مثال ۱-۳ صفحه ی ۹</p>

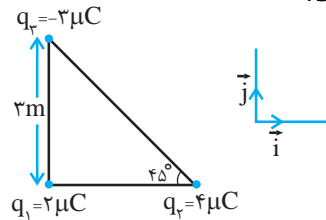
## برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیک ناهم‌راستا صفحه‌های ۸ تا ۱۰

## مسائل

## مرجع

نهایی ریاضی - خرداد ۹۶

۱۷. سه ذره باردار مطابق شکل زیر در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی وارد بر ذره‌ی واقع در رأس قائمه، برحسب بردارهای  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  چند نیوتون است؟



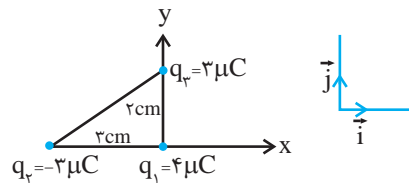
(۶ بار تکرار)

مکمل و مشابه مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰

نهایی تجربی - خرداد ۹۵

۱۸. مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_1$  را برحسب بردارهای یکه‌ی  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.

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



(۸ بار تکرار)

مکمل و مشابه مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰

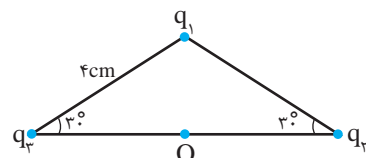
تهران - شهید باهنر - ۹۵

۱۹. سه بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1 = +4 \mu\text{C}$ ،  $q_2 = -6 \mu\text{C}$  و  $q_3 = +6 \mu\text{C}$  مطابق شکل زیر در سه رأس

مکمل و مشابه مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰

یک مثلث متساوی‌الساقین ثابت شده‌اند.  $\left( k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \right)$

(آ) نیروی وارد بر بار  $q_4 = +1 \mu\text{C}$  واقع در نقطه‌ی O در وسط خط وصل دو بار را برحسب بردارهای یکه بنویسید.  
(ب) جهت این بردار را در نقطه‌ی O رسم کنید.

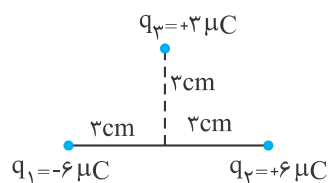


(۴ بار تکرار)

ملایر - حاج محمد ملایری - ۹۱

۲۰. در شکل زیر اندازه و جهت نیروی وارد بر بار  $q_3$  را برحسب بردارهای یکه به دست آورید.

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



(۳ بار تکرار)

مکمل و مشابه مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰



## تعداد ذره‌های باردار با در نظر گرفتن نیروی گرانش صفحه‌های ۸ تا ۱۰

## مسائل

## مرجع

تهران - مهدیون - ۹۵

۲۱. مانند شکل، دو گلوله با بارهای هم‌نام و مساوی هر کدام به جرم  $10$  گرم را در یک لوله شیشه‌ای قائم با بدنه‌ی نارسانا و بدون اصطکاک رها می‌کنیم. اگر در حالت تعادل گلوله‌ها در فاصله‌ی  $30$  سانتی‌متری از هم قرار بگیرند،



$$\text{بار الکتریکی هر گلوله را محاسبه کنید. } (g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$$

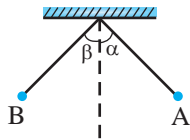
(۶ بار تکرار)

مکمل و مشابه مسئله ۷ صفحه‌ی ۴۱

اصفهان - ۲۲ بهمن - ۹۵

۲۲. در شکل زیر گلوله‌های باردار از دو نخ با طول‌های مساوی آویزان هستند و زاویه‌ی انحراف آن‌ها از راستای قائم برابر  $\alpha$  و  $\beta$  و اندازه‌ی نیروی الکتریکی وارد بر آن‌ها  $F_A$  و  $F_B$  می‌باشد.

اگر  $q_A > q_B$  و  $m_B = m_A$  باشد، کدام رابطه درست است؟



$$F_B = F_A, \beta = \alpha \quad (1)$$

$$F_A = F_B, \beta < \alpha \quad (2)$$

$$F_A > F_B, \alpha = \beta \quad (3)$$

$$F_B > F_A, \alpha > \beta \quad (4)$$

(۲ بار تکرار)

مکمل و مرتبط با مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰

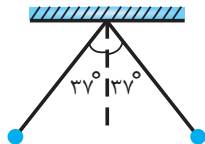
بجنورد - نمونه دولتی نرجس - ۹۱

۲۳. دو آونگ الکتریکی کاملاً مشابه از یک نقطه آویزان شده‌اند و طول نخ هر یک از آونگ‌ها  $5 \text{ cm}$  می‌باشد. هرگاه

به دو گلوله‌ی آونگ بارهای مساوی و هم نام داده شود و جرم هر یک از گلوله‌ها برابر  $30 \text{ g}$  باشد، نخ‌ها به اندازه

$37$  درجه از راستای قائم خارج می‌شوند اندازه بار هر یک از دو گلوله‌ی آونگ را حساب

$$\text{کنید. } (\cos 37^\circ = 0.8, \sin 37^\circ = 0.6)$$



(۲ بار تکرار)

مکمل و مرتبط با مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰

## میدان الکتریکی: صفحه‌های ۱۰ تا ۱۲ کتاب درسی

**مفهوم میدان الکتریکی:** یک بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود، خاصیتی ایجاد می‌کند که بر اساس آن بر هر ذره‌ی باردار واقع در آن نقطه نیرو وارد می‌شود، به این خاصیت میدان الکتریکی می‌گویند.

**تعریف میدان الکتریکی:** نیروی وارد بر بار کوچک و مثبت  $+q_0$  موسوم به بار آزمون در هر نقطه را میدان الکتریکی در آن نقطه می‌نامیم

که از رابطه‌ی مقابل به دست می‌آید.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q_0}$$

میدان الکتریکی، کمیتی برداری است و یکای آن در SI، نیوتون بر کولن ( $\frac{N}{C}$ ) نام دارد.

**جهت بردار میدان الکتریکی:** جهت بردار میدان الکتریکی  $\vec{E}$  در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار آزمون  $(+q_0)$  است که به طور فرضی در آن نقطه می‌گذاریم.

**محاسبه‌ی میدان الکتریکی یا نیروی وارد بر بار الکتریکی در میدان الکتریکی:** در این حالت یکی از سه عامل  $F$ ،  $q_0$  و  $E$  مجهول است که با

استفاده از رابطه‌ی  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q_0}$  قابل حل هستند. در این رابطه،  $q_0$  باری است که در معرض میدان  $\vec{E}$  قرار دارد.

## مفهوم و رابطه‌ی میدان الکتریکی صفحه‌های ۱۰ تا ۱۲

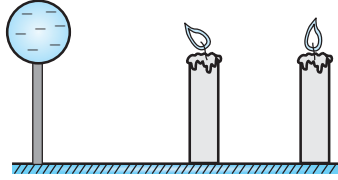
## پرسش‌ها

## مرجع

۲۴. کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب و یا جاهای خالی را کامل کنید.	(آ) اردبیل - سماء - ۹۱ (۷ بار تکرار)
(آ) میدان الکتریکی حاصل از یک ذره‌ی باردار، در هر نقطه با (مربع فاصله، فاصله) آن نقطه از ذره‌ی باردار، نسبت وارون دارد.	مرتبط با رابطه‌ی ۱-۴ صفحه‌ی ۱۲
(ب) جهت بردار میدان الکتریکی در هر نقطه هم‌جهت با نیروی وارد بر ... واقع در آن نقطه‌اند.	(ب) نهایی تجربی - دی و خرداد ۸۷ (۸ بار تکرار)
(ب) جهت بردار میدان الکتریکی در هر نقطه هم‌جهت با نیروی وارد بر ... واقع در آن نقطه‌اند.	(ب) نهایی تجربی - دی ۹۳ (۷ بار تکرار)
(پ) اگر بار الکتریکی $(+q)$ در میدان الکتریکی $\vec{E}$ قرار گیرد، از طرف میدان به آن نیرویی وارد می‌شود که ... میدان الکتریکی است.	(ت) نهایی تجربی - خرداد ۹۴ (۶ بار تکرار)
(ت) با دور شدن از یک بار الکتریکی، اندازه‌ی میدان الکتریکی حاصل از آن ... می‌یابد.	(ث) اصفهان - ۲۲ بهمن - ۹۵ (۶ بار تکرار)
(ث) نیروی وارد بر یکای بار مثبت را در هر نقطه، ... می‌نامیم.	(ج) تهران - مهدیون - ۹۵ (۵ بار تکرار)
(ج) یکای میدان الکتریکی در SI، $(\frac{N}{C}$ و $\frac{N}{m})$ است.	(چ) شهرگروه - یونسی - ۹۵ (۷ بار تکرار)
(چ) یک بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود، خاصیتی ایجاد می‌کند که به آن ..... می‌گویند.	مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۱
	مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۱

۲۵. در شکل زیر، دو شمع، یکی در فاصله‌ی نزدیک و دیگری در فاصله‌ی دور از کلاهک یک مولد وان دوگراف قرار گرفته‌اند. چرا شعله‌ی شمع نزدیک‌تر به سمت کلاهک کشیده شده است، در حالی که شعله‌ی شمع دورتر تغییر چندانی نکرده است.

مکمل و مشابه مثال ۱-۶ صفحه‌ی ۱۳



## مسائل

## مرجع

۲۶. آ) در نقطه‌ای از فضا بر بار آزمون  $q_0 = +3 \text{ nC}$  نیروی  $F = 9 \times 10^{-4} \text{ N}$  وارد می‌شود.

مکمل و مشابه مثال ۱-۵ صفحه‌ی ۱۱

۱) میدان الکتریکی در محل باز آزمون را تعیین کنید.

۲) اگر بار  $+9 \mu\text{C}$  را به جای  $q_0$  قرار دهیم. چه نیرویی به آن وارد می‌شود؟

ب) در چه فاصله‌ای از پروتون هسته، بزرگی میدان الکتریکی برابر  $\frac{9 \times 10^3 \text{ N}}{\text{C}}$  است؟

مکمل و مشابه تمرین ۱-۴ صفحه‌ی ۱۴

$$(q_p = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

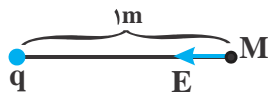
آ) نهایی ریاضی - دی ۸۶  
(۳ بار تکرار)

۲۷. آ) در شکل زیر و در نقطه‌ی  $M$ ،  $E_M = 4500 \frac{\text{N}}{\text{C}}$  است. اگر بار الکتریکی  $2 \mu\text{C}$  را در نقطه‌ی  $M$  قرار دهیم،

مکمل و مشابه مثال ۱-۵ صفحه‌ی ۱۱

بزرگی نیروی وارد بر آن چند نیوتون است؟  $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$

ب) نهایی تجربی - خرداد ۹۳  
(۴ بار تکرار)



ب) بر بار الکتریکی  $2 \mu\text{C}$  در یک نقطه از میدان الکتریکی، نیرویی برابر  $5 \times 10^{-2} \text{ N}$  وارد می‌شود.

مکمل و مشابه مثال ۱-۵ صفحه‌ی ۱۱

اندازه‌ی میدان الکتریکی را در این نقطه محاسبه کنید.

## میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار: صفحه‌های ۱۲ تا ۱۷ کتاب درسی

برای محاسبه‌ی بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار در فاصله‌ی  $r$  از آن، از رابطه‌ی مقابل استفاده می‌کنیم:

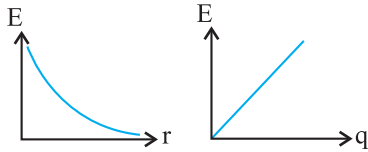
$$E = k \frac{|q|}{r^2}$$

در این رابطه  $r$  بر حسب «متر» و  $|q|$  بر حسب «کولن» است.

طبق رابطه‌ی فوق، بزرگی میدان الکتریکی با اندازه‌ی بار  $q$  نسبت مستقیم و با مجذور فاصله از آن نسبت وارون دارد.

نمودار میدان الکتریکی یک بار الکتریکی بر حسب فاصله از آن و یا بر حسب اندازه‌ی بار

در یک فاصله‌ی معین مطابق شکل‌های مقابل است.



● تذکره: جهت میدان حاصل از بار مثبت به طرف بیرون بار و برای بار منفی به طرف بار

است.

برایند میدان‌های الکتریکی حاصل از چند ذره در یک نقطه: برای محاسبه‌ی این برابند به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

۱. در نقطه‌ی مورد نظر یک بار مثبت فرضی در نظر می‌گیریم و بردار میدان را در آن نقطه رسم می‌کنیم.

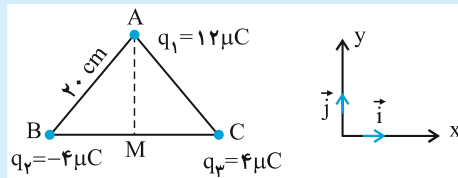
۲. بردار میدان حاصل هر ذره را (مستقل از بقیه) در آن نقطه رسم می‌کنیم (جهت میدان همان جهت نیروی وارد بر بار مثبت فرضی در آن نقطه است).

۳. با استفاده از رابطه‌ی  $E = k \frac{|q|}{r^2}$ ، اندازه‌ی میدان الکتریکی هر یک از بارها را حساب می‌کنیم و سپس با توجه به جهت میدان‌ها، هر یک از

آن‌ها را بر حسب بردارهای یک‌ه‌ی  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  می‌نویسیم. اگر میدان‌ها در جهت محور  $x$  یا  $y$ ‌ها باشند به صورت  $\vec{E}_x$  و  $\vec{E}_y$  و اگر خلاف جهت آن‌ها باشند به صورت  $-\vec{E}_x$  یا  $-\vec{E}_y$  نوشته می‌شود.

۴. با استفاده از رابطه‌ی  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$  برایند میدان‌ها را بر حسب بردارهای یک‌ه‌ی  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  به دست می‌آوریم.

۵. اندازه‌ی برایند میدان‌های الکتریکی را از رابطه‌ی  $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$  حساب می‌کنیم.



● مثال: سه بار الکتریکی مطابق شکل در سه رأس یک مثلث متساوی الاضلاع به اندازه‌ی ضلع  $10 \text{ cm}$  ثابت شده‌اند. برایند میدان الکتریکی را در نقطه‌ی  $M$  وسط ضلع  $BC$  بر حسب بردارهای یک‌ه‌ی بنویسید. و اندازه‌ی آن را به دست

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

● پاسخ: نقطه‌ی  $M$  وسط ضلع  $BC$  است و فاصله‌ی بارهای  $q_2$  و  $q_3$  تا نقطه‌ی  $M$  یکسان و برابر  $10$  سانتی‌متر است و فاصله‌ی بار  $q_1$  تا

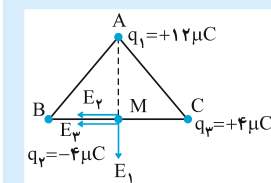
نقطه‌ی  $M$  طبق رابطه‌ی فیثاغورس  $(AM^2 = 20^2 - 10^2 = 300 \text{ cm}^2)$ ،  $10\sqrt{3}$  سانتی‌متر است.

(آ) در نقطه‌ی  $M$  بار مثبت فرضی را در نظر گرفته و جهت میدان الکتریکی حاصل از هر بار را در

نقطه‌ی  $M$  رسم می‌کنیم.

(ب) بزرگی میدان حاصل از هر یک از بارها را محاسبه می‌کنیم، از آنجایی که  $E_2 = E_3$  بوده و

هم جهت هستند، با هم جمع می‌شوند.



$$E_2 = E_3 = k \frac{|q_2|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{(10 \times 10^{-2})^2} \rightarrow E_2 = E_3 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} \rightarrow E_2 = E_3 = 36 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\text{برایند } E_{2,3} = 2E_2 = 72 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 12 \times 10^{-6}}{(10\sqrt{3} \times 10^{-2})^2} \rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-6}}{300 \times 10^{-4}} \rightarrow E_1 = 36 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

(ب) با توجه به شکل،  $E_1$  در خلاف جهت محور  $y$  و  $E_{2,3}$  در خلاف جهت محور  $x$  است. بنابراین داریم:

$$\vec{E}_1 = -(3 \times 10^5) \vec{j} \quad \text{و} \quad \vec{E}_{2,3} = -(72 \times 10^5) \vec{i}$$

(ت) میدان الکتریکی برابر است با:

$$\vec{E} = \vec{E}_{2,3} + \vec{E}_1 = (-72\vec{i} - 3\vec{j}) \times 10^5 \frac{N}{C} \Rightarrow |\vec{E}| = \sqrt{(-72)^2 + (-3)^2} \times 10^5 \rightarrow E = 36\sqrt{5} \times 10^5 \frac{N}{C}$$

تعیین نقطه‌ای روی خط واصل دو ذره‌ی باردار که میدان برابری در آن نقطه صفر شود.

(آ) اگر دو ذره‌ی باردار هم‌نام باشند، نقطه‌ی مورد نظر روی خط واصل بین دو بار الکتریکی و نزدیک به بار با اندازه‌ی کوچک‌تر است.

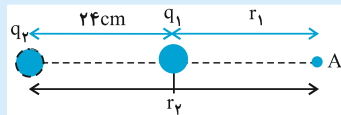
(ب) اگر دو ذره‌ی باردار ناهم‌نام باشند، نقطه‌ی مورد نظر در خارج دو بار و نزدیک به بار الکتریکی با اندازه‌ی کوچک‌تر است.

در هر دو حالت باید اندازه‌ی میدان‌ها در آن نقطه برابر و در خلاف جهت هم باشند، یعنی:

$$E_1 = E_2 \xrightarrow{E=k\frac{q}{r^2}} k\frac{q_1}{r_1^2} = k\frac{q_2}{r_2^2}$$

تذکره: در این گونه تساوی‌ها نیازی به SI بودن یکاهای کمیت‌ها نیست، بلکه کافی است کمیت‌های یکسان در دو طرف هم‌یکا باشند.

مثال: دو بار الکتریکی  $q_1 = 2 \mu C$  و  $q_2 = -18 \mu C$  در فاصله‌ی ۲۴ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند. در چه فاصله‌ای از بار الکتریکی  $q_2$ ، میدان الکتریکی برابر صفر می‌شود؟



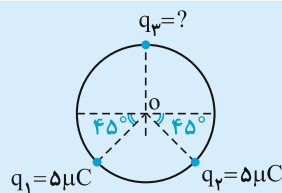
پاسخ: دو بار الکتریکی ناهم‌نام هستند پس نقطه‌ی مورد نظر (A) باید خارج دو بار و

نزدیک به بار الکتریکی  $q_1$  باشد، (مطابق شکل):

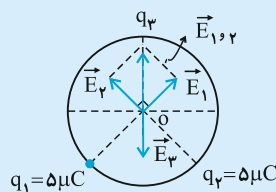
مطابق روش فوق باید:

$$E_1 = E_2 \rightarrow k\frac{q_1}{r_1^2} = k\frac{q_2}{r_2^2} \xrightarrow{r_1=r_2-24, q_1=2\mu C, q_2=18\mu C} \frac{2}{(r_2-24)^2} = \frac{18}{r_2^2} \rightarrow \frac{1}{r_2-24} = \frac{3}{r_2} \rightarrow r_2 = 36 \text{ cm}$$

بررسی میدان‌های الکتریکی حاصل از چند ذره‌ی باردار که در یک نقطه صفر می‌شود.



مثال: مطابق شکل سه ذره‌ی باردار بر محیط دایره‌ای به شعاع ۱۰ سانتی‌متر ثابت شده‌اند. اندازه و نوع بار الکتریکی  $q_3$  را طوری تعیین کنید تا میدان الکتریکی برابر صفر در نقطه‌ی O (در مرکز دایره) صفر شود.



پاسخ: ابتدا جهت میدان‌های الکتریکی بارهای  $q_1$  و  $q_2$  را در نقطه‌ی O رسم می‌کنیم و سپس اندازه‌ی آن‌ها و با توجه به جهت هر یک از میدان‌ها اندازه‌ی برابرین میدان‌ها و جهت آن را تعیین می‌کنیم. به ادامه‌ی حل توجه کنید:

چون بارهای  $q_1$  و  $q_2$  هم‌اندازه‌اند و فاصله‌ی آن‌ها از مرکز دایره یکسان است، بنابراین  $E_1 = E_2$  است و داریم:

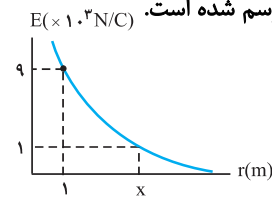
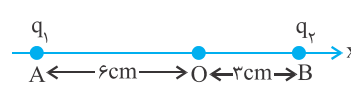
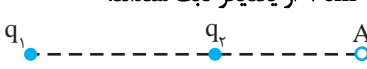

$$E_1 = E_2 = k\frac{|q_1|}{r^2} \rightarrow E_{1,2} = E_1\sqrt{2}$$

اکنون چون باید اندازه‌ی میدان الکتریکی بار  $q_3$  برابر برابرین میدان‌های  $q_1$  و  $q_2$  باشد، می‌توان نوشت:

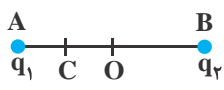
$$E_3 = E_{1,2} \xrightarrow{E_{1,2}=E_1\sqrt{2}} E_3 = E_1\sqrt{2} \xrightarrow{E=k\frac{q}{r^2}} k\frac{q_3}{r_3^2} = k\frac{q_1}{r_1^2}\sqrt{2}$$

$$\xrightarrow{r_3=r_1=10 \text{ cm}} q_3 = q_1\sqrt{2} \xrightarrow{q_1=5\mu C} q_3 = +5\sqrt{2} \mu C$$

با توجه به جهت میدان الکتریکی  $\vec{E}_3$ ، بار  $q_3$  باید مثبت باشد.

	<p>۲۸. اندازه‌ی میدان الکتریکی ناشی از هسته‌ی اتم روی با عدد اتمی ۳۰ و به فاصله‌ی <math>10^{-10} \text{ m}</math> از مرکز هسته را حساب کنید. (<math>e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}</math>, <math>k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}</math>)</p> <p>مکمل و مشابه مسئله ۸ صفحه‌ی ۴۱</p>
	<p>۲۹. در شکل زیر، نمودار میدان الکتریکی بر حسب فاصله برای یک ذره‌ی باردار رسم شده است. <math>E (\times 10^3 \text{ N/C})</math></p>  <p>(آ) با توجه به نمودار، مقدار <math>x</math> را به دست آورید. (<math>k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}</math>)</p> <p>ب) اندازه‌ی بار ذره را حساب کنید.</p> <p>مکمل و مرتبط با مثال ۱-۶ صفحه‌ی ۱۵</p>
<p>نهایی ریاضی - شهریور ۹۵</p>	<p>۳۰. دو بار نقطه‌ای <math>q_1 = +4 \mu\text{C}</math> و <math>q_2 = -6 \mu\text{C}</math> بر روی خط راستی به فاصله‌ی ۶ سانتی‌متر از یکدیگر ثابت شده‌اند. برآیند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار را در وسط خط واصل دو ذره به دست آورید.</p> <p>(<math>k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}</math>)</p> <p>(۶ بار تکرار)</p> <p>مکمل و مشابه مثال ۱-۷ صفحه‌ی ۱۳</p>
<p>نهایی ریاضی - خرداد ۹۴</p>	<p>۳۱. دو ذره با بارهای الکتریکی <math>q_1 = +4 \mu\text{C}</math> و <math>q_2 = +2 \mu\text{C}</math> در نقطه‌های A و B روی محور <math>x</math> مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند.</p> <p>(آ) میدان الکتریکی برآیند در نقطه‌ی O مبدأ مختصات را، (در SI) محاسبه کنید و آن را بر حسب بردارهای یکه بنویسید.</p> <p>ب) اگر در نقطه‌ی O ذره‌ای با بار الکتریکی، <math>-5 \mu\text{C}</math> قرار دهیم، نیروی الکتریکی وارد بر ذره را (در SI) بر حسب بردارهای یکه محاسبه کنید. (<math>k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}</math>)</p>  <p>(۷ بار تکرار)</p> <p>مکمل و مشابه مثال ۱-۷ صفحه‌ی ۱۵</p>
<p>شهرکرد - رئیسی - ۹۵</p>	<p>۳۲. مطابق شکل دو بار الکتریکی ذره‌ای <math>q_1 = -q_2 = 3 \mu\text{C}</math> در فاصله‌ی ۷ cm از یکدیگر ثابت شده‌اند.</p>  <p>بزرگی میدان الکتریکی برآیند را در نقطه‌ی A به فاصله‌ی ۳ cm از بار <math>q_2</math> بر حسب بردارهای یکه محاسبه و بردار برآیند را رسم کنید. (<math>k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}</math>)</p> <p>مکمل و مشابه مثال ۱-۷ صفحه‌ی ۱۵</p>
<p>نهایی ریاضی - خرداد ۹۵</p>	<p>۳۳. دو بار نقطه‌ای <math>q_1 = 1 \mu\text{C}</math> و <math>q_2 = 4 \mu\text{C}</math> بر روی خط راستی به فاصله‌ی ۹ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند. در چه فاصله‌ای از بار <math>q_1</math> برآیند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار صفر می‌شود؟</p> <p>(<math>k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}</math>)</p>  <p>(۸ بار تکرار)</p> <p>مکمل و مشابه مسئله ۱۰ صفحه‌ی ۴۱</p>

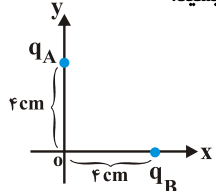
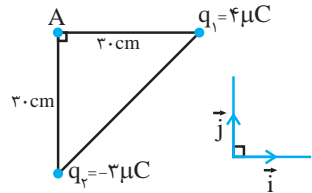
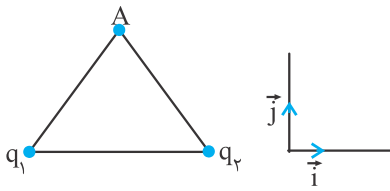
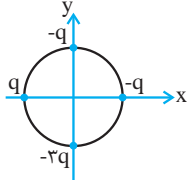
## مرجع

<p>نهایی ریاضی - خرداد ۹۳</p> <p>(۶ بار تکرار)</p>	<p>۳۴. میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای <math>q_1 = +2\mu\text{C}</math> و <math>q_2 = +32\mu\text{C}</math> در فاصله‌ی ۱۶ سانتی‌متری از بار <math>q_2</math> صفر می‌باشد. فاصله‌ی دو بار الکتریکی از یک‌دیگر چند سانتی‌متر است؟</p> <p>مکمل و مشابه مسئله ۱۵ صفحه‌ی ۴۲</p>
<p>مرفند - استعدادهای درخشان علامه جعفری - ۹۱</p> <p>(۳ بار تکرار)</p>	<p>۳۵. در شکل مقابل برآیند میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای <math>q_1, q_2</math> در نقطه‌ی O (وسط پاره‌خط AB) برابر E است. اگر بار <math>q_1</math> را به نقطه‌ی C (وسط AO) انتقال دهیم، برآیند میدان‌ها در نقطه‌ی O برابر <math>E/6</math> می‌شود، نسبت <math>\frac{q_2}{q_1}</math> را محاسبه کنید.</p>  <p>مکمل و مشابه مسئله ۱۵ صفحه‌ی ۴۲</p>

## برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی نهم راس تا صفحه‌های ۱۴ تا ۱۶

## مسائل

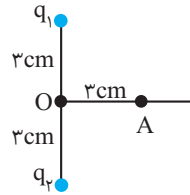
## مرجع

<p>نهایی ریاضی - خرداد ۹۰</p> <p>(۷ بار تکرار)</p>	<p>۳۶. دو ذره‌ی باردار <math>q_A = 4\mu\text{C}</math> و <math>q_B = -4\mu\text{C}</math> مطابق شکل روی محورهای x و y ثابت شده‌اند. (آ) بزرگی میدان الکتریکی هر یک از دو ذره‌ی باردار، در نقطه‌ی O چند نیوتون بر کولن است؟ (ب) بردار میدان الکتریکی برآیند را در نقطه‌ی O بر حسب بردارهای یک‌ی <math>\vec{i}</math>، <math>\vec{j}</math> بنویسید.</p> <p><math>(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})</math></p>  <p>مکمل و مشابه مثال ۸-۱ صفحه‌ی ۱۶</p>
<p>خوم‌آباد - هوشمند فرزنانگان - ۹۵</p> <p>(۷ بار تکرار)</p>	<p>۳۷. (آ) بردار برآیند میدان‌های الکتریکی در نقطه‌ی A را بر حسب بردارهای یک‌ی <math>\vec{i}</math>، <math>\vec{j}</math> پیدا کرده و اندازه‌ی آن را حساب کنید. (ب) جهت میدان برآیند را پیدا کنید.</p>  <p>مکمل و مشابه مثال ۸-۱ صفحه‌ی ۱۶</p>
<p>نهایی تجربی - خرداد ۹۴</p> <p>(۷ بار تکرار)</p>	<p>۳۸. مطابق شکل، دو ذره‌ی باردار <math>q_1</math> و <math>q_2</math> در فاصله‌ی ۰/۰۱ m از یکدیگر قرار دارند. بردار میدان الکتریکی برآیند را در نقطه‌ی A که فاصله‌ی آن از هر یک از بارها برابر ۰/۰۱ m است، بر حسب بردارهای یک‌ی <math>\vec{i}</math> و <math>\vec{j}</math> دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.</p> <p><math>k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}</math>, <math>q_1 = q_2 = 2 \text{ nC}</math>, <math>\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = \frac{1}{2}</math>, <math>\cos 30^\circ = \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}</math></p>  <p>مکمل و مشابه مثال ۸-۱ صفحه‌ی ۱۶</p>
<p>نهایی تجربی - دی ۹۵ با کمی تغییر</p> <p>(۴ بار تکرار)</p>	<p>۳۹. (آ) اگر در شکل مقابل، شعاع دایره ۱ متر و <math>q = 5 \text{ nC}</math> باشد، میدان الکتریکی برآیند را در مرکز دایره بر حسب بردارهای یک‌ی <math>\vec{i}</math> و <math>\vec{j}</math> به دست آورید. <math>(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})</math> (ب) بزرگی میدان الکتریکی برآیند را حساب کنید.</p>  <p>مکمل و مشابه مثال ۸-۱ صفحه‌ی ۱۶</p>

## مرجع

نهایی تجربی - خرداد ۹۱

۴۰. مطابق شکل مقابل دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم نام  $q_1 = q_2 = 5\mu\text{C}$  به فاصله‌ی ۶ سانتی‌متر از یک دیگر قرار دارند. اندازه‌ی برابند میدان‌های الکتریکی در نقطه‌ی A واقع بر عمود منصف خط واصل دو بار و در فاصله‌ی ۳ سانتی‌متر از نقطه‌ی O چند نیوتون بر کولن است؟ جهت میدان الکتریکی را در نقطه‌ی A، با

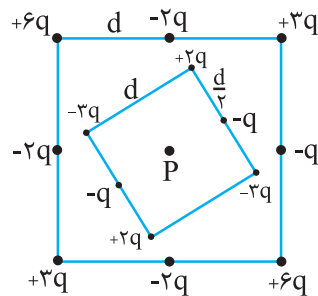


$$\text{رسم شکل تعیین کنید. } (k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$$

(۳ بار تکرار)

مکمل و مشابه مثال ۱-۸ صفحه‌ی ۱۶

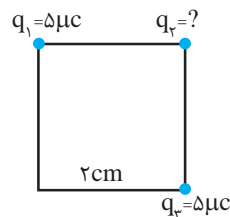
۴۱. شکل مقابل دو آرایه‌ی مربعی از ذرات باردار را نشان می‌دهد. مربع‌ها که در نقطه‌ی P هم‌مرکزند، هم‌ردیف نیستند. ذره‌ها روی محیط مربع به فاصله‌ی  $d$  یا  $\frac{d}{\sqrt{2}}$  از هم قرار گرفته‌اند. اگر میدان الکتریکی بار  $q$  (که در فاصله  $d$  از مرکز مربع قرار دارد)، در مرکز مربع (نقطه‌ی P) برابر  $E$  باشد، بزرگی و جهت برابند میدان‌های الکتریکی حاصل از مجموعه‌ی بارها در نقطه‌ی P را تعیین کنید.



مکمل و مشابه مسئله ۱۲ صفحه‌ی ۴۲

تهران - مهدیون - ۹۵

۴۲. در شکل مقابل سه بار الکتریکی در سه رأس مربعی به ضلع ۲ سانتی‌متر قرار دارند. نوع و اندازه‌ی  $q_2$  را طوری به دست آورید که برابند میدان‌های الکتریکی حاصل از سه بار الکتریکی در رأس چهارم مربع صفر شود.



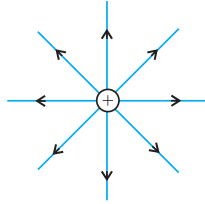
(۲ بار تکرار)

مکمل و مشابه مثال ۱-۸ صفحه‌ی ۱۶

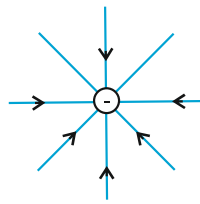


## خطوط میدان الکتریکی: صفحه‌های ۱۷ تا ۲۱ کتاب درسی

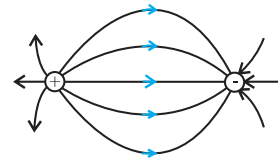
**خطوط میدان الکتریکی:** برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خط‌های جهت‌داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. سوال‌هایی که از خطوط میدان الکتریکی ذره‌ی باردار پرسیده می‌شود، عموماً رسم خطوط میدان برای ذره‌ی منفرد یا دو ذره‌ی مقابل هم (که ممکن است اندازه و علامت بارهای آن‌ها یکسان یا متفاوت باشد) است. در شکل‌های زیر خط‌های میدان الکتریکی را در اطراف بارهای الکتریکی منفرد، دو بار الکتریکی نزدیک به هم و یک بار و یک صفحه‌ی رسانا مشاهده می‌کنید. در تمام موارد الزاماً میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود.



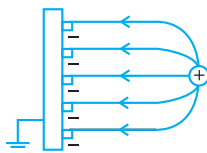
میدان الکتریکی اطراف یک بار مثبت منفرد



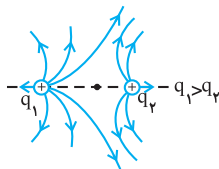
میدان الکتریکی اطراف یک بار منفی منفرد



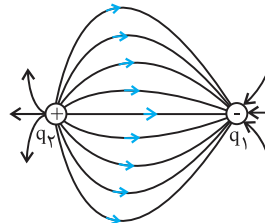
میدان الکتریکی اطراف دو بار هم‌انداز و ناهم‌نام (دو قطبی الکتریکی)



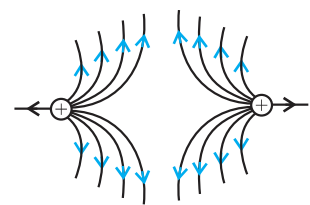
میدان الکتریکی اطراف یک بار نقطه‌ای و یک صفحه‌ی رسانای باردار با بارهای ناهم‌نام



میدان الکتریکی اطراف دو بار مثبت نابرابر



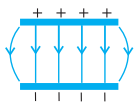
میدان الکتریکی اطراف دو بار ناهم‌نام نابرابر



میدان الکتریکی اطراف دو بار مثبت هم‌اندازه

## ویژگی‌های خط‌های میدان الکتریکی

- خط‌های میدان در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار مثبت واقع در آن نقطه است. در نتیجه، جهت این خط‌ها از بار مثبت رو به خارج و برای بار منفی رو به داخل آن است.
- بردار میدان در هر نقطه، مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن هم‌جهت است.
- در هر ناحیه که میدان قوی‌تر باشد، خط‌های میدان متراکم‌ترند.
- خط‌های میدان هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند یعنی از هر نقطه فقط یک خط میدان می‌گذرد. میدان الکتریکی یکنواخت: میدانی است که خطوط آن راست، موازی، هم‌فاصله و هم‌جهت هستند. دقت کنید اگر به دو صفحه‌ی رسانای موازی بارهای الکتریکی هم‌اندازه و ناهم‌نام بدهیم در فضای بین دو صفحه و دور از لبه‌ها میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد می‌شود.

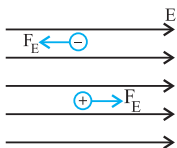


\* اگر بار الکتریکی  $q$  در میدان الکتریکی  $\vec{E}$  ناشی از اجسام باردار دیگری قرار گیرد، این میدان بر آن نیروی  $\vec{F}$  را وارد می‌کند که از

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

رابطه‌ی مقابل به دست می‌آید،  $\vec{F} = E|q|$  به دست می‌آید.

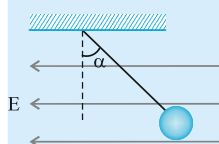
\* جهت این نیرو برای بار مثبت در جهت میدان الکتریکی و برای بار منفی در خلاف جهت میدان است.



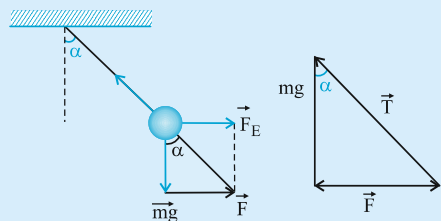
## تعادل ذره‌های باردار با در نظر گرفتن نیروی گرانش

در یک سری از مسائل، یک بار الکتریکی منفرد و یا متصل به نخ در معرض میدان الکتریکی یکنواخت و به حال تعادل قرار دارد و مسئله، جرم یا بار ذره و یا زاویه‌ی انحراف نخ از راستای قائم را می‌خواهد.

روش عمومی حل: برای حل ابتدا نیروهای وارد بر بار را رسم می‌کنیم، برای برقراری تعادل باید برابری نیروهای وارد بر گلوله صفر باشد.



● مثال: گلوله‌ای با بار  $q = 2\mu\text{C}$  به جرم  $5\text{ g}$  مطابق شکل به نخ بسته شده است و در میدان الکتریکی  $E = 2 \times 10^4\text{ SI}$  به حال تعادل قرار دارد. نوع بار و زاویه‌ی انحراف نخ از راستای قائم  $(\alpha)$  را بیابید.



● پاسخ: چون نیروی وارد بر بار در خلاف جهت میدان (در سوی انحراف نخ) است پس بار منفی است. برای محاسبه‌ی  $(\alpha)$ ، مطابق شکل بر گلوله ۳ نیروی  $F$ ،  $mg$  و  $T$  وارد می‌شود.

از مثلث هاشور خورده سه ضلع، ۳ بردار را به صورت مقابل تشکیل می‌دهند و داریم:

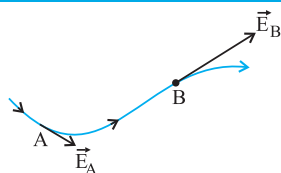
$$\tan \alpha = \frac{F}{mg} = \frac{Eq}{mg} \rightarrow \tan \alpha = \frac{2 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-3} \times 10} = \frac{4}{5} = 0.8 \rightarrow \alpha = \tan^{-1}(0.8)$$

### نمایش خطوط میدان الکتریکی صفحه‌های ۱۷ و ۱۸

#### پرسش‌ها

#### مرجع

۴۳. در هر یک از جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید.
- (آ) در هر ناحیه‌ای خط‌های میدان الکتریکی به یکدیگر نزدیک‌تر باشد، در آن ناحیه میدان ... است.  
مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸
- (ب) جهت خط‌های میدان الکتریکی حاصل از بار مثبت در جهت ... شدن از آن است.  
مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸
- (پ) خط‌های میدان الکتریکی خالص یکدیگر را قطع ...  
مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸
- (ت) بر بار ... نیرو در خلاف جهت میدان الکتریکی وارد می‌شود.  
مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸
- (ث) میدان الکتریکی در هر نقطه، برداری است (مماس- عمود) بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن خط میدان هم‌جهت است.  
مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸
- (ج) به مجموعه‌ی دو بار الکتریکی هم‌اندازه و (همنام- غیرهمنام) دو قطبی الکتریکی گفته می‌شود.  
مرتبط با شکل ۱۸-۱ صفحه‌ی ۱۸
- (چ) در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای ..... شروع و به بارهای ..... ختم می‌شوند.  
مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸
- (ح) به میدانی که خطوط آن راست، موازی و هم‌فاصله‌اند، میدان الکتریکی ..... گفته می‌شود.  
مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۹
- (خ) در تولیدمثل برخی از گل‌ها، گرده‌ها به واسطه‌ی ..... منتقل می‌شود. مکمل و مرتبط با فعالیت ۴-۱ صفحه‌ی ۱۹
- (آ) همدان - شهید مطهری - ۹۱ (۱۲ بار تکرار)
- (پ) تهران - روشنگر - ۹۵ (۱۵ بار تکرار)
- (ت) سمنان - نمونه رشد - ۹۵ (۱۰ بار تکرار)
- (ث) قدس - مولود کعبه - ۹۱ (۸ بار تکرار)
- (ج) تهران - شهید باهنر - ۹۱ (۷ بار تکرار)
- (چ) تهران - خاتم - ۹۵ (۸ بار تکرار)
- (ح) همدان - شهید مطهری - ۹۱ (۱۲ بار تکرار)



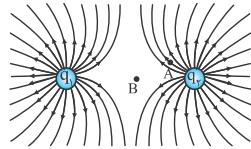
۴۴. (آ) در شکل مقابل، یکی از خط‌های میدان الکتریکی در ناحیه‌ای از فضا و بردار میدان الکتریکی در دو نقطه از این فضا، نشان داده شده است. تراکم خط‌های میدان الکتریکی، نقطه‌های A و B را باهم مقایسه کنید.  
مرتبط با شکل ۱۵-۱ صفحه‌ی ۱۸

(ب) اگر از فاصله‌ی بی‌نهایت دور تا فاصله بین دو بار ناهمنام نزدیک شویم، بزرگی میدان الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟

(پ) چرا خط‌های میدان الکتریکی بر ایند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند؟ مکمل و مرتبط با پرسش ۴-۱ صفحه‌ی ۱۹

## مرجع

نهایی ریاضی - دی ۹۳

۴۵. شکل مقابل خط‌های میدان الکتریکی در اطراف دو ذره با بارهای الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  را نشان می‌دهد.

(۵ بار تکرار)

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه ۴۲

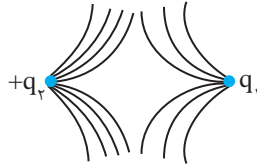
(آ) نوع بار الکتریکی  $q_1$  را تعیین کنید.

(ب) اندازه‌ی این دو بار را با یکدیگر مقایسه کنید.

(پ) در کدام یک از نقاط A یا B میدان الکتریکی قوی‌تر است؟

نهایی ریاضی - خرداد ۹۵

۴۶. مطابق شکل، خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار الکتریکی رسم شده



(۹ بار تکرار)

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه ۴۲

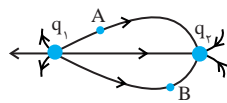
است.

(آ) اگر بار  $q_2$  مثبت باشد، نوع بار و جهت خطوط میدان بار  $q_1$  را مشخص

کنید.

(ب) اندازه‌ی بار  $q_1$  و  $q_2$  را با یکدیگر مقایسه کنید.

تهران - شهید باهنر - ۹۱

۴۷. (آ) اندازه و نوع بارهای نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  را تعیین کنید.

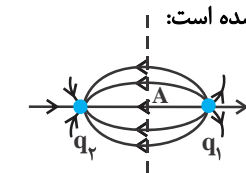
(۱۰ بار تکرار)

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۳ صفحه ۴۲

(ب) جهت میدان الکتریکی براین دو در نقاط A و B رسم نمایید.

(ب) (پ) نهایی تجربی - شهریور ۹۰  
و نهایی تجربی - دی ۹۰

(ت) نهایی تجربی - دی ۹۳



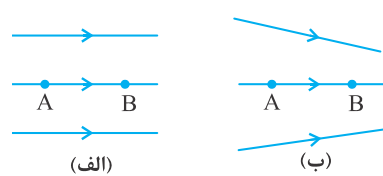
مکمل و مرتبط با پرسش ۱۳ صفحه ۴۲

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۳ صفحه ۴۲

(پ) اگر بار الکتریکی مثبت در نقطه‌ی A قرار گیرد، جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن را با رسم شکل

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۳ صفحه ۴۲

نشان دهید.



(الف)

(ب)

(ت) شکل روبه‌رو دو آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. در هر آرایش، یک پروتون از حالت سکون در نقطه‌ی A رها می‌شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطه‌ی B شتاب می‌گیرد.

فاصله‌ی نقاط A و B در هر دو آرایش یکسان است. در کدام شکل سرعت پروتون در نقطه‌ی B بیش‌تر

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۸ صفحه ۴۳

است؟ توضیح دهید.

(۳ بار تکرار)

(آ) نهایی تجربی - دی ۹۱

(۱۰ بار تکرار)

(ب) نهایی تجربی - دی و شهریور ۸۹

(۵ بار تکرار)

(پ) نهایی تجربی - دی ۸۸

(۴ بار تکرار)

(ت) نهایی تجربی - خرداد ۸۷

(۴ بار تکرار)

(ث) نهایی تجربی - خرداد ۸۶

(۴ بار تکرار)

مرتبط با متن درس صفحه ۱۸

۴۹. (آ) دو مورد از ویژگی‌های خط‌های میدان الکتریکی را بنویسید.

(ب) خط‌های میدان الکتریکی را در اطراف و بین دو قطبی الکتریکی رسم کنید.

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه ۴۲

(پ) خط‌های میدان الکتریکی را در اطراف دو بار مثبت و هم اندازه رسم کنید.

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه ۴۲

(ت) خط‌های میدان الکتریکی را برای دو بار منفی و هم اندازه رسم کنید و جهت میدان را بر روی این خط‌ها

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه ۴۲

نشان دهید.

(ث) در شکل زیر، خط‌های میدان الکتریکی را رسم کنید و جهت میدان را بر روی این خط‌ها نشان دهید.

-q +4q

مرتبط با شکل ۱-۱۷ صفحه ۱۸

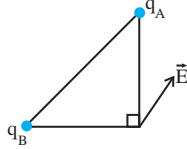
## مرجع

نهایی تجربی - خرداد ۹۵

مرتبط با مثال ۱-۸ صفحه‌ی ۱۶

۵۰. جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب کامل کنید.

مطابق شکل، دو بار الکتریکی  $q_A$  و  $q_B$  در دو رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ی متساوی‌الساقینی ثابت شده‌اند. با توجه به بردار میدان الکتریکی رسم شده در شکل، دو بار الکتریکی ..... هستند و اندازه‌ی بار  $q_A$  از  $q_B$  ..... است.



(۳ بار تکرار)

## میدان الکتریکی یکنواخت و تعادل ذره‌ی باردار صفحه‌های ۱۹ تا ۲۱

## پرسش‌ها

## مرجع

نهایی تجربی - خرداد ۹۶

۵۱. مطابق شکل، الکترونی به جرم  $m$  بین دو صفحه‌ی رسانای افقی باردار با یک میدان الکتریکی یکنواخت،

معلق و به حال سکون قرار دارد. جهت میدان الکتریکی بین دو صفحه:



۱- قائم رو به بالا است.

۲- قائم رو به پایین است.

۳- افقی به سمت راست است.

(۶ بار تکرار)

مکمل و مشابه مثال ۱-۹ صفحه‌ی ۲۰

## مسائل

یزد - شهید رمضان‌زاده - ۹۵

۵۲. در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $(\frac{N}{C}) 5 \times 10^4$  که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره‌ی بارداریبه جرم  $2g$  معلق و به حال سکون قرار دارد، اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید. (با رسم شکل)

مکمل و مشابه مسئله ۱۱ صفحه‌ی ۴۲

(۸ بار تکرار)

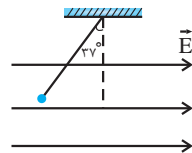
تهران - خاتم - ۹۵

۵۳. گلوله‌ی بارداری به جرم  $20$  گرم مطابق شکل زیر در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی

$$(\frac{N}{C}) 5 \times 10^4 \text{ در حال تعادل قرار دارد.}$$

آ) نوع بار گلوله را تعیین کنید.

ب) اندازه‌ی بار گلوله چند میکروکولن است؟



$$(g = 10 \frac{N}{kg}, \sin 37^\circ = 0/6, \cos 37^\circ = 0/8)$$

(۷ بار تکرار)

قدس - مولود کعبه - ۹۱

۵۴. در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $(\frac{N}{C}) 5 \times 10^4$  که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره‌یبارداری به جرم  $2g$  با شتاب  $\frac{2m}{s^2}$  به طرف پایین شتاب می‌گیرد. اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص

مکمل و مشابه مسئله ۱۱ صفحه‌ی ۴۲

(۶ بار تکرار)

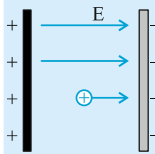
کنید.

## انرژی پتانسیل الکتریکی: صفحه‌های ۲۱ تا ۳۳ کتاب درسی

## تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در سامانه‌های شامل بار

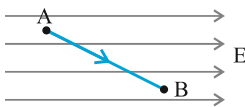
- مثال: اگر فاصله‌ی دو بار الکتریکی کم یا زیاد شود انرژی پتانسیل الکتریکی سامانه‌ی متشکل از دو بار چگونه تغییر خواهد کرد؟
- پاسخ: اگر برای دور یا نزدیک کردن دو بار انرژی مصرف کنیم انرژی پتانسیل افزایش می‌یابد (نزدیک کردن دو بار همانم یا دور کردن دو بار ناهمنام). اگر دور یا نزدیک شدن‌شان خودبه‌خود اتفاق بیفتد، انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد (دور شدن دو بار همانم یا نزدیک شدن دو بار ناهمنام)

اگر یک بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی جابه‌جا شود تغییر انرژی پتانسیل آن چگونه خواهد بود؟  
برای پاسخ شاید راحت‌تر این باشد که برای خطوط میدان دو صفحه‌ی رسانای باردار ناهمنام موازی مانند شکل رسم کنیم. بدیهی است جهت میدان از صفحه مثبت به صفحه منفی است.  
اگر بار الکتریکی به طرف صفحه‌ی ناهمنامش جابه‌جا شود (تمایل خود به خودی بار) انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد اگر به طرف صفحه‌ی همنامش جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد.

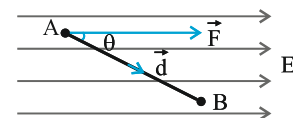


## کار میدان الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل

روش محاسبه‌ی کار میدان الکتریکی: برای محاسبه‌ی کار میدان الکتریکی بر روی بار مثبت  $q$  در جابه‌جایی از  $A$  تا  $B$  (مطابق شکل) به صورت زیر عمل می‌کنیم:



۱. در ابتدای مسیر (نقطه‌ی  $A$ ) دو بردار نیروی وارد بر بار  $q$  ( $F$ ) و جابه‌جایی ( $\vec{d}$ ) را مشخص می‌کنیم تا  $\theta$  (زاویه‌ی بین  $\vec{F}$  و  $\vec{d}$ ) به دست آید.



۲. از ترکیب دو رابطه  $F = E|q|$  و  $W_E = Fd \cos \theta$ ، رابطه‌ی کار میدان به صورت زیر، به دست می‌آید:

$$W_E = E|q|d \cos \theta$$

● تذکر: بدیهی است که اگر  $q$  مثبت باشد،  $F$  در جهت  $E$  و اگر منفی باشد،  $F$  در خلاف جهت  $E$  رسم خواهد شد.

## نتایج:

۱. اگر  $\theta = 90^\circ \rightarrow W_E = 0$ ، یعنی جابه‌جایی عمود بر میدان باشد،

۲. اگر  $\theta$  زاویه‌ی تند باشد ( $\theta < 90^\circ$ ) آنگاه  $W_E$  مثبت است ( $W_E > 0$ )

۳. اگر  $\theta$  زاویه‌ی باز باشد ( $\theta > 90^\circ$ ) آنگاه  $W_E$  منفی است ( $W_E < 0$ )

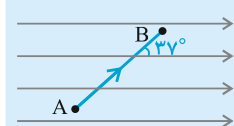
● تذکر: در حالت زاویه‌ی باز از تساوی  $\cos \theta = -\cos(\pi - \theta)$  استفاده می‌کنیم.

## تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی

طبق تعریف، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر منفی کار میدان الکتریکی بر روی بار  $q$  در یک جابه‌جایی معین است، بنابراین داریم:

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

برای محاسبه کافی است  $W_E$  را طبق روشی که در بالا توضیح دادیم، محاسبه کنیم و در یک منفی ضرب نماییم.

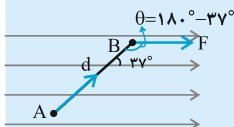


● مثال: مطابق شکل بار الکتریکی  $q = -5 \mu\text{C}$  را در میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 8 \times 10^4 \text{ N/C}$  از نقطه‌ی  $A$  تا  $B$  جابه‌جا می‌کنیم ( $AB = 50 \text{ cm}$ )، کار میدان الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل بار را تعیین کنید.

● پاسخ: برای حل به ترتیب چنین عمل می‌کنیم:

۱. در نقطه‌ی  $A$  بردارهای  $\vec{F}$  و  $\vec{d}$  را رسم می‌کنیم تا  $\theta = 180^\circ - 37^\circ$  به دست آید.

۲. مقادیر را در رابطه‌ی  $W_E = E|q|d \cos \theta$  قرار می‌دهیم. (ابعاد در SI جایگزین می‌شوند.)



$$E = 8 \times 10^4 \text{ N/C}, |q| = 5 \mu\text{C}, d = 0.5 \text{ m}, \theta = 180^\circ - 37^\circ$$

$$W_E = E|q|d \cos \theta = 8 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.5 \times \cos(180^\circ - 37^\circ) = -0.16 \text{ J}$$

$$\Delta U_E = -W_E = -(-0.16) = +0.16 \text{ J}$$

حال داریم:

● تذکر: برای پرهیز از اشتباه بهتر است، ابتدا  $W_E$  را بیابیم سپس از رابطه‌ی  $\Delta U_E = -W_E$ ، حاصل را قرینه کنیم.