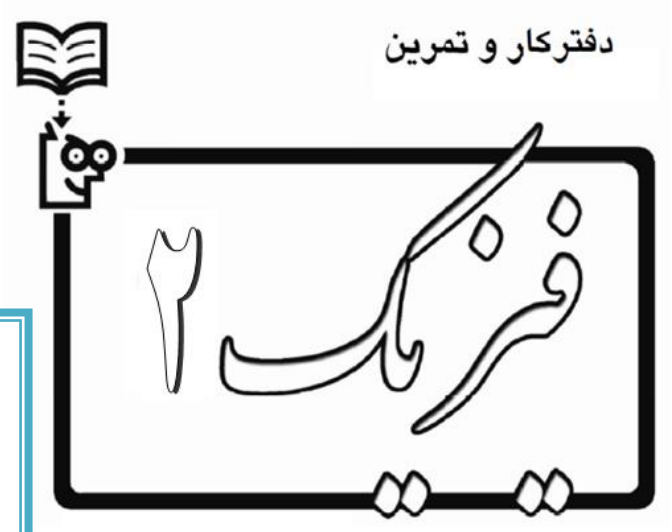


پایه یازدهم رشته علوم تجربی

گروه آموزشی فیزیک استان گلستان

نام دبیر: مجتبی عسکری

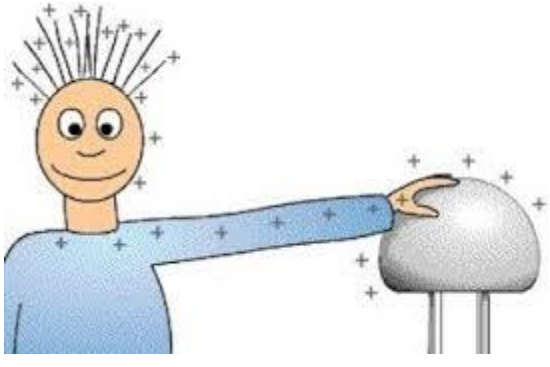
دبیر فیزیک شهرستان علی آبادکتول

دبیرستان شاهد

سال تحصیلی
۱۴۰۰ – ۱۴۰۱

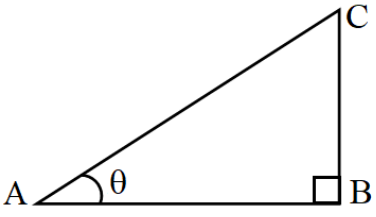
فصل اول: الکتریسیته ساکن

- ☑ بار الکتریکی
- ☑ پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی
- ☑ قانون کولُن
- ☑ میدان الکتریکی
- ☑ انرژی پتانسیل الکتریکی
- ☑ توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا
- ☑ خازن
- ☑ انرژی خازن



الکتریسیته ساکن

یادداشت ریاضی



در مثلث قائم الزاویه ABC ، نسبت طول ضلع مقابل زاویهٔ حادهٔ θ به طول وتر را سینوس زاویهٔ θ می‌نامیم. $\sin\theta = \frac{BC}{AC}$

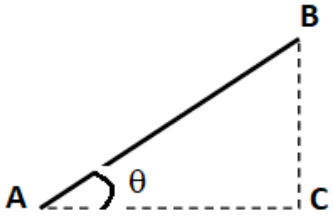
در مثلث قائم الزاویه ABC ، نسبت طول ضلع مجاور زاویهٔ حادهٔ θ به طول وتر را کسینوس زاویهٔ θ می‌نامیم. $\cos\theta = \frac{AB}{AC}$

در مثلث قائم الزاویه ABC ، نسبت طول ضلع مقابل زاویهٔ حادهٔ θ به طول ضلع مجاورآن را تانژانت زاویهٔ θ می‌نامیم. $\tan\theta = \frac{BC}{AB}$

جدول مقادیر سینوس، کسینوس و تانژانت زوایای مهم

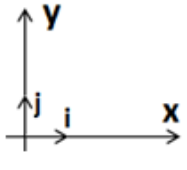
θ	۰	۳۰	۳۷	۴۵	۵۳	۶۰	۹۰	۱۲۰	۱۸۰	۲۷۰	۳۶۰
$\sin\theta$	۰	$\frac{۱}{۲}$	۰/۶	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	۰/۸	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	۱	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	۰	-۱	۰
$\cos\theta$	۱	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	۰/۸	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	۰/۶	$\frac{۱}{۲}$	۰	$\frac{-۱}{۲}$	-۱	۰	۱
$\tan\theta$	۰	$\frac{\sqrt{۳}}{۳}$	$\frac{۳}{۴}$	۱	$\frac{۴}{۳}$	$\sqrt{۳}$	∞	$-\sqrt{۳}$	۰	∞	۰

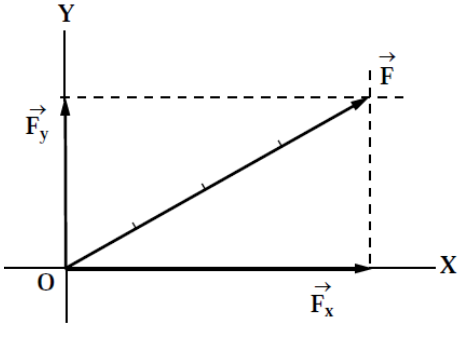
◀ محاسبهٔ شیب خط



$$\text{شیب خط } AB = \tan\theta = \frac{BC}{AC} = \frac{\text{تغییرات در راستای عمودی}}{\text{تغییرات در راستای افقی}}$$

◀ تجزیهٔ بردار $\vec{F}$ روی محورهای **x** و **y** و محاسبهٔ اندازهٔ مؤلفه‌های آن و نوشتن بردار $\vec{F}$ برحسب بردارهای یکه





جمع بردارها به روش متوازی‌الاضلاع : از یک نقطه با حفظ جهت و راستا، بردار دو نیرو را رسم می‌کنیم. به صورت فرضی، با امتداد بردارها یک متوازی الاضلاع می‌سازیم. قطر متوازی الاضلاع برابر با برآیند دو نیرو می باشد و اندازه آن از فرمول زیر به دست می آید:

$$F_t = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

فرمول‌های خاص محاسبه اندازهٔ برآیند دو نیرو:

۱- اگر نیروها هم‌جهت باشند: $F_t = F_1 + F_2$

۲- اگر نیروها خلاف‌جهت هم باشند: $F_t = |F_1 - F_2|$

۳- اگر نیروها برهم عمود باشند: $F_t = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

۴- اگر نیروها هم‌اندازه باشند: $F_t = 2F_1\cos\frac{\alpha}{2}$

حل چند مثال

بار الکتریکی

اگر قطعه‌ای از کهربا با پارچهٔ پشمی مالش داده شود و سپس به خرده‌های کاه نزدیک گردد، آن خرده‌ها به‌سوی کهربا کشیده می‌شوند. امروز می‌دانیم این کشش ناشی از یک نیروی الکتریکی است.

وقتی دو جسم با یکدیگر مالش داده می‌شوند، هر دوی آن‌ها دارای بار الکتریکی می‌شوند و بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. از این تجربه‌ها نتیجه گرفتیم که دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. نوع باری که دو جسم بر اثر مالش پیدا می کنند، به جنس آنها بستگی دارد. یکای بار الکتریکی در SI ، کولُن (C) است.

همهٔ اجسام از ذره‌های بسیار کوچکی به نام اتم ساخته شده‌اند. هر اتم از هسته و الکترون ساخته شده است. هسته نیز از ذره‌های ریزتری به نام پروتون و نوترون ساخته شده است. پروتون بار مثبت (+) و الکترون بار منفی (-) دارد و نوترون نیز بدون بار الکتریکی است. در حالت عادی تعداد پروتون‌های هر اتم با تعداد الکترون های آن اتم برابر است.

◄ **عدد اتمی:** به تعداد پروتون‌های موجود در هستهٔ اتم یک عنصر عدد اتمی آن عنصر گفته می‌شود.

◄ **رسانای الکتریکی:** جسمی که بار الکتریکی در آن شارش می‌کند.

◄ **نارسانای الکتریکی (عایق):** به موادی مانند شیشه، پلاستیک، چوب خشک و... که الکترون‌های آن‌ها به هسته‌هایشان وابستگی زیادی دارند و نمی‌توانند در این اجسام به سادگی حرکت کنند، نارسانای الکتریکی می‌گوییم.

◄روش‌های ایجاد بار در اجسام

۱– مالش: وقتی میله‌ای پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم، تعدادی از الکترون‌های پارچه به میله منتقل می‌شود. این انتقال در اثر مالش دو جسم اتفاق می‌افتد.

توجه: در این روش یکی از اجسام دارای بار مثبت و دیگری دارای بار منفی می‌شود و اندازهٔ بار آن‌ها یکسان است.

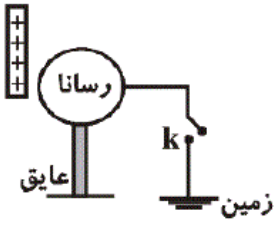
۲– تماس: اگر میلهٔ دارای بار منفی را با جسم خنثی تماس دهیم، تعدادی الکترون از میله وارد جسم خنثی می‌شود و جسم خنثی نیز دارای بار منفی می‌شود. این روش ایجاد بار را ایجاد بار به روش تماس می‌نامند.

توجه: در این روش، اجسام در بار یکدیگر شریک می شوند. بارهای آن‌ها هم نام شده و از بار اولیه جسم کاسته می‌شود.

۳– القا: ایجاد بار در جسم خنثی بدون تماس با جسم باردار را القای الکتریکی می‌گوییم.

توجه: در این روش، بارهای القایی همواره مخالف بار جسم اصلی هستند، به عبارت دیگر در القا همواره ربایش ایجاد می‌شود.

☑ **تست ۱: مطابق شکل زیر، یک میلهٔ شیشه‌ای با بار الکتریکی مثبت را به یک کرهٔ رسانا که بر پایهٔ عایق قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. اگر کلید k بسته شود، بارهای ... از .... منتقل می‌شوند.**



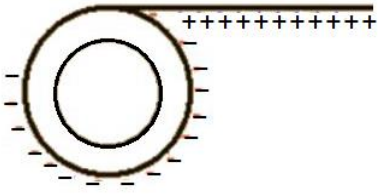
۱) مثبت – کرهٔ رسانا به زمین **۲) مثبت – زمین به کرهٔ رسانا**

۳) منفی – کرهٔ رسانا به زمین **۴) منفی – زمین به کرهٔ رسانا**

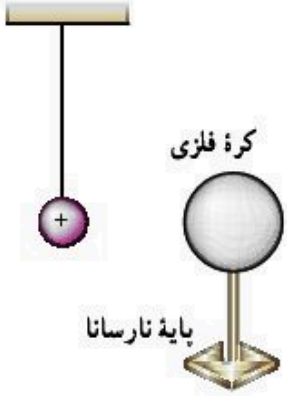
◄ **قانون بنیادی الکتروستاتیک:** **بارهای الکتریکی هم نام یکدیگر را می‌رانند و بارهای ناهم‌نام یکدیگر را می‌ربایند.**

پرسش۱: با ذکر دلیل، پیش بینی کنید اگر یک میلهٔ پلاستیکی باردار را به یک ورقهٔ کاغذ دفتر نزدیک کنیم، چه روی می‌دهد؟

پرسش۲: چرا وقتی روکش پلاستیکی را روی یک ظرف غذا می‌کشید و آن را در لبه‌های ظرف فشار می‌دهید، روکش در جای خود ثابت باقی می‌ماند؟

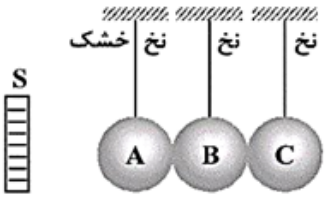


پرسش۳: یک کرهٔ فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایهٔ نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می‌کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می‌افتد؟



پرسش٤: اگر یک بادکنک باردار را در نزدیکی باریکهٔ آب قرار دهیم، مشاهده می‌کنیم باریکهٔ آب به طرف بادکنک خمیده می‌شود. علت این پدیده چیست؟

☑ **تست۲: در شکل زیر، همهٔ کره‌های رسانای A، B و C در مجاورت میلهٔ باردار منفی در تماس با هم قرار دارند. اگر به وسیلهٔ نخ خشک ابتدا کرهٔ C را جدا سازیم و سپس میلهٔ باردار منفی را از مجموعه دور کنیم، علامت بار کره‌های A و B کدام است؟**



۱) مثبت – مثبت
۲) مثبت – منفی
۳) مثبت – خنثی
۴) خنثی – مثبت

☑ تست۳: سه جسم A، B و C را دو به دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک شوند، همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند صحیح باشد؟

۱) A و C بار همنام و هم‌اندازه دارند.
۲) B و C بار غیر همنام دارند.
۳) B بدون بار و C باردار است.
۴) A بدون بار و B باردار است.

(تجربی خارج کشور ۹۰)

پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

در یک اتم خنثی، تعداد الکترون‌ها برابر با تعداد پروتون‌های هسته است. بنابراین، جمع جبری همه بارها (بار خالص) دقیقاً برابر با صفر است.

نکته۱: (بار بنیادی) اندازهٔ بار منفی الکترون دقیقاً برابر با اندازهٔ بار مثبت پروتون است. مقدار این بار: $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$

نکته۲: در هنگام مالش، با انتقال تعدادی الکترون از یک جسم به جسمی دیگر، تعادل بارها در اتم خنثی بر هم می‌خورد و جسمی که الکترون از دست می‌دهد، دارای بار الکتریکی خالص مثبت می‌گردد، همچنین، جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند، دارای بار الکتریکی خالص منفی می‌شود.باردار بودن یک جسم و نوع بار آن را می توانیم با الکتروسکوپ (برق نما) تعیین کنیم.

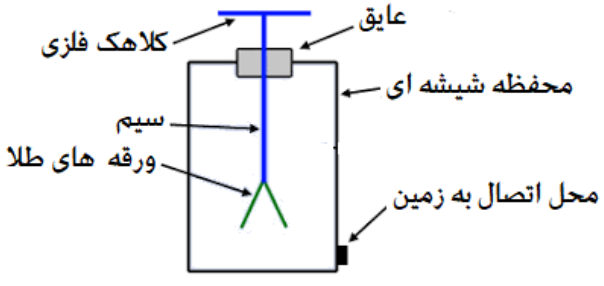
نکته۳: کاربردهای الکتروسکوپ، تعیین:

۱ – وجود بار خالص در جسم

۲– نوع بار جسم ،

۳– رسانا یا نارسانا بودن جسم

۴– مقدار بار جسم



☑ تست۴: میله‌ای با بار الکتریکی مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کرده و نگه می‌داریم. در این حالت بار الکتریکی کلاهک الکتروسکوپ ... و بار الکتریکی ورقه‌های آن ... است. اگر در همین حالت کلاهک الکتروسکوپ را لمس کنیم، بار الکتریکی ... الکتروسکوپ خنثی می‌شود.

۱) مثبت – منفی – کلاهک
۲) منفی – مثبت – ورقه‌های
۳) منفی – مثبت – کلاهک
۴) مثبت – منفی – ورقه‌های

☑ تست۵: یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می دهیم و آن را به آرامی به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم. در این صورت ورقه‌ها به تدریج با بار الکتریکی ..... از یکدیگر باز می‌شوند و کلاهک الکتروسکوپ دارای بار ..... می‌شود.

۱) منفی – مثبت
۲) منفی – منفی
۳) مثبت – منفی
۴) مثبت – مثبت

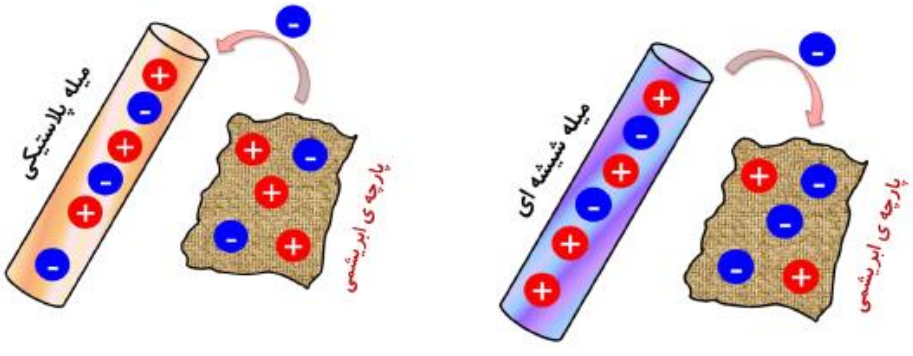
◄ **الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک):** بر اثر مالش دو جسم متفاوت به یکدیگر، انرژی لازم برای جدایی الکترون‌ها از اتم‌های یک جسم و انتقال آن‌ها به جسم دیگر فراهم می‌شود. به این پدیده **اثر تریبو الکتریک** گفته می‌شود.

توجه: نوع باری که دو جسم بر اثر مالش دریافت می کنند، به جنس آنها بستگی دارد.

به‌دست‌آوردن یا از دست‌دادن الکترون دو جسم در تماس با یکدیگر براساس جدولی موسوم به سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) است. در این جدول، مواد پایین‌تر، الکترون‌خواهی بیشتری دارند. یعنی هنگام مالش‌دادن آن‌ها به یکدیگر، اجسام پایین جدول تمایل به گرفتن الکترون و اجسام بالا تمایل به دادن الکترون دارند.

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچه کتان
کهربا
نقره ، برنج
پلی‌اتیلن، پلاستیک
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

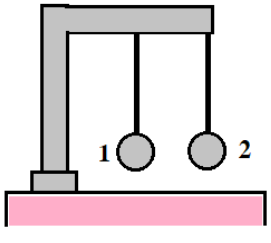
به شکل‌های زیر توجه کنید. یک پارچهٔ ابریشمی را یک بار با میلهٔ شیشه‌ای و بار دیگر با میلهٔ پلاستیکی مالش می‌دهیم. با توجه به جدول سری تریبوالکتریک، بار پارچهٔ ابریشمی را در هر مرحله مشخص کنید.



پرسش۵: اگر یک خط‌کش چوبی را با پارچهٔ ابریشمی و یک میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ کتان مالش دهیم، بار کدام اجسام مثبت می‌شود؟

پرسش٦: مطابق شکل، دو گوی سربی به وسیلهٔ نخ‌های عایق به پایه‌ای متصل‌اند.

الف) اگر گوی (۱) را با موی انسان و گوی (۲) را با پلاستیک مالش دهیم، نیرویی که دو گوی به هم وارد می‌کنند چگونه است؟



ب) اگر گوی (۱) را با پشم و گوی (۲) را با موی انسان مالش دهیم، نیرویی که دو گوی به هم وارد می‌کنند چگونه است؟

تمرین۱: جسم‌های A و B به ترتیب دارای بارهای مثبت و منفی هستند و جسم C خنثی است. نوع نیروی میان دو جسم از نظر جاذبه و دافعه را در هر قسمت مشخص کنید:

الف) A ، B ب) B ، C پ) A ، C

☑ تست۶: جسم A را به جسم B و جسم C را به جسم D مالش می‌دهیم. باتوجه به جدول سری الکتریسیتهٔ مالش (سری تریبوالکتریک) روبه‌رو، کدام دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند؟

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

۱) A و B ۲) A و D

۳) B و C ۴) B و D

☑ تست۷: بادکنک پلاستیکی را با موی گربه مالش داده‌ایم و طی این مالش بین پلاستیک و موی گربه الکترون منتقل می‌شود. بار ایجاد شده در بادکنک و موی گربه به‌ترتیب از راست به چپ برابر چند نانوکولن است؟

انتهای مثبت سری تریبوالکتریک
...
شیشه
نایلون
موی گربه
کاغذ
چوب
پلاستیک
...
انتهای منفی سری تریبوالکتریک

۱) $+۱/۶\times۱۰^{-۸}$ ، $+۱/۶\times۱۰^{-۸}$

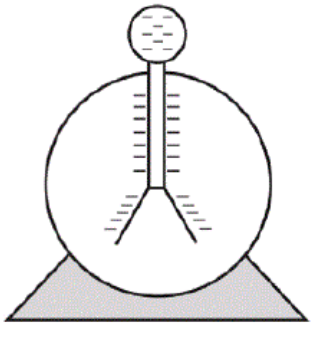
۲) $-۱/۶\times۱۰^{-۸}$ ، $+۱/۶\times۱۰^{-۸}$

۳) $+۱/۶\times۱۰^{-۸}$ ، $-۱/۶\times۱۰^{-۸}$

۴) $-۱/۶\times۱۰^{-۸}$ ، $-۱/۶\times۱۰^{-۸}$

☑ تست۸: یک میله از جنس کهربا را با یک پارچه کتانی مالش می‌دهیم و سپس کهربا را به الکتروسکوپ زیر نزدیک می‌کنیم. چه تغییری در زاویهٔ بین ورقه‌های الکتروسکوپ رخ می‌دهد؟

جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی
پشم
آلومینیم
کتان
کهربا
تفلون



۱) تغییر نمی‌کند.

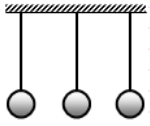
۲) کم می‌شود و در همان حال باقی می‌ماند.

۳) زیاد می‌شود.

۴) کم می‌شود و سپس زیاد می‌شود.

◄ **اصل پایستگی بار الکتریکی:** **مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است؛ یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.**

◄**اصل کوانتیده بودن بار:** **همواره بار الکتریکی جسم، مضرب درستی از بار بنیادی e است.**



پرسش۷: سه کره رسانای سبک مشابه و با شعاع کم، مطابق شکل مقابل آویزان شده‌اند که فاقد بار خالص الکتریکی‌اند. اگر کرهٔ رسانای وسطی را باردار کنیم: **الف)** پیش بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) شکل تقریبی آن را رسم کنید. **(فاصله کره‌ها به اندازهٔ کافی زیاد است تا به هم برخورد نکنند)**

نکته۴: رابطهٔ بار الکتریکی خالص جسم: $\boxed{q = \pm ne}$

مثال۱: عدد اتمی اورانیوم $Z = ۹۲$ است. بار الکتریکی هستهٔ اتم اورانیم چقدر است؟ مجموع بار الکتریکی الکترون‌های اتم اورانیم (خنثی) چه مقدار است؟ بار الکتریکی اتم اورانیم (خنثی) چقدر است؟

☑ **تست۹: چند الکترون باید از یک سکهٔ خنثی خارج شود، تا بار الکتریکی آن $+۱\mu C$ شود؟** $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$

۱) $۱/۶ \times ۱۰^{۶}$ ۲) $۱/۶ \times ۱۰^{۱۲}$ ۳) $۶/۲۵ \times ۱۰^{۶}$ ۴) $۶/۲۵ \times ۱۰^{۱۲}$ **(ریاضی ۹۵)**

☑ **تست۱۰: در ۵ مول اتم هلیم** ($^{۴}_{۲}He$)**، مجموع بار هسته‌ها چند کولن می‌باشد؟** $(N_a = ۶ \times ۱۰^{۲۳}$ و $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$

۱) $۹/۶ \times ۱۰^{۵}$ ۲) $۴/۸ \times ۱۰^{۵}$ ۳) صفر ۴) $۴/۸ \times ۱۰^{۴}$

نکته۵: اگر دو کرهٔ رسانای کوچک و مشابه با قطر یکسان دارای بارهای q_1 و q_2 را به یک‌دیگر متصل کرده و سپس از هم جدا کنیم، پس از جدا کردن، بار هر دو کره با یک‌دیگر یکسان و برابر شده و از رابطهٔ زیر بدست می‌آوریم:

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

☑ تست۱۱: دو کرهٔ فلزی مشابه و هم‌اندازه که اولی دارای بار الکتریکی $q_1 = -12\mu c$ و دومی دارای بار الکتریکی $q_2 = -4\mu c$ است، روی پایهٔ عایق نصب شده‌اند. هرگاه این دو کره با هم تماس داده شوند و بعد جدا شوند، تعداد ..... الکترون از کرهٔ ..... به کرهٔ ..... منتقل می‌شود. ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

۱) $2/5 \times 10^{13}$، اول ، دوم ۲) $2/5 \times 10^{13}$، دوم ، اول ۳) 5×10^{13} ، اول ، دوم ۴) 5×10^{13} ، دوم ، اول

تمرین۲: بار الکتریکی دو کرهٔ رسانا و هم‌اندازه به ترتیب $-2\mu C$ و $+10\mu C$ است. اگر دو کره را با هم تماس داده و جدا کنیم، اندازهٔ بار جابه‌جا شده بین دو کره چند میکروکولن می‌شود؟

تمرین۳: یک میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میلهٔ پلاستیکی $-12/8\ nC$ می‌شود.

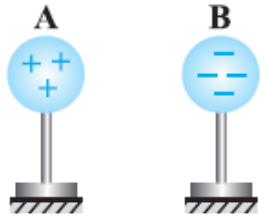
الف) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچهٔ پشمی چقدر است؟

ب) تعداد الکترون‌های منتقل‌شده از پارچهٔ پشمی به میلهٔ پلاستیکی را محاسبه کنید.

تمرین۴: الف) بار الکتریکی اتم و هستهٔ اتم کربن (${}^{12}_{6}C$) چند کولن است؟

ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^+) چقدر است؟

۱- مطابق شکل زیر، دو کرهٔ **A** و **B** بر روی پایه‌های عایق قرار گرفته و بار آن‌ها به ترتیب برابر $۸۰\times۱۰^{-۹}C$ و $-۴/۸\times۱۰^{-۷}C$ می باشد. در مورد این دو جسم، کدام یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟ (اندازهٔ بار الکتریکی هر الکترون $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ می باشد.)



۱) به جسم **A** تعداد ۵×۱۰^{۱۱} پروتون و به جسم **B** تعداد ۳×۱۰^{۱۲} الکترون داده‌ایم.

۲) از جسم **A** تعداد ۵×۱۰^{۱۱} الکترون و به جسم **B** تعداد ۳×۱۰^{۱۲} پروتون گرفته‌ایم.

۳) از جسم **A** تعداد ۵×۱۰^{۱۱} الکترون گرفته‌ایم و به جسم **B** تعداد ۳×۱۰^{۱۲} الکترون داده‌ایم.

۴) از جسم **A** تعداد ۸×۱۰^{۱۱} الکترون گرفته‌ایم و به جسم **B** تعداد ۴۸×۱۰^{۱۱} الکترون داده‌ایم.

۲- به هر سانتی‌متر از یک میلهٔ عایق ۸ سانتی‌متری، $۱۰^{۱۰}$ الکترون می‌دهیم. بار این میله چند کولن می‌شود؟ ($e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$)

۱) ۲×۱۰^{-۸} ۲) -۲×۱۰^{-۸} ۳) $۱۲/۸\times۱۰^{-۹}$ ۴) $-۱۲/۸\times۱۰^{-۹}$

۳- بار الکتریکی یک جسم باردار، کدام یک از مقادیر زیر می‌تواند باشد؟

۱) $۸\times۱۰^{۱۹}C$ ۲) $۲\times۱۰^{-۲۰}C$ ۳) $۱/۶\times۱۰^{-۲۰}C$ ۴) $۵\times۱۰^{-۱۸}C$

۴- در یک اتم دو بار مثبت ($X^{۲+}$) ، اندازهٔ بار الکتریکی الکترون‌های آن برابر $۴/۸\times۱۰^{-۱۸}$ کولن می‌باشد. تعداد پروتون‌های این اتم کدام است. (اندازهٔ بار الکتریکی هر الکترون $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ می باشد.)

۱) ۳۰ ۲) ۲۸ ۳) ۳۲ ۴) ۳۶

۵- جسمی دارای بار اولیهٔ $q_{\circ}$ می باشد. اگر این جسم ۵×۱۰^{۱۵} الکترون از دست بدهد، بار آن قرینهٔ حالت اول می شود. بار اولیهٔ این جسم، چند میکروکولن بوده است؟ ($e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$)

۱) ۴۰۰- ۲) ۴۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۸۰۰-

۶- کره‌ای رسانا دارای بار الکتریکی مثبت است. اگر ۵×۱۰^{۱۳} الکترون به کره بدهیم، بار آن منفی و اندازهٔ بار منفی $\frac{۲}{۳}$ اندازهٔ بار اولیه‌اش می‌شود. با اتصال این کره به کره‌ای مشابه که دارای بار $۱۹/۲\mu C$ است، چند میکروکولن بار از یکی به دیگری منتقل می‌شود؟

۱) ۸ ۲) ۱۱/۲ ۳) ۱۲/۴ ۴) ۱۲/۲

۶	۵	۴	۳	۲	۱
۲	۱	۳	۱	۴	۳

◄ **نیروی الکتریکی:** نیرویی که دو بار الکتریکی به هم وارد می‌کنند را نیروی الکتریکی می‌گوییم.

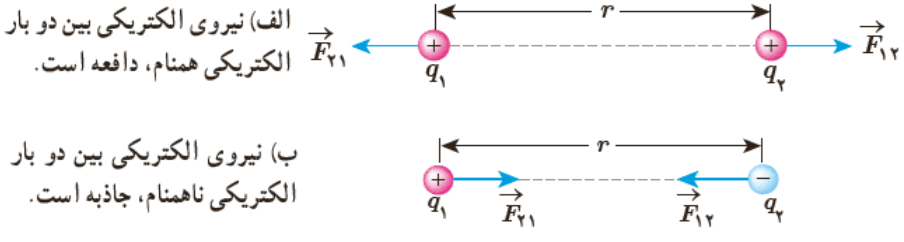
نکته۱: عوامل مؤثر بر اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی: ۱ - اندازهٔ بار الکتریکی ذرات ۲- فاصلهٔ بارها

◄ **قانون کولن:** اندازهٔ نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل ضرب بزرگی آن‌ها متناسب است و با مربع فاصلهٔ بین آن‌ها نسبت وارون دارد.

نکته۲: با توجه به تعریف قانون کولن، نیروی الکتریکی که دو بار الکتریکی به هم وارد می‌کنند از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

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

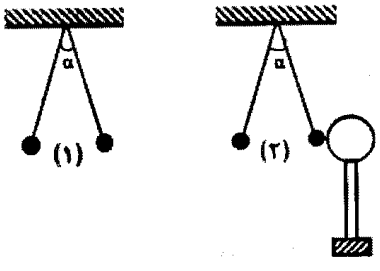
نکته۳: در رابطهٔ بالا، علامت بارهای q_1 و q_2 تعیین‌کنندهٔ نوع نیروی بین آن‌هاست(رانشی یا ربایشی)، مطابق شکل:



نکته۴: براساس قانون سوم نیوتون، اندازهٔ نیرویی که دو بار به هم وارد می‌کنند، همواره با هم برابر ($F_{12} = F_{21}$) ولی جهت این نیروها مخالف یکدیگر است.

$$(\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21})$$

پرسش۸: شکل (۱) دو آونگ الکتریکی کاملاً مشابه با بارهای مثبت و هم‌اندازه را نشان می‌دهد که با یکدیگر زاویهٔ α ساخته‌اند. یک کرهٔ رسانای بدون بار را با پایهٔ عایق مطابق شکل (۲) به گلولهٔ یکی از آونگ‌ها تماس داده و سپس دور می‌کنیم.



الف) با رسم شکل ساده پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) از انجام این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟

مثال۲: دو ذره با بارهای $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = 5\mu C$ در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری از یکدیگر ثابت شده‌اند. اندازهٔ نیرویی که برهم وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ $K = 9\times10^9\ Nm^2/C^2$

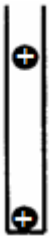
مثال۳: دو ذره باردار q_1 و $q_2 = 5q_1$ ، به فاصلهٔ ۳ سانتی‌متر از هم ثابت شده‌اند و یکدیگر را با نیروی ۵۰ نیوتون می‌رانند. اندازهٔ هرکدام از بارها را تعیین کنید.

مثال٤: مانند شکل، دو گلوله با بارهای هم‌نام و مساوی، هرکدام به جرم ۱۰ گرم را در یک لولهٔ شیشه‌ای قائم با بدنهٔ نارسانا و بدون اصطکاک رها می‌کنیم. درحالت تعادل گلوله‌ها در فاصلهٔ ۴۰ سانتی‌متری از هم قرار می‌گیرند. بار الکتریکی هر گلوله را محاسبه کنید. $K = ۹\times۱۰^۹\ Nm^۲/C^۲$ و $g = ۱۰N/kg$

لولهٔ شیشه‌ای

مثال۵: دوگوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای $q_1 = ۴nc$ و $q_2 = -۶nc$ **را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصلهٔ** $r = ۳۰cm$ **از هم دور می‌کنیم. نیروی برهم کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو رانشی است یا ربایشی؟**

تمرین۵: در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم g ۰/۹ و بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ cm ۱ از هم قرار دارند، به‌طوری‌که گوی بالایی معلق مانده است.



الف) اندازهٔ بار q را به دست آورید.

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی چقدر است؟

نکته۵: اگر بارها برحسب میکروکولن و فاصلهٔ بارها برحسب سانتی‌متر باشد، می‌توان نیرو را از رابطهٔ زیر محاسبه کرد:

$$F = ۹۰\frac{|q_۱q_۲|}{r^۲}$$

نکته۶: مقایسهٔ نیروی وارد بر بارهای الکتریکی :

$$\frac{F'}{F} = \left|\frac{q'_۱}{q_۱}\right| \times \left|\frac{q'_۲}{q_۲}\right| \times \left(\frac{r}{r'}\right)^۲$$

☑ تست۱۲: اگر اندازهٔ بارهای هر یک از دو بار الکتریکی نقطه‌ای را ۳ برابر کنیم و فاصلهٔ بین آن‌ها را نیز ۳ برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) ۱ ۳) ۳ ۴) ۹ (ریاضی ۹۸)

مثال۶: دو بار الکتریکی نقطه‌ای برابرو هم علامت، در فاصلهٔ ثابتی از هم قرار دارند و به یکدیگر نیروی F وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار الکتریکی یکی را کم کرده و همان مقدار بر بار دیگری اضافه کنیم، نیرویی که به هم وارد می‌کنند چند F می‌شود؟

مثال۷: دو بار نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ در فاصلهٔ d یک‌دیگر را با نیروی F جذب می‌کنند. بارهای $-q_۱$ و $+۲q_۲$ در فاصلهٔ $۲d$ بر یک‌دیگر چه نیرویی (چه نوع و چند برابر F) وارد می‌کنند؟

تمرین۶: دو ذره با بارهای الکتریکی هم‌اندازه و هم‌نام q در فاصلهٔ r نیروی الکتریکی $۶۴۰\ N$ به هم وارد می‌کنند. چند درصد از بار یکی را برداشته، روی دیگری قرار دهیم تا در همان فاصله نیروی $۶۰۰\ N$ به هم وارد کنند؟

☑ تست۱۳: دو بار الکتریکی همنام $q_1 = 8\mu C$ و q_2 در فاصلهٔ r، نیروی F برهم وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار q_1 را برداشته به q_2 اضافه کنیم، بدون تغییر فاصلهٔ بارها نیروی متقابل بین آن‌ها ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. مقدار اولیهٔ q_2 چند میکروکولن است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴ (ریاضی ۸۹)

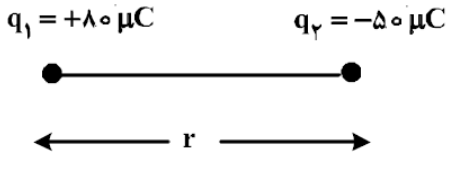
☑ تست۱۴: دو کرهٔ فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +5\mu C$ و $q_2 = +15\mu C$ در فاصلهٔ r نیروی F، بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو کره را در یک لحظه با یکدیگر تماس دهیم، به‌طوری که فقط بین دو کره مبادلهٔ بار صورت گیرد و مجدداً به همان فاصلهٔ قبلی برگردانیم، نیروی دافعه بین دو کره چگونه تغییر می‌کند؟ (تجربی ۹۱)

۱) ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. ۲) ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.
۳) تقریباً ۳۳ درصد کاهش می‌یابد. ۴) تقریباً ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

☑ تست۱۵: دو گلولهٔ فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می‌باشند، در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری، نیروی جاذبهٔ ۴ نیوتون بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام $+3\mu C$ خواهد شد. بار اولیهٔ گلوله‌ها برحسب میکروکولن کدام است؟

۱) ۱۲ و ۶- ۲) ۱۰ و ۴- ۳) ۹ و ۳- ۴) ۸ و ۲- (ریاضی ۹۴)

☑ تست۱۶: مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی در فاصلهٔ r، نیروی جاذبهٔ F بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر با ثابت بودن فاصله، ۲۵ درصد از بار q_1 را به q_2 انتقال دهیم، نیروی جاذبه بین دو بار چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟ (تجربی خارج کشور ۹۸)



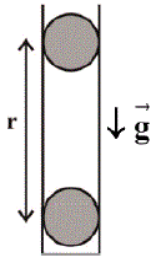
۱) ۲۵ ، کاهش
۲) ۲۵ ، افزایش
۳) ۵۵ ، کاهش
۴) ۵۵ ، افزایش

☑ تست۱۷: دو بار الکتریکی نقطه‌ای q_1 و $q_2 = 2q_1$ در فاصلهٔ r از هم قرار دارند و به هم نیروی دافعه وارد می‌کنند. چند درصد از بار q_2 را به q_1 منتقل کنیم تا در همان فاصله، نیروی دافعهٔ بین بارهای الکتریکی بیشینه شود؟

۱) ۱۵ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰ (ریاضی خارج کشور ۹۵)

☑ تست۱۸: مطابق شکل زیر، دو گلولهٔ کوچک مشابه با بارهای $q = +2\mu C$ و جرم $m = 20g$ در یک لولهٔ شیشه‌ای قائم با بدنهٔ نارسانا به صورت زیر در حال تعادل هستند. فاصلهٔ مرکز دو گلوله از هم در این حالت چند سانتی‌متر است؟

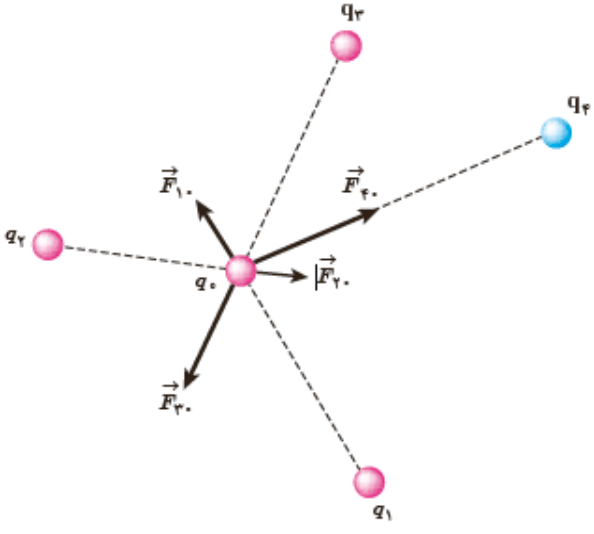
(از اصطکاک گلوله‌ها با بدنهٔ شیشه‌ای صرفنظر شود و $\sqrt{2} = 1/4$ ، $g = 10N/kg$ ، $k = 9\times10^9 Nm^2/C^2$)



۱) ۲۸ ۲) ۳۴ ۳) ۴۲ ۴) ۵۶

◀ **برآیند نیروی الکتریکی:** اگر به جای دو ذرهٔ باردار، تعدادی بار نقطه‌ای داشته باشیم، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذرّه، برآیند نیروهایی است که هریک از ذرّه‌های دیگر به تنهایی بر آن ذرّه وارد می‌کند. فرض کنید n ذرهٔ باردار داشته باشیم که در نزدیکی بار نقطه‌ای q_0 قرار دارند. آن‌گاه نیروی خالص (برآیند) وارد بر بار نقطه‌ای q_0 با جمع برداری زیر داده می‌شود:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} + \vec{F}_{40}$$

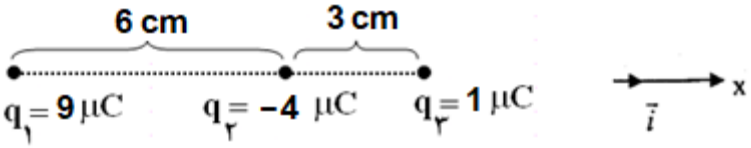


پرسش۹: سه ذرّه باردار مانند شکل روبه‌رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصلهٔ بارهای سمت راست و چپ از بار میانی برابر است.

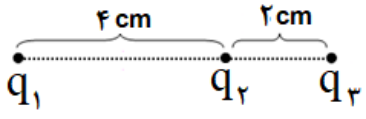
الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید.

ب) اگر ذرهٔ سمت راست به جای q، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار میانی چگونه خواهد بود؟

مثال۸: در شکل زیر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی q_3 را برحسب بردار یکهٔ دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.

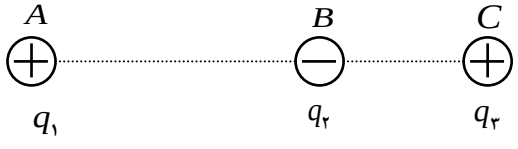


تمرین۷: سه ذرهٔ باردار $q_1 = +2/5\mu c$ ، $q_2 = -1\mu c$ و $q_3 = -4\mu c$ مطابق شکل در محل خود ثابت شده‌اند. نیروی وارد بر بار q_3 چند نیوتون و در کدام جهت است؟



تمرین۸: مطابق شکل مقابل، 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 و B و C ثابت شده‌اند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 را برحسب بردارهای یکهٔ بنویسید.

$AC = ۶cm$ و $BC = ۲cm$ و $K = ۹\times۱۰^۹\ Nm^۲/C^۲$



پرسش۱۰: در چه نقطه‌ای از فضا، برآیند نیروهای وارد بر یک بار، از سوی دوبار الکتریکی دیگر صفر است؟

اگر بارها همنام باشند برآیند نیروهای وارد بر بار سوم در نقطه‌ای بین دو بار و نزدیک به باری که قدرمطلق کوچکتری دارد، صفر است. اگر بارها ناهمنام باشند، بار سوم باید در نقطه‌ای روی خط واصل بارها و در فاصله خارج بین دو بار و نزدیک به باری که قدر مطلق کوچکتری دارد قرار گیرد تا برآیند نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای دیگر برابر صفر شود.

مثال۹: دو بار الکتریکی $q_1 = -4\mu C$ و $q_2 = +16\mu C$ در فاصلهٔ ۲۰ Cm از یک‌دیگر ثابت شده‌اند. بار q_3 را در چه فاصله‌ای از بار q_1 قرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود؟

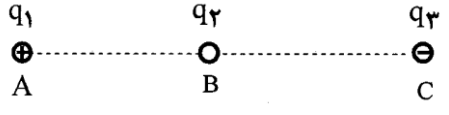
نکته۷: اگر $|q_1| < |q_2|$ باشد، می‌توان فاصلهٔ نقطه‌ای که برآیند نیروهای وارد بر بار سوم در آن صفر است تا بار کوچکتر را از رابطهٔ زیر بدست آورد:

$$x = \frac{d}{\sqrt{\left|\frac{q_{بزرگ}}{q_{کوچک}}\right|} \pm 1}$$

\+ اگر بارها هم نام باشند.

\− اگر بارها ناهمنام باشند.

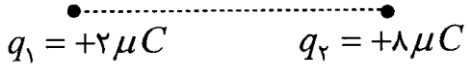
تمرین۹: دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 مطابق شکل در نقطه‌های A و B ثابت شده‌اند و q_3 در نقطهٔ C در راستای AB در حال تعادل است.



الف) نوع بار q_2 مثبت است یا منفی؟

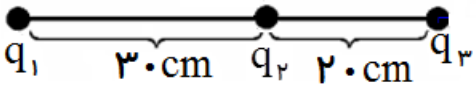
ب) مقادیر $|q_1|$ و $|q_2|$ را مقایسه کنید.

تمرین۱۰: مطابق شکل ، دو بار الکتریکی مثبت در فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متری 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؟

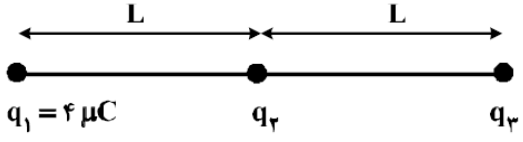


مثال۱۰: دو بار نقطه‌ای از فاصلهٔ d برهم نیروی N ۱۰ وارد می‌کنند. اگر یکی از بارها را دوبرابر و فاصلهٔ دو بار را نصف کنیم، نیرویی که دو بار برهم وارد می‌کنند، چند نیوتون خواهد شد؟

تمرین۱۱: بارهای ذره‌ای q_1 و q_2 و q_3 مطابق شکل روی یک محور قرار دارند و نیروی ۲۰N به طرف راست به q_3 وارد می‌شود. اکنون اگر بار q_2 را برداریم، نیروی وارد بر بار q_1 برابر ۱۰ N به طرف راست می‌شود. نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ را بدست آورید.



☑ تست۱۹: در شکل زیر، سه بار نقطه‌ای قرار دارند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 هم‌اندازهٔ نیروی الکتریکی است که بار q_1 بر q_3 وارد می‌کند. q_2 چند میکروکولن است؟ (تجربی ۹۸)



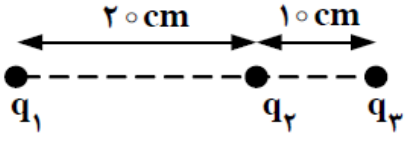
۱) ۸

۲) ۲

۳) -۲

۴) -۸

☑ تست۲۰: در شکل روبه‌رو، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای نقطه‌ای برابر صفر است. $\frac{q_3}{q_2}$ کدام است؟ (تجربی ۹۳)



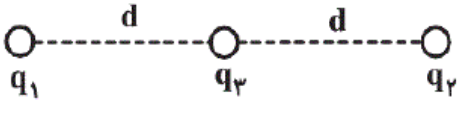
۱) -۴

۲) +۴

۳) $-\frac{۹}{۴}$

۴) $\frac{۹}{۴}$

☑ تست۲۱: مطابق شکل، دو بار الکتریکی نقطه‌ای مثبت q_1 و q_2 که رابطهٔ $q_1 = ۲q_2 = +q$ بین آن‌ها برقرار است، در دو طرف بار الکتریکی q_3 و به فاصلهٔ یکسان از آن قرار دارند. اگر فاصلهٔ بارهای q_1 و q_2 از بار q_3 را نصف کنیم و علامت بار q_1 را قرینه کنیم، بزرگی نیروی برآیند وارد بر بار q_3 چند برابر می‌شود؟



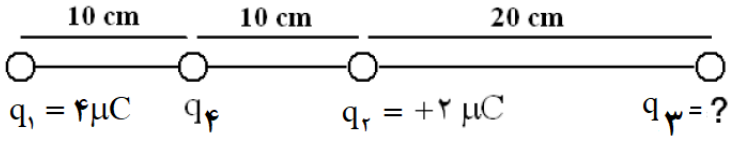
۱) ۱۶

۲) ۸

۳) ۱۲

۴) ۶

☑ تست۲۲: در شکل مقابل، برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۴$ صفر است. بار $q_۳$ چند میکروکولن است؟ (ریاضی ۹۱)



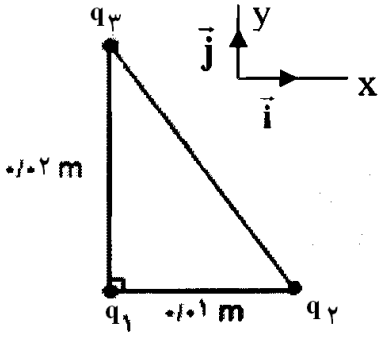
۱) ۸-
۲) ۸
۳) ۱۸
۴) ۱۸-

مثال۱۱: مطابق شکل سه ذرهٔ باردار، در سه رأس مثلث قائم الزاویه‌ای قرار دارند.

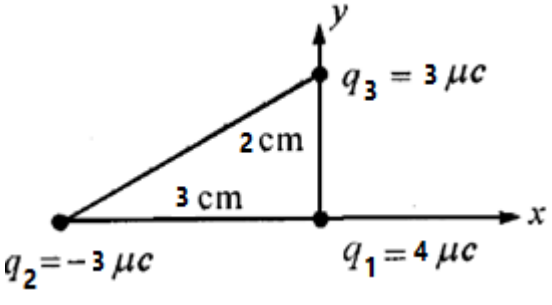
الف) نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۱$ را برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.

ب) بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۱$ را محاسبه کنید.

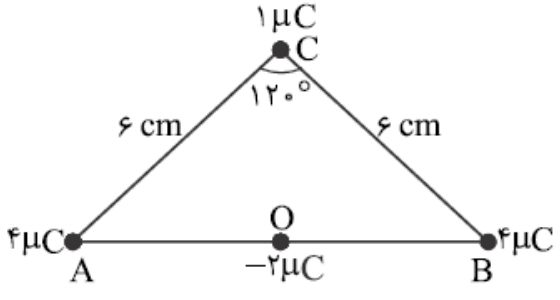
$q_۱ = ۴\mu C$ و $q_۲ = -۱\mu C$ و $q_۳ = ۴\mu C$



تمرین۱۲: مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم الزاویه‌ای قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار $q_۱$ را برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسید.

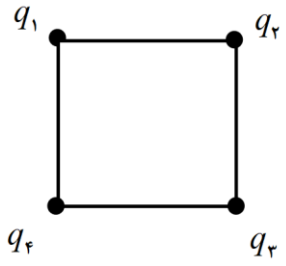


☑ تست۲۳: بارهای الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل ثابت شده‌اند. برایند نیروهای وارد بر بار $-۲\mu C$ که در نقطهٔ O وسط ضلع AB قرار دارد، چند نیوتون است؟

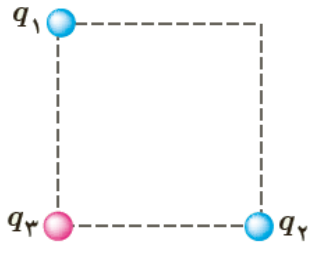


۱) ۱۰
۲) ۳۰
۳) ۲۰
۴) ۲۵

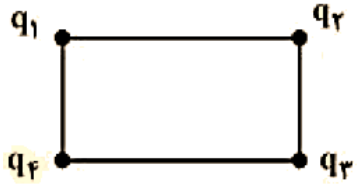
مثال۱۲: سه ذرهٔ باردار q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_3 = -5\mu C$ باشد، نوع و اندازهٔ بار q_2 را طوری تعیین کنید که بار q_4 در حال تعادل باشد.



تمرین۱۳: سه ذرهٔ باردار q_1، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع $3m$ ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_2 = -5\mu c$ و $q_3 = +0/2\mu c$ باشد، نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_2 را برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید.



☑ **تست۲۴:** چهار ذرهٔ باردار مطابق شکل زیر در ۴ رأس مستطیلی که طول آن ۲ برابر عرض آن است، ثابت شده‌اند. اگر برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 برابر صفر باشد، $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟ ((ریاضی خارج کشور ۹۶)



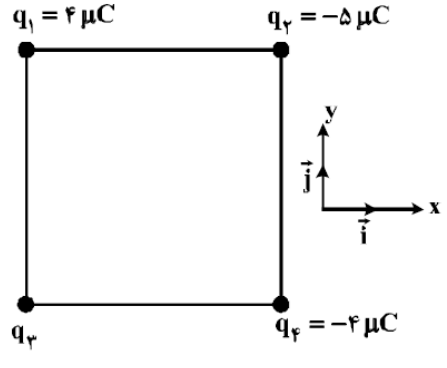
۱) $-5\sqrt{5}$

۲) -5

۳) 5

۴) $5\sqrt{5}$

☑ **تست۲۵:** چهار ذرهٔ باردار مطابق شکل زیر، در رأس‌های یک مربع به ضلع $20\ cm$ قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر q_2 در SI به صورت $\vec{F} = -9\vec{i}$ باشد، q_3 چند میکروکولن است؟ $k = 9\times10^9\ \frac{Nm^2}{C^2}$ ((ریاضی ۹۸)



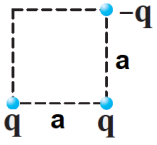
۱) $-8\sqrt{2}$

۲) -4

۳) 4

۴) $8\sqrt{2}$

۱- سه ذرهٔ باردار، مطابق شکل در گوشه‌های یک مربع قرار دارند. اگر ذرهٔ سمت چپ پایینی به جای q ، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی نسبت به حالت فعلی:



۱) ۹۰ درجه پادساعتگرد می‌چرخد.
۲) ۹۰ درجه ساعتگرد می‌چرخد.
۳) ۴۵ درجه پادساعتگرد می‌چرخد.
۴) ۴۵ درجه ساعتگرد می‌چرخد.

۲- دو ذرهٔ باردار با بارهای مثبت در فاصلهٔ ۳۰ cm از یکدیگر با نیروی الکتریکی ۵ N یکدیگر را می‌رانند. اگر مجموع بار دو ذره ۱۵ میکروکولن باشد، بار هر یک از این ذره‌ها چند میکروکولن است؟

۱) ۷ و ۸
۲) ۶ و ۹
۳) ۵ و ۱۰
۴) ۳ و ۱۲

۳- ذرهٔ A به جرم m و بار الکتریکی q و ذرهٔ B به جرم ۲m و بار الکتریکی ۲q در نزدیکی هم قرار دارند. اگر تنها نیروی وارد بر این ذره‌ها، نیروی الکتریکی متقابل آن‌ها باشد و تحت آن نیروها ذرات شتاب بگیرند، بزرگی شتاب ذرهٔ A چند برابر بزرگی شتاب ذرهٔ B خواهد شد؟

۱) $\frac{۱}{۴}$
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۴

۴- دو بار الکتریکی همنام و مساوی به فاصلهٔ d از یک‌دیگر قرار گرفته‌اند و با نیروی F یک‌دیگر را می‌رانند. این دو بار را در چه فاصله‌ای از یک‌دیگر باید قرار داد تا نیروی کولنی بین آن ها ۵۰ درصد کاهش یابد؟

۱) $\frac{d\sqrt{۲}}{۲}$
۲) $d\sqrt{۲}$
۳) $\frac{d}{۲}$
۴) $۲d$

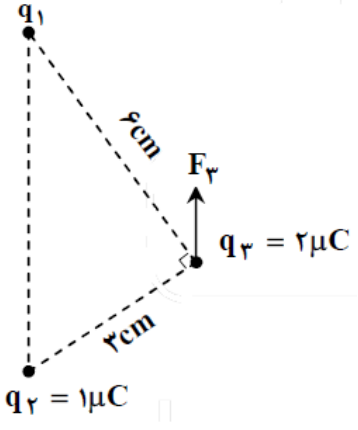
۵- اگر بار آزمونی در $\frac{۱}{۳}$ فاصلهٔ بین دو بار مساوی و ناهمنام قرار بگیرد و نیروی وارد از طرف بار نزدیک F باشد، برآیند نیروی وارد بر بار آزمون کدام است؟

۱) $\frac{۱۰F}{۹}$
۲) $\frac{۵F}{۴}$
۳) $\frac{۸F}{۹}$
۴) $\frac{۳F}{۴}$

۶- دو بار نقطه‌ای q در فاصلهٔ r نیروی F را به هم وارد می‌کنند. چند درصد از یکی از بارها را برداریم و به دیگری اضافه کنیم تا وقتی فاصلهٔ دو بار ۲۵ درصد افزایش یابد، نیرویی که به هم وارد می‌کنند، ۵۲ درصد کاهش می‌یابد؟

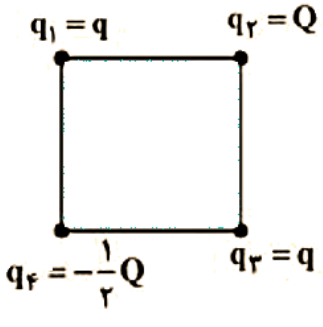
۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۴۰ ۴) ۷۵ (تجربی خارج کشور ۹۷)

۷- در شکل زیر، سه بار نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. اگر F_3 برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 موازی خط واصل q_1 و q_2 باشد، F_3 چند نیوتون است؟ $k = 9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ (تجربی ۹۶)



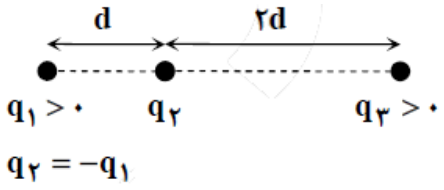
۱) $8\sqrt{5}$
۲) $12\sqrt{5}$
۳) $16\sqrt{5}$
۴) $20\sqrt{5}$

۸- چهار ذرهٔ باردار در رأس‌های یک مربع قرار دارند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر ذرهٔ باردار q_2 صفر است. $\frac{Q}{q}$ کدام است؟ (ریاضی ۹۶)



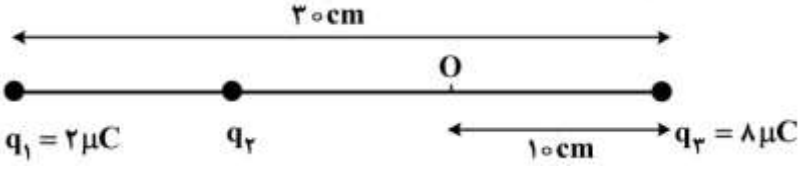
۱) $2\sqrt{2}$
۲) $4\sqrt{2}$
۳) $-2\sqrt{2}$
۴) $-4\sqrt{2}$

۹- سه بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند. اگر برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۱$ هم‌اندازهٔ برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ باشد، $\frac{q_۳}{q_۱}$ کدام است؟ (تجربی خارج کشور ۹۵)



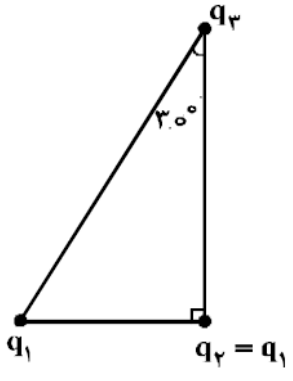
۱) $\frac{۸}{۱۳}$
۲) $\frac{۱۳}{۸}$
۳) $\frac{۱۳}{۷۲}$
۴) $\frac{۷۲}{۱۳}$

*۱۰- در شکل زیر، برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از بارها صفر است. اگر بار $q_۴ = ۱\mu C$ در نقطهٔ O قرار گیرد، نیروی الکتریکی وارد بر آن چند نیوتون می‌شود؟ (تجربی ۹۷)



۱) ۱/۲۵
۲) ۵/۹۵
۳) ۶/۷۵
۴) ۷/۵۵

۱۱- سه ذرهٔ باردار در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه قرار دارند. بزرگی نیروی الکتریکی که بار $q_۱$ بر $q_۲$ وارد می‌کند، $F_۱$ و بزرگی نیروی الکتریکی که $q_۲$ بر $q_۳$ وارد می‌کند، $F_۲$ است. در صورتی که $F_۲ = F_۱$ باشد، بزرگی نیرویی که $q_۱$ بر $q_۳$ وارد می‌کند، چند برابر $F_۱$ است؟ (ریاضی خارج کشور ۹۸)



۱) $\frac{۳}{۴}$
۲) ۱
۳) $\frac{۴}{۳}$
۴) $\frac{۳}{۲}$

۱۲- سه ذرهٔ باردار $q_1 = 12\mu C$ ، $q_2 = 3\mu C$ و q_3 در صفحهٔ $x-y$ به ترتیب در مختصات ($x_1 = 4cm , y_1 = 3cm$) ($x_2 = -8cm , y_2 = 12cm$) و (x_3 , y_3) قرار دارند. اگر برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر هر ذره صفر باشد، q_3 چند میکروکولن است؟

۱) $\frac{16}{3}$ ۲) $\frac{4}{3}$ ۳) $-\frac{4}{3}$ ۴) $-\frac{16}{3}$ (ریاضی خارج کشور ۹۸)

۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
		۴	۴	۲	۴	۲	۲	۲	۳	۳	۱

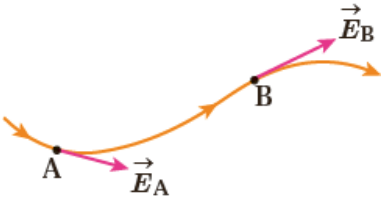
◄ **میدان الکتریکی (مفهوم):** هر بارالکتریکی خاصیتی در فضای پیرامون خود ایجاد می‌کند که به آن میدان الکتریکی گفته می‌شود.

نکته۱: میدان الکتریکی کمیت برداری است بنابراین دارای جهت و اندازه (بزرگی) می‌باشد.

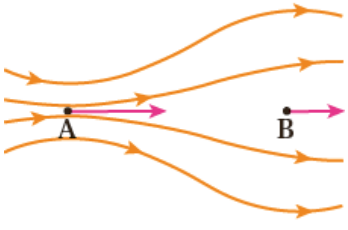
◄ **جهت میدان الکتریکی:** میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار آزمون مثبت در آن نقطه است.

توجه: برای تجسم میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خط‌های جهت‌داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می کنیم.

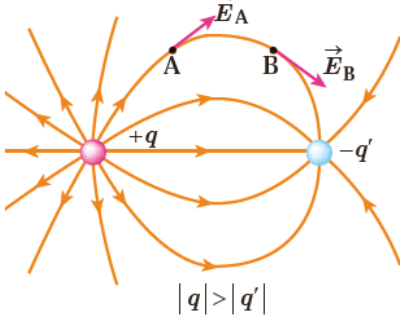
☐ قاعده‌های رسم خطوط میدان الکتریکی عبارت‌اند از:



۱- در هر نقطه، بردار میدان الکتریکی باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و درهمان جهت باشد.



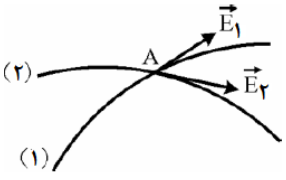
۲- میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان دهندهٔ اندازهٔ میدان در آن ناحیه است؛ هرجا خطوط میدان متراکم‌تر باشد، اندازهٔ میدان بیشتر است.



۳- در آرایشی از بارها، خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند.

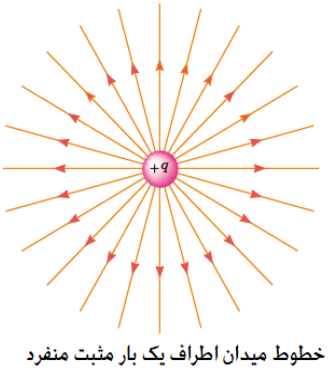
۴- خطوط میدان برآیند هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند یعنی از هر نقطهٔ فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می‌گذرد.

پرسش۱۲: به نظر شما چرا خطوط میدان الکتریکی برآیند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند؟

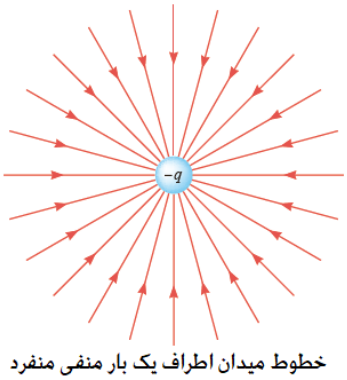


فرض می‌کنیم که خطوط میدان در یک نقطه یکدیگر را قطع کنند، یعنی در آن نقطه دو جهت برای میدان وجود دارد به‌طوری که اگر بار آزمونی را در آن نقطه قرار دهیم، هم زمان در دو جهت شروع به حرکت می‌کند که این امکانپذیر نیست. پس خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند.

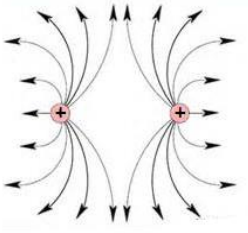
☐ **رسم خطوط میدان الکتریکی بارهای مثبت و منفی**

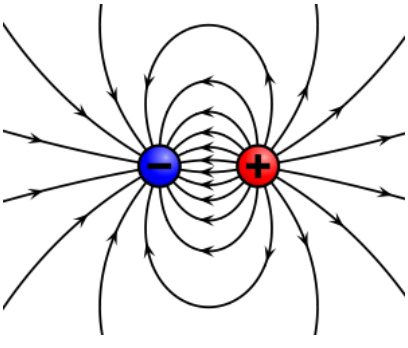


خطوط میدان اطراف یک بار مثبت منفرد

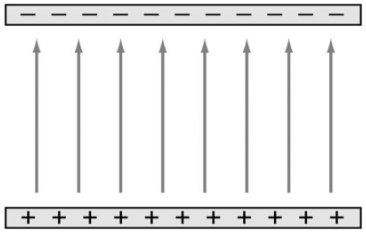


خطوط میدان اطراف یک بار منفی منفرد


خطوط میدان اطراف دوبار همنام و هم اندازه



◄ **دوقطبی الکتریکی:** آرایشی از بارهای الکتریکی است که در آن دو ذرّه با بزرگی بار یکسان و علامت مخالف در فاصلهٔ d ازهم روی محوری که به آن محور دوقطبی گفته می‌شود، قرار گرفته‌اند.

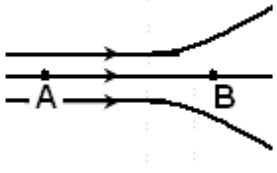


◄ **میدان الکتریکی یکنواخت:** خطوط این میدان، در فضای بین دو صفحه و دور از لبه‌های صفحات، مستقیم، موازی و هم‌فاصله‌اند؛ یعنی بردار میدان در تمام نقاط بین دو صفحه هم‌اندازه و هم‌جهت است. به چنین میدانی، میدان الکتریکی یکنواخت گفته می‌شود.

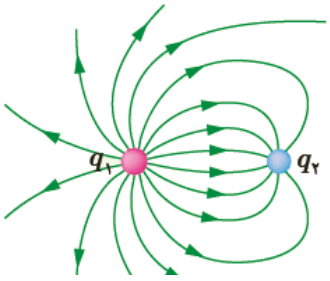
پرسش۱۳: چگونه می‌توان میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد کرد؟

دو ورقهٔ رسانا را به موازات هم در فاصلهٔ کمی از یکدیگر ثابت کرده و آن‌ها را با سیم به دو قطب باتری متصل می‌کنیم. یکی از ورقه‌ها دارای بار مثبت و دیگری بار منفی می‌گیرد. فضای بین ورقه‌ها و دورتر از لبه‌ها میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد می‌گردد.

پرسش۱۴: بزرگی میدان الکتریکی را در نقاط A و B با هم مقایسه کنید.



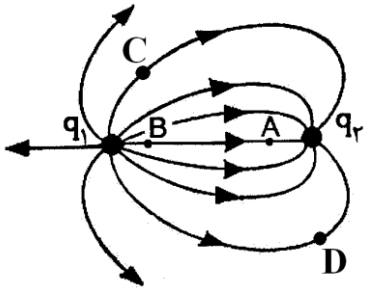
پرسش۱۵: خطوط میدان الکتریکی برای دو کرهٔ رسانای باردار کوچک در شکل زیر نشان داده شده است. نوع بار هر کره را تعیین کرده و اندازهٔ آن‌ها را مقایسه کنید.



تمرین۱۴: در شکل مقابل میدان الکتریکی را اطراف دو ذرهٔ باردار q_1 و q_2 مشاهده می‌کنید:

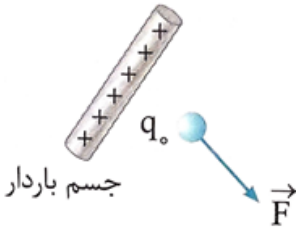
الف) بزرگی میدان الکتریکی را در دو نقطهٔ A و B با هم مقایسه کنید.

ب) بردار میدان الکتریکی را در نقاط C و D رسم کنید.



◄ **میدان الکتریکی :** نیروی الکتریکی وارد بر یکای بار مثبت در هر نقطه را میدان الکتریکی در آن نقطه می‌گویند.

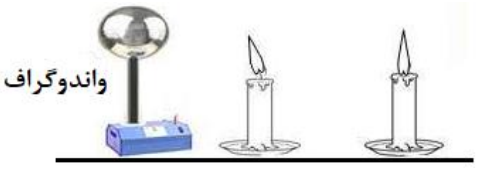
نکته۲ : باتوجه به تعریف، میدان الکتریکی از رابطهٔ مقابل محاسبه می‌شود: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$



مثال۱۳: بر بار الکتریکی $q_0 = +2\mu C$ دریک نقطه از میدان الکتریکی، نیرویی برابر $5\times10^{-2}N$ وارد می‌شود. بزرگی میدان الکتریکی را دراین نقطه محاسبه کنید.

◄ **محاسبهٔ اندازه (بزرگی) میدان الکتریکی حاصل از یک بار نقطه‌ای:** با استفاده از قانون کولن و تعریف کمی میدان الکتریکی می‌توانیم بنویسیم: $E = \frac{F}{q_0}$ و $F = \frac{k|q|q_0}{r^2}$ در نتیجه: $E = \frac{k|q|}{r^2}$

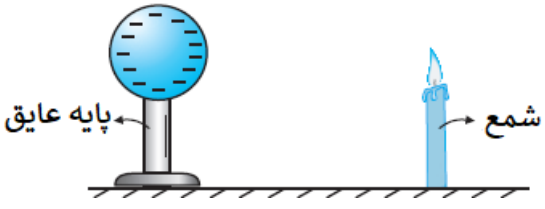
نکته۳ : رابطهٔ فوق نشان می‌دهد بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک بار نقطه‌ای با اندازهٔ بار الکتریکی نسبت مستقیم و با مربع فاصله از آن، نسبت وارون دارد و به اندازهٔ بار آزمون q_0 بستگی ندارد.



☐ **بررسی تجربی اثر فاصله بر میدان الکتریکی:** اگر دو شمع روشن را در فاصله‌های متفاوت از کلاهک واندوگراف بارداری قرار دهیم، مشاهده می‌کنیم شعله شمع نزدیک‌تر، به طرف کلاهک جذب می‌شود ولی واندوگراف بر شمع دورتر تقریباً بی‌تاثیر است.

مثال۱۴: اندازهٔ میدان الکتریکی حاصل از یک بار نقطه‌ای ۱۰ میکروکولن را در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری از بار حساب کنید.

☑ **تست۲۶: در شکل زیر، شمعی در فاصلهٔ نسبتاً دور از یک کرهٔ رسانا با بار الکتریکی منفی نسبتاً بزرگ قرار دارد. اگر شمع را به نزدیکی کره منتقل کنیم، چه تغییری در وضعیت شعلهٔ شمع مشاهده می‌شود؟**



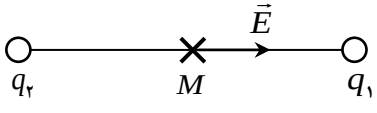
۱) در راستای قائم باقی می‌ماند.

۲) به سمت چپ منحرف می شود.

۳) به سمت راست منحرف می شود.

۴) وضعیت مشخصی ندارد.

☑ **تست۲۷: میدان الکتریکی حاصل از بارهای الکتریکی q_1 و q_2 در نقطهٔ M روی خط واصل بارها، مطابق شکل مقابل است. نوع بار الکتریکی آن‌ها به ترتیب کدام‌اند؟** **(ریاضی ۸۳)**



۱) منفی – منفی ۲) منفی – مثبت

۳) مثبت – مثبت ۴) بسته به شرایط هرکدام از گزینه‌های دیگر می‌تواند درست باشد.

☑ **تست۲۸: دریک نقطه از فضا، بار الکتریکی $-0/5C$ قرار دارد و به آن نیروی $\vec{F}=20\vec{i}-30\vec{j}$ (برحسب نیوتون) وارد می‌شود. بردار میدان الکتریکی کدام گزینه است؟**

۱) $\vec{E}=40\vec{i}-60\vec{j}$ ۲) $\vec{E}=10\vec{i}-15\vec{j}$ ۳) $\vec{E}=-40\vec{i}+60\vec{j}$ ۴) $\vec{E}=-10\vec{i}+15\vec{j}$

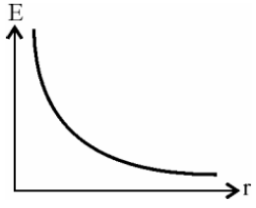
نکته۴: فرمول مقایسه اندازهٔ میدان الکتریکی:

$$\frac{E_2}{E_1}=\left|\frac{q_2}{q_1}\right|\times\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

☑ تست۲۹: میدان الکتریکی در فاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متری از بار q برابر $۱۸\frac{N}{C}$ است. چند سانتی‌متر دیگر از بار فوق دور شویم تا میدان الکتریکی برابر $۸\frac{N}{C}$ شود؟

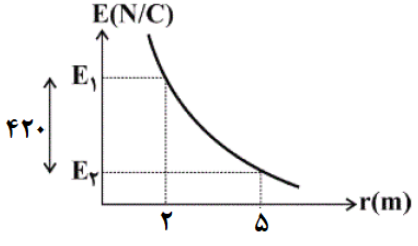
۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰ (تجربی ۸۳)

☐ رسم نمودار تغییرات میدان الکتریکی با فاصله از بار:



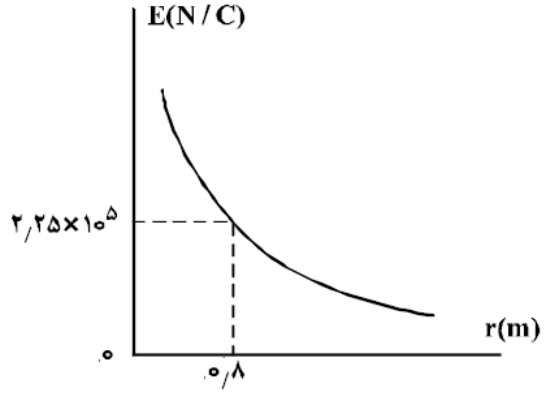
$$r = ۰ \Rightarrow E \to \infty$$
$$r \to \infty \Rightarrow E = ۰$$

☑ تست۳۰: نمودار اندازهٔ میدان الکتریکی حاصل از بار q برحسب فاصله از بار، مطابق شکل زیر است. اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ $۴m$ از این بار چند نیوتون برکولن است؟



۱) ۱۲۵ ۲) ۲۰۰
۳) ۲۵۰ ۴) ۴۰۰

☑ تست۳۱: نمودار تغییرات میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی q برحسب فاصله از آن به صورت شکل زیر است. اگر بار الکتریکی $q' = ۹\mu C$ را در فاصلهٔ ۹۰ سانتی‌متری بار q قرار دهیم، نیرویی که دو ذرهٔ باردار بر یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ (تجربی خارج کشور ۹۸)

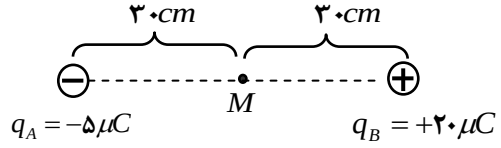


۱) ۰/۱۶
۲) ۰/۳۲
۳) ۱/۶
۴) ۳/۲

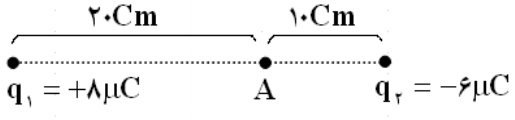
☑ برآیند میدان‌های الکتریکی: برای یافتن میدان الکتریکی خالص حاصل از چند ذرهٔ باردار درنقطه‌ای از فضا، باید نخست میدان الکتریکی ناشی از هر ذرّه را در آن نقطه به دست آورد و سپس این میدان‌ها را به صورت برداری با یکدیگر جمع کرد:

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

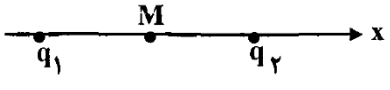
مثال۱۵: درشکل مقابل، بردار میدان الکتریکی برآیند (خالص) را در نقطهٔ M برحسب بردارهای یکه بنویسید. .



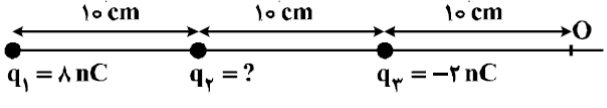
تمرین۱۵: در شکل مقابل، میدان الکتریکی برآیند حاصل از بارهای q_1 و q_2 را در نقطهٔ A برحسب بردارهای یکه بنویسید.



تمرین۱۶: مطابق شکل، دو ذره با بارهای $q_1 = +4\mu C$ و $q_2 = +2\mu C$ در فاصلهٔ ۲۰ cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. اندازهٔ میدان الکتریکی برآیند را در نقطهٔ M وسط خط واصل دو ذره حساب کنید.



☑ تست۳۲: سه بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی برآیند حاصل از سه بار در نقطهٔ O برابر ۱۰۰ N/C است. بار q_2 چند نانوکولن می‌تواند باشد؟ $k = 9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ (ریاضی ۹۸)



۱) ۴+

۲) ۲+

۳) ۲-

۴) ۴-

نکته۵: اگر بارها هم‌نام باشند میدان الکتریکی برآیند در نقطه‌ای روی خط واصل دوبار و بین بارها و نزدیک به بار کوچکتر صفر است، همچنین اگر بارها ناهم‌نام باشند، میدان برآیند در نقطه‌ای خارج بین دو بار و نزدیک به بار کوچکتر صفر است.

روش سریع: اگر $|q_1|\rangle|q_2|$ باشد، می‌توان فاصلهٔ نقطه‌ای که برآیند میدان‌ها در آن صفر است تا بار کوچکتر را می‌توان از رابطهٔ زیر نیز بدست آورد:

$$x = \frac{d}{\sqrt{\left|\frac{q_{بزرگ}}{q_{کوچک}}\right|} \pm 1}$$

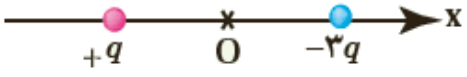
$+$ اگر بارها هم نام باشند.

$-$ اگر بارها ناهمنام باشند.

مثال۱۶: دو بار نقطه‌ای $+۲۰\mu C$ و $+۸۰\mu C$ به فاصلهٔ ۱۸ سانتی‌متری از یک‌دیگر واقع‌اند. درچه نقطه‌ای میدان الکتریکی خالص حاصل از این دو بار برابر صفر است؟

تمرین۱۷: شکل روبه‌رو، دوذرهٔ باردار را نشان می‌دهد که در جای خود روی محور x ثابت شده‌اند. بارها در فاصلهٔ یکسان a از مبدأ مختصات (نقطهٔ O) قرار دارند.

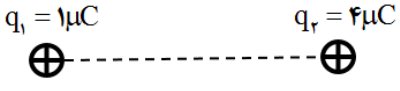
الف) در کجای این محور(غیر از بی‌نهایت) نقطه‌ای وجود دارد که در آن‌جا میدان الکتریکی برآیند برابر با صفر است؟



ب) بزرگی و جهت میدان الکتریکی برآیند در مبدأ مختصات را بیابید.

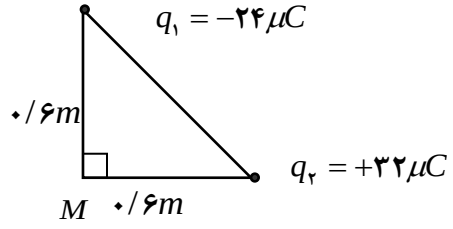
تمرین۱۸: دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 1\mu C$ و $q_2 = 4\mu C$ بر روی خط راستی به فاصلهٔ ۹ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند.

الف) در چه فاصله‌ای از بار q_1 برآیند میدان الکتریکی حاصل از دو بار صفر است؟

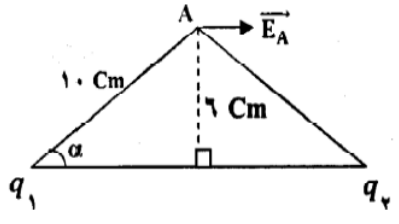


ب) خط‌های میدان الکتریکی این بارها را به طور کیفی رسم کنید.

مثال۱۷: در شکل روبرو، بزرگی و جهت میدان الکتریکی برآیند را در نقطهٔ M (رأس قائم مثلث) تعیین کنید.



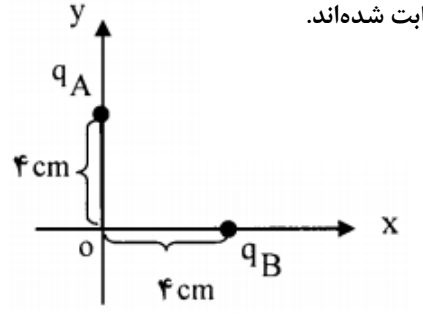
مثال۱۸: مطابق شکل، دو ذره با بارهای الکتریکی q_1 و q_2 که خط واصل آن‌ها در راستای محور X است، در دو رأس یک مثلث متساوی‌الساقین ثابت شده‌اند. اگر بردار میدان الکتریکی در نقطهٔ **A** به صورت: $\vec{E}_A = (7/2\times10^4)\vec{i}$ باشد، اندازه و نوع بارهای الکتریکی q_1 و q_2 را تعیین کنید.



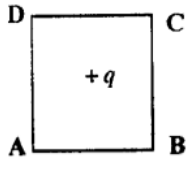
تمرین۱۹: دو ذرهٔ باردار $q_A = 4\mu C$ و $q_B = -4\mu C$ مطابق شکل روی محورهای **x** و y ثابت شده‌اند.

الف) بزرگی میدان الکتریکی هر یک از دو ذرهٔ باردار در نقطهٔ o چند نیوتون برکولن است؟

ب) بردار میدان الکتریکی برآیند را در نقطهٔ o برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسید.



تمرین۲۰: مطابق شکل ، بار $q_1 = +q$ در مرکز یک مربع به ضلع a ثابت شده است. بار q_2 را در یکی از رأس‌های مربع قرار می‌دهیم طوری که میدان الکتریکی در رأس A صفر شود. نوع بار الکتریکی q_2 و اندازهٔ آن برحسب بار $+q$ را در این حالت تعیین کنید.

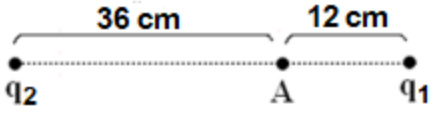


☑ تست۳۳: دو بار الکتریکی $q_1 = -q$ و $q_2 = +4q$ در فاصلهٔ d از هم ثابت نگهداشته شده‌اند و میدان الکتریکی برآیند در وسط فاصلهٔ بین آن‌ها برابر E_1 است. حال اگر نصف بار الکتریکی q_1 را کم کرده و به q_2 منتقل کنیم، میدان الکتریکی برآیند در همان نقطه برابر E_2 می‌شود. $\frac{E_1}{E_2}$ چقدر است؟ ((ریاضی خارج کشور ۹۷)

۱) $\frac{5}{3}$ ۲) $\frac{5}{4}$

۳) $\frac{4}{3}$ ۴) $\frac{3}{2}$

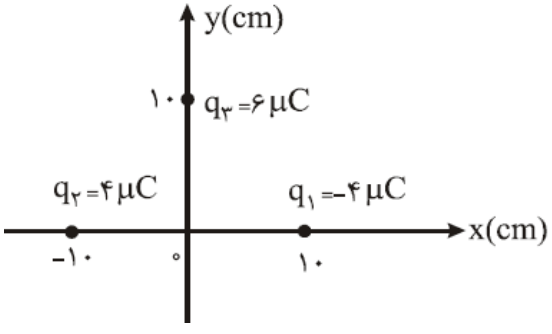
☑ تست۳۴: در شکل زیر برآیند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 برابر صفر است. نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟



۱) ۳ ۲) ۹

۳) -۹ ۴) -۳

☑ تست۳۵: در شکل روبه‌رو، ۳ بار الکتریکی در نقاط مشخص شده قرار دارند. بردار میدان الکتریکی در مرکز مختصات کدام است؟



((ریاضی خارج کشور ۹۱)

۱) $۹\times۱۰^۶\vec{i}$

۲) $۵/۴\times۱۰^۶\vec{i}$

۳) $(۷/۲\vec{i} - ۵/۴\vec{j})\times۱۰^۶$

۴) $(۵/۴\vec{i} - ۷/۲\vec{j})\times۱۰^۶$

۱- میدان الکتریکی در فاصلهٔ r از یک بار نقطه‌ای $۲۵۰\frac{N}{C}$ است. اگر فاصله را ۱۰ cm بیشتر کنیم، میدان الکتریکی $۱۶۰\frac{N}{C}$ می‌شود. r چند سانتی‌متر می‌باشد؟

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) $\frac{۴۰}{۹}$ ۴) $\frac{۴۶۰}{۹}$ ((ریاضی خارج کشور ۹۲)

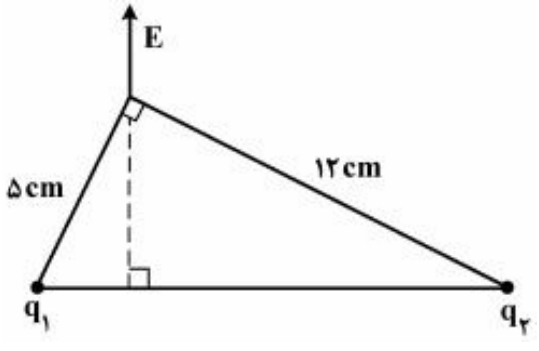
۲- دو بار نقطه‌ای q_1 و $q_2 = 4q_1$ در فاصلهٔ **r** از هم واقع‌اند. میدان الکتریکی ناشی از دو بار در فاصلهٔ d_1 از بار q_1 برابر صفر است. اگر فاصلهٔ دو بار از هم ۲ برابر شود، میدان الکتریکی برآیند در فاصلهٔ d_2 از بار q_2 برابر صفر می‌شود. d_2 چند برابر d_1 است؟

۱) $\frac{4}{3}$ ۲) $\frac{3}{2}$ ۳) ۲ ۴) ۴ (تجربی ۹۴)

۳- بارهای الکتریکی نقطه‌ای $4\mu C$ و $-8\mu C$ روی محور x به ترتیب در مکان‌های $x = 6cm$ و $x = 12cm$ قرار دارند. بار نقطه‌ای چند میکروکولن را باید در مکان $x = 18cm$ قرار داد تا میدان الکتریکی در مبدأ محور **x** برابر صفر شود؟ (تجربی خارج کشور ۹۴)

۱) -۵۴ ۲) -۱۸ ۳) ۱۸ ۴) ۵۴

۴- دو ذره باردار مطابق شکل زیر، در دو رأس یک مثلث قرار دارند. میدان الکتریکی خالص این دو ذره در رأس دیگر مطابق شکل است.

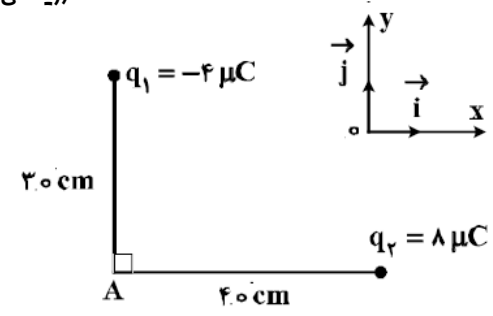


$\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟ (ریاضی ۹۷)

۱) $\frac{25}{144}$ ۲) $\frac{5}{12}$

۳) $\frac{12}{5}$ ۴) $\frac{144}{25}$

۵- در شکل زیر، میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ A در SI کدام است؟ (ریاضی خارج کشور(۹۸)



۱) $\vec{E} = 9\times10^{3}\vec{i} - 8\times10^{3}\vec{j}$

۲) $\vec{E} = -9\times10^{3}\vec{i} + 8\times10^{3}\vec{j}$

۳) $\vec{E} = 4/5\times10^{3}\vec{i} - 4\times10^{3}\vec{j}$

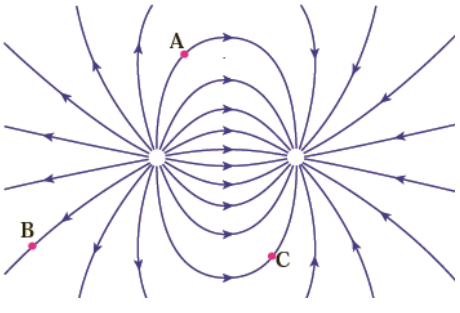
۴) $\vec{E} = -4/5\times10^{3}\vec{i} + 4\times10^{3}\vec{j}$

۵	۴	۳	۲	۱
	۲	۲	۴	۲

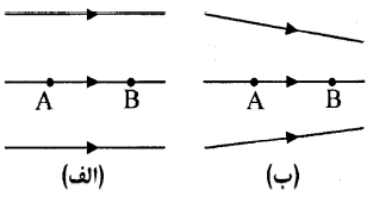
☑ **نیروی الکتریکی وارد بر بار، درون میدان الکتریکی** : اگر بار الکتریکی q در میدان الکتریکی $\vec{E}$ ناشی از اجسام باردار دیگری قرار گیرد، این میدان بر آن نیروی $\vec{F}$ را وارد می‌کند. نیروی $\vec{F}$ از رابطهٔ مقابل بدست می‌آید:

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

نکته۱: به بار مثبت نیرویی در جهت میدان و به بار منفی نیرویی خلاف جهت میدان وارد می‌شود.

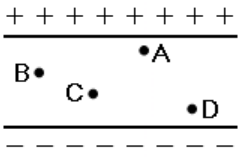


پرسش۱۶: بار q - را در نقطه‌های A ، B و C از میدان الکتریکی غیریکنواخت شکل روبه رو قرار دهید و جهت نیروی الکتریکی وارد بر این بار منفی را تعیین کنید.



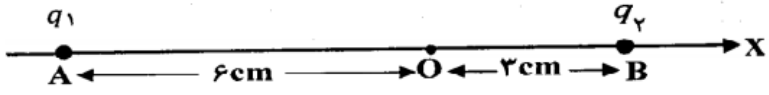
پرسش۱۷: شکل روبه‌رو آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. در هر آرایش، یک پروتون از حالت سکون در نقطهٔ A رها می‌شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطهٔ B شتاب می‌گیرد. فاصلهٔ نقاط A و B در هر دو آرایش یکسان است. در کدام شکل سرعت پروتون در نقطهٔ B بیش‌تر است؟ توضیح دهید.

تمرین۲۱: نیروی الکتریکی وارد بر الکتریکی $+q$ را در شکل مقابل در نقاط A,B,C,D با هم مقایسه کنید.



مثال۱۹: ذره‌ای به جرم ۵ گرم و بار الکتریکی ۴ میکروکولن را در میدان الکتریکی خارجی $5\times10^{5}\ \frac{N}{C}$ قرار می‌دهیم. شتاب حاصل از نیروی الکتریکی وارد بر این ذره چند متربرمجذور ثانیه است؟

تمرین۲۲: 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. **الف)** میدان الکتریکی برآیند را در نقطهٔ O مبدأ مختصات (در SI) محاسبه کنید و آن را برحسب بردارهای یکه بنویسید.

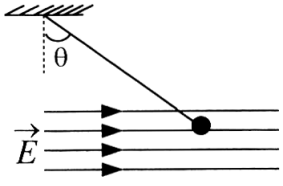


ب) اگردر نقطهٔ o ذره‌ای با بار $q'=-5\mu C$ قرار دهیم، نیروی الکتریکی وارد بر ذره را (در SI) برحسب بردارهای یکه به‌دست آورید.

مثال۲۰: روی سطح بادکنکی به جرم ۱۰g بار الکتریکی ۲۰۰ nc- ایجاد می‌کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. از نیروی شناوری وارد به بادکنک چشم‌پوشی کنید.

تمرین۲۳: در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۲\times۱۰^{۴}\ \mathrm{N/C}$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذرهٔ باردار به جرم $۴\mathrm{g}$ و در حال سکون قرار دارد. اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید.

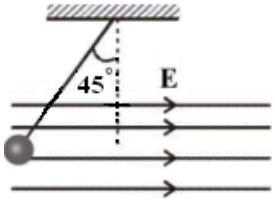
مثال۲۱: مانند شکل، یک آونگ الکتریکی که جرم گلولهٔ آن m است، در میدان الکتریکی افقی و یکنواختی به بزرگی E قرار گرفته است. آونگ به اندازهٔ θ درجه منحرف شده و در حال تعادل است.



الف) نیروهای وارد بر گلوله را رسم کنید.

ب) نشان دهید بار الکتریکی گلولهٔ آونگ از رابطهٔ: $q=\dfrac{mg}{E}\tan\theta$ بدست می‌آید.

تمرین۲۴: در شکل زیر گلوله آونگ باردار است و در میدان یکنواختی به بزرگی $۵\times۱۰^{۴}\ \mathrm{N/C}$ به حال تعادل درآمده است. اگر جرم گلوله ۲۰ گرم باشد، نوع و اندازهٔ بار را بدست آورید.



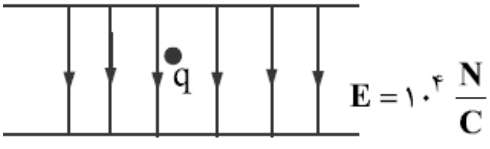
☑ تست۳۶: میدان الکتریکی حاصل از بار q در نقطهٔ A که در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری آن قرار دارد برابر $۱۰^{۵}\ \mathrm{N/C}$ است. اگر بار $\mathrm{q'}$ در نقطهٔ A قرار گیرد، نیرویی برابر $۰/۰۲\ \mathrm{N}$ از طرف میدان به آن وارد می‌شود. q و $\mathrm{q'}$ به ترتیب از راست به چپ چند میکروکولن‌اند؟

۱) ۱ ، ۰/۲ ۲) ۱۰ ، ۰/۲ ۳) ۱ ، ۰/۵ ۴) ۱۰ ، ۰/۵ (تجربی ۹۷)

☑ تست۳۷: در یک میدان الکتریکی یکنواخت، به بار الکتریکی $q = ۲\mu C$ نیروی الکتریکی $\vec{F} = ۱۰/۸\vec{N}i - ۱۴/۴\vec{N}j$ وارد می‌شود. بزرگی میدان الکتریکی چند نیوتون بر کولن است؟

۱) ۳۶×۱۰^{۶} ۲) ۱۸×۱۰^{۶} ۳) ۹×۱۰^{۶} ۴) $۴/۵\times ۱۰^{۶}$ (تجربی ۹۸)

☑ تست۳۸: ذرهٔ باردار به جرم $۵\ g$ مطابق شکل نشان داده شده، در یک میدان الکتریکی یکنواخت معلق است. اندازه q کدام است؟



۱) $-۵\mu C$

۲) $+۵\mu C$

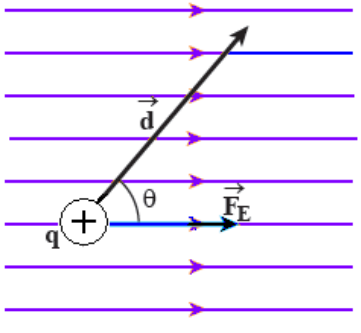
۳) $-۰/۵\mu C$

۴) $+۰/۵\mu C$

◀ **انرژی پتانسیل الکتریکی:** انرژی پتانسیلی که به نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار وابسته است، انرژی پتانسیل الکتریکی می‌گوییم.

نکته۱: کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذرّه باردار در میدان الکتریکی یکنواخت در یک جابه جایی مشخص برابر با منفیِ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در همان جابه جایی است، یعنی: $W_E = -\Delta U_E$

◀ **تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک بار ذرّه‌ای درون میدان الکتریکی یکنواخت:**

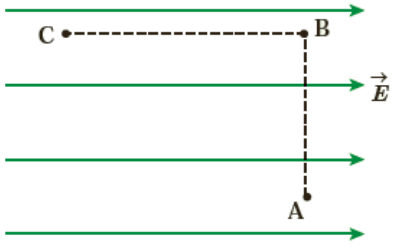


مطابق شکل، ذره‌ای با بار الکتریکی $q+$ درون میدان الکتریکی یکنواخت E جابه‌جایی d انجام داده است. کار نیروی الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی را در این جابه‌جایی بدست آورید.

$$W_E = F_E d\cos\theta \xrightarrow{F_E=|q|E} W_E = |q|Ed\cos\theta \xrightarrow{\Delta U=-W_E}$$
$$\Delta U_E = -|q|Ed\cos\theta$$

نکته۲: تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذرّه باردار به بار الکتریکی آن بستگی دارد.

مثال۲۲: مطابق شکل مقابل، بار $q=+۵۰nc$ را در میدان الکتریکی یکنواخت $۸\times۱۰^{۵}\ N/C$ نخست از نقطهٔ A تا نقطهٔ B و سپس تا نقطهٔ C جابه‌جا می‌کنیم. اگر $AB=۰/۲m$ و $BC=۰/۴m$ باشد، مطلوب است:



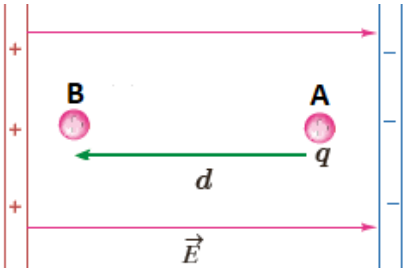
الف) نیروی الکتریکی وارد بر بار q

ب) کاری که نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی انجام می‌دهد.

پ) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این جابه‌جایی.

نکته۳: اگر فقط نیروی الکتریکی به ذره وارد شود: $W_E=\Delta k \xrightarrow{W_E=-\Delta U_E} \Delta U_E=-\Delta k$

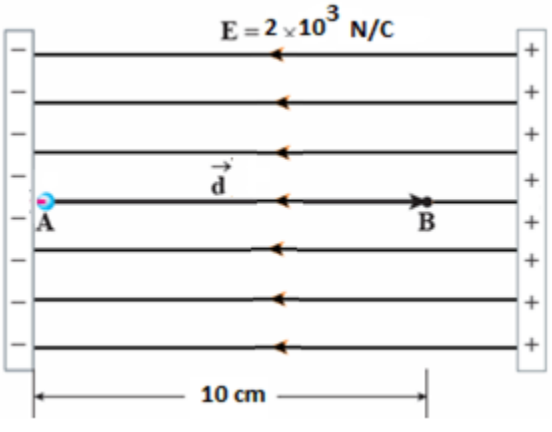
مثال۲۳: در شکل مقابل، ذرهٔ بارداری به جرم ۲۰ g و بار الکتریکی q از نقطهٔ A درون میدان الکتریکی یکنواخت رها شده و پس از طی مسافت $d=۲\ m$ با تندی $۲۰\ m/S$ به نقطهٔ B می‌رسد. بار الکتریکی ذره چقدر است؟ $(E=۴\times۱۰^{۵}\ N/C)$



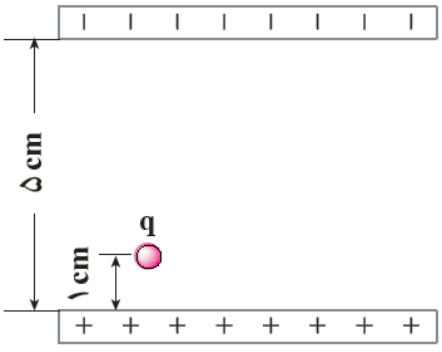
مثال۲۴: در میدان الکتریکی یکنواخت نشان داده شده در شکل، پروتونی از نقطهٔ A با تندی $V_۱$ پرتاب شده است. پروتون سرانجام در نقطهٔ B متوقف می‌شود. بار پروتون $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C$ و جرم آن $۱/۶\times۱۰^{-۲۷}\ kg$ است.

الف) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در این جابه‌جایی چقدر است؟

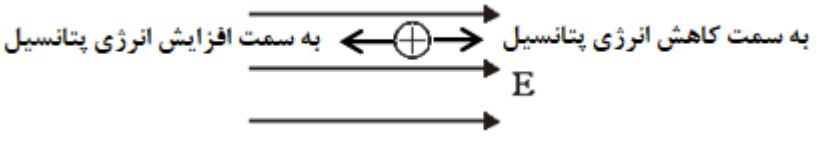
ب) تندی پرتاب پروتون را پیدا کنید.



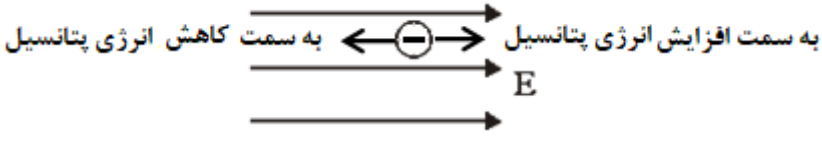
مثال۲۵: مطابق شکل، یک ذره که دارای بار الکتریکی $1\times10^{-15}\,C$ و جرم $1\times10^{-8}\,g$ است، درمیدان الکتریکی یکنواخت $1/2\times10^{5}\,N/C$ بین دو صفحهٔ افقی قرار گرفته است. اگر ذره در ابتدا ساکن و به فاصلهٔ $1\,Cm$ از صفحهٔ پایینی قرار داشته باشد، با چه تندی به صفحهٔ بالایی می‌رسد؟



نکته۴: اگر بار مثبت را درون میدان الکتریکی (یکنواخت) رها کنیم، در جهت میدان حرکت می‌کند و این عمل باعث کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی آن می‌شود.



نکته۵: اگر بار منفی را درون میدان الکتریکی (یکنواخت) رها کنیم، در خلاف جهت میدان حرکت می‌کند و این عمل باعث کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی آن می‌شود.



پرسش۱۸: هرگاه دو بار الکتریکی مثبت q_1 و q_2 که در فاصلهٔ بی‌نهایت از هم قرار دارند، با تندی ثابت به یکدیگر نزدیک کنیم، انرژی پتانسیل مجموعهٔ بارها چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

◄ اختلاف پتانسیل الکتریکی: نسبت تغییر انرژی پتانسیل به بار ذرّه، مستقل از نوع و اندازهٔ بار الکتریکی است. به این نسبت، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دونقطه می‌گوییم.

نکته۶: باتوجه به تعریف ، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه از رابطهٔ $\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{\Delta U_E}{q}$ به‌دست می‌آید.

نکته۷: در این رابطه، علامت q درنظر گرفته می‌شود.

نکته۸: عامل شارش بار الکتریکی بین دو نقطه، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن دو نقطه است.

نکته۹: اختلاف پتانسیل الکتریکی کمیت نرده‌ای است.

مثال۲۶: نشان دهید یکاهای «نیوتون بر کولن» و «ولت برمتر» که برای میدان الکتریکی به کار می روند، معادل یکدیگرند.

نکته۱۰: اگر دو بار هم‌نام را به هم نزدیک کنیم، (یا دو بار ناهم‌نام را ازهم دور کنیم) انرژی پتانسیل مجموعهٔ بارهای الکتریکی افزایش می‌یابد.

توجه: در تشابه با انرژی پتانسیل گرانشی، در اینجا نیز می‌توانیم برای انرژی پتانسیل الکتریکی، مرجعی اختیار کنیم که در آن انرژی پتانسیل الکتریکی ذرّه و پتانسیل الکتریکی صفر باشد. بنابراین، پتانسیل الکتریکی در هر نقطه از میدان با رابطهٔ زیر بیان می شود:

$$V = \frac{U_E}{q}$$

□ **رابطهٔ اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازهٔ میدان الکتریکی یکنواخت:** برای اختلاف پتانسیل (ΔV)ی دو نقطه به فاصلهٔ d از یکدیگر، که خط واصل آن‌ها هم راستا با میدان الکتریکی $\vec{E}$ است، رابطهٔ مقابل برقرار است:

$$\Delta V = Ed$$

پرسش۱۹: در شکل زیر ذرّهٔ باردار مثبت و کوچکی را از نقطهٔ A به سمت کرهٔ باردار که روی پایهٔ عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم و در نقطهٔ B قرار می‌دهیم. **الف)** در این جابه‌جایی، کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟

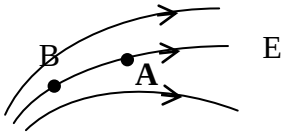
ب) انرژی پتانسیل ذرهٔ باردار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟

پ) پتانسیل نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.

پرسش۲۰: الف) نشان دهید در یک میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در سوی خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

ب) نشان دهید در میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند.

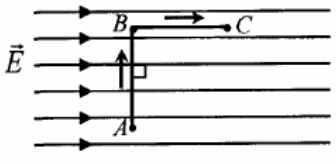
پرسش۲۱: در شکل مقابل بار آزمون مثبت از نقطهٔ A تا B حرکت داده شده است. کمیت‌های زیر چگونه تغییر می‌کنند:



الف) میدان الکتریکی

ب) پتانسیل الکتریکی

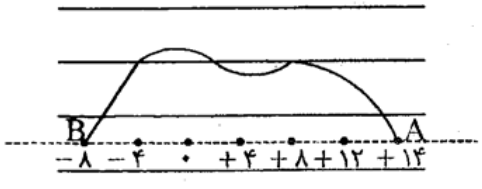
پ) انرژی پتانسیل الکتریکی



پرسش۲۲: مطابق شکل، یک بار الکتریکی منفی، در میدان الکتریکی یکنواخت، مسیر $A \to B \to C$ را با تندی ثابت می‌پیماید. خانه‌های خالی جدول زیر را با کلمه‌های (افزایش، کاهش، ثابت) پر کنید.

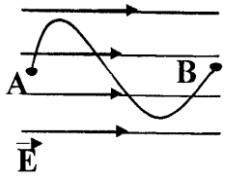
مسیر	پتانسیل الکتریکی (V)	انرژی پتانسیل الکتریکی (U)	میدان الکتریکی (E)
$A \to B$			
$B \to C$			

مثال۲۷: درشکل مقابل خط‌های موازی، میدان الکتریکی یکنواخت را نشان می‌دهد و اعداد داده شده پتانسیل الکتریکی نقاط برحسب ولت است. الف) جهت خط‌های میدان الکتریکی را با ارائهٔ دلیل مشخص کنید.



ب) اگر بار الکتریکی $q = +۲\mu C$ از نقطهٔ A تا B در مسیر نشان داده شده (خط منحنی) جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی دستگاه چه‌قدر و چگونه (کاهش یا افزایش) تغییر می‌کند؟

تمرین۲۵: در میدان الکتریکی یکنواخت نشان داده شده در شکل، ذره‌ای با بار الکتریکی $q_۱ = +۲\mu C$ از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B جابه‌جا می‌شود. الف) انرژی پتانسیل این ذره در این جابه‌جایی افزایش می‌یابد یا کاهش؟



ب) اگر بخواهیم ذره را از نقطهٔ B به A برگردانیم، کاری که باید انجام دهیم مثبت است یا منفی؟

پ) اگر به جای بار الکتریکی $q_۱$ ذره‌ای با بار الکتریکی $q_۲ = -۴\mu C$ مسیر A تا B را طی کند، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین این دونقطه نسبت به حالت اولیه چه تغییری می‌کند؟

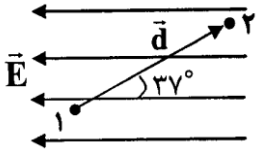
مثال۲۸: در یک میدان الکتریکی بار الکتریکی ۵+ میکروکولن از نقطهٔ A تا نقطهٔ B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی آن در نقاط A و B به ترتیب $-۸\times۱۰^{-۵}\,j$ و $+۱۲\times۱۰^{-۵}\,j$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه $(V_B - V_A)$ را بدست آورید.

مثال۲۹: اگر پتانسیل نقطهٔ A، ۵۵ ولت و پتانسیل نقطهB، ۴۵ ولت باشد و دراثر انتقال الکترون‌ها بین آن‌ها ۰/۳۲J کار انجام گرفته باشد تعداد الکترون‌های جاری شده را حساب کنید. $e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C$

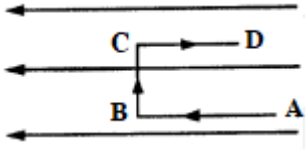
مثال۳۰: بار الکتریکی $q = -۴۰nC$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_۱ = -۴۰v$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_۲ = -۱۰v$ آزادانه جابه‌جا می‌شود. **الف)** انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟

ب) با توجه به قانون پایستگی انرژی، توضیح دهید تغییر انرژی پتانسیل بار q به چه نوع انرژی‌ای تبدیل می‌شود؟

مثال۳۱: در میدان الکتریکی یکنواخت شکل مقابل که بزرگی آن $۱۰^۶\,V/m$ است. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین نقاط ۱ و ۲ $(V_۲ - V_۱)$ را محاسبه کنید. $d = ۰/۲m$ ، $Sin۳۷ = ۰/۶$ ، $Cos۳۷ = ۰/۸$



تمرین۲۶: مطابق شکل، بار الکتریکی $-q$ را با سرعت ثابت در یک میدان الکتریکی یکنواخت از A تا D در مسیرهای نشان داده شده جابه‌جا می‌کنیم.

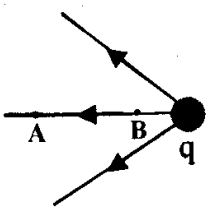


الف) در کدام نقطه، پتانسیل الکتریکی بیش‌تر از سایر نقاط است؟

ب) در کدام مسیر، انرژی پتانسیل الکتریکی بار افزایش می‌یابد؟

پ) در کدام مسیر، کاری که برای جابه‌جایی بار انجام می‌شود، صفر است؟

تمرین۲۷: شکل مقابل ، بخشی از خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار الکتریکی منفرد را نشان می‌دهد.

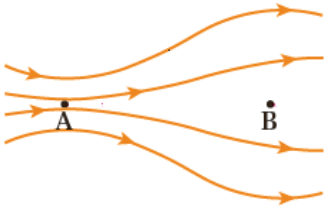


الف) بار q مثبت است یا منفی؟

ب) بزرگی میدان الکتریکی را در نقاط A و B با هم مقایسه کنید.

پ) پتانسیل الکتریکی کدام نقطه بیش‌تر است؟

تمرین۲۸: در شکل مقابل الکترونی را در میدان الکتریکی از نقطهٔ A تا B جابه‌جا می‌کنیم.



الف) در کدام نقطه میدان الکتریکی قوی‌تر است؟

ب) دراین جابه‌جایی انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون افزایش می‌یابد یا کاهش؟

پ) پتانسیل الکتریکی نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.

ت) کار انجام شده توسط میدان الکتریکی بر روی الکترون در جابه‌جایی از A تا B مثبت است یا منفی؟

☑ **تست۳۹:** در شکل زیر، بار الکتریکی $q = -50\mu C$ از نقطهٔ **A** به پتانسیل الکتریکی ۱۲۰ ولت به نقطهٔ **B** می‌رود و انرژی پتانسیل الکتریکی آن **۵mJ** تغییر می‌کند. پتانسیل الکتریکی نقطهٔ **B** چند ولت است؟ (ریاضی ۹۸)

۱) ۲۰

۲) ۱۱۰

۳) ۱۳۰

۴) ۲۲۰

نکته۱۲: اختلاف پتانسیل دو سر یک مولد ، برابر است با: $\Delta V_{\text{باتری}} = V_+ - V_-$

مثال۳۲: اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مولدی ۶۰ ولت است. اگر بار الکتریکی ۲ میکروکولن از پایانه مثبت تا منفی باتری جابه‌جا شود، انرژی الکتریکی آن چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟

مثال۳۳: هرگاه پایانه مثبت یک باتری ۹ ولتی را به زمین وصل کنیم، پتانسیل پایانهٔ منفی آن چند ولت خواهد شد؟

مثال۳٤: دو صفحهٔ رسانا با فاصلهٔ $2\ cm$ را موازی یکدیگر قرار می‌دهیم و آن‌ها را به اختلاف پتانسیل $100\ V$ وصل می‌کنیم. درنتیجه، یکی از صفحه‌ها به طور منفی و دیگری به طور مثبت باردار می‌شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی به وجود می‌آید. اندازهٔ این میدان الکتریکی را حساب کنید و توضیح دهید که کدام‌یک از دو صفحه پتانسیل الکتریکی بیشتری دارند.

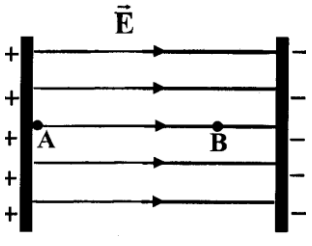
تمرین۲۹: دو صفحهٔ رسانای موازی و هم‌اندازه به فاصلهٔ $2cm$ از هم واقع‌اند و اختلاف پتانسیل بین آن‌ها $12\ v$ است. یک ذره با بار الکتریکی $q = +2\mu C$ از صفحهٔ مثبت تا صفحهٔ منفی جابه‌جا می‌شود.

الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره چه‌قدر و چگونه تغییر می‌کند؟

ب) اندازهٔ میدان الکتریکی بین دو صفحه را حساب کنید.

تمرین۳۰: در میدان الکتریکی یکنواخت نشان داده شده در شکل مقابل، بار الکتریکی $q = -2\times10^{-15}\ C$ از نقطهٔ **A** تا نقطهٔ **B** جابه‌جا می‌شود. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار را در این جابه‌جایی محاسبه کنید.

$E = 1/2\times10^{5}\ N/C$ و $AB = 4\times10^{-2}\ m$

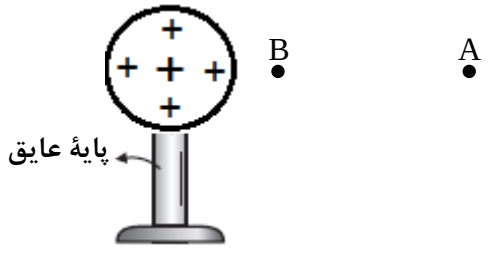


☑ **تست۴۰:** اگر پتانسیل الکتریکی پایانهٔ منفی یک باتری ۲۴ ولتی را ۸- ولت فرض کنیم، پتانسیل الکتریکی پایانهٔ مثبت آن چند ولت خواهد شد؟

۱) ۱۶ ۲) ۳۲ ۳) -۱۶ ۴) -۳۲

☑ **تست۴۱:** در شکل زیر، کره‌ای با بار مثبت، روی پایهٔ عایقی قرار دارد. شخصی در میدان الکتریکی حاصل از این کره، ذرهٔ باردار مثبت را با سرعت ثابت در راستای افقی از نقطهٔ B تا A جابه‌جا می‌کند. اگر این شخص در این میدان W و کار نیروی حاصل از میدان W' و اختلاف پتانسیل الکتریکی $V_A - V_B = \Delta V$ باشد، کدام رابطه درست است؟

(ریاضی خارج کشور۹۶)



۱) $\Delta V > 0\ ,\ W' > 0\ ,\ W < 0$

۲) $\Delta V < 0\ ,\ W' > 0\ ,\ W < 0$

۳) $\Delta V > 0\ ,\ W' < 0\ ,\ W > 0$

۴) $\Delta V < 0\ ,\ W' < 0\ ,\ W > 0$

☑ تست۴۲: درون یک میدان الکتریکی یکنواخت، بار الکتریکی $q = +۲\mu C$ از نقطهٔ A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر کار نیروی الکتریکی در این انتقال برابر $+۵\times۱۰^{-۵} J$ باشد، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چند ژول است و $V_B - V_A$ برابر با چند ولت است؟

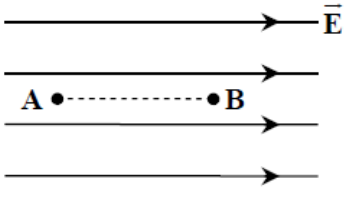
۱) -۵×۱۰^{-۵} و ۲۵- ۲) -۵×۱۰^{-۵} و ۲۵+ ((ریاضی ۹۶)

۳) $+۵\times۱۰^{-۵}$ و ۲۵- ۴) $+۵\times۱۰^{-۵}$ و ۲۵+

☑ تست۴۳: در یک فضا، میدان الکتریکی ثابت و یکنواخت برقرار است. ذره‌ای با بار الکتریکی منفی را در نقطه‌ای از این فضا از حال سکون رها می‌کنیم. تا زمانی که ذره تحت اثر میدان الکتریکی در این فضا جابه‌جا می‌شود، به سمت مکان‌هایی با پتانسیل الکتریکی ..... می‌رود و انرژی پتانسیل الکتریکی آن ..... می‌یابد. (از وزن ذره صرفنظر شود.) ((ریاضی خارج کشور۹۳)

۱) کمتر - افزایش ۲) کمتر - کاهش ۳) بیشتر - افزایش ۴) بیشتر – کاهش

☑ تست۴۴: در شکل روبه‌رو، در میدان الکتریکی یکنواخت $۱۰^{۵}\frac{N}{C}$، ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -۵\mu C$ در نقطهٔ B بدون سرعت اولیه رها می‌شود. وقتی این ذره در مسیر مستقیم، ۲۰ سانتی‌متر جابه‌جا شده و به نقطهٔ A می‌رسد، انرژی جنبشی آن چند ژول می‌شود؟ (از اثر گرانش و نیروهای مقاوم در مقابل حرکت ذره صرف‌نظر شود.) ((ریاضی خارج کشور ۹۴)



۱) ۰/۱

۲) ۰/۵

۳) ۰/۰۱

۴) ۰/۰۵

☑ تست۴۵: در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره بارداری به جرم ۰/۱ گرم، از نقطه‌ای به پتانسیل الکتریکی ۱۰۰+ ولت از حال سکون به حرکت درمی‌آید و با سرعت ۱۰ متربرثانیه به نقطهٔ دیگری به پتانسیل الکتریکی ۱۰۰- ولت می‌رسد. اگر در این مسیر نیروی موثر بر ذره فقط حاصل از میدان الکتریکی باشد، بار الکتریکی ذره چند میکروکولن است؟

۱) ۲/۵ ۲) ۴ ۳) ۲۵ ۴) ۴۰ ((ریاضی خارج کشور ۹۵)

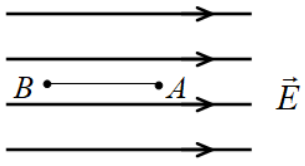
☑ تست۴۶: بین دو صفحه موازی که به فاصلهٔ ۲cm از هم قرار دارند، اختلاف پتانسیل الکتریکی ۵۰۰ ولت ایجاد کرده‌ایم. اگر یک ذرهٔ آلفا بین این دو صفحه قرار گیرد، نیروی الکتریکی وارد بر آن چند نیوتون خواهد شد؟ $e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹} C$

۱) ۸×۱۰^{-۱۳} ۲) ۸×۱۰^{-۱۵} ۳) ۴×۱۰^{-۱۳} ۴) ۴×۱۰^{-۱۵} ((ریاضی ۹۵)

☑ تست۴۷: بار الکتریکی ۵- میلی‌کولنی، از نقطهٔ A به پتانسیل الکتریکی ۲ ولت به نقطهٔ B منتقل می‌شود. اگر در این جابه‌جایی کار میدان الکتریکی ۵ میلی‌ژول باشد، پتانسیل نقطهٔ B چند ولت است؟

۱) ۱ ۲) ۳ ۳) ۱۰ ۴) ۳۰ (تجربی ۹۰)

۱- بار الکتریکی $q = -4\mu C$ مطابق شکل در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $10^5 V/m$ رها می‌شود. در جابه‌جایی بار q از **A** تا **B** انرژی جنبشی بار، ۸ میلی‌ژول افزایش می‌یابد. $V_B - V_A$ چند کیلوولت است؟ ((ریاضی ۸۹)



۱) ۲ ۲) -۲

۳) ۲۰۰ ۴) -۲۰۰

۲- بارالکتریکی $q = -2\mu C$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_1 = -40v$ تا نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_2 = -10v$ جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل بار چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ ((ریاضی ۸۷)

۱) $10^{-4} J$ کاهش می‌یابد. ۲) $10^{-4} J$ افزایش می‌یابد. ۳) $6\times10^{-5} J$ افزایش می‌یابد. ۴) $6\times10^{-5} J$ کاهش می‌یابد.

۳- اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه ۵۰۰ ولت است. با صرف چند ژول انرژی، بار الکتریکی ۰/۸ میکروکولنی بین این دو نقطه جاری می‌شود؟

۱) 4×10^{-3} ۲) 8×10^{-3} ۳) 4×10^{-4} ۴) 8×10^{-4} ((ریاضی ۸۶)

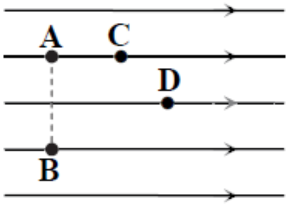
۴- اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر یک مولد (باتری) برابر ۶۰ + ولت است. اگر بار ۸+ کولنی از پایانه (قطب) مثبت تا منفی باتری جابه‌جا گردد. به ترتیب انرژی پتانسیل الکتریکی آن چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟

۱) **۵/۷ j** – افزایش ۲) **۵/۷ j** – کاهش ۳) **۴۸۰ j** – افزایش ۴) **۴۸۰ j** – کاهش

۵- ذره‌ای به جرم $10mg$ و بار الکتریکی $4\mu c$ در فاصلهٔ بین دو صفحه رسانای موازی که اختلاف پتانسیل **V** به آن وصل شده است قرار داشته و تحت تأثیر نیروی میدان الکتریکی با شتاب $200m/s^2$ به حرکت درمی‌آید. اندازهٔ **V** چند ولت است؟ فاصلهٔ بین دو صفحه رسانا $2\ cm$ است.

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۰ ۴) ۱

۶- در شکل مقابل، خطوط میدان الکتریکی یکنواختی نمایش داده شده است. کدام‌یک از موارد زیر در مورد مقایسهٔ پتانسیل الکتریکی نقاط مختلف درست است؟



۱) $V_A = V_C \rangle V_D \rangle V_B$

۲) $V_B \rangle V_D \rangle V_A = V_C$

۳) $V_D \rangle V_C \rangle V_A = V_B$

۴) $V_A = V_B \rangle V_C \rangle V_D$

۷- دو بار الکتریکی $q_1 \langle 0$ و $q_2 \langle 0$ را در یک میدان الکتریکی یکنواخت از حال سکون رها می‌کنیم تا آن‌که نیروی میدان الکتریکی، هر یک را به اندازهٔ معینی جابه‌جا کند. در این حالت کدام گزینه در مورد تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بارها درست است؟

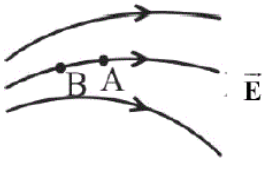
۱) انرژی پتانسیل الکتریکی هر دو بار زیاد می‌شود.

۲) انرژی پتانسیل الکتریکی هر دو بار کم می‌شود.

۳) انرژی پتانسیل الکتریکی بار q_1 کم و انرژی پتانسیل الکتریکی بار q_2 زیاد می‌شود.

۴) انرژی پتانسیل الکتریکی بار q_1 زیاد و انرژی پتانسیل الکتریکی بار q_2 کم می‌شود.

۸- مطابق شکل، اگر در میدان الکتریکی $\vec{E}$ بار آزمون مثبت را از **A** تا **B** حرکت دهیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چگونه تغییر می‌کند؟



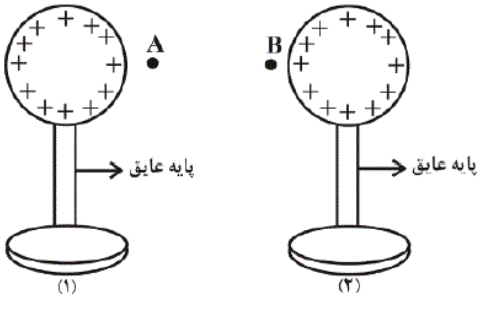
۱) افزایش می‌یابد.

۲) کاهش می‌یابد.

۳) ثابت می‌ماند.

۴) پیوسته صفر باقی می‌ماند.

۹- در شکل مقابل، یک الکترون را از نقطهٔ **A** (در نزدیکی کرهٔ ۱) تا نقطهٔ **B** (در نزدیکی کرهٔ ۲) جابه‌جا می‌کنیم. طی این جابه‌جایی، انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون چگونه تغییر می‌کند؟



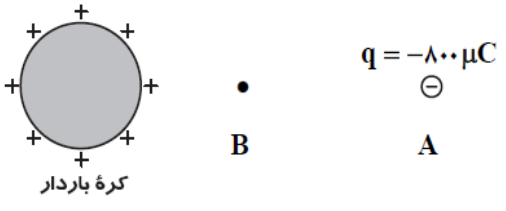
۱) کاهش می‌یابد.

۲) افزایش می‌یابد.

۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۱۰- مطابق شکل، بار الکتریکی $q = -۸۰۰\mu C$ با جرم $۲۰\ g$ در نقطهٔ **A** از حال سکون رها می‌شود تا تحت تأثیر میدان، به طرف کرهٔ باردار حرکت کند. اگر تندی بار هنگام رسیدن به نقطهٔ **B** برابر $۴\frac{m}{s}$ باشد، اختلاف انرژی پتانسیل بار $(u_B - u_A)$ و اختلاف پتانسیل میان نقطه‌های **A** و **B** $(V_B - V_A)$ به ترتیب از راست به چپ در **SI** کدام است؟



۱) ۰/۱۶ و ۱۰۰-

۲) ۰/۱۶- و ۱۰۰+

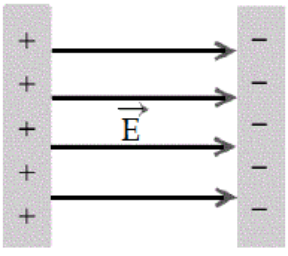
۳) ۰/۱۶ و ۲۰۰-

۴) ۰/۱۶- و ۲۰۰+

۱۱- ذره‌ای به جرم $۱/۵\times۱۰^{-۲۰}kg$ با تندی اولیهٔ $V_\circ$ در یک میدان الکتریکی پرتاب می‌شود و نیروی الکتریکی، تنها نیروی وارد بر ذره است. این ذره پس از طی مسافتی متوقف می‌شود. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی در این جابه‌جایی $۳\times۱۰^{-۱۰}j$ افزایش یابد، تندی اولیهٔ ذره چند متر بر ثانیه است؟

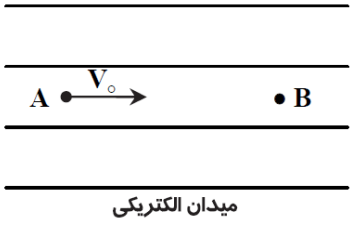
۱) $۱۰^۵$ ۲) $۱/۵\times۱۰^۵$ ۳) ۲×۱۰^۵ ۴) $۲/۵\times۱۰^۵$

۱۲- مطابق شکل مقابل، دو صفحهٔ رسانا با بارهای هم‌اندازه و ناهم‌نام در فاصلهٔ $۵\ cm$ از یکدیگر قرار گرفته‌اند و میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ به بزرگی $۱۰\frac{kN}{C}$ بین دو صفحه ایجاد شده است. اگر پروتونی را از کنار صفحهٔ با بار مثبت رها کنیم، تندی آن هنگامی که به صفحهٔ با بار منفی می‌رسد، چند متربرثانیه است؟ (از نیروی وزن وارد بر ذره صرف‌نظر کنید و بار پروتون را $e_p=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ و جرم پروتون $m_p=۲\times۱۰^{-۲۷}kg$ درنظر بگیرید.)



۱) ۲×۱۰^۵ ۲) $۲\sqrt{۲}\times۱۰^۵$ ۳) ۴×۱۰^۵ ۴) $۴\sqrt{۲}\times۱۰^۵$

۱۳- بار الکتریکی $q=-۲\mu C$ با انرژی جنبشی ۲۰ میکروژول مطابق شکل در راستای خطوط میدان الکتریکی به طرف راست پرتاب می‌شود. اگر بار توسط میدان الکتریکی در نقطهٔ **B** متوقف شود (V_B-V_A) چند ولت است؟



۱) ۱۰-
۲) ۱۰+
۳) ۴۰-
۴) ۴۰+

۱۴- بار الکتریکی $q=-۶\mu C$ در جهت یک میدان الکتریکی جابه‌جا شده است، اگر انرژی پتانسیل الکتریکی آن $۸\ mJ$ تغییر یافته باشد؛ کار میدان الکتریکی در این جابه جایی چند ژول است؟

۱) ۰/۰۴۸ ۲) ۰/۰۰۸ ۳) ۰/۰۴۸- ۴) ۰/۰۰۸-

۱۵- بار الکتریکی ۵- میلی‌کولنی، از نقطهٔ **A** به پتانسیل الکتریکی ۲ ولت به نقطهٔ **B** منتقل می‌شود. اگر در این جابه‌جایی کار میدان الکتریکی ۵ میلی‌ژول باشد، پتانسیل نقطهٔ **B** چند ولت است؟

۱) ۱ ۲) ۳ ۳) ۱۰ ۴) ۳۰

۱۶- بار الکتریکی $q_1 = 5\mu c$ از نقطه A با پتانسیل $-30\ V$ تا نقطهٔ B با پتانسیل $+20\ V$ جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل بار چند ژول و چگونه تغییر می کند؟

۱) $2/5\times10^{-4}J$، کاهش ۲) $5\times10^{-5}J$ ، کاهش ۳) $2/5\times10^{-4}J$، افزایش ۴) $5\times10^{-5}J$ ، افزایش

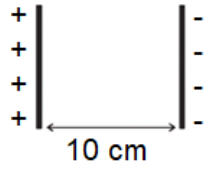
۱۷- در یک میدان الکتریکی، بار الکتریکی نقطه‌ای $q = +2\mu c$ از نقطهٔ A تا نقطهٔ B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی آن در نقاط A و B به ترتیب برابر با $u_A = -4\times10^{-5}J$ و $u_B = 5\times10^{-5}J$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی این دو نقطه $(V_B - V_A)$ چند ولت است؟

۱) -۴۵ ۲) ۴۵ ۳) ۵ ۴) -۵

۱۸- در انتقال $+8C$ بار از نقطهٔ A تا نقطهٔ B، $3/2kj$ انرژی آزاد می‌شود. اگر پتانسیل نقطهٔ B برابر ۸۰۰ ولت باشد، پتانسیل نقطهٔ A چند ولت است؟

۱) ۴۰۰ ۲) ۸۰۰ ۳) ۱۶۰۰ ۴) ۱۲۰۰

۱۹- مطابق شکل مقابل، دو صفحهٔ رسانای موازی بزرگ و باردار در فاصلهٔ ۱۰ سانتی‌متری از هم قرار دارند و بین آن‌ها یک میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد شده است. اگر بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر الکترون بین دو صفحه برابر با $3/2\times10^{-15}N$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه چند ولت است؟ $(e = 1/6\times10^{-19}C)$



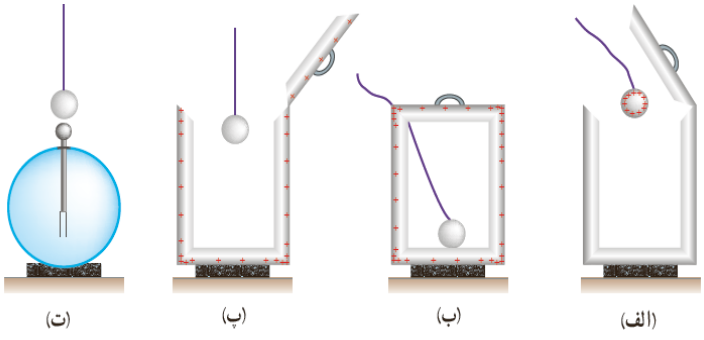
۱) ۴۰۰۰ ۲) ۲۲۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۱۰۰۰

۲۰- در یک باتری برای انتقال بار الکتریکی‌ای به بزرگی $20\ C$ از پایانهٔ منفی به پایانهٔ مثبت، انرژی پتانسیل الکتریکی بار $500\ J$ افزایش می‌یابد. اختلاف پتانسیل دو سر باتری چند ولت است؟ (از اتلاف انرژی صرف‌نظر شود)

۱) 10^4 ۲) ۰/۰۴ ۳) ۲۵ ۴) ۲۵۰

۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۳	۳	۴	۲	۳	۲	۴	۱	۲	۳	۴	۴	۱	۲	۴	۴	۴	۳	۴	۱

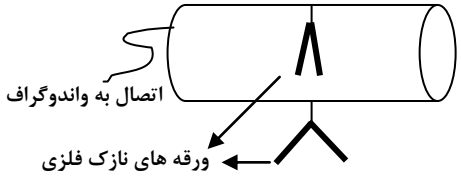
☑ توزیع و القای بار در رساناها



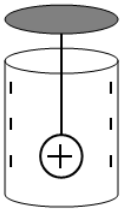
نکته۱: بار اضافی داده شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع می شود.

نکته۲: بار در سطح خارجی رسانا به‌گونه‌ای توزیع می‌شود که میدان الکتریکی در داخل رسانا صفر شود.

نکته۳: اگر یک رسانای خنثی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار دهیم، بار طوری روی سطح خارجی توزیع می‌شود (القا می‌شود) که میدان الکتریکی ناشی از آن اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کند و بدین ترتیب میدان الکتریکی خالص درون رسانا صفر شود.



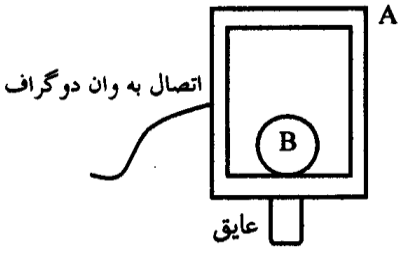
پرسش۲۳: در شکل، نقشهٔ یک استوانه فلزی توخالی متصل به واندوگراف فعال را مشاهده می‌کنید. که دردرون و بیرون آن ورقه هایی شبیه ورقه‌های الکتروسکوپ وجود دارد. دریافت خود را از این مشاهده به صورت خلاصه بنویسید.



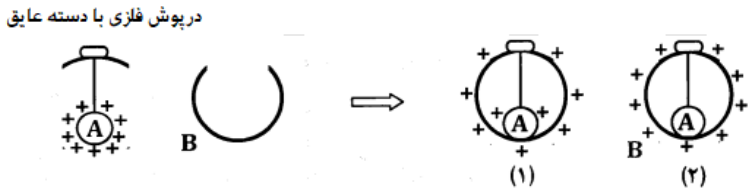
پرسش۲۴: مطابق شکل یک کره فلزی با بار الکتریکی $q_1 = +10\mu C$ با نخ عایقی به در فلزی یک استوانه با بار الکتریکی $q_2 = -2\mu C$ آویزان شده است. اگر در استوانه را روی آن قرار دهیم، به طوری که در آن بسته و کره با استوانه مماس شود: **الف)** بار کره چه‌قدر می‌شود؟

ب) بار سطح بیرونی و درونی استوانه چه‌قدر می‌شود؟

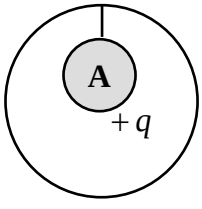
تمرین۳۱: مطابق شکل روبه‌رو ظرف رسانای توخالی A به یک وان‌دوگراف باردار متصل شده است و کرهٔ رسانای فلزی B درون آن قرار دارد. با ارائهٔ دلیل، توضیح دهید کرهٔ B دارای بار الکتریکی می‌شود یا خیر؟



تمرین۳۲: در شکل زیر آونگ الکتریکی A که توسط وان‌دوگراف باردار شده است، را به درپوش فلزی، متصل نموده‌ایم. اگر آونگ را در تماس با سطح داخلی ظرف کروی و فلزی B قرار داده و درپوش را ببندیم، کدام یک از شکل‌های (۱) یا (۲) چگونگی توزیع بار را در مجموعهٔ آونگ و ظرف درست نشان می‌دهد؟ دلیل را بنویسید.



☑ **تست۴۸:** مطابق شکل گلوله فلزی باردار A توسط ریسمانی عایق از سقف پوسته‌ای رسانا و بدون بار آویزان است. دو جسم را با سیمی رسانا به یکدیگر متصل می‌نماییم. در این صورت بار پوسته و گلوله به ترتیب ..... و ..... می‌شود.

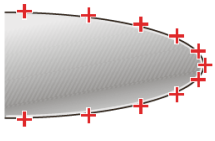


۱) $\frac{q}{۲}$ و $\frac{q}{۲}$ ۲) q و صفر ۳) q و $-q$ ۴) صفر و q

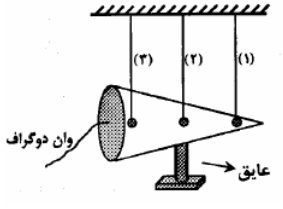
☐ **قفس فاراده:** اگر مطابق شکل، شخصی داخل قفسی با توری فلزی قرار بگیرد و به کمک یک واندوگراف بزرگ به قفس، بار الکتریکی منتقل شود، به فرد داخل قفس آسیبی وارد نمی‌شود.

پرسش۲۵: چرا معمولاً شخصی که درون اتومبیل است از خطر آذرخش در امان است؟

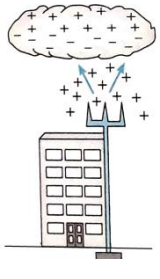
نکته۴: اگر جسم رسانا مانند کره شکل متقارنی داشته باشد، بار الکتریکی روی سطح خارجی آن به طور یکنواخت توزیع می‌شود، اما اگر شکل رسانا نامتقارن باشد، تراکم بار در نقاط تیز سطح جسم از نقاط دیگر آن بیشتر است.



پرسش۲۶: در شکل مقابل، سه آونگ الکتریکی مشابه با گلوله‌های فلزی سبک، در تماس با یک مخروط فلزی هستند. با اتصال مخروط به وان‌دوگراف رفتار آونگ‌ها را پیش‌بینی کنید.



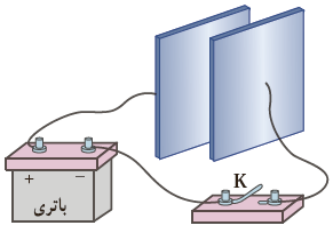
پرسش۲۷: برق‌گیرها چگونه ساختمان ها را از آسیب آذرخش در امان نگه می‌دارند؟



ابرها بر اثر مالش یا القا دارای بار الکتریکی می‌شوند و ممکن است این بار با زمین تخلیه شود. برای محافظت ساختمان‌ها در برابر شرش عظیم بار ابرها، میلهٔ نوک تیز رسانایی را در بالاترین نقطهٔ ساختمان نصب می‌کنند و انتهای میله به کابل ضخیمی متصل شده که سر دیگر آن در اعماق زمین و در محلی که رطوبت باشد قرار دارد. تیزی نوک میله باعث می‌شود تا بار الکتریکی با این قسمت تیز به تدریج تخلیه شود و از طریق کابل به زمین منتقل گردد.

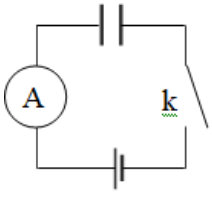
◀ **خازن:** وسیله‌ای الکتریکی است که می‌تواند بار و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند.

◀ **ساختمان ساده‌ترین نوع خازن** (تخت): شامل دو صفحهٔ رسانای موازی با مساحت A است که به فاصلهٔ d (که در برابر ابعاد صفحه‌ها ناچیز است) از هم قرار گرفته‌اند.

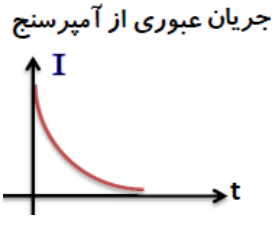


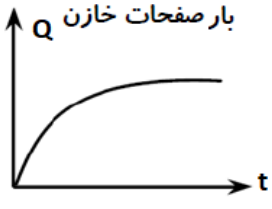
◀ **پرکردن (شارژ) خازن:** یک روش برای پرکردن خازن، اتصال صفحه‌های آن به یک باتری است. صفحه‌های این خازن بارهایی هم‌اندازه و با علامت مخالف پیدا می‌کنند. میدان الکتریکی از صفحهٔ مثبت به سمت صفحهٔ منفی است.

پرسش۲۸: در شکل مقابل، اگر کلید را ببندیم، عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد چگونه تغییر می‌کند؟ چرا؟



◀ **رسم نمودارهای جریان – زمان و بار الکتریکی – زمان هنگام پرکردن خازن:**





نکته۱ : مساحت سطح زیر نمودار جریان – زمان برابر بار خالص ایجادشده روی صفحات خازن است.

◀ **خالی‌کردن (دشارژ) خازن:** اگر صفحات باردار خازن را با سیم به هم وصل کنیم، بار روی صفحات خازن در مدت بسیار کوتاهی خنثی می‌شود. اصطلاحاً گفته می‌شود خازن خالی شده است.

◀ **ظرفیت خازن:** نسبت بار خالص روی صفحات به اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن‌ها را ظرفیت خازن نامیده می‌شود.

نکته۲ : با توجه به تعریف، ظرفیت خازن از رابطهٔ مقابل بدست می‌آید: $C = \frac{Q}{V}$

◀ **فاراد:** یک فاراد ظرفیت خازنی است که اگر صفحات آن به اختلاف پتانسیل یک ولت وصل شود، بار یک کولن روی صفحات آن ایجاد شود.

نکته۳ : تبدیل واحدهای خازن: $\mu F \xrightarrow{\times 10^{-6}} F$ و $nF \xrightarrow{\times 10^{-9}} F$ و $pF \xrightarrow{\times 10^{-12}} F$

نکته۴ : ظرفیت خازن به بار روی صفحات و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن‌ها بستگی ندارد.

پرسش۲۹: اگر بار ذخیره شده در یک خازن را دو برابر کنیم، ظرفیت آن چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

مثال۳۵: صفحه‌های خازنی را به پایانه‌های مولّدی با اختلاف پتانسیل $24\ V$ وصل می‌کنیم. اگر بار خازن $120\ mC$ شود:

الف) ظرفیت خازن را محاسبه کنید.

ب) اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل $36\ V$ وصل کنیم، بار الکتریکی آن چقدر می‌شود؟

◀ **عوامل مؤثر براندازه ظرفیت خازن :**

- ظرفیت خازن تخت با مساحت صفحات که روبه‌رو به هم هستند متناسب است. $C \propto A$
- ظرفیت خازن تخت با فاصله بین صفحات نسبت وارون دارد. $C \propto \frac{1}{d}$

نکته۵ : با توجه به عوامل فوق، ظرفیت خازن از رابطهٔ مقابل بدست می‌آید: $C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$

نکته۶ : اگر بین صفحات خازن عایقی با ثابت k قرار داده شود، ظرفیت آن افزایش یافته و از رابطهٔ مقابل بدست می‌آید: $C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d}$

توجه: $k = 1$ هوا و برای هر عایق دیگر $k > 1$

پرسش۳۰: دانش‌آموزی با استفاده از ورق آلومینیوم وکاغذ، خازنی طراحی کرده است. دو روش برای دوبرابرکردن ظرفیت خازن بنویسید.

مثال۳۶: مساحت هریک از صفحه‌های خازن تختی، $20cm^2$ و فاصلهٔ دو صفحه از هم، $0/5mm$ است. عایقی با ثابت دی الکتریک ۸۰ بین دو صفحه قرار داده شده است. ظرفیت خازن را برحسب میکروفاراد محاسبه کنید. $\varepsilon_0 = 9\times10^{-12}\ \frac{C^2}{N.m^2}$

◀ رابطهٔ مقایسهٔ ظرفیت خازن‌ها: $\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$

☑ **تست۴۹: برای ساختن یک خازن، دو صفحهٔ فلزی، یک ورقهٔ میکا (به ضخامت $0/3\ mm$ و $k = 7$) ، یک ورقهٔ شیشه‌ای (به ضخامت $0/2\ cm$ و $k = 5$) ، یک لایه پارافین (به ضخامت $0/1\ cm$ و $k = 2$) و یک لایه پلاستیک (به ضخامت $0/2\ mm$ و $k = 3$) در اختیار داریم. برای به‌دست آوردن بیش‌ترین ظرفیت، با کدام ورقه باید میان صفحات فلزی را پر کنیم؟**

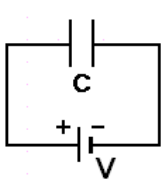
۱) میکا ۲) شیشه ۳) پارافین ۴) پلاستیک **(ریاضی ۹۷)**

نکته۷ : اگر خازنی را با مولدی شارژ و سپس در حالی که خازن به مولد وصل است تغییری در ساختمان آن ایجاد نماییم، اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت می‌ماند.

نکته۸ : اگر خازنی را با مولدی شارژ و سپس از مواد جدا سازیم و در این حالت تغییری در ساختمان خازن دهیم، بار الکتریکی ذخیره شده در خازن ثابت می‌ماند.

پرسش۳۱: خازن پرشده‌ای را از مولد جدا کرده، تیغهٔ عایقی را به تدریج وارد آن می‌کنیم. چه تغییراتی در ظرفیت، بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل خازن ایجاد می‌شود؟

پرسش۳۲: در مدار شکل مقابل در حالی که خازن به باتری وصل است، فاصلهٔ دو صفحه خازن را زیاد می‌کنیم. دراین‌صورت ظرفیت و بار الکتریکی خازن چه تغییری می‌کند؟



تمرین۳۳: دو صفحهٔ تخت مسی را به دو طرف لایه‌ای از یکی از دی‌الکتریک‌های جدول روبه‌رو می‌چسبانیم تا یک خازن تخت ساخته شود. با ذکر دلیل مشخص کنید برای به دست آوردن بیش‌ترین ظرفیت از کدام دی‌الکتریک استفاده کنیم.

نام دی الکتریک	ثابت دی الکتریک	ضخامت دی الکتریک
A	۲	۰/۴ میلی‌متر
B	۳	۰/۸ میلی‌متر
C	۴	۱ میلی‌متر
D	۵	۱۲ میلی‌متر

☑ تست۵۰: خازن مسطحی را پس از پرشدن، از باتری جدا می‌کنیم. اگر بدون اتصال صفحات آن، دو صفحه را از هم دور کنیم، ظرفیت و اختلاف پتانسیل بین دو صفحه به ترتیب (از راست به چپ) چگونه تغییر می‌کند؟

۱) افزایش – افزایش ۲) کاهش – کاهش ۳) کاهش – افزایش ۴) افزایش – کاهش (تجربی ۸۳)

☑ تست۵۱: بین دو صفحهٔ خازن مسطحی هوا است و دو سر آن به یک اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابتی وصل است. اگر با ثابت ماندن فاصلهٔ بین صفحات، یک تیغهٔ شیشه‌ای بین صفحات آن قرار دهیم، بار الکتریکی خازن چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ثابت می‌ماند. ۲) کاهش می‌یابد.

۳) افزایش می‌یابد. ۴) بسته به ضخامت شیشه، ممکن است افزایش یا کاهش یابد. (ریاضی ۸۵)

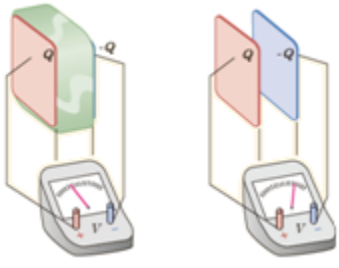
نکته۹: اگر رسانایی به ضخامت e بین صفحات خازن قرار گیرد، ظرفیت خازن از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$C = \frac{K\varepsilon_{\circ}A}{d-e}$$

☑ تست۵۲: خازن مسطحی در اختیار داریم که فاصلهٔ بین صفحات آن برابر d و با هوا پرشده است. اگر یک قطعه رسانا با ضخامت $\frac{d}{۲}$ و یک قطعه نارسانا با ضخامت $\frac{d}{۲}$ و ثابت $k = ۴$ بین صفحات قرار دهیم بگونه‌ای که فاصله بین صفحات پر شود، ظرفیت خازن جدید نسبت به خازن اولیه چند برابر خواهد شد؟

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۶

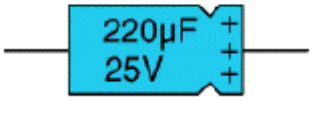
پرسش۳۳: در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آن‌ها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با واردکردن دی‌الکتریک در بین صفحه‌ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید.



◄ **فروریزش الکتریکی:** اگراختلاف پتانسیل دوصفحهٔ یک خازن را به‌اندازهٔ کافی زیادکنیم، تعدادی ازالکترون‌های اتم‌های مادهٔ دی‌الکتریک، توسط میدان الکتریکی ایجاد شده بین دو صفحه، کنده می‌شوند و مسیرهایی رسانا درون دی‌الکتریک ایجاد می‌شود که سبب تخلیهٔ خازن می‌گردد. به این پدیده فروریزش الکتریکی مادهٔ دی الکتریک می‌گویند.

توجه: فروریزش الکتریکی درعایق بین دو صفحهٔ خازن‌ها معمولاً، با ایجاد جرقه همراه است و در بیشتر مواقع خازن را می‌سوزاند.

پرسش۳۴: اعداد نوشته شده روی خازن نشان‌دهندهٔ چیست؟



◄ **انرژی خازن:** وقتی صفحه‌های خازن دارای بار الکتریکی می‌شوند در خازن انرژی ذخیره می‌شود. این انرژی به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی فضای بین صفحه‌های خازن ذخیره می‌شود.

نکته۱۰: فرمول‌های انرژی خازن:

$$U_{\text{خازن}} = \frac{۱}{۲}QV = \frac{۱}{۲}CV^{۲} = \frac{۱}{۲}\frac{Q^{۲}}{C}$$

پرسش۳۵: یک خازن خالی با دی‌الکتریک شیشه‌ای را به دو سر باتری متصل کرده و آن را پر می‌کنیم. سپس آن را از باتری جدا می‌کنیم و دی‌الکتریک آن را برمی‌داریم. در هر یک از کمیت‌های زیر چه تغییری ایجاد می‌شود؟

الف) بار الکتریکی خازن

ب) ظرفیت خازن

پ) اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن

ت) انرژی ذخیره شده در خازن

تمرین۳۴: خازنی با ظرفیت معلوم و دی‌الکتریک هوا به اختلاف پتانسیل ثابتی وصل شده است. در این حالت فضای میان دو صفحه خازن را با دی‌الکتریکی به ضریب K پر می‌کنیم. جاهای خالی جدول را با کلمه‌های (کاهش، افزایش، ثابت) برای این خازن پر کنید:

بار الکتریکی	میدان الکتریکی	انرژی ذخیره شده در خازن

مثال۳۷: خازنی به ظرفیت $۲۰\mu F$ را با اختلاف پتانسیل ۲۰۰ ولت پر می‌کنیم. مطلوب است محاسبهٔ:

الف) بار ذخیره شده در خازن

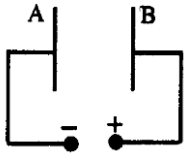
ب) انرژی ذخیره شده در خازن

مثال۳۸: ظرفیت خازنی $۲۲\mu F$ است. اگر بار الکتریکی آن ۲۰٪ افزایش یابد، انرژی آن $۱۶\mu j$ افزایش خواهد یافت. بار اولیه آن چقدر است؟

مثال۳۹: دو صفحه موازی یک خازن دارای ولتاژ $۲۰۰\ V$ و بار $۰/۲\ C$ است. در حالی که دوسر خازن به مولد متصل است، یکی از صفحات را به موازات دیگری حرکت می‌دهیم تا نصف سطح آن مقابل صفحه دیگر قرار گیرد. تغییر انرژی خازن چند ژول است؟

تمرین۳۵: دو صفحهٔ خازن تخت بارداری را به هم وصل می‌کنیم. در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود. حال اگر دوباره صفحات را به همان اندازه باردار کنیم ولی فاصلهٔ آن‌ها را دو برابر کنیم و سپس دو صفحه را به هم وصل کنیم، آیا جرقهٔ حاصل بزرگ‌تر از قبل می‌شود، یا کوچک‌تر و یا تغییری نمی‌کند؟ توضیح دهید.

تمرین۳۶: در شکل روبه‌رو خازنی با صفحه‌های رسانای A و B به باتری متصل شده است.



الف) پتانسیل الکتریکی صفحهٔ A بیش‌تر است یا صفحهٔ B ؟

ب) درصورتی که بار مثبت q' را از صفحهٔ منفی خازن باردار جدا کرده و به صفحهٔ مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن افزایش می‌یابد یا کاهش؟ (توضیح دهید)

تمرین۳۷: ظرفیت خازن تختی ۲۰ nF و بار الکتریکی آن ۱۸۰ nC است.

الف) انرژی ذخیره شده در این خازن چقدر است؟

ب) بین صفحات خازن هواست. خازن را از باتری جدا و فاصلهٔ بین صفحه‌های آن را دو برابر می‌کنیم. انرژی ذخیره شده در خازن چقدر افزایش می‌یابد؟

تمرین۳۸: اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ یک خازن را از ۲۸ ولت به ۴۰ ولت افزایش می‌دهیم. اگر با این کار ۱۵ میکروکولن بر بار ذخیره شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

تمرین۳۹: خازنی به ظرفیت ۱۰μF بار ۳ mC دارد. چند ژول انرژی مصرف کنیم تا ۱ mC بار از صفحه منفی خازن جدا و به صفحه مثبت آن بیفزاییم؟

☑ تست۵۳: خازن مسطحی را پس از شارژ از باتری جدا کرده‌ایم. چنان‌چه فضای بین صفحات خازن را که در ابتدا هوا بوده است با روغن پر کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ثابت می‌ماند. ۲) زیاد می‌شود.

۳) کاهش می‌یابد. ۴) به ضریب دی‌الکتریک روغن بستگی دارد.

☑ تست۵۴: بار خازنی به ظرفیت $5\mu F$ ، ۲۵ درصد افزایش می‌یابد و در اثر آن، $90\mu J$ به انرژی ذخیره شده در خازن افزوده می‌شود. ولتاژ اولیهٔ دو سر خازن چند ولت بوده است؟

۱) ۸ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵ (تجربی۹۸)

☑ تست۵۵: خازنی به ظرفیت $5\mu F$ به یک باتری ۱۰ ولتی متصل است. انرژی ذخیره شده در این خازن چند میکروژول است؟

۱) ۵۰۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۵۰ ۴) ۲۵ (تجربی خارج کشور ۹۸)

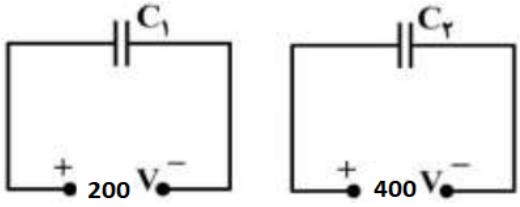
☑ تست۵۶: خازنی به یک باتری که ولتاژ آن قابل تنظیم است، متصل است. اگر ولتاژ دو سر خازن از $20V$ به $15\ V$ برسد، انرژی ذخیره‌شده در آن چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{3}{4}$ ۲) $\frac{2}{3}$ ۳) $\frac{9}{16}$ ۴) $\frac{3}{16}$ (ریاضی ۹۸)

☑ تست۵۷: ظرفیت خازنی $15\mu F$ و انرژی ذخیره شده در آن U است. اگر $3mC$ بار الکتریکی را از صفحهٔ منفی جدا کنیم و به صفحه مثبت انتقال دهیم، انرژی ذخیره شده در خازن $900mJ$ افزایش می‌یابد. انرژی اولیهٔ خازن (U) چند میلی ژول است؟

۱) ۳۰۰ ۲) ۶۰۰ ۳) ۱۲۰۰ ۴) ۱۵۰۰ (تجربی خارج کشور ۹۷)

☑ تست۵۸: در مدارهای زیر، انرژی خازن C_1، ۲۰ درصد انرژی خازن C_2 است. $\frac{C_2}{C_1}$ چقدر است؟ (ریاضی خارج کشور ۹۷)



۱) $\frac{5}{8}$ ۲) $\frac{4}{5}$
۳) $\frac{5}{4}$ ۴) $\frac{8}{5}$

☑ تست۵۹: دو سر خازنی را که دی‌الکتریک آن هوا است به دو سر یک باتری وصل می‌کنیم. انرژی ذخیره در آن u می‌شود. اگر در حالتی که به باتری وصل است، فاصلهٔ بین دو صفحه را n برابر کنیم، انرژی آن u' می‌شود. ولی اگر همان خازن اولیه را از باتری جدا کنیم و سپس، فاصلهٔ بین دو صفحه را n برابر کنیم، انرژی آن u'' می‌شود. نسبت $\frac{u''}{u'}$ چقدر است؟ (ریاضی خارج کشور ۹۳)

۱) $\frac{1}{n}$ ۲) n ۳) $\frac{1}{n^2}$ ۴) n^2

☑ تست۶۰: با تخلیهٔ قسمتی از بار الکتریکی یک خازن پرشده، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۸۰ درصد کاهش می‌یابد. انرژی این خازن چند درصد کاهش می‌یابد؟ (ریاضی ۹۴)

۱) ۴۰ ۲) ۶۴ ۳) ۸۰ ۴) ۹۶

۱- اگر مساحت مشترک صفحات یک خازن تخت را ۲۵ درصد افزایش دهیم، ظرفیت خازن $5\mu F$ تغییر می‌کند. ظرفیت اولیهٔ خازن چند میکروفاراد بوده است؟

۱) ۳۰ ۲) ۲۵ ۳) ۲۰ ۴) ۱۵

۲- اگر فاصلهٔ بین صفحات خازن تختی که به مولدی متصل است را $\frac{۱}{۴}$ حالت اولیه کنیم، بار الکتریکی و انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن به ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ ، $\frac{۱}{۴}$ ۲) ۴ ، $\frac{۱}{۴}$ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ، ۴ ۴) ۴ ، ۴

۳- اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازنی را از $۱۰\,V$ به $۲۰\,V$ افزایش می‌دهیم. اگر با این عمل $۳۰۰\mu j$ انرژی بر انرژی ذخیره‌شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۴- اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ یک خازن تخت را از ۴۸ ولت به ۳۲ ولت کاهش می‌دهیم. اگر با این کار ۱۲ میکروکولن از بار الکتریکی دخیره شده در خازن کم شود، ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

۱) ۱ ۲) ۰/۷۵ ۳) ۱/۲۵ ۴) ۰/۸

۵- ظرفیت یک خازن با دی الکتریک هوا برابر $۴\mu F$ است. اگر فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را ۲ برابر و فضای میان دو صفحه را با یک مادهٔ عایق به‌طور کامل پر کنیم، ظرفیت خازن به $۱۲\mu F$ می‌رسد. ثابت دی‌الکتریک مادهٔ عایق کدام است؟

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

۶- فاصلهٔ بین صفحات یک خازن تخت، با هوا پرشده است. اگر فاصلهٔ بین صفحات خازن را ۶ میلی‌متر افزایش داده و آن را به طور کامل با دی‌الکتریک میکا پر کنیم، ظرفیت خازن ۳ برابر ظرفیت اولیه می‌شود. فاصلهٔ اولیهٔ صفحات خازن چند میلی‌متر بوده است؟ ($k = ۵$ میکا)

۱) ۴/۵ ۲) ۶ ۳) ۷/۵ ۴) ۹

۷- فاصلهٔ بین صفحات خازن تختی را نصف و ولتاژ متصل به آن را ۴ برابر می‌کنیم. بار الکتریکی روی صفحات خازن و انرژی الکتریکی ذخیره‌شده در آن از راست به چپ چند برابر می‌شوند؟

۱) ۲ ، ۳۲ ۲) ۲ ، ۸ ۳) ۸ ، ۳۲ ۴) ۸ ، ۸

۸- دو صفحهٔ خازن تختی که دارای بار الکتریکی ۱۳ میلی‌کولن است را به هم وصل می‌کنیم. در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود و انرژی در مدت ۰/۱ میلی‌ثانیه با توان ۱۶۹ کیلووات آزاد می‌شود. ظرفیت این خازن چند میکروفاراد بوده است؟

۱) ۱۳ ۲) ۵ ۳) ۱/۳ ۴) ۰/۵

۹- خازن تختی به یک باتری با نیروی محرکهٔ ۱۲ ولت متصل است. در همین حالت، تمام فضای بین دو صفحهٔ خازن را با دی الکتریک با ثابت ۳/۵ به‌طور کامل پر می‌کنیم. انرژی ذخیره‌شده در خازن و بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات آن به ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شوند؟

۱) ۳/۵ ، $\frac{۲}{۷}$ ۲) $\frac{۲}{۷}$ ، ۳/۵ ۳) ۱ ، ۳/۵ ۴) ۳/۵ ، ۱

۱۰- انرژی ذخیره‌شده در خازنی که به اختلاف پتانسیل $1\,kV$ وصل است، برابر با $10^{-6}\ kw.h$ است. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

۱) ۳/۶ ۲) ۷/۲ ۳) ۳۶ ۴) ۷۲

۱۱- اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن ۵ میکروفارادی برابر V_1 می‌باشد. چنان‌چه اختلاف پتانسیل در این خازن ۴ ولت اضافه شود، انرژی پتانسیل الکتریکی دخیره شده در خازن ۱۶۰ میکروژول اضافه خواهد شد. V_1 چند ولت می‌باشد؟

۱) ۶ ۲) ۱۰ ۳) ۴ ۴) ۱۶

۱۲- فاصلهٔ بین صفحات خازنی $5mm$ ، مساحت هر یک از صفحه‌های آن $40cm^2$ و بین صفحات آن هوا است. اگر فاصلهٔ بین صفحات خازن $4mm$ کاهش یابد، ظرفیت خازن چند پیکوفاراد افزایش می‌یابد؟ $\varepsilon_0 = 9\times10^{-12}\ \frac{C^2}{N.m^2}$

۱) ۷/۲ ۲) ۲۴ ۳) ۲۸/۸ ۴) ۳۶ (ریاضی خارج کشور ۹۸)

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۳	۴	۲	۲	۳	۴	۳	۲	۳	۲					