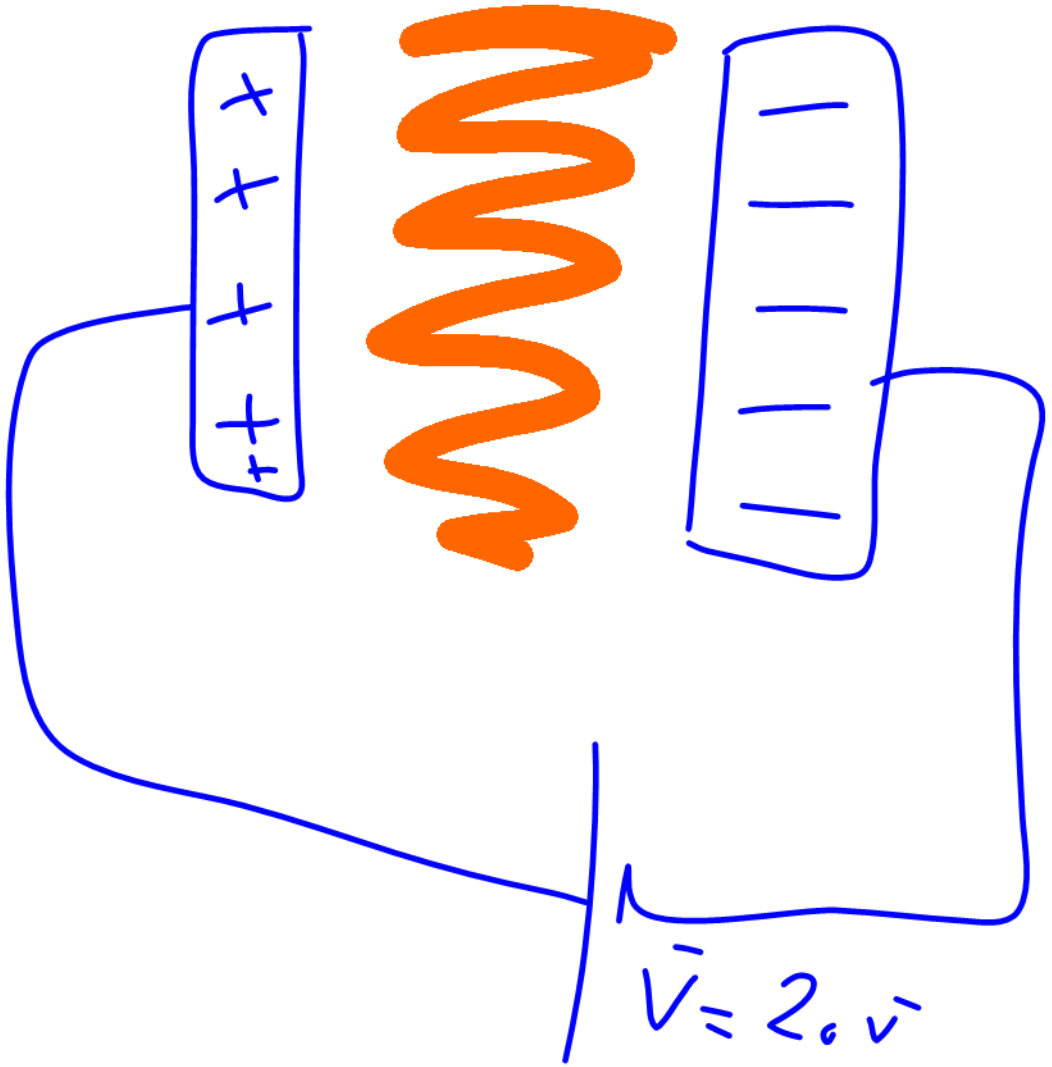
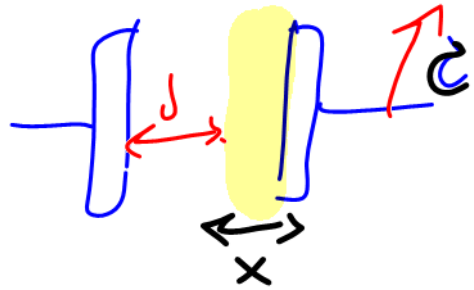


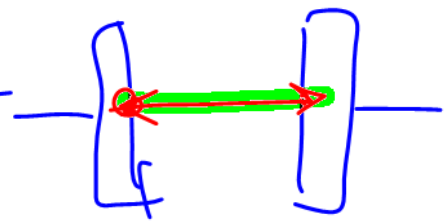
$$C = K \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

ورود
یک جسم
بین صفحات
خازن

دسانا

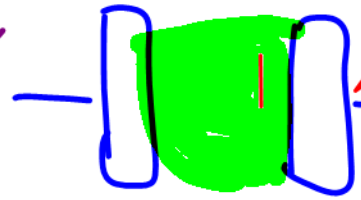


$$C = k\varepsilon \frac{A}{d}$$



خازن
از بین می‌رود

به جای هوای کل دارد می‌شود

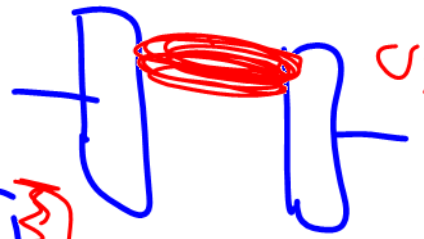


$$C = k\varepsilon \frac{A}{d}$$

عایق

~~نصفه افقی دارد~~

~~نصفه عمودی~~



موازی

سری

حین اتصال به مولد $\Longrightarrow$

$c \rightarrow$ برابر x

$v \rightarrow$ ثابت

$q \rightarrow$ برابر x

$U \rightarrow$ برابر x

دستکاری کردن خازن

پس از جدا کردن از مولد $\Longrightarrow$

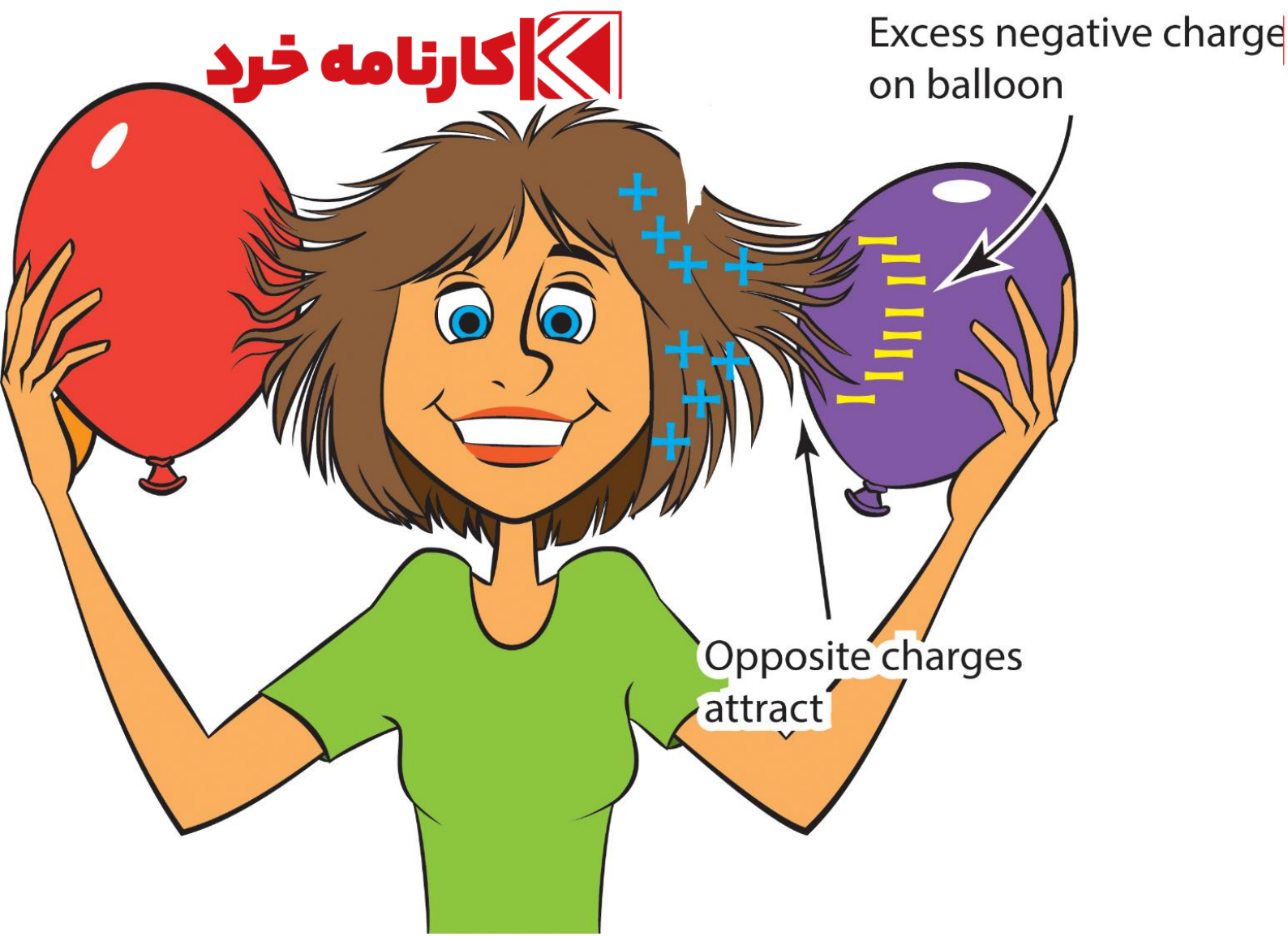
$c \rightarrow$ برابر x

$v \rightarrow$ برابر $\frac{1}{x}$

$q \rightarrow$ ثابت

$U \rightarrow$ برابر $\frac{1}{x}$

کارنامه خرد



الکتریسیته ساکن

مهندس مهدی باباخانی

سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱

این مجموعه با زحمت فراوان تهیه گردیده و برای کسانی است که فیلمها و جزوات را از موسسه ما خریداری کرده‌اند و تکثیر و استفاده غیر مجاز از جزوات و فیلم ها برای سایرین شرعا و اخلاقا حرام است

جهت تهیه فیلم ها و جزوات بنده به صورت قانونی با شماره زیر تماس حاصل فرمایید

021-26401062

www.karnamehkherad.com

دانشمندان یونان باستان را باید پدران علم الکتریسته قلمداد نماییم.آنها متوجه شده بودندکه اگر قطعه‌ای از کهربا (amber) با پارچه پشمی مالش داده شود و سپس به خرده‌های کاه نزدیک گردد، آن خرده‌ها به سوی کهربا کشیده میشوند.ما امروز میدانیم که این نیروی کشش ناشی از یک نیروی الکتریکی است. در واقع واژه الکتریسیته از واژه یونانی الکترون گرفته شده است که به معنای کهرباست.

در این فصل، کتاب درسی شما نخست به مطالعه بارهای ساکن پرداخته و به بیان به جزئیات دقیقتری از چگونگی ایجاد بار الکتریکی در یک جسم، عوامل مؤثر بر نیروی الکتریکی ّ بین دو بار الکتریکی ذرهای، میدان الکتریکی، انرژی پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی، توزیع بار در یک جسم رسانا و کاربرد خازنها پرداخته است

بار الکتریکی چیست و از کجا بوجود می‌آید

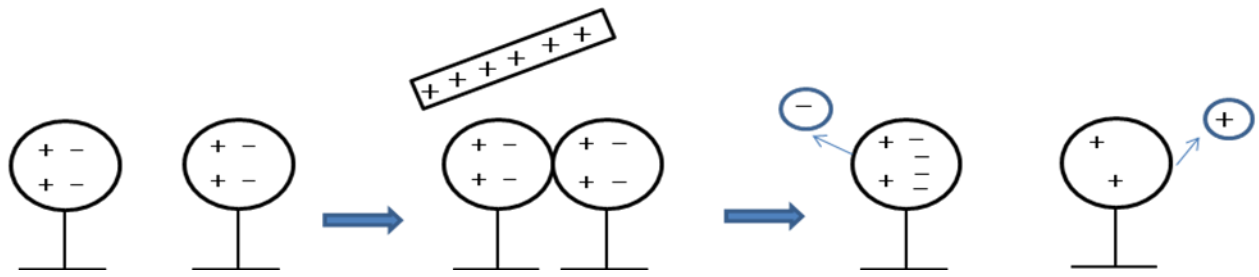
بار الکتریکی به وجود نمی آید و از بین نمی رود و فقط از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود .به این اصل، پایستگی بارالکتریکی گفته می‌شود.

اجسام در حالت عادی دارای تعداد الکترون و پروتون مساوی هستند که به آنها خنثی می‌گوییم .حال اگر یک یا چند الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل شود، تساوی بین بارهای مثبت و منفی برهم می‌خورد که اصطلاحا می‌کوییم اجسام باردار شده‌اند. جسمی که e از دست می‌دهد دارای بار + و جسمی که e بدست می‌آورد دارای بار – می‌شود. روشهای باردار کردن اجسام مالش و تماس و القا می‌باشد.

روش مالش: وقتی دو جسم را به هم می مالیم و مالش می‌دهیم الکترون از یکی به دیگری منتقل می‌شود.

روش تماس : وقتی جسم رسانا باردار را باجسمی خنثی تماس می‌دهیم.

روش القا : وقتی دو گوی خنثی را کنار هم بگذاریم و یک میله باردار (مثلاً بار مثبت) را با فاصله سمت یکی از گوی ها می‌گیریم سپس گوی ها را از هم دور می‌کنیم.



نکته در مورد مالش

نوع باری که دو جسم مختلف بر اثر مالش پیدا میکنند، به جنس آنها بستگی دارد هنگام مالش دو جسم به یکدیگر برای آنکه متوجه شوم کدام یک دارای یک بار مثبت و کدام یک دارای بار منفی هستند باید به جدول (تریبو الکتریک) نگاه کنیم هرکدام از دو ماده که در جدول بالاتر از دیگری باشد دارای بار مثبت می‌شود و هرکدام که پایین تر باشد دارای بار منفی می‌شود.

مثلاً هنگامی که شیشه را با موی گربه مالش می‌دهیم در این صورت شیشه دارای بار مثبت و موی گربه دارای بار منفی می‌شود امّا اگر همان شیشه را با موی انسان مالش دهیم اینبار موی انسان دارای بار مثبت و شیشه دارای بار منفی شود.

انتهای مثبت سری

۱- موی انسان

۲- شیشه

۳- نایلون

۴- پشم

۵- موی گربه

۶- سرب

۷- ابریشم

۸- آلمینیوم

و ...

انتهای منفی سری

نکات محاسبه اندازه بار الکتریکی و خاصیت کوانتومی بودن بار

کوانتوم یعنی گسسته بودن به زبان ساده بعضی مواد رو نمیشه از یه حدی ریزتر کرد مثلاً ادم یا یک دونه است یا دو تا ادم یا سه تا ادم. بنابراین نمیتوان گفت یک ادم و نصفی !!!

بار الکتریکی نیز کوانتومی است یعنی بار یک جسم یا به اندازه بار یک الکترونه یا دو تا یا .... اما نمیشه گفت بار الکتریکی یک جسم یک و نصفی بار یک الکترون است!!

هر بار الکتریکی همواره مضرب درستی از این بار بنیادی e است. و بار الکتریکی از رابطه $q = \pm ne$ محاسبه میشود

در یک اتم خنثی، تعداد الکترونها برابر با تعداد پروتون های هسته است. بنابراین، جمع ارها (بار خالص) دقیقاً برابر با صفر است. در تجربههایی مانند مالش اجسام به یکدیگر، الکترونها تولید نمیشوند و یا از بین نمیروند، بلکه صرفاً از جسمی به جسم دیگر منتقل میشوند اندازهٔ بار منفی الکترون دقیقاً برابر با اندازهٔ بار مثبت پروتون است. این مقدار را بار بنیادی برابرست با $e = 1.6 \times 10^{-19}$

بار الکتریکی

- تعریف بار برهم خوردن تساوی تعداد الکترونها و پروتونها
- روشهای باردار کردن اجسام
  - مالش
  - تماس
  - القا
- نوع بار در مالش
  - شیشه و ابریشم ⟸ شیشه+ و ابریشم−
  - پلاستیک و پشم ⟸ پلاستیک− و پشم +
- مقدار بار $q = \pm ne$

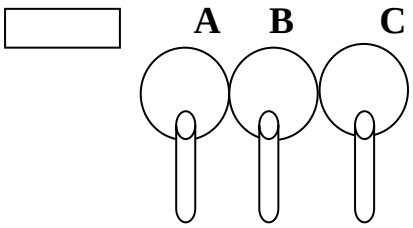
تست: یک خط کش پلاستیکی را با موی انسان مالش می‌دهیم به طوریکه در هر سانتی‌متر از این خط کش ۸ سانتیمتری تعداد 10^{10} الکترون جا به جا می‌شود، بار الکتریکی خط کش چند کولن می‌شود؟

۱) $+2\times10^{-8}$ ۲) -2×10^{-8} ۳) $+12/8\times10^{-9}$ ۴) $-12/8\times10^{-9}$

تست: میله‌ای شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش داده و در کنار کره **A** قرار می‌دهیم بار کره‌های **C,B,A** به ترتیب از راست به چپ کدامست؟(کره‌ها رسانا هستند)

۱) مثبت منفی منفی ۲) مثبت صفر مثبت

۳) منفی صفر مثبت ۴) مثبت صفر منفی



تست: سه جسم **A,B,C** را دو به دو به هم نزدیک می‌کنیم، وقتی **A** را به **B** نزدیک می‌کنیم همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند، و اگر **B** و **C** را به هم نزدیک کنیم همدیگر را دفع می‌کنند، کدام‌یک از گزینه ها می‌تواند صحیح باشد؟

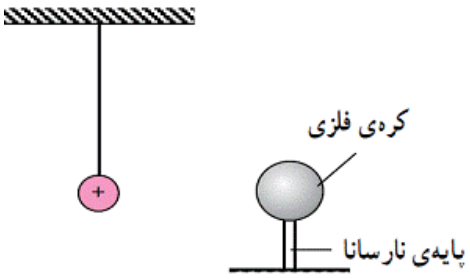
۱) **A** و **C** بار همنام و هم اندازه دارند. ۲) **B** و **C** بار غیرهمنام دارند.

۳) **B** بدون بار و **C** خنثی است. ۴) **A** بدون بار و **B** باردار است.

نکته:

- جاذبه
  - بارهای ناهمنام
  - یکی باردار یکی خنثی
- دافعه
  - بارهای همنام

تست : یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بار داری نزدیک می‌کنیم. کدام گزینه صحیح‌تر است؟



۱) آونگ جذب کره می‌شود و به آن میچسبد.
۲) به علت خنثی بودن کره، آونگ تکان نمیخورد.
۳) آونگ ابتدا جذب کره شده سپس از آن دور می‌شود.
۴) آونگ از کره با نیروی دافعه دور می‌شود.

تست : کدام گزینه بار الکتریکی یک جسم می‌تواند باشد؟

۱) ۳۲×۱۰^{-۲۰}
۲) ۵۲×۱۰^{-۲۰}
۳) ۵۰×۱۰^{-۲۰}
۴) هر سه گزینه می‌تواند بار یک جسم باشد.

تست: بار الکتریکی اتم $^{12}_{6}C$ و هسته اتم $^{4}_{2}He$ به ترتیب از راست به چپ برحسب کولن برابرست با....

صفر – صفر　　صفر– 3.2×10^{-19}　　$3.2\times10^{-19}-9.6\times10^{-19}$　　هیچکدام

الکتروسکوپ

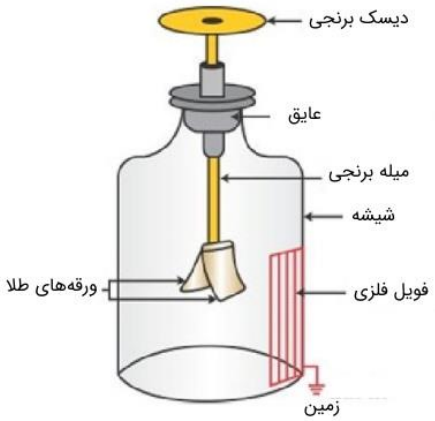
الکتروسکوپ وسیله ای است که معمولا دارای دو ورقه ی نازک طلا است که روی یک تیغه فلزی قرار دارد و تیغه فلزی به یک کلاهک رسانا متصل شده است که تیغه‌ی فلزی و ورقه‌ها در یک قاب عایق دارند از الکتروسکوپ برای تشخیص وجود یا عدم وجود بار الکتریکی و تعیین نوع بار الکتریکی تعیین رسانایا نارسانا بودن اجسام و مقایسه مقدار بارالکتریکی استفاده میشود

اگر جسم را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کنیم و نزدیک کلاهک نگاه داریم. اگر جسم دارای بار الکتریکی باشد،با نزدیک کردن آن الکترون های آزاد الکتروسکوپ تحت تاثیر نیروهای رانش و ربایش آن جابه جا شده و ورقه ها بارهای همنام پیدا می کنند و از هم جدا می شوند. در صورتی که جسم بدون بار الکتریکی باشد در ورقه ها هیچ تغییری مشاهده نمی شود.

همچنین اگر الکتروسکوپ دارای بارالکتریکی باشد و نوع بار آن برای ما معلوم باشد و جسمی با بار نامشخص داشته باشم و به الکتروسکوپ نزدیک کنیم در صورتی که زاویه دو ورقه ها کم می شود بار جسم (میله) با بار کلاهک الکتروسکوپ غیر همنام است. است و اگر زاویه دو ورقه زیاد می شود، بار جسم (میله) با بار الکتریکی کلاهک الکتروسکوپ همنام است.

همچنین اگر دوجسم باردار داشته باشیم و بخواهیم تعیین کنیم مقدار بار کدام یک بیشتر است میتوانیم برای این منظور هر یک از اجسام را جداگانه به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک می کنیم و میزان انحراف ورقه ها را اندازه بگیریم. در جسمی که میزان انحراف بیشتر باشد ، مقدار بار الکتریکی نیز بیشتر است.

همچنین از الکتروسکوپ برای تعیین رسانا یا نارسانا بودن اجسام نیز میتوانیم استفاده کنیم برای این منظور، باید جسم مورد نظر را به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس دهیم، اگر جسم رسانا باشد، قسمتی از بارهای الکتریکی الکتروسکوپ به جسم منتقل شده سپس از طریق دست و بدن ما به زمین تخلیه میشود و فاصله، دو ورقه از هم کم می شود و اگر جسم نارسانا باشد، بارالکتریکی به جسم منتقل نشده و فاصله ی ورقه ها از هم تغییری نمی کند.



خلاصه نکات الکتروسکوپ

وقتی میله‌ای باردار را به یک الکتروسکوپ نزدیک میکنیم (یا تماس میدهیم) بسته به شرایط ممکن است یکی از حالتهای زیر پیش بیاید،که باید این حالت ها را حفظ نمایید

- الکتروسکوپ خنثی
  - میله باردار را به کلاهک نزدیک کنیم : کلاهک ناهمنام ورقه ها همنام
  - میله باردار رسانا را به کلاهک تماس دهیم: کلاهک همنام ورقه ها همنام با میله
- الکتروسکوپ باردار
  - ورقه ها بازتر شود: بار میله و الکتروسکوپ همنام
  - ورقه ها جمع تر شود: بار میله و الکتروسکوپ ناهمنام
  - ورقه ها نخست جمع سپس از هم دور: بار میله و الکتروسکوپ ناهمنام ولی بار میله بسیار قوی

تست: میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپی خنثی نزدیک می‌کنیم بار کلاهک ...و بار ورقه ها ...

۱) مثبت – مثبت ۲) مثبت – منفی

۳) منفی – مثبت ۴) منفی – منفی

تست: میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپی خنثی تماس می‌دهیم بار کلاهک .... و بار ورقه ها..

۱) مثبت – مثبت ۲) مثبت – منفی

۳) منفی – مثبت ۴) منفی – منفی

تست: میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپی نزدیک می‌کنیم مشاهده می‌شود که ورقه‌های الکتروسکوپ نخست بسته سپس از هم باز می‌شوند بار اولیه الکتروسکوپ .....

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

قانون کولن

نیرویی که دو جسم باردار بر هم وارد می کنند، نیروی الکتریکی نام دارد .نیروهای الکتریکی ممکن است، ربایشی یا رانشی باشند .دیدیم که اگر بارهای الکتریکی دو جسم همنام باشند، یعنی هر دو مثبت یا هر دو منفی باشند، این نیرو، رانشی است. در حالی که اگر بارالکتریکی یک جسم مثبت و بارالکتریکی دیگری منفی باشد، این نیرو، ربایشی خواهد بود. شارل کولن، دانشمند فرانسوی، برای اولین بار با انجام دادن آزمایش های ساده و هوشمندانه ای توانست عامل هایی را که نیروهای الکتریکی به آنها بستگی دارند، شناسایی کند و نتیجه ی آزمایش های خود را، که امروزه به نام قانون کولن شناخته شده است، به‌صورت زیر بیان کرد:

بزرگی نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی بین دو ذرّه با بارهای q_1 و q_2 که در فاصلهٔ r از یکدی‌گر قرار دارند، با حاصل ضرب اندازهٔ بار دو ذرّه نسبت مستقیم و با مجذور فاصلهٔ دو ذرّه از هم، نسبت وارون دارد بنابراین:

$$F = K\frac{|q_1||q_2|}{R^2}$$

در آن q_1 و q_2 بارهای الکتریکی دو ذرّه برحسب کولن r ، فاصلهٔ بین دو ذرّه برحسب متر و F، بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر هر ذرّه برحسب نیوتون است.

نکته: اگر فاصله برحسب سانتی و بار برحسب میکرو کولن باشد بدون هیچگونه تبدیل واحدی میتوانیم از فرمول $F = 9^0\frac{q_1q_2}{R^2}$ استفاده کنیم

قانون کولن

- فرمول اصلی (SI) $F = K\frac{q_1q_2}{R^2}$
- تستی(فاصله سانتی و بار میکرو) بدون تبدیل واحد $F = 9^0\frac{q_1q_2}{R^2}$

تست: دو بار کولن $q_1 = -50\times10^{-20}$ و کولن $q_2 = +4\times10^{-6}$ در فاصله ۳ سانتیمتری از هم چند نیوتن و چگونه بر هم نیرو وارد می‌کنند؟

۱) $200\times10^{+13}$ جاذبه

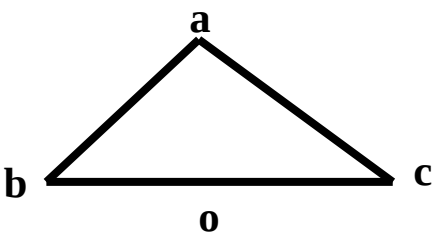
۲) 200×10^{-9} دافعه

۳) 200×10^{-13} جاذبه

۴) هیچکدام سوال غلط است.

تست: با توجه به شکل مقابل اگر بار q_0 برابر مثبت یک میکروکولن باشد و در وسط خط واصل بین دو بار q_b و q_c باشد بردار برایند نیروهای وارد بر q_0 برحسب بردارهای یکه i و j کدامست؟

($ab = 4cm,\ q_a = +4\mu c\ ,\ q_c = -6\mu c\ ,\ q_b = +6\mu c$ و زاویه $c = b = 30$)



۱) $90i - 90j$

۲) $90i + 90j$

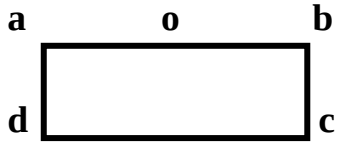
۳) $90i - 45j$

۴) $45i - 45j$

تست: با توجه به شکل مقابل اگر بار $q_{\circ}$ برابر مثبت یک میکروکولن باشد و در وسط خط واصل بین دو بار q_b و q_a باشد بردار برایند نیروهای وارد بر $q_{\circ}$ چند نیوتن است؟

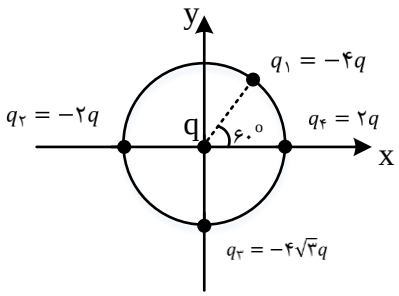
$(ad = 3cm, ab = 8cm, q_a = +3\mu c\ ,\ q_d = -5\mu c\ ,\ q_b = +3\mu c)$

۱) 28/8 ۲) 21/6 ۳) $18\sqrt{2}$ ۴) ۱۸



تست: مطابق شکل زیر، بارهای الکتریکی نقطه ای روی محیط و مرکز دایره ای به شعاع r قرار گرفته اند. اگر $\frac{kq^2}{r^2} = 10N$ باشد، اندازه ی برایند نیروهای وارد بر بار q در مرکز دایره از طرف بارهای دیگر چند نیوتون است؟

۱) $40\sqrt{3}$ ۲) 40 ۳) $20\sqrt{3}$ ۴) 20



ابتدا نیروهای وارد بر بار q در مرکز دایره را مشخص می کنیم.

$$F_1 = \frac{K|q_1||q|}{r^2} = \frac{K(4q)(q)}{r^2} = 40N$$

$$F_2 = F_4 = \frac{K(2q)(q)}{r^2} = 20N$$

$$F_3 = \frac{K(4q)(q)}{r^2} = 40\sqrt{3}N$$

$$\vec{F}_x = \vec{F}_{1x} - \vec{F}_2 - \vec{F}_4$$

$$\rightarrow \vec{F}_x = \big((40cos60) - 20 - 20\big)\vec{\imath} = (20 - 40)\vec{\imath} = (-20)\vec{\imath}N$$

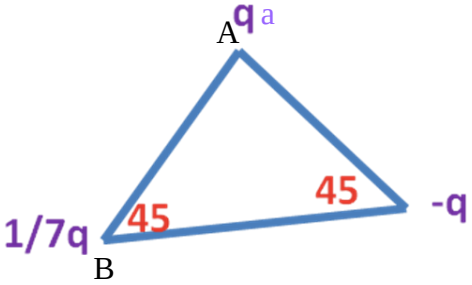
$$\vec{F}_y = \vec{F}_{1y} - \vec{F}_3 = \Big((40cos60) - 40\sqrt{3}\Big)\vec{\imath}$$

$$= \big(20\sqrt{3} - 40\sqrt{3}\big)\vec{\jmath} = \big(-20\sqrt{3}\big)\vec{\jmath}\ N$$

$$F_T = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{20^2 + \big(20\sqrt{3}\big)^2} = 40N$$

تست: در شکل زیرمثلث قائم الزاویه و متساوی الساقین است، زاویه بین برایند نیروهای وارد بر بار q_a وبا امتداد پاره خط **BA** چند درجه است؟

۱) ۳۰ ۲) ۳۷ ۳) ۴۵ ۴) ۶۰



تست: دو ذره بار دار **q** در فاصله **r** از هم برهم نیروی **F** وارد می‌کنند چند درصد از یکی را برداشته و به دیگری اضافه کنیم تا نیروی بین آنها در همان فاصله $\frac{۱۵}{۱۶}$ برابر شود؟

۱) ۳۰ ۲) ۲۵ ۳) ۷۰ ۴) ۱۰

تماس دو کره فلزی باردار

هرگاه دو کره فلزی مشابه را با هم تماس دهیم، بار هر کدام پس از تماس و جداسازی برابر می‌شود با:

$$q_{\text{جدید}} = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

هرگاه دو کره فلزی غیر مشابه را با هم تماس دهیم، بار هر کدام پس از تماس و جداسازی برابر می‌شود با:

$$q_{1\ \text{جدید}} = \frac{r_1 \times (q_1 + q_2)}{r_1 + r_2}$$

تست: دو کره فلزی مشابه که دارای بار الکتریکی $+2q$ و $-3q$ می‌باشند و از فاصله d برهم نیروی F وارد می‌کنند اگر دو کره را باهم تماس داده و سپس آنها را در همان فاصله قبلی قرار دهیم در اینصورت نیروی بین آنها چندبرابر حالت اول می‌شود؟

۱) $\frac{1}{3}$ ۲) $\frac{1}{24}$ ۳) $\frac{1}{6}$ ۴) $\frac{1}{12}$

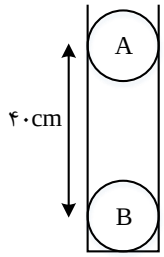
(مطالعه نیمه آزاد)

تست: دو کره فلزی غیر مشابه A وB که دارای بار الکتریکی $q_A = +4C$ و $q_B = +16C$ می‌باشند و از فاصله d برهم نیروی F وارد می‌کنند اگر دو کره را باهم تماس داده و سپس آنها را در همان فاصله قبلی قرار دهیم ر اینصورت نیروی بین آنها چندبرابر حالت اول می‌شود؟ (شعاع کره B سه برابر شعاع کره A)

۱) $\frac{25}{16}$ ۲) $\frac{16}{25}$ ۳) $\frac{75}{64}$ ۴) $\frac{64}{75}$

تست : در شکل زیر دو گلوله ی مشابه هر کدام به جرم ۵۰ گرم و بارهای الکتریکی $2\mu C$ و $4\mu C$ در یک لوله نارسانای قائم در حال تعادل هستند. بزرگی نیروی اصطکاک بین گلوله ی A و سطح داخلی لوله چند نیوتون است؟ ($g = 10\frac{N}{kg}$ و $k = 9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2}$)

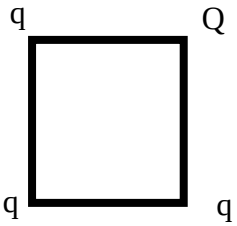
۱) ۲ ۲) ۰/۰۵ ۳) ۰/۶ ۴) اصطکاک ندارد



$$W = mg = 0.05\times10 = 0.5N$$
$$F = k\frac{|q_A||q_B|}{r^2}$$
$$= 9\times10^9\times\frac{2\times4\times10^{-12}}{(0/4)^2} = 0/45N$$
$$F_{A\text{برایند}} = 0 \rightarrow f_s = mg - F = 0.5 - 0.45 = 0.05N$$

تست: در شکل زیر باری که در راس A موجود است در حالت تعادل می‌باشد، دراین صورت نسبت Q به q تقریبا برابرست با.....

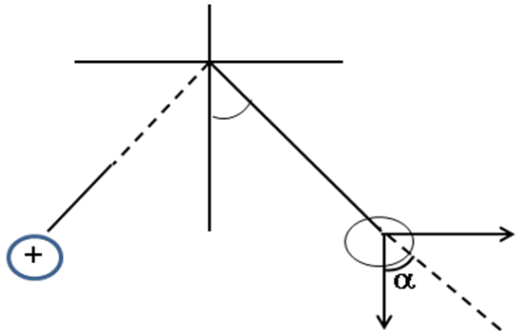
۱) ۱/۴ ۲) ۲/۸ ۳) -۱/۴ ۴) -۲/۸



پاسخ: برایند qبر qها باید با نیروی q بر Q برابرشود پس مختلف العلامت هستند

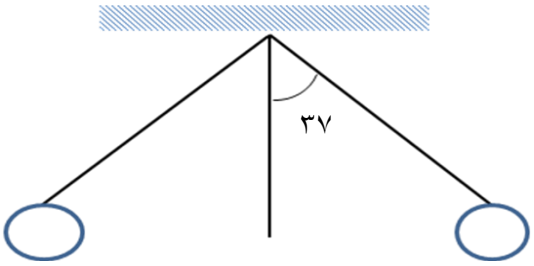
$$\frac{Kq\,q}{a^2}\times\sqrt{2} = \frac{kq\,Q}{(a\sqrt{2})^2} \rightarrow \frac{Q}{q} = -2\sqrt{2} \cong -2.8$$

قانون کولن و تعادل در آونگ ها:



تست: در شکل مقابل دو گلولهٔ مشابه با بارهای مساوی q بر هم نیروی دافعه وارد می کنند و زاویه انحراف آن ها با راستای قائم ۳۷ درجه است اگر طول آونگ ها برابر با ۱۰cm باشد و جرم هر گلوله ۲gr باشد کشش نخ سبک چند نیوتن است؟

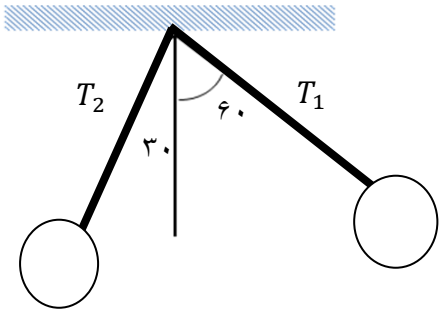
۱) ۰/۰۲۵ ۲) ۰/۰۳۳ ۳) ۰/۵ ۴) بسته به q دارد.



تست: در شکل زیر دو آونگ الکتریکی باردار و هم طول در حالت تعادل قرار دارند، کشش نخ T_1 تقریبا چند برابر T_2 است؟ (نخ ها عایق و با جرم ناچیز)

۱) ۰/۵ ۲) ۲

۳) ۱/۷ ۴) $\frac{\sqrt{۳}}{۳}$



میدان الکتریکی :

میدان الکتریکی کمیتی برداری است که بزرگی آن برابرست با $E=\frac{F}{q}$ و جهت آن همان جهت نیروی وارد بر بار آزمون(بار کوچک و مثبت) است.

همچنین میدان الکتریکی از رابطه $E=\frac{kq}{r^2}$ قابل محاسبه می‌باشد.

برای محاسبه میدان الکتریکی، در نقطه مورد نظر یک بار فرضی + قرار می‌دهیم و به کمک آن جهت میدان را برای هر بار دلخواه مشخص می‌کنیم. در نهایت به کمک روشهای برداری ، برایند میدان الکتریکی را محاسبه مینماییم.

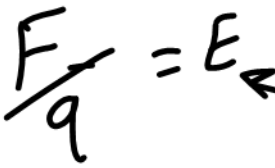
خطوط میدان الکتریکی: برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام دارای بار، از خط های جهت داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. ویژگی این خطوط عبارتست از :

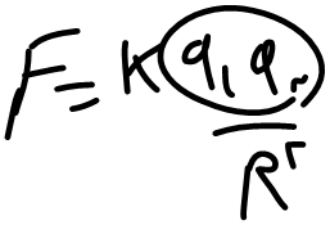
جهت این خط ها برای بار مثبت روبه خارج و برای بار منفی رو به داخل است

میدان در هر نقطه ، برداری است مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می گذرد و با آن خط میدان هم‌جهت است. در واقع میدان در هر نقطه، برداری است مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می گذرد و با آن خطِ میدان هم‌جهت است.

در هر ناحیه که میدان قوی تر باشد، خط های میدان به یکدی‌گر نزدیک تر و فشرده ترند

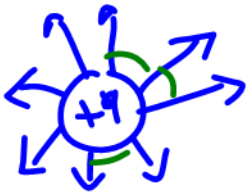
خط های میدان یکدیگر را قطع نمی کنند؛ یعنی از هر نقطه فقط یک خط میدان می گذرد



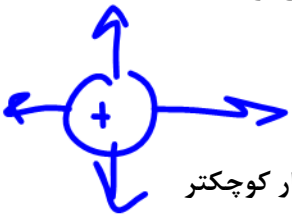


میدان

- تعریف کمی نیرویی که بر واحد آزمون بار مثبت وارد می‌شود.
- تعریف کیفی خاصیتی که در فضای اطراف هر بار الکتریکی وجود دارد.
- فرمول ها: $E=\frac{kq}{r^2}$ ، $E=\frac{F}{q}$ ، $E=\frac{v}{d}$ یکنواخت
- شدت : هرجا که خطوط میدان به هم نزدیکتر باشند میدان قوی‌تر است.



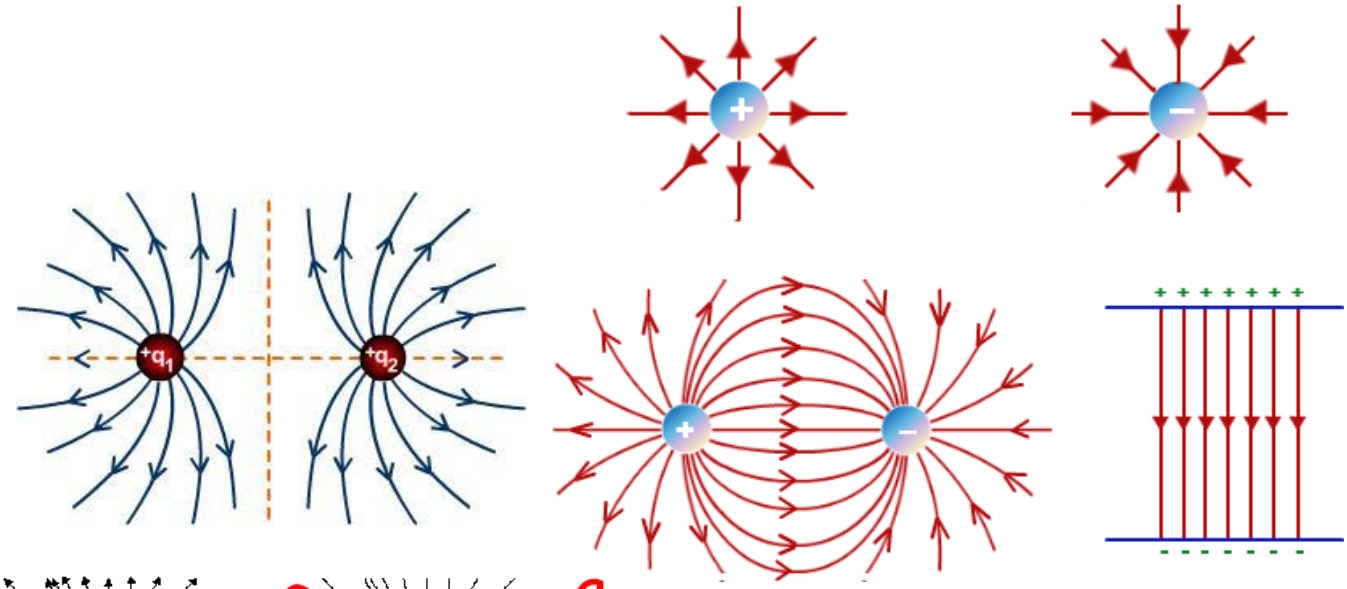
- کجا برآیند میدان صفر می‌شود: $E_1 = E_2$



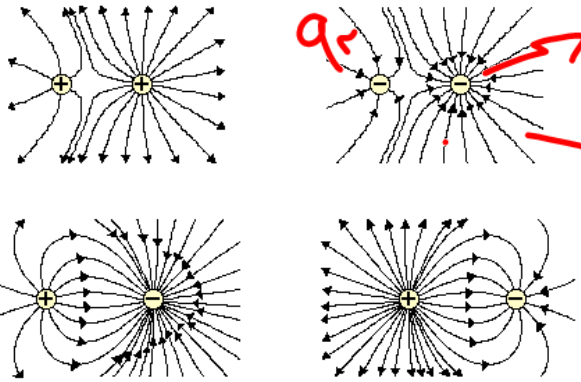
- بارها هم علامت : داخل ونزدیک به بار کوچکتر
- بارها مختلف العلامت : خارج و نزدیک به بار کوچکتر

جهت خطوط میدان الکتریکی

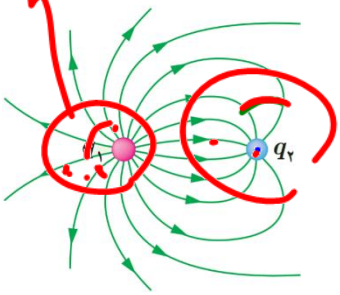
از + در حال خارج شدن و به – در حال وارد شدن هستند!



هرچه خطوط متراکمتر باشند، بار و میدان قوی تر است.



تست: با توجه به شکل روبرو کدام گزینه صحیح است؟



- q_1 دارای بار مثبت و q_2 دارای بار منفی است و $|q_1| \geq |q_2|$
- q_1 دارای بار مثبت و q_2 دارای بار منفی است و $|q_1| > |q_2|$
- q_1 دارای بار منفی و q_2 دارای بار مثبت است و $|q_1| < |q_2|$
- q_1 دارای بار منفی و q_2 دارای بار مثبت است و $|q_1| > |q_2|$

چون از q_1 در حال خارج شدن و به q_2 در حال وارد شدن است بنابراین q_1 دارای بار مثبت و q_2 دارای بار منفی است و چون تراکم خطوط q_1 بیشتر است بنابراین $|q_1| > |q_2|$

تست: اندازه ی میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه ای q در فاصله ی d سانتی متری از آن برابر با $E_1 = 36 \times 10^5 \frac{N}{C}$ و در فاصله ی $(d+10)$ سانتی متری از آن برابر با $E_2 = 16 \times 10^5 \frac{N}{C}$ است. به ترتیب از راست به چپ، اندازه ی بار q چند میکروکولن و d چند سانتی متر است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۱) ۵۶ و ۸
۲) ۸ و ۵۶
۳) ۵۶ و ۲۰
۴) ۱۶ و ۲۰

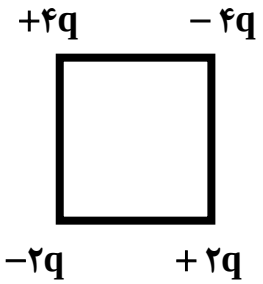
$$E = k\frac{|q|}{r^2} \rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \rightarrow \frac{16 \times 10^5}{36 \times 10^5} = \left(\frac{d}{d+10}\right)^2$$

$$\rightarrow \frac{4}{9} = \left(\frac{d}{d+10}\right)^2 \xrightarrow{d>0} \frac{2}{3} = \frac{d}{d+10} \rightarrow d = 20cm$$

$$E_1 = k\frac{|q|}{r_1^2} \xrightarrow{r_1 = d = 0/2m} 36 \times 10^5 = 9 \times 10^9 \frac{|q|}{(0/2)^2}$$

$$\rightarrow |q| = 16 \times 10^{-6} C = 16\mu C$$

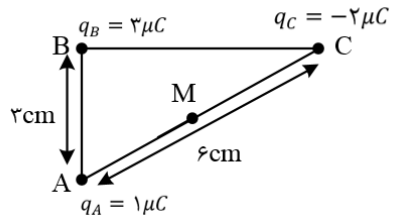
تست: اگر بار q در هریک از گوشه های مربع شکل پایین قرار گیرد میدان ناشی از آن در مرکز مربع E می‌شود. در اینصورت شدت میدان الکتریکی برایند در مرکز مربع زیر چند E است؟



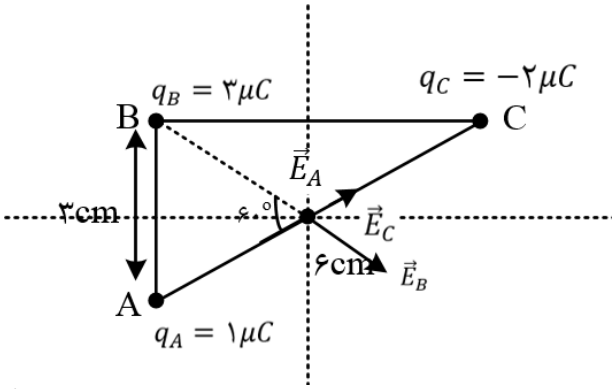
۱) ۲
۲) ۴
۳) $۲\sqrt{۲}$
۴) $\sqrt{۲}$

تست: **در شکل زیر، اندازه ی برآیند میدان های الکتریکی سه بار نقطه ای، در نقطه ی M وسط ضلع AC از مثلث قائم الزاویه ی ABC چند نیوتن بر کولن است؟** ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$) (آزمون کانون)

۱) $\sqrt{3} \times 10^7$ ۲) $3\sqrt{3} \times 10^7$ ۳) 2×10^7 ۴) $2\sqrt{3} \times 10^7$



با توجه به این که ضلع مقابل به زاویه ی $30°$ نصف وتر است. مثلث قائم الزاویه ی ABC، یک $90° - 60° - 30°$ است و فاصله رأس B تا وسط ضلع AC برابر با 3cm خواهد بود. بنابراین ابتدا اندازه و جهت میدان الکتریکی ناشی از هر بار را در نقطه ی M تعیین می کنیم:



$$E = k\frac{q}{r^2} \rightarrow \begin{cases} E_A = k\frac{q_A}{r_A^2} \rightarrow E_A = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 10^7 \frac{N}{C} \\ E_B = k\frac{q_B}{r_B^2} \rightarrow E_B = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 3 \times 10^7 \frac{N}{C} \\ E_C = k\frac{q_C}{r_C^2} \rightarrow E_C = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 2 \times 10^7 \frac{N}{C} \end{cases}$$

اکنون با توجه به علامت بارها، جهت میدان الکتریکی هر کدام را مطابق شکل فوق در نقطه ی B تعیین می کنیم. چون میدان های $\vec{E}_A$ و $\vec{E}_C$ هم راستا و هم جهت هستند داریم:

$$E' = E_A + E_C = 10^7 + 2 \times 10^7 = 3 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

حال با توجه به میدان های E' و E_B در راستای محور x و y، میدان برایند را محاسبه می کنیم:

در راستای x: $E'cos30 + E_Bcos30$

در راستای y: $E'sin30 - E_Bsin30 = 0$

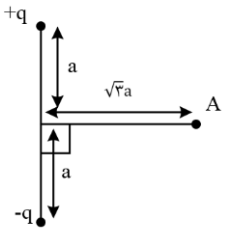
چون $|\vec{E}'| = |\vec{E}_B|$ است، بزرگی برایند میدان های الکتریکی برابر است با:

$$E_T = 2E_Bcos30$$

$$\rightarrow E_T = 2 \times 2 \times 10^7 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 3\sqrt{3} \times 10^7 \frac{N}{C}$$

تست : در شکل مقابل، اندازه ی برآیند میدان های الکتریکی حاصل از دو قطبی الکتریکی در نقطه ی A برابر کدام است؟ (مشابه کنکور سراسری)

۱) $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{a^2}$ ۲) $\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\frac{q}{a^2}$ ۳) $\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{q}{a^2}$ ۴) $\frac{1}{16\pi\varepsilon_0}\frac{q}{a^2}$



برای محاسبه بزرگی میدان الکتریکی در نقطه ی A ابتدا میدان الکتریکی هر یک از بارها را در نقطه ی A رسم می کنیم و سپس با توجه به جهت بردارها، برایند آنها را حساب می کنیم.

دقت کنید فاصله ی هر یک از بارها از نقطه ی A برابر $r_1 = r_2 = \sqrt{a^2 + 3a^2} = 2a$ است.

$$E_1 = E_2 = k\frac{q}{r^2} \xrightarrow{r=2a} E_1 = E_2 = k\frac{q}{4a^2}$$

در راستای x: $E_2 \sin\alpha - E_1 \sin\alpha = 0$

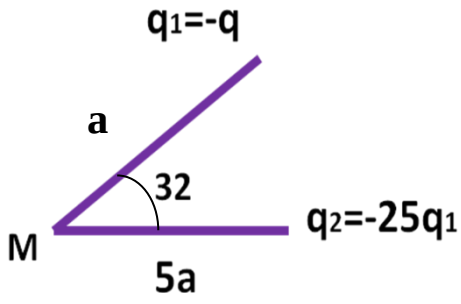
در راستای y: $-E_2\cos\alpha - E_2\cos\alpha = -E_T$

$$E_T = 2E_1\cos\alpha \xrightarrow{\cos\alpha=\frac{a}{r}=\frac{a}{2a}=\frac{1}{2}} E_T = 2k\frac{q}{4a^2}\times\frac{1}{2}$$

$$\xrightarrow{k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}} E_T = \frac{q}{16\pi\varepsilon_0 a^2}$$

تست : در شکل مقابل اگر اندازه میدان الکتریکی ناشی از q_1 در نقطه M برابر E باشد، اندازه برایند میدان کلی در نقطه M کدام گزینه است؟

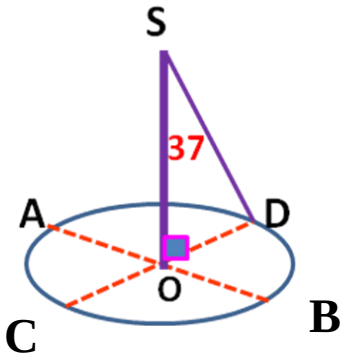
۱) ۱/۴E ۲) ۰/۱۸E ۳) ۰/۵۶E ۴) ۰/۲۸E



تست : دو قطر عمود بر هم AB و CD از یک دایره افقی را در نظر گرفته و چهار بار الکتریکی نقطه ای مشابه در نقاط A وB و C و D قرار می‌دهیم، اگر میدان الکتریکی هریک از بار ها در نقطه O برابر ۵۰۰۰۰ واحد SI باشد، برایند میدان الکتریکی در نقطه S چند SI است؟

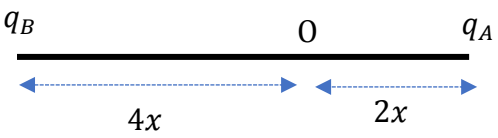
۱) 80000 ۲) 200000

۳) 64000 ۴) 57600



تست : مطابق شکل زیر دو بار الکتریکی در فاصله ی ۶x از یکدیگر قرار گرفته اند و میدان الکتریکی برایند در نقطه ی O برابر $\vec{E}$ است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی برایند در نقطه ی O، $\frac{1}{3}\vec{E}$ می شود. نسبت $\frac{q_B}{q_A}$ کدام است؟ (آزمون کانون)

۱) ۸ ۲) ۸- ۳) ۴ ۴) ۴-



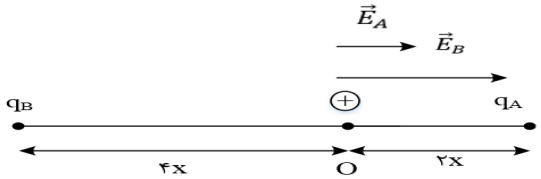
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی باقی مانده در نقطه ی O تنها میدان الکتریکی q_A است، بنابراین می توانیم نتیجه بگیریم که E_A برابر $\frac{1}{3}E$ است و داریم:

$$\vec{E}_{\text{کل}} = \vec{E}_A + \vec{E}_B \rightarrow \vec{E}_{\text{کل}} = \frac{1}{3}\vec{E}_{\text{کل}} + \vec{E}_B \rightarrow \vec{E}_B = \frac{2}{3}\vec{E}_{\text{کل}}$$

با توجه به مقادیر به دست آمده برای $\vec{E}_A$ و $\vec{E}_B$ می توانیم نتیجه بگیریم که میدان الکتریکی ناشی از بارهای موردنظر در نقطه ی O هم جهت هستند و اندازه ی $\vec{E}_B$ دو برابر $\vec{E}_A$ است. بنابر این داریم:

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \rightarrow \frac{E_B}{E_A} = \frac{|q_B|}{|q_A|} \times \left(\frac{r_A}{r_B}\right)^2 \rightarrow 2 = \frac{|q_B|}{|q_A|} \times \left(\frac{2x}{4x}\right)^2 \rightarrow \frac{|q_B|}{|q_A|} = 8$$

از طرف دیگر همان طور که در شکل زیر می بینید، اگر جهت مثبت را به سمت راست در نظر بگیریم، q_A بار مثبت آزمون را جذب و q_B بار مثبت آزمون را دفع کرده است. بنابر این بارهای q_A و q_B ناهمنام هستند و داریم:



$$\frac{q_B}{q_A} = -8$$

کجا برایند میدان الکتریکی ناشی از دوبار صفر می‌شود؟

اگر بارها هم علامت باشند ، میدان جایی داخل ونزدیک به بار کوچکتر می‌تواند صفر شود.

اگر بارها مختلف العلامت باشند میدان جایی خارج ونزدیک به بار کوچکتر می‌تواند صفر شود.

فرمول : $E_1 = E_2$ $\quad \frac{Kq_1}{R^2{}_1} = \frac{Kq_2}{R^2{}_2}$

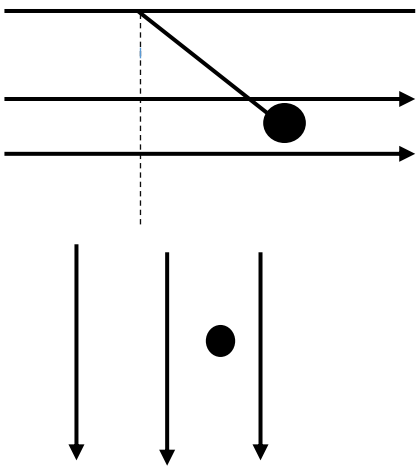
تست: دوبار ۴۵+ و ۵+ میکروکولونی در فاصله ۲۰ سانتیمتری از هم قرار دارند، در چه فاصله ای از بار ۵ میکروکولنی برایند میدان الکتریکی صفر می‌شود؟

۱) ۵ ۲) ۱۵ ۳) ۱۰ ۴) ۱۴

تست: دوبار ۴۵- و ۵+ میکروکولونی در فاصله ۲۰ سانتیمتری از هم قرار دارند، در چه فاصله ای از بار ۵ میکروکولنی برایند میدان الکتریکی صفر می‌شود؟

۱) ۵ ۲) ۱۵ ۳) ۱۰ ۴) ۱۴

نکات تکمیلی میدان الکتریکی:

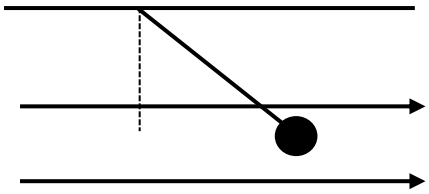


بار در میدان

$$T\sin\theta = Eq$$
$$T\cos\theta = Mg$$
$$\tan\theta = \frac{Eq}{mg}$$

$$\sum F = \sum ma$$
$$\pm mg \pm Eq = ma$$

تست : یک ذره که دارای بار الکتریکی کولن ۲۰×۱۰^{-۱۵} و جرم $۰/۱\times۱۰^{-۵}$ گرم است به انتهای طناب سبکی آویخته شده در میدان الکتریکی یکنواخت ۵×۱۰^{۵} ببین دو صفحهٔ افقی قرار گرفته است به ترتیب از راست به چپ نوع بار + است یا - ؟ آونگ چند درجه نسبت به حالت قائم منحرف می‌گردد؟ کشش طناب چه قدر است؟



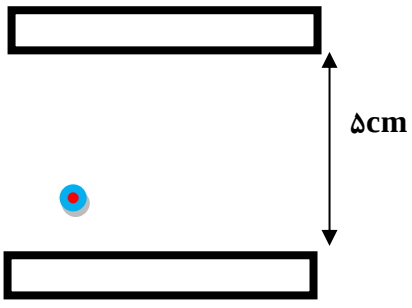
۱) + و ۴۵ درجه و $\frac{۱}{۷}\times۱۰^{-۷}$

۲) – و ۴۵ درجه و $۱۰^{-۷}$

۳) + و ۳۷ درجه و $\frac{۱}{۷}\times۱۰^{-۷}$

۴) + و ۳۰ درجه و $\frac{۱}{۷}\times۱۰^{-۷}$

تست : یک ذره که دارای بار الکتریکی $۱\times۱۰^{-۱۵}c$ کولن و جرم $۱۰^{-۸}$گرم است در میدان الکتریکی یکنواخت $۱/۲\times۱۰^{۵}\frac{N}{c}$ ببین دو صفحهٔ افقی قرار گرفته است. اگر ذره در ابتدا ساکن و به فاصلهٔ $1\ cm$ از صفحهٔ پایینی قرار داشته باشد،به ترتیب از راست به چپ در چه مدتی و با چه سرعتی به صفحهٔ بالایی می رسد؟ (فاصله دو صفحه از هم ۵ سانتیمتر است و بار صفحه بالا منفی و بار صفحه پایین مثبت است.)

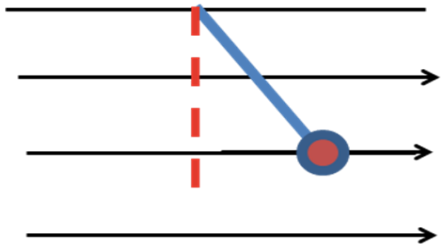


۱) ۰/۲ – ۰/۴ ۲) ۰/۰۲–۰/۰۴

۳) ۰/۱ –۰/۲ ۴) ۰/۰۱ – ۰/۰۲

تست: در شکل زیر گلوله ۴ میلی کولنی در میدان $E=10$ نیوتن بر کولن در حالت تعادل است، و جرم گلوله ۲ گرم است.اگر ناگهان میدان الکتریکی حذف شود پس از گذشت ۲ ثانیه بزرگی سرعت گلوله تقریبا چه قدر می‌شود؟ (فرض کنید در دو ثانیه اول شتاب تقریبا ثابت باشد.)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۱۰ ۴) ۵۰



توزیع و القای بار در رساناها:

جسم رسانایی را که توسط عایقی از محیط اطراف خود جدا شده است رسانای منزوی می‌گویند.

در یک رسانای منزوی اگر باری اضافی به این جسم رسانا داده شود، و یا آن جسم در یک میدان الکتریکی خارجی قرار گیرد پس از مدت زمان کوتاهی میدان الکتریکی داخل رسانا صفر می‌شود .در ادامه این دو وضعیت را بررسی می‌کنیم:

الف رسانای باردار: آزمایش فارادی :ظرف رسانایی با درپوش فلزی را درنظر بگیرید که روی پایهٔ نارسانایی قرار دارد و روی درپوش آن دسته ای عایق نصب شده است .ابتدا ظرف بدون بار است .یک گوی فلزی را از نخی عایق آویزان است باردار و سپس وارد ظرف می‌کنیم آنگاه درپوش فلزی را می بندیم .اکنون گوی را با کف ظرف تماس می‌دهیم سپس درپوش فلزی را بادستهٔ عایقش برمی داریم و پس از خارج کردن گوی فلزی از ظرف، آن را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم .مشاهده می‌شود عقربهٔ الکتروسکوپ تکان نمی خورد از این آزمایش نتیجه می گیریم که بار اضافی یک رسانای منزوی روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود .

به عبارتی، وقتی گوی با کف ظرف تماس پیدا می‌کند مجموعهٔ گوی و ظرف، رسانایی را تشکیل می دهند که در سطح خارجی این جسم رسانای مرکب بار مشابه توزیع می‌شود.

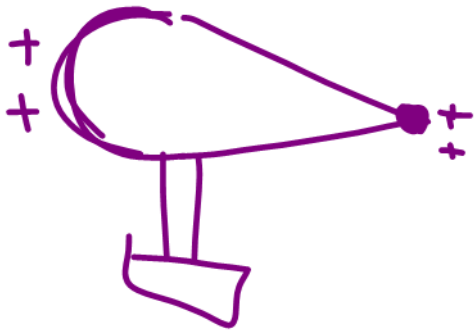
رسانای منزوی و خنثی در میدان الکتریکی خارجی: اگر یک رسانای خنثی منزوی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار داده شود الکترون های آزاد رسانا طوری روی سطح خارجی آن توزیع می شوند که اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کنند و میدان خالص درون رسانا صفر می‌شود.

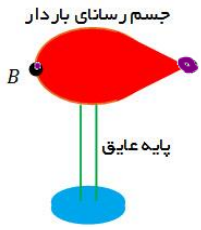
نتیجه نهایی اینکه : در هر دو مورد الف و ب میدان الکتریکی داخل رسانا پس از مدتی برابر صفر می‌شود؛ زیرا درغیراین صورت، این میدان باید نیروهایی برالکترون های آزاد داخل رسانا وارد کند و در نتیجه جریانی در داخل رسانا ایجاد شود یعنی بارها از جایی به‌جای دیگر انتقال یابند .ولی چنین جریانی داخل یک رسانا وجود ندارد، که این بدین معناست که بارها در تعادل الکتروستاتیکی قرار دارند افزون بر این، اگر روی سطح رسانا که در تعادل الکتروستاتیکی است میدان الکتریکی وجود داشته باشد، این میدان باید عمود بر سطح رسانا باشد؛ چرا که در غیراین صورت میدان مؤلفه ای مماس بر سطح رسانا خواهد داشت و این مؤلفه باعث حرکت الکترون های آزاد بر سطح رسانا می‌گردد که این در تناقض با شرط تعادل الکترواستاتیکی است.

چگالی بار الکتریکی: (رشته ریاضی)

در اجسام رسانایی که تقارن کروی دارند چگالی بار الکتریکی در تمام سطح رسانا یکسان است ولی در اجسامی که تقارن کروی ندارند، چگالی بار در نقاط نوک تیز بیشتر است اما پتانسیل یکسان است

همچنین چگالی بار از تقسیم اندازه بار بر مساحت سطح خارجی رسانا محاسبه می‌شود.





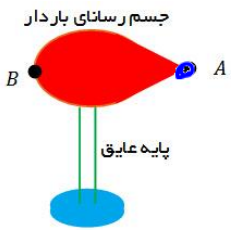
$\delta_A > \delta_B$

چگالی

فرمول چگالی $\delta = \frac{q}{A}$

فرمول مقایسه چگالی $\frac{\delta_2}{\delta_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{r_1^2}{r_2^2}$

تست : با توجه به شکل مقابل کدام گزینه در خصوص چگالی و پتانسیل نقاط A و B صحیح است؟



$V_A = V_B \, , \delta_A > \delta_B$
$V_A > V_B \, , \delta_A > \delta_B$
$V_A < V_B \, , \delta_A < \delta_B$
$V_A = V_B \, , \delta_A = \delta_B$

تست:

شعاع کره A ۵ برابر کره B و بار کره A ۳۰۰ درصد بیشتر از کره B است، چگالی A چند برابر B است ؟

$\frac{25}{9}$ $\frac{9}{25}$ $\frac{25}{4}$ $\frac{4}{25}$

کار میدان الکتریکی:

وقتی یک ذره باردار در یک میدان الکتریکی قرار دارد نیروی F=Eq به آن وارد میشود و ما از فرمول‌های فیزیک دهم میتوانیم کار این نیرو را از رابطه زیر محاسبه کنیم

$$W_{\text{میدان}} = E|q|dCos\alpha$$

که در این فرمول، E میدان q بار الکتریکی d جابه‌جایی و آلفا زاویه بین نیروی میدان و جابه‌جایی است

کار انجام شده توسط نیروی خارجی :

فرض کنید در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره‌ای با بار q، با اعمال نیرویی از نقطه‌ای به نقطهای دیگر جابه‌جا شود در حین این حرکت نیروی خارجی، کار خارجی W را روی بار انجام میدهد، درصورتیکه سرعت ذره ابتدا و انتها یکسان باشد برای محاسبه این کار کافیست همان کار میدان را محاسبه کنیم و علامت آن را قرینه کنیم

$$W_{\text{خارجی}} = -W_{\text{میدان}}$$

انرژی پتانسیل الکتریکی:

به طور کلی به انرژی ذخیره شده در اجسام انرژی پتانسیل گفته میشود مثلا وقتی یک تخته سنگ را از زمین بالا میبریم یا فنری را به زور فشرده میکنیم، به انرژی ذخیره شده پتانسیل گرانشی و پتانسیل کشسانی میگوییم،حال اگر دو ذره همنام را به زور به سمت هم ببریم نیز همانند مثال های فوق در آن انرژی ذخیره میشود که به آن انرژی پتانسیل الکتریکی میگویند.(این انرژی در اثر حرکت یک ذره باردار در میدان الکتریکی هم ایجاد میشود.) برای محاسبه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی کافیست همان کار میدان را محاسبه کنیم و علامت آن را قرینه کنیم

$$\Delta U = -W_{\text{میدان}}$$

پتانسیل الکتریکی: تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برای هر ذرهٔ بارداری (چه مثبت و چه منفی) علاوه بر بزرگی میدان الکتریکی و جابه‌جایی ذره، به بار الکتریکی آن نیز بستگی دارد؛ مثلاً با دو برابر شدن بار ذره، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن نیز دو برابر می‌شود .بنابراین، نسبت تغییر انرژی پتانسیل به بار ذره، مستقل از نوع و اندازه بار الکتریکی است به این نسبت، اختلاف پتانسیل الکتریکی دونقطه ای می‌گو ییم که ذرّه میان آنها جابه‌جا شده است و آن را با ΔV نمایش می‌دهیم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$

در این رابطه ΔU ، تغییرانرژی پتانسیل الکتریکی برحسب ژول ، q بار الکتریکی (برحسب کولن و ΔV اختلاف پتانسیل بر حسب ولت است.)

خلاصه نکات

$$W_{\text{میدان}} = E|q|d\cos\alpha$$

میدان $W = -W$ ما (نیروی خارجی در تندی ثابت ابتدا و انتها)

میدان $\Delta U = -W$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$

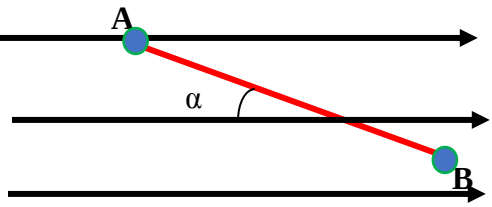
تست : مطابق شکل، بار $q = -20nC$ را در میدان الکتریکی یکنواخت 8×10^{5} از نقطهٔ A تا نقطهٔ B با سرعت ثابت جابه‌جا می‌کنیم. اگر $AB = 4m$ و $\alpha = 37^{\circ}$ باشد،کار میدان و کار نیروی خارجی و تغییر انرژی پتانسیل و اختلاف پتانسیل بین A وB برابرست با.....

$W_E = -512\times10^{-4}$ $W_{\text{خارجی}} = +512\times10^{-4}$ $\Delta U = +512\times10^{-4}$ $\Delta V = -25.6\times10^{5}$

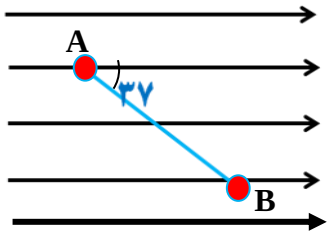
$W_E = +512\times10^{-4}$ $W_{\text{خارجی}} = -512\times10^{-4}$ $\Delta U = -512\times10^{-4}$ $\Delta V = +25.6\times10^{5}$

$W_E = +512\times10^{-4}$ $W_{\text{خارجی}} = +512\times10^{-4}$ $\Delta U = +512\times10^{-4}$ $\Delta V = -29.6\times10^{5}$

$W_E = -512\times10^{-4}$ $W_{\text{خارجی}} = +512\times10^{-4}$ $\Delta U = +512\times10^{-4}$ $\Delta V = -29.6\times10^{5}$

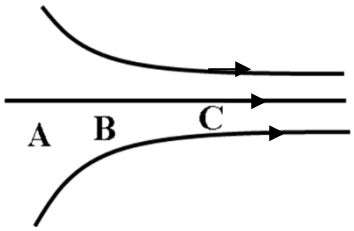


تمرین مهم: مطابق شکل گلوله‌ای به جرم ۲گرم و با بار ۲۰- میکروکولن را از نقطه A به B شلیک می‌کنیم و گلوله در B متوقف می‌شود اگر بزرگی میدان یکنواخت $E = 2\times10^{8}$ و نیروی اصطکاک مولکولهای هوا ۸ نیوتن باشد، و فاصله A از B ۱۰ سانتیمتر باشد، سرعت پرتاب از نقطه A تقریبا ؟



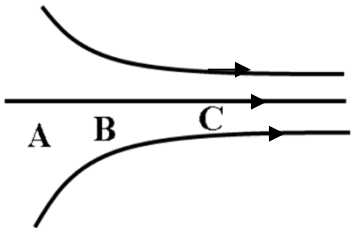
مقایسه میدان و نیرو و پتانسیل و انرژی پتانسیل

میدان : هرجا که خطوط میدان به هم نزدیکتر باشند میدان قوی تر است



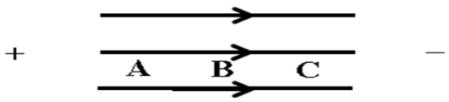
$$E_C > E_B > E_A$$

نیرو: هرجا که خطوط میدان به هم نزدیکتر باشند نیروی وارد بر بار قوی تر است.



$$F_C > F_B > F_A$$

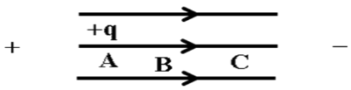
پتانسیل الکتریکی : هرچه در جهت میدان پیش رویم پتانسیل کاهش می‌یابد (نوع بار اهمیتی ندارد)



$$V_A > V_B > V_C$$

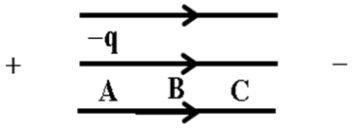
انرژی پتانسیل الکتریکی

بار + هرچه در جهت میدان پیش رویم انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد.



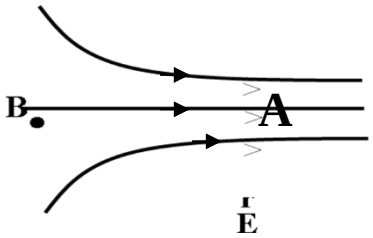
$$U_A > U_B > U_C$$

بار − هرچه در جهت میدان پیش رویم انرژی پتانسیل افزایش می‌یابد.



$$-q \Leftarrow U_C > U_B > U_A$$

تست: در شکل مقابل، باری منفی از A به B جابجا می‌شود ، کدام رابطه درست است؟



۱) $U_A > U_B, F_A > F_B, V_B > V_A, E_B < E_A$

۲) $U_A > U_B, F_A > F_B, V_B > V_A, E_B > E_A$

۳) $U_A < U_B, F_A = F_B, V_B < V_A, E_B < E_A$

۴) هرسه گزینه غلط است.

خازن

خازن وسیله ای الکتریکی است که می‌تواند بار الکتریکی و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند. خازن ها به طور گسترده ای در مدارهای الکترونیکی وسایلی مانند رادیو، تلویزیون، رایانه و... به کار می روند خازنها انواع متفاوتی دارند. ما در این فصل به بررسی ساده‌ترین خازن یعنی خازن تخت می‌پردازیم. خازن تخت از دو صفحه رسانای موازی با هم تشکیل کردیده که یک ماده عایق (دی الکتریک) در وسط صفحات آن قرار دارد.

ظرفیت یک خازن

اگراختلاف پتانسیل بین صفحه های خازن را زیاد کنیم، بار خازن q نیز به همان نسب زیاد می‌شود .به عبارتی نسبت $\frac{q}{v}$ همواره مقداری ثابت است .به این نسبت که به اندازهٔ بار خازن و نیز اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ آن بستگی ندارد ظرفیت خازن می‌گویند و آن را با C نشان می دهند و واحد آن فاراد است

$$C = \frac{K \in A}{d} \qquad C = \frac{q}{v}$$

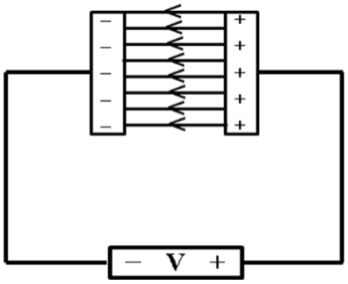
ظرفیت با مساحت صفحات رابطه مستقیم ولی با فاصله صفحات رابطه عکس دارد ولی ظرفیت به بار و اختلاف پتانسیل بستگی ندارد.

فروریزش خازن :

با افزایش اختلاف پتانسیل دو سر خازن ، بار الکتریکی ذخیره شده در آن نیز افزایش می‌یابد و هنگامیکه بار الکتریکی ذخیره شده در خازن از مقدار معینی بیشتر شود میدان الکتریکی بسیار قوی میان صفحات آن ایجاد می‌شود که به این سبب دی الکتریک موقتاً رسانا شده و با ایجاد جرقه میان صفحات خازن عمل تخلیه ی الکتریکی صورت می‌پذیرد که به آن فروریزش (فروشکست) گویند.

قدرت (استقامت دی الکتریک) چیست:

برای هر دی الکتریکی، بیشینهٔ میدان و درنتیجه اختلاف پتانسیلی وجود دارد که از آن به بعد دی الکتریک اصطلاحاً دستخوش فروریزش الکتریکی می‌شود و به آن اختلاف پتانسیل بیشینه، پتانسیل فروریزش می‌گویند .مقدار بیشینهٔ میدان الکتریکی ای که دی الکتریک می‌تواند بدون فروریزش تحمل کند را قدرت(استقامت)دی الکتریک می نامند.



دی الکتریک چگونه ظرفیت خازن را افزایش می‌دهد:

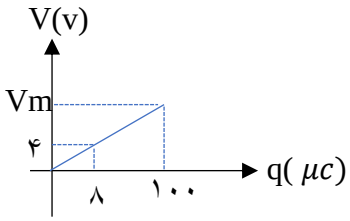
فرض کنید خازنی را نخست توسط یک باتری باردار و سپس از باتری جدا کرده ایم .اکنون فضای داخل این خازن را با یک دی الکتریک پر می‌کنیم .توجه کنید که دی الکتریک ها بر دو نوع اند :قطبی و غیرقطبی . وقتی یک دی الکتریک قطبی(مانند آب،) در میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن قرار می گیرد، سر منفی مولکول‌های دوقطبی به طرف صفحهٔ مثبت و سر مثبت آنها به طرف صفحهٔ منفی کشیده می‌شود و درنتیجه این مولکول‌های دوقطبی می کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن همردیف کنند. همردیفی این مولکول‌های دوقطبی، میدانی الکتریکی ای ایجاد می‌کند که جهت آن در خلاف جهت میدان الکتریکی اولیه بین صفحات خازن است.که باعث ضعیف شدن میدان بین صفحات می‌شود و درنتیجه اختلاف پتانسیل بین دو صفحه نیز کاهش می‌یابد ($\Delta V = Edcos\alpha$) با کاهش اختلاف پتانسیل و با توجه به اینکه بار ثابت مانده است، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. آنچه گفته شد برای دی الکتریک های غیرقطبی (مانند متان، بنزن و)...نیز برقرار است وقتی مولکول‌های چنین دی الکتریکی در میدان بین دو صفحهٔ خازن قرار می گیرند بر اثر القاء قطبیده می شوند یعنی میدان الکتریکی باعث می‌شود که ابر الکترونی این مولکول‌ها در خلاف جهت میدان جابه‌جا شود و به این ترتیب، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می شوند و اصطلاحاً مولکول‌ها قطبیده می‌شوند پس از آن مانند مولکول‌های دی الکتریک قطبی، میدان بین دو صفحهٔ خازن را تضعیف می کنند.

تست: مساحت مشترک صفحات یک خازن را دو برابر و هم زمان فاصله دو صفحه را از هم نصف می‌کنیم و اختلاف پتانسیل دو سر خازن را بدون فروشکست ۳۰ درصد افزایش می‌دهیم ظرفیت خازن چند درصد تغییر می‌کند؟

۱) ۵۲۰ درصد کاهش ۲)۴۰۰ درصد افزایش ۳) ۴۲۰ درصد افزایش ۴) ۳۰۰ درصد افزایش

تست: نمودار زیر مربوط به خازنی است که فاصله بین صفحات آن **4mm** می باشد. پتانسیل فروریزش چند ولت و قدرت و استقامت دی الکتریک (بیشینه میدان قابل تحمل خازن) چند $\frac{v}{mm}$ است؟

۱) ۵۰-۱۲/۵ ۲) ۵۰-۲۱/۵ ۳) ۵۰-۵۰ ۴) ۱۰۰-۳۰



$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow C = \frac{8 \times 10^{-6}}{4} = 2 \times 10^{-6} F = 2\mu F$$

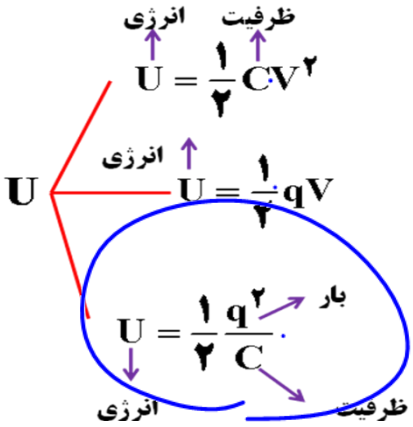
$$C = \frac{Q_{max}}{V_{max}} \rightarrow 2\mu F = \frac{100\mu F}{V_{max}} \rightarrow V_{max} = 50\ V$$

$$E_{max} = \frac{V_{max}}{d} \rightarrow E_{max} = \frac{50V}{4mm} = 12/5\ \frac{V}{mm}$$

انرژی ذخیره شده در خازن ها :

وقتی صفحه های خازن دارای بار الکتریکی می شوند در خازن انرژی نیز ذخیره می‌شود

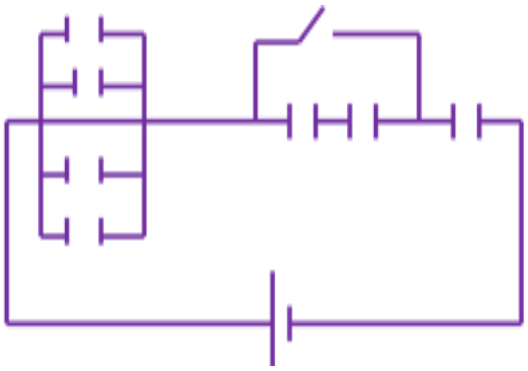
فرمول های انرژی ذخیره شده در خازن:



تست : باتخلیه قسمتی از بار یک خازن پرشده، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۸۰ درصد کاهش میابد انرژی این خازن چند درصد کاهش می‌یابد؟ (سراسری ریاضی)

۱) ۴۰ ۲) ۰/۰۴ ۳) ۴ ۴) ۹۶

تست : در شکل مقابل در تمامی خازن‌ها فاصله دو صفحه از هم ۳ میلی‌متر و مساحت مشترک صفحات ۵ سانتیمتر مربع و $\varepsilon_0 = 9\times10^{-12}$ و جنس دی الکتریک هوا باشد، پس از بستن کلید K انرژی ذخیره شده در کل مدار چند میلی ژول می‌شود؟(باتری ۲۰ ولتی است)

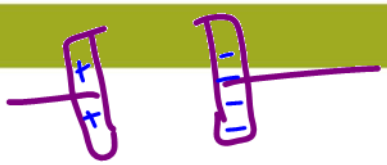


۱) 3×10^{-7}

۲) 3×10^{-10}

۳) 3×10^{-13}

۴) هیچکدام از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشد.



تست : خازن تختی به ظرفیت ۲μF دارای بار الکتریکی می باشد. در حالی که این خازن به مولد متصل نیست بار $-2\mu C$ را از صفحه ی مثبت جدا کرده و به صفحه ی منفی منتقل می کنیم در نتیجه انرژی ذخیره شده در خازن $7\mu J$ افزایش می یابد. اختلاف پتانسیل دو سر خازن در حالت اول چند ولت است؟

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۲ ۴) ۶

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به این که $-2\mu C$ بار از صفحهی مثبت جدا شده و به صفحه ی منفی منتقل شده است، بار الکتریکی ذخیره شده در خازن به اندازه ی $2\mu C$ افزایش می یابد.

$$U_2 = U_1 + 7 \rightarrow \frac{1}{2}\frac{Q_2^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{Q_1^2}{C} + 7 \xrightarrow{C=2\mu F \ , \ Q_2=Q_1+2\mu C} \frac{1}{2}\frac{(Q_1+2)^2}{2} = \frac{1}{2}\frac{Q_1^2}{2} + 7$$

$$\rightarrow (Q_1+2)^2 = Q_1^2 + 28 \rightarrow Q_1^2 + 4Q_1 + 4 = Q_1^2 + 28 \rightarrow 4Q_1 = 24 \rightarrow Q_1 = 6\mu C$$

$$\rightarrow V_1 = \frac{Q_1}{C} = \frac{6}{2} = 3V$$

ورود یک جسم در فضای بین صفحات خازن ها:

- ورود جسم به داخل خازن
  - رسانا
    - ورود رسانا به داخل صفحات خازن (بدون اتصال صفحات به هم)
    - ورود رسانا به داخل صفحات خازن با اتصال صفحات بهم
  - نارسانا
    - ورود نارسانا : ورود نارسانا به طور کامل به‌جای هوا
    - دو نارسانی متفاوت افقی : خازن موازی
    - دو نارسانای متفاوت عمودی: خازن سری

نکات مربوط به تغییر ساختمان فیزیکی خازن ها

دستکاری صفحات

حین اتصال به مولد

- C ⟹ برابر n
- V ⟹ ثابت
- q ⟹ برابر n
- U ⟹ برابر n

پس از جدا کردن از مولد

- C ⟹ برابر n
- V ⟹ برابر $\frac{1}{n}$
- q ⟹ ثابت
- U ⟹ برابر $\frac{1}{n}$

مثال: هم چنان که خازنی به مولدش متصل است مساحت مشترک صفحات را ۵ برابر و فاصله دو صفحه از هم را نصف می‌کنیم ظرفیت و اختلاف پتانسیل و بار و انرژی هر یک چند برابر می‌شود؟

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\frac{5}{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{5}} = \frac{25}{\frac{1}{2}} = 10$$

C ⟹ ۱۰ برابر
V ⟹ ثابت
q ⟹ ۱۰ برابر
U ⟹ ۱۰ برابر

مثال: خازنی را از مولدش جدا می‌کنیم اگر مساحت را ۵ برابر و فاصله دو صفحه را نصف کنیم در این صورت، اختلاف پتانسیل، بار و انرژی ذخیره شده هر یک چند برابر می‌شود؟

C ⟹ ۱۰ برابر
V ⟹ $\frac{1}{10}$ برابر
q ⟹ ثابت
U ⟹ $\frac{1}{10}$ برابر

تست: همچنان که خازن تختی به مولدش متصل است، مساحت مشترک آنها را ۱/۶ برابر و فاصله صفحات از هم را نصف می‌کنیم، ظرفیت خازن و انرژی ذخیره شده در آن به ترتیب از راست به چپ هریک چند درصد تغییر می‌کنند؟

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\frac{A}{5}(1.6)}{\frac{A}{\frac{1}{2}}} = 3.2$$

۱) ۲۲۰-۲۲۰
۲) ۲۲۰- بدون تغییر
۳) ۳/۲ - ۳/۲
۴) هیچکدام

C ⟹ ۳/۲ برابر
V ⟹ ثابت
q ⟹ ۳/۲ برابر
U ⟹ ۳/۲ برابر

درصد تغییر $= (\text{برابر} - 1) \times 100 = (3.2 - 1) \times 100 = 220$

تست: دو سر خازنی را که دی الکتریک آن هوا است به دو سر یک باتری وصل می‌کنیم، انرژی ذخیره شده در آن U می‌شود. اگر در حالتی که به باتری وصل است فاصله بین دو صفحه را n برابر کنیم، انرژی آن u' می‌شود. ولی اگر خازن اولیه را از باتری جدا کنیم و سپس فاصله بین دو صفحه را n برابر کنیم انرژی آن u'' می‌شود. نسبت $\frac{u''}{u'}$ چقدر است؟

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

اتصال خازنهای پر شده به هم (مطالعه نیمه آزاد)

هر گاه خازن C_1 را با اختلاف پتانسیل V_1 و خازن C_2 را با اختلاف پتانسیل V_2 پرکرده و سپس آنها را از مولدهایشان جدا کرده و دوسر آنها را موازی به همدیگر وصل کنیم یک اختلاف پتانسیل جدید و مشترکی حاصل می گردد که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

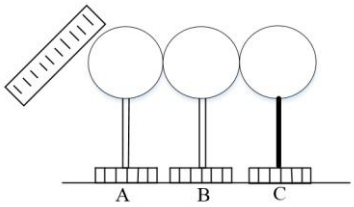
شکل:

اتصال خازنهای پرشده به هم

- از پایه های همنام: $V_{\text{جدید}} = \frac{C_1V_1+C_2V_2}{C_1+C_2}$
- از پایه های ناهمنام: $V_{\text{جدید}} = \frac{C_1V_1-C_2V_2}{C_1+C_2}$

Home work

۱- مطابق شکل سه گوی فلزی در کنار هم قرار دارند. اگر میله با بار منفی را به گوی A نزدیک کنیم و با حضور میله ابتدا B را از دو گوی جدا کنیم، بار گوی C برابر q می شود و اگر همان میله را به A نزدیک کرده و ابتدا گوی A و میله را دور کنیم و سپس B را از C جدا کنیم، بار گوی C، 'q خواهد شد. $\frac{q'}{q}$ برابر کدام گزینه است؟



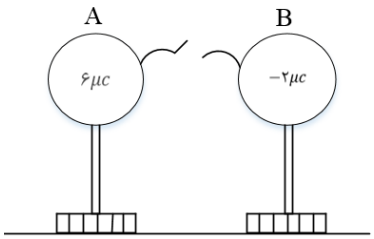
۱) ۱

۲) -۱

۳) $\frac{1}{2}$

۴) $-\frac{1}{2}$

۲- مطابق شکل روبه رو دو کره فلزی مشابه A و B بر روی پایه های عایقی قرار دارند. اگر سیم رابط دو کره را ببندیم ..... از کره ..... به کره ..... منتقل می شود. ($e = 1/6 \times 10^{-19}$)



۱) ۱ الکترون $B - A -$

۲) ۱ پروتون $A - B -$

۳) $2/5 \times 10^{13}$ الکترون $A - B -$

۴) $2/5 \times 10^{13}$ پروتون $B - A -$

۳- دو کرهی رسانای مشابه دارای بارهای الکتریکی $+16\mu C$ و $+8\mu C$ هستند. چند الکترون از یک کره جدا کرده و به کره ی دیگر منتقل کنیم تا با ثابت ماندن فاصله ی بین دو کره، نیروی الکتریکی بین آنها بیشینه شود؟

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

۱) 5×10^{13}

2) 5×10^{19}

۳) $2/5 \times 10^{13}$

۴) $2/5 \times 10^{19}$

۴- عدد اتمی لیتیوم برابر ۳ است. اگر دو الکترون از اتم این عنصر گرفته شود، تبدیل به یون دو بار مثبت می شود. مقدار بار الکتریکی هسته ی لیتیوم چند میکرو کولن بیش تر از مقدار بار الکتریکی این یون است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

۱) $3/2 \times 10^{-19}$

۲) $3/2 \times 10^{-13}$

۳) $1/6 \times 10^{-19}$

۴) $1/6 \times 10^{-13}$

۵- یک میله شیشه ای را به پارچه ابریشمی مالش داده و سپس به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم. ورقه های الکتروسکوپ نخست بسته و سپس باز می شوند، بار الکتروسکوپ از چه نوع بوده است؟

جریان الکتریسیته مالشی
انتهای مثبت
شیشه
ابریشم
انتهای منفی

۱) مثبت

۲) خنثی یا مثبت

۳) منفی

۴) خنثی یا منفی

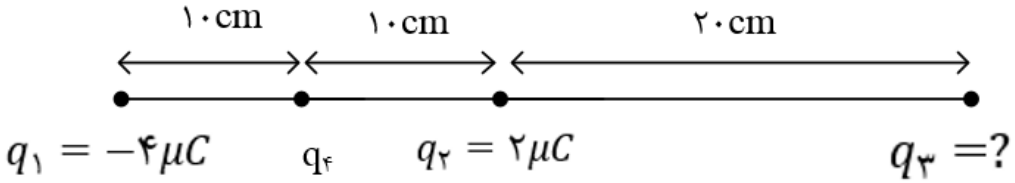
۶- در شکل روبه رو، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 برابر صفر است. بار q_3 چند میکروکولن است؟

۱) ۱۸

۲) ۸

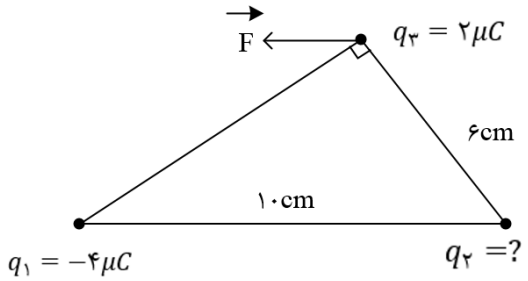
۳) -۸

۴) -۱۸



۷- سه بار نقطه ای مطابق شکل در جای خود ثابت شده اند. برآیند نیروهایی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می کنند (نیروی $\vec{F}$) موازی با قاعده مثلث است. بار q_2 چند میکروکولن است؟

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) $\frac{9}{4}$ ۴) $\frac{27}{16}$



۸- دو گلوله ی فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می باشند، از فاصله ی ۳۰ سانتی متری، نیروی جاذبه ی ۴ نیوتون بر یک دیگر وارد می کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام $+3\mu C$ خواهد شد. بار اولیه ی گلوله ها بر حسب میکرو کولن کدام است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)

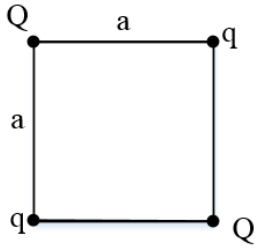
۱) ۱۲ و ۶- ۲) ۱۰ و ۴- ۳) ۹ و ۳- ۴) ۸ و ۲-

۹- دو بار الکتریکی نقطه ای q_1 و $q_2 = 2q_1$ در فاصله ی r از هم قرار دارند و به هم نیروی دافعه وارد می کنند. چند درصد از بار q_2 را به q_1 منتقل کنیم تا در همان فاصله، نیروی دافعه ی بین بارهای الکتریکی بیشینه شود؟

1) ۱۵ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

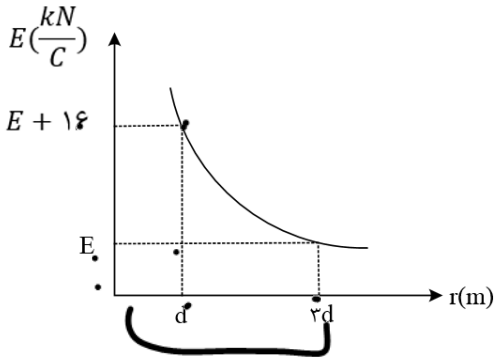
۱۰- بارهای الکتریکی q و Q مطابق شکل در ۴ رأس مربع قرار دارند. اگر برایند نیروهای وارد بر هر کدام از بارهای Q صفر باشد، نسبت $\frac{Q}{q}$ کدام است؟

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



۱۱- نمودار تغییرات اندازه ی میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی q_1 بر حسب فاصله از آن به صورت شکل زیر است. اگر بار الکتریکی $q_2 = -2\mu C$ در فاصله ی $2d$ بر حسب متر از بار q_1 قرار بگیرد، بزرگی نیروی الکتریکی که دو ذره به یک دیگر وارد می کنند، چند میلی نیوتون می شود؟

۱) ۱۲ ۲) ۹ ۳) ۶ ۴) ۱۸

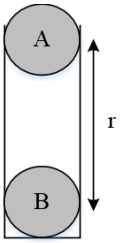


۱۲- دو ذره باردار یکی به جرم M و بار الکتریکی Q+ و دیگری به جرم $\frac{M}{2}$ بار الکتریکی 2Q- در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ ثابت نگه داشته شده اند. فاصله ی دو بار از یک دیگر چه قدر باشد تا پس از رها شدن، در همان فاصله نسبی اولیه نسبت به هم باقی بمانند؟ (میدان الکتریکی در امتداد خط واصل دو بار می باشد.)

۱) $\sqrt{\frac{3Q}{10\pi\varepsilon_0 E}}$ ۲) $\sqrt{\frac{7Q}{10\pi\varepsilon_0 E}}$ 3) $\sqrt{\frac{3Q}{5\pi\varepsilon_0 E}}$ ۴) $\sqrt{\frac{7Q}{5\pi\varepsilon_0 E}}$

۱۳- در شکل زیر، دو گوی A و B به جرم های گرم $m_A = 0.2$ و گرم $m_B = 0.4$ در فاصله ی r از یکدیگر قرار گرفته اند. اگر $q_A = 2\mu C$ و $q_B = 4\mu C$ باشد و گوی A به حالت معلق بماند، r چند متر است؟

۱) $3\sqrt{2}$ ۲) $2\sqrt{2}$ ۳) ۶ ۴) ۴



۱۴- دو بار الکتریکی $q_1 = q$ و $q_2 = 2q$ در فاصله ی r از هم نیرویی به بزرگی F به یک دیگر وارد می کنند، درصدی از بار q_2 را برداشته و به بار q_1 اضافه می کنیم تا اندازهی نیروی الکتریکی وارد شده به آنها بیشینه شود، در این صورت اندازهی نیروی الکتریکی که بارهای جدید در فاصله ی r از هم به یک دیگر وارد می کنند، چند برابر F می شود؟

۱) F ۲) $\frac{9}{8}F$ 3) $\frac{5}{4}F$ ۴) 3F

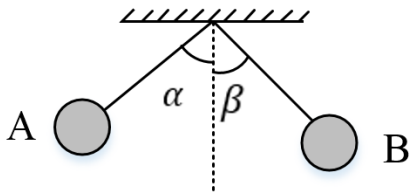
۱۵- در شکل مقابل، دو گلوله فلزی دارای بار الکتریکی هم نام بوده و در حالت تعادل قرار دارند. در این صورت کدام گزینه در مورد زوایای α و β صحیح می باشد؟ (گلوله ها در یک ارتفاع A p قرار دارند.)

۱) در هر شرایطی $\alpha = \beta$ است.

۲) فقط اگر مقدار بار گلوله ها یکسان باشد، $\alpha = \beta$ است.

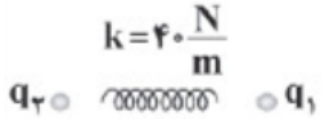
۳) اگر جرم گلوله های A و B برابر باشد، $\alpha = \beta$ است.

۴) اگر $m_A > m_B$, $\alpha > \beta$ است.



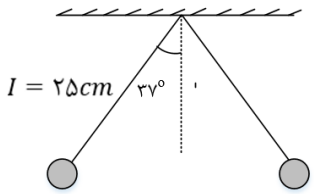
۱۶- در شکل زیر، فنر به طول عادی ۲۰cm نارسانا است و بار الکتریکی دو گلوله به ترتیب $q_1 = +4\mu C$ و $q_2 = +10\mu C$ است. اگر ثابت فنر $40\frac{N}{m}$ باشد، افزایش طول فنر چند سانتی متر می شود؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۴۰



۱۷- در شکل زیر دو گلولهی هم جرم دارای بارهای برابر $3\mu C$ در حال تعادل هستند، جرم گلوله ها چند گرم است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2}, Sin37° = 0/6, k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

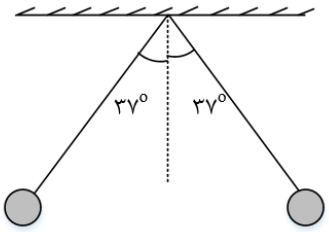
۱) ۱۶۰ ۲) ۳۲۰ ۳) ۱۲۰ ۴) ۵۷۶



۱۸- در شکل زیر، دو گلوله ی کوچک مشابه به جرم ۴۰ گرم با بارهای الکتریکی $+1\mu C$ و $+3\mu C$ متصل به نخ های سبک، عایق و هم طولی در حال تعادل قرار دارند. طول هر کدام از نخها چند سانتی متر است؟

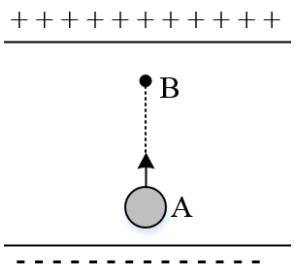
$(g = 10\frac{m}{s^2}\ ,Sin37° = 0/6\ ,\ Cos37° = 0/8\ ,k = 9 \times 10^9\frac{N.m^2}{C^2})$

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۵



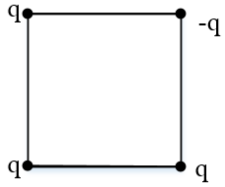
۱۹- مطابق شکل زیر ذره بارداری به جرم ۲۰g و بار الکتریکی $0/5\mu C$ را در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $6 \times 10^5\frac{N}{C}$ که راستای آن قائم است، با تندی $2\frac{m}{s}$ از نقطه A به سمت بالا پرتاب می کنیم. اگر جهت حرکت بار در نقطه B عوض شود، فاصله AB چند سانتی متر می باشد؟ (از مقاومت هوا صرف نظر کنید.)

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۸۰ ۴) ۴۰



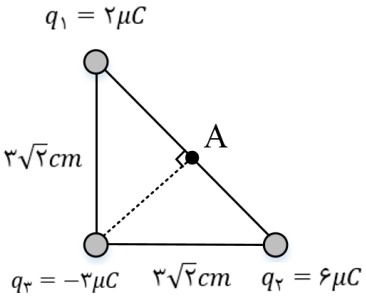
۲۰- چهار بار نقطه ای مطابق شکل زیر در رأس های یک مربع به ضلع $a\sqrt{2}$ قرار دارند. بزرگی میدان الکتریکی در نقطه ای روی محوری که از مرکز مربع می گذرد و بر سطح آن عمود است و در فاصله ی a از مرکز مربع قرار دارد، کدام است؟

۱) $\frac{kq}{a^2}$ ۲) $\frac{2kq}{a^2}$ 3) $\frac{2\sqrt{2}kq}{a^2}$ ۴) $\frac{\sqrt{2}kq}{2a^2}$



۲۱- سه بار $q_1 = 2\mu C$, $q_2 = 6\mu C$ و $q_3 = -3\mu C$ در سه رأس یک مثلث قائم الزاویهٔ متساوی الساقین قرار گرفته است. میدان الکتریکی خالص در نقطه A چند ولت بر متر است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)

۱) 3×10^7 ۲) 4×10^7 ۳) 5×10^7 ۴) 10^7



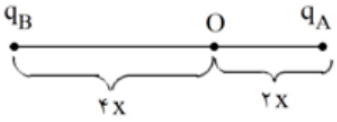
۲۲- یک قطره روغن به جرم 2×۱۰^{-3}mg و بار الکتریکی $-4 \times 10^{-12}C$ بین دو صفحه ی موازی باردار افقی قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه چند نیوتون بر کولن و جهت آن به کدام سمت باشد تا قطره ی روغن به حال تعادل قرار گیرد؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

۱) 5×10^3، بالا ۲) 2×10^4، بالا

۳) 5×10^3، پایین ۴) 2×10^4، پایین

۲۳- مطابق شکل زیر دو بار الکتریکی در فاصله ی 6x از یکدیگر قرار گرفته اند و میدان الکتریکی برایند در نقطه ی O برابر $\vec{E}$ است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی برایند در نقطه ی O، $\frac{1}{3}\vec{E}$ می شود. نسبت $\frac{q_B}{q_A}$ کدام است؟

۱) ۸ ۲) -۸ ۳) ۴ ۴) -۴



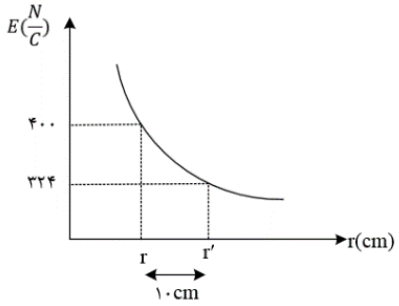
۲۴- در نمودار شکل زیر، اندازه ی میدان الکتریکی حاصل از ذره ی باردار q بر حسب فاصله از آن نشان داده شده است. r بر حسب سانتی متر و اندازه ی بار q بر حسب میکروکولون به ترتیب از راست به چپ چقدر است؟

۱) $3/6 \times 10^{-2}$ ،۹۰

۲) $3/6 \times 10^{-4}$ ،۹۰

۳) $3/6 \times 10^{-2}$ ،۱۰۰

۴) $3/6 \times 10^{-4}$ ،۱۰۰



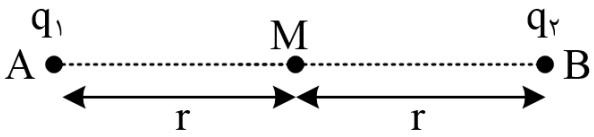
۲۵- دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در نقاط A و B مطابق شکل قرار دارند. اندازه میدان الکتریکی در نقطه M وسط خط واصل دو بار، $\vec{E}$ می باشد. اگر بار q_1 را خنثی کنیم، اندازه میدان الکتریکی در همان نقطه $-\frac{\vec{E}}{3}$ می شود، نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟

۱) -۴

۲) ۴

۳) $\frac{1}{4}$

۴) $-\frac{1}{4}$



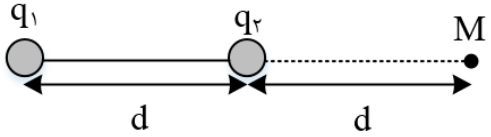
۲۶- در شکل زیر میدان الکتریکی حاصل از دو بار در نقطه M بردار $\vec{E}$ است. اگر جای دو بار عوض شود، میدان در نقطه M بردار $-2\vec{E}$ می شود. $\frac{q_1}{q_2}$ چند است؟

۱) $-\frac{3}{2}$

۲) $\frac{3}{2}$

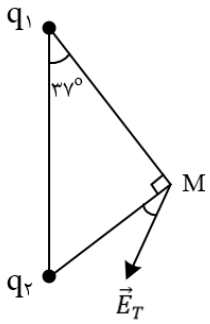
۳) $\frac{2}{3}$

۴) $-\frac{2}{3}$



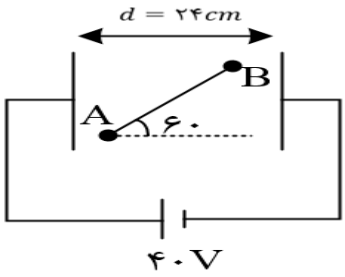
۲۷- میدان الکتریکی برآیند q_1 و q_2 در نقطه ی M مطابق شکل زیر است. نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟

۱) $-\frac{64}{27}$ ۲) $-\frac{27}{64}$ ۳) $-\frac{4}{3}$ ۴) $-\frac{3}{4}$



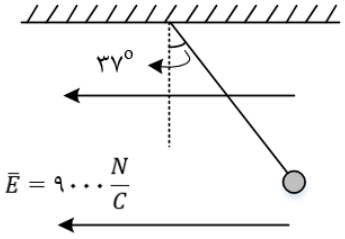
۲۸- در شکل مقابل $(V_A - V_B)$ چند ولت است؟ $(L_{AB} = 12cm)$

۱) ۴۰ ۲) ۳۰ ۳) ۱۰ ۴) ۲۰



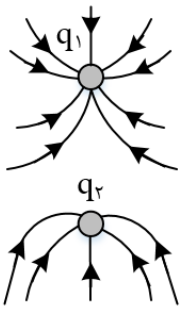
۲۹- مطابق شکل زیر، یک آونگ از نخ نارسانایی آویزان است و درون یک میدان الکتریکی یکنواخت در حالت تعادل قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی را چند نیوتون بر کولن و چگونه تغییر دهیم تا زاویه ی آونگ با راستای قائم ۱۶ درجه افزایش یابد؟

۱) ۶۰۰۰ – افزایش ۲) ۶۰۰۰ - کاهش ۳) ۷۰۰۰ – افزایش ۴) ۷۰۰۰ – کاهش



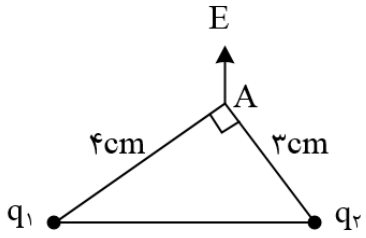
۳۰- خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار الکتریکی نقطه ی q_1 و q_2 مطابق شکل زیر رسم شده است. کدام گزینه در مورد بارهای الکتریکی درست است؟

۱) هر دو بار منفی و اندازه ی بار q_1 بیش تر است.
۲) هر دو بار منفی و اندازه ی بار q_2 بیش تر است.
۳) هر دو بار مثبت و اندازه ی بار q_1 بیشتر است
۴) هر دو بار مثبت و اندازه ی بار q_2 بیشتر است.



۳۱- در شکل زیر میدان برآیند نقطه A بر خط واصل بین دو بار q_1 و q_2 عمود است. نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ برابر کدام گزینه است؟

۱) $\frac{3}{4}$
۲) $-\frac{3}{4}$
۳) $\frac{9}{16}$
۴) $-\frac{9}{16}$

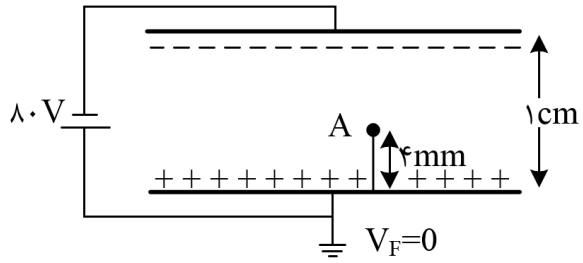


۳۲- ذرهای باردار با بار $q = ۱۰۰\ \mu C$ و جرم ۲۰mg با تندی ۵۰ متر بر ثانیه از نقطه ی A پرتاب می گردد و با تندی $30\sqrt{5}$ متر بر ثانیه از نقطه ی B عبور می کند. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه ی A و B چند ولت است؟ (تنها نیروی وارد بر ذره نیروی میدان الکتریکی است.)

۱) ۱۵۰
۲) -۱۵۰
۳) -۲۰۰
۴) ۲۰۰

۳۳- دو صفحه رسانای موازی با ابعاد بزرگ را مطابق شکل زیر به یک باتری وصل کرده ایم، پتانسیل نقطه ی A چند ولت است؟

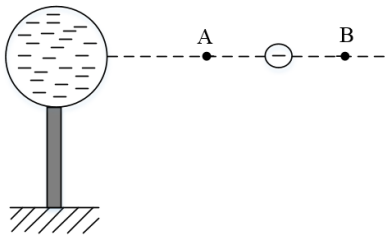
۱) ۴۸- ۲) ۳۲- ۳) ۳۲+ ۴) ۴۸+



۳۴- در شکل، کره ی فلزی با بار الکتریکی منفی روی پایه ی نارسانایی قرار دارد و ذره ای با بار منفی را از نقطه ی A تا نقطه ی B جابه جا می کنیم. در این آزمایش، پتانسیل الکتریکی نقطه ی B در مقایسه با پتانسیل الکتریکی نقطه ی A چگونه است و در این جابه جایی، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره ی باردار چگونه تغییر می کند؟

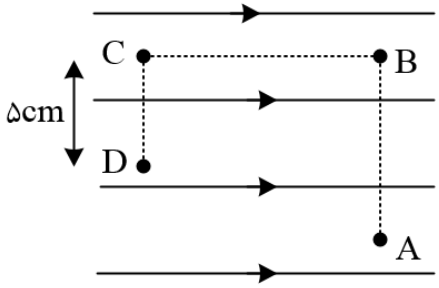
۱) بیش تر – کاهش ۲) بیشتر - افزایش

۳) کم تر – کاهش ۴) کم تر – افزایش



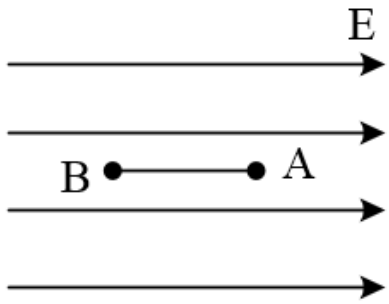
۳۵- مطابق شکل زیر بار $-2nC$ در میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $1/28 \times 10^7\ N/C$ از A تا نقطه B و سپس از B تا C و در نهایت از C تا D جابه جا می شود. اگر کار نیروی الکتریکی در این جابه جایی $6/4mJ$ باشد، فاصله BC چند سانتی متر است؟ ($AB = 10\ cm, CD = 5cm$)

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵



۳۶- در شکل زیر، ذره ای با بار $q = -2\mu C$ را با سرعت ثابت از A تا B، ($AB = 50\ cm$) در راستای میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $4 \times 10^4 \frac{N}{C}$ جابه جا می کنیم. کدام گزینه درست است؟

۱) کار نیروی الکتریکی وارد بر ذره ۰/۰۴- ژول است.
۲) انرژی جنبشی ذره ۰/۰۴ ژول افزایش می یابد.
۳) کار برایند نیروهای وارد بر ذره منفی است.
۴) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره ۰/۰۴ ژول کاهش می یابد.

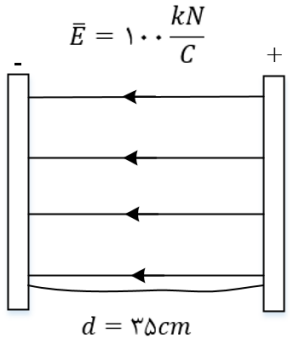


۳۷- اگر $10\mu C-$ بار الکتریکی از صفحهی منفی یک خازن با پتانسیل $V_1 = -12V$ به صفحه ی مثبت آن با پتانسیل $V_2 = +12V$ منتقل شود، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار، چند ژول است؟

۱) -24×10^{-5} ۲) $+24 \times 10^{-5}$
۳) $+12 \times 10^{-5}$ ۴) -12×10^{-5}

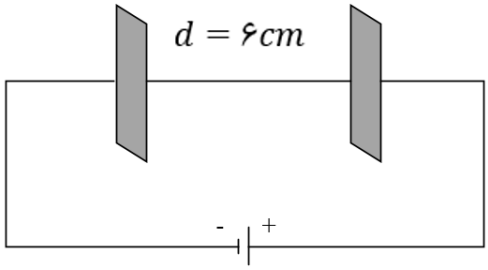
۳۸- در شکل زیر، اگر ذره ای با بار الکتریکی $+10\mu C$ و جرم ۴ گرم در میدان یکنواختی به بزرگی $E=100\frac{KN}{C}$ با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ از صفحه ی منفی به سمت صفحه ی مثبت پرتاب شود، در چند سانتی متری صفحه مثبت، تندی ذره به حداقل می رسد؟

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵



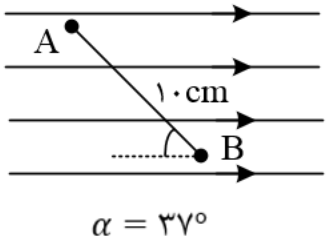
۳۹- مطابق شکل مقابل، در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $5\times10^3\frac{N}{C}$ پروتونی از مجاورت صفحه منفی با تندی اولیه .V پرتاب می شود و در فاصله ۲ سانتی متری صفحه مثبت متوقف می شود. تندی پرتاب پروتون چند متر بر ثانیه بوده است؟ (فرض کنید پروتون تنها تحت تأثیر نیروی الکتریکی است و $e=1/6\times10^{-19}C$ و $1/6\times10^{-27}kg\approx$ جرم پروتون)

۱) 2×10^5 ۲) $3/2\times10^5$ ۳) 4×10^7 ۴) 6×10^5



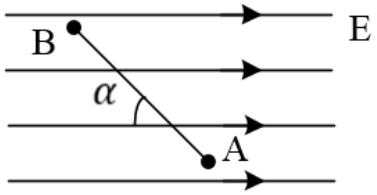
۴۰- در شکل مقابل، دو نقطه ی A و B در یک میدان الکتریکی یکنواخت با شدت $E=500\frac{N}{C}$ قرار دارند. حاصل V_A-V_B چند ولت است؟ ($Sin37°\approx0/6$)

۱) -۵۰ ۲) +۵۰ ۳) -۴۰ ۴) +۴۰



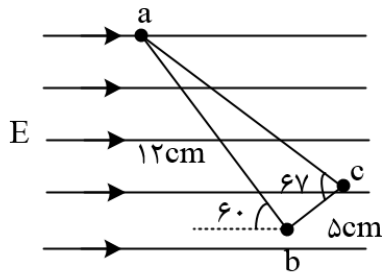
۴۱- مطابق شکل، بار $q = -20\mu C$ را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 4 \times 10^5 \frac{N}{C}$ از نقطه ی A تا B جابه جا می کنیم. اگر $AB = 4m$ و $\alpha = 60°$ باشد، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چند ژول است؟ $(Cos120° = -\frac{1}{2},\ Cos60° = \frac{1}{2})$

۱) -۸ ۲) +۸ ۳) -۱۶ ۴) +۱۶



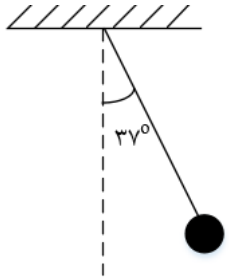
۴۲- در شکل زیر شدت میدان الکتریکی یکنواخت $5000 \frac{N}{C}$ است. ابتدا از نقطه ی a به طرف b و سپس به نقطه ی c می رویم، طوری که امتداد ab و bc برهم عمود باشند، اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد شده در این جابه جایی چند ولت است؟ $(Sin37° = 0/6)$(زاویه b داخل مثلث قائمه است)

۱) -۵۲ ۲) -۵۲۰ ۳) ۳۹۰ ۴) ۳/۹



۴۳- در شکل زیر، گلوله ای با بار الکتریکی $+40\mu C$ توسط نخی با جرم ناچیز آویخته شده و در میدان الکتریکی یکنواخت افقی به حالت تعادل قرار دارد. اگر نیروی کشش نخ $۰/۱N$ باشد، در این میدان اختلاف پتانسیل بین دو نقطه که در راستای افقی با هم $10cm$ فاصله دارند، چند ولت است؟ $(Sin37° = 0/6)$

۱) ۳۰۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۱۵۰



۴۴- اگر ۲۰ درصد به بار الکتریکی ذخیره شده روی صفحات یک خازن تخت شارژ شده ی جداشده از باتری اضافه کنیم، ظرفیت خازن، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین صفحات خازن و انرژی ذخیره شده در آن به ترتیب از راست به چپ، چگونه تغییر می کنند؟

۱) ٪۲۰ افزایش می یابد، تغییر نمی کند، ٪۴۴ افزایش می یابد.

۲) تغییر نمی کند، ٪۲۰ افزایش می یابد، ٪۴۴ کاهش می یابد.

۳) ٪۲۰ افزایش می یابد، تغییر نمی کند، ٪۴۴ کاهش می یابد.

۴) تغییر نمی کند، ٪۲۰ افزایش می یابد، ٪۴۴ افزایش می یابد.

۴۵- اختلاف پتانسیل بین دو صفحه ی خازن را ۱/۵ برابر می کنیم در نتیجه ۲۰μC بر بار ذخیره شده در آن اضافه می شود و انرژی آن نیز 200μJ افزایش می یابد. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

۴۶- خازنی با ظرفیت $4\mu F$ که دی الکتریک آن هوا است را توسط مولدی شارژ کرده و سپس آن را از مولد جدا می کنیم. اگر بخواهیم فاصله صفحات خازن ۲ برابر شود، باید حداقل کار 0/09 ژول انجام دهیم، بار این خازن چند میکروکولن است؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۳۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

۴۷- کدام گزینه درباره ی خازن نادرست است؟

۱) در حضور میدان الکتریکی، مولکول های قطبی می کوشند تا خود را در جهت میدان الکتریکی خارجی هم ردیف کنند.

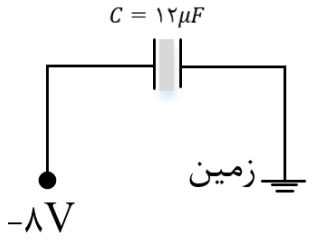
۲) دی الکتریک ها دو نوع قطبی و غیر قطبی هستند.

۳) وقتی در یک صفحه ی خازن بار $+\frac{Q}{2}$ و در صفحه ی مقابل بار $-\frac{Q}{2}$ قرار دارد، بار الکتریکی خازن به اندازه ی Q است.

۴) اگر فاصله ی صفحات یک خازن را ۴ برابر و ولتاژ دو سر آن را دو برابر کنیم، ظرفیت آن ۷۵ درصد کاهش می یابد.

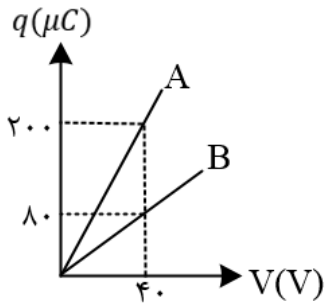
۴۸- در شکل روبه رو خازن را بین زمین و پتانسیل ۸- ولت ثابت وصل کرده ایم. اگر دی الکتریک میان صفحات خازن به ضریب $K = \frac{4}{3}$ را برداریم، تعداد ..... الکترون از ..... به ..... منتقل می شوند

۱) $1/5 \times 10^{14}$ – زمین – خازن
۲) 3×10^{14} – خازن – زمین
۳) $1/5 \times 10^{14}$ – زمین – خازن
۴) 3×10^{14} – خازن – زمین



۴۹- نمودار زیر بار ذخیره شده در دو خازن A و B برحسب ولتاژ دو سر آنها را نشان می دهد. اگر سطح صفحه ها و دی الکتریک دو خازن یکسان باشد، فاصله صفحه های خازن B چند برابر فاصله صفحه های خازن A می باشد؟

۱) ۱/۵ ۲) ۲ ۳) ۲/۵ ۴) ۳



۵۰- ورقه عایق با ضخامت و ثابت دی الکتریک شیشه: $0/6mm$ و $k = 5$، پلاستیک: $1mm$ و $k = 8$، میکا: $0/5mm$ و $k = 7$ و کاغذ پارافینی: $0/2mm$ و $k = 3$ داریم. کدام یک را در بین دو صفحه فلزی بگذاریم تا خازن ساخته شده دارای بیش ترین ظرفیت باشد؟

۱) ورقه شیشه ای

۲) ورق پلاستیکی

۳) ورق میکا

۴) کاغذ پارافینی

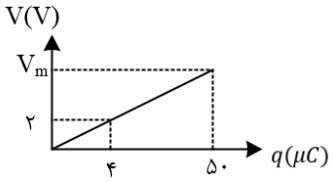
۵۱- خازن تخت بادی الکتریک هوا با ظرفیت $5\mu F$ را با یک باتری ۲۰۷ پر می کنیم. آن را از باتری جدا کرده سپس بین صفحات را با عایقی با $k=4$ پر می کنیم. اکنون اگر از آن خازن برای روشن کردن فلاش یک دوربین استفاده کنیم و خازن در $0/5ms$ تخلیه شود، توان تخلیه خازن چند وات می شود؟

۱) ۸ ۲) ۴ ۳) ۰/۵ ۴) ۰/۲۵

۵۲- چگالی سطحی بار یک کره ی رسانا $32\frac{\mu C}{m^2}$ است. اگر بار این کره را به کرهی دیگری که شعاع آن ٪۲۰ کوچک تر از شعاع کره ی اولیه است. انتقال دهیم، چگالی سطحی بار کرهی جدید چند میکروکولن بر متر مربع است؟

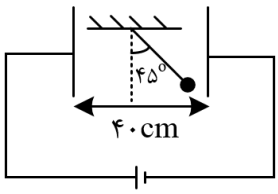
۱) ۱۰ ۲) ۳۰ ۳) ۵۰ ۴) ۷۰

۵۳- نمودار زیر مربوط به خازنی است که فاصله بین صفحات آن ۲mm می باشد. بیشینه میدان قابل تحمل خازن چند $\frac{v}{mm}$ است؟ ۱) ۱۲/۵ ۲) ۲/۵ ۳) $1/25\times10^3$ ۴) $2/5\times10^3$



۵۴- مطابق شکل زیر یک آونگ الکتریکی به جرم ۲mg و بار الکتریکی $6\mu C$ در بین صفحات یک خازن تخت در حال تعادل قرار گرفته است. اگر ظرفیت خازن $6\mu F$ باشد، انرژی ذخیره شده در خازن چند میکروژول می باشد؟

۱) $3\sqrt{2}$ ۲) 3 ۳) $6\sqrt{2}$ ۴) 6



۵۵- خازنی با دو صفحه ی تخت و موازی به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابتی متصل است. اگر ابعاد صفحات خازن ٪۲۰ افزایش یابد و هم چنین فاصله ی بین صفحات خازن را با یک دی الکتریک با ضریب ۲ برابر پر کنیم و فاصله ی بین صفحات خازن ۴ برابر شود، انرژی ذخیره شده در خازن و هم چنین بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند درصد و چگونه تغییر می کنند؟

۱) ٪۲۸ کاهش، ٪۷۲ افزایش ۲) ٪۲۸ افزایش، ٪۷۲ کاهش

۳) ٪۲۸ کاهش، ٪۷۲ کاهش ۴) ٪۲۸ کاهش، ٪۲۸ کاهش

۵۶- خازنی که فاصله دو صفحه آن d بوده و فاقد دی الکتریک است. به دو قطب یک باتری متصل بوده و انرژی ذخیره در آن u_1 می باشد. فاصله دو صفحه خازن را $\frac{d}{5}$ کاهش می دهیم و انرژی ذخیره شده در خازن u_2 می گردد. سپس این خازن جدید را از منبع ولتاژ جدا کرده و مجددا فاصله دو صفحه را $\frac{d}{5}$ افزایش می دهیم. در این حالت انرژی ذخیره شده در خازن u_3 می گردد. $\frac{u_2}{u_1}$ را به دست آورید.

۱) ۱ ۲) $\frac{16}{15}$ ۳) $\frac{25}{16}$ ۴) $\frac{5}{4}$

۵۷- بار ذخیره شده در خازنی با ظرفیت ۱۲μF برابر با q است. اگر خازن را از باتری جدا کرده و $+3mC$ بار الکتریکی را از صفحهی منفی جدا کرده و به صفحه ی مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن ۸J افزایش می یابد، مقدار و چند کولن است؟

۱) $30/5 \times 10^{-3}$ ۲) 32×10^{-3}

۳) $33/5 \times 10^{-3}$ ۴) 35×10^{-3}

۵۸- صفحات یک خازن تخت بادی الکتریک هوا را بعد از شارژ شدن، از مولد جدا می کنیم. چند مورد از عبارات زیر در مورد این خازن درست است؟

الف) اگر مساحت مشترک صفحات خازن را دو برابر کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن برابر $\frac{1}{4}$ می شود.

ب) اگر فاصله ی صفحات خازن را نصف کنیم، اختلاف پتانسیل دو سر آن دو برابر می شود.

ج) اگر فاصله ی صفحات خازن را سه برابر کنیم، بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه سه برابر می شود.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۵۹- انرژی ذخیره شده در خازنی $12\mu J$ است. اگر این خازن را از باتری جدا کرده و فاصله ی بین صفحات آن را n برابر کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن $6\mu F$ تغییر می کند، n کدام می تواند باشد؟

۱) $\frac{1}{2}$ ۲) $\frac{1}{3}$ ۳) $\frac{1}{4}$ ۴) $\frac{1}{6}$

۶۰- اگر ۲۰μC به بار الکتریکی یک خازن ۱۰μF اضافه شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن ۲۵ برابر می شود. انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند میکروژول افزایش یافته است؟

۱) ۳۰ ۲) ۳۱/۲۵ ۳) 60 ۴) 62/5

۶۱- ظرفیت خازنی ۲۲μF است. اگر بار الکتریکی آن ۲۰ درصد افزایش یابد، انرژی آن ۱۶ میکروژول افزایش می یابد. بار اولیه ی آن چند میکروکولن است؟

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) 2×10^{-2} ۴) 4×10^{-2}

۱- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با نزدیک کردن میله باردار به A، بار رو در کره A القا شده و بار $-q_1$ در C القا می شود.

در حالت اول با دور کردن B، بار $-q_1$ در C باقی می ماند، پس: $q = -q_1$

در حالت دوم با دور کردن A، دو گوی B و C در تماس با هم می مانند و بار بین آنها با توجه به این که مشابه هم هستند، تقسیم می شوند و بار گوی های B و C یکسان می شوند.

$$q' = q_B = q_C = \frac{-q + 0}{2} = \frac{-q}{2}$$

بنابراین $\frac{q'}{q}$ برابر است با: $\frac{q'}{q} = \frac{\frac{-q}{2}}{-q} = \frac{1}{2}$

۲- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با وصل کردن کلید، دو کره در تماس با هم هستند و بار هر کره با توجه به تشابه A و B با هم برابر می شود:

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{6 - 2}{2} = 2\mu C$$

و چون عامل شارش بار در فلزات، الکترون می باشد باید $-4\mu C$ بار از کره B به A منتقل شود که تعداد آن برابر اس با:

$$-4\mu C = -4 \times 10^{-6} = -n \times 1/6 \times 10^{-19} \rightarrow n = \frac{4}{1/6} \times 10^{13} = 2/5 \times 10^{13}$$

۳- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. برای بیشینه شدن نیروی الکتریکی، باید اندازهای بار دو کره با هم برابر شود، پس باید بار کل به تساوی بین آنها تقسیم شود:

$$\begin{cases} q_1 = 16\mu C \\ q_2 = 8\mu C \end{cases} \rightarrow q_{\text{کل}} = 16 + 8 = 24\mu C \rightarrow \begin{cases} q'_1 = 12\mu C \\ q'_2 = 12\mu C \end{cases}$$

پس باید $۴\mu C$ بار از یک کره به کردی دیگر منتقل شود.

$$\Delta q = ne \rightarrow 4 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \rightarrow n = 2/5 \times 10^{13}$$

۴- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. اتم لیتیوم خنثی دارای سه پروتون و سه الکترون است. هنگامی که دو الکترون از این اتم و می گیریم، بار الکتریکی آتم و هسته به صورت زیر به دست می آید:

بار الکتریکی هسته‌ی اتم لیتیوم $= q = 3(e) = 3(1/6 \times 10^{-19}) = 4/8 \times 10^{-19} C$

بار الکتریکی یون لیتیوم $q' = 2(e) = 2(1/6 \times 10^{-19}) = 3/2 \times 10^{-19} C$

و در نهایت اختلاف این دو مقدار برابر است با:

$$q - q' = 1/6 \times 10^{-19} C = 1/6 \times 10^{-13} \mu C$$

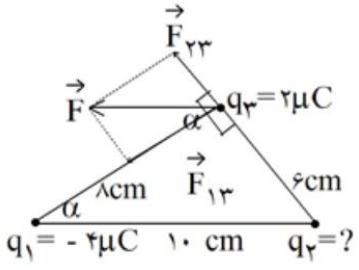
۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

اگر جسم شیشه ای را با پارچه ابریشمی مالش دهیم، بار شیشه مثبت خواهد شد و چون ابتدا ورقه های الکتروسکوپ به هم نزدیک شدند، پس باید میله و الکتروسکوپ بار ناهمنام داشته باشند تا بارهای هم را جذب کرده باشند یعنی الکتروسکوپ دارای بار منفی بوده است.

۶) گزینه ی ۱ پاسخ صحیح است. اگر بار q_4 را مثبت فرض کنیم در این صورت بارهای q_6 و q_2 بار q_4 را دفع می کنند و چون $(r_1 = r_2, q_1 > q_2)$ است، پس $F_1 > F_2$ است و q_3 باید مثبت باشد.

$$\sum F = 0 \rightarrow F_2 + F_3 = F_1 \rightarrow \frac{kq_2q_4}{(0/1)^2} + \frac{kq_3q_4}{(0/3)^2} = \frac{kq_1q_4}{(0/1)^2} \rightarrow \frac{2}{0/01} + \frac{q_3}{0/09} = \frac{4}{0/01} \rightarrow q_3 = 18\mu C$$

۷- گزینه ی ۴ پاسخ صحیح است.



$$\tan\alpha = \frac{6}{8} \rightarrow F_{23} = \frac{3}{4}F_{13}$$

$$K\frac{q_2q_3}{6^2} = \frac{3}{4}K\frac{q_1q_3}{8^2} \rightarrow$$

$$\frac{q_2}{6^2} = \frac{3}{4} \times \frac{4}{8^2} \rightarrow q_2 = \frac{3 \times 36}{64} = \frac{27}{16}\mu C$$

۸- گزینه ی ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به قانون کولن داریم:

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

$$4 = 9 \times 10^9 \frac{|q_1q_2| \times 10^{-12}}{(0/3)^2} \rightarrow |q_1q_2| = 40$$

با توجه به قانون پایستگی بار، که مجموع بارها قبل و بعد از تماس با هم برابرند و از آنجا که دو گلوله مشابه بوده اند می توان گفت بار گلوله ها بعد از تماس با هم برابر شده و برابر میانگین بار اولیه ی آنها است.

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} = 3 \rightarrow q_1 + q_2 = 6$$

با توجه به گزینه ها می توان گزینه ای را انتخاب کرد که حاصل ضرب اندازهی بارها ۴۰ و مجموع جبری آنها ۶ شود.

۹- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. هرگاه مجموع دو کمیت ثابت باشد، حاصل ضرب آنها زمانی بیشینه خواهد بود که دو مقدار با هم برابر باشند.

$$q_1 + q_2 = q_1 + 2q_1 = 3q_1 = \text{ثابت}$$

نیروی کولنی بین دو بار با توجه به رابطه ی $F = K\frac{q_1' q_2'}{r^2}$ زمانی بیشینه است که $q_1' = q_2'$ باشد، یعنی بار کل $3q_1$ به یک اندازه بین بارها تقسیم شود.

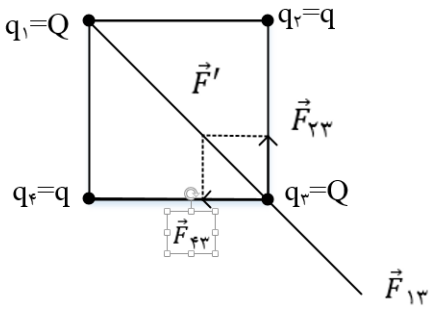
$$q_1' = q_2' = \frac{3q_1}{2}$$

به عبارت دیگر بار جسم اول از q_1 به $\frac{3}{2}q_1$ افزایش یابد و به همین ترتیب بار جسم دوم $2q_1$ به $\frac{3}{2}q_1$ کاهش یابد.

$$\text{درصد تغییرات بار جسم اول} \frac{\Delta q}{q_1} \times 100 = \frac{\frac{3}{2}q_1 - q_1}{q_1} \times 100 = \%50$$

$$\text{درصد تغییرات بار جسم دوم} \frac{\Delta q}{q_2} \times 100 = \frac{\frac{3}{2}q_1 - 2q_1}{2q_1} \times 100 = -\frac{1}{4} \times 100 = -\%25$$

۱۰- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. (مساله را برای یکی از رأس های مربع که بار Q دارد بررسی می کنیم.) با توجه به شکل، بارهای Q و q_1 (q_3) هم دیگر را دفع می کنند. بنابراین برای این که برایند نیروهای وارد بر بار q_3 صفر شود باید حتما بارهای q و Q ناهمنام باشند. در نتیجه برایند نیروهای $\vec{F}_{23}$ و $\vec{F}_{43}$ یعنی $\overrightarrow{F'}$ باید در خلاف جهت $\vec{F}_{13}$ و هم اندازه با آن باشد تا اثر یک دیگر را حنثی کنند.



$$F_{23} = F_{43} = k\frac{|q||Q|}{a^2} \quad , \quad r_{13} = \sqrt{a^2 + a^2} = \sqrt{2}a$$

$$F_{13} = k\frac{|Q||Q|}{2a^2} \rightarrow F' = \sqrt{F_{23}^2 + F_{23}^2} = \sqrt{2}k\frac{|q||Q|}{a^2} \rightarrow \frac{1}{2}|Q| = \sqrt{2}|q|$$

$$\rightarrow \frac{|Q|}{|q|} = 2\sqrt{2} \xrightarrow{q \text{ و } Q \text{ ناهمنام هستند}} \frac{Q}{q} = -2\sqrt{2}$$

۱۱- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

گام اول: به کمک یک تناسب ساده مقدار E را به دست می آوریم:

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \rightarrow \frac{E+16}{E} = \left(\frac{3d}{d}\right)^2 \rightarrow E + 16 = 9E \rightarrow E = 2\frac{kN}{C}$$

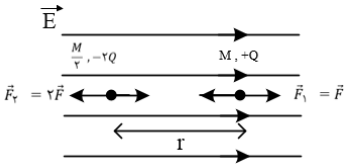
گام دوم: با توجه به گام قبل به این نتیجه رسیدیم که در فاصله ی d از بار الکتریکی موردنظر بزرگی میدان الکتریکی $18\frac{kN}{C}$ می باشد. بنابراین در فاصله ی $2d$ از بار q_1 بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

$$\frac{E'}{18} = \left(\frac{d}{2d}\right)^2 \rightarrow E' = 4/5\ \frac{kN}{C}$$

گام سوم: حال اگر بار q_2 در فاصله ی $2d$ از بار رو قرار بگیرد، تحت تأثیر میدان الکتریکی $\vec{E}$ نیروی $\vec{F}$ به آن وارد می شود که برابر است با:

$$F = E'|q_2| = 4/5 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-6} = 9 \times 10^{-3} N = 9mN$$

۱۲- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. اگر بخواهیم فاصله ی نسبی دو ذره‌ی باردار در میدان الکتریکی ثابت باقی بماند، باید شتاب حرکت آنها که حاصل از نیروی میدان الکتریکی و نیروی الکتریکی بین خودشان است، یکسان و جهت حرکتشان نیز یکسان باشد. با توجه به شکل، روابط زیر را می نویسیم.



تذکر: اگر جهت میدان الکتریکی خارجی را به سمت چپ در نظر بگیریم، دو ذره به یکدیگر نزدیک می شوند و فاصله ی نسبی شان ثابت نمی ماند. $q_2 = -2Q$ $q_1 = +Q$

$$F = E|q_0| \rightarrow F_1 = EQ = F \rightarrow F_2 = E \times 2Q = 2F$$

شتاب ذره‌ی باردار اول $(+Q)$: $a_1 = \frac{f - F_1}{m_1} = \frac{f - F}{M}$

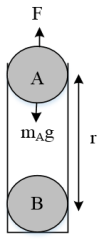
شتاب ذره‌ی باردار دوم $(-2Q)$: $a_2 = \frac{F_2 - f}{m_2} = \frac{2F - f}{\frac{M}{2}} = \frac{4F - 2f}{M}$

$$\begin{cases} a_1 = a_2 \rightarrow \frac{f - F}{M} = \frac{4F - 2f}{M} \rightarrow f - F = 4F - 2f \rightarrow 3f = 5F \\ f = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{Q.2Q}{r^2}, \qquad F = EQ \end{cases}$$

$$\rightarrow \frac{3Q}{2\pi\varepsilon_0} \times \frac{1}{r^2} = 5E \rightarrow r = \sqrt{\frac{3Q}{10\pi\varepsilon_0 E}}$$

۱۳- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

مطابق شکل، دو نیروی وزن و F به گوی A وارد می شوند و اگر بخواهیم گوی A به حالت تعادل باقی بماند، باید برایند نیروهای وارد شده به آن صفر باشد و داریم:



$$F = m_A g$$

$$\rightarrow \frac{k|q_A||q_B|}{r^2} = m_A g \rightarrow \frac{9\times10^9\times2\times4\times10^{-12}}{r^2} = 0/2\times10^{-3}\times10$$

$$\rightarrow 9\times8\times10^{-3} = 2\times10^{-3}r^2 \rightarrow r^2 = 36 \rightarrow r = 6m$$

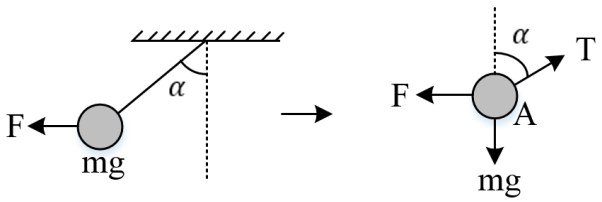
۱۴- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. همان طور که می دانید هنگامی که اندازه ی بارهای الکتریکی با یکدیگر برابر می شود، اندازه ی نیروی الکتریکی وارد شده به آنها بیشینه می شود، بنابراین اگر به اندازه ی $\frac{1}{2}q$ از بار الکتریکی q_2 کم کرده و به بار الکتریکی q_1 اضافه کنیم، اندازه ی بارها یکسان شده و در نتیجه اندازه ی نیرویی که به یک دیگر وارد می کنند نیز بیشینه می شود، بنابر این داریم:

$$q_1' = q + \frac{1}{2}q = \frac{3}{2}q \qquad q_2' = 2q - \frac{1}{2}q = \frac{3}{2}q$$

در نهایت با نوشتن یک تناسب ساده مقدار F را به دست می آوریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q_1'||q_2'|}{|q_1||q_2|} = \frac{\frac{3}{2}q\times\frac{3}{2}q}{q\times2q} = \frac{9}{8} \rightarrow F' = \frac{9}{8}F$$

۱۵- گزینه ی ۳ پاسخ صحیح است. بزرگی نیرویی که دو گلوله بر هم اعمال می کنند، مطابق قانون سوم نیوتون برابر است ($F_A = F_B$). از طرفی در صورت تعادل گلوله ای مانند شکل زیر، داریم:



$$\begin{cases} \sum F_y = 0 \rightarrow TSin\,\alpha = F \\ \sum F_x = 0 \rightarrow TCos\alpha = mg \end{cases} \rightarrow \tan\alpha = \frac{F}{mg}$$

با توجه به این رابطه، مقدار بار گلوله ها نقشی در اندازهی زوایای α و β ندارد.

$m_A = m_B \rightarrow \alpha = \beta$

$m_A > m_B \rightarrow \alpha < \beta$

$m_A < m_B \rightarrow \alpha > \beta$

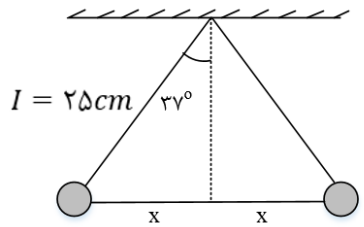
۱۶- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. نیروی الکتریکی بین دو گلوله باید نیروی فنر را خنثی کند:

$$F_e = F \rightarrow kx = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \xrightarrow{r=0/2+x} 40x = \frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times10\times10^{-6}}{(0/2+x)^2}$$

$$\rightarrow 10x = \frac{0/09}{(0/2+x)^2}$$

با چک کردن گزینه ها تساوی برای $x = 0/1m$ یا همان ۱۰cm برقرار است .

۱۷- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا با توجه به شکل فاصله ی بین دو گلوله باردار را محاسبه می کنیم:



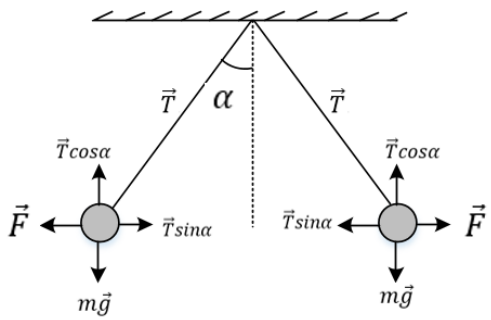
$$Sin\ 37 = \frac{x}{25} \rightarrow \frac{6}{10} = \frac{x}{25} \rightarrow \frac{3}{5} = \frac{x}{25} \rightarrow x = 15cm$$

$$\text{فاصله بین دو گلوله} = 2x = 2\times15 = 30cm$$

چون بارهای دو گلوله هم اندازه و همنام هستند، یک دیگر را دفع می کنند، بنابر این نیروی الکتریکی بین آنها را محاسبه می کنیم:

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9\times10^9\times\frac{3\times10^{-6}\times3\times10^{-6}}{9\times10^{-2}} = 0/9N$$

حال با توجه به این که گلوله ها در حال تعادل هستند، می توان گفت:

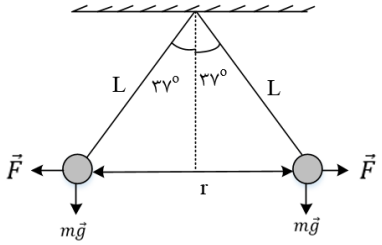


$$\begin{cases} TSin\alpha = F \\ TCos\alpha = mg \end{cases} \rightarrow \frac{TSin\alpha}{TCos\alpha} = \frac{F}{mg}$$

$$\rightarrow \frac{Sin\alpha}{Cos\alpha} = \frac{F}{mg} \rightarrow tg\alpha = \frac{F}{mg}$$

$$tg37 = \frac{0/9}{m \times 10} \rightarrow \frac{3}{4} = \frac{0/9}{10m} \rightarrow m = 0/12kg = 120g$$

۱۸- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل زیر، نیروی الکتریکی بین دو گلوله برابر است با:



$$tg37 = \frac{F}{mg} \rightarrow \frac{3}{4} = \frac{F}{0/4} \rightarrow F = 0/3N$$

برای محاسبه ی فاصله ی بین دو گلوله می توان نوشت:

$$F = k\frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2} \rightarrow 0/3 = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-12}}{r^2}$$

$$\rightarrow r^2 = \frac{27 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-1}} = 9 \times 10^{-2} \rightarrow r = 0/3m = 30cm$$

طول نخ برابر است با: $Sin37° = \frac{\frac{r}{2}}{L} \rightarrow 0/6 = \frac{15}{L} \rightarrow L = 25cm$

۱۹- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. به ذره باردار دو نیروی وزن و الکتریکی وارد می شود.

$$W_T = \Delta K \rightarrow W_{F_E} + W_{mg} = K_2 - K_1$$

$$\rightarrow EqdCos180 + mgdCos180 = -\frac{1}{2}mv_1^2$$

$$\rightarrow -6 \times 10^5 \times \frac{1}{2} \times 10^{-6}d - 20 \times 10^{-3} \times 10 \times d = -\frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-3} \times (2)^2$$

$$\rightarrow -0/3d - 0/2d = -0/04 \rightarrow d = \frac{0/04}{0/5} = 0/08m \rightarrow d = 8cm$$

۲۰- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. میدان برآیند بارهای روی یک قطر را ابتدا به دست می آوریم:

$$E_1 = E\sqrt{2} \qquad E_2 = E\sqrt{2}$$

$$E = \frac{kq}{r^2} = \frac{kq}{\left(a\sqrt{2}\right)^2} = \frac{kq}{2a^2}$$

E_1 و E_2 بر هم عمودند، بنابراین:

$$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2E^2 + 2E^2} = 2E = 2\frac{kq}{2a} = \frac{kq}{a^2}$$

۲۱- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

بزرگی میدان حاصل از سه بار در نقطه A برابر است با:

$$E_1 = K\frac{q_1}{r^2} \rightarrow E_1 = 9\times 10^9 \times \frac{2\times 10^{-6}}{9\times 10^{-4}} = 2\times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = K\frac{q_2}{r^2} \rightarrow E_2 = 6\times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$E_3 = K\frac{q_3}{r^2} \rightarrow E_3 = 3\times 10^7 \frac{N}{C}$$

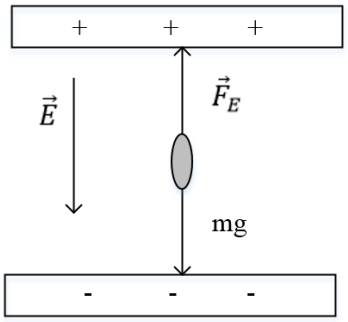
میدان E_1 و E_2 خلاف جهت هم هستند:

$$E_{1,2} = E_2 - E_1 = 4\times 10^7 \frac{N}{C}$$

میدان های $E_{1,2}$ و E_3 بر هم عمودند:

$$E_T = \sqrt{E_{1,2}^2 + E_3^2} = 10^7\sqrt{4^2 + 3^2} = 5\times 10^7 \frac{N}{C} = 5\times 10^7 \frac{N}{m}$$

۲۲- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. شرط تعادل ذره آن است که نیروی الکتریکی وارد بر ذره و نیروی وزن آن هم اندازه و در خلاف جهت یکدیگر باشند. همچنین، چون بار ذره منفی است، بنابراین میدان الکتریکی باید به سمت پایین باشد.



زیرا نیروی الکتریکی وارد بر ذره با بار منفی همواره در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

$$\begin{cases} F_E = mg \\ E = \dfrac{F_E}{|q|} \end{cases} \rightarrow E|q| = mg \rightarrow E = \frac{mg}{|q|} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10^{-6} \times 10}{4 \times 10^{-12}}$$

$$E = 0/5 \times 10^4 = 5 \times 10^3\ N/C$$

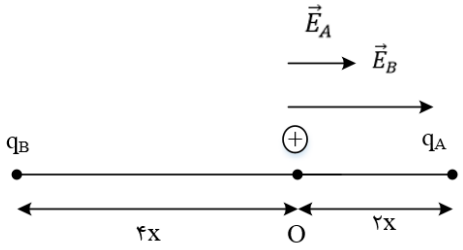
۲۳- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی باقی مانده در نقطه ی O تنها میدان الکتریکی q_A است، بنابراین می توانیم نتیجه بگیریم که E_A برابر $\frac{1}{3}E$ است و داریم:

$$\vec{E}_{\text{کل}} = \vec{E}_A + \vec{E}_B \rightarrow \vec{E} \quad = \frac{1}{3}\vec{E} \quad + \vec{E}_B \rightarrow \vec{E}_B = \frac{2}{3}\vec{E}$$

با توجه به مقادیر به دست آمده برای $\vec{E}_A$ و $\vec{E}_B$ می توانیم نتیجه بگیریم که میدان الکتریکی ناشی از بارهای موردنظر در نقطه ی O هم جهت هستند و اندازه ی $\vec{E}_B$ دو برابر $\vec{E}_A$ است. بنابر این داریم:

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \rightarrow \frac{E_B}{E_A} = \frac{|q_B|}{|q_A|} \times \left(\frac{r_A}{r_B}\right)^2 \rightarrow 2 = \frac{|q_B|}{|q_A|} \times \left(\frac{2x}{4x}\right)^2 \rightarrow \frac{|q_B|}{|q_A|} = 8$$

از طرف دیگر همان طور که در شکل زیر می بینید، اگر جهت مثبت را به سمت راست در نظر بگیریم، q_A بار مثبت آزمون را جذب و q_B بار مثبت آزمون را دفع کرده است. بنابر این بارهای q_A و q_B ناهمنام هستند و داریم:



$$\frac{q_B}{q_A} = -8$$

۲۴- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. بار الکتریکی تغییر نکرده است، بلکه با تغییر فاصله اندازه ی میدان الکتریکی تغییر کرده است، بنابراین:

$$\begin{cases} E_1 = 400\frac{N}{C}; r_1 = r \\ E_2 = 324\frac{N}{C}; r_2 = r+10 \end{cases} \rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \rightarrow \frac{400}{324} = \left(\frac{r+10}{r}\right)^2$$

$$\rightarrow \frac{100}{81} = \left(\frac{r+10}{r}\right)^2 \rightarrow \frac{10}{9} = \frac{r+10}{r} \rightarrow 9r+90 = 10r \rightarrow r = 90cm$$

$$r' = 100cm$$

$$E = k\frac{|q|}{r^2} \rightarrow 400 = 9\times 10^9 \times \frac{|q|}{8100\times 10^{-2}}$$

$$\rightarrow |q| = \frac{400\times 8100\times 10^{-4}}{9\times 10^9} = 36\times 10^9 C = 3/6\times 10^{-2}\mu C$$

۲۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$\begin{cases} \text{در حالت اول: } \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E} \\ \text{در حالت دوم: } \vec{E}_2 = -\frac{\vec{E}}{3} \end{cases} \rightarrow \frac{\vec{E}}{1} = \frac{4}{3}\vec{E}$$

همان طور که ملاحظه می شود $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ مختلف الجهت هستند، پس بارهای q_1 و q_2 باید همنام باشند. از طرفی:

$$|\vec{E}_1| = 4|\vec{E}_2| \rightarrow K\frac{|q_1|}{r^2} = 4K\frac{|q_2|}{r^2} \rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{1}{4}$$

چون بارها همنام هستند، پس: $\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{4}$

۲۶- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

در حالت اول: $E_1 + E_2 = E$

در حالت دوم، میدان E_1، ۴ برابر و میدان E_2، $\frac{1}{4}$ برابر می شود.(به خاطر فاصله ها)

$$2E_1 + \frac{E_2}{4} = -2E \rightarrow 4E_1 + \frac{E_2}{4} = -2(E_1+E_2)$$

$$\rightarrow 4E_1 + \frac{E_2}{4} = -2E_1 - 2E_2 \rightarrow 6E_1 = -2E_2 - \frac{E_2}{4}$$

$$\rightarrow 6E_1 = \frac{-9E_2}{4} \rightarrow E_1 = -\frac{3}{8}E_2$$

چون میدان ها مخالف اند پس بارها مخالف هستند. $\frac{kq_1}{4d^2} = -\frac{3}{8}\times\frac{kq_2}{d^2} \rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -\frac{3}{2}$

۲۷- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل $q_1 > 0$ و $q_2 < 0$ است.

$$tg37° = \frac{E_1}{E_2} = \left|\frac{q_1}{q_2}\right| \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = \left|\frac{q_1}{q_2}\right|^2 tg^2 37$$

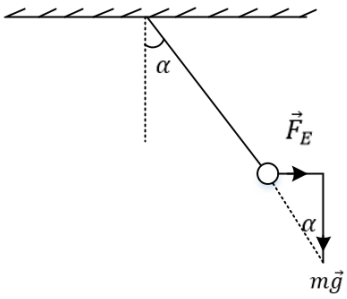
$$\frac{3}{4} = \left|\frac{q_1}{q_2}\right| \times \left(\frac{3}{4}\right)^2 \rightarrow \left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \frac{4}{3} \rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -\frac{4}{3}$$

۲۸- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$40 = V_{HS} = (V_B - V'_A) + (V'_A - V'_B) + (V'_B - V_S)$$

چون میدان الکتریکی یکنواخت برقرار است. بنابراین طبق رابطه $E = \frac{V}{d}$ اختلاف پتانسیل و فاصله رابطه مستقیم دارند.

۲۹- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا رابطه ی زاویه با بزرگی میدان الکتریکی را تعیین می کنیم:



$$tg\ \alpha = \frac{F_E}{mg} = \frac{E_q}{mg}$$

برای مقایسه ی دو حالت داریم:

$$\frac{tg\alpha_2}{tg\alpha_1} = \frac{E_2}{E_1} \rightarrow \frac{tg(37° + 16°)}{tg(37°)} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{tg(53°)}{tg(37°)} = \frac{16}{9} \rightarrow \frac{E_2}{9000} = \frac{16}{9} \rightarrow E_2 = 16000\frac{N}{C}$$

در صورت سؤال تغییر بزرگی میدان الکتریکی خواسته شده است:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 16000 - 9000 = \underbrace{\oplus}_{\text{افزایش}}\ 7000\frac{N}{C}$$

۳۰- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. جهت خطوط میدان الکتریکی همواره بار مثبت خارج شده و به بار منفی وارد می شود بنابر این بارهای q_1 و q_2 هر دو منفی هستند. از سوی دیگر تراکم خطوط میدان در اطراف بار q_1 پیش تر است. بنابراین با توجه به شکل می توان گفت:

$|q_2| < |q_1| \rightarrow$ اندازه‌ی بار q_1 بیشتر است

۳۱- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا E را در راستای میدان های حاصل از q_1 و q_2 تجزیه می کنیم و زاویه بین E و E_2 را α به نام گذاری می کنیم. در این صورت:

$$\tan\hat{\alpha} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}}$$

$$\tan\hat{\alpha} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{k\frac{q_1}{16\times10^{-4}}}{k\frac{q_2}{9\times10^{-4}}} = \frac{9q_1}{16q_2}$$

همچنین در مثلث قائم الزاویهٔ ABC می توان نوشت:

$$\begin{matrix}\hat{\alpha}+\hat{\beta}=90^\circ\\ \hat{\beta}+\hat{\gamma}=90^\circ\end{matrix} \rightarrow \hat{\gamma}=\hat{\alpha}$$

بنابراین در مثلث قائم الزاویهٔ ABC ، $\tan\gamma = \tan\alpha = \frac{3}{4}$ است.

از طرفی دقت کنید میدان حاصل از q_1 و q_2 در نقطه A به گونه ای است که باید q_1 و q_2 مثبت باشند.

۳۲- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. بار ذره ی باردار، مثبت است. چون تندی ذره افزایش یافته است، می توان نتیجه گرفت که ذره ی باردار در جهت خطوط میدان الکتریکی پرتاب شده است. حال تغییرات انرژی جنبشی ذره را محاسبه می کنیم:

$$\Delta K = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}m(v_B^2 - v_A^2)$$

$$= \frac{1}{2}\times 20\times10^{-6}\times(4500-2500) \rightarrow \Delta K = 200\times10^{-5} = 0/02J$$

می دانیم تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی، قرینه تغییرات انرژی جنبشی است، بنابراین:

$$\Delta U_E = -\Delta K = -0/02J$$

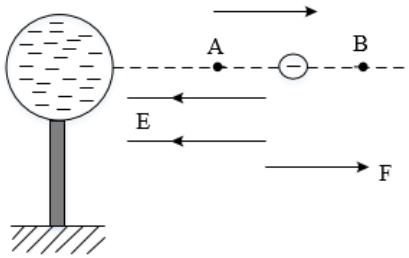
حال با استفاده از رابطه ی $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$ ، تغییرات پتانسیل الکتریکی ذره ی باردار را به دست می آوریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-0/02}{100\times10^{-6}} = -0/02\times10^4 = -200V$$

۳۳- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$V = Ed \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{d_2}{d_1} \rightarrow \frac{\Delta V}{80} = \frac{0/4cm}{1cm} \rightarrow \Delta V = -32$$

۳۴- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ذره در خلاف جهت میدان حرکت می کند، بار هم منفی است، پتانسیل افزایش می یابد چون ذره منفی است انرژی کاهش می یابد.



۳۵- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$W_{ABCD} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD}$$

کار نیروی الکتریکی در مسیر AB و CD صفر است:

$$W = 6/4mJ \rightarrow E|q|d_{BC} = 6/4 \times 10^{-3}$$

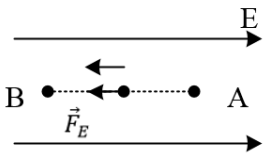
$$\rightarrow 1/28 \times 10^{7} \times 2 \times 10^{-9} \times d_{BC} = 6/4 \times 10^{-2}$$

$$\rightarrow d_{BC} = \frac{1}{4}m = 25cm$$

۳۶- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. کار نیروی الکتریکی در میدان الکتریکی یکنواخت روی ذره ی باردار برابر است با:

$$W_E = E|q|dCos\,\alpha \rightarrow W_E = 4 \times 10^{4} \times 2 \times 10^{-6} \times 0/5 \times Cos0° = +0/04J$$

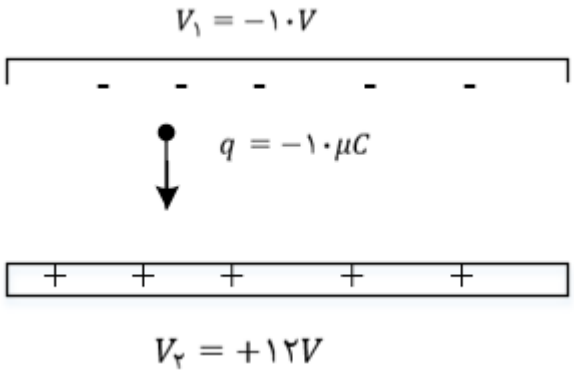
در شکل زیر می بینید که $\vec{F}_E$ هم جهت $\vec{d}$ است، تغیر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره برابر است با:



$$\Delta U_E = -W_E \rightarrow \Delta U_E = -0/04J$$

توجه: چون ذره با سرعت ثابت جابه جا شده، انرژی جنبشی آن تغییری نمی کند و طبق قضیه ی کار و انرژی، کار برایند نیروهای وارد بر ذره صفر است.

۳۷- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



$$\Delta U_E = -q\Delta V$$

$$\Delta U_E = -10 \times 10^{-6}(+12 - (-12))$$

$$\Delta U_E = -10^{-5} \times 24 = -24 \times 10^{-5} J$$

۳۸- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. زمانی که تندی ذره حداقل شده، یعنی تغییر جهت داده و سرعتش برابر صفر می شود انرژی جنبشی ذره را در ابتدا و لحظه ی حداقل شدن تندی به دست می آوریم:

$$\begin{cases} K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-3} \times (10)^2 = 0/2J \\ K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-3} \times (0)^2 = 0 \end{cases} \Delta K = -0/2J$$

حال قانون پایستگی انرژی را می نویسیم:

$$E_1 = E_2 \rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

$$\rightarrow \Delta K = -\Delta U \rightarrow \Delta U = +0/2J \ (*)$$

حال تغییر انرژی پتانسیل ذره که در بین صفحات در حرکت است و d متر جابه جا می شود را به دست می آوریم حرکت غیر خود به خودی (AU >0).

$$\Delta U = Eqdcos\theta \xrightarrow{\theta=0^\circ} \Delta U = 10^5 \times 10 \times 10^{-6} \times d = d$$

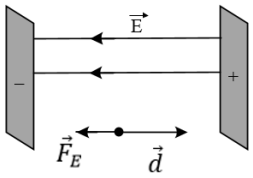
حال طبق رابطه ی (*)، d را محاسبه می کنیم:

$$\Delta U = 0/2J \ \rightarrow d = 0/2m = 20cm$$

پس فاصله از صفحه ی مثبت برابر است با:

$$35 - 20 = 15cm$$

۳۹- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل داریم:



$$d = 6 - 2 = 4cm = 0/04m$$

$$q > 0 \rightarrow \theta = 180° \rightarrow Cos\,\theta = -1$$

$$\Delta U_E = -|q|EdCos\theta = qEd$$

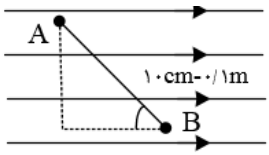
$$= 1/6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^3 \times 0/04 = 3/2 \times 10^{-17} J$$

از قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

$$W_E = \Delta K \rightarrow -\Delta U_E = \frac{1}{2}m(0 - v_0^2)$$

$$\rightarrow -\frac{3}{2} \times 10^{-17} = \frac{1}{2}(1/6 \times 10^{-27})(-v_0^2) \rightarrow v_0 = 2 \times 10^5 \ \frac{m}{s}$$

۴۰- گزینه ی ۴ پاسخ صحیح است. در صورتی که در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه جا شویم، پتانسیل الکتریکی نقاط عبوری افزایش و $V_A > V_B$ می باشد و در نتیجه حاصل $V_A - V_B$ بزرگتر از صفر است. از طرفی در راستای عمود بر خطوط میدان، پتانسیل نقاط عبوری ثابت و $V_A = V_C$ می باشد و به جای محاسبه ی $V_A - V_B$ می توان حاصل $V_C - V_B$ را به دست آورد.



$$E = \frac{\Delta V}{\Delta x}$$

$$E = \frac{V_C - V_B}{\Delta X_{C\text{و}B}} \rightarrow V_C - V_B = E \times \Delta X_{C\text{و}B}$$

$$V_C - V_B = 500 \times 0/1\ Cos37 = +40V$$

۴۱- گزینه ی ۳ پاسخ صحیح است. نیروی الکتریکی که میدان به بار منفی وارد می کند در خلاف جهت خط های میدان است. برای این که بار با سرعت ثابت جابه جا شود باید «ما» نیروی F' را در خلاف جهت نیروی الکتریکی $F = Eq$ به جسم وارد کنیم. چون سرعت جسم ثابت است، $F' = F$ می باشد. برای محاسبه ی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار باید کاری را که ما روی بار انجام می دهیم، محاسبه کنیم:

$$\Delta U = W' \rightarrow \Delta U = F' \times AB \times Cos\theta = Eq \times AB \times Cos120°$$

$$\rightarrow \Delta U = 4 \times 10^5 \times 20 \times 10^{-6} \times 4 \times \left(-\frac{1}{2}\right) = -16J$$

۴۲- گزینه ی ۲ پاسخ صحیح است. گام اول: چون ac روبه روی زاویه ۹۰ درجه است، بنابراین وتر است.

$$(ac)^2 = (ab)^2 + (bc)^2 \rightarrow (ac)^2 = (12)^2 + (5)^2 \rightarrow ac = 13cm$$

گام دوم: زاویه ی بین خطوط میدان و جابه جایی (d) معادل ۳۷ است.

$$\Delta V = -E.dCos37 \qquad \Delta V = -5000(0/13)(0/8) = -520V$$

۴۳- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$Eq = TCos53°$$

$$E \times 40 \times 10^{-6} = 0/1 \times 0/6 \rightarrow E = 1/5 \times 10^3 \ \frac{N}{C} \text{ یا } \frac{7}{m}$$

$$E = \frac{\Delta V}{d} \rightarrow \Delta V = 1/5 \times 10^3 \times 0/1 = 1/5 \times 10^2 = 150V$$

۴۴- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ظرفیت خازن فقط با تغییر عوامل ساختمان سازنده ی آن تغییر می کند، پس ظرفیت خازن، ثابت خواهد ماند. با توجه به رابطه ی $C = \frac{Q}{V}$ و این که ظرفیت خازن، ثابت است، با افزایش ۲۰ درصدی بار الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین صفحات خازن هم ۲۰ درصد افزایش می یابد. از آنجایی که ظرفیت خازن، ثابت است، می توانیم درصد تغییرات انرژی ذخیره شده ی آن را به صورت زیر به دست بیاوریم:

$$U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2 \xrightarrow{q_2 = 1/2q_1} \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{1/2q_2}{q_1}\right)^2$$

$$\rightarrow \frac{U_2}{U_1} = 1/44 \rightarrow \frac{\Delta U}{U_1} \times 100 = \%44$$

پس، انرژی ذخیر شده در آن ٪۴۴ افزایش می یابد.

۴۵- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$V_2 = 1/5V_1 \qquad q_2 - q_1 = 20 \qquad u_2 - u_1 = 200$

$1/5q_1 - q_1 = 20 \rightarrow 0/5f_1 = 20 \rightarrow q_1 = 40 \qquad q_2 = 60$

ثابت $C = \frac{q}{v} \rightarrow q_1 = 1/5f_1$

$q_2 = 1/5f_1$

$u = \frac{1}{2}qv$

$u_2 - u_1 = 200 \rightarrow \frac{1}{2}(q_2v_2 - q_1v_1) = 200 \rightarrow 400 = 60(1/5v_1) + 40v_1$

$\rightarrow 400 = 90v_1 - 40v_1 \rightarrow 400 = 50v_1 \rightarrow v_1 = 8v$

$C = \frac{q_1}{v_1} = \frac{40}{8} = 5\mu C$

۴۶- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

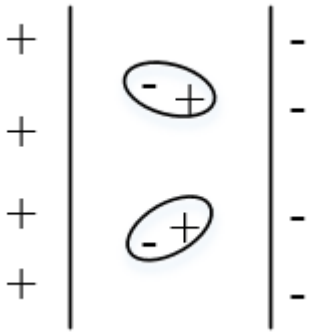
در حالت اول، ظرفیت خازن $C = \frac{\varepsilon.A}{d}$ است. اگر فاصله صفحات خازن ۳ برابر شود، ظرفیت خازن $\frac{1}{3}$ برابر شده و از رابطه $U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ ذخیره شده در خازن ۳ برابر می شود. با توجه به این که کار انجام شده تغییرات انرژی پتانسیل خازن است، داریم:

$$U_2 = 3U_1 \rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = 2U_1$$

$$\Delta U = W \rightarrow 2U_1 = W \rightarrow 2 \times \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = W$$

$$\rightarrow q^2 = CW = 4 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-2} = 36 \times 10^{-8} \rightarrow q = 6 \times 10^{-4}C = 600\mu C$$

۴۷- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



درستی گزینه ی «۱»: در حضور میدان الکتریکی، سر مثبت و منفی به طرف صفحه های مخالف خود قرار می گیرند.

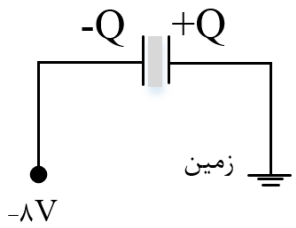
درستی گزینه ی «۲»: دی الکتریک ها ممکن است قطبی (آب، NH_3 ، HCI) یا غیر قطبی باشند.

نادرستی گزینه ی «۳» : خازنی که بار Q دارد، بار در یک صفحه Q+ و در یک صفحه ی دیگر Q- است.

درستی گزینه ی ۴»: ولتاژ تأثیری بر ظرفیت خازن ندارد

$$\frac{C_2}{C_1}=\frac{\left(\frac{k\varepsilon.A}{d}\right)_2}{\left(\frac{k\varepsilon.A}{d}\right)_1}=\frac{d_1}{d_2}=\frac{1}{4}$$

۴۸- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا بار خازن برابر است با:



با برداشتن دی الکتریک ظرفیت خازن $\frac{1}{K}$ برابر می شود:

$$C_2=\frac{1}{K}C_1=\frac{3}{4}\times 12\mu F=9\mu F$$

پس بار نهایی خازن برابر می شود با:

$$Q_2=C_2\Delta V=9\mu F\times 8=72\mu C$$

اندازه تغییرات بار خازن برابر می شود با:

$$|\Delta Q|=96-72\mu C=24\mu C$$

$$|\Delta Q| = ne \rightarrow 24 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \rightarrow \frac{24}{1/6} \times 10^{13} = 15 \times 10^{13}$$

بار روی صفحات خازن گم شده پس صفحه $\oplus$ خازن از زمین الکترون گرفت و صفحه منفی خازن به منبع 8V- الکترون داده است.

۴۹- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

ابتدا نسبت ظرفیت خازن ها را به دست می آوریم: $(C = \frac{Q}{V})$

$$\frac{C_A}{C_B} = \left(\frac{q_A}{q_B}\right)\left(\frac{V_B}{V_A}\right) = \left(\frac{200}{80}\right)(1) = \frac{5}{2} = 2/5$$

سپس نسبت فاصله صفحه های خازن ها را حساب می کنیم: $C = k\varepsilon.\frac{A}{d}$

$$\frac{C_A}{C_B} = \left(\frac{k_A}{k_B}\right)\left(\frac{A_B}{A_A}\right)\left(\frac{d_B}{d_A}\right) \xrightarrow{k_A=k_B \ , \ A_A=A_B} 2/5 = \frac{d_B}{d_A}$$

۵۰- گزینه ۴

با توجه به رابطهٔ $C = K\varepsilon_0 \frac{A}{d}$، نسبت $\frac{k}{d}$ را برای هر یک حساب می‌کنیم. در هر کدام این نسبت بزرگ‌تر باشد، ظرفیت خازن بیش‌تر است.

شیشه: $\frac{k}{d_{ش}} = \frac{۵}{۰/۶} \cong ۸/۲$

پلاستیک: $\frac{k}{d_{پ}} = ۸$

میکا: $\frac{k}{d_{م}} = \frac{۷}{۰/۵} = ۱۴$

کاغذ پارافین: $\frac{k}{d_{پا}} = \frac{۳}{۰/۲} = ۱۵$

۵۱-

$$Q = cv = \frac{۴}{۱۰} = ۱۰۰\mu C$$

$$C' = KC = ۴ \times ۵ = ۲۰\mu F \ , \ Q' = Q = ۱۰۰\mu C$$

$$U' = \frac{۱}{۲}\frac{Q'^{۲}}{C} = \frac{۱۰^{-۸}}{۲ \times ۲۰ \times ۱۰^{-۶}} = ۰/۲۵ \times ۱۰^{-۳} J$$

$$\overline{P} = \frac{U'}{\Delta t} = \frac{۲۵ \times ۱۰^{-۵} J}{۵ \times ۱۰^{-۴}} = ۰/۵ w$$

۵۲-گزینه ۳

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1}=\frac{A_1}{A_2}\Rightarrow\frac{\sigma_2}{\sigma_1}=\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{r_2=0/8\,r_1} \frac{\sigma_2}{32}=\left(\frac{r_1}{0/8r_1}\right)^2$$

$$\Rightarrow\frac{\sigma_2}{32}=\frac{1}{0/64}\Rightarrow\frac{\sigma_2}{32}=\frac{100}{64}$$

$$\sigma_2=50\ \frac{\mu C}{m^2}$$

۵۳- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به $Q=4\times10^{-6}C$ و $V=2V$ ظرفیت خازن را به دست می آوریم:

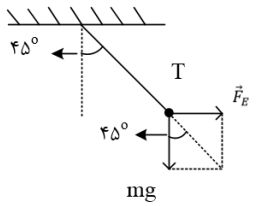
$$C=\frac{Q}{V}\rightarrow C=\frac{4\times10^{-6}}{2}=2\times10^{-6}F=2\mu F$$

حال بیشینه ولتاژ قابل تحمل خازن را به دست می آوریم.

$$C=\frac{Q_{max}}{V_{max}}\rightarrow 2\mu F=\frac{50\mu F}{V_{max}}\rightarrow V_{max}=25V$$

$$E_{max}=\frac{V_{max}}{d}\rightarrow E_{max}=\frac{25V}{2mm}=12/5\ \frac{V}{mm}$$

۵۴- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. مطابق شکل زیر نیروهای وارد شده به آونگ مورد نظر را رسم می کنیم. با توجه به این که آونگ در حال تعادل است، باید برایند نیروهای F_E و mg در راستای نیروی کشش نخ قرار بگیرد. بدین ترتیب داریم:



$$tg\ 45^\circ=\frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}}=\frac{F_E}{mg}=\frac{E_q}{mg}\xrightarrow{tg45^\circ=1}$$

$$1=\frac{E\times6\times10^{-6}}{2\times10^3\times10^{-3}\times10}\rightarrow E=\frac{10}{3}\frac{N}{C}$$

حالا به کمک بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه ی خازن، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه را به دست می آوریم:

$$E=\frac{|\Delta V|}{d}\rightarrow|\Delta V|=E(d)=\frac{10}{3}\times\frac{3}{10}=1V$$

و در نهایت، انرژی ذخیره شده در خازن به صورت زیر به دست می آید:

$$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}(6)(1)^2 = 3\mu J$$

۵۵- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. اگر ابعاد صفحات خازن در حالت اولیه را در نظر بگیریم، زمانی که ٪۲۰ افزایش می یابد، ابعاد آن ۱/۲a خواهد شد، بنابر این مساحت صفحات خازن $1/44a^2$ خواهد شد.

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{1/44a^2}{a^2} = 1/44$$

حال محاسبه می کنیم ظرفیت خازن با این تغییرات چند برابر خواهد شد:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} = \frac{2}{1} \times 1/44 \times \frac{1}{4} = 0/72$$

می دانیم زمانی که اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت باشد، انرژی ذخیره شده در آن با ظرفیت خازن رابطه ی مستقیم دارد. در نتیجه:

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = 0/72 \rightarrow \%28 \text{ کاهش یافته}$$

حال با استفاده از رابطه ی $Q = CV$ می توانیم درصد تغییرات بار الکتریکی ذخیره شده در خازن را به دست بیاوریم:

$$Q = CV \rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{C_2}{C_1} \rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{0}{72} \rightarrow \%28 \quad \text{کاهش یافته}$$

۵۶- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. در حالت اول، V ثابت بوده و فاصله دو صفحه را $\frac{4}{5}$ حالت اول نموده ایم، پس ظرفیت خازن، $\frac{5}{4}$ حالت اول شده و طبق رابطهٔ $U = \frac{1}{2}CV^2$ می توان گفت: $U_2 = \frac{5}{4}U_1$ در حالت دوم، Q ثابت بوده و فاصله دو صفحه از d به $\frac{4}{5}d$ اولیه رسیده است یعنی فاصله صفحه $\frac{5}{4}$ برابر شده، پس ظرفیت خازن $\frac{5}{4}$ برابر شده است بنابراین طبق رابطهٔ $U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ می توان گفت: $U_3 = \frac{5}{4}U_2$، در نتیجه:

$$U_3 = \frac{5}{4}\left(\frac{5}{4}U_1\right) \rightarrow U_3 = \frac{25}{16}U_1 \rightarrow \frac{U_3}{U_1} = \frac{25}{16}$$

۵۷- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. انرژی ذخیره شده در خازن به اندازه ی ۸ ژول افزایش می یابد، بنابراین:

$$U_2 = U_1 + 8 \rightarrow U_2 - U_1 = 8J \rightarrow \frac{1}{2}\frac{Q_2^2}{C} - \frac{1}{2}\frac{Q_2^1}{C} = 8 \rightarrow \frac{1}{2}\frac{(q + 3 \times 10^{-3})^2}{12 \times 10^{-6}} - \frac{1}{2}\frac{q^2}{12 \times 10^{-6}} = 8$$

$$\rightarrow (q^2 + 9 \times 10^{-6} + 6 \times 10^{-3} \times q) - q^2 = 192 \times 10^{-6} \rightarrow 6 \times 10^{-3} \times q = 183 \times 10^{-6}$$

$$\rightarrow q = \frac{183 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-3}} = 30/5 \times 10^{-3} C$$

۵۸- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. خازن موردنظر را از مولد جدا کرده ایم و بار ذخیره شده در آن ثابت می ماند. الف) اگر مساحت مشترک صفحات خازن را دو برابر کنیم، ظرفیت خازن نیز دو برابر می شود و طبق رابطه ی $U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ با دو برابر شدن C ، انرژی ذخیره شده در خازن، نصف می شود و الف نادرست است.

ب) با نصف شدن فاصله ی صفحات، ظرفیت خازن دو برابر می شود و طبق رابطه ی $V = \frac{Q}{C}$ اختلاف پتانسیل دو سر خازن، نصف خواهد شد و ب نیز نادرست است.

ج) با سه برابر شدن فاصله ی صفحات خازن، ظرفیت خازن تر برابر می شود و طبق رابطه ی $V = \frac{Q}{C}$ ، اختلاف پتانسیل دو سر خازن سه برابر می شود و طبق رابطه ی $E = \frac{V}{d}$ ، چون هم V و هم d سه برابر شده اند، E ثابت می ماند و ج نیز نادرست است.

۵۹- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به این که خازن موردنظر از مولد جدا شده است، بار الکتریکی ذخیره شده در آن ثابت است و طبق رابطه ی $U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ ، انرژی ذخیره شده در خازن با ظرفیت خازن رابطه ی عکس دارد. از طرف دیگر با توجه به اعداد مطرح شده در گزینه ها فاصله ی صفحات کاهش یافته و در نتیجه انرژی خازن کم می شود و داریم:

$$U_2 - U_1 - 6 = 12 - 6 = 6\mu J$$

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \xrightarrow{Q \text{ ثابت}} \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} \rightarrow \frac{6}{12} = \frac{C_1}{C_2} \rightarrow C_2 = 2C_1$$

$$C = \frac{K\varepsilon . A}{d} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{C_2 = 2C_1} 2 = \frac{d_1}{d_2} \rightarrow d_2 = \frac{1}{2} d_1$$

۶۰- گزینه ی ۱ پاسخ صحیح است.

$$U' = 25U \rightarrow \frac{1}{2}\frac{Q'^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \times 25$$

$$\rightarrow Q'^2 = 25Q^2 \rightarrow Q' = 5Q$$

$$\rightarrow Q + 20\mu C = 5Q \rightarrow Q = 5\mu C$$

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \times \frac{25}{10} = 1/25\mu J$$

$$\Delta U = U' - U = 25U - U = 24U = 24 \times 1/25 = 30\mu J$$

۶۱- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$q_2 = q_1 + \frac{1}{5} q_1 = \frac{6}{5} q_1$$

$$\Delta U = \frac{1}{2C}\left(q_2^2 - q_1^2\right) \rightarrow 16 = \frac{1}{2 \times 22}\left(\frac{36}{25} q_1^2 - q_1^2\right) \rightarrow q_1 = 40\mu C$$