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.

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

- **تذکر ۲:** جسمی که الکترون‌خواه‌تر است، الکترون دریافت می‌کند جدول الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک) برخی اجسام از بالا به پایین به ترتیب افزایش الکترون‌خواهی مرتب شده‌اند. (جدول ۱-۱ کتاب درسی)

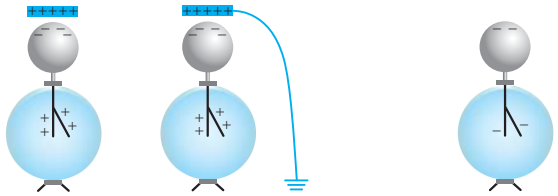
الکتروسکوپ: در پرسش‌های مربوط به الکتروسکوپ معمولاً ۳ کاربرد آن پرسیده می‌شود. در ابتدا روش باردار کردن آن را بیان می‌کنیم. فرض کنیم می‌خواهیم به الکتروسکوپ بار منفی بدهیم.

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 می شود.

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.

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.


(۱) (۲) (۳)

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 و الکتروسکوپ یکسان است. اما اگر ورقه‌ها پیوسته جمع شوند و یا ابتدا بسته و سپس 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 می دهیم. اگر بار الکتروسکوپ خنثی شود، جسم مورد نظر رسانا است و اگر تغییری در ورقه‌های الکتروسکوپ ایجاد نشود، جسم نارسانا می باشد.

پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

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

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

- **تذکر:** بار الکتریکی هر جسم مضرب درستی از بار بنیادی (بار الکترون) است که از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$q = \pm ne \qquad n = ۰,۱,۲,...$$

$$e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

بارالکتریکی، پایستگی و کوانتیده بودن بارالکتریکی صفحه‌های ۲ تا ۵

پرسش‌ها

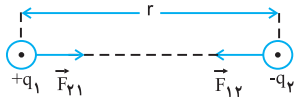
	مرجع
۱. جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید. آ) وقتی دو جسم با یکدیگر مالش داده می‌شوند، معمولاً هر دوی آن‌ها دارای ..... می‌شوند. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۲ ب) اگر جمع جبری بارهای جسم صفر باشد آن جسم ..... است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۲ پ) وقتی میله‌ی شیشه‌ای با پارچه‌ی ابریشمی مالش داده شود، در میله بار ..... ایجاد می‌شود. مرتبط با شکل ۱-۴ صفحه‌ی ۲ 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 ث) یکای بار الکتریکی در SI ..... است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۲ ج) وقتی میله‌ی با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، بار کلاهک آن ..... و بار ورقه‌ها ..... می‌شود. مرتبط با شکل ۱-۵ صفحه‌ی ۳ ح) طبق اصل پایستگی بار، مجموع جبری همه‌ی بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ..... است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۲ خ) بار الکتریکی با هر مقداری ظاهر ..... مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۴	
۲. آ) چگونه توسط یک الکتروسکوپ نوع بار یک میله‌ی باردار را تشخیص دهیم؟ مکمل و مشابه پرسش ۱ صفحه‌ی ۴۱ ب) چگونه توسط یک الکتروسکوپ رسانا یا عایق بودن یک میله را تشخیص دهیم؟ مکمل و مشابه پرسش ۱ صفحه‌ی ۴۱	
۳. جسمی را از فاصله‌ی دور تا نزدیکی کلاهک الکتروسکوپی 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	**کرج**- شهید سلطانی- ۹۵ (۳ بار تکرار)

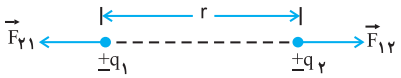
مسائل

	مرجع
۴. یک میله‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار میله‌ی شیشه‌ای $+۱۱/۲nc$ می‌شود. آ) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه‌ی ابریشمی چه‌قدر است؟ مکمل و مشابه مسئله ۲ صفحه‌ی ۴۱ ب) تعداد الکترون‌های منتقل شده از میله‌ی شیشه‌ای به پارچه‌ی ابریشمی را محاسبه کنید. $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$	
۵. آ) چند الکترون یک جسم خنثی انتقال یابد تا بار الکتریکی به اندازه‌ی $۶/۴nc$ در آن ایجاد شود؟ $e = -۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ مکمل و مشابه مثال ۱-۱ صفحه‌ی ۵ ب) عدد اتمی قلع $z = ۵۰$ است. بار الکتریکی هسته‌ی اتم قلع چقدر است؟ اتم قلع چه مقدار بار منفی دارد؟ بار الکتریکی اتم قلع چقدر است؟ $e = -۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ مکمل و مشابه با تمرین ۱-۱ صفحه‌ی ۵	
۶. بار الکتریکی اتم و هسته‌ی کربن $(_{۶}^{۱۲}C)$ دوبار یونیده (C^{++}) را محاسبه کنید. $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$ مکمل و مشابه مسئله ۳ صفحه‌ی ۴۱	

قانون کولن: صفحه‌های ۵ تا ۱۰ کتاب درسی

قانون کولن: نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی بین دو ذره‌ی باردار q_1 و q_2 که در فاصله‌ی r از یکدیگر قرار دارند، با حاصل‌ضرب بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله‌ی 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.

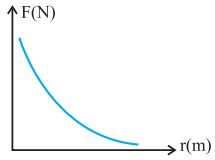
$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1} \rightarrow F_{1,2} = F_{2,1}$$

طبق قانون کولن برای محاسبه‌ی بزرگی نیرویی که دو ذره‌ی 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.

ثابت کولن $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \xrightarrow{\varepsilon_0 = 8/85\times10^{-12}\ \frac{C^2}{N.m^2}} k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}$



در رابطه‌ی فوق ε_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 ۴ عامل q_1 یا q_2 یا r و 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 به‌هم 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 می کنیم.

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 $F' = \frac{k|q_1'||q_1'|}{r'^2}$ به نیروی آن‌ها به هم قبل از تماس یعنی $F = \frac{k|q_1||q_1|}{r^2}$

رابطه‌ی زیر را می‌نویسیم $\frac{F'}{F} = \frac{|q_1'||q_2'|}{|q_1||q_1|}\times(\frac{r}{r'})^2$.

● **مثال:** دو کره‌ی رسانای مشابه با بارهای ناهمنام $-q$ و $5q$ در فاصله‌ی 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 :

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} \xrightarrow{q_1=-q, q_2=5q} q_1' = q_2' = \frac{-q+5q}{2} \rightarrow q_1' = q_2' = 2q$$

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

$$\frac{F'}{F}=\frac{|q_1'||q_2'|}{|q_1||q_1|}\times(\frac{r}{r'})^2 \xrightarrow[|q_1'|=|q_2'|=2q,\,r=r']{|q_1|=q,\,|q_2|=5q} \frac{F'}{F}=\frac{2q\times 2q}{q\times 5q}\times 1 \rightarrow \frac{F'}{F}=\frac{4}{5}$$

● **تذکر:** 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:

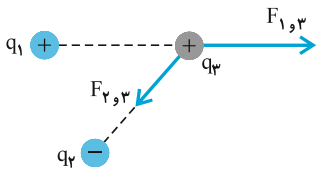
مرحله‌ی اول: بردار نیرویی که از طرف هر یک از بارها بر بار هدف وارد می‌شود را رسم می‌کنیم، برای رسم، توجه به چهار نکته‌ی زیر مهم است:

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.

مرحله‌ی 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.)

مرحله‌ی 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 xها باشد به صورت $F_T\vec{i}$ و اگر خلاف جهت xها 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: $\vec{F}_t=\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3+...$ 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.

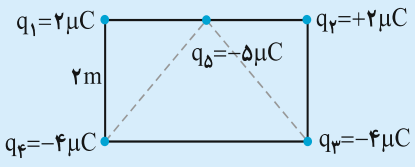
کاربرد این تیپ مسئله بیش‌تر در بحث میدان الکتریکی است که رفتار حل در هر دو حالت یکسان است. در این‌جا فقط به این چهار نکته اکتفا می‌کنیم:

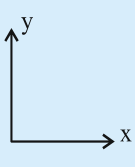
۱. هنگامی برایند نیروهای وارد بر باری صفر است که نیروی وارد از طرف دو بار دیگر هم‌اندازه و ناهمسو باشند.

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.

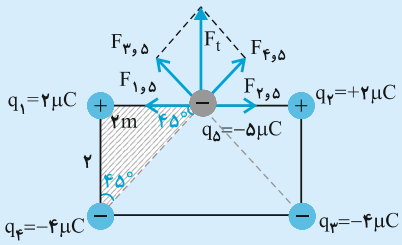
۳. با رسم بردارهای دو نیرو که ناهم‌سو هستند اندازه‌های آن‌ها دو را مساوی قرار می‌دهیم.

● **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 مرحله‌ی اول و با توجه به علامت بارها، بردار نیروی وارد از طرف چهار ذره‌ی 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 ($F_{2,5}$ ، $F_{1,5}$) یکسان است و چون ناهمسو هستند برایند آن‌ها صفر است. ($F_{2,5}$ ، $F_{1,5}$ دو نیروی) = ۰

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:

$$F_{3,5}=F_{4,5}=\frac{k|q_4||q_5|}{r_{4,5}^2}=\frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times5\times10^{-6}}{8}=2/25\times10^{-2}\ N$$

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

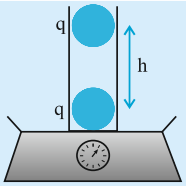
$$F_t=\sqrt{F_{3,5}^2+F_{4,5}^2}\rightarrow F_t=2/25\sqrt{2}\times10^{-2}N\rightarrow \vec{F_t}=2/25\sqrt{2}\times10^{-2}\vec{j}$$

تعادل ذره‌های باردار با در نظر گرفتن نیروی گرانش

در این گونه مسائل نیروی کولنی بین بارها و وزن آن‌ها به گونه‌ای است که برایند 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.

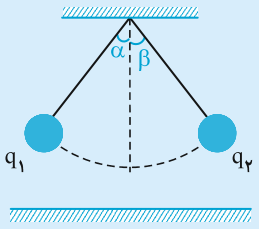
$$F_t=0\rightarrow F=mg\rightarrow\frac{kq^2}{h^2}=mg\rightarrow h=q\sqrt{\frac{k}{mg}}$$

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؟) عدد نیروسنج $=2mg+Mg=(2m+M)g$=

حالت ۲: آونگ الکتریکی در حال تعادل

در مسائل مربوط به آونگ‌ها، اغلب دو گلوله‌ی باردار هم جرم 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 α و β 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.

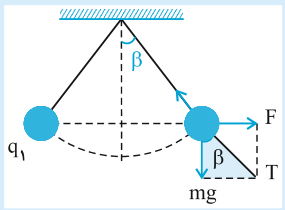
ت) تانژانت زاویه‌ی انحراف (α یا β) را برای این‌که گلوله‌ها در تعادل باشند به دست آورید.

ث) نیروی کشش نخ را به دست آورید.

● **پاسخ:** آ) چون گلوله‌ها هم جرم هستند و نخ‌ها هم‌طول، 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 هم‌علامت‌اند.

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

۷. جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید و یا از داخل پرانتز عبارت مناسب را انتخاب کنید.

آ) نیروی الکتریکی میان دو بار الکتریکی ... دافعه است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۵

ب) اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو بار، با حاصل ضرب ... نسبت ... دارد. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶

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

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

ث) نیروی الکتریکی که دو ذره‌ی باردار بر یک‌دیگر وارد می‌کنند ... و در جهت مخالف یک‌دیگرند. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶

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

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

ح) اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو ذره‌ی باردار به علامت بارها بستگی (دارد- ندارد). مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶

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

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

مرجع

آ) نهایی تجربی- خرداد ۹۴ (۸ بار تکرار)
ب) نهایی تجربی- دی ۹۰ (۱۰ بار تکرار)
پ) نهایی تجربی- خرداد ۸۸ (۷ بار تکرار)
ت) نهایی تجربی- خرداد ۸۷ (۱۲ بار تکرار)
ث) نهایی تجربی- شهریور و خرداد ۸۵ (۱۱ بار تکرار)
ج) نهایی تجربی- خرداد، دی و شهریور ۸۴ (۶ بار تکرار)
چ) نهایی ریاضی- دی ۸۸ (۹ بار تکرار)
ح) نهایی تجربی- دی ۹۱ (۴ بار تکرار)
خ) نهایی تجربی- شهریور ۹۵ (۶ بار تکرار)
د) نهایی تجربی- دی و شهریور ۸۵ (۷ بار تکرار)
ذ) نهایی ریاضی- خرداد ۹۵ (۸ بار تکرار)

مسائل

۸. دو ذره با بارهای $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = 5\mu C$ در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری از یک‌دیگر ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی که دو ذره به یک‌دیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ $k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ مرتبط با رابطه‌ی ۱-۲ صفحه‌ی ۶

مرجع: نهایی تجربی- شهریور ۸۹ (۸ بار تکرار)

مرجع	
نهایی تجربی- دی ۸۹	**۹.** دو ذره با بارهای q_1 و $q_2 = 5q_1$ در فاصله‌ی ۳ سانتی‌متر از یک‌دیگر ثابت شده‌اند. اندازه‌ی نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند، برابر ۵۰N است. اندازه‌ی q_1 و q_2 را حساب کنید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$
(۶ بار تکرار)	مرتبط با رابطه‌ی ۱-۲ صفحه‌ی ۶
	۱۰. دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای $q_1 = -10nc$ و $q_2 = 4nc$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصله‌ی $r = 0/3m$ از هم دور می‌کنیم:
	مکمل و مشابه مسئله ۴ صفحه‌ی ۴۱
	آ) نیروی بر هم کنش الکتریکی بین دو گوی را حساب کنید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$
	ب) این نیرو رانشی است یا ربایشی؟
تهران- سما ۹۱	**۱۱.** دو کره‌ی رسانای مشابه با بارهای q و ۵q در فاصله r به هم نیروی F 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؟
(۶ بار تکرار)	مکمل و مرتبط با مسئله‌ی ۴ صفحه‌ی ۴۱

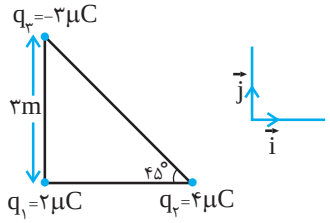
برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی هم‌راستا صفحه‌های ۸ و ۹

مسائل	مرجع
	نهایی تجربی- خرداد ۹۶
	۱۲. مطابق شکل، دو ذره با بارهای $q_1 = 3\times10^{-6}\ C$ و $q_2 = -2\times10^{-6}\ C$ در فاصله‌ی $0/2m$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی برایند وارد بر بار $q_3 = -2\times10^{-6}\ C$ را که در نقطه‌ی M وسط خط واصل دو ذره قرار گرفته است، بر حسب بردار یکه‌ی $\vec{i}$ بنویسید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$
(۷ بار تکرار)	مکمل و مشابه مسئله ۶ صفحه‌ی ۴۱
نهایی تجربی- دی ۸۷	**۱۳.** مطابق شکل زیر، سه ذره با بارهای الکتریکی $q_1 = +2/5\mu C$ و $q_2 = -1\mu C$ و $q_3 = +4\mu C$ در نقطه‌های A ، B و C ثابت شده‌اند. برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 را برحسب بردار یکه‌ی $\vec{i}$ بنویسید و بزرگی آن را به‌دست آورید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}, BC = 2cm, AC = 6cm)$
(۷ بار تکرار)	مکمل و مشابه مثال ۱-۳ صفحه‌ی ۹
نهایی ریاضی- شهریور ۸۴	**۱۴.** مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی مثبت q_1 و q_2 در فاصله‌ی ۶۰ سانتی‌متر از هم قرار دارند. با محاسبه و رسم شکل نشان دهید بار الکتریکی q_3 را در چه فاصله‌ای از بار الکتریکی q_1 قرار دهیم تا در حالت تعادل قرار گیرد؟
	مکمل و مشابه مثال ۱-۳ صفحه‌ی ۹
(۶ بار تکرار)	$q_1=+2\mu C$ $\quad$ $q_2=+8\mu C$
تهران- ممتاز حنان- ۹۵	**۱۵.** دو بار الکتریکی $q_1 = -3\mu C$ و $q_2 = 27\mu C$ در فاصله‌ی ۰/۵ متری از هم ثابت شده‌اند. مکان بار q_3 را طوری تعیین کنید که در حالت تعادل بماند.
(۷ بار تکرار)	مکمل و مشابه مثال ۱-۳ صفحه‌ی ۹
بیرجند- نمونه تربیت- ۹۱	**۱۶.** نیرویی که بار q_A بر q_B وارد می‌کند برابر $4/5\times10^{-3}$ نیوتون و برایند نیروهای وارد بر بار q_B برابر $67/5\times10^{-3}$ نیوتون است. نوع و اندازه‌ی بار q_C را حساب کنید. (برایند نیروهای وارد بر q_B به طرف راست است.)
(۲ بار تکرار)	مکمل و مشابه مثال ۱-۳ صفحه‌ی ۹

برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی ناهم‌راستا صفحه‌های ۸ تا ۱۰

مسائل | مرجع

۱۷. سه ذره‌ی 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؟



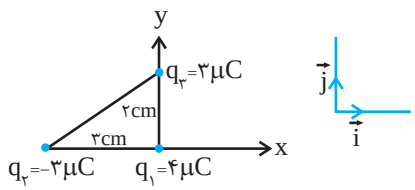
نهایی ریاضی- خرداد ۹۶

مکمل و مشابه مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰

(۶ بار تکرار)

۱۸. مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. برآیند نیروهای وارد بر بار $q_۱$ را برحسب بردارهای یکه‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.

$$(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$$



نهایی تجربی- خرداد ۹۵

مکمل و مشابه مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰

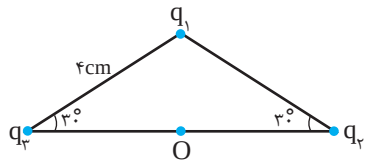
(۸ بار تکرار)

۱۹. سه بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = +۴\mu C$ ، $q_۲ = -۶\mu C$ و $q_۳ = +۶\mu C$ مطابق شکل زیر در سه رأس یک مثلث متساوی‌الساقین ثابت شده‌اند. $(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$

آ) نیروی وارد بر بار $q_۴ = +۱\mu C$ واقع در نقطه‌ی O در وسط خط واصل دو بار را برحسب بردارهای یکه بنویسید.

ب) جهت این بردار را در نقطه‌ی O رسم کنید.

مکمل و مشابه مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰

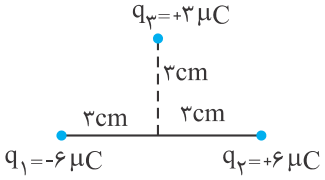


تهران- شهید باهنر- ۹۵

(۴ بار تکرار)

۲۰. در شکل زیر اندازه و جهت نیروی وارد بر بار $q_۳$ را برحسب بردارهای یکه به دست آورید.

$$(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$$

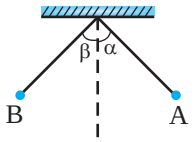
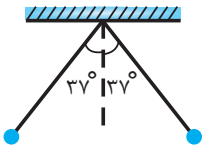


ملایر- حاج محمد ملایری- ۹۱

مکمل و مشابه مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰

(۳ بار تکرار)

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

مسائل	مرجع
۲۱. مانند شکل، دو گلوله با بارهای هم‌نام و مساوی هر کدام به جرم ۱۰ گرم را در یک لوله شیشه‌ای قائم با بدنه‌ی نارسانا و بدون اصطکاک رها می‌کنیم. اگر در حالت تعادل گلوله‌ها در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری از هم قرار بگیرند، بار الکتریکی هر گلوله را محاسبه کنید. $(g = ۱۰\frac{N}{kg}, k = ۹\times ۱۰^{۹}\frac{N.m^{۲}}{C^{۲}})$ مکمل و مشابه مسئله ۷ صفحه‌ی ۴۱	**تهران**- مهدیون- ۹۵ (۶ بار تکرار)
۲۲. در شکل زیر گلوله‌های باردار از دو نخ با طول‌های مساوی آویزان هستند و زاویه‌ی انحراف آن‌ها از راستای قائم برابر α و β 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؟  ۱) $F_B = F_A , \beta = \alpha$ ۲) $F_A = F_B , \beta < \alpha$ ۳) $F_A > F_B , \alpha = \beta$ ۴) $F_B > F_A , \alpha > \beta$ مکمل و مرتبط با مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰	**اصفهان**- ۲۲ بهمن- ۹۵ (۲ بار تکرار)
۲۳. دو آونگ الکتریکی کاملاً مشابه از یک نقطه آویزان شده‌اند و طول نخ هر یک از آونگ‌ها $5cm$ می‌باشد. هرگاه به دو گلوله‌ی آونگ بارهای مساوی و هم نام داده شود و جرم هر یک از گلوله‌ها برابر $30g$ باشد، نخ‌ها به اندازه ۳۷ درجه از راستای قائم خارج می‌شوند اندازه بار هر یک از دو گلوله‌ی آونگ را حساب کنید. $(\cos ۳۷ = ۰/۸ , \sin ۳۷ = ۰/۶)$  مکمل و مرتبط با مثال ۱-۴ صفحه‌ی ۱۰	**بجنورد**- نمونه دولتی نرجس- ۹۱ (۲ بار تکرار)

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 براساس 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 به‌دست 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 آزمونی $(+q_0)$ است که به طور فرضی در آن نقطه می‌گذاریم.

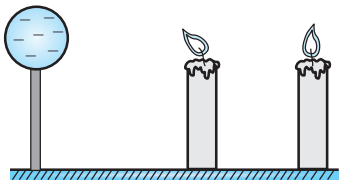
محاسبه‌ی میدان الکتریکی یا نیروی وارد بر بار الکتریکی در میدان الکتریکی: در این حالت یکی از سه عامل F، q_0 و E مجهول است که با استفاده از رابطه‌ی $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q_0}$ قابل حل هستند. در این رابطه، q_0 باری است که در معرض میدان $\vec{E}$ قرار دارد.

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) 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	آ) **اردبیل**- سماء- ۹۱ (۷ بار تکرار)
ب) جهت بردار میدان الکتریکی در هر نقطه هم‌جهت با نیروی وارد بر ... واقع در آن نقطه‌اند. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۲	ب) نهایی تجربی- دی و خرداد ۸۷ (۸ 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. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۲	پ) نهایی تجربی- دی ۹۳ (۷ بار تکرار)
ت) با دور شدن از یک بار الکتریکی، اندازه‌ی میدان الکتریکی حاصل از آن ... می‌یابد. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۲	ت) نهایی تجربی- خرداد ۹۴ (۶ بار تکرار)
ث) نیروی وارد بر یکای بار مثبت را در هر نقطه، ... می‌نامیم. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۱	ث) **اصفهان**- ۲۲ بهمن- ۹۵ (۶ بار تکرار)
ج) یکای میدان الکتریکی در SI، $(\frac{N}{C}$ و $\frac{N}{m})$ است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۱	ج) **تهران**- مهدیون- ۹۵ (۵ 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	چ) **شهرکرد**- یونسی- ۹۵ (۷ بار تکرار)

۲۵. در شکل زیر، دو شمع، یکی در فاصله‌ی نزدیک و دیگری در فاصله‌ای دور از کلاهک یک مولد وان‌دوگراف 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 $q_0 = +3\,nC$ نیروی $F = 9\times10^{-4}\,N$ وارد می‌شود.

مکمل و مشابه مثال ۱-۵ صفحه‌ی ۱۱

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

۲) اگر بار $+9\,\mu C$ را به‌جای q_0 قرار دهیم. چه نیرویی به آن وارد می‌شود؟

ب) در چه فاصله‌ای از پروتون هسته، بزرگی میدان الکتریکی برابر $9\times10^{3}\,\frac{N}{C}$ است؟ $(q_p = 1/6\times10^{-19}\,C)$

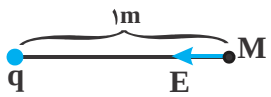
مکمل و مشابه تمرین ۱-۴ صفحه‌ی ۱۴

۲۷. آ) در شکل زیر و در نقطه‌ی M، $E_M = 4500\,\frac{N}{C}$ است. اگر بار الکتریکی $2\,\mu C$ را در نقطه‌ی M قرار دهیم، بزرگی نیروی وارد بر آن چند نیوتون است؟ $(k = 9\times10^{9}\,\frac{N.m^2}{C^2})$

آ) نهایی ریاضی- دی ۸۶ (۳ بار تکرار)

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

مکمل و مشابه مثال ۱-۵ صفحه‌ی ۱۱



ب) بر بار الکتریکی $+2\,\mu C$ در یک نقطه از میدان الکتریکی، نیرویی برابر $5\times10^{-2}\,N$ وارد می‌شود. اندازه‌ی میدان الکتریکی را در این نقطه محاسبه کنید.

مکمل و مشابه مثال ۱-۵ صفحه‌ی ۱۱

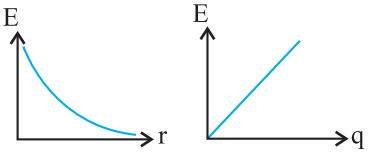
میدان الکتریکی حاصل از یک ذره‌ی باردار: صفحه‌های ۱۲ تا ۱۷ کتاب درسی

برای محاسبه‌ی بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذره‌ی 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.



● **تذکر:** 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 برایند به‌ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

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

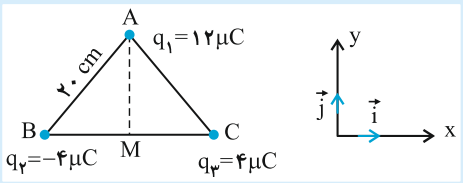
۲. بردار میدان حاصل هر ذره را (مستقل از بقیه) در آن نقطه رسم می‌کنیم (جهت میدان همان جهت نیروی وارد بر بار مثبت فرضی در آن نقطه است.

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 برحسب بردارهای یکه‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ می‌نویسیم. اگر میدان‌ها در جهت محور xها یا yها باشند به صورت $\vec{E}_i$ و $\vec{E}_j$ و اگر خلاف جهت آن‌ها باشند به صورت $-\vec{E}_i$ یا $-\vec{E}_j$ نوشته می‌شود.

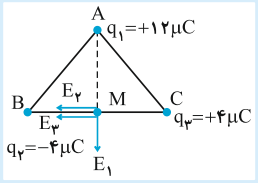
۴. با استفاده از رابطه‌ی $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$ برایند میدان‌ها را بر حسب بردارهای یکه‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ به دست می‌آوریم.

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 ۲۰ cm ثابت شده‌اند. برایند میدان الکتریکی را در نقطه‌ی M وسط ضلع BC بر حسب بردارهای یکه بنویسید. و اندازه‌ی آن را به‌دست آورید. $(k = 9\times10^9 \frac{N\cdot m^2}{C^2})$



● **پاسخ:** نقطه‌ی M وسط ضلع BC است و فاصله‌ی بارهای q_2 و q_3 تا نقطه‌ی M یکسان و برابر ۱۰ سانتی‌متر است و فاصله بار q_1 تا نقطه‌ی M طبق رابطه‌ی فیثاغورس $(AM^2 = 20^2 - 10^2 = 300 cm^2)$، $10\sqrt{3}$ 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 هم‌جهت هستند، با هم جمع می‌شوند.

$$E_2 = E_3 = k\frac{|q_2|}{r^2} \xrightarrow[r=10\times10^{-2}]{|q_2|=4\times10^{-6}C} E_2 = E_3 = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-6}}{100\times10^{-4}} \rightarrow E_2 = E_3 = 36\times10^5 \frac{N}{C}$$

برایند $E_{2,3} = 2E_2 = 72\times10^5 \frac{N}{C}$

$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r^2} \xrightarrow[r=10\sqrt{3}\times10^{-2}m]{|q_1|=12\times10^{-6}C} E_1 = 9\times10^9 \times \frac{12\times10^{-6}}{300\times10^{-4}} \rightarrow E_1 = 36\times10^5 \frac{N}{C}$$

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

$$\vec{E}_1 = -(3\times10^5)\vec{j} \quad و \quad \vec{E}_{2,3} = -(72\times10^5)\vec{i}$$

ت) میدان الکتریکی برایند برابر است با:

$$\vec{E} = \vec{E}_{2,3} + \vec{E}_1 = (-72\vec{i} - 36\vec{j})\times10^5 \frac{N}{C} \Rightarrow |\vec{E}| = \sqrt{(-72)^2 + (-36)^2}\times10^5 \rightarrow E = 36\sqrt{5}\times10^5 \frac{N}{C}$$

تعیین نقطه‌ای روی خط واصل دو ذره‌ی باردار که میدان برایند 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.

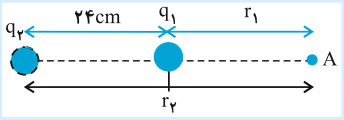
در هر دو حالت باید اندازه‌ی میدان‌ها در آن نقطه برابر و در خلاف جهت هم باشند، یعنی:

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

● **تذکر:** 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 برایند 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):

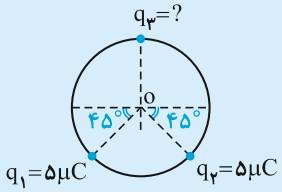


مطابق روش فوق باید:

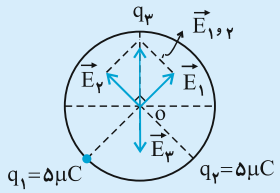
$$E_1 = E_2 \rightarrow k\frac{q_1}{r_1^2} = k\frac{q_2}{r_2^2} \xrightarrow[q_1=2\,\mu C, q_2=18\mu C]{r_1=r_2-24} \frac{2}{(r_2-24)^2} = \frac{18}{r_2^2} \rightarrow \frac{1}{r_2-24} = \frac{3}{r_2} \rightarrow r_2 = 36\ cm$$

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 برایند 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 برایند 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 برایند میدان‌های q_1 و q_2 باشد، می‌توان نوشت:

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

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

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

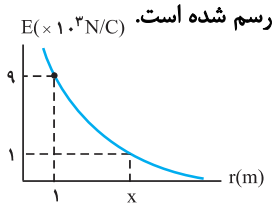
برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی هم‌راستا صفحه‌های ۱۴ تا ۱۶

مسائل	مرجع

۲۸. اندازه‌ی میدان الکتریکی ناشی از هسته‌ی اتم روی با عدد اتمی ۳۰ و به فاصله‌ی $10^{-10}\,m$ از مرکز هسته را حساب کنید. $(k=9\times10^{9}\frac{N.m^2}{C^2}\ ,\ e=1/6\times10^{-19}C)$

مکمل و مشابه مسئله ۸ صفحه‌ی ۴۱

۲۹. در شکل زیر، نمودار میدان الکتریکی بر حسب فاصله برای یک ذره‌ی باردار رسم شده است.



آ) با توجه به نمودار، مقدار x را به دست آورید. $(k=9\times10^{9}\frac{N.m^2}{C^2})$

ب) اندازه‌ی بار ذره را حساب کنید.

مکمل و مرتبط با مثال ۱-۶ صفحه‌ی ۱۵

۳۰. دو بار نقطه‌ای $q_1=+4\mu C$ و $q_2=-6\mu C$ 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 به‌دست آورید.

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

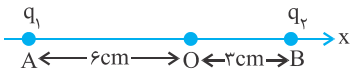
مکمل و مشابه مثال ۱-۷ صفحه‌ی ۱۳

نهایی ریاضی- شهریور ۹۵ (۶ بار تکرار)

۳۱. دو ذره با بارهای الکتریکی $q_1=+4\mu C$ و $q_2=+2\mu C$ در نقطه‌های A و B روی محور x مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند.

آ) میدان الکتریکی برایند در نقطه‌ی O مبدأ مختصات را، (در SI) محاسبه کنید و آن را برحسب بردارهای یکه بنویسید.

ب) اگر در نقطه‌ی O ذره‌ای با بار الکتریکی، $-5\mu C$ قرار دهیم، نیروی الکتریکی وارد بر ذره را (در SI) بر حسب بردارهای یکه محاسبه کنید. $(k=9\times10^{9}\frac{N.m^2}{C^2})$



مکمل و مشابه مثال ۱-۷ صفحه‌ی ۱۵

نهایی ریاضی- خرداد ۹۴ (۷ بار تکرار)

۳۲. مطابق شکل دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1=-q_2=3\mu C$ در فاصله‌ی $7\,cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند.

بزرگی میدان الکتریکی برایند را در نقطه‌ی A به فاصله‌ی $3\,cm$ از بار q_2 برحسب بردارهای یکه محاسبه و بردار برایند را رسم کنید. $(k=9\times10^{9}\frac{N.m^2}{C^2})$

مکمل و مشابه مثال ۱-۷ صفحه‌ی ۱۵

شهرکرد- رئیسی- ۹۵ (۸ بار تکرار)

۳۳. دو بار نقطه‌ای $q_1=1\mu C$ و $q_2=4\mu C$ بر روی خط راستی به فاصله‌ی ۹ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند. در چه فاصله‌ای از بار q_1 برآیند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار صفر می‌شود؟

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

مکمل و مشابه مسئله ۱۰ صفحه‌ی ۴۱

نهایی ریاضی- خرداد ۹۵ (۸ بار تکرار)

مرجع	
نهایی ریاضی – خرداد ۹۳	**۳۴.** میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای $q_1 = +2\mu C$ و $q_2 = +32\mu C$ در فاصله‌ی ۱۶ سانتی‌متری از بار q_2 صفر می‌باشد. فاصله‌ی دو بار الکتریکی از یک‌دیگر چند سانتی‌متر است؟
(۶ بار تکرار)	مکمل و مشابه مسئله ۱۵ صفحه‌ی ۴۲
مرند- استعدادهای درخشان علامه جعفری- ۹۱	**۳۵.** در شکل مقابل برایند میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای q_1, q_2 در نقطه‌ی O (وسط پاره‌خط AB) برابر E است. اگر بار q_1 را به نقطه‌ی C (وسط AO) انتقال دهیم، برایند میدان‌ها در نقطه‌ی O برابر $1/6E$ می‌شود، نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ را محاسبه کنید.
(۳ بار تکرار)	مکمل و مشابه مسئله ۱۵ صفحه‌ی ۴۲

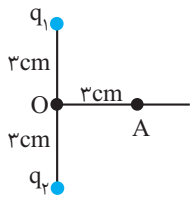
برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی ناهم‌راستا صفحه‌های ۱۴ تا ۱۶

مسائل

مرجع	
نهایی ریاضی – خرداد ۹۰	**۳۶.** دو ذره‌ی باردار $q_A = 4\mu C$ و $q_B = -4\mu C$ 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 برایند را در نقطه‌ی O بر حسب بردارهای یکه‌ی $\vec{i}$, $\vec{j}$ بنویسید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$
(۷ بار تکرار)	مکمل و مشابه مثال ۱-۸ صفحه‌ی ۱۶
خرم‌آباد- هوشمند فرزانگان- ۹۵	**۳۷.** آ) بردار برآیند میدان‌های الکتریکی در نقطه‌ی A را برحسب بردارهای یکه $\vec{i}$, $\vec{j}$ پیدا کرده و اندازه‌ی آن را حساب کنید. ب) جهت میدان برآیند را پیدا کنید.
(۷ بار تکرار)	مکمل و مشابه مثال ۱-۸ صفحه‌ی ۱۶
نهایی تجربی- خرداد ۹۴	**۳۸.** مطابق شکل، دو ذره‌ی باردار q_1 و q_2 در فاصله‌ی ۰/۰۱m از یکدیگر قرار دارند. بردار میدان الکتریکی برایند را در نقطه‌ی A که فاصله‌ی آن از هر یک از بارها برابر ۰/۰۱m است، برحسب بردارهای یکه‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید. $k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$, $q_1 = q_2 = 2nC$, $\sin30 = \cos60 = \frac{1}{2}, \cos30 = \sin60 = \frac{\sqrt{3}}{2}$
(۷ بار تکرار)	مکمل و مشابه مثال ۱-۸ صفحه‌ی ۱۶
نهایی تجربی- دی ۹۵ با کمی تغییر	**۳۹.** آ) اگر در شکل مقابل، شعاع دایره ۱ متر و $q = 5nC$ باشد، میدان الکتریکی برآیند را در مرکز دایره برحسب بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ به‌دست آورید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$ ب) بزرگی میدان الکتریکی برایند را حساب کنید.
(۴ بار تکرار)	مکمل و مشابه مثال ۱-۸ صفحه‌ی ۱۶

مرجع

۴۰. مطابق شکل مقابل دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم نام $q_1 = q_2 = 5\mu C$ به فاصله‌ی ۶ سانتی‌متر از یک دیگر قرار دارند. اندازه‌ی برایند 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 رسم شکل تعیین کنید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

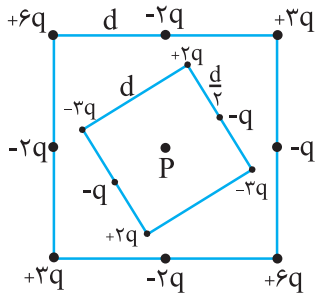


نهایی تجربی- خرداد ۹۱

(۳ بار تکرار)

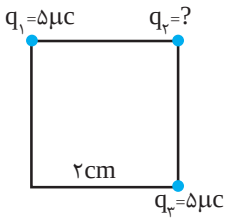
مکمل و مشابه مثال ۱-۸ صفحه‌ی ۱۶

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 $\frac{d}{2}$ 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 برایند میدان‌های الکتریکی حاصل از مجموعه‌ی بارها در نقطه‌ی P را تعیین کنید.



مکمل و مشابه مسئله ۱۲ صفحه‌ی ۴۲

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



تهران- مهدیون- ۹۵

(۲ بار تکرار)

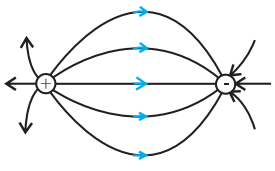
مکمل و مشابه مثال ۱-۸ صفحه‌ی ۱۶

خطوط میدان الکتریکی: صفحه‌های ۱۷ تا ۲۱ کتاب درسی

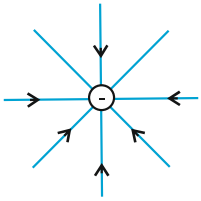
خطوط میدان الکتریکی: برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خط‌های جهت‌داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. سوال‌هایی که از خطوط میدان الکتریکی ذره‌ی باردار پرسیده می‌شود، عموماً رسم خطوط میدان برای ذره‌ی منفرد یا دو ذره‌ی مقابل هم (که ممکن است اندازه و علامت بارهای آن‌ها یکسان یا متفاوت باشد) است.

در شکل‌های زیر خط‌های میدان الکتریکی را در اطراف بارهای الکتریکی منفرد، دو بار الکتریکی نزدیک به‌هم و یک بار و یک صفحه‌ی رسانا مشاهده می‌کنید.

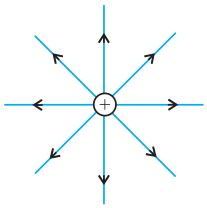
در تمام موارد الزاماً میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود.



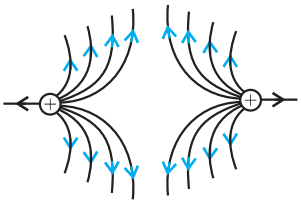
میدان الکتریکی اطراف دو بار هم‌انداز و ناهم‌نام (دو قطبی الکتریکی)



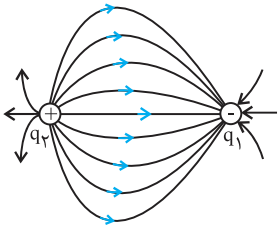
میدان الکتریکی اطراف یک بار منفی منفرد



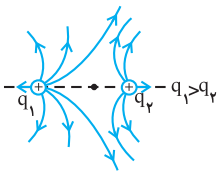
میدان الکتریکی اطراف یک بار مثبت منفرد



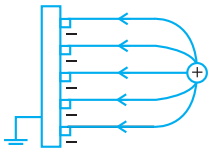
میدان الکتریکی اطراف دو بار مثبت هم‌اندازه



میدان الکتریکی اطراف دو بار ناهم‌نام نابرابر



میدان الکتریکی اطراف دو بار مثبت نابرابر



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

ویژگی‌های خط‌های میدان الکتریکی

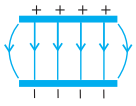
۱- خط‌های میدان در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار مثبت واقع در آن نقطه است. در نتیجه، جهت این خط‌ها از بار مثبت رو به خارج و برای بار منفی رو به داخل آن است.

۲- بردار میدان در هر نقطه، مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن هم‌جهت است.

۳- در هر ناحیه که میدان قوی‌تر باشد. خط‌های میدان متراکم‌ترند.

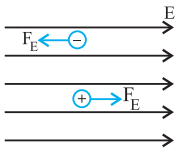
۴- خط‌های میدان هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند یعنی از هر نقطه فقط یک خط میدان می‌گذرد.

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



بزرگی این نیرو از رابطه‌ی $F = E|q|$ به دست می‌آید.

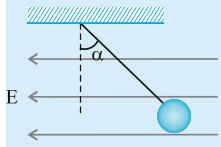
* جهت این نیرو برای بار مثبت در جهت میدان الکتریکی و برای بار منفی در خلاف جهت میدان است.

تعادل ذره‌های باردار با در نظر گرفتن نیروی گرانش

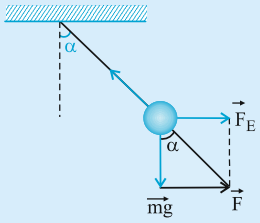
در یک سری از مسائل، یک بار الکتریکی منفرد و یا متصل به نخ در معرض میدان الکتریکی یکنواخت و به حال تعادل قرار دارد و مسئله، جرم یا بار ذره و یا زاویه‌ی انحراف نخ از راستای قائم را می‌خواهد.

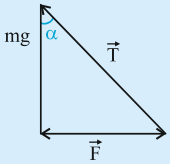
روش عمومی حل: برای حل ابتدا نیروهای وارد بر بار را رسم می‌کنیم، برای برقراری تعادل باید برایند نیروهای وارد بر گلوله صفر باشد.

● **مثال:** گلوله‌ای با بار $|q| = 2\mu C$ به جرم $5\ g$ مطابق شکل به نخی بسته شده است و در میدان الکتریکی $E = 2\times10^4$ در SI به حال تعادل قرار دارد، نوع بار و زاویه‌ی انحراف نخ از راستای قائم (α) را بیابید.



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





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

$$\tan\alpha = \frac{F}{mg} = \frac{Eq}{mg} \rightarrow \tan\alpha = \frac{2\times10^4 \times 2\times10^{-6}}{5\times10^{-3}\times10} = \frac{4}{5} = 0/8 \rightarrow \alpha = \tan^{-1}(0/8)$$

نمایش خطوط میدان الکتریکی صفحه‌های ۱۷ و ۱۸

پرسش‌ها

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 ۱-۱۸ صفحه‌ی ۱۸

چ) در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای ..... شروع و به بارهای ..... ختم می‌شوند.
مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸

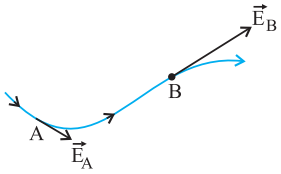
ح) به میدانی که خطوط آن راست، موازی و هم‌فاصله‌اند، میدان الکتریکی ..... گفته می‌شود.
مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۹

خ) در تولیدمثل برخی از گل‌ها، گرده‌ها به‌واسطه‌ی ..... منتقل می‌شوند.
مکمل و مرتبط با فعالیت ۱-۴ صفحه‌ی ۱۹

مرجع

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 ۱-۱۵ صفحه‌ی ۱۸

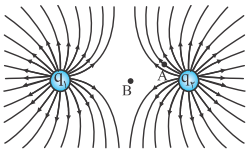


ب) اگر از فاصله‌ی بی‌نهایت دور تا فاصله بین دو بار ناهمنام نزدیک شویم، بزرگی میدان الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟
مرتبط با شکل ۱-۱۸ صفحه‌ی ۱۸

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

مرجع

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



آ) نوع بار الکتریکی q_1 را تعیین کنید.

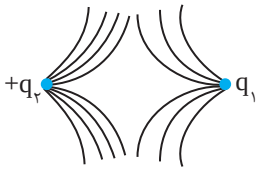
ب) اندازه‌ی این دو بار را با یکدیگر مقایسه کنید.

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

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه‌ی ۴۲

نهایی ریاضی- دی ۹۳ (۵ بار تکرار)

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



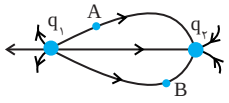
آ) اگر بار q_2 مثبت باشد، نوع بار و جهت خطوط میدان بار q_1 را مشخص کنید.

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

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه‌ی ۴۲

نهایی ریاضی- خرداد ۹۵ (۹ بار تکرار)

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

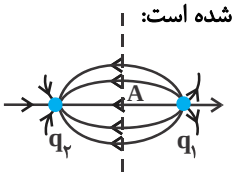


ب) جهت میدان الکتریکی برایند را در نقاط A و B رسم نمایید.

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۳ صفحه‌ی ۴۲

تهران- شهید باهنر- ۹۱ (۱۰ بار تکرار)

۴۸. در شکل مقابل خطهای میدان الکتریکی ناشی از دو ذره‌ی باردار q_1 و q_2 رسم شده است:



آ) نوع بار الکتریکی q_1 را تعیین کنید.

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۳ صفحه‌ی ۴۲

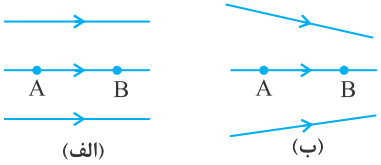
ب) اندازه‌ی بار الکتریکی دو ذره را با یک‌دیگر مقایسه کنید.

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۳ صفحه‌ی ۴۲

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

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۳ صفحه‌ی ۴۲

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 است؟ توضیح دهید.

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۸ صفحه‌ی ۴۳

آ) ب) پ) نهایی تجربی- شهریور ۹۰ و نهایی تجربی- دی ۹۰
ت) نهایی تجربی- دی ۹۳ (۳ بار تکرار)

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

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸

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

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه‌ی ۴۲

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

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه‌ی ۴۲

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

مکمل و مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه‌ی ۴۲

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

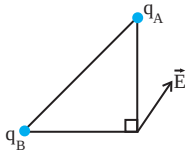
مرتبط با شکل ۱-۱۷ صفحه‌ی ۱۸

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)

مرجع

۵۰. جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب کامل کنید. (مرتبط با مثال ۱-۸ صفحه‌ی ۱۶) — نهایی تجربی- خرداد ۹۵

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

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: — نهایی تجربی- خرداد ۹۶

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

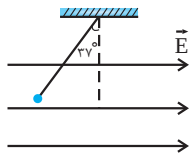
۵۲. در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۵\times۱۰^۴ (\frac{N}{C})$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره‌ی بارداری به جرم $۲g$ معلق و به حال سکون قرار دارد، اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید. (با رسم شکل) — **یزد**- شهید رمضان‌زاده- ۹۵

(۸ بار تکرار)

مکمل و مشابه مسئله ۱۱ صفحه‌ی ۴۲

۵۳. گلوله‌ی بارداری به جرم ۲۰ گرم مطابق شکل زیر در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۵\times۱۰^۴ (\frac{N}{C})$ در حال تعادل قرار دارد. — **تهران**- خاتم- ۹۵

مکمل و مشابه تمرین ۱-۷ صفحه‌ی ۲۱



آ) نوع بار گلوله را تعیین کنید.

ب) اندازه‌ی بار گلوله چند میکروکولن است؟

$(g=۱۰\frac{N}{kg}, \sin ۳۷^\circ = ۰/۶, \cos ۳۷^\circ = ۰/۸)$

(۷ بار تکرار)

۵۴. در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۵\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره‌ی بارداری به جرم $۲g$ با شتاب $۲\frac{m}{s^۲}$ به طرف پایین شتاب می‌گیرد. اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید. — **قدس**- مولود کعبه- ۹۱

مکمل و مشابه مسئله ۱۱ صفحه‌ی ۴۲

(۶ بار تکرار)

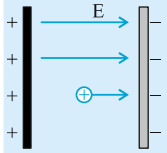
انرژی پتانسیل الکتریکی: صفحه‌های ۲۱ تا ۳۳ کتاب درسی

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 همنام یا دور کردن دو بار ناهمنام). اگر دور یا نزدیک شدن‌شان خودبه‌خود اتفاق بیفتد، انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد (دور شدن دو بار همنام یا نزدیک شدن دو بار ناهمنام)

اگر یک بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی جابه‌جا شود تغییر انرژی پتانسیل آن چگونه خواهد بود؟



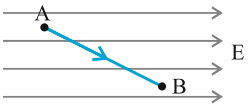
برای پاسخ شاید راحت‌تر این باشد که برای خطوط میدان دو صفحه‌ی رسانای باردار ناهمنام موازی مانند شکل رسم کنیم. بدیهی است جهت میدان از صفحه مثبت به صفحه منفی است.

اگر بار الکتریکی به طرف صفحه‌ی ناهم‌نامش جابه‌جا شود (تمایل خود به خودی بار) انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد

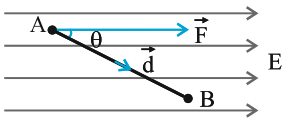
اگر به طرف صفحه‌ی هم‌نامش جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد.

کار میدان الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل

روش محاسبه‌ی کار میدان الکتریکی: برای محاسبه‌ی کار میدان الکتریکی بر روی بار مثبت q در جابه‌جایی بار از A تا B (مطابق شکل) به‌صورت 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 θ (زاویه‌ی بین $\vec{F}$ و $\vec{d}$) به‌دست آید.

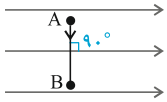


۲. از ترکیب دو رابطه $F = E|q|$ و $W_E = Fd\cos\theta$، رابطه‌ی کار میدان به‌صورت زیر، به‌دست می‌آید:

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

● **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 $\theta = 90^\circ$ یعنی جابه‌جایی عمود بر میدان باشد، $\theta = 90^\circ \rightarrow W_E = 0$

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

۳. اگر θ 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.

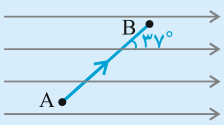
تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی

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.

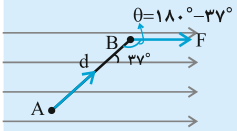
● **مثال:** مطابق شکل بار الکتریکی $q = -5\,\mu C$ را در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 8\times10^4\ N/C$ از نقطه‌ی A تا B جابه‌جا می‌کنیم $(AB = 50\ cm)$، کار میدان الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل بار را تعیین کنید.



● **پاسخ:** برای حل به‌ترتیب چنین عمل می‌کنیم:

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

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



$$E = 8\times10^4\ N/C,\ |q| = 5\,\mu C,\ d = 0/5\ m,\ \theta = 180^\circ - 37^\circ$$

$$W_E = E|q|d\cos\theta = 8\times10^4 \times 5\times10^{-6} \times 0/5 \times \cos(180-37^\circ) = -0/16\ J$$

$$\Delta U_E = -W_E = -(-0/16) = +0/16\ J$$

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.