



الکتریسیته ساکن

مهندس مهدی باباخانی

سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲

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 فیلم‌ها برای سایرین شرعا و اخلاقا حرام است

جهت تهیه فیلم‌ها 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 بودند که 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 ذرات، 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

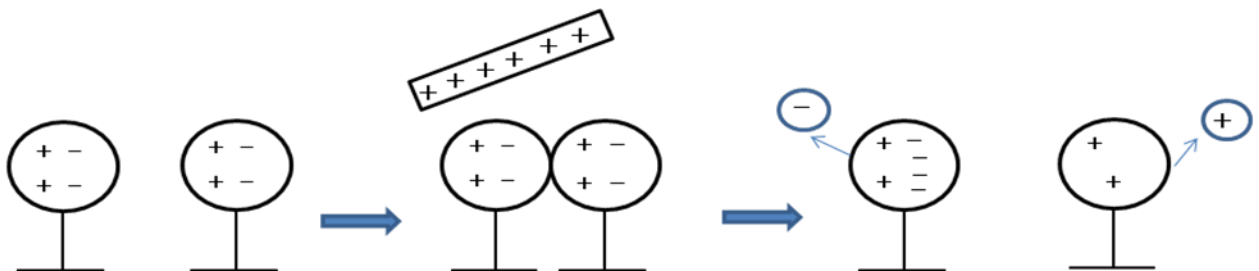
بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود و فقط از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. به این اصل، پایستگی بار الکتریکی گفته می‌شود.

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 اصطلاحاً می‌گوییم 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 می‌مالیم و مالش می‌دهیم الکترون از یکی به دیگری منتقل می‌شود.

روش تماس: وقتی جسم رسانا باردار را با جسمی 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 بار مثبت و کدام یک دارای بار منفی هستند باید به جدول (تریبو الکتریک) نگاه کنیم هر کدام از دو ماده که در جدول بالاتر از دیگری باشد دارای بار مثبت می شود و هر کدام که پایین تر باشد دارای بار منفی می شود.

مثلاً هنگامی که شیشه را با موی گربه مالش می دهیم در این صورت شیشه دارای بار مثبت و موی گربه دارای بار منفی می شود اما 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- آلومینیوم
- و ...

انتهای منفی سری

نکات محاسبه اندازه بار الکتریکی و خاصیت کوانتومی بودن بار

کوانتوم یعنی گسسته بودن به زبان ساده بعضی مواد رو همیشه 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 همیشه 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 تجربیهایی مانند مالش اجسام به یکدیگر، الکترونها تولید میشوند و یا از بین نمیروند، بلکه صرفاً از جسمی به جسم دیگر منتقل میشوند اندازه بار منفی الکترون دقیقاً برابر با اندازه بار مثبت پروتون است. این مقدار را بار بنیادی برابرست با $e = 1.6 \times 10^{-19}$

تعریف بار برهم خوردن تساوی تعداد الکترونها و پروتونها

مالش
تماس
القا

روشهای باردار کردن اجسام

بار الکتریکی

شیشه و ابریشم ← شیشه+ و ابریشم-

پلاستیک و پشم ← پلاستیک- و پشم+

نوع بار در مالش

$$q = \pm ne$$

مقدار بار

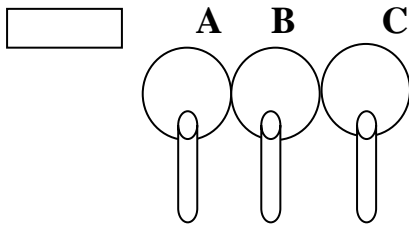


تست: یک خط کش پلاستیکی را با موی انسان مالش می دهیم به طوریکه در هر سانتی متر از این خط کش ۸ سانتیمتری تعداد 10^{10} الکترون جا به جا می شود، بار الکتریکی خط کش چند کولن می شود؟

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

تست: میله ای شیشه ای را با پارچه ابریشمی مالش داده و در کنار کره A قرار می دهیم بار کره های A, B, C به ترتیب از راست به چپ کدامست؟ (کره ها رسانا هستند)

(۱) مثبت منفی منفی (۲) مثبت صفر مثبت
(۳) منفی صفر مثبت (۴) مثبت صفر منفی



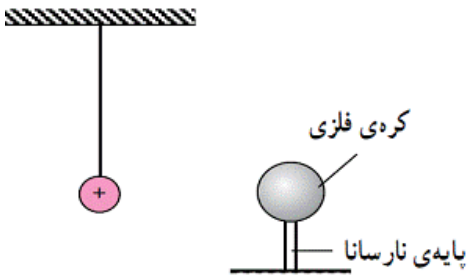
تست: سه جسم A, B, C را دو به دو به هم نزدیک می کنیم، وقتی A را به B نزدیک می کنیم همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می کنند، و اگر B و C را به هم نزدیک کنیم همدیگر را دفع می کنند، کدام یک از گزینه ها می تواند صحیح باشد؟

- (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.

بارهای ناهمنام }
جاذبه }
یکی باردار یکی خنثی } **نکته:**
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) 32×10^{-20}
- (۲) 52×10^{-20}
- (۳) 50×10^{-20}
- (۴) هر سه گزینه می‌تواند بار یک جسم باشد.

تست: بار الکتریکی اتم $^{12}_6C$ و هسته اتم 4_2He به ترتیب از راست به چپ بر حسب کولن برابرست با....

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



الکتروسکوپ

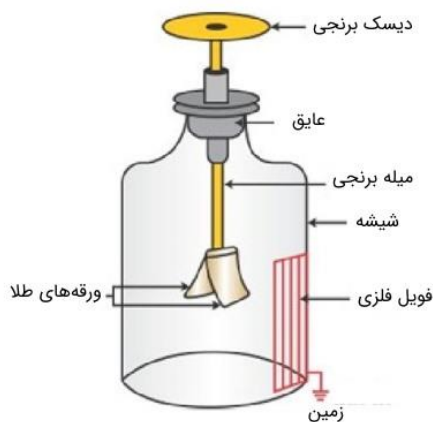
الکتروسکوپ وسیله ای است که معمولاً دارای دو ورقه ی نازک طلا است که روی یک تیغه فلزی قرار دارد و تیغه فلزی به یک کلاهک رسانا متصل شده است که تیغه ی فلزی و ورقه ها در یک قاب عایق دارند از الکتروسکوپ برای تشخیص وجود یا عدم وجود بار الکتریکی و تعیین نوع بار الکتریکی تعیین رسانا یا نارسانا بودن اجسام و مقایسه مقدار بار الکتریکی 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 بار الکتریکی باشد و نوع بار آن برای ما معلوم باشد و جسمی با بار نامشخص داشته باشیم 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.

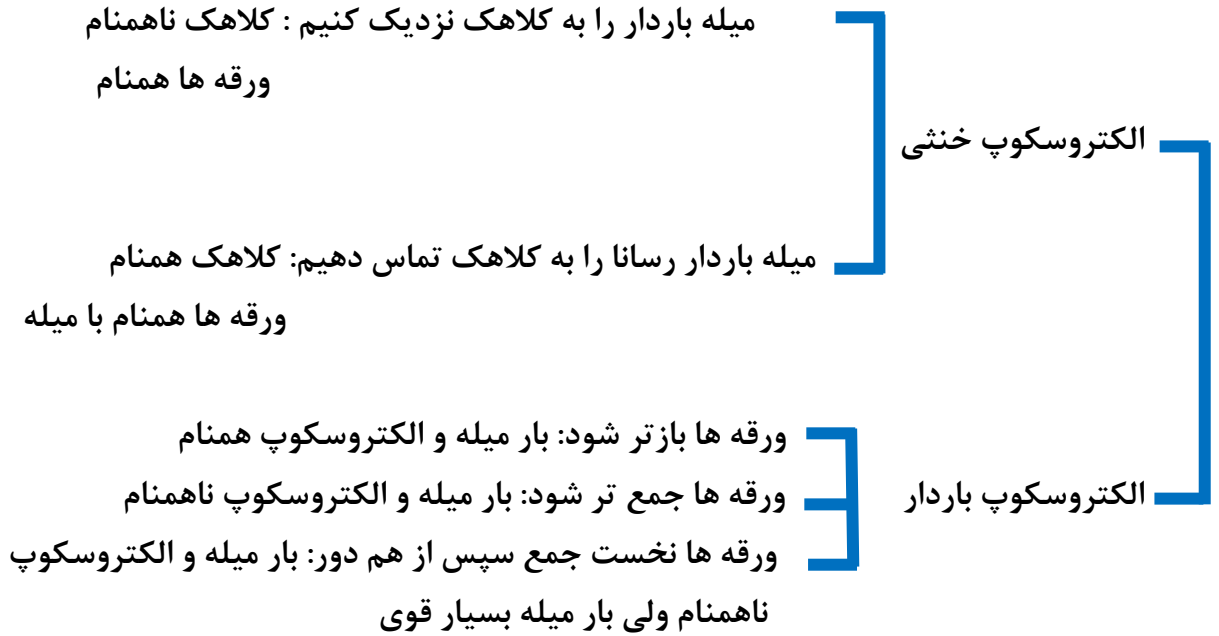
همچنین اگر دو جسم باردار داشته باشیم و بخواهیم تعیین کنیم مقدار بار کدام یک بیشتر است میتوانیم برای این منظور هر یک از اجسام را جداگانه به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک می کنیم و میزان انحراف ورقه ها را اندازه بگیریم. در جسمی که میزان انحراف بیشتر باشد، مقدار بار الکتریکی نیز بیشتر است.

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، بار الکتریکی 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 حالت‌ها را حفظ نماییم



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

- | | |
|-----------------|-----------------|
| (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 ورقه‌ها ..

- | | |
|-----------------|-----------------|
| (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

نیروی 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، به صورت زیر بیان کرد:

بزرگی نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی بین دو ذره با بارهای q_1 و q_2 که در فاصله r از یکدیگر قرار دارند، با حاصل ضرب اندازه بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله دو ذره 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 ذره برحسب کولن r ، فاصله بین دو ذره برحسب متر و F بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره برحسب نیوتون است.

نکته: اگر فاصله برحسب سانتی و بار برحسب میکرو کولن باشد بدون هیچگونه تبدیل واحدی میتوانیم از

$$\text{فرمول } F = 90 \frac{q_1 q_2}{R^2} \text{ استفاده کنیم}$$

$$F = K \frac{q_1 q_2}{R^2} \text{ (SI) فرمول اصلی}$$

قانون کولن

$$F = 90 \frac{q_1 q_2}{R^2} \text{ تستی (فاصله سانتی و بار میکرو) بدون تبدیل واحد}$$



تست: دو بار کولن $q_1 = -50 \times 10^{-20}$ و کولن $q_2 = +4 \times 10^{-6}$ در فاصله ۳ سانتیمتری از هم چند نیوتن و چگونه بر هم نیرو وارد می کنند؟

(۱) $200 \times 10^{+13}$ جاذبه

(۲) 200×10^{-9} دافعه

(۳) 200×10^{-13} جاذبه

(۴) هیچکدام سوال غلط است.

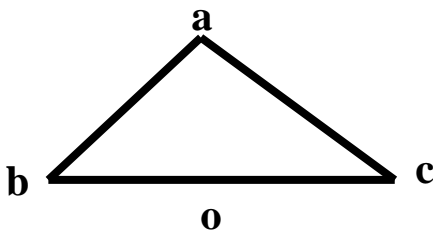
تست: با توجه به شکل مقابل اگر بار q_0 برابر مثبت یک میکروکولن باشد و در وسط خط واصل بین دو بار q_b و q_c باشد بردار نیروهای وارد بر q_0 بر حسب بردارهای یکه i و j کدامست؟
 ($c = b = 30$ و زاویه $ab = 4\text{cm}$, $q_a = +4\mu\text{C}$, $q_c = -6\mu\text{C}$, $q_b = +6\mu\text{C}$)

(۲) $90i + 90j$

(۱) $90i - 90j$

(۴) $45i - 45j$

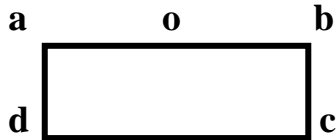
(۳) $90i - 45j$



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_a باشد بردار برآیند نیروهای وارد بر q_0 چند نیوتن است؟

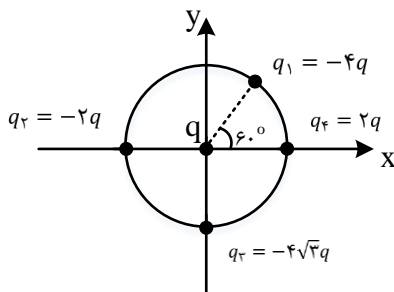
($ad = 3\text{cm}, ab = 8\text{cm}, q_a = +3\mu\text{C}, q_d = -5\mu\text{C}, q_b = +3\mu\text{C}$)

۱) 28/8 ۲) 21/6 ۳) $18\sqrt{2}$ ۴) 18



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

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

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

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

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

$$\rightarrow \vec{F}_x = ((40\cos 60) - 20 - 20)\vec{i} = (20 - 40)\vec{i} = (-20)\vec{i}\text{N}$$

$$\vec{F}_y = \vec{F}_{1y} - \vec{F}_3 = ((40\cos 60) - 40\sqrt{3})\vec{j}$$

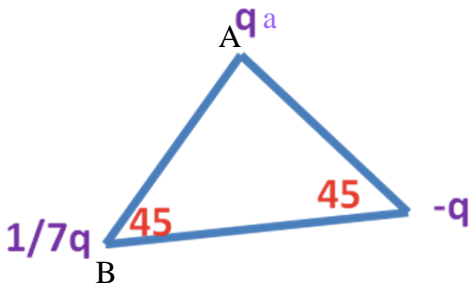
$$= (20\sqrt{3} - 40\sqrt{3})\vec{j} = (-20\sqrt{3})\vec{j}\text{N}$$

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



تست: در شکل زیر مثلث قائم الزاویه و متساوی الساقین است، زاویه بین برایندهای نیروهای وارد بر بار q_a و q با امتداد پاره خط BA چند درجه است؟

- ۳۰ (۱) ۳۷ (۲) ۴۵ (۳) ۶۰ (۴)



تست: دو ذره بار دار q در فاصله r از هم برهم نیروی F وارد می کنند چند درصد از یکی را برداشته و به دیگری اضافه کنیم تا نیروی بین آنها در همان فاصله $\frac{15}{16}$ برابر شود؟

- ۳۰ (۱) ۲۵ (۲) ۷۰ (۳) ۱۰ (۴)



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) $\frac{1}{12}$

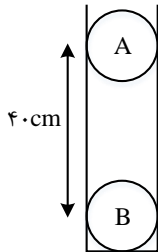
(مطالعه نیمه آزاد)

تست: دو کره فلزی غیر مشابه A و B 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 در 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 $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)
 ۲ (۱) ۰/۵ (۲) ۰/۶ (۳) ۰ (۴) اصطکاک ندارد



$$W = mg = 0.05 \times 10 = 0.5 N$$

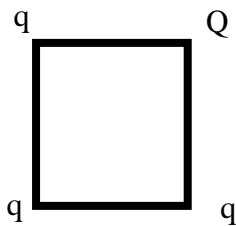
$$F = k \frac{|q_A||q_B|}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 4 \times 10^{-12}}{(0.04)^2} = 0.45 N$$

$$F_{\text{برایند A}} = 0 \rightarrow f_s = mg - F = 0.5 - 0.45 = 0.05 N$$

تست: در شکل زیر باری که در راس A موجود است در حالت **تعادل** می باشد، در این صورت نسبت Q به q تقریبا برابرست با.....

- ۱/۴ (۱) ۲/۸ (۲) -۱/۴ (۳) -۲/۸ (۴)

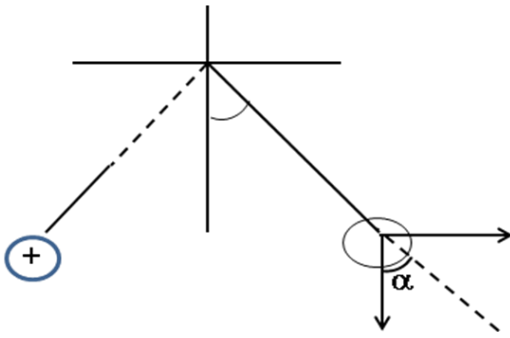


پاسخ: برایند q بر qها باید با نیروی q بر Q برابرشود پس مختلف علامت هستند

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

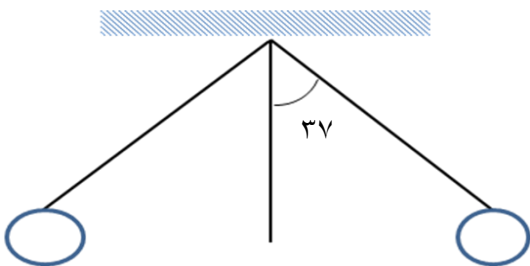


قانون کولن و تعادل در آونگ ها:



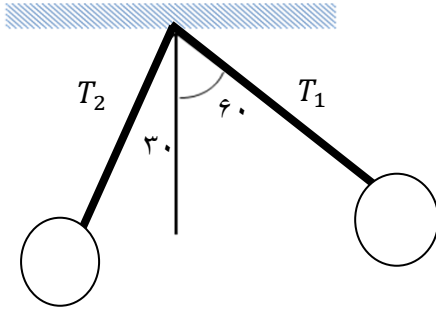
تست: در شکل مقابل دو گلوله مشابه با بارهای مساوی q بر هم نیروی دافعه وارد می کنند و زاویه انحراف آن ها با راستای قائم 37° درجه است اگر طول آونگ ها برابر با 10cm باشد و جرم هر گلوله 2gr باشد کشش نخ سبک چند نیوتن است؟

- (۱) 0.025 (۲) 0.033 (۳) 0.5 (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 تقریباً چند برابر T_2 است؟ (نخ ها عایق و با جرم ناچیز)

- (۱) ۰/۵
 (۲) ۲
 (۳) ۱/۷
 (۴) $\frac{\sqrt{3}}{3}$



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، برآیند 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 می‌گذرد و با آن خط میدان هم‌جهت است. در واقع میدان در هر نقطه، برداری است مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن خط 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 نمی‌کنند؛ یعنی از هر نقطه فقط یک خط میدان می‌گذرد
تعریف کمی نیرویی که بر واحد آزمون بار مثبت وارد می‌شود.

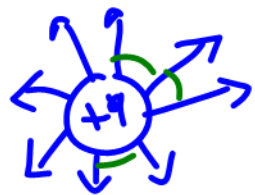
$$\frac{F}{q} = E$$

تعریف کیفی خاصیتی که در فضای اطراف هر بار الکتریکی وجود دارد.

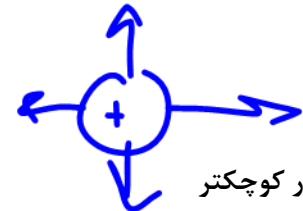
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

میدان

$$E = \frac{v}{d} \quad E = \frac{F}{q} \quad E = \frac{kq}{r^2}$$



شدت : هر جا که خطوط میدان به هم نزدیکتر باشند میدان قوی تر است.



کجا برآیند میدان صفر می‌شود: $E_1 = E_2$

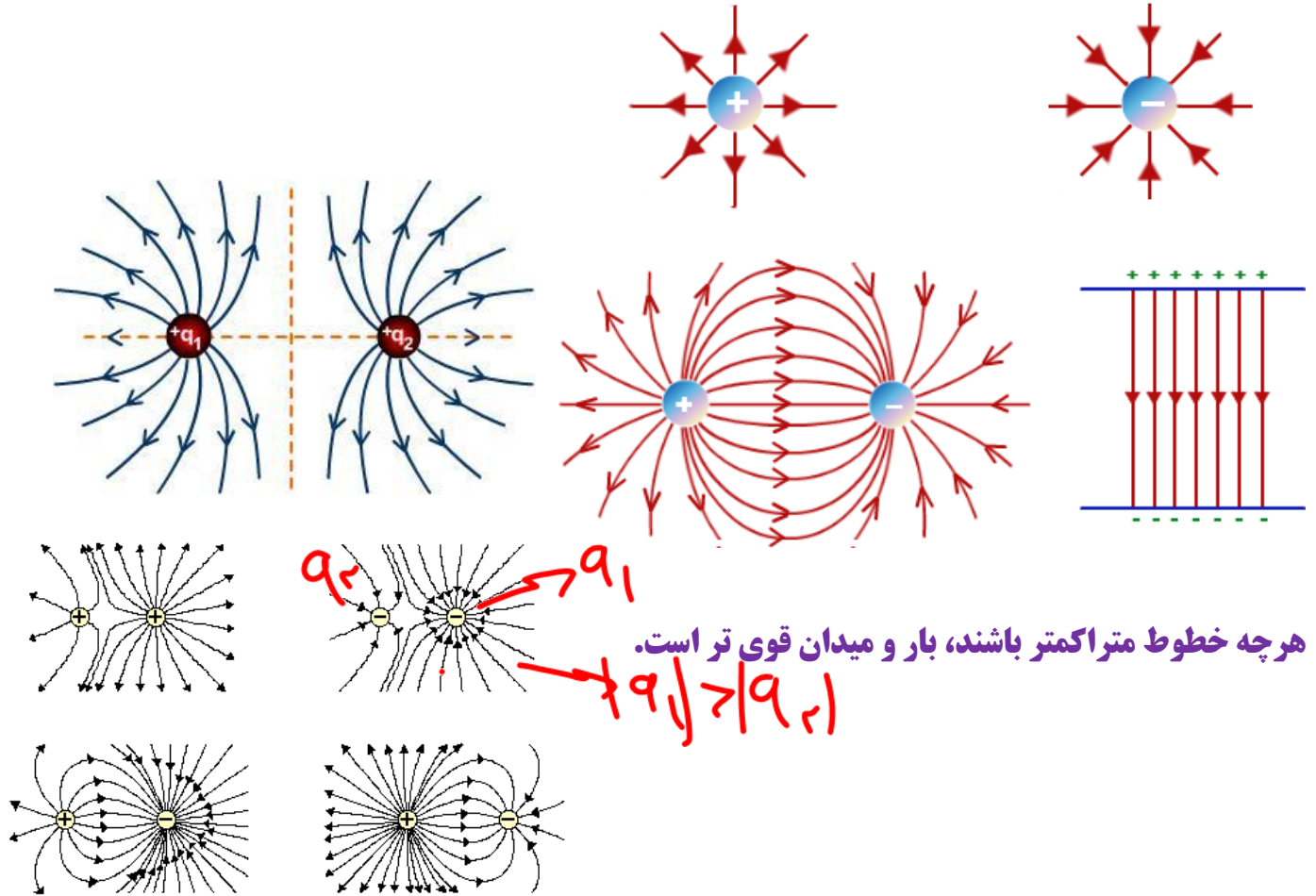
بارها هم علامت : داخل و نزدیک به بار کوچکتر

بارها مختلف علامت : خارج و نزدیک به بار کوچکتر



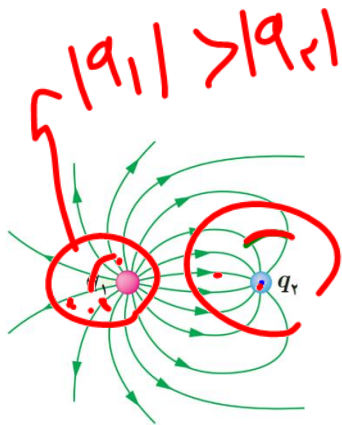
جهت خطوط میدان الکتریکی

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



هر چه خطوط تراکمتر باشند، بار و میدان قوی تر است.

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



$q_1 \rightarrow +$
 $q_2 \rightarrow -$

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

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

Handwritten solution for the test above:

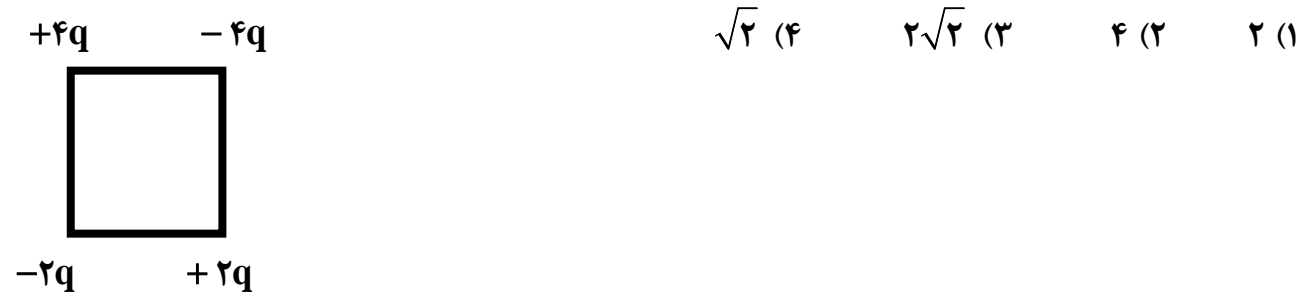
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{kq}{r_1^2} = \frac{kq}{r_2^2} \Rightarrow \frac{36 \times 10^5}{16 \times 10^5} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{9}{4} = \left(\frac{d}{d+10}\right)^2$$

$$\frac{3}{2} = \frac{d}{d+10} \Rightarrow 3(d+10) = 2d \Rightarrow 3d + 30 = 2d \Rightarrow d = -30$$

(Note: The handwritten work shows a sign error in the final step, resulting in $d = -30$ instead of $d = 20$.)

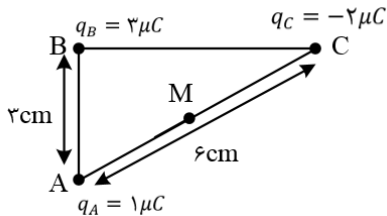
Other handwritten notes include: $q = \frac{E_1 r_1^2}{k} = \frac{36 \times 10^5 \times (0.2)^2}{9 \times 10^9} = 16 \times 10^{-6} C = 16 \mu C$

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

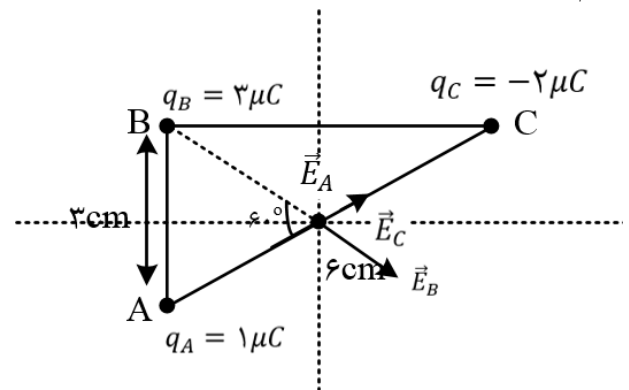


تست: در شکل زیر، اندازه ی برآیند میدان های الکتریکی سه بار نقطه ای، در نقطه ی M وسط ضلع AC از مثلث قائم الزاویه ی ABC چند نیوتن بر کولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$) (آزمون کانون)

- (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 $90^\circ - 60^\circ - 30^\circ$ 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}_C و \vec{E}_A 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_B و E' در راستای محور x و y، میدان برآیند را محاسبه می کنیم:

$$\text{در راستای } x: E' \cos 30 + E_B \cos 30$$

$$\text{در راستای } y: E' \sin 30 - E_B \sin 30 = 0$$

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

$$E_T = 2E_B \cos 30$$

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



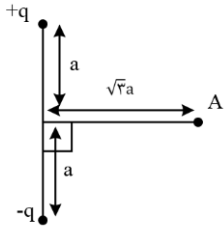
تست: در شکل مقابل، اندازه ی برآیند میدان های الکتریکی حاصل از دو قطبی الکتریکی در نقطه ی A برابر کدام است؟ (مشابه کنکور سراسری)

$\frac{1}{16\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$ (۴)

$\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$ (۳)

$\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$ (۲)

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$ (۱)



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، برآیند 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: $E_2 \sin \alpha - E_1 \sin \alpha = 0$

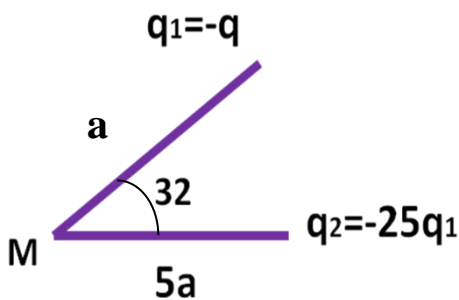
در راستای y: $-E_2 \cos \alpha - E_1 \cos \alpha = -E_T$

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

$\xrightarrow{k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}} E_T = \frac{q}{16\pi\epsilon_0 a^2}$

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

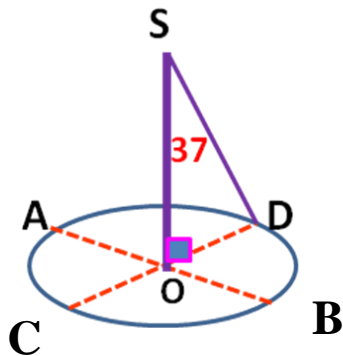
- (۱) $1/4E$ (۲) $1/18E$ (۳) $5/6E$ (۴) $2/8E$



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 و B و C و D قرار می دهیم، اگر میدان الکتریکی هریک از بارها در نقطه O برابر 50000 واحد SI باشد، برآیند میدان الکتریکی در نقطه S چند SI است؟

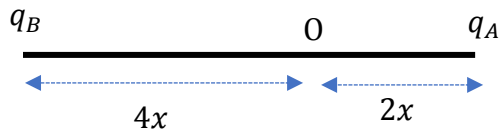
(۱) 80000 (۲) 200000

(۳) 64000 (۴) 57600



تست: مطابق شکل زیر دو بار الکتریکی در فاصله ی $6x$ از یکدیگر قرار گرفته اند و میدان الکتریکی برابند در نقطه ی O برابر \vec{E} است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی برابند 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



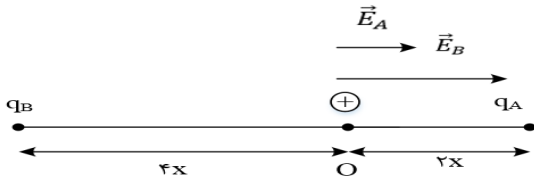
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی باقی مانده در نقطه ی O تنها میدان الکتریکی q_A است، بنابراین می توانیم نتیجه بگیریم که E_A برابر $\frac{1}{3}E$ است و داریم:

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

با توجه به مقادیر به دست آمده برای \vec{E}_B و \vec{E}_A 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. بنابراین 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. بنابراین بارهای q_B و q_A ناهمنام هستند و داریم:



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



کجا برآیند میدان الکتریکی ناشی از دو بار صفر می شود؟

اگر بارها هم علامت باشند ، میدان جایی داخل و نزدیک به بار کوچکتر می تواند صفر شود.
اگر بارها مختلف علامت باشند میدان جایی خارج و نزدیک به بار کوچکتر می تواند صفر شود.

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

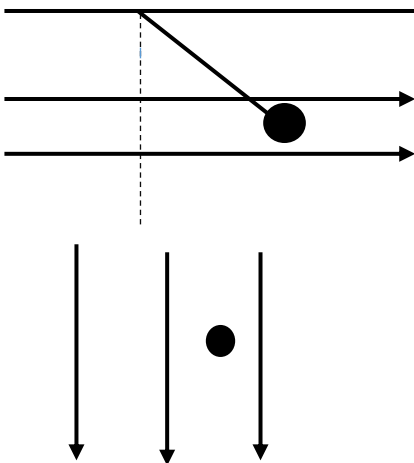
تست: دو بار +۴۵ و +۵ میکروکولونی در فاصله ۲۰ سانتیمتری از هم قرار دارند، در چه فاصله ای از بار ۵ میکروکولونی برآیند میدان الکتریکی صفر می شود؟

- ۵ (۱) ۱۵ (۲) ۱۰ (۳) ۱۴ (۴)

تست: دو بار -۴۵ و +۵ میکروکولونی در فاصله ۲۰ سانتیمتری از هم قرار دارند، در چه فاصله ای از بار ۵ میکروکولونی برآیند میدان الکتریکی صفر می شود؟

- ۵ (۱) ۱۵ (۲) ۱۰ (۳) ۱۴ (۴)

نکات تکمیلی میدان الکتریکی:



$$T \sin \theta = Eq$$

$$T \cos \theta = Mg$$

$$\tan \theta = \frac{Eq}{mg}$$

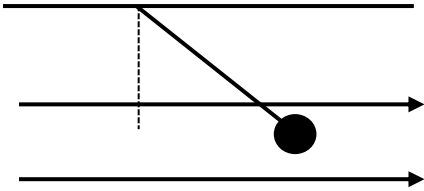
$$\sum F = \sum ma$$

$$\pm mg \pm Eq = ma$$

بار در میدان



تست: یک ذره که دارای بار الکتریکی کولن 20×10^{-15} و جرم 0.1×10^{-5} گرم است به انتهای طناب سبکی آویخته شده در میدان الکتریکی یکنواخت 5×10^5 بین دو صفحه افقی قرار گرفته است به ترتیب از راست به چپ نوع بار + است یا - ؟ آونگ چند درجه نسبت به حالت قائم منحرف می گردد؟ کشش طناب چه قدر است؟



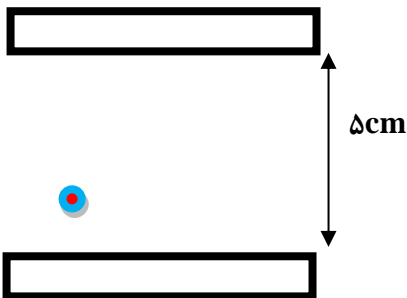
(۱) + و ۴۵ درجه و $\frac{1}{7} \times 10^{-7}$

(۲) - و ۴۵ درجه و 10^{-7}

(۳) + و ۳۷ درجه و $\frac{1}{7} \times 10^{-7}$

(۴) + و ۳۰ درجه و $\frac{1}{7} \times 10^{-7}$

تست: یک ذره که دارای بار الکتریکی 1×10^{-15} کولن و جرم 10^{-8} گرم است در میدان الکتریکی یکنواخت $\frac{1}{2} \times 10^5 \frac{N}{C}$ بین دو صفحه افقی قرار گرفته است. اگر ذره در ابتدا ساکن و به فاصله 1 cm از صفحه پایینی قرار داشته باشد، به ترتیب از راست به چپ در چه مدتی و با چه سرعتی به صفحه بالایی می رسد؟ (فاصله دو صفحه از هم ۵ سانتیمتر است و بار صفحه بالا منفی و بار صفحه پایین مثبت است.)



(۱) $0.2 - 0.4$

(۲) $0.2 - 0.4$

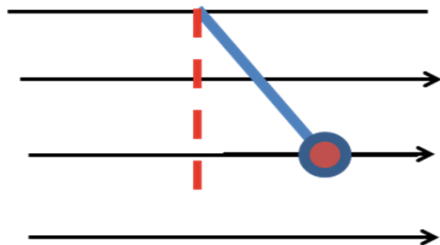
(۳) $0.1 - 0.2$

(۴) $0.1 - 0.2$



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 تقریباً چه قدر می شود؟ (فرض کنید در دو ثانیه اول شتاب تقریباً ثابت باشد.)

- ۲۰ (۱) ۴۰ (۲) ۱۰ (۳) ۵۰ (۴)



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 در نظر بگیرید که روی پایه نارسنایی قرار دارد و روی درپوش آن دسته ای عایق نصب شده است. ابتدا ظرف بدون بار است. یک گوی فلزی را از نخ عایق آویزان است باردار و سپس وارد ظرف می‌کنیم آنگاه درپوش فلزی را می‌بندیم. اکنون گوی را با کف ظرف تماس می‌دهیم سپس درپوش فلزی را بادرسته عایقش برمی‌داریم و پس از خارج کردن گوی فلزی از ظرف، آن را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود عقربه الکتروسکوپ تکان نمی‌خورد از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که بار اضافی یک رسانای منزوی روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود. به عبارتی، وقتی گوی با کف ظرف تماس پیدا می‌کند مجموعه گوی و ظرف، رسانایی را تشکیل می‌دهند که در سطح خارجی این جسم رسانای مرکب بار مشابه توزیع می‌شود.

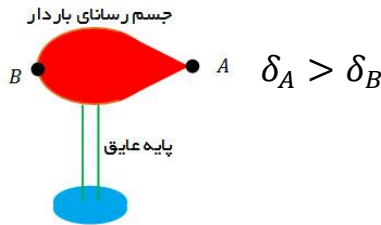
رسانای منزوی و خنثی در میدان الکتریکی خارجی: اگر یک رسانای خنثی منزوی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار داده شود الکترون های آزاد رسانا طوری روی سطح خارجی آن توزیع می‌شوند که اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کنند و میدان خالص درون رسانا صفر می‌شود.

نتیجه نهایی اینکه: در هر دو مورد الف و ب میدان الکتریکی داخل رسانا پس از مدتی برابر صفر می‌شود؛ زیرا در غیراین صورت، این میدان باید نیروهایی بر الکترون های آزاد داخل رسانا وارد کند و در نتیجه جریانی در داخل رسانا ایجاد شود یعنی بارها از جایی به جای 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 الکتروستاتیکی 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.



فرمول چگالی

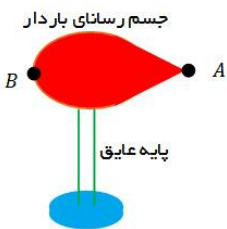
$$\delta = \frac{q}{A}$$

فرمول مقایسه چگالی

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

چگالی

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

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

که در این فرمول، E میدان q بار الکتریکی d جابه‌جایی و α 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 نقطه‌های دیگر جابه‌جا شود در حین این حرکت نیروی خارجی، کار خارجی W را روی بار انجام میدهد، در صورتیکه سرعت ذره ابتدا و انتها یکسان باشد برای محاسبه این کار کافیه 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 مثلاً 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 مثال‌های 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 کافیه 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 ذره 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 دو نقطه ای می‌گوئیم که ذره میان آنها جابه‌جا شده است و آن را با ΔV نمایش می‌دهیم:

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

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



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

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

$$\Delta U = -W_{\text{میدان}}$$

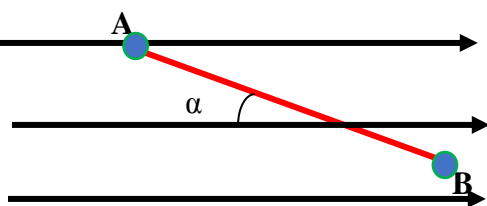
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$

خلاصه نکات

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

و اختلاف پتانسیل بین A و B برابرست با.....

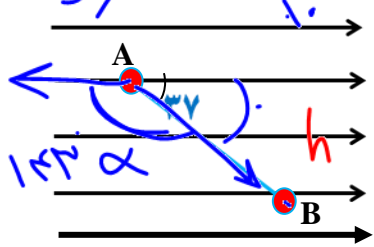
$W_E = -512 \times 10^{-4}$	$W_{\text{خارجی}} = +512 \times 10^{-4}$	$\Delta U = +512 \times 10^{-4}$	$\Delta V = -25.6 \times 10^5$
$W_E = +512 \times 10^{-4}$	$W_{\text{خارجی}} = -512 \times 10^{-4}$	$\Delta U = -512 \times 10^{-4}$	$\Delta V = +25.6 \times 10^5$
$W_E = +512 \times 10^{-4}$	$W_{\text{خارجی}} = +512 \times 10^{-4}$	$\Delta U = +512 \times 10^{-4}$	$\Delta V = -29.6 \times 10^5$
$W_E = -512 \times 10^{-4}$	$W_{\text{خارجی}} = +512 \times 10^{-4}$	$\Delta U = +512 \times 10^{-4}$	$\Delta V = -29.6 \times 10^5$



تمرین مهم: مطابق شکل گلوله‌ای به جرم 2 گرم و با بار 20- میکروکولن را از نقطه A به B شلیک می‌کنیم و

گلوله در B متوقف می‌شود اگر بزرگی میدان یکنواخت $E = 2 \times 10^4$ و نیروی اصطکاک مولکولهای هوا 8 نیوتن

باشد، و فاصله A از B 10 سانتیمتر باشد، سرعت پرتاب از نقطه A تقریباً؟

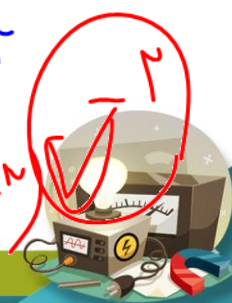


$$W_{\pi} = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$W_{\text{میدان}} + W_{\text{اصطکاک}} + W_{\text{گرانش}} = 0 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

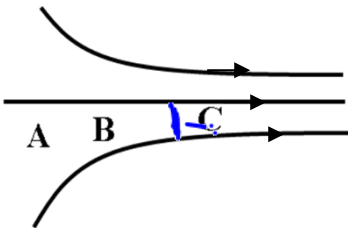
$$E|q|d \cos \alpha + mgh + f_{\text{ک}}d = -\frac{1}{2} m v_1^2$$

$$2 \times 10^4 \times 10^{-6} \times 0.1 \times \cos(37^\circ) + 2 \times 10^{-3} \times 10 \times \frac{9.8}{100} - 8 \times 0.1 = -\frac{1}{2} (2 \times 10^{-3}) v_1^2$$



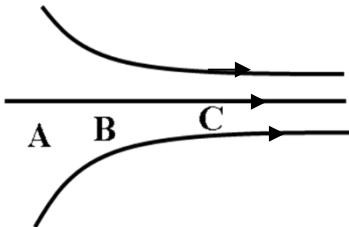
مقایسه میدان و نیرو و پتانسیل و انرژی پتانسیل

میدان: هر جا که خطوط میدان به هم نزدیکتر باشند میدان قوی تر است



$$E_C > E_B > E_A$$

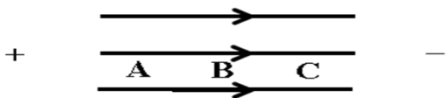
نیرو: هر جا که خطوط میدان به هم نزدیکتر باشند نیروی وارد بر بار قوی تر است.



$$F_C > F_B > F_A$$

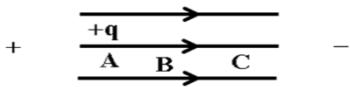
پتانسیل الکتریکی: هر چه در جهت میدان پیش رویم پتانسیل کاهش

می یابد (نوع بار اهمیتی ندارد)



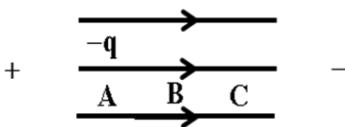
$$+q \quad -q \quad V_A > V_B > V_C$$

بار + هر چه در جهت میدان پیش رویم انرژی پتانسیل کاهش می یابد.



$$U_A > U_B > U_C$$

بار - هر چه در جهت میدان پیش رویم انرژی پتانسیل افزایش می یابد.



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

انرژی پتانسیل

الکتریکی



✓

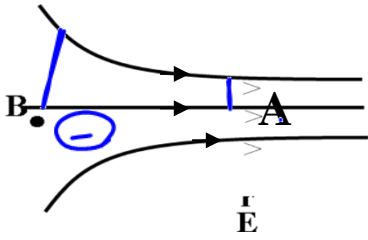
تست: در شکل مقابل، باری منفی از A به B جابجا می شود، کدام رابطه درست است؟

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

(۴) هر سه گزینه غلط است.



$E_A > E_B$
 $F_A > F_B$
 $v_A < v_B$
 $U_A > U_B$



خازن

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

ظرفیت یک خازن

اگر اختلاف پتانسیل بین صفحه های خازن را زیاد کنیم، بار خازن q نیز به همان نسبت زیاد می شود. به عبارتی نسبت $\frac{q}{v}$ همواره مقداری ثابت است. به این نسبت که به اندازه بار خازن و نیز اختلاف پتانسیل دو صفحه آن بستگی ندارد **ظرفیت خازن** می گویند و آن را با C نشان می دهند و واحد آن فاراد است.

$$C = \frac{K \epsilon A}{d} \quad C = \frac{q}{v}$$

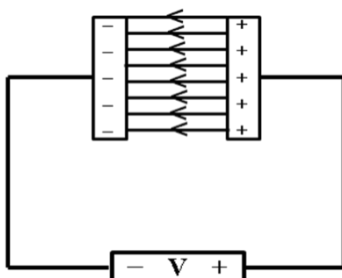
ظرفیت با مساحت صفحات رابطه مستقیم ولی با فاصله صفحات رابطه عکس دارد ولی ظرفیت به بار و اختلاف پتانسیل بستگی ندارد.

فروریزش خازن :

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

قدرت (استقامت دی الکتریک) چیست:

برای هر دی الکتریکی، بیشینه میدان و در نتیجه اختلاف پتانسیلی وجود دارد که از آن به بعد دی الکتریک اصطلاحاً دستخوش فروریزش الکتریکی می شود و به آن اختلاف پتانسیل بیشینه، **پتانسیل فروریزش** می گویند. مقدار بیشینه میدان الکتریکی ای که دی الکتریک می تواند بدون فروریزش تحمل کند را **قدرت (استقامت) دی الکتریک** می نامند.



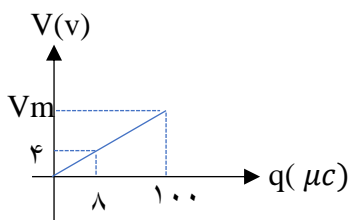
دی الکتریک چگونه ظرفیت خازن را افزایش می دهد:

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 می کنیم. 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 صفحه خازن قرار می گیرد، سر منفی مولکول های دوقطبی به طرف صفحه مثبت و سر مثبت آنها به طرف صفحه منفی کشیده می شود و در نتیجه این مولکول های دوقطبی می کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن همردیف کنند. همردیفی این مولکول های دوقطبی، میدانی الکتریکی ای ایجاد می کند که جهت آن در خلاف جهت میدان الکتریکی اولیه بین صفحات خازن است. که باعث ضعیف شدن میدان بین صفحات می شود و در نتیجه اختلاف پتانسیل بین دو صفحه نیز کاهش می یابد ($\Delta V = Ed \cos \alpha$) با کاهش اختلاف پتانسیل و با توجه به اینکه بار ثابت مانده است، ظرفیت خازن افزایش می یابد. آنچه گفته شد برای دی الکتریک های غیرقطبی (مانند متان، بنزن و ...) نیز برقرار است وقتی مولکول های چنین دی الکتریکی در میدان بین دو صفحه خازن قرار می گیرند بر اثر القاء قطبیده می شوند یعنی میدان الکتریکی باعث می شود که ابر الکترونی این مولکول ها در خلاف جهت میدان جابه جا شود و به این ترتیب، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می شوند و اصطلاحاً مولکول ها **قطبیده** می شوند پس از آن مانند مولکول های دی الکتریک قطبی، میدان بین دو صفحه خازن را تضعیف می کنند.

تست: مساحت مشترک صفحات یک خازن را دو برابر و هم زمان فاصله دو صفحه را از هم نصف می کنیم و اختلاف پتانسیل دو سر خازن را بدون فشردن ۳۰ درصد افزایش می دهیم ظرفیت خازن چند درصد تغییر می کند؟

- (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؟



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

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

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

$$E_{max} = \frac{V_{max}}{d} \rightarrow E_{max} = \frac{50 V}{4 mm} = 12.5 \frac{V}{mm}$$



انرژی ذخیره شده در خازن ها:

وقتی صفحه های خازن دارای بار الکتریکی می شوند در خازن انرژی نیز ذخیره می شود
فرمول های انرژی ذخیره شده در خازن:

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

ظرفیت ↑
انرژی ↑

$$U = \frac{1}{2} qV$$

انرژی ↑

$$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

بار ↑
ظرفیت ↓
انرژی ↓

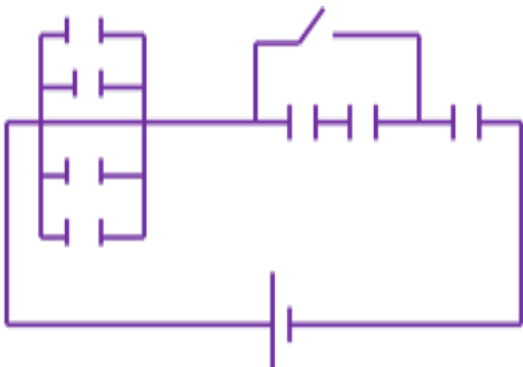
تست: باتخلیه قسمتی از بار یک خازن پر شده، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۸۰ درصد کاهش مییابد انرژی این خازن چند درصد کاهش می یابد؟ (سراسری ریاضی)

- ۹۶ (۴) ۴ (۳) ۰/۰۴ (۲) ۴۰ (۱)

تست: در شکل مقابل در تمامی خازن ها فاصله دو صفحه از هم ۳ میلی متر و مساحت مشترک صفحات ۵ سانتیمتر مربع و $\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12}$ و جنس دی الکتریک هوا باشد، پس از بستن کلید K انرژی ذخیره شده در کل مدار چند میلی ژول می شود؟ (باتری ۲۰ ولتی است)

- ۳ × ۱۰^{-۷} (۱)
۳ × ۱۰^{-۱۰} (۲)
۳ × ۱۰^{-۱۳} (۳)

(۴) هیچکدام از گزینه ها صحیح نمی باشد.



تست: خازن تختی به ظرفیت $2\mu F$ 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؟

۶ (۴)

۲ (۳)

۴ (۲)

۳ (۱)

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به این که $-2\mu C$ بار از صفحه ی 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.

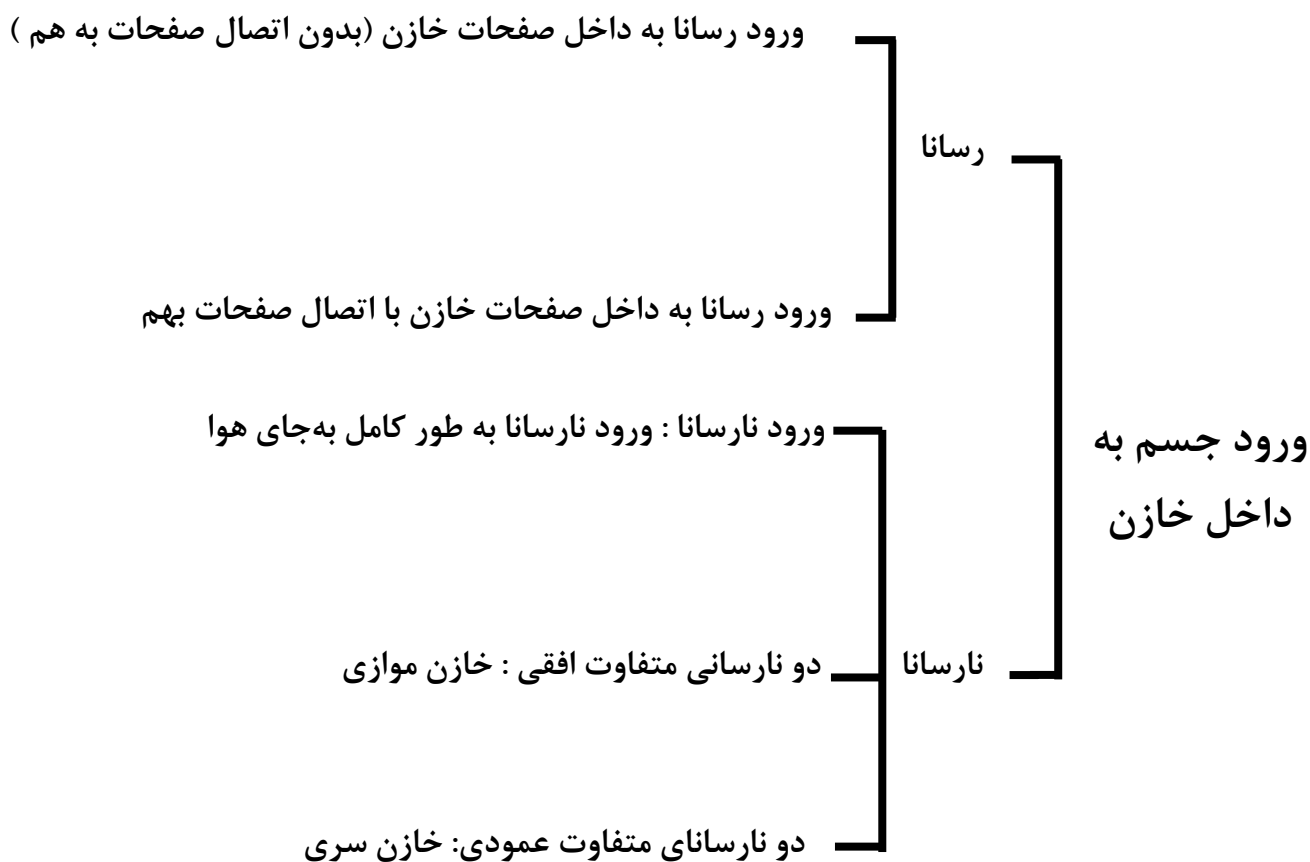
$$U_2 = U_1 + 7 \rightarrow \frac{1}{2} \frac{Q_2^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C} + 7 \xrightarrow{C=2\mu F, Q_2=Q_1+2\mu C} \frac{1}{2} \frac{(Q_1 + 2)^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{2} + 7$$

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

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



ورود یک جسم در فضای بین صفحات خازن ها:



نکات مربوط به تغییر ساختمان فیزیکی خازن ها

$C \Rightarrow n$ برابر

$V \Rightarrow$ ثابت

$q \Rightarrow n$ برابر

$U \Rightarrow n$ برابر

حین اتصال به مولد

دستکاری صفحات

$C \Rightarrow n$ برابر

$V \Rightarrow \frac{1}{n}$ برابر

$q \Rightarrow$ ثابت

$U \Rightarrow \frac{1}{n}$ برابر

پس از جدا کردن از مولد

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

مثال: خازنی را از مولدش جدا می کنیم 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 می شود؟

تست: همچنان که خازن تختی به مولدش متصل است، مساحت مشترک آنها را $\frac{1}{6}$ برابر و فاصله صفحات از هم را نصف می کنیم، ظرفیت خازن و انرژی ذخیره شده در آن به ترتیب از راست به چپ هر یک چند درصد تغییر می کنند؟

(۲) $220 -$ بدون تغییر

(۱) $220 - 220$

(۴) هیچکدام

(۳) $\frac{3}{2} - \frac{3}{2}$



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

$$\frac{1}{n} \quad (1) \quad \frac{1}{n^2} \quad (2) \quad n^2 \quad (3) \quad n \quad (4)$$

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 پر کرده 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 می شود:

شکل:

$$V_{\text{جدید}} = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_1 + C_2} \quad \text{از پایه های همنام}$$

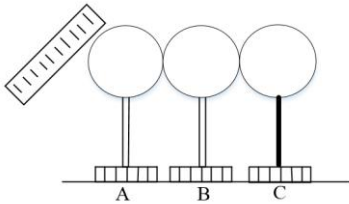
$$V_{\text{جدید}} = \frac{C_1 V_1 - C_2 V_2}{C_1 + C_2} \quad \text{از پایه های ناهمنام}$$

اتصال خازنهای پر شده به هم



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؟



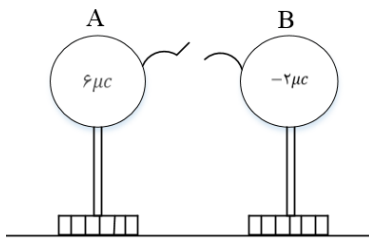
۱ (۱)

۱- (۲)

$\frac{1}{2}$ (۳)

$-\frac{1}{2}$ (۴)

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 - A - B

۱ (۲) پروتون - B - A

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

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

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

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

5×10^{19} (۲)

5×10^{13} (۱)

$2/5 \times 10^{19}$ (۴)

$2/5 \times 10^{13}$ (۳)



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

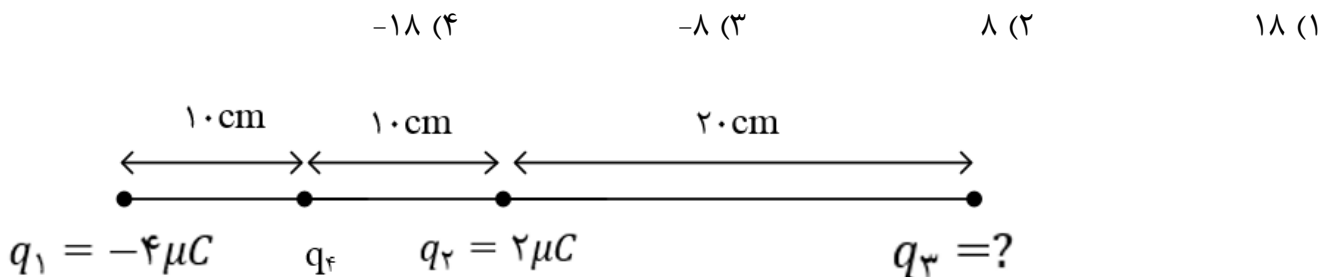
(۱) مثبت

(۲) خنثی یا مثبت

(۳) منفی

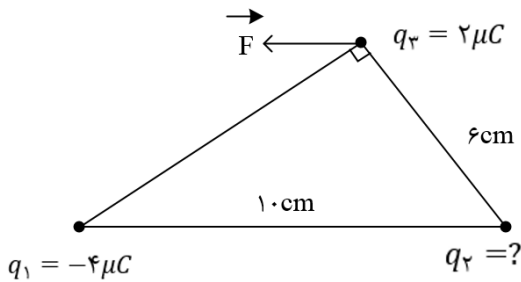
(۴) خنثی یا منفی

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



۷- سه بار نقطه ای مطابق شکل در جای خود ثابت شده اند. بر آیند 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؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)

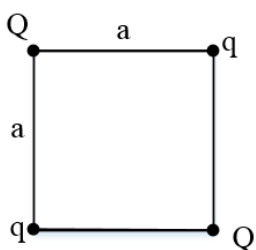
- (۱) ۱۲ و -۶ (۲) ۱۰ و -۴ (۳) ۹ و -۳ (۴) ۸ و -۲

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؟

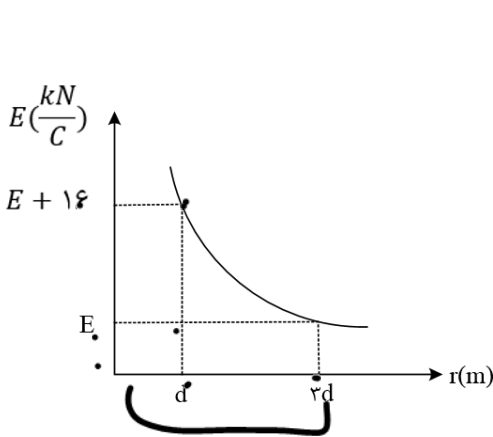
- (۱) ۱۵ (۲) ۲۵ (۳) ۴۰ (۴) ۵۰

۱۰- بارهای الکتریکی q و Q مطابق شکل در ۴ رأس مربع قرار دارند. اگر بر ایند 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؟



۱۸ (۴) ۶ (۳) ۹ (۲) ۱۲ (۱)

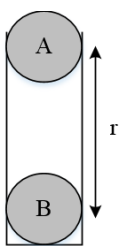
$$\frac{E + 16}{E} = \frac{kq}{r^2} \div \frac{kq}{(2r)^2}$$

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).

(۴) $\sqrt{\frac{7Q}{5\pi\epsilon_0 E}}$ (۳) $\sqrt{\frac{3Q}{5\pi\epsilon_0 E}}$ (۲) $\sqrt{\frac{7Q}{10\pi\epsilon_0 E}}$ (۱) $\sqrt{\frac{3Q}{10\pi\epsilon_0 E}}$

۱۳- در شکل زیر، دو گوی A و B به جرم های $m_A = 0.2$ گرم و $m_B = 0.4$ گرم 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؟

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



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 اندازه ی نیروی الکتریکی وارد شده به آنها بیشینه شود، در این صورت اندازه ی نیروی الکتریکی که بارهای جدید در فاصله ی r از هم به یک دیگر وارد می کنند، چند برابر F می شود؟

(۴) $3F$ (۳) $\frac{5}{4}F$ (۲) $\frac{9}{8}F$ (۱) F



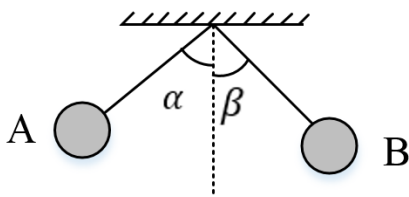
۱۵- در شکل مقابل، دو گلوله فلزی دارای بار الکتریکی هم نام بوده و در حالت تعادل قرار دارند. در این صورت کدام گزینه در مورد زوایای α و β صحیح می باشد؟ (گلوله ها در یک ارتفاع $A p$ قرار دارند).

(۱) در هر شرایطی $\beta = \alpha$ 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 $\alpha > \beta$, $m_A > m_B$ است.



۱۶- در شکل زیر، فنر به طول عادی 20cm نارسانا است و بار الکتریکی دو گلوله به ترتیب $q_1 = +4\mu\text{C}$ و $q_2 = +10\mu\text{C}$ است. اگر ثابت فنر $40 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ باشد، افزایش طول فنر چند سانتی متر می شود؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)


۴۰ (۴)

۲۰ (۳)

۱۰ (۲)

۵ (۱)

$$k = 40 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

q_2  q_1

۱۷- در شکل زیر دو گلوله هم جرم دارای بارهای برابر $3\mu\text{C}$ در حال تعادل هستند، جرم گلوله ها چند گرم

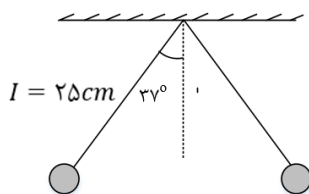
است؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, $\text{Sin}37^\circ = 0/6$, $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)

۵۷۶ (۴)

۱۲۰ (۳)

۳۲۰ (۲)

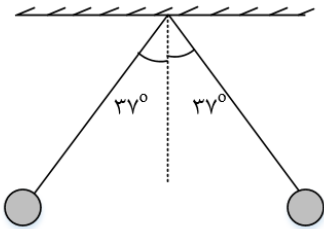
۱۶۰ (۱)



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؟

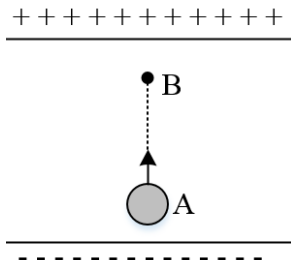
$$(g = 10 \frac{m}{s^2}, \sin 37^\circ = 0/6, \cos 37^\circ = 0/8, k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$$

- ۲۵ (۴) ۱۵ (۳) ۲۰ (۲) ۱۰ (۱)



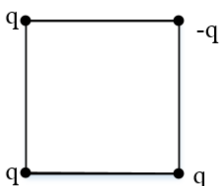
۱۹- مطابق شکل زیر ذره بارداری به جرم $20g$ و بار الکتریکی $0/5\mu C$ را در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $6 \times 10^5 \frac{N}{C}$ که راستای آن قائم است، با تندی $2 \frac{m}{s}$ از نقطه A به سمت بالا پرتاب می کنیم. اگر جهت حرکت بار در نقطه B عوض شود، فاصله AB چند سانتی متر می باشد؟ (از مقاومت هوا صرف نظر کنید).

- ۴۰ (۴) ۸۰ (۳) ۸ (۲) ۴ (۱)



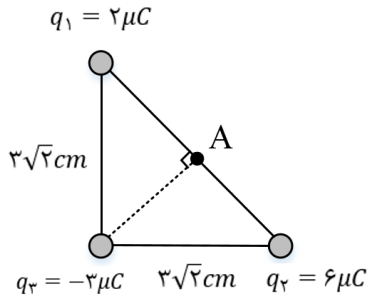
۲۰- چهار بار نقطه ای مطابق شکل زیر در رأس های یک مربع به ضلع $a\sqrt{2}$ قرار دارند. بزرگی میدان الکتریکی در نقطه ای روی محوری که از مرکز مربع می گذرد و بر سطح آن عمود است و در فاصله ی a از مرکز مربع قرار دارد، کدام است؟

- $\frac{\sqrt{2}kq}{2a^2}$ (۴) $\frac{2\sqrt{2}kq}{a^2}$ (۳) $\frac{2kq}{a^2}$ (۲) $\frac{kq}{a^2}$ (۱)



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 الزاویه 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



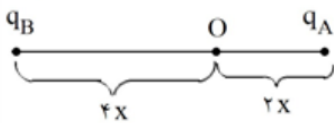
۲۲- یک قطره روغن به جرم $2 \times 10^{-3} mg$ و بار الکتریکی $-4 \times 10^{-12} C$ بین دو صفحه ی موازی باردار افقی قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه چند نیوتون بر کولن و جهت آن به کدام سمت باشد تا قطره ی روغن به حال تعادل قرار گیرد؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

- (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 $4x$ از یکدیگر قرار گرفته اند و میدان الکتریکی برآیند در نقطه ی O برابر \vec{E} است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی برآیند 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



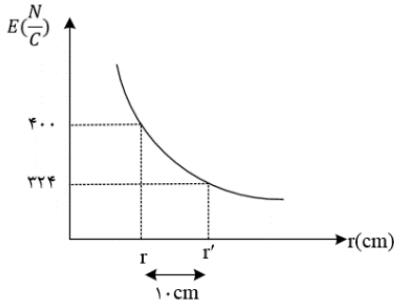
۲۴- در نمودار شکل زیر، اندازه ی میدان الکتریکی حاصل از ذره ی باردار q بر حسب فاصله از آن نشان داده شده است. r بر حسب سانتی متر و اندازه ی بار q بر حسب میکروکولون به ترتیب از راست به چپ چقدر است؟

$3/6 \times 10^{-4}$ ، ۹۰ (۲)

$3/6 \times 10^{-2}$ ، ۹۰ (۱)

$3/6 \times 10^{-4}$ ، ۱۰۰ (۴)

$3/6 \times 10^{-2}$ ، ۱۰۰ (۳)



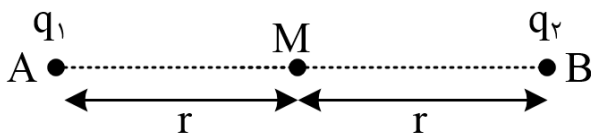
۲۵- دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در نقاط A و B مطابق شکل قرار دارند. اندازه میدان الکتریکی در نقطه M وسط خط واصل دو بار، \vec{E} می باشد. اگر بار q_1 را خنثی کنیم، اندازه میدان الکتریکی در همان نقطه $-\frac{\vec{E}}{3}$ می شود، نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟

$-\frac{1}{4}$ (۴)

$\frac{1}{4}$ (۳)

۴ (۲)

-۴ (۱)



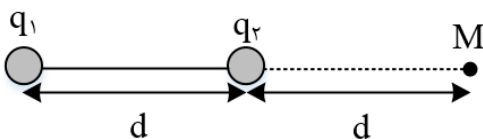
۲۶- در شکل زیر میدان الکتریکی حاصل از دو بار در نقطه M بردار \vec{E} است. اگر جای دو بار عوض شود، میدان در نقطه M بردار $2\vec{E}$ می شود. $\frac{q_1}{q_2}$ چند است؟

$-\frac{2}{3}$ (۴)

$\frac{2}{3}$ (۳)

$\frac{3}{2}$ (۲)

$-\frac{3}{2}$ (۱)



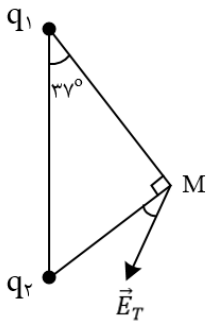
۲۷- میدان الکتریکی برآیند q_1 و q_2 در نقطه ی M مطابق شکل زیر است. نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟

(۴) $-\frac{3}{4}$

(۳) $-\frac{4}{3}$

(۲) $-\frac{27}{64}$

(۱) $-\frac{64}{27}$



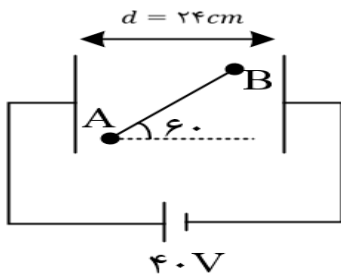
۲۸- در شکل مقابل $(V_A - V_B)$ چند ولت است؟ $(L_{AB} = 12\text{cm})$

(۴) ۲۰

(۳) ۱۰

(۲) ۳۰

(۱) ۴۰



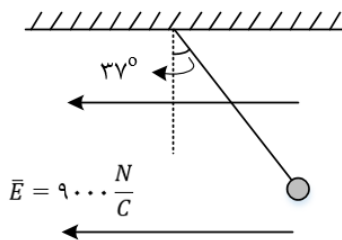
۲۹- مطابق شکل زیر، یک آونگ از نخ نارسانایی آویزان است و درون یک میدان الکتریکی یکنواخت در حالت تعادل قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی را چند نیوتون بر کولن و چگونه تغییر دهیم تا زاویه ی آونگ با راستای قائم ۱۶ درجه افزایش یابد؟

(۴) 7000 - کاهش

(۳) 7000 - افزایش

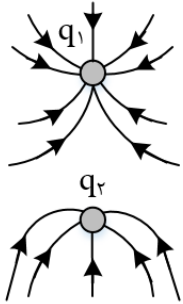
(۲) 6000 - کاهش

(۱) 6000 - افزایش



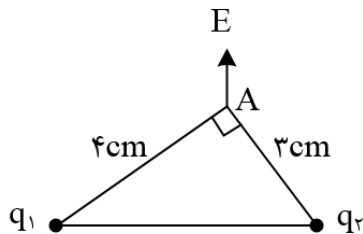
۳۰- خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار الکتریکی نقطه ی q_1 و q_2 مطابق شکل زیر رسم شده است. کدام گزینه در مورد بارهای الکتریکی درست است؟

- (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 بیش تر است.
 (۴) هر دو بار مثبت و اندازه ی بار q_2 بیش تر 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) $-\frac{9}{16}$



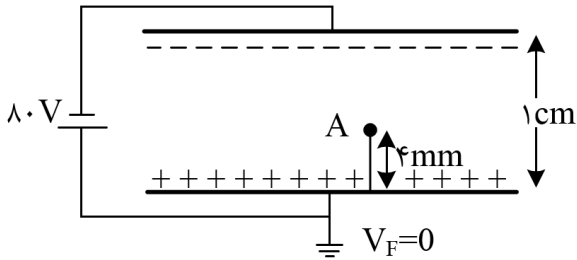
۳۲- ذره‌ای باردار با بار $q = 100 \mu\text{C}$ و جرم 20 mg با تندی 50 متر بر ثانیه از نقطه ی A پرتاب می گردد و با تندی $30\sqrt{5}$ متر بر ثانیه از نقطه ی B عبور می کند. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه ی A و B چند ولت است؟ (تنها نیروی وارد بر ذره نیروی میدان الکتریکی است.)

- (۱) 150 (۲) -150 (۳) -200 (۴) 200



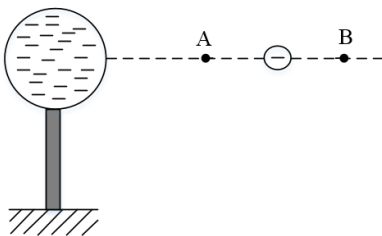
۳۳- دو صفحه رسانای موازی با ابعاد بزرگ را مطابق شکل زیر به یک باتری وصل کرده ایم، پتانسیل نقطه ی A چند ولت است؟

- (۱) -۴۸ (۲) -۳۲ (۳) +۳۲ (۴) +۴۸



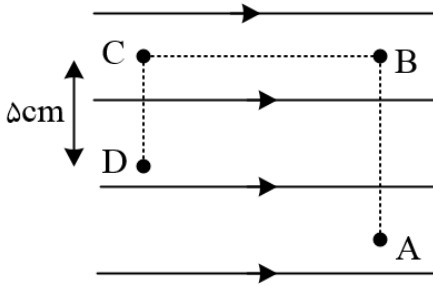
۳۴- در شکل، کره ی فلزی با بار الکتریکی منفی روی پایه ی نارسنایی قرار دارد و ذره ای با بار منفی را از نقطه ی A تا نقطه ی B جابه جا می کنیم. در این آزمایش، پتانسیل الکتریکی نقطه ی B در مقایسه با پتانسیل الکتریکی نقطه ی A چگونه است و در این جابه جایی، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره ی باردار چگونه تغییر می کند؟

- (۱) بیش تر - کاهش (۲) بیشتر - افزایش
(۳) کم تر - کاهش (۴) کم تر - افزایش



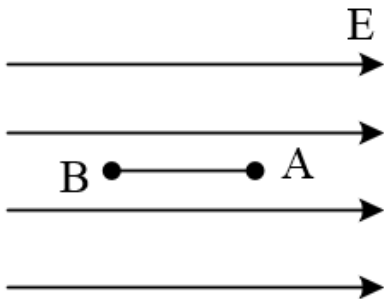
۳۵- مطابق شکل زیر بار $-2nC$ در میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $1/28 \times 10^7 N/C$ از A تا نقطه B و سپس از B تا C و در نهایت از C تا D جابه جا می شود. اگر کار نیروی الکتریکی در این جابه جایی $6/4mJ$ باشد، فاصله BC چند سانتی متر است؟ ($AB = 10\text{ cm}, CD = 5\text{ cm}$)

- (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، ($AB = 50\text{ cm}$) 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 $0/04$ ژول است. (۲) انرژی جنبشی ذره $0/04$ ژول افزایش می یابد.
 (۳) کار برآیند نیروهای وارد بر ذره منفی است. (۴) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره $0/04$ ژول کاهش می یابد.



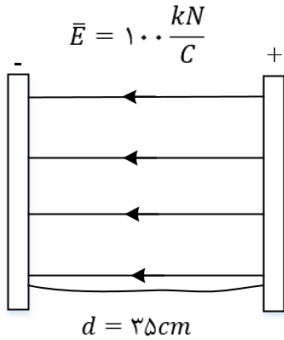
۳۷- اگر $10\mu C$ بار الکتریکی از صفحه‌ی منفی یک خازن با پتانسیل $V_1 = -12V$ به صفحه‌ی مثبت آن با پتانسیل $V_2 = +12V$ منتقل شود، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار، چند ژول است؟

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



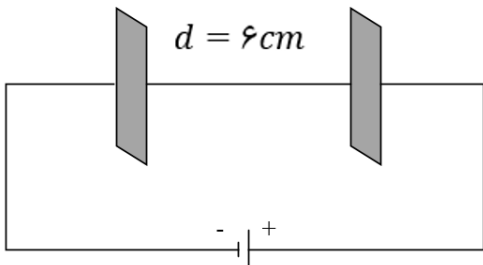
۳۸- در شکل زیر، اگر ذره ای با بار الکتریکی $+10\mu C$ و جرم 4 گرم در میدان یکنواختی به بزرگی $E = 100 \frac{KN}{C}$ با تندی $10 \frac{m}{s}$ از صفحه ی منفی به سمت صفحه ی مثبت پرتاب شود، در چند سانتی متری صفحه مثبت، تندی ذره به حداقل می رسد؟

- (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴) ۲۵



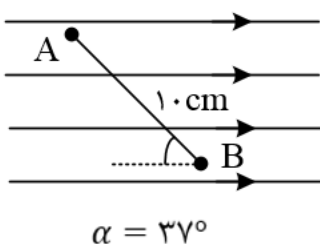
۳۹- مطابق شکل مقابل، در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $5 \times 10^3 \frac{N}{C}$ پروتونی از مجاورت صفحه منفی با تندی اولیه V پرتاب می شود و در فاصله 2 سانتی متری صفحه مثبت متوقف می شود. تندی پرتاب پروتون چند متر بر ثانیه بوده است؟ (فرض کنید پروتون تنها تحت تأثیر نیروی الکتریکی است و $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ و $1/6 \times 10^{-27} kg$ جرم پروتون)

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



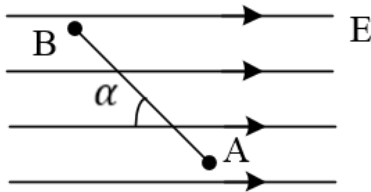
۴۰- در شکل مقابل، دو نقطه ی A و B در یک میدان الکتریکی یکنواخت با شدت $E = 500 \frac{N}{C}$ قرار دارند. حاصل $V_A - V_B$ چند ولت است؟ ($\sin 37^\circ \approx 0/6$)

- (۱) -50 (۲) $+50$ (۳) -40 (۴) $+40$



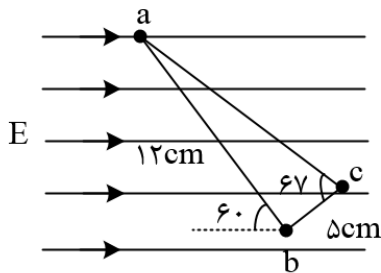
۴۱- مطابق شکل، بار $q = -20\mu C$ را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 4 \times 10^5 \frac{N}{C}$ از نقطه A تا B جابه جا می کنیم. اگر $AB = 4m$ و $\alpha = 60^\circ$ باشد، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چند ژول است؟ $(\cos 120^\circ = -\frac{1}{2}, \cos 60^\circ = \frac{1}{2})$

- (۱) -۸ (۲) +۸ (۳) -۱۶ (۴) +۱۶



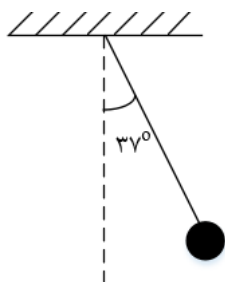
۴۲- در شکل زیر شدت میدان الکتریکی یکنواخت $5000 \frac{N}{C}$ است. ابتدا از نقطه ی a به طرف b و سپس به نقطه ی c می رویم، طوری که امتداد ab و bc برهم عمود باشند، اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد شده در این جابه جایی چند ولت است؟ $(\sin 37^\circ = 0/6)$ (زاویه b داخل مثلث قائمه است)

- (۱) -۵۲ (۲) -۵۲۰ (۳) ۳۹۰ (۴) ۳/۹



۴۳- در شکل زیر، گلوله ای با بار الکتریکی $+40\mu C$ توسط نخ ی با جرم ناچیز آویخته شده و در میدان الکتریکی یکنواخت افقی به حالت تعادل قرار دارد. اگر نیروی کشش نخ $1N$ باشد، در این میدان اختلاف پتانسیل بین دو نقطه که در راستای افقی با هم $10cm$ فاصله دارند، چند ولت است؟ $(\sin 37^\circ = 0/6)$

- (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 $1/5$ برابر می کنیم در نتیجه $20\mu C$ بر بار ذخیره شده در آن اضافه می شود و انرژی آن نیز $200\mu J$ 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.



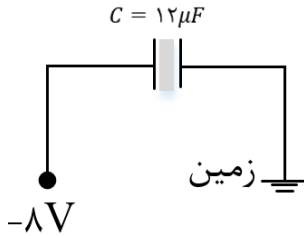
۴۸- در شکل روبه رو خازن را بین زمین و پتانسیل ۸- ولت ثابت وصل کرده ایم. اگر دی الکتریک میان صفحات خازن به ضریب $K = \frac{4}{3}$ را برداریم، تعداد الکترون از به منتقل می شوند

(۱) $1/5 \times 10^{14}$ - زمین - خازن

(۲) 3×10^{14} - خازن - زمین

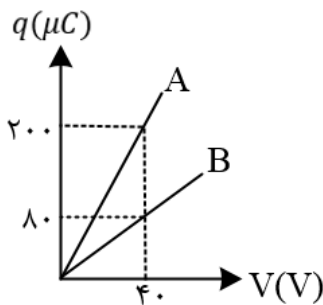
(۳) $1/5 \times 10^{14}$ - زمین - خازن

(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: $k = 5$ و $0/6mm$ ، پلاستیک: $k = 8$ و $1mm$ ، میکا: $k = 7$ و $0/5mm$ و کاغذ پارافینی: $k = 3$ و $0/2mm$ داریم. کدام یک را در بین دو صفحه فلزی بگذاریم تا خازن ساخته شده دارای بیشترین ظرفیت باشد؟

- (۱) ورقه شیشه ای
 (۲) ورق پلاستیکی
 (۳) ورق میکا
 (۴) کاغذ پارافینی



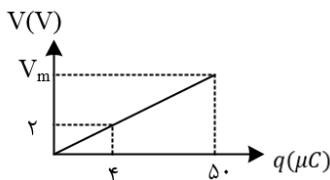
۵۱- خازن تخت بادی الکتریک هوا با ظرفیت $5\mu F$ را با یک باتری $20V$ پر می کنیم. آن را از باتری جدا کرده سپس بین صفحات را با عایقی با $k = 4$ پر می کنیم. اکنون اگر از آن خازن برای روشن کردن فلاش یک دوربین استفاده کنیم و خازن در $0.5ms$ تخلیه شود، توان تخلیه خازن چند وات می شود؟

- (۱) ۸ (۲) ۴ (۳) 0.5 (۴) 0.25

۵۲- چگالی سطحی بار یک کره ی رسانا $32 \frac{\mu C}{m^2}$ است. اگر بار این کره را به کره ی دیگری که شعاع آن 20% کوچک تر از شعاع کره ی اولیه است. انتقال دهیم، چگالی سطحی بار کره ی جدید چند میکروکولن بر متر مربع است؟

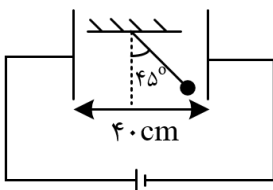
- (۱) ۱۰ (۲) ۳۰ (۳) ۵۰ (۴) ۷۰

۵۳- نمودار زیر مربوط به خازنی است که فاصله بین صفحات آن $2mm$ می باشد. بیشینه میدان قابل تحمل خازن چند $\frac{v}{mm}$ است؟ (۱) $12/5$ (۲) $2/5$ (۳) $1/25 \times 10^3$ (۴) $2/5 \times 10^3$



۵۴- مطابق شکل زیر یک آونگ الکتریکی به جرم $2mg$ 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 20% افزایش یابد و هم چنین فاصله ی بین صفحات خازن را با یک دی الکتریک با ضریب 2 برابر پر کنیم و فاصله ی بین صفحات خازن 4 برابر شود، انرژی ذخیره شده در خازن و هم چنین بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند درصد و چگونه تغییر می کنند؟

- (۱) 28% کاهش، 72% افزایش (۲) 28% افزایش، 72% کاهش

- (۳) 28% کاهش، 72% کاهش (۴) 28% کاهش، 28% 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 مجدداً 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.

$$(1) \quad 1 \quad (2) \quad \frac{16}{15} \quad (3) \quad \frac{25}{16} \quad (4) \quad \frac{5}{4}$$

۵۷- بار ذخیره شده در خازنی با ظرفیت $12 \mu F$ برابر با q است. اگر خازن را از باتری جدا کرده و $+3mC$ بار الکتریکی را از صفحه منفی جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن $8J$ افزایش می یابد، مقدار و چند کولن است؟

$$(1) \quad 30/5 \times 10^{-3} \quad (2) \quad 32 \times 10^{-3}$$

$$(3) \quad 33/5 \times 10^{-3} \quad (4) \quad 35 \times 10^{-3}$$

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.

$$(1) \quad \text{صفر} \quad (2) \quad 1 \quad (3) \quad 2 \quad (4) \quad 3$$

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؟

$$(1) \quad \frac{1}{2} \quad (2) \quad \frac{1}{3} \quad (3) \quad \frac{1}{4} \quad (4) \quad \frac{1}{6}$$

۶۰- اگر $20 \mu C$ به بار الکتریکی یک خازن $10 \mu F$ اضافه شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن 25 برابر می شود. انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند میکروژول افزایش یافته است؟

$$(1) \quad 30 \quad (2) \quad 31/25 \quad (3) \quad 60 \quad (4) \quad 62/5$$

۶۱- ظرفیت خازنی $22 \mu F$ است. اگر بار الکتریکی آن 20 درصد افزایش یابد، انرژی آن 16 میکروژول افزایش می یابد. بار اولیه ی آن چند میکروکولن است؟

$$(1) \quad 20 \quad (2) \quad 40 \quad (3) \quad 2 \times 10^{-2} \quad (4) \quad 4 \times 10^{-2}$$



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.

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

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

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 اندازه های 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 $4\mu C$ 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 اتم و هسته به صورت زیر به دست می آید:

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

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

و در نهایت اختلاف این دو مقدار برابر است با:

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



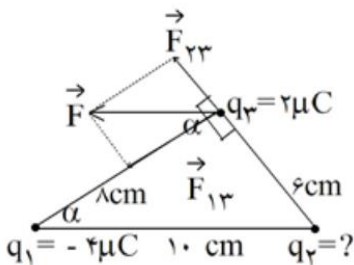
۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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 اندازه ی 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.

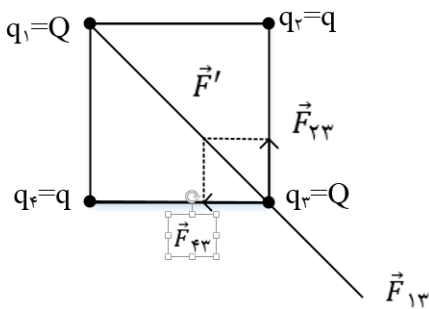
$$q_1' = q_2' = \frac{3q_1}{2}$$

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 (q_1 و q_3) هم دیگر را دفع می کنند. بنابراین برای این که برابند نیروهای وارد بر بار q_3 صفر شود باید حتما بارهای q و Q ناهمنام باشند. در نتیجه برابند نیروهای \vec{F}_{23} و \vec{F}_{43} یعنی \vec{F}' باید در خلاف جهت \vec{F}_{13} و هم اندازه با آن باشد تا اثر یک دیگر را حنثی کنند.



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

$$F_{13} = k \frac{|Q||Q|}{2a^2} \rightarrow F' = \sqrt{F_{23}^2 + F_{43}^2} = \sqrt{2}k \frac{|q||Q|}{a^2} \rightarrow \frac{1}{2}|Q| = \sqrt{2}|q|$$

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



۱۱- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

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

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

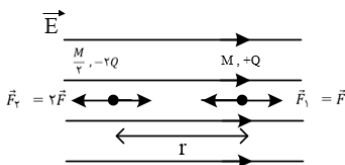
گام دوم: با توجه به گام قبل به این نتیجه رسیدیم که در فاصله ی d از بار الکتریکی مورد نظر بزرگی میدان الکتریکی $18 \frac{kN}{C}$ می باشد. بنابراین در فاصله ی $2d$ از بار q_1 بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

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

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 ذره ی 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. $q_1 = +Q$ $q_2 = -2Q$

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

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

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

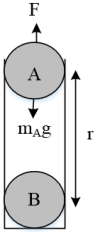
$$\begin{cases} a_1 = a_2 \rightarrow \frac{f - F}{M} = \frac{4F - 2f}{M} \rightarrow f - F = 4F - 2f \rightarrow 3f = 5F \\ f = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q \cdot 2Q}{r^2}, \quad F = EQ \end{cases}$$

$$\rightarrow \frac{3Q}{2\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r^2} = 5E \rightarrow r = \sqrt{\frac{3Q}{10\pi\epsilon_0 E}}$$



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:



$$F = m_A g$$

$$\rightarrow \frac{k|q_A||q_B|}{r^2} = m_A g \rightarrow \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 4 \times 10^{-12}}{r^2} = 0.2 \times 10^{-3} \times 10$$

$$\rightarrow 9 \times 8 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3} r^2 \rightarrow r^2 = 36 \rightarrow r = 6m$$

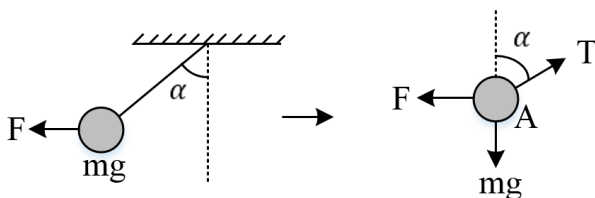
۱۴- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. همان طور که می دانید هنگامی که اندازه ی بارهای الکتریکی با یکدیگر برابر می شود، اندازه ی نیروی الکتریکی وارد شده به آنها بیشینه می شود، بنابراین اگر به اندازه ی $\frac{1}{2}q$ از بار الکتریکی q_2 کم کرده و به بار الکتریکی q_1 اضافه کنیم، اندازه ی بارها یکسان شده و در نتیجه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

$$q'_1 = q + \frac{1}{2}q = \frac{3}{2}q \quad q'_2 = 2q - \frac{1}{2}q = \frac{3}{2}q$$

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

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{|q_1||q_2|} = \frac{\frac{3}{2}q \times \frac{3}{2}q}{q \times 2q} = \frac{9}{8} \rightarrow F' = \frac{9}{8}F$$

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:



$$\begin{cases} \sum F_y = 0 \rightarrow T \sin \alpha = F \\ \sum F_x = 0 \rightarrow T \cos \alpha = mg \end{cases} \rightarrow \tan \alpha = \frac{F}{mg}$$



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

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

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

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

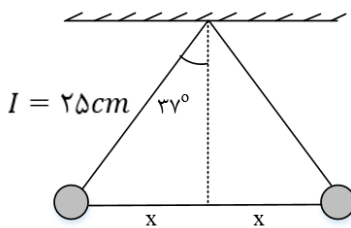
۱۶- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. نیروی الکتریکی بین دو گلوله باید نیروی فنر را خنثی کند:

$$F_e = F \rightarrow kx = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \xrightarrow{r=0/2+x} 40x = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{(0/2 + x)^2}$$

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

با چک کردن گزینه ها تساوی برای $x = 0/1m$ یا همان 10 cm برقرار است .

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



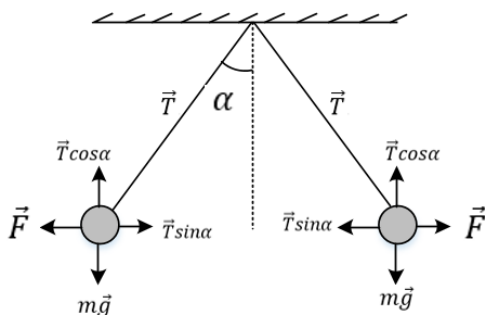
$$\sin 37 = \frac{x}{25} \rightarrow \frac{6}{10} = \frac{x}{25} \rightarrow \frac{3}{5} = \frac{x}{25} \rightarrow x = 15\text{ cm}$$

$$\text{فاصله بین دو گلوله} = 2x = 2 \times 15 = 30\text{ cm}$$

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:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-2}} = 0/9\text{ N}$$

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

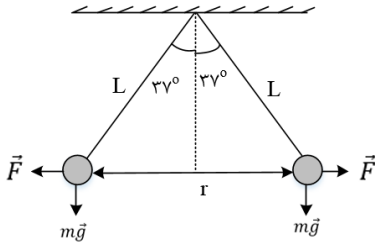


$$\begin{cases} T \sin \alpha = F \\ T \cos \alpha = mg \end{cases} \rightarrow \frac{T \sin \alpha}{T \cos \alpha} = \frac{F}{mg}$$

$$\rightarrow \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{F}{mg} \rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{mg}$$

$$\operatorname{tg} 37^\circ = \frac{0/9}{m \times 10} \rightarrow \frac{3}{4} = \frac{0/9}{10m} \rightarrow m = 0/12 \text{ kg} = 120 \text{ g}$$

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



$$\operatorname{tg} 37^\circ = \frac{F}{mg} \rightarrow \frac{3}{4} = \frac{F}{0/4} \rightarrow F = 0/3 \text{ N}$$

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

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

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

$$\sin 37^\circ = \frac{r}{L} \rightarrow 0/6 = \frac{15}{L} \rightarrow L = 25 \text{ cm}$$

طول نخ برابر است با:

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

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

$$\rightarrow Eqd \cos 180 + mgd \cos 180 = -\frac{1}{2} m v_1^2$$

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

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



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

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

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

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:

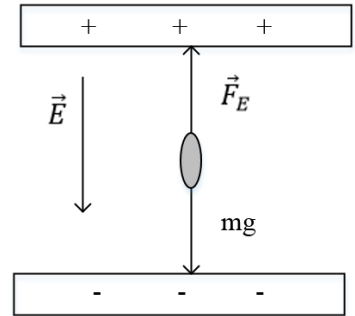
$$E_{1,2} = E_2 - E_1 = 4 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

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.

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

$$E = 0.5 \times 10^4 = 5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

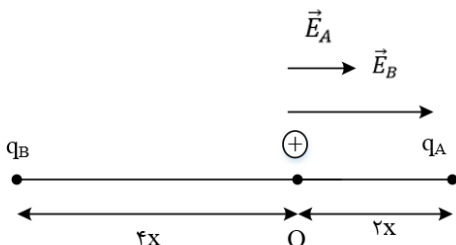
۲۳- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی باقی مانده در نقطه ی O تنها میدان الکتریکی q_A است، بنابراین می توانیم نتیجه بگیریم که E_A برابر $\frac{1}{3}E$ است و داریم:

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

با توجه به مقادیر به دست آمده برای \vec{E}_B و \vec{E}_A 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_B و q_A 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 جهت 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.

$$\text{در حالت اول: } E_1 + E_2 = E$$

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.

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

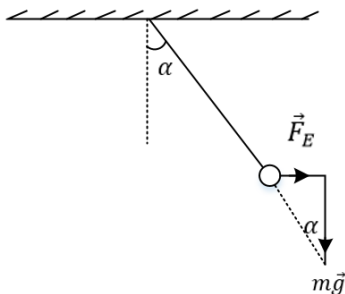
$$\frac{3}{4} = \left| \frac{q_1}{q_2} \right| \times \left(\frac{3}{4} \right)^2 \rightarrow \left| \frac{q_1}{q_2} \right| = \frac{4}{3} \rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -\frac{4}{3}$$

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:



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_E}{mg} = \frac{Eq}{mg}$$

برای مقایسه ی دو حالت داریم:

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

در صورت سؤال تغییر بزرگی میدان الکتریکی خواسته شده است:

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

افزایش

۳۰- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. جهت خطوط میدان الکتریکی همواره بار مثبت خارج شده و به بار منفی وارد می شود بنابراین 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:

$$|q_2| < |q_1| \rightarrow \text{اندازه ی بار } q_1 \text{ بیشتر است}$$



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:

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

$$\tan \hat{\alpha} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{k \frac{q_1}{16 \times 10^{-4}}}{k \frac{q_2}{9 \times 10^{-4}}} = \frac{9q_1}{16q_2}$$

همچنین در مثلث قائم الزاویه ABC می توان نوشت:

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

بنابراین در مثلث قائم الزاویه 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:

$$\begin{aligned} \Delta K &= \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = \frac{1}{2} m (v_B^2 - v_A^2) \\ &= \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} \times (4500^2 - 2500^2) \rightarrow \Delta K = 200 \times 10^{-5} = 0/02J \end{aligned}$$

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:

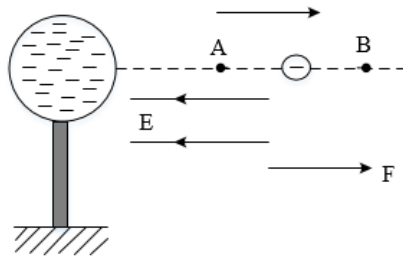
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-0/02}{100 \times 10^{-6}} = -0/02 \times 10^4 = -200V$$

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:

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

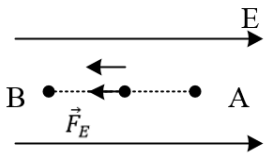
$$\rightarrow 1/28 \times 10^7 \times 2 \times 10^{-9} \times d_{BC} = 6/4 \times 10^{-2}$$

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

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

$$W_E = E|q|d \cos \alpha \rightarrow W_E = 4 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-6} \times 0/5 \times \cos 0^\circ = +0/04J$$

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

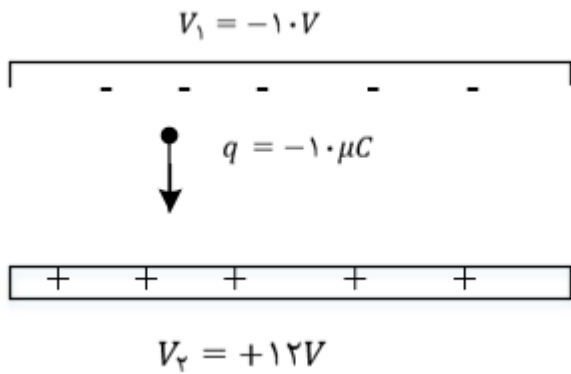


$$\Delta U_E = -W_E \rightarrow \Delta U_E = -0/04J$$

توجه: چون ذره با سرعت ثابت جابه جا شده، انرژی جنبشی آن تغییری نمی کند و طبق قضیه ی کار و انرژی، کار برابند 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:

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

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).

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

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

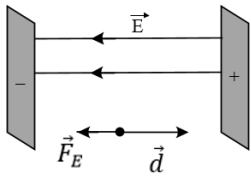
$$\Delta U = 0/2J \rightarrow d = 0/2m = 20cm$$

پس فاصله از صفحه ی مثبت برابر است با:

$$35 - 20 = 15cm$$



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



$$d = 6 - 2 = 4\text{cm} = 0/04\text{m}$$

$$q > 0 \rightarrow \theta = 180^\circ \rightarrow \text{Cos } \theta = -1$$

$$\Delta U_E = -|q|Ed\text{Cos}\theta = qEd$$

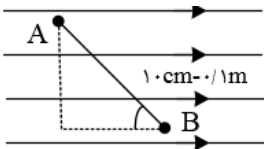
$$= 1/6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^3 \times 0/04 = 3/2 \times 10^{-17}\text{J}$$

از قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

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

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

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.



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

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

$$V_C - V_B = 500 \times 0/1 \text{Cos}37 = +40\text{V}$$



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:

$$\Delta U = W' \rightarrow \Delta U = F' \times AB \times \cos\theta = Eq \times AB \times \cos 120^\circ$$

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

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.

$$\Delta V = -E \cdot d \cos 37 \quad \Delta V = -5000(0/13)(0/8) = -520V$$

۴۳- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$Eq = T \cos 53^\circ$$

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

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

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 ذخیره شده در آن ۴۴٪ افزایش می یابد.



۴۵- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

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

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

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

$$q_2 = 1/5f_1$$

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

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

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

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

۴۶- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

در حالت اول، ظرفیت خازن $C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$ 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:

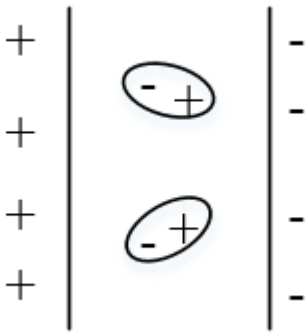
$$U_2 = 3U_1 \rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = 2U_1$$

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

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



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.

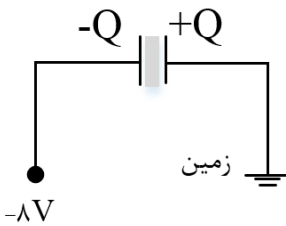
درستی گزینه ی «۲»: دی الکتریک ها ممکن است قطبی (آب، NH_3 ، HCl) یا غیر قطبی باشند.

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

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

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: $C = k\epsilon \cdot \frac{A}{d}$

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

۵۰- گزینه ۴

با توجه به رابطه $C = K\epsilon \cdot \frac{A}{d}$ ، نسبت $\frac{k}{d}$ را برای هر یک حساب می کنیم. در هر کدام این نسبت بزرگتر باشد،

ظرفیت خازن بیش تر است.

$$\frac{k}{d_{شیشه}} = \frac{5}{.0/6} \cong 8/2$$

$$\frac{k}{d_{پلاستیک}} = 8$$

$$\frac{k}{d_{میکا}} = \frac{7}{.0/5} = 14$$

$$\frac{k}{d_{کاغذ پارافین}} = \frac{3}{.0/2} = 15$$

۵۱-

$$Q = cv = \frac{4}{10} = 100 \mu C$$

$$C' = KC = 4 \times 5 = 20 \mu F, Q' = Q = 100 \mu C$$

$$U' = \frac{1}{2} \frac{Q'^2}{C} = \frac{10^{-8}}{2 \times 20 \times 10^{-6}} = 0.25 \times 10^{-3} J$$

$$\bar{P} = \frac{U'}{\Delta t} = \frac{25 \times 10^{-5} J}{5 \times 10^{-4}} = 0.5 W$$



۵۲- گزینه ۳

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\Lambda_1}{\Lambda_2} \Rightarrow \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{r_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} r_1} \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left(\frac{r_1}{\frac{1}{\sqrt{2}} r_1}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{1}{\frac{1}{2}} \Rightarrow \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{100}{64}$$

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

۵۳- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به $Q = 4 \times 10^{-6} C$ و $V = 2V$ ظرفیت خازن را به دست می آوریم:

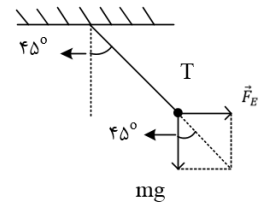
$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow C = \frac{4 \times 10^{-6}}{2} = 2 \times 10^{-6} F = 2 \mu F$$

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 برابری نیروهای F_E و mg در راستای نیروی کشش نخ قرار بگیرد. بدین ترتیب داریم:



$$\tan 45^\circ = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{F_E}{mg} = \frac{Eq \tan 45^\circ = 1}{1}$$

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

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 $1/2a$ 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:

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

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

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

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 رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ 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 $\frac{4}{5}$ برابر شده است بنابراین طبق رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ 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:

$$U_2 = U_1 + 8 \rightarrow U_2 - U_1 = 8J \rightarrow \frac{1}{2} \frac{Q_2^2}{C} - \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C} = 8 \rightarrow \frac{1}{2} \frac{(q + 3 \times 10^{-3})^2}{12 \times 10^{-6}} - \frac{1}{2} \frac{q^2}{12 \times 10^{-6}} = 8$$

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



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

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:

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

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

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

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.

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

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

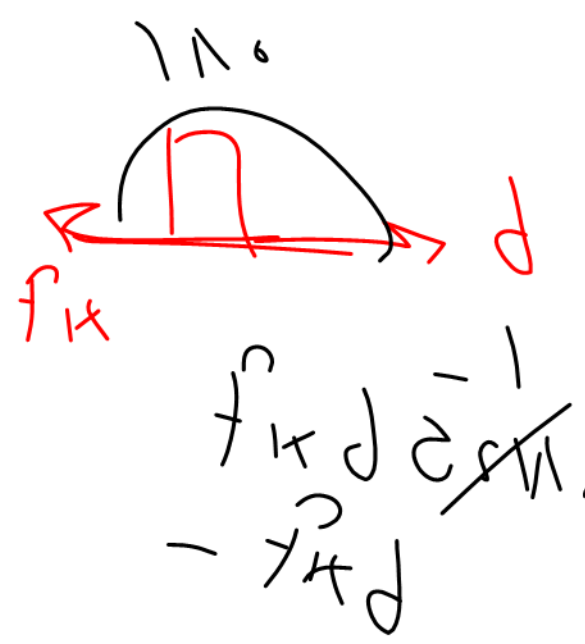


کار

$$W = F d \cos \alpha$$

$$W = mgh$$

↑ باقی
↓ باقی



$$W_{kin} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$W_{FH} = - f_H d$$



$$W.T. = \frac{1}{2} m v_r^2 - \frac{1}{2} m \cancel{v_i^2}$$

$$W_{i \rightarrow f} + W_{fr} = \frac{1}{2} m v_r^2$$



$$+ mgh + \cancel{W_{fr}} = \frac{1}{2} (100) v_f^2$$

\dots

$$100(10) = 100$$

$$+ W_{fr}$$

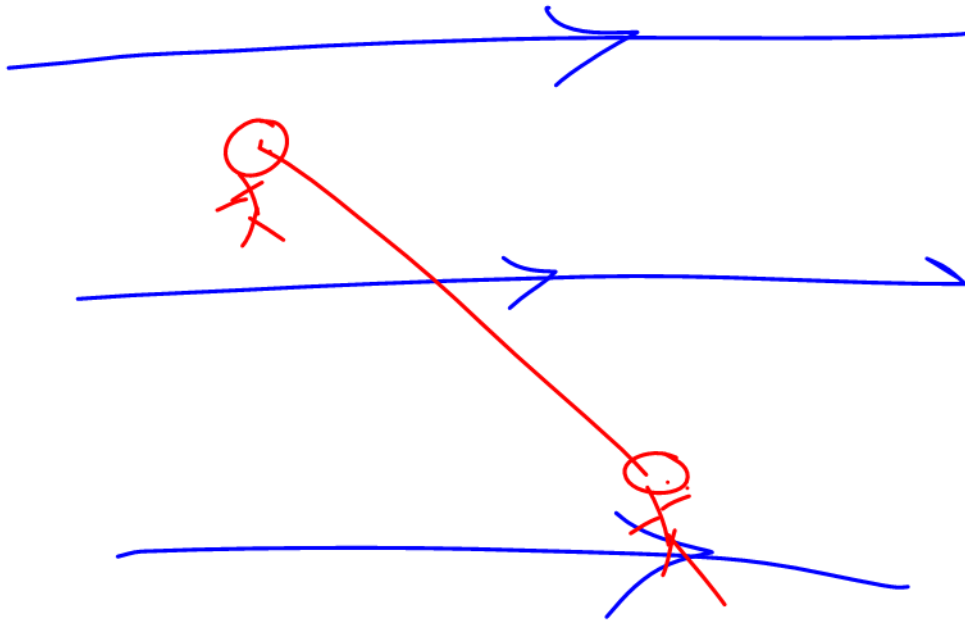
$$1000$$



$$V = 10 \text{ m/s}$$

$$W_{fr} = 1000 \rightarrow \dots = -500$$





$$W_T = \frac{1}{2} m v_c^2 - \frac{1}{2} m v_c^2$$

↓

$$E_{\text{kin}} + W_{\text{pot}} - - -$$

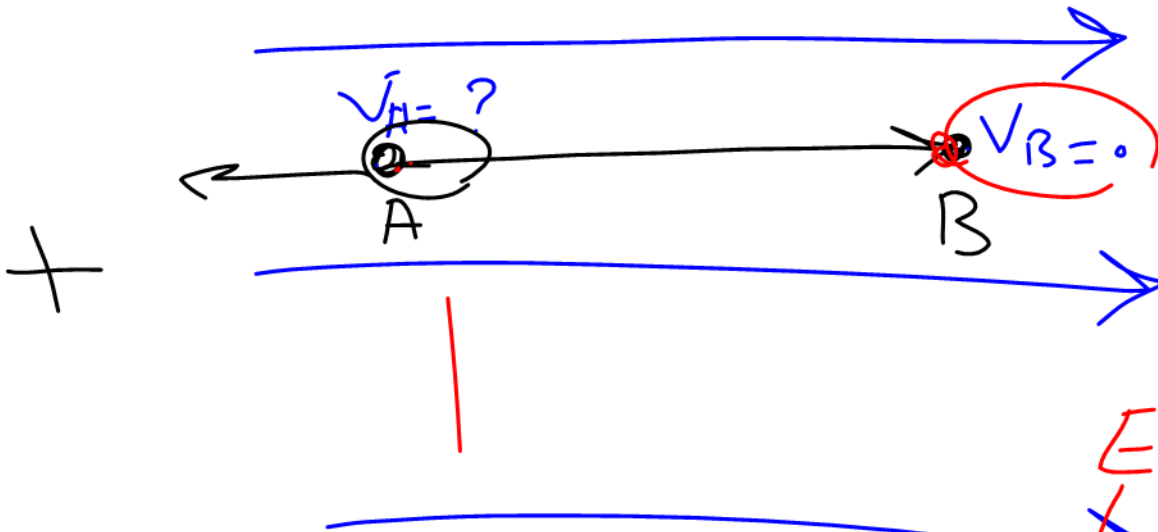
$$E = 10^{10} \text{ N/m}$$

$$q = -2.0 \mu\text{C}$$

$$AB = 1 \text{ cm}$$

$$m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$W_f = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$



$$\frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$E |q| d \cos \theta = 0 - \frac{1}{2} m v_f^2$$

$$10^{10} (2.0 \times 10^{-6}) (0.01) (-1) = -\frac{1}{2} (1.67 \times 10^{-27}) v_f^2$$

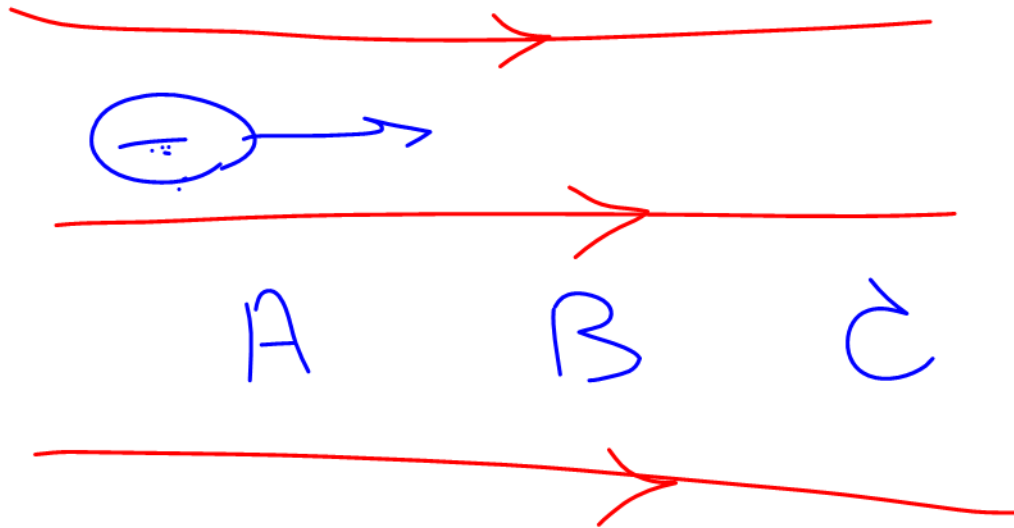


$$\therefore \bar{E}_B > \bar{E}_A$$

$$\therefore F_B > F_A$$

$$F = E \quad 9$$

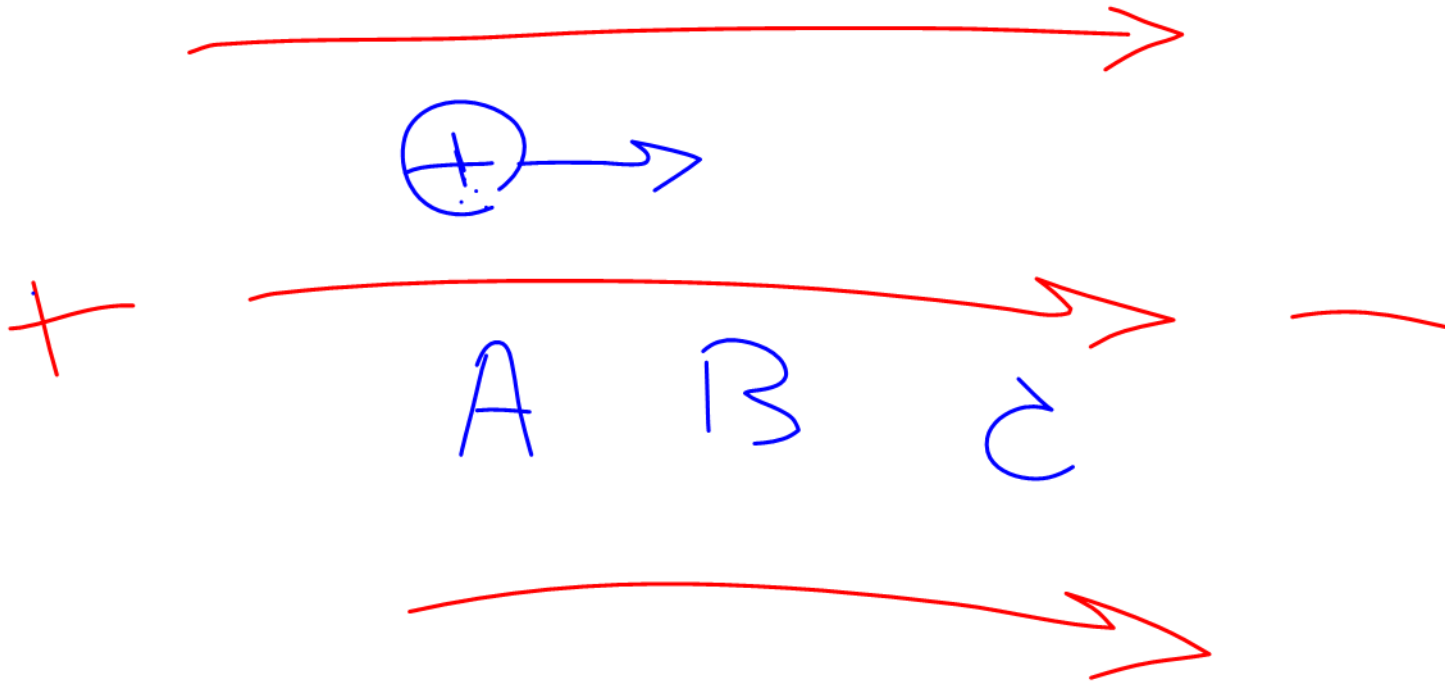
+



$$U_C > U_B > U_A$$

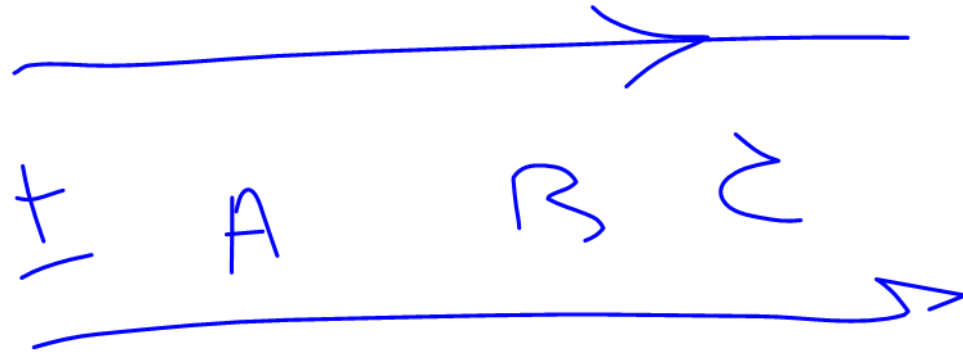
-

$$U_A > U_B > U_C$$



v

$$v_C < v_B < v_A$$



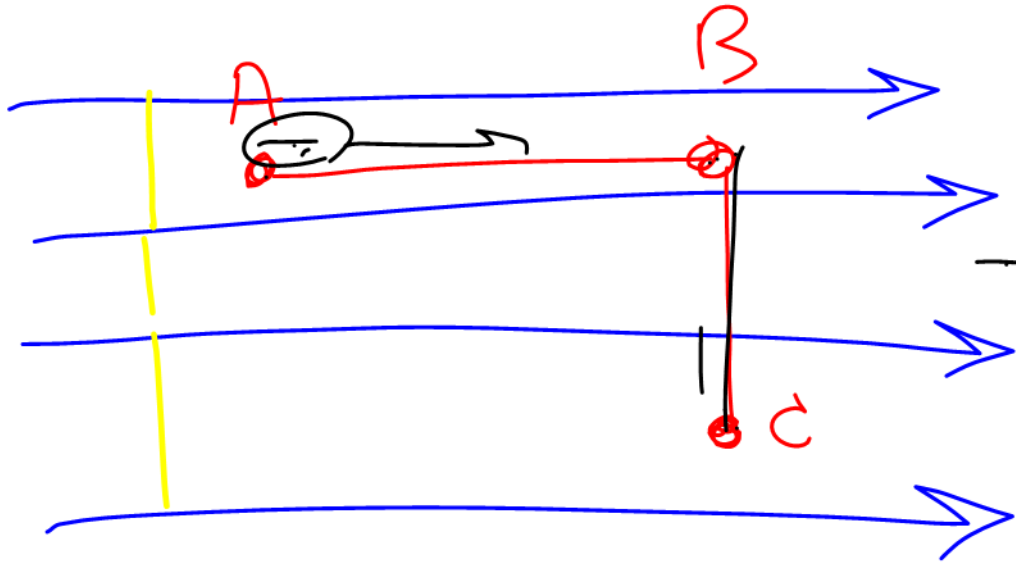
تکرار کم معلوم \Rightarrow بیان E و F \leftarrow بنزد

یا نرسود یا سفن شود
 U \rightarrow چنانچه U \rightarrow پتانسیل الکتریکی

$\sqrt{\quad}$ \rightarrow پتانسیل الکتریکی

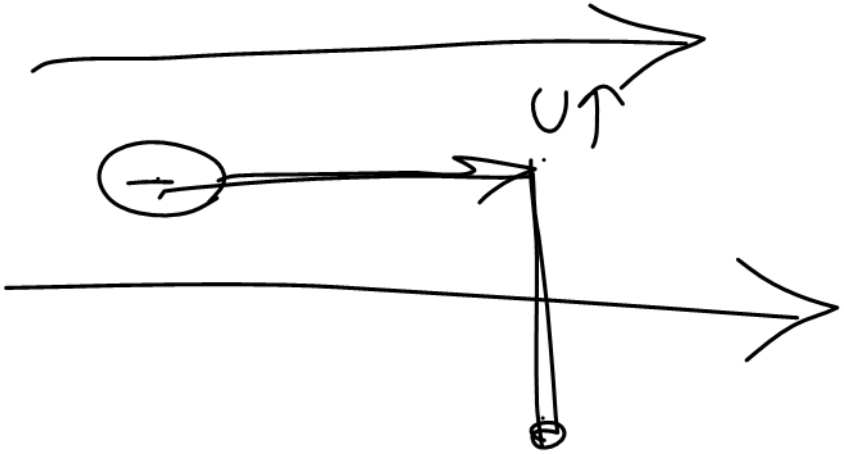
9

+



V	U	E	F	
				A به B
				B به C

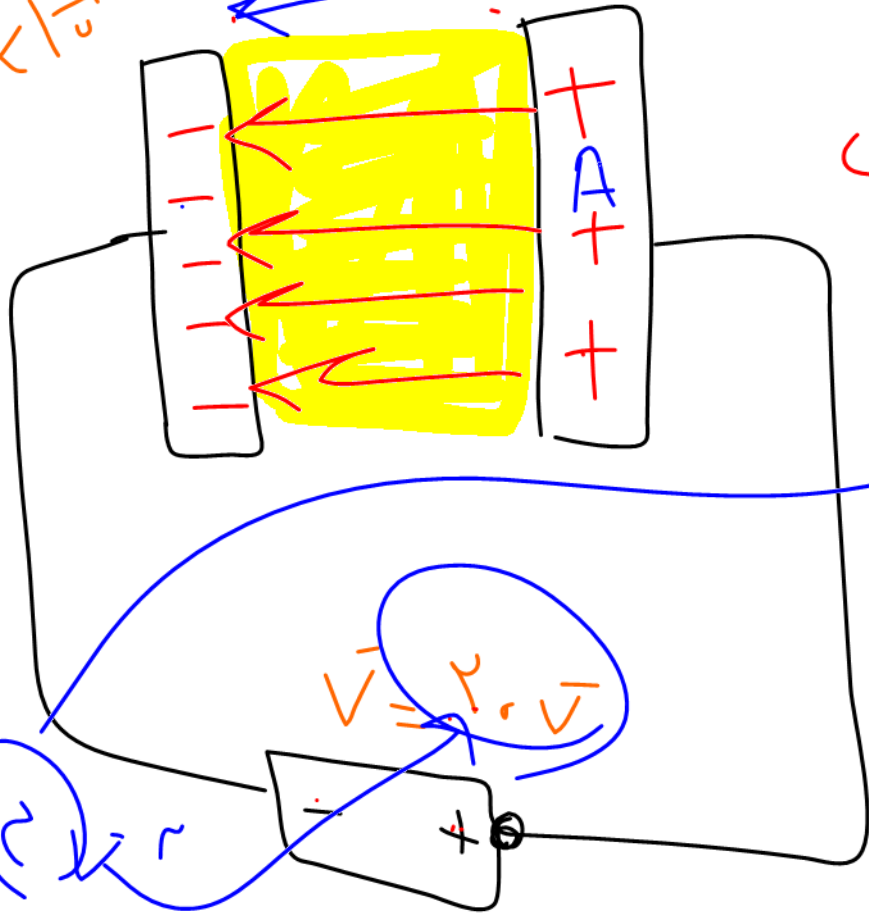
+



-

$A = 2 \text{ cm}^2$
 $\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12}$

$d = 2 \text{ mm}$



الف

$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$

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

$E = \frac{V}{d}$

$$U = \frac{1}{r} \rightarrow \sqrt{r}$$

200

خازن

ظرفیه

\Rightarrow

$$C = k \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

اززی

\rightarrow

$$U = \frac{1}{2} C V^2$$

مسئله

\Rightarrow

$$E = \frac{V}{d}$$

