

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

**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.

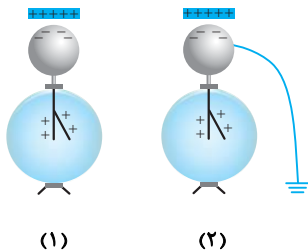
**چه اجسامی و چگونه به روش مالش باردار می‌شوند؟** معمولاً اجسام نارسانا را به روش مالش باردار می‌کنند، به این صورت که طی مالش الکترون‌های سطح یکی از دو جسم با کسب انرژی به جسم دیگر منتقل می‌شوند.

- تذکره ۱: در روش مالش، هر دو جسم دارای بارهای ناهم‌نام اما هم‌اندازه می‌شوند.
- تذکره ۲: جسمی که الکترون خواهد تر است، الکترون دریافت می‌کند. جدول الکتریسیته مالشی (تریپوالکتریک) برخی اجسام از بالا به پایین به ترتیب افزایش الکترون‌خواهی مرتب شده‌اند. (جدول ۱-۱ کتاب درسی)

**الکتروسکوپ:** وسیله‌ای است که با آن می‌توان پی به وجود بار الکتریکی در یک جسم برد. هم‌چنین می‌توان نوع بار الکتریکی یک جسم و رسانا یا نارسانا بودن جسم را تعیین کرد. به همین منظور ابتدا روش باردار کردن آن را بیان می‌کنیم. فرض کنیم می‌خواهیم به الکتروسکوپ بار منفی بدهیم.

**آ روش تماس:** میله‌ای 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 به‌دست 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.

**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 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 به‌دست می‌آید:

$$q = \pm ne \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad e = 1/6 \times 10^{-19} \text{C}$$

## بار الکتريکی: صفحه‌های ۲ و ۳

## پرسش‌ها

۱-

کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب نمایید.

- (آ) بارهای الکتريکی (هم‌نام- غیرهم نام) یکدیگر را می‌ربایند.  
 (ب) در هسته‌ی اتم نوترون‌ها (بار مثبت دارند- بدون بار الکتريکی هستند).  
 (پ) تیغه شیشه‌ای در اثر مالش با پارچه ابریشمی بار الکتريکی (منفی - مثبت) پیدا می‌کند.  
 (ت) کاهش تعداد الکترون‌ها در یک جسم، بار الکتريکی (مثبت- منفی) ایجاد می‌کند.  
 (ث) میله‌ی (لاکی- شیشه‌ای) در اثر مالش با پارچه پشمی بار الکتريکی منفی پیدا می‌کند.  
 (ج) جسمی که تعدادی (پروتون- الکترون) از دست بدهد بار الکتريکی آن مثبت است.  
 (چ) یکای بار الکتريکی (کولن- ژول) است.  
 (ح) اگر میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپي که بار (مثبت- منفی) دارد نزدیک کنیم ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور می‌شوند.  
 (خ) جسم بارداری را به کلاهک الکتروسکوپ بارداری نزدیک می‌کنیم. اگر ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک شوند بار جسم (هم‌نام- غیرهم‌نام) یا بار الکتروسکوپ است.  
 (د) اگر جسم بارداری را به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک کنیم، بار ورقه‌ها (هم‌نام- غیرهم‌نام) با بار جسم می‌شود.  
 (ذ) اگر میله‌ی با مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری تماس دهیم الکتروسکوپ بار (منفی- مثبت) پیدا می‌کند.  
 (ر) میله‌ای با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کرده و سپس برای چند لحظه دست خود را بر روی کلاهک الکتروسکوپ قرار داده و آن‌گاه دست خود و سپس میله‌ی بارداری را دور می‌کنیم. در این حالت الکتروسکوپ بار (مثبت - منفی) پیدا می‌کند.  
 (ز) اگر میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کنیم الکترون‌ها از (زمین به الکتروسکوپ- الکتروسکوپ به زمین) شارش پیدا می‌کنند.

۲-

درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید.

- (آ) در هسته‌ی اتم پروتون با بار مثبت و الکترون با بار منفی وجود دارد.  
 (ب) جسمی که تعدادی الکترون از دست بدهد بار الکتريکی آن منفی می‌شود.  
 (پ) اگر تعداد پروتون‌های هسته‌ی یک اتم برابر تعداد الکترون‌های آن باشد، اتم خنثی است.  
 (ت) وقتی دو جسم را به هم مالش می‌دهیم در یکی بار مثبت و در دیگری بار منفی ایجاد می‌شود.  
 (ث) الکتروسکوپي دارای بار منفی است. اگر میله‌ای با بار الکتريکی مثبت را به کلاهک آن نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ، ابتدا از هم دور و سپس به هم نزدیک می‌شوند.  
 (ج) اگر میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپي نزدیک کنیم، بار ورقه‌های الکتروسکوپ مثبت و بار کلاهک آن منفی می‌شود.

۳- اگر دو تیغه پلاستیکی را به‌طور جداگانه با دو پارچه‌ی پشمی مالش دهیم و سپس آن‌ها را به‌هم نزدیک کنیم، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ توضیح دهید.  
مرتبط با شکل ۱-۴ صفحه‌ی ۲

۴- (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

۵- (آ) یک میله‌ی شیشه‌ای با بار مثبت را به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم. چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را با رسم شکل توضیح دهید.

(ب) اگر در این حالت دست خود را به کلاهک الکتروسکوپ فوق تماس دهیم، چه پدیده‌ای مشاهده خواهید کرد؟ چرا؟

مرتبط با شکل ۱-۵ صفحه‌ی ۳

۶- چرا وقتی روکش پلاستیکی غذا را روی یک ظرف پلاستیکی می‌کشید و آن را در لبه‌های ظرف فشار می‌دهید، روکش در جای خود ثابت باقی می‌ماند؟  
مکمل و مشابه به پرسش ۱-۱ صفحه‌ی ۳

### پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی: صفحه‌های ۳ تا ۵

#### پرسش‌ها

۷- کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

(آ) طبق اصل پایستگی (بار الکتریکی - انرژی) برای باردار کردن یک جسم، هیچ‌گاه الکترونی تولید نمی‌شود و یا از بین نمی‌رود. بلکه الکترون‌ها تنها از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند.

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۴

(ب) هر الکترون دارای (هر مقدار - مقدار معینی) بار الکتریکی است.

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۴

(پ) به تعداد (پروتون‌های - نوترون‌های) موجود در هسته‌ی اتم عدد اتمی گفته می‌شود.

مرتبط با تمرین ۱-۱ صفحه‌ی ۵

#### مسائل

۸- یک میله‌ی پلاستیکی را با پارچه‌ی پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار پارچه‌ی پشمی  $8 \text{ nC}$  می‌شود.  
مکمل و مشابه مسئله ۲ صفحه‌ی ۴۱

(آ) بار الکتریکی ایجاد شده در میله‌ی پلاستیکی چقدر است؟

(ب) در اثر مالش کدام جسم الکترون می‌گیرد؟ تعداد الکترون‌های مبادله شده چقدر است؟ (C)  $1.6 \times 10^{-19} \text{ e}$

۹- بار الکتریکی جسمی  $3 \text{ nC}$  - است. اگر  $2/5 \times 10^{10}$  الکترون از این جسم بگیریم، بار جسم چند نانوکولن می‌شود؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

مکمل و مرتبط با مسئله ۲ صفحه ۴۱

---



---

مشابه و مکمل تمرین ۱-۱ صفحه ۵

۱۰- عدد اتمی عنصری  $30$  می‌باشد. در این صورت:

(آ) بار الکتریکی هسته‌ی اتم آن چه اندازه است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

---



---

(ب) اتم این عنصر چه مقدار بار منفی دارد؟

---



---

(پ) بار الکتریکی اتم چه اندازه است؟

---



---

مکمل و مشابه مسئله ۳ صفحه ۴۱

۱۱- بار الکتریکی اتم و هسته‌ی اتم گوگرد ( $16S$ ) دوبار یونیده ( $S^{++}$ ) را محاسبه کنید. ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

---



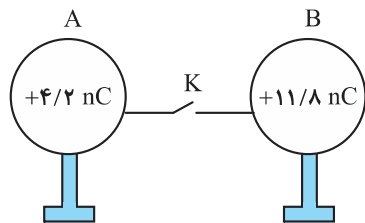
---

۱۲- با توجه به شکل زیر و با فرض این‌که هیچ باری روی سیم رابط باقی نماند، جاهای خالی را کامل کنید:

دو کره‌ی هم‌اندازه‌ی رسانا روی پایه‌های عایقی قرار دارند. اگر در این حالت کلید  $k$  را وصل کنیم، تعداد ..... الکترون از کره‌ی .....

به کره‌ی ..... منتقل می‌شود. ( $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

مرتبط با مسئله ۴ صفحه ۴۱




---



---



---



---

مفهوم و رابطه‌ی قانون کولن

بر هم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی هم‌راستا

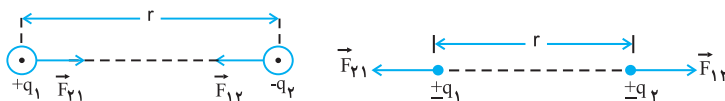
بر هم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی ناهم‌راستا

تعادل ذره‌ی باردار با در نظر گرفتن نیروی گرانشی

قانون کولن (۲۵ سؤال شناسنامه‌دار)

قانون کولن: صفحه‌های ۱۰ تا ۵

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



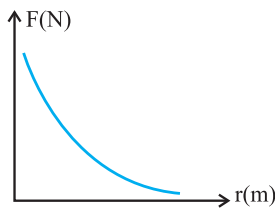
طبق قانون سوم نیوتون، اندازه‌ی نیرویی که بار  $q_1$  به  $q_2$  وارد می‌کند با اندازه‌ی نیرویی که بار  $q_2$  به  $q_1$  وارد می‌کند برابر است. به عبارت دیگر این دو نیرو هم‌اندازه، هم‌راستا اما در سوی مخالف یکدیگرند.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \rightarrow F_{12} = F_{21}$$

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

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

در این رابطه  $F$  بر حسب  $N$ ،  $r$  بر حسب «متر» و  $q_1$  و  $q_2$  بر حسب «کولن» می‌باشند.  $k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$



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

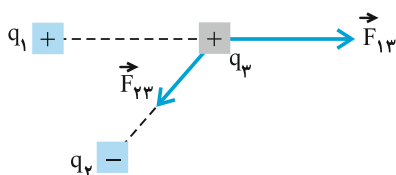
**تماس دو کره‌ی رسانای باردار مشابه:** وقتی دو کره‌ی رسانای باردار مشابه را که دارای بار الکتریکی اند به هم تماس دهیم، بار الکتریکی بین آن‌ها مبادله می‌شود و در نهایت، بار هر دو کره یکسان خواهد شد، به طوری که طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، بار آن‌ها با هم مساوی و برابر میانگین جبری بارهایی است که کره‌ها قبل از تماس داشته‌اند.

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

● توجه: نیرویی که کره‌های رسانا بعد از تماس با یکدیگر، بر هم وارد می‌کنند الزاماً رانشی است اما نیروی بین آن‌ها قبل از تماس، به علامت بارهایی که قبل از تماس داشته‌اند، بستگی دارد.

**برایند نیروهای وارد بر یک ذره از طرف چند ذره:** با توجه به این که چند ذره می‌توانند بر روی یک خط راست و یا غیر واقع بر یک خط راست (مانند رأس‌های مثلث، چهارضلعی، دایره و ...) باشند، برای محاسبه‌ی برایند نیروهای وارد بر یک ذره سه مرحله به صورت زیر را انجام می‌دهیم:

**مرحله‌ی اول:** با توجه به علامت بارها، بردار نیرویی که از طرف هر یک از بارها بر بار هدف وارد می‌شود را رسم می‌کنیم.



به عنوان مثال، در شکل مقابل، بردار نیروهایی را که بارهای  $q_1$  و  $q_2$  بر بار  $q_3$  وارد می‌کنند، رسم کرده‌ایم.

**مرحله‌ی دوم:** بزرگی هر یک از نیروها را بدون در نظر گرفتن علامت بارها، از رابطه‌ی  $F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$  به دست می‌آوریم (باید کمیت‌ها در SI باشند).

**مرحله سوم:** برآیند بردارها را بر اساس قوانین جمع برداری محاسبه می‌کنیم. اگر نیروها هم‌راستا باشند، اندازه‌ی برآیند را با جمع جبری اندازه‌ی آن‌ها به دست می‌آوریم و با توجه به جهت بردار برآیند آن را بر حسب بردار یکه می‌نویسیم. به عنوان مثال، اگر بردار برآیند 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.

اگر ذره‌ها در یک راستا نباشند، بهتر است نیروی هر ذره را بر حسب بردارهای یکه  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  بنویسیم و سپس با توجه به رابطه‌ی  $\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$  جمع برداری می‌کنیم که در نهایت به صورت  $\vec{F}_T = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$  در می‌آید. برای محاسبه‌ی بزرگی آن از رابطه‌ی  $F_T = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$  استفاده می‌کنیم.

#### یافتن محل بار الکتریکی سوم که برآیند نیروهای وارد بر آن از طرف دو بار دیگر صفر شود:

۱. هنگامی برآیند نیروهای وارد بر بار سوم صفر می‌شود که نیروی وارد از طرف دو بار دیگر هم‌اندازه و ناهمسو باشند.
۲. مکان بار سوم به اندازه و علامت آن بستگی ندارد و برای دو بار هم‌نام بین دو بار و نزدیک به بار با اندازه کوچک‌تر و برای بارهای ناهم‌نام، خارج از فاصله بین دو بار و روی خط واصل آن‌ها و نزدیک به بار با اندازه‌ی کوچک‌تر خواهد بود.
۳. برای به دست آوردن مکان بار  $q_3$ ، اندازه بردارهای دو نیرویی که بر بار  $q_3$  وارد می‌شوند و ناهمسو هستند را مساوی هم قرار می‌دهیم.

#### مفهوم و رابطه‌ی قانون کولن: صفحه‌های ۵ تا ۱۰

#### پرسش‌ها

۱۳-

کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب یا جاهای خالی را کامل کنید.

(آ) اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دوبار، با حاصل ضرب ..... نسبت ..... دارد.

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶

(ب) 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

(پ) اگر بارهای الکتریکی دو جسم ..... باشد، نیروی بین دو جسم، رانشی و اگر بارهای الکتریکی دو جسم ..... باشند،

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶

نیروی بین دو جسم رپایشی خواهد بود.

(ت) نیروی الکتریکی که دو ذره باردار بر یکدیگر وارد می‌کنند ..... و در جهت مخالف یکدیگرند.

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶

(ث) اگر فاصله‌ی بین دوبار نقطه‌ای از یکدیگر نصف شود، نیروی الکتریکی بین دو بار (نصف، دو برابر، چهار برابر) می‌شود.

مرتبط با رابطه‌ی ۱-۲ صفحه‌ی ۶

(ج) 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

(چ) اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو ذره‌ی باردار به علامت بارها بستگی ..... دارد.

مرتبط با رابطه‌ی ۱-۲ صفحه‌ی ۶

(ح) اگر بارهای الکتریکی دو جسم نابرابر باشند، نیروی الکتریکی وارد شده بر هر یک از جسم‌ها ..... می‌باشد.

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶

۱۴-

مطابق شکل دو بار الکتریکی  $q_1$  و  $q_2 = 2q_1$  بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند.  $\vec{F}_{12}$  بزرگ‌تر است یا  $\vec{F}_{21}$ ؟ چرا؟

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۶

$$\vec{F}_{12} \leftarrow \begin{array}{c} q_2 \\ \dots \dots \dots \\ q_1 \end{array} \rightarrow \vec{F}_{21}$$

#### مسائل

۱۵-

دو بار نقطه‌ای  $+4 \mu C$  و  $-9 \mu C$  به فاصله‌ی  $9 \text{ cm}$  از یکدیگر قرار دارند. نوع نیروی بین دو بار را مشخص کرده و اندازه‌ی این نیرو را محاسبه

مشابه و مکمل مثال ۱-۲ صفحه‌ی ۷

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

۱۶- دو ذره با بارهای  $q_1$  و  $q_2 = 5q_1$  در فاصله ۳ سانتی‌متر از یکدیگر ثابت شده‌اند. اندازه‌ی نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند،  $50\text{ N}$

مکمل و مرتبط با مثال ۱-۲ صفحه‌ی ۷

$$\text{است. اندازه‌ی } q_1 \text{ و } q_2 \text{ را حساب کنید. } \left( k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right)$$

۱۷- دو بار  $q_1$  و  $q_2$  در فاصله  $r$  به هم نیروی  $F$  را وارد می‌کنند، اگر اندازه‌ی یکی از بارها را دو برابر و فاصله‌ی بین آن‌ها را نصف کنیم نیروی  $F'$  را

مرتبط با رابطه‌ی ۱-۲ صفحه‌ی ۶

به هم وارد می‌کنند. نسبت  $\frac{F'}{F}$  را تعیین کنید.

۱۸- دو بار الکتریکی هم اندازه‌ی  $q$  در فاصله  $r$  از یکدیگر نیروی دفعه‌ی  $960$  نیوتون به هم وارد می‌کنند. اگر  $3\text{ }\mu\text{C}$  بار از یکی برداشته و به دیگری

اضافه کنیم و در همان فاصله‌ی قبلی قرار دهیم، نیروی بین آن‌ها  $900$  نیوتون می‌شود. اندازه‌ی بار  $q$  چه قدر است؟ مرتبط با رابطه‌ی ۱-۲ صفحه‌ی ۶

۱۹- دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای  $q_1 = 10\text{ nC}$  و  $q_2 = -4\text{ nC}$  را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصله‌ی  $r$  از هم دور می‌کنیم. اگر در

$$\text{این فاصله نیروی برهم کنش الکتریکی بین دو گوی } 9 \times 10^{-7} \text{ N} \text{ باشد، فاصله } r \text{ چند سانتی‌متر است؟ } \left( k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right)$$

مکمل و مشابه مسئله ۴ صفحه‌ی ۴۱

۲۰- در روی دو کره کاملاً مشابه دو بار  $|q_1| = 12\text{ }\mu\text{C}$  و  $|q_2| = 8\text{ }\mu\text{C}$  توزیع شده و دو کره در فاصله  $d$  از همدیگر قرار دارند و بر هم نیروی  $F$  را

وارد می‌کنند دو کره را یک لحظه با هم تماس داده‌ایم و سپس در همان فاصله‌ی  $d$  قرار می‌دهیم. نیروی بین دو بار در این حالت چند  $F$  است در

مکمل و مرتبط با مسئله ۴ صفحه‌ی ۴۱

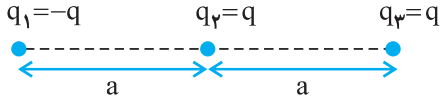
صورتی که:

(آ) دو بار هم‌نام باشند.

(ب) دو بار ناهم‌نام باشند.

برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی هم‌راستا: صفحه‌های ۸ و ۹

مسائل



۲۱- سه ذره‌ی باردار مانند شکل روی یک خط راست قرار دارند.

آ) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی  $q_2$  را تعیین کنید.

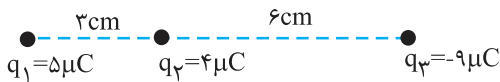
مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۲ صفحه‌ی ۸

ب) اگر علامت بار  $q_3$  عوض شود، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار  $q_2$  چگونه خواهد بود؟

۲۲- در شکل زیر، بارها در مکان خود ثابت شده‌اند. برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_1$  را بر حسب بردار یکه بنویسید و بزرگی آن را به دست آورید.

مکمل و مشابه مثال ۱-۳ صفحه‌ی ۹

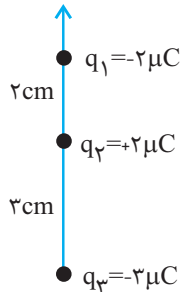
$$(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$



۲۳- مطابق شکل زیر سه ذره‌ی باردار روی محور  $y$ ها قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_2$  را (در SI) بر

$$\text{حساب بردارهای یکه محاسبه کنید. } (k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$

مکمل و مشابه تمرین ۱-۲ صفحه‌ی ۹



۲۴- دو بار الکتریکی  $q$  و  $9q$  به فاصله‌ی  $40 \text{ cm}$  از یکدیگر قرار دارند. بار  $Q$  را در چه فاصله‌ای از بار بزرگ‌تر قرار دهیم تا در حال تعادل قرار گیرد؟

مکمل و مرتبط با مثال ۱-۳ صفحه‌ی ۹

۲۵- دو بار الکتریکی  $q_1 = 32 \mu\text{C}$  و  $q_2 = -50 \mu\text{C}$  در فاصله‌ی  $40$  سانتی‌متری از همدیگر قرار دارند. بار  $2 \mu\text{C}$  را در چه فاصله‌ی از بار  $q_1$  قرار دهیم تا

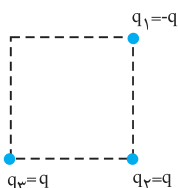
مکمل و مرتبط با مثال ۱-۳ صفحه‌ی ۹

برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود؟



برهمنه‌ی نیروهای الکتروستاتیکی ناهم‌راستا: صفحه‌های ۹ و ۱۰

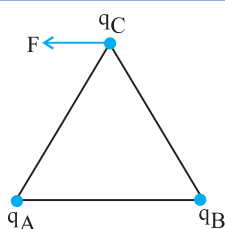
مسائل



۲۶- سه ذره‌ی باردار مطابق شکل در گوشه‌ی یک مربع قرار دارند. جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار  $q_2$  را تعیین کنید.

مرتبط با پرسش ۱-۳ صفحه‌ی ۹

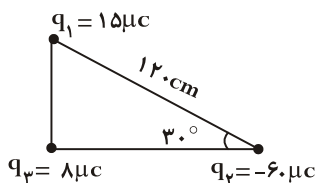
ب) اگر علامت بار  $q_3$  عوض شود جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار  $q_2$  چگونه خواهد بود؟



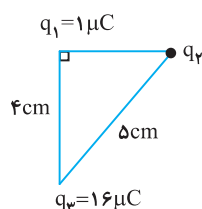
۲۷- علامت سه بار الکتریکی واقع در سه رأس مثلث شکل مقابل را طوری تعیین کنید که نیروی وارد بر بار  $q_C$  در جهت نشان داده شده باشد.

مرتبط با پرسش ۱-۳ صفحه‌ی ۹

۲۸- در شکل مقابل سه بار  $q_1$ ،  $q_2$  و  $q_3$  در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه قرار گرفته‌اند. برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_3$  را بر حسب بردارهای یکه بنویسید و بزرگی آن را حساب کنید.



مکمل و مشابه مثال ۴-۱ صفحه‌ی ۱۰

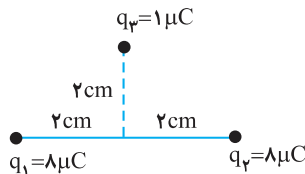


۲۹- در شکل زیر برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_1$  برابر  $\vec{F} = -5\vec{i} + 9\vec{j}$  است. بار  $q_2$  چند میکروکولن است؟

مکمل و مشابه مثال ۴-۱ صفحه‌ی ۱۰

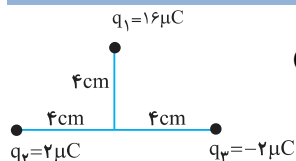
$$(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$

۳۰- برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  را بر حسب بردارهای یکه به‌دست آورید و با رسم شکل بردار نیرو را نشان دهید.



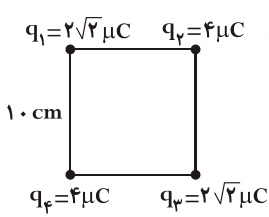
مکمل و مشابه مثال ۴-۱ صفحه‌ی ۱۰

$$(K = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$$



۳۱- با توجه به شکل، برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_1$  را بر حسب بردارهای یکه تعیین کنید.  $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

مکمل و مشابه مثال ۴-۱ صفحه‌ی ۱۰

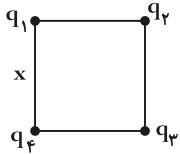


۳۲- با توجه به شکل، بزرگی برآیند نیروهای وارد بار  $q_2$  را تعیین کنید.  $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$  مرتبط با مسئله ۵ صفحه ۴۱

.....

.....

۳۳- در شکل مقابل  $q_1 = q_3 = 2\sqrt{2} \mu C$  است. اندازه و علامت بار  $q_4$  را طوری تعیین کنید که بار  $q_2$  در حال تعادل باشد. مکمل و مرتبط با مسئله ۵ صفحه ۴۱



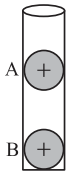
.....

.....

تعادل ذره‌ی باردار با در نظر گرفتن نیروی گرانشی: صفحه ۸ تا ۱۰

مسائل

۳۴- مطابق شکل، در یک لوله شیشه‌ای قائم دو گوی مشابه A و B به جرم  $14/4g$  و بار یکسان  $0/2 \mu C$  قرار دارند و گوی بالایی به حالت معلق مانده است. اگر از اصطکاک و آثار الکتریکی شیشه صرف نظر شود، گلوله‌ها در چه فاصله‌ای از هم قرار دارند؟



مکمل و مشابه مسئله ۷ صفحه ۴۱

$$(g = 10 \frac{N}{kg}, k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$

.....

۳۵- گلوله‌ای به جرم  $90g$  و بار  $8 \mu C$  از نخ آویزان شده است. در زیر این گلوله بار  $2 \mu C$  را در چه فاصله‌ای از گلوله قرار دهیم تا نیروی کشش نخ صفر شود؟  $(g = 10 \frac{N}{kg}, k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

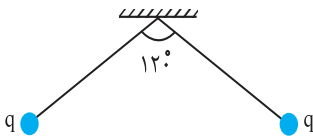
مکمل و مرتبط با مسئله ۷ صفحه ۴۱

$$(g = 10 \frac{N}{kg}, k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$

.....

۳۶- دو آونگ مشابه دارای بارهای هم‌نام و هم‌اندازه طوری قرار گرفته‌اند که امتداد نخ‌های آنها با هم زاویه  $120^\circ$  درجه می‌سازند. اگر جرم هر یک از گلوله‌ها  $30\sqrt{3}$  گرم باشد:

مرتبط با مسئله ۷ صفحه ۴۱



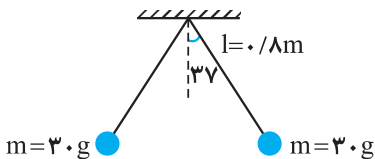
(آ) نیروهای وارد بر یک گلوله را رسم کنید.

(ب) اندازه‌ی نیروی الکتریکی که هر یک از گلوله‌ها به هم وارد می‌کنند چه قدر است؟  $(\tan 60^\circ = \sqrt{3}, g = 10 \frac{m}{s^2})$

$$(\tan 60^\circ = \sqrt{3}, g = 10 \frac{m}{s^2})$$

.....

۳۷- دو گلوله به جرم‌های  $30g$  به وسیله‌ی دو نخ به طول‌های  $80$  سانتی‌متر از یک نقطه آویخته و روی هر گلوله بار  $q$  توزیع شده است. در اثر نیروی دافعه دو بار، نخ‌ها با امتداد قائم زاویه  $37^\circ$  درجه می‌سازند. بار هر گلوله را به دست آورید.  $(\sin 37^\circ = 0/6, \cos 37^\circ = 0/8)$  مرتبط با مسئله ۷ صفحه ۴۱



مرتبط با مسئله ۷ صفحه ۴۱

## میدان الکتریکی

(۸ سؤال شناسنامه‌دار)

مفهوم و رابطه‌ی میدان الکتریکی

## میدان الکتریکی حاصل از یک ذره‌ی

(۱۲ سؤال شناسنامه‌دار)

برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی هم‌راستا

برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی ناهم‌راستا

میدان الکتریکی: صفحه‌های ۱۰ تا ۱۲

**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.

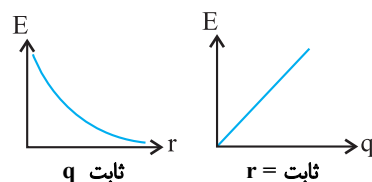
**جهت بردار میدان الکتریکی:** جهت بردار میدان الکتریکی  $\vec{E}$  در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار آزمون ( $+q_0$ ) است که به‌طور فرضی در آن نقطه می‌گذاریم.

**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 میدان الکتریکی  $\vec{E}$  قرار می‌گیرد.

## میدان الکتریکی حاصل از یک ذره‌ی باردار

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.

● **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 برایند به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

- در نقطه‌ی مورد نظر یک بار مثبت فرضی در نظر می‌گیریم و بردار میدان الکتریکی را در آن نقطه رسم می‌کنیم.
- بردار میدان حاصل از هر ذره را (مستقل از بقیه) در آن نقطه رسم می‌کنیم. جهت میدان الکتریکی همان جهت نیروی وارد بر بار مثبت فرضی واقع 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  $y$  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  $\vec{j}$  به‌دست می‌آوریم.

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

مفهوم میدان الکتریکی و میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار: صفحه‌ی ۱۰ تا ۱۳

پرسش‌ها

۳۸- از داخل پرانتز کلمه یا عبارت درست را انتخاب و یا جاهای خالی را کامل کنید.

(آ) میدان الکتریکی حاصل از بار  $q$  در یک نقطه با اندازه‌ی بار نسبت ..... و با مربع فاصله‌ی آن نقطه تا بار نسبت ..... دارد.

مرتبط با رابطه‌ی ۱-۴ صفحه‌ی ۱۲

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۱

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۱

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۱

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۱

مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۰

مرتبط با رابطه‌ی ۱-۴ صفحه‌ی ۱۲

(ب) به بار منفی واقع در میدان الکتریکی، نیرویی در ..... میدان وارد می‌شود.

(پ) به بار مثبت واقع در میدان الکتریکی، نیرویی در ..... میدان وارد می‌شود.

(ت) میدان الکتریکی کمیتی (برداری - نرده‌ای) است.

(ث) یکای SI میدان الکتریکی (نیوتون بر متر - نیوتون بر کولن) است.

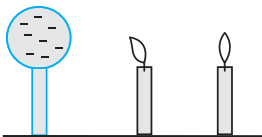
(ج) یک بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود، خاصیتی ایجاد می‌کند که به آن ..... می‌گویند.

(چ) با دور شدن از یک بار الکتریکی میدان الکتریکی حاصل از آن ..... می‌یابد.

۳۹- در شکل زیر، دو شمع، یکی در فاصله‌ی نزدیک و دیگری در فاصله‌ی دور از کلاهک یک مولد وان دو گراف قرار گرفته‌اند. چرا شعله‌ی شمع

نزدیک‌تر به سمت کلاهک کشیده شده است، در حالی که شعله‌ی شمع دورتر تغییر چندانی نکرده است؟

مکمل و مرتبط با مثال ۱-۶ صفحه‌ی ۱۳



مسائل

۴۰- در نقطه‌ای از فضا بر بار آزمون  $q_0 = +6 \text{ nC}$  نیروی  $F = 18 \times 10^{-4} \text{ N}$  وارد می‌شود.

(آ) میدان الکتریکی در محل بار آزمون را تعیین کنید.

مکمل و مشابه مثال ۱-۵ صفحه‌ی ۱۱

(ب) اگر بار  $+3 \mu\text{C}$  را به جای  $q_0$  قرار دهیم، چه نیرویی به آن وارد می‌شود؟

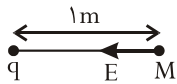
مکمل و مشابه مثال ۱-۶ صفحه‌ی ۱۳

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

(ب) اندازه‌ی میدان الکتریکی ناشی از هسته اتم عنصری در فاصله‌ی  $0.1 \text{ nm}$  از مرکز هسته برابر  $\frac{4}{32} \times 10^{12} \frac{\text{N}}{\text{C}}$  است. عدد اتمی این عنصر را

مکمل و مشابه مسئله ۹ صفحه‌ی ۴۱

محاسبه کنید.  $(K = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}, e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$



مکمل و مرتبط با رابطه‌ی ۴-۱ صفحه‌ی ۱۲

۴۲- مطابق شکل، در نقطه‌ی M،  $E_M = 4500 \frac{N}{C}$  است.

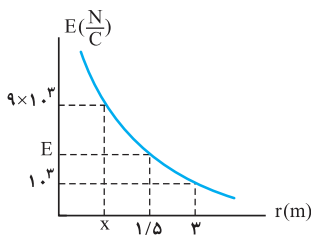
(آ) بار نقطه‌ای q چند میکروکولن است و علامت آن چیست؟

مکمل و مشابه مثال ۵-۱ صفحه‌ی ۱۱

(ب) بار الکتریکی  $2 \mu C$  را در نقطه‌ی M قرار می‌دهیم. بزرگی نیروی وارد بر آن چند نیوتون است؟

۴۳- شکل زیر، نمودار میدان الکتریکی ناشی از ذره‌ی باردار q برحسب فاصله از بار را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار:  $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

مکمل و مرتبط با مثال ۶-۱ صفحه‌ی ۱۳



(آ) مقدار x و E را حساب کنید.

(ب) اندازه‌ی بار q را به دست آورید.

۴۴- میدان الکتریکی بار الکتریکی q در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری از آن برابر  $18 \frac{N}{C}$  است. چند سانتی‌متر دیگر از بار q دورتر شویم تا بزرگی میدان

مکمل و مرتبط با رابطه‌ی ۴-۱ صفحه‌ی ۱۲

الکتریکی  $8 \frac{N}{C}$  شود؟

۴۵- میدان یک بار الکتریکی در یک نقطه از فضا در SI به شکل  $\vec{E} = (3\vec{i} + 4\vec{j}) \times 10^5$  می‌باشد. اندازه‌ی نیروی وارد بر بار الکتریکی  $8 \mu C$  در آن نقطه

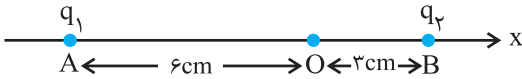
مکمل و مشابه مثال ۵-۱ صفحه‌ی ۱۱

چند نیوتون است؟

برهم نهی میدان های الکتریکی هم راستا: صفحه ۱۴ تا ۱۶

مسائل

۴۶- دو ذره با بارهای الکتریکی  $q_1 = +4 \mu C$  و  $q_2 = +2 \mu C$  در نقطه های A و B روی محور x، مطابق شکل زیر ثابت شده اند. (آ) میدان الکتریکی بر ایند را در نقطه ی O (مبدأ مختصات) محاسبه کنید و آن را بر حسب بردارهای یکه بنویسید.



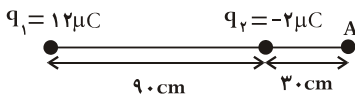
(ب) اگر در نقطه ی O ذره ای با بار الکتریکی،  $-5 \mu C$  قرار دهیم، نیروی الکتریکی وارد بر ذره را بر حسب بردارهای یکه محاسبه کنید.

مکمل و مشابه مثال ۱-۷ صفحه ۱۵

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

مکمل و مشابه مثال ۱-۷ صفحه ۱۵

۴۷- اندازه ی بر ایند میدان های الکتریکی دو بار الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  در نقطه ی A چند نیوتون بر کولن است؟



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

۴۸- دو بار ۳۶ و ۲۵ میکروکولنی در فاصله ی ۶۶ سانتی متری از هم دیگر قرار دارند. در چه فاصله ای از بار ۳۶ میکروکولنی میدان الکتریکی صفر است؟

مکمل و مشابه مسئله ۱۰ صفحه ۴۱

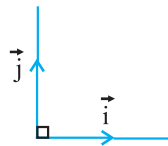
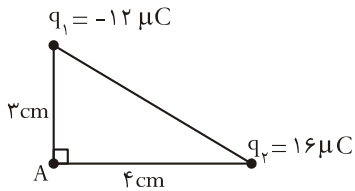
۴۹- دو بار ۵۰ و -۳۲ میکروکولنی در فاصله ۱۲۰ سانتی متری از هم دیگر قرار دارند. در چه فاصله ای از بار ۵۰ میکروکولنی اندازه میدان الکتریکی حاصل از دو بار صفر است؟

مکمل و مشابه مسئله ۱۰ صفحه ۴۱

برهم نهی میدان‌های الکتریکی ناهم‌راستا: صفحه‌های ۱۶ و ۱۷

مسائل

۵۰- در شکل مقابل:

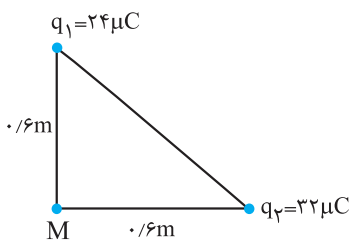


(آ) برآیند میدان‌های الکتریکی بارها را در نقطه‌ی A بر حسب بردارهای یکه  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  حساب کنید.  $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

مکمل و مشابه مثال ۸-۱ صفحه‌ی ۱۶

(ب) اگر بار الکتریکی  $+6 \mu C$  در نقطه‌ی A قرار بگیرد، بزرگی برآیند نیروهای وارد بر آن چند نیوتون است؟

۵۱-

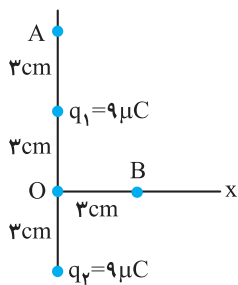


(آ) در شکل مقابل برآیند میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای  $q_1$  و  $q_2$  را در نقطه‌ی M بر حسب بردارهای یکه  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  تعیین کنید.  $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

مکمل و مشابه مثال ۸-۱ صفحه‌ی ۱۶

(ب) بزرگی میدان برآیند چه قدر است؟

۵۲-



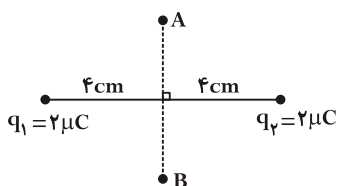
در شکل مقابل میدان الکتریکی خالص را در نقاط A و B بر حسب بردارهای یکه  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  تعیین کنید.  $(K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

مکمل و مشابه مثال ۸-۱ صفحه‌ی ۱۶

۵۳- با توجه به شکل زیر، میدان الکتریکی روی عمود منصف خط واصل بارهای  $q_1$  و  $q_2$  وقتی از نقطه‌ی A تا B حرکت کنیم، چگونه تغییر می‌کند؟

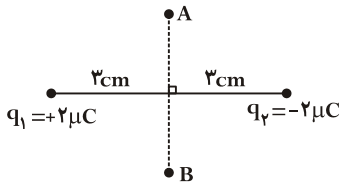
مکمل و مرتبط با تمرین ۵-۱ صفحه‌ی ۱۶

(A و B در فاصله‌ی بسیار دور از خط واصل بارهای  $q_1$  و  $q_2$  می‌باشند.)



۵۴- با توجه به شکل زیر، میدان الکتریکی روی عمودمنصف خط واصل بارهای  $q_1$  و  $q_2$  وقتی از نقطه‌ی A تا B حرکت کنیم، چگونه تغییر می‌کند؟

مکمل و مرتبط با تمرین ۵-۱ صفحه‌ی ۱۶




---



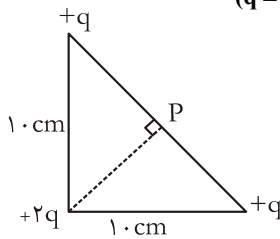
---



---

۵۵- سه بار الکتریکی مطابق شکل زیر در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند: ( $q = 2 \mu C$ ,  $K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ )

(آ) بزرگی میدان الکتریکی در نقطه‌ی P چقدر است؟




---



---

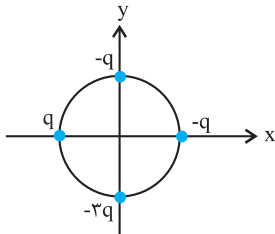
(ب) اگر بار الکتریکی  $q' = -2 \mu C$  در نقطه‌ی P قرار گیرد، بزرگی نیرویی که به آن وارد می‌شود را به‌دست آورید. مکمل و مرتبط با مثال ۸-۱ صفحه‌ی ۱۶

---

۵۶- (آ) اگر در شکل مقابل، شعاع دایره ۱ متر و  $q = 5 nC$  باشد، میدان الکتریکی برآیند را در مرکز دایره بر حسب بردارهای یکه به‌دست آورید.

مکمل و مرتبط با مسئله ۱۲ صفحه‌ی ۴۲

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



(ب) بزرگی میدان الکتریکی برآیند را در مرکز دایره حساب کنید.

---

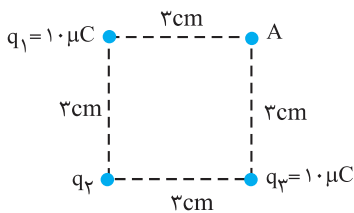


---

۵۷- در شکل زیر، اندازه و علامت بار  $q_2$  را طوری تعیین کنید تا میدان الکتریکی خالص در نقطه‌ی A، رأس چهارم مربع صفر شود.

مکمل و مرتبط با مثال ۸-۱ صفحه‌ی ۱۶

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




---



---



---



خطوط میدان الکتریکی

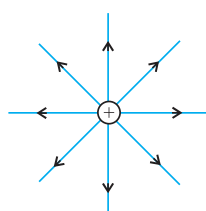
(۱۰ سؤال شناسنامه‌دار)

نمایش خطوط میدان الکتریکی

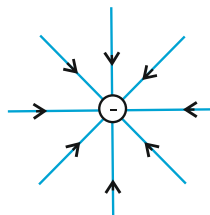
میدان الکتریکی یکنواخت و تعادل ذره‌ی باردار

خطوط میدان الکتریکی: صفحه‌های ۱۷ تا ۲۱

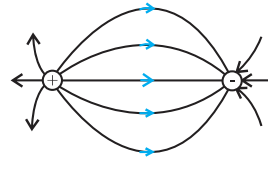
**خطوط میدان الکتریکی:** برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خط‌های جهت‌داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. سوال‌هایی که از خطوط میدان الکتریکی ذره‌ی باردار پرسیده می‌شود، عموماً رسم خطوط میدان برای ذره‌ی منفرد یا دو ذره‌ی مقابل هم (که ممکن است اندازه و علامت بارهای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



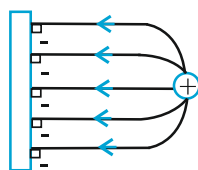
میدان الکتریکی اطراف یک بار مثبت منفرد



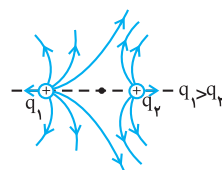
میدان الکتریکی اطراف یک بار منفی منفرد



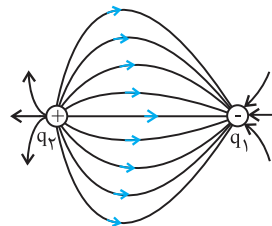
میدان الکتریکی اطراف دو بار هم‌انداز و ناهم‌نام (دو قطبی الکتریکی)



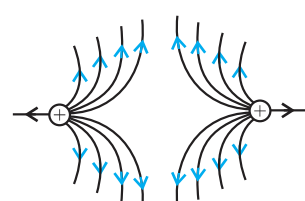
میدان الکتریکی اطراف یک بار نقطه‌ای و یک صفحه‌ی رسانای باردار با بارهای ناهم‌نام



میدان الکتریکی اطراف دو بار مثبت نابرابر



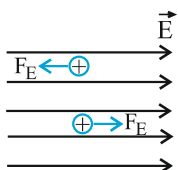
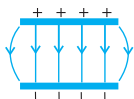
میدان الکتریکی اطراف دو بار ناهم‌نام نابرابر



میدان الکتریکی اطراف دو بار مثبت هم‌اندازه

ویژگی‌های خط‌های میدان الکتریکی

- 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 به‌دست می‌آید:  $\vec{F} = q\vec{E}$
- \* بزرگی این نیرو از رابطه‌ی  $F = |q|E$  به‌دست می‌آید.
- \* جهت این نیرو برای بار مثبت در جهت میدان الکتریکی و برای بار منفی در خلاف جهت میدان است.

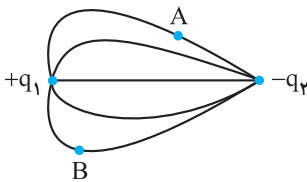
خطوط میدان الکتریکی: صفحه‌های ۱۷ و ۱۸

پرسش‌ها

۵۸- کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب و یا جاهای خالی را کامل کنید.

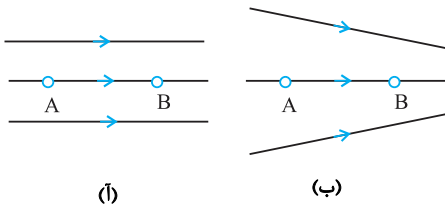
- (آ) خط‌های میدان الکتریکی یکدیگر را قطع (می‌کنند- نمی‌کنند)  
 (ب) جهت میدان الکتریکی در هر نقطه (در خلاف جهت- هم‌جهت) با نیروی وارد به بار مثبت واقع در آن نقطه است. مرتبط با شکل ۱-۱۳ صفحه‌ی ۱۷  
 (پ) هر جا خطوط میدان الکتریکی به هم نزدیک‌تر و فشرده‌تر باشند، در آن‌جا میدان (قوی‌تر- ضعیف‌تر) می‌باشد. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸  
 (ت) در فضایی که میدان الکتریکی وجود دارد، از هر نقطه (چند- فقط یک) خط میدان می‌گذرد. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸  
 (ث) خط‌های میدان الکتریکی در جهت دور شدن از ذره‌ی باردار (+q, -q) است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۷  
 (ج) میدان الکتریکی در هر نقطه برداری است ..... بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن خط میدان ..... است. مرتبط با متن درس صفحه‌ی ۱۸

۵۹- دو بار الکتریکی (+q<sub>۱</sub>) و (-q<sub>۲</sub>) در مجاورت یکدیگر قرار گرفته‌اند به طوری که خط‌های میدان الکتریکی آن‌ها مطابق شکل زیر است.



- (آ) جهت خط‌های میدان الکتریکی را مشخص کنید.  
 (ب) بردار میدان را در نقطه‌های A و B نشان دهید.  
 (پ) اگر بار منفی q' را در نقطه‌ی B بگذاریم، جهت نیروی وارد بر آن را نمایش دهید.  
 (ت) اندازه‌ی بارهای q<sub>۱</sub> و q<sub>۲</sub> را با هم مقایسه کنید.  
 (ث) نسبت نیرویی که دوبار الکتریکی به هم وارد می‌کنند، چه قدر است؟  
 مرتبط با شکل ۱-۱۷ صفحه‌ی ۱۸ و پرسش ۱-۵ صفحه‌ی ۱۹

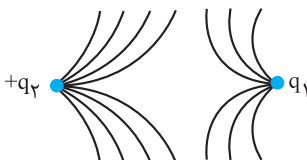
۶۰- شکل روبه‌رو دو آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. در هر آرایش، یک پروتون



- 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 مشابه سوال ۱۸ صفحه‌ی ۴۳

۶۱- (آ) خط‌های میدان را برای دو بار منفی و هم‌اندازه رسم کنید و جهت میدان را روی این خط‌ها، نشان دهید. مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه‌ی ۴۲

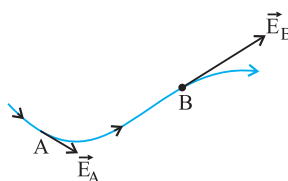
(ب) مطابق شکل، خطوط میدان الکتریکی در اطراف دوبار الکتریکی رسم شده است. (۱) اگر بار q<sub>۲</sub> مثبت باشد، نوع بار و جهت خطوط میدان بار q<sub>۱</sub> را مشخص کنید.



مرتبط با پرسش ۱۴ صفحه‌ی ۴۲

(۲) اندازه‌ی بار q<sub>۱</sub> و q<sub>۲</sub> را با یکدیگر مقایسه کنید.

۶۲- (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 با هم مقایسه کنید.  
 مکمل و مرتبط با شکل ۱-۱۵ صفحه‌ی ۱۸

ب) چرا خط‌های میدان الکتریکی بر ایند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند؟

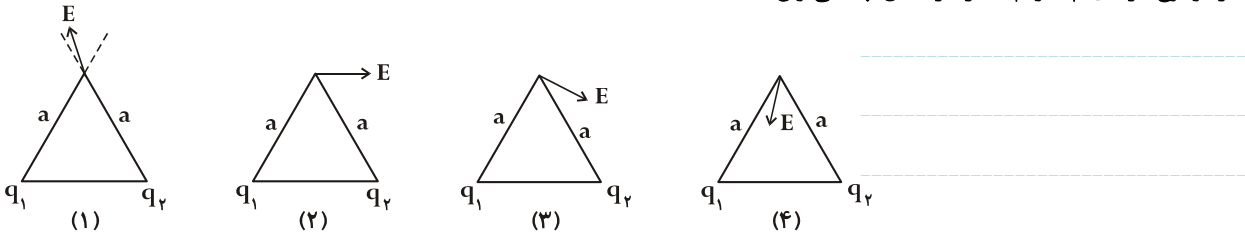
مکمل و مرتبط با پرسش ۱-۴ صفحه‌ی ۱۹

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

مکمل و مرتبط با تمرین ۱-۵ صفحه‌ی ۱۶

۶۳- در شکل‌های زیر بارهای  $q_1$  و  $q_2$  را در دو رأس مثلث متساوی الساقینی قرار داده و برآیند میدان آن‌ها را در رأس سوم نشان داده‌ایم. درباره‌ی اندازه و نوع بارهای  $q_1$  و  $q_2$  در هر شکل چه می‌توان گفت؟

مرتبط با پرسش ۱۳ صفحه‌ی ۴۲



میدان الکتریکی یکنواخت و تعادل ذره‌ی باردار: صفحه‌ی ۱۹ تا ۲۱

مسائل

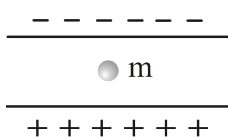
۶۴- ذره‌ای به جرم ۲ گرم و بار الکتریکی  $2 \mu\text{C}$  را در میدان الکتریکی خارجی  $4 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$  قرار می‌دهیم. بزرگی شتاب حاصل از نیروی الکتریکی وارد بر این ذره را حساب کنید.

مرتبط با رابطه‌ی ۱-۳ صفحه‌ی ۱۱

۶۵- در بادکنکی به جرم ۱۰g بار الکتریکی  $q$  ایجاد می‌کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. اگر بزرگی میدان الکتریکی  $5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$  و جهت آن روبه پایین باشد بادکنک در میدان معلق می‌ماند. اندازه و نوع بار  $q$  را تعیین کنید. از نیروی شناوری وارد به بادکنک چشم‌پوشی کنید.

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

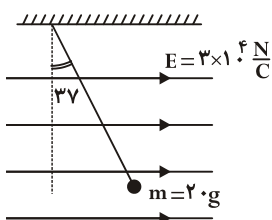
مکمل و مشابه تمرین ۱-۷ صفحه‌ی ۲۱



۶۶- مطابق شکل ذره‌ای به جرم ۳۰g و بار  $20 \mu\text{C}$  در میدان الکتریکی یکنواخت معلق مانده است.

نوع بار ذره چیست و اندازه‌ی میدان چند واحد SI است؟ مکمل و مشابه مسئله ۱۱ صفحه‌ی ۴۲

۶۷- با توجه به شکل مقابل:



مکمل و مرتبط با مسئله ۱۱ صفحه‌ی ۴۲

ا) نیروهای وارد به گلوله را رسم کنید.

ب) بار گلوله و نوع آن را تعیین کنید.  $(\tan 37^\circ = \frac{3}{4})$

انرژی پتانسیل الکتریکی

(۸ سؤال شناسنامه‌دار)

کار میدان الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل

انرژی پتانسیل الکتریکی: صفحه‌های ۲۱ و ۲۳

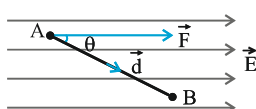
تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در سامانه‌های شامل بار: اگر برای دور یا نزدیک کردن دو بار انرژی مصرف کنیم انرژی پتانسیل افزایش می‌یابد (نزدیک کردن دو بار همنام یا دور کردن دو بار ناهمنام). اما اگر دور یا نزدیک شدنشان خودبه‌خود اتفاق بیفتد، انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد (دور شدن دو بار همنام یا نزدیک شدن دو بار ناهمنام) با حرکت بار در میدان یکنواخت بین دو صفحه‌ی ناهم‌نام، 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  $\theta$  (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:

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

● توجه: بدیهی است که اگر  $q$  مثبت باشد،  $\vec{F}$  در جهت  $\vec{E}$  و اگر منفی باشد،  $\vec{F}$  در خلاف جهت  $\vec{E}$  رسم خواهد شد.

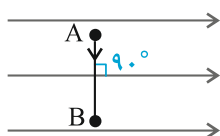
● رابطه‌ی  $W_E = |q| E d \cos \theta$  نشان می‌دهد:

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

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 ( $W_E < 0$ )

● توجه: 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:

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

کار میدان الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل: صفحه‌ی ۲۱ تا ۲۳

پرسش‌ها

۶۸- کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب نمایید.

(آ) اگر بار الکتریکی مثبت در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن (افزایش-کاهش) می‌یابد.

مرتبط با شکل ۱-۲۴ صفحه‌ی ۲۲

(ب) اگر کاری که ما برای جابه‌جایی بار الکتریکی با سرعت ثابت انجام می‌دهیم (مثبت - منفی) باشد انرژی پتانسیل بار، افزایش می‌یابد.

مرتبط با شکل ۱-۲۴ صفحه‌ی ۲۲

(پ) اگر دو بار الکتریکی ناهم‌نام به یکدیگر نزدیک شوند انرژی پتانسیل الکتریکی دوبار (کاهش-افزایش) می‌یابد.

مرتبط با شکل ۱-۲۴ صفحه‌ی ۲۲

(ت) اگر کاری که ما انجام می‌دهیم تا بار الکتریکی را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی جابه‌جا کنیم مثبت باشد کار میدان روی بار در این

مرتبط با شکل ۱-۲۴ صفحه‌ی ۲۲

جابه‌جایی (مثبت - منفی) است.

ث) اگر یک الکترون که فقط تحت تأثیر نیروی الکتریکی است، در یک میدان الکتریکی رها شود، انرژی جنبشی آن (کاهش-افزایش) و انرژی پتانسیل الکتریکی آن (افزایش-کاهش) می‌یابد.

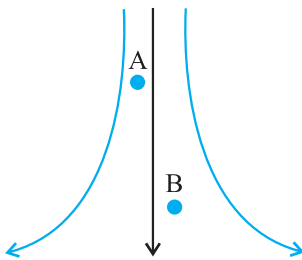
مرتبط با شکل ۱-۲۴ صفحه‌ی ۲۲

ج) اگر بار الکتریکی منفی در (جهت-خلاف جهت) میدان الکتریکی جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

مرتبط با شکل ۱-۲۴ صفحه‌ی ۲۲

۶۹- در شکل مقابل، الکترونی یک بار در نقطه‌ی A و بار دیگر در نقطه‌ی B قرار می‌گیرد. در این حالت درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید.

مرتبط با شکل ۱-۱۶ صفحه‌ی ۱۸ و شکل ۱-۲۴ صفحه‌ی ۲۲



- آ) اندازه‌ی میدان الکتریکی در هر دو نقطه یکسان است.
- ب) اندازه‌ی نیروی الکتریکی وارد بر الکترون در نقطه‌ی B بیش‌تر از نقطه‌ی A است.
- پ) انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون، در نقطه‌ی A کوچک‌تر از نقطه‌ی B است.
- ت) جهت نیروی الکتریکی وارد بر الکترون در نقاط A و B روبه بالا است.

۷۰- اگر بار الکتریکی +q در میدان الکتریکی یکنواخت رها شود، انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل الکتریکی آن چگونه تغییر می‌کنند؟

مرتبط با شکل ۱-۲۲ صفحه‌ی ۲۱

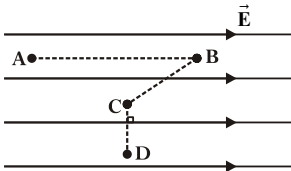
---



---

۷۱- با توجه به شکل مقابل، انرژی پتانسیل الکتریکی بار +q را در نقاط مشخص شده با هم مقایسه کنید.

مرتبط با شکل ۱-۲۴ صفحه‌ی ۲۲



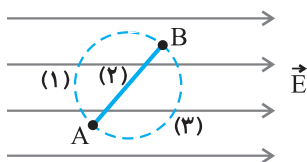

---



---

۷۲- مطابق شکل زیر، بار +q را از سه مسیر (۱)، (۲) و (۳) از نقطه‌ی A به نقطه‌ی B می‌بریم. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی این بار را در سه مسیر با هم مقایسه کنید.

مرتبط با شکل ۱-۲۴ صفحه‌ی ۲۲




---



---

مسائل

۷۳- بار الکتریکی نقطه‌ای و مثبت  $200 \mu\text{C}$  در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $5000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ ، به اندازه‌ی ۲ متر در جهت خط‌های میدان جابه‌جا می‌شود. کار نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی چند ژول است؟

مکمل و مشابه مسئله ۱۶ صفحه‌ی ۴۲

---



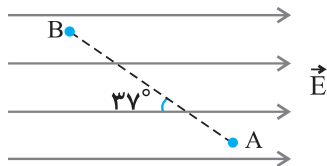
---



---

۷۴- مطابق شکل زیر، بار الکتریکی  $q = -10 \mu\text{C}$  را در میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 4 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$  به اندازه‌ی  $50 \text{ cm}$  از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B جابه‌جا می‌کنیم. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار را در این جابه‌جایی به دست آورید.  $\cos 37^\circ = 0.8$

مکمل و مشابه مسئله ۱۶ صفحه‌ی ۴۲




---



---

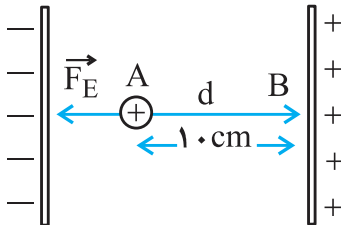


---



---

۷۵- مطابق شکل زیر، در یک میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 2 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$  پروتونی که از نقطه‌ی A با تندی  $v_0$  پرتاب شده است سرانجام در نقطه‌ی B متوقف می‌شود. جرم پروتون  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  و بار آن  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  است. (آ) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در این جابه‌جایی چه مقدار است؟




---



---



---

مکمل و مشابه با مثال ۱-۱۰ صفحه‌ی ۲۳

(ب) تندی پرتاب پروتون را پیدا کنید.

---



---

**پتانسیل الکتریکی**

(۱۹ سؤال شناسنامه‌دار)

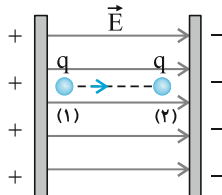
رابطه‌ی اختلاف پتانسیل الکتریکی با تغییر

انرژی پتانسیل الکتریکی

رابطه‌ی اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه و

اندازه‌ی میدان الکتریکی یکنواخت

پتانسیل الکتریکی: صفحه‌های ۲۳ تا ۲۷



مطابق شکل اگر بار  $q$  در میدان الکتریکی  $E$  از نقطه‌ی (۱) تا نقطه‌ی (۲) جابه‌جا شود و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن  $\Delta U_E$  باشد، آن‌گاه اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه (طبق رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود).

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{\Delta U_E}{q}$$

• برای پتانسیل و اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌توان گفت:

۱. اختلاف پتانسیل بین دو نقطه، یعنی  $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$ ، به نوع و اندازه‌ی بار  $q$  بستگی ندارد و برای دو نقطه‌ی معین همواره ثابت است.

۲. در رابطه‌ی  $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$ ، باید  $q$  را با علامت آن جای‌گذاری کنیم.

۳. با حرکت در جهت میدان الکتریکی (در شکل بالا از صفحه‌ی + به طرف صفحه‌ی -)، پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می‌یابد.

۴. اگر در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم، (در شکل بالا از صفحه‌ی - به طرف صفحه‌ی +) پتانسیل الکتریکی نقاط افزایش می‌یابد.

۵. اگر در راستای عمود بر میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی نقاط ثابت می‌ماند.

**محاسبه‌ی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی با معلوم بودن اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه**

در این حالت بار الکتریکی  $q$  از نقطه‌ی با پتانسیل الکتریکی  $V_1$  به نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی  $V_2$  منتقل می‌شود که با محاسبه‌ی

$$\Delta V = V_2 - V_1 \quad \text{و با استفاده از رابطه‌ی} \quad \Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}, \quad \text{تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار محاسبه می‌شود.}$$

• تذکر: معمولاً در محاسبه‌ها یک نقطه را مرجع پتانسیل الکتریکی در نظر می‌گیرند که برای آن نقطه ( $V = 0$ ) است. به‌عنوان مثال در مهندسی برق زمین را مرجع پتانسیل انتخاب می‌کنند.

**رابطه‌ی اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازه‌ی میدان الکتریکی یکنواخت**

در یک میدان الکتریکی یکنواخت، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه در راستای میدان الکتریکی از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

در این رابطه  $\Delta V$  بر حسب ولت،  $d$  بر حسب متر و میدان الکتریکی (یکای دیگر) بر حسب ولت بر متر می‌باشد که معادل نیوتون بر متر است.

• دقت کنید،  $d$  فاصله‌ی دو نقطه در راستای میدان (موازی خط میدان) است که در حل مسائل، اگر زاویه‌ی بین  $\vec{E}$  و  $\vec{AB}$ ، برابر  $\alpha$  باشد  $d = AB \cos \alpha$  خواهد بود.

**پرتاب یا رها کردن یک ذره‌ی باردار در میدان الکتریکی**

اگر یک ذره‌ی باردار را در یک میدان الکتریکی رها یا پرتاب کنیم، این ذره تنها تحت اثر نیروی میدان الکتریکی قرار خواهد داشت. در این حالت می‌توان از قضیه‌ی کار-انرژی جنبشی یا پایستگی انرژی مکانیکی استفاده کرد.

در این‌جا با صرف نظر کردن از نیروی گرانش، کار کل انجام شده در جابه‌جایی آن از  $A$  تا  $B$ ، همان کار میدان ( $W_E$ ) است. حال طبق قضیه‌ی کار-انرژی جنبشی داریم:

$$W_E = \Delta K \quad \xrightarrow{W_E = -\Delta U_E} \quad -\Delta U_E = \Delta K$$

کار انجام شده توسط نیروی خارجی: اگر در میدان الکتریکی، علاوه بر نیروی الکتریکی، نیروی خارجی دیگری بر ذره‌ای با بار  $q$  وارد شود و آن را از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر جابه‌جا نماید، طبق قضیه‌ی کار-انرژی جنبشی، تغییر انرژی جنبشی بار  $q$  برابر است با:

$$\Delta K = W_{ex} + W_E = W_{ex} - q\Delta V$$

اگر بار  $q$  در ابتدا و انتهای این جابه‌جایی ساکن باشد  $\Delta K = 0$  است، بنابراین داریم:

$$W_{ex} = -W_E = q\Delta V = \Delta U$$

