



# الکتریسیته ساکن

مهندس مهدی باباخانی

سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴

کارنامه خرد

[www.karnamehkherad.com](http://www.karnamehkherad.com)

استفاده از این جزوات فقط برای دانش آموزانی که در کلاسهای آنلاین یا حضوری بنده در موسسه کارنامه خرد ثبت نام نموده اند.  
استفاده از این جزوه برای سایرین شرعا و اخلاقا حرام میباشد



## دستورالعمل استفاده از کلاسها و جزوات

با درود بر دانش آموزان عزیز، در مقدمه موارد بسیار مهمی را به اطلاع شما عزیزان باید برسانیم. برای اثربخش بودن کلاسهای آنلاین باید موارد زیر را رعایت فرمایید، در غیر اینصورت نمیتوانید بهره کافی را از کلاسهای ما ببرید.

- ۱- کلاسها را حتما بصورت آنلاین ببینید و در طول سال تحصیلی حداکثر دو یا سه بار در صورت بروز مشکل تکرار پخش زنده را از پنل خود مشاهده نمایید
- ۲- هنگام برگزاری کلاسها، همانند زمانی که در مدرسه حضور داشته اید، بصورت استاندارد نشسته کلاس را مشاهده نمایید و خودکار و دفتر در جلوی شما قرار داشته باشد.
- ۳- هنگامی که اساتید برای حل سوالات به شما وقت میدهند، به سرعت بر روی چکنویس سوالها را خودتان حل کنید سپس پاسخ را با استاد کلاس مقایسه نمایید.
- ۴- پس از برگزاری کلاسها، اگر مطلبی را به خوبی متوجه نشدید، تکرار فیلمها را از پنل خود مشاهده نمایید
- ۵- بعد از برگزاری کلاسها، حداقل صد تست/تمرین از مباحث تدریس شده در طول هفته حل نمایید
- ۶- تمریناتی که باید حل کنید شامل موارد زیر است:  
الف: حل مجدد سوالات حل شده در کلاس  
ب: حل سوالات هومورک جزوات  
ج: حل صد تست/تمرین از کتابی که به شما معرفی میگردد
- ۷- پس از ثبت نام، در گروه های رفع اشکال عضو میگردید، چت کردن در این گروه ها ممنوع است و فقط اجازه دارید مشکلات درسی خود را مطرح نمایید و در صورت چت غیر درسی فوراً توسط ادمینها از گروه ریموو میگردید.
- ۸- پس از حل هومورک های جزوه پاسخ آنها را از آدرس زیر کنترل نمایید



پی دی اف پاسخنامه ها در :

<https://karnamehkherad.com/homeworks>



### الکتریسته ساکن

دانشمندان یونان باستان را باید پدران علم الکتریسته به حساب بیاوریم. آنها متوجه شده بودند که اگر قطعه‌ای از کهر با پارچه پشمی مالش داده شود و سپس به خرده‌های کاه نزدیک گردد، آن خرده‌ها به سوی کهر با کشیده میشوند. ما امروز میدانیم که این نیروی کشش ناشی از یک نیروی الکتریکی است. در واقع واژه الکتریسته از واژه یونانی الکترون گرفته شده است که به معنای کهر باست.

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

### بار الکتریکی چیست و از کجا بوجود می‌آید

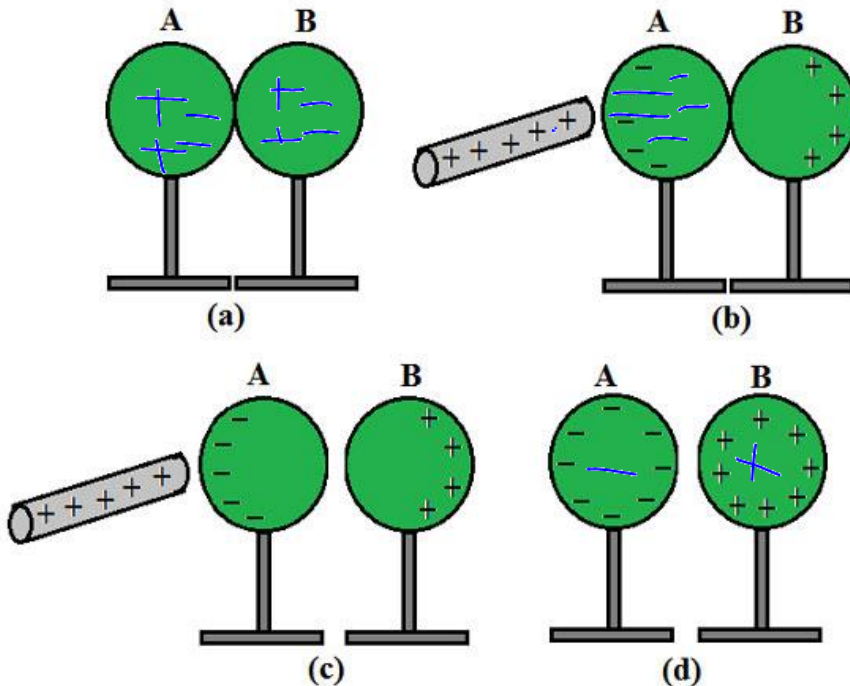
بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود و فقط از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. به این اصل، پایستگی بار الکتریکی گفته می‌شود.

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 گوی‌ها می‌گیریم سپس گوی‌ها را از هم دور می‌کنیم.





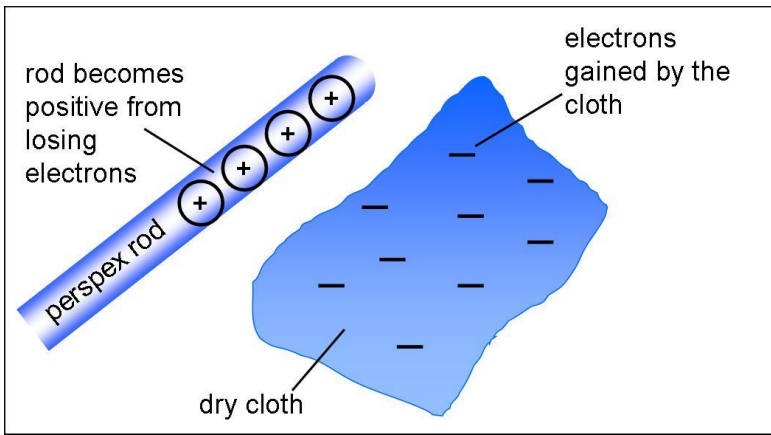
### نکته در مورد مالش

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

### مثال:

اگر شیشه را به موی انسان مالش دهیم: شیشه - موی انسان +

اگر شیشه را به موی گربه مالش دهیم: شیشه + موی گربه -

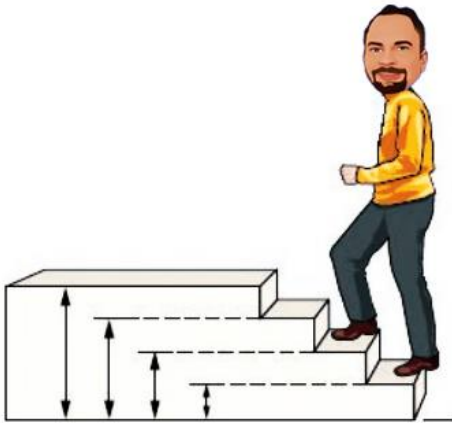


## نکات محاسبه اندازه بار الکتریکی و خاصیت کوانتومی بودن بار

کوانتوم یعنی گسسته بودن به زبان ساده بعضی مواد رو همیشه از یه حدی ریزتر کرد مثلاً آدم یا یک دونه است یا دو تا آدم یا سه تا آدم. بنابراین نمیتوان گفت یک آدم و نصفی!!!  
بار الکتریکی نیز کوانتومی است یعنی بار یک جسم یا به اندازه بار یک الکترون 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 تجربههایی 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  $e = 1.6 \times 10^{-19}$



$$q = \pm ne$$

Handwritten annotations: 'q' is labeled 'بار (ق)', 'n' is labeled 'تعداد', and 'e' is labeled '1.6 x 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 -

نوع بار در مالش

پلاستیک و پشم ← پلاستیک - و پشم +

$$q = \pm ne$$

مقدار بار



**تست:** یک خط کش پلاستیکی را با موی انسان <sup>+</sup> 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؟

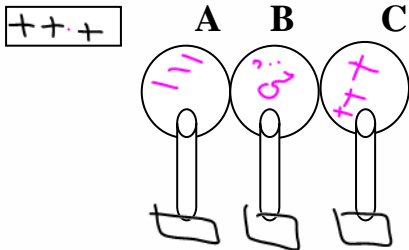
- (۱)  $+2 \times 10^{-8}$       (۲)  $-2 \times 10^{-8}$       (۳)  $+12/8 \times 10^{-9}$       (۴)  $-12/8 \times 10^{-9}$  ✓

$q = -ne$   
 $q = -8(10^{10}) \cdot 1.6 \times 10^{-19} = -12.8 \times 10^{-9}$  ?

**تست:** میله‌ای شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش داده و در کنار کره A قرار می دهیم بار کره‌های A, B, C به

ترتیب از راست به چپ کدامست؟ (کره‌ها رسانا هستند)

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



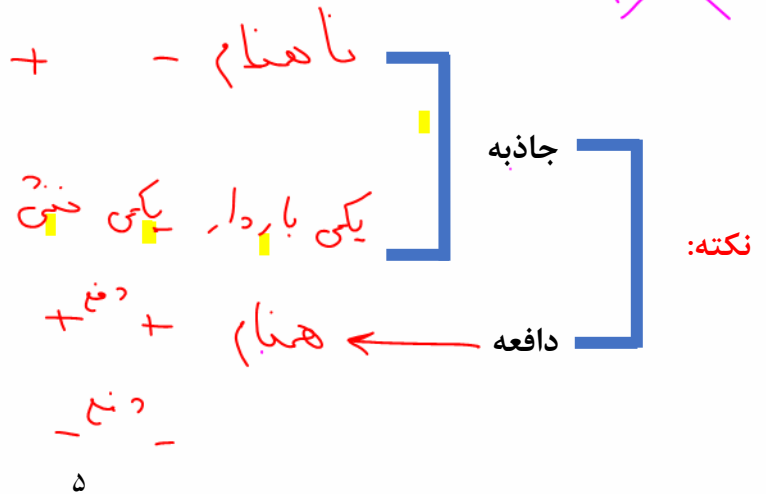
**تست:** سه جسم A, B, C را دو به دو به هم نزدیک می کنیم، وقتی ⚠️ را به B نزدیک می کنیم همدیگر را با

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 غیرهم نام دارند.

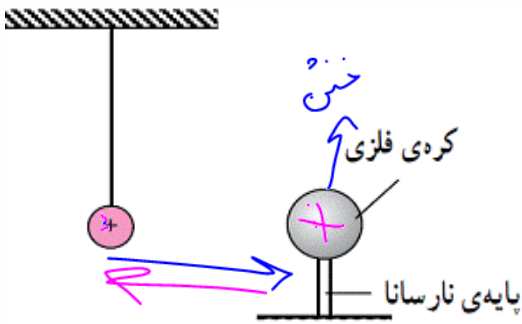
(۵) هیچکدام

- (۳) B بدون بار و C خنثی است.      (۴) A بدون بار و B باردار است. ✓





**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 می‌چسبید.
- (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.

$$q = \pm n e$$

**تست:** کدام گزینه بار الکتریکی یک جسم می‌تواند باشد؟

- (۱)  $32 \times 10^{-20}$  ✓
- (۲)  $52 \times 10^{-20}$  ✗
- (۳)  $50 \times 10^{-20}$  ✗

$$32 \times 10^{-20} = n \cdot 16 \times 10^{-20} \quad n = 2$$

$$52 \times 10^{-20} = n \cdot 16 \times 10^{-20} \quad n = \frac{52}{16} = 3.25$$

$$50 \times 10^{-20} = n \cdot (16 \times 10^{-20}) \quad n = \frac{50}{16} = 3.125$$

(۴) هر سه گزینه می‌تواند بار یک جسم باشد.

**تست:** بار الکتریکی اتم  $^{12}_6\text{C}$  و هسته اتم  $^4_2\text{He}$  به ترتیب از راست به چپ بر حسب کولن برابرست با...

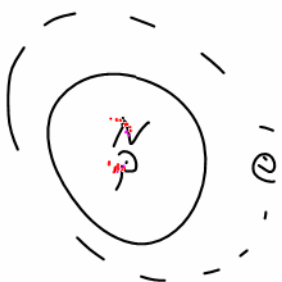
- (۱) صفر - صفر ✓
- (۲) صفر -  $3.2 \times 10^{-19}$  ✓
- (۳)  $3.2 \times 10^{-19}$  -  $9.6 \times 10^{-19}$  ✗
- (۴) هیچکدام ✗

$$q_p = +ne = +2(1.6 \times 10^{-19}) = +3.2 \times 10^{-19}$$

$$q_e = -ne = -2(1.6 \times 10^{-19}) = -3.2 \times 10^{-19}$$

$$q_{\text{اتم}} = +3.2 \times 10^{-19} - 3.2 \times 10^{-19} + 0 = 0$$

$q_{\text{هسته}} = +3.2 \times 10^{-19}$



$$\text{He} \begin{cases} q_p = +ne = +2(1.6 \times 10^{-19}) = 3.2 \times 10^{-19} \\ q_e = -ne = -2(1.6 \times 10^{-19}) = -3.2 \times 10^{-19} \\ q_{\text{اتم}} = 0 \\ q_{\text{هسته}} = +3.2 \times 10^{-19} \end{cases}$$



## الکتروسکوپ

الکتروسکوپ وسیله ای است که معمولا دارای دو ورقه ی نازک طلا است که روی یک تیغه فلزی قرار دارد و تیغه فلزی به یک کلاهک رسانا متصل شده است که 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 رسانایا 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.

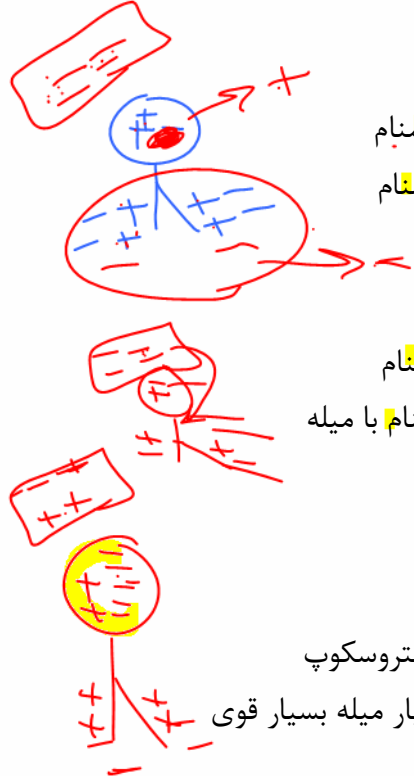
همچنین از الکتروسکوپ برای تعیین رسانا یا نارسانا بودن اجسام نیز میتوانیم استفاده کنیم برای این منظور، باید جسم مورد نظر را به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس دهیم، اگر جسم رسانا باشد، قسمتی از بارهای الکتریکی الکتروسکوپ به جسم منتقل شده سپس از طریق دست و بدن ما به زمین تخلیه میشود و فاصله، دو ورقه از هم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



میله باردار را به کلاهک **نزدیک** کنیم: کلاهک **ناهمنام** ورقه‌ها **همنام**

الکتروسکوپ **خنثی**

میله باردار **رسانا** را به کلاهک **تماس** دهیم: کلاهک **همنام** ورقه‌ها **همنام** با میله

الکتروسکوپ **باردار**

ورقه‌ها **بازتر** شود: بار میله و الکتروسکوپ **همنام**  
 ورقه‌ها **جمع** تر شود: بار میله و الکتروسکوپ **ناهمنام**  
 ورقه‌ها **نخست** جمع سپس **از هم دور**: بار میله و الکتروسکوپ **ناهمنام** ولی بار میله بسیار قوی

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



## Home work 1

۱) چه تعداد از جملات زیر درست می باشند؟

الف) در اجسام نارسانا، بارهای الکتریکی فقط در محل تماس (مالش) مستقر می شوند.

ب) در جدول سری تریپوالکتریک هر چه انتهای منفی سری به انتهای مثبت سری نزدیک شویم، الکترون خواهی زیاد می شود.

ج) در القای الکتریکی همیشه جسم القاکننده و جسم القاشونده هم دیگر را جذب می کنند.

د) براساس اصل بایستگی بارهای الکتریکی، جمع جبری بار الکتریکی دو جسم قبل و بعد از تماس یکسان است.

۱) ۲) ۳) ۴) ۳) ۲) ۴) ۴)

۲) کدامیک از گزینه های زیر، می تواند بار الکتریکی یک جسم بر حسب کولن باشد؟  $(e = 1/6 \times 10^{-19} C)$

۱)  $3/2 \times 10^{-20}$  ۲)  $1/6 \times 10^{-20}$  ۳)  $8 \times 10^{-19}$  ۴)  $6/4 \times 10^{-20}$

۳) با توجه به جدول سری الکتریسیته مالشی زیر، اگر جسم A را به جسم خنثی D مالش دهیمف اندازه ی بار جسم D برابر با خواهد شد. در این صورت کدام گزینه در مورد انتقال الکترونبین دو جسم صحیح است؟

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

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
E
F
انتهای منفی سری

۱) تعداد ۲ الکترون از جسم A به جسم D انتقال یافته است.

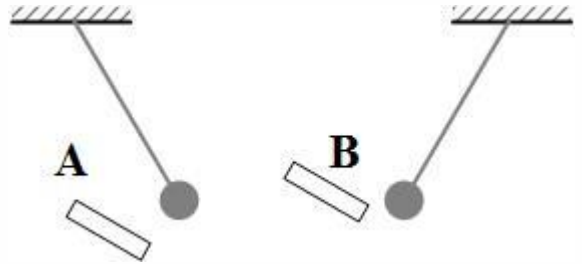
۲) تعداد ۱۲ الکترون از جسم D به جسم A انتقال یافته است.

۳) تعداد ۱۱ الکترون از جسم A به جسم D انتقال یافته است.

۴) تعداد ۱۱ الکترون از جسم D به جسم A انتقال یافته است.



۴) گلوله ای با بار مثبت را با یک نخ سبک و عایق از سقف آویزان کرده ایم در دو حالت مجزا، یک بار میله فلزی A و بار دیگر میله فلزی B را به آن نزدیک می کنیم. اگر گلوله در مجاورت هر یک از این میله ها، به صورت نشان داده شده قرار بگیرد، میله A و میله B به ترتیب از راست به چپ کدام وضعیت را دارند؟



۱) الکترون از دست داده است - الکترون به دست آورده است.

۲) الکترون از دست داده است - الکترون به دست آورده است و یا خنثی می باشد.

۳) الکترون از دست داده است و یا خنثی می باشد - الکترون به دست آورده است.

۴) الکترون از دست داده و یا خنثی می باشد - الکترون به دست آورده است و یا خنثی می باشد.

۵) بار الکتریکی هسته یون  $X^{-5}$  برابر  $4/8 \times 10^{-12} \mu C$  است. عدد اتمی این عنصر کدام است؟ (اندازه بار الکترون  $1/6 \times 10^{-19} C$  است.)

- ۲۰ (۱)      ۳۰ (۲)      ۲۵ (۳)      ۳۵ (۴)

۶) بار الکتریکی اتم کربن دو بار یونیده ( $12_6C^{2+}$ ) چند کولن است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

- $4/8 \times 10^{-19}$  (۱)       $3/2 \times 10^{-19}$  (۲)       $4/8 \times 10^{-16}$  (۳)       $3/2 \times 10^{-19}$  (۴)

۷) چهار کره رسانای مشابه را در نظر بگیرید. کره D با بار اولیه صفر با کره A تماس داده شده و سپس از آن جدا می شود. پس از آن کره D با کره B با بار اولیه  $16 \mu C$  - تماس داده شده و سپس از آن جدا می شود. سرانجام کره D با کره C با بار اولیه  $32 \mu C$  + تماس داده شده و از آن جدا می شود. بار نهایی

کره D برابر  $8 \mu C$  + است. بار اولیه کره A چند میکروکولن بوده است؟

- $-32$  (۱)       $+32$  (۲)       $+12$  (۳)       $-12$  (۴)

۸) مجموع بار الکتریکی چه تعداد یون  $Fe^{2+}$  با عدد اتمی ۲۶، برابر با  $4 \mu C$  است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

- $1/25 \times 10^{13}$  (۱)       $1/04 \times 10^{13}$  (۲)       $9 \times 10^{11}$  (۳)       $2/08 \times 10^{12}$  (۴)

۹) عدد اتمی آهن ۲۶ است. بار الکتریکی یون  $Fe^{3+}$  و بار الکتریکی هسته ی اتم آهن به ترتیب از راست به

چپ چند میکروکولن است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

- $-4/8 \times 10^{-13}$  و  $4/16 \times 10^{-12}$  (۱)       $-4/8 \times 10^{-13}$  و صفر (۲)

- $4/8 \times 10^{-13}$  و  $4/16 \times 10^{-12}$  (۳)       $4/8 \times 10^{-13}$  و صفر (۴)



۱۰) بانزدیک کردن یک کره فلزی به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار، ورقه‌ی الکتروسکوپ به هم نزدیک می‌شوند. در این صورت می‌توان گفت که کره فلزی حتماً:

۱) باری موافق با بار الکتروسکوپ دارد.

۲) باری مخالف با بار الکتروسکوپ دارد.

۳) بدون بار است.

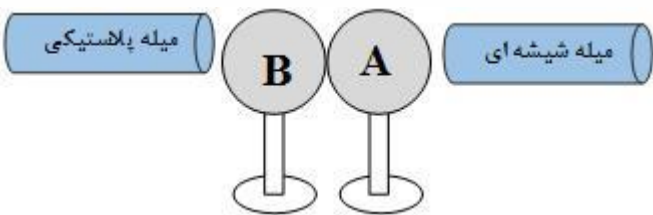
۴) یا بدون بار است وی باری مخالف با بار الکتروسکوپ دارد.

۱۱) چهار جسم A, B, C و D را دو به دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. اگر A و B یکدیگر را جذب و C و B هم یکدیگر را جذب کنند، ولی A و D یکدیگر را دفع کنند، کدامیک از گزینه‌ها نمی‌تواند درست باشد؟

۱) بار A و D هم نام (۲) بار A و C نام هم نام

۳) B و C هر دو بدون بار الکتریکی (۴) بار B و D هم نام

۱۲) یک میله پلاستیکی با یک پارچه پشمی و یک میله شیشه‌ای با یک پارچه کتان مالش داده شده‌اند. مطابق شکل زیر، میله‌های باردار را به کره‌های متصل به هم A و C که خنثی هستند نزدیک می‌کنیم به طوری که به اندازه Q روی کره A بار جمع شود. در همین حالت کره C را از کره A جدا کرده و سپس میله‌های باردار را از کره‌ها دور می‌کنیم. اگر کره B را که در ابتدا خنثی است ابتدا به کره A و سپس با کره C تماس دهیم، بار کره B در نهایت چه قدر می‌شود؟ (سه کره A, B و C فلزی و مشابه هستند و بر روی پایه‌های عایق قرار دارند.)



سری الکتریسیته مالشی
انتهای مثبت سری
شیشه
پشم
پارچه کتان
پلاستیک
انتهای منفی سری

$$+ \frac{Q}{2} \text{ (۴)} \quad + \frac{Q}{4} \text{ (۳)} \quad - \frac{Q}{4} \text{ (۲)} \quad - \frac{Q}{2} \text{ (۱)}$$

۱۳) اگر جسمی با بار الکتریکی مثبت،  $6/25 \times 10^{12}$  الکترون می‌گیریم، بار الکتریکی جسم، ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. بار اولیه جسم چند میکروکولن بوده است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

$$۱ \text{ (۱)} \quad ۲ \text{ (۲)} \quad ۳ \text{ (۳)} \quad ۴ \text{ (۴)}$$

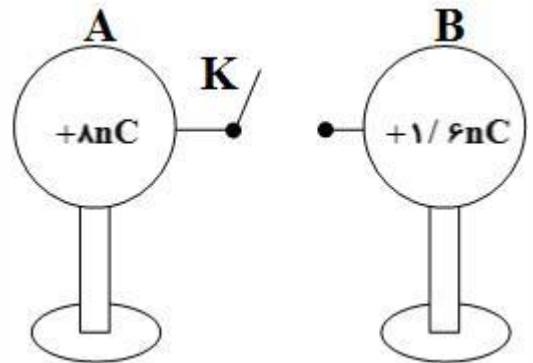
۱۴) کره‌ای رسانا دارای بار الکتریکی مثبت است. اگر  $5 \times 10^{13}$  الکترون به کره بدهیم، بار آن منفی و به اندازه  $\frac{2}{3}$  برابر اندازه بار اولیه اش می‌شود. با اتصال این کره به کره‌ای مشابه که دارای بار  $۱۹/۲ \mu C$  است، چند

میکروکولن بار از یکی به دیگری منقل می‌شود؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )

$$۸ \text{ (۱)} \quad ۱۱/۲ \text{ (۲)} \quad ۱۲/۴ \text{ (۳)} \quad ۱۲/۲ \text{ (۴)}$$



۱۵) در شکل زیر دو کره مشابه رسانا و باردار روی پایه‌های عایقی قرار دارند. در این حالت با وصل کلید K، به ترتیب از راست به چپ تعداد ..... الکترون از که ..... به کره ..... منتقل می‌شود. (فرض کنید هیچ باری روی سیم رابط باقی نمی‌ماند و  $e = 1/6 \times 10^{-19} C$ )



- (۱)  $B, A, 2 \times 10^{10}$  (۲)  $A, B, 2 \times 10^{10}$  (۳)  $A, B, 4 \times 10^{10}$  (۴)  $B, A, 4 \times 10^{10}$

۱۶) جسم رسانای بارداری که شکل غیر کروی دارد روی پایه‌ی عایقی قرار دارد. یک سر سیمی را به کلاهک الکتروسکوپ وصل کرده ایم و سر دیگر آن را با عایقی گرفته و در تماس با جسم باردار، روی آن جابه جا می‌کنیم در این جابه جایی، ورقه‌های الکتروسکوپ:

- (۱) در تماس با نقاط نوک تیز بیش تر باز می‌شوند و در دیگر نقاط کم تر  
 (۲) سریع به حالت خنثی در آمده و به هم می‌چسبند.  
 (۳) در یک وضعیت ثابت می‌مانند.

(۴) در تماس با نقاط نوک تیز جسم کم تر باز می‌شوند و در دیگر نقاط بیش تر

۱۷) صفحات یک الکتروسکوپ باز هستند، اگر یک میله‌ی رسانای خنثی را به کلاهک آن نزدیک کنیم، صفحات الکتروسکوپ .....  
 (۱) دورتر می‌شوند. (۲) نزدیک می‌شوند.  
 (۳) تغییر نمی‌کند. (۴) بسته به علامت بار الکتروسکوپ هر سه ممکن است.

۱۸) یک میله‌ی نارسانا را که بار الکتریکی آن مثبت است، به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم و در این حالت دست دیگر خود را به کلاهک تماس داده و جدا می‌کنیم و سپس میله‌ی باردار را نیز از کلاهک دور می‌کنیم. در این حالت، کلاهک دارای بار الکتریکی ..... می‌شود و ورقه‌ها با بار ..... از هم دور می‌شوند.

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

۱۹) مجموع بار الکترون‌های موجود در ۱۸۰ گرم آب، چند کولن است؟ (جرم مولکولی آب  $18 \frac{g}{mol}$ ، عدد آووگادرو تقریباً  $6 \times 10^{23}$  و اندازه‌ی بار هر الکترون  $1/6 \times 10^{-19}$  است.)  
 (۱)  $-1/6 \times 10^{-17}$  (۲)  $-9/6 \times 10^5$  (۳)  $-1/6 \times 10^{-18}$  (۴)  $-9/6 \times 10^6$



۲۰) برای اندازه‌گیری بار الکتریکی الکترون از آزمایش میلیکان استفاده می‌شود. در آزمایش میلیکان، روی یک قطره‌ی روغن مقداری بار الکتریکی وجود دارد. این قطره‌ی روغن در یک میدان الکتریکی معلق می‌ماند. با اندازه‌گیری جرم قطره‌ی روغن و دانستن میدان الکتریکی می‌توان بار روی قطره‌ی روغن را به دست آورد. بار سه قطره روغن به ترتیب  $3/9 \times 10^{-19} C$  ،  $6/5 \times 10^{-19} C$  و  $9/1 \times 10^{-19} C$  اندازه‌گیری شده است. براساس این اندازه‌گیری‌ها کدامیک از گزینه‌های زیر می‌تواند بار یک الکترون باشد؟

۱)  $1/3 \times 10^{-19} C$    ۲)  $2/6 \times 10^{-19} C$    ۳)  $1/6 \times 10^{-19} C$    ۴)  $3/9 \times 10^{-19} C$



### قانون کولن

نیروی که دو جسم باردار بر هم وارد می کنند، نیروی الکتریکی نام دارد. نیروهای الکتریکی ممکن است، رپایشی یا رانشی باشند. دیدیم که اگر بارهای الکتریکی دو جسم همانام 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، رپایشی 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:

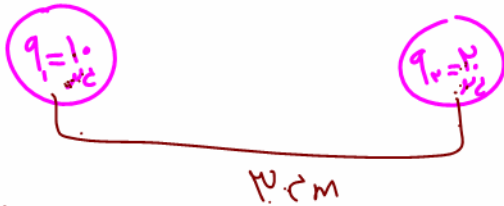
بزرگی نیروی الکتریکی رپایشی یا رانشی بین دو ذره با بارهای  $q_1$  و  $q_2$  که در فاصله  $R$  از یکدیگر قرار دارند، با حاصل ضرب اندازه بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله دو ذره از هم، نسبت وارون دارد

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

*Handwritten note:  $\propto \frac{1}{R^2}$*

در آن  $q_1$  و  $q_2$  بارهای الکتریکی دو ذره برحسب کولن  $\tau$ ، 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 فرمول



$$F = 9 \times 10^9 \frac{10 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-6}}{(0.2 \times 10^{-2})^2}$$

*Handwritten note: استفاده کنیم*

$$F = 9 \times 10^9 \frac{(10)(20)}{4} = 2000$$

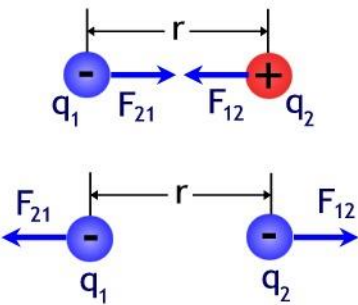
$$F = K \frac{|q_1||q_2|}{R^2} \text{ (SI)}$$

*Handwritten note: فرمول اصلی (SI)*

$$F = 9 \times 10^9 \frac{|q_1||q_2|}{R^2}$$

*Handwritten note: تستی (فاصله سانتی و بار میکرو) بدون تبدیل واحد*

قانون کولن





**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)  $200 \times 10^{+12}$  جاذبه
- (۲)  $200 \times 10^{-9}$  دافعه
- (۳)  $200 \times 10^{-12}$  جاذبه
- (۴) هیچکدام سوال غلط است.

Handwritten notes for the first test:

$$q = n e$$

$$50 \times 10^{-20} = n \cdot 1.6 \times 10^{-19}$$

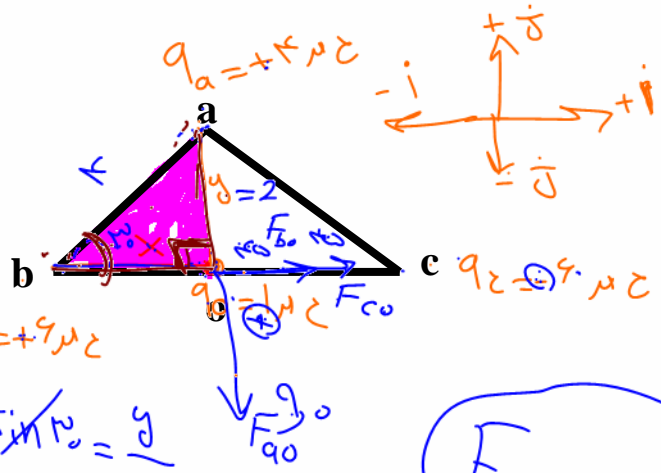
$$n = \frac{50}{1.6} = 3.125$$

(Note: The above calculation is crossed out with a red X.)

Handwritten calculation for the force:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (-50 \times 10^{-20}) \times (4 \times 10^{-6})}{(0.03)^2}$$

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



Handwritten calculations for force components:

$$90i + 90j$$

$$90i - 90j$$

$$45i - 45j$$

$$90i - 45j$$

Handwritten calculation for force from a to c:

$$F_{ao} = \frac{90 \times 4}{(2)^2} = 90$$

Handwritten calculation for force from b to c:

$$F_{co} = F_{bo} = \frac{90 \times 6}{(1)^2} = 540$$

Resulting force vector:

$$F_{\pi} = 90i - 90j$$

Handwritten trigonometric calculations:

$$\sin 30 = \frac{y}{4} \Rightarrow y = 2$$

$$\cos 30 = \frac{x}{4} \Rightarrow x = \frac{2\sqrt{3}}{1}$$



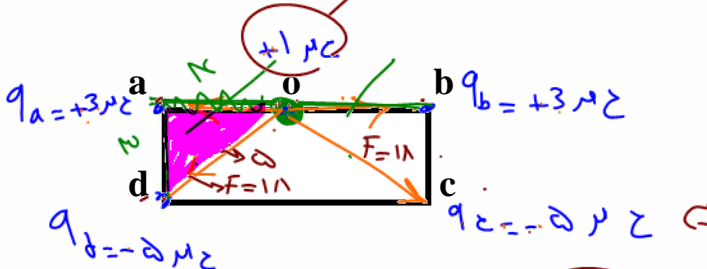


**تست:** با توجه به شکل مقابل اگر بار  $q_0$  برابر مثبت یک میکروکولن باشد و در وسط خط واصل بین دو بار  $q_b$  و

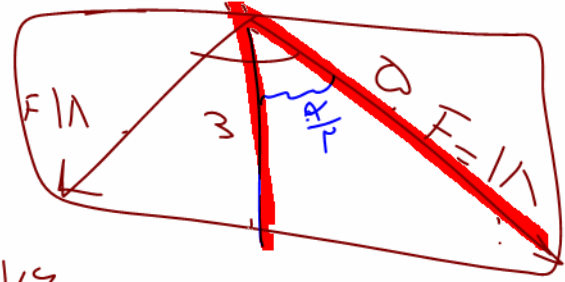
$q_a$  باشد بردار برآیند نیروهای وارد بر  $q_0$  چند نیوتن است؟

$ad = 3\text{cm}$     $ab = 8\text{cm}$     $q_a = q_b = 3\mu\text{C}$     $q_d = q_c = -5\mu\text{C}$

- ۱۸ (۴)    $18\sqrt{2}$  (۳)    $21/6$  (۲)    $28/8$  (۱)



$F_{c0} = F_{d0} = 90(5)(1) \frac{1}{9} = 18$



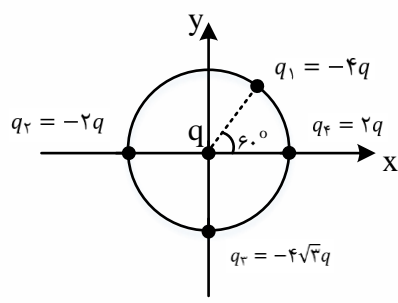
$F_T = 2F \cos \alpha$   
 $F_T = 2(18)(\frac{4}{5}) = 21.6$

**تست:** مطابق شکل زیر، بارهای الکتریکی نقطه ای روی محیط و مرکز دایره ای به شعاع  $r$  قرار گرفته اند. اگر

اندازه ی برآیند نیروهای وارد بر بار  $q$  در مرکز دایره از طرف بارهای دیگر چند نیوتن باشد،  $\frac{kq^2}{r^2} = 10N$

است؟

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



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

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

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

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

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

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

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

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

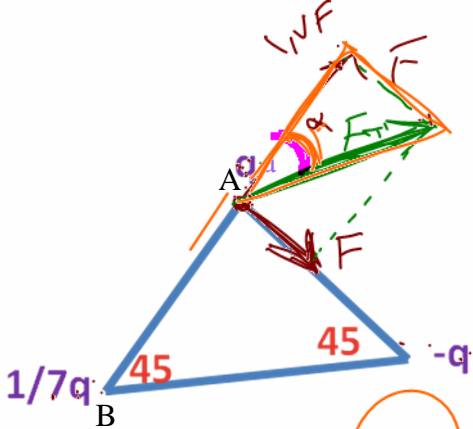
$$F_T = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{20^2 + (20\sqrt{3})^2} = 40N$$



**تست:** در شکل زیر مثلث قائم الزاویه و متساوی الساقین است، زاویه بین برایندهای نیروهای وارد بر بار  $q_a$  و با

امتداد پاره خط BA چند درجه است؟

- ۶۰ (۴)      ۴۵ (۳)      ۳۷ (۲)      ۳۰ (۱) ✓



$$F = \frac{k \cdot q \cdot q}{R^2}$$

$$F = \frac{k \cdot (1/7q) \cdot q}{R^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{1/7 \cdot F}{F} = \frac{1}{7}$$

$$\alpha = 14^\circ$$



**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؟

- ۱۰ (۴)      ۷۰ (۳)      ۲۵ (۲)      ۳۰ (۱)



## 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)

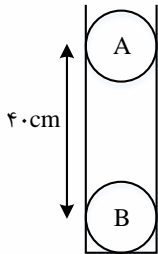
**تست:** دو کره فلزی غیر مشابه  $A$  و  $B$  که دارای بار الکتریکی  $q_A = +4C$  و  $q_B = +16C$  می‌باشند و از فاصله  $d$  برهم نیروی  $F$  وارد می‌کنند اگر دو کره را باهم تماس داده و سپس آنها را در همان فاصله قبلی قرار دهیم در اینصورت نیروی بین آنها چندبرابر حالت اول می‌شود؟ (شعاع کره  $B$  سه برابر 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  $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ )

(۱) ۲ (۲) ۰/۰۵ (۳) ۰/۶ (۴) اصطکاک ندارد



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

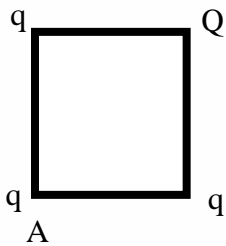
$$F = k \frac{|q_A||q_B|}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 4 \times 10^{-12}}{(0.4)^2} = 0.45 N$$

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

**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) ۱/۴ (۲) ۲/۸ (۳) -۱/۴ (۴) -۲/۸

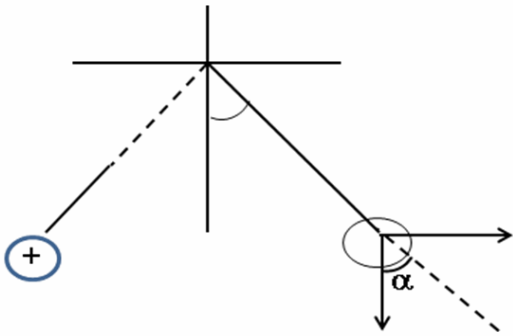


**پاسخ:** برایند q بر q ها باید با نیروی q بر Q برابرشود پس مختلف علامت هستند

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

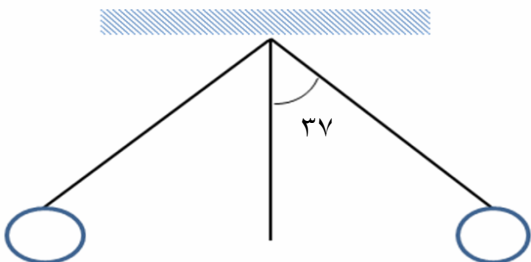


## قانون کولن و تعادل در آونگ ها:



**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  $37^\circ$  درجه است اگر طول آونگ ها برابر با  $10\text{cm}$  باشد و جرم هر گلوله  $2gr$  باشد کشش نخ سبک چند نیوتن است؟

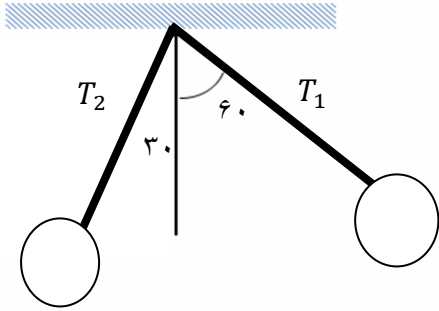
- (۱)  $0.025$       (۲)  $0.033$       (۳)  $0.5$       (۴) بسته به  $q$  دارد.





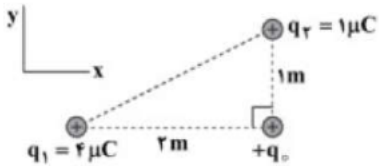
**تست:** در شکل زیر دو آونگ الکتریکی باردار و هم طول در حالت تعادل قرار دارند، کشش نخ  $T_1$  تقریباً چند برابر  $T_2$  است؟ (نخ ها عایق و با جرم ناچیز)

- (۱) ۰/۵
- (۲) ۲
- (۳)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- (۴)  $\frac{1}{\sqrt{3}}$



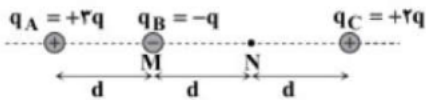
### Home work 2

۱) اگر در شکل مقابل، برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار نقطه‌ای  $+q$ ، از طرف بارهای  $q_1$  و  $q_2$ ، برابر  
 باشد،  $\vec{F} = (8 \times 10^{-2} N) \vec{i} + b \vec{j}$  باشد، b کدام است؟



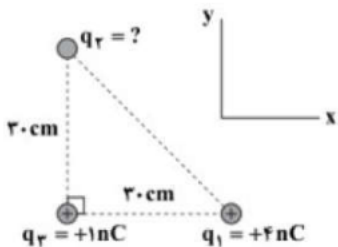
- $4 \times 10^{-2} N$  (۱)     
  $-4 \times 10^{-2} N$  (۲)     
  $8 \times 10^{-2} N$  (۳)     
  $-8 \times 10^{-2} N$  (۴)

۲) مطابق شکل، سه گوی مشابه کوچک در یک راستا قرار دارند. اگر گوی B را از نقطه‌ی M به نقطه‌ی N ببریم، اندازه‌ی  
 برابند نیروهای الکتریکی وارد بر آن چند برابر می‌شود؟



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

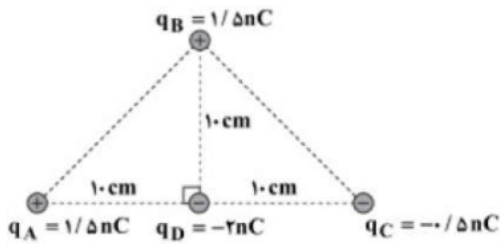
۳) مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین ثابت شده‌اند. اگر برآیند  
 نیروهای وارد بر بار  $q_2 = +1 nC$ ، به صورت  $\vec{F} = (-34 \times 10^{-7} N) \vec{i} + (5 \times 10^{-7} N) \vec{j}$  باشد،  $q_2$  کدام  
 است؟  $\left( k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$



- $+5 nC$  (۱)     
  $-5 nC$  (۲)     
  $+2 nC$  (۳)     
  $-2 nC$  (۴)



۴ چهار بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل، در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. اندازه‌ی برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_D$  کدام است؟  $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}\right)$

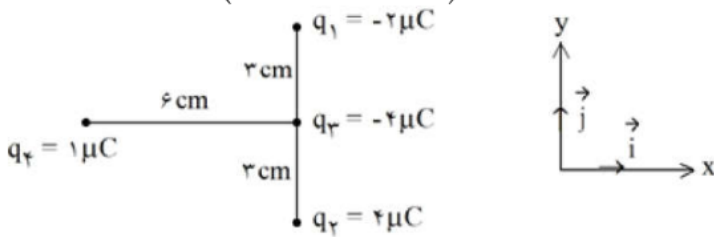


- ۱  $0/9 \times 10^{-6} N$     ۲  $4/5 \times 10^{-6} N$     ۳  $6/3 \times 10^{-6} N$     ۴  $8/1 \times 10^{-6} N$

۵ دو ذره‌ی باردار که در فاصله‌ی  $d$  از هم قرار دارند، بر یکدیگر نیرویی با بزرگی  $0/06 N$  وارد می‌کنند. اگر بار یکی از ذرات را نصف کنیم و فاصله‌ی دو بار را به  $\frac{d}{3}$  کاهش دهیم، اندازه‌ی نیرویی که دو ذره‌ی باردار بر هم وارد می‌کنند، چند نیوتن می‌شود؟

- ۱  $0/27$     ۲  $0/09$     ۳  $0/03$     ۴  $0/01$

۶ در شکل زیر، بردار برآیند نیروی خالص وارد بر بار  $q_3$  در SI کدام است؟  $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}\right)$

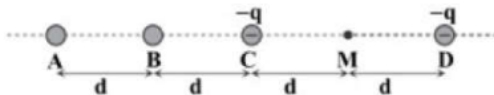


- ۱  $-10 \vec{i} - 240 \vec{j}$     ۲  $-10 \vec{i} - 80 \vec{j}$     ۳  $-10 \vec{i} + 240 \vec{j}$     ۴  $-10 \vec{i} + 80 \vec{j}$

۷ دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌نام  $q_1$  و  $q_2$  در فاصله‌ی  $d$  از یکدیگر قرار دارند و با نیروی الکتریکی  $F$  یکدیگر را دفع می‌کنند. اگر این دو بار را به اندازه‌ی  $x$  به یکدیگر نزدیک کنیم، اندازه‌ی نیروی دافعه‌ی بین آن‌ها  $\frac{5}{4} F$  افزایش می‌یابد. حاصل  $\frac{x}{d}$  کدام است؟

- ۱  $\frac{1}{4}$     ۲  $\frac{1}{3}$     ۳  $\frac{1}{4}$     ۴  $\frac{1}{9}$

۸ مطابق شکل، چهار گوی باردار کوچک در اختیار داریم. اگر بار ذره‌ای  $+q$  را در نقطه‌ی  $M$  قرار دهیم، برآیند نیروهای وارد بر آن صفر می‌شود. کدامیک از گزینه‌های زیر درست است؟

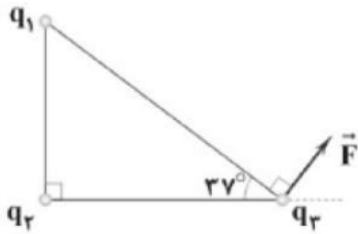


- ۱ بار گوی‌های A و B ناهم‌نام هستند و  $|q_A| > |q_B|$     ۲ بار گوی‌های A و B ناهم‌نام هستند و  $|q_A| < |q_B|$   
 ۳ بار گوی‌های A و B هم‌نام هستند و  $|q_A| > |q_B|$     ۴ بار گوی‌های A و B هم‌نام هستند و  $|q_A| < |q_B|$



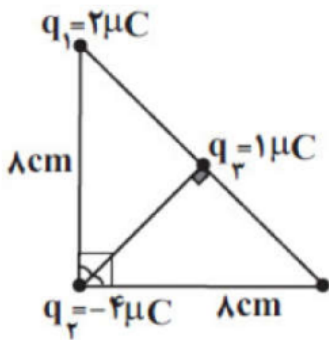


۹ در شکل زیر، سه بار نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  و  $q_3$  روی رأس‌های مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند و برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  بردار  $\vec{F}$  است. نسبت  $\frac{F_{23}}{F_{13}}$  کدام است؟  $(\sin 53^\circ = 4/5, \sin 37^\circ = 3/5)$



- ۱)  $\frac{4}{3}$       ۲)  $\frac{3}{4}$       ۳)  $\frac{5}{4}$       ۴)  $\frac{4}{5}$

۱۰ مطابق شکل مقابل، سه بار نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  و  $q_3$  در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  از طرف بارهای  $q_1$  و  $q_2$ ، چند نیوتون است؟  $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$

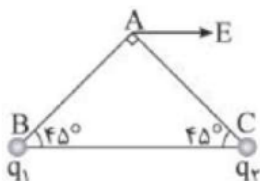


- ۱)  $\frac{\sqrt{15}}{16} \times 10^5$       ۲)  $\frac{90}{16} \sqrt{5}$       ۳)  $\frac{90}{16}$       ۴)  $\frac{\sqrt{5}}{32} \times 10^5$

۱۱ فاصله بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای مثبت برابر  $r_1$  است و به هم نیروی دافعه  $F_1$  وارد می‌کنند. اگر فاصله، ۲۰ درصد کاهش یابد و هریک از بارهای الکتریکی نیز ۲۰ درصد افزایش یابد، نیرویی که به هم وارد می‌کنند، چند  $F_1$  می‌شود؟

- ۱)  $\frac{16}{9}$       ۲)  $\frac{9}{4}$       ۳)  $\frac{3}{2}$       ۴)  $\frac{4}{3}$

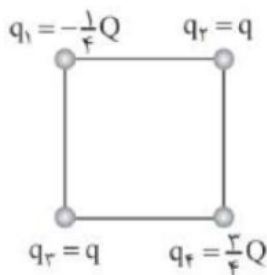
۱۲ در شکل زیر دو بار الکتریکی نقطه‌ای در رئوس B و C مثلث ABC قرار دارند و میدان الکتریکی خالص در نقطه A موازی ضلع BC است. نسبت  $\frac{q_1}{q_2}$  کدام است؟



- ۱)  $-\sqrt{2}$       ۲)  $+\sqrt{2}$       ۳)  $-1$       ۴)  $+1$



۱۳ در شکل زیر چهار ذره باردار در رأس‌های یک مربع قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار  $q_4$ ، صفر باشد،  $\frac{Q}{q}$  کدام است؟



- ۱)  $8\sqrt{2}$       ۲)  $-8\sqrt{2}$       ۳)  $2\sqrt{2}$       ۴)  $-2\sqrt{2}$

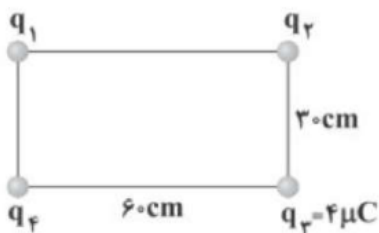
۱۴ در شکل زیر، برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر هر سه بار صفر است. بار  $q_2$  چند میکروکولن است؟



- ۱) -۴      ۲) +۴      ۳) -۱۲      ۴) +۱۲

۱۵ چهار ذره باردار در رأس‌های مستطیل نشان داده‌شده قرار دارند و نیروی خالص وارد بر بار  $q_2$  از طرف سایر بارها برابر با صفر است. اندازه‌ی نیرویی که بار  $q_1$  بر بار  $q_2$  وارد می‌کند، چند نیوتون است؟

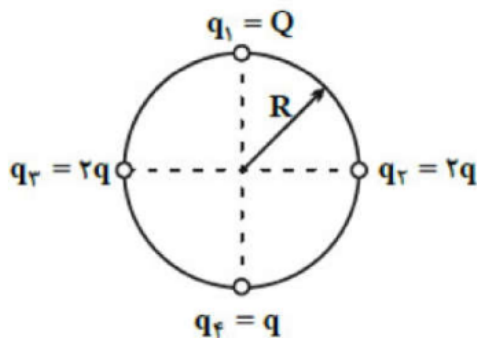
$$(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$



- ۱)  $64\sqrt{5}$       ۲) ۶۴      ۳)  $32\sqrt{5}$       ۴) ۳۲

۱۶ مطابق شکل مقابل چهار ذره باردار روی محیط دایره‌ای به شعاع R و روی دو قطر عمود بر هم آن ثابت شده‌اند. اگر بار

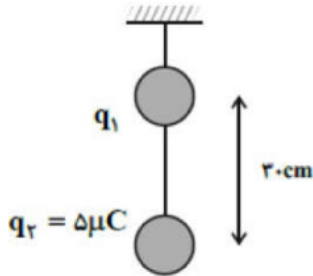
$q_4$  در حال تعادل باشد، نسبت  $\frac{Q}{q}$  کدام است؟



- ۱)  $8\sqrt{2}$       ۲)  $-8\sqrt{2}$       ۳)  $4\sqrt{2}$       ۴)  $-4\sqrt{2}$



۱۷) مطابق شکل مقابل، دو گلوله کوچک باردار با بارهای هم‌نام که جرم هر کدام  $20 \cdot g$  است، با نخ‌ی سبک به هم متصل و در حال تعادل‌اند. اگر در این حالت اندازه نیروی کشش نخ بین دو گلوله برابر با  $3N$  باشد، اندازه بار  $q_1$  چند میکروکولن است؟  
 $\left( k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}, g = 10 \frac{N}{kg} \right)$



۵ (۴)

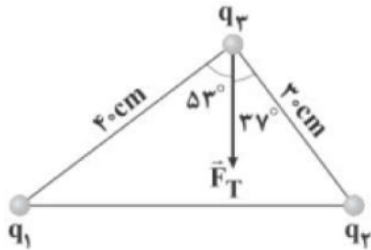
۴ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۱۸) مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$ ،  $q_2$  و  $q_3$  بر روی سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه ثابت شده‌اند. اگر  $\vec{F}_T$  برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  از طرف بارهای  $q_1$  و  $q_2$  باشد،  $\frac{q_1}{q_2}$  برابر کدام گزینه است؟

$(\sin 53^\circ = 4/5, \cos 53^\circ = 3/5)$



$\frac{4}{5}$  (۴)

$\frac{5}{4}$  (۳)

$\frac{4}{3}$  (۲)

$\frac{3}{4}$  (۱)

۱۹) دو کره‌ی مشابه فلزی که دارای بارهای الکتریکی  $q_1 = +20 \mu C$  و  $q_2 = -100 \mu C$  هستند و در فاصله‌ی  $r$  از یکدیگر قرار دارند، نیروی جاذبه‌ای به بزرگی  $F$  را به یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو کره را با هم تماس داده و سپس فاصله‌ی بین دو کره را به ۴ برابر فاصله‌ی قبلی برسانیم، بزرگی نیروی بین دو کره چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

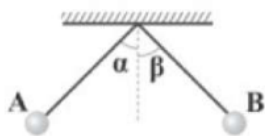
۵ - افزایش (۴)

۹۵ - افزایش (۳)

۹۵ - کاهش (۲)

۵ - کاهش (۱)

۲۰) مطابق شکل زیر، دو آونگ الکتریکی هم‌طول با بارهای هم‌نام  $q_A$  و  $q_B$  در مجاورت یکدیگر قرار گرفته‌اند. اگر  $m_B < m_A$  و  $|q_B| > |q_A|$  باشد، کدام گزینه در مورد زاویه‌ی انحراف دو آونگ از راستای قائم درست است؟



$\alpha < \beta$  (۲)

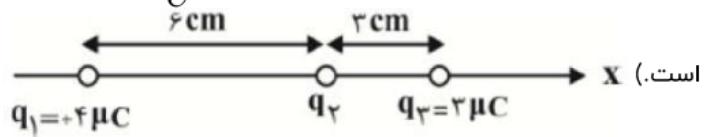
$\alpha > \beta$  (۱)

۴) بسته به شرایط، هر سه گزینه می‌توانند درست باشند.

$\alpha = \beta$  (۳)

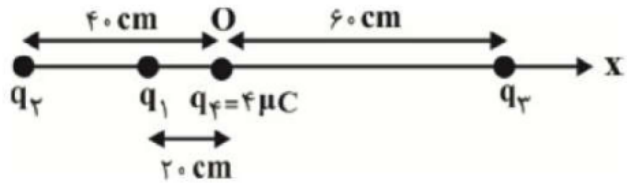


۲۱) مطابق شکل مقابل، اگر برآیند نیروهای وارد بر بار نقطه‌ای  $q_2$ ، چهار برابر برآیند نیروهای وارد بر بار نقطه‌ای  $q_3$  از طرف بارهای دیگر باشد،  $q_2$  چند میکروکولن است؟  $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$  و جهت برآیند نیروهای وارد بر  $q_3$  به سمت چپ است.



- ۱)  $\frac{8}{15}$       ۲)  $-\frac{8}{15}$       ۳)  $\frac{15}{8}$       ۴)  $-\frac{15}{8}$

۲۲) مطابق شکل مقابل، فاصله‌ی دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1 = -2 \mu C$  و  $q_2 = 16 \mu C$  از نقطه‌ی O به ترتیب ۲۰ cm و ۴۰ cm است. بار نقطه‌ای  $q_3$  در فاصله‌ی ۶۰ سانتی‌متر نقطه‌ی O چند میکروکولن باشد تا بار نقطه‌ای  $q_4$  در حال تعادل است؟  $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$



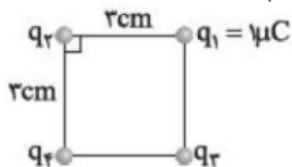
- ۱) -۹      ۲) ۹      ۳) -۱۸      ۴) ۱۸

۲۳) دو بار الکتریکی نقطه‌ای و مشابه  $q$ ، در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری از هم قرار دارند و یک‌دیگر را با نیرویی به اندازه‌ی  $1/1 N$  دفع می‌کنند. اگر به تعداد  $1/25 \times 10^{13}$  الکترون از یکی از بارها برداشته و به دیگری منتقل کنیم، به ترتیب اندازه‌ی نیروی بین آن‌ها چند نیوتون و از چه نوعی خواهد بود؟

$$\left( k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}, e = 1/6 \times 10^{-19} C \right)$$

- ۱)  $1/1$ ، جاذبه      ۲)  $0/3$ ، دافعه      ۳)  $0/1$ ، دافعه      ۴)  $0/3$ ، جاذبه

۲۴) در شکل زیر برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_1$  از طرف دو بار  $q_2$  و  $q_3$  در SI به صورت  $\vec{F} = 10 \vec{i} + 10 \vec{j}$  است. بار  $q_4$  چند میکروکولن باشد تا برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_1$  صفر شود؟  $(K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$



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



۲۵ میدان الکتریکی یکنواخت  $\vec{E} = 60 \vec{i} - 80 \vec{j}$  در دستگاه SI در صفحه  $xOy$  موجود است. بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1 = -100 \mu C$  در مکان  $A \begin{matrix} 4m \\ 8m \end{matrix}$  ثابت نگه داشته شده است. می‌خواهیم بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_2$  ( $q_2 > 0$ ) را در

مکان  $B \begin{matrix} x_B \\ y_B \end{matrix}$  قرار دهیم. به طوری که اگر بار  $q_1$  رها شود، همچنان به حالت سکون باقی بماند. مختصات نقطه‌ی  $B$  کدام گزینه می‌تواند باشد؟ (از وزن ذرات صرف نظر کنید).

- ۱  $B \begin{matrix} \cdot \\ 10m \end{matrix}$       ۲  $B \begin{matrix} \cdot \\ 6m \end{matrix}$       ۳  $B \begin{matrix} 10m \\ \cdot \end{matrix}$       ۴  $B \begin{matrix} 6m \\ \cdot \end{matrix}$

۲۶ سه بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1 = -30 \mu C$ ،  $q_2 = +20 \mu C$  و  $q_3$  بر روی یک خط قرار دارند، به طوری که برابند نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای  $q_1$  و  $q_2$  از طرف دو بار دیگر صفر است. در این صورت برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  از طرف بارهای  $q_1$  و  $q_2$  چگونه است؟

- ۱ مخالف صفر است.      ۲ صفر است.  
۳ فقط بستگی به مقدار و علامت بار  $q_3$  دارد.      ۴ بستگی به مکان، مقدار و علامت بار  $q_3$  دارد.

۲۷ دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q$  و  $-q$  در فاصله‌ی  $r$  از هم قرار دارند و نیروی الکتریکی به بزرگی  $F$  را به هم وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از یکی از بارها را برداشته و به دیگری بدهیم و آن‌ها را در فاصله‌ی  $\frac{r}{4}$  از هم قرار دهیم.

بزرگی نیروی الکتریکی بین بارها  $F'$  می‌شود. نسبت  $\frac{F'}{F}$  کدام است؟

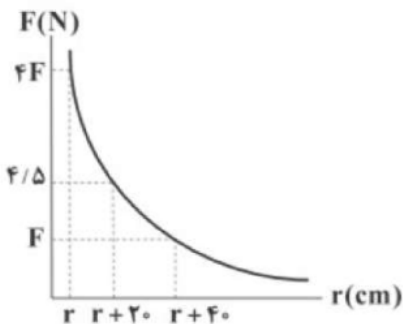
- ۱ ۱      ۲  $\frac{9}{16}$       ۳  $\frac{3}{4}$       ۴  $\frac{81}{256}$

۲۸ یکای ثابت کولن ( $k$ ) بر حسب یکاهای اصلی در SI کدام است؟

- ۱  $\frac{kg \cdot m^3}{A^2 \cdot s^2}$       ۲  $\frac{kg \cdot m^3}{A^2 \cdot s^4}$       ۳  $\frac{kg \cdot m^3}{A \cdot s^2}$       ۴  $\frac{kg \cdot m^3}{A^2 \cdot s}$

۲۹ نمودار بزرگی نیروی الکتریکی که دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q$  و  $5q$  بر هم وارد می‌کنند، برحسب فاصله‌ی بینشان مطابق شکل زیر است. اندازه‌ی بار  $q$  چند میکروکولن است؟

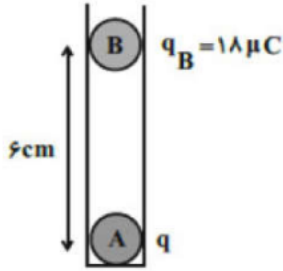
$$\left( k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$



- ۱ ۳      ۲ ۶      ۳ ۹      ۴ ۱۲



۳۰ در شکل مقابل، دو گلوله‌ی فلزی کوچک باردار A و B در حال تعادل قرار دارند. اگر بار گلوله‌ی B را  $10\mu\text{C}$  کاهش دهیم، برای این‌که مجموعه در حالت جدید به تعادل برسد، فاصله‌ی بین مراکز گلوله‌ها چند سانتی‌متر کاهش می‌یابد؟ (از اصطکاک بین گلوله‌ها و ظرف استوانه‌ای صرف‌نظر شود.)



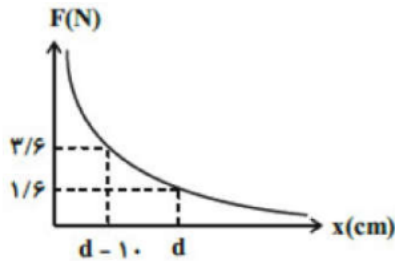
۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

۰/۵ (۱)

۳۱ در شکل مقابل، اندازه‌ی نیرویی که دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  بر یکدیگر وارد می‌کنند، برحسب فاصله‌ی بین دو بار رسم شده است. با توجه به اطلاعات روی نمودار، نیرویی که دو بار در فاصله‌ی  $(d + 10)$  سانتی‌متر به هم وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟



۰/۹ (۴)

۰/۸ (۳)

۱/۲ (۲)

۱ (۱)

۳۲ دو کره‌ی رسانای کوچک و مشابه به‌ترتیب دارای بارهای مثبت  $q_1$  و  $q_2$  ( $q_1 > q_2$ ) می‌باشند که در فاصله‌ی  $d$  از هم قرار دارند و اندازه‌ی نیروی الکتریکی که به هم وارد می‌کنند، برابر با  $F$  است. دو کره‌ی رسانا را به هم تماس داده و فاصله‌ی آن‌ها را  $20\%$  کاهش می‌دهیم. در این حالت، نیروی الکتریکی بین کره‌ها برابر با  $F' = \frac{25}{12}F$  می‌شود.

نسبت  $\frac{q_1}{q_2}$  برابر با کدام گزینه می‌تواند باشد؟ (فاصله‌ی بین کره‌ها  $d$  بسیار بیش‌تر از شعاع دو کره است.)

۴ (۴)

۳ (۳)

۹ (۲)

۲ (۱)

۳۳ دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2 = 5q_1$  در فاصله‌ی  $r$  از یکدیگر قرار دارند و به یکدیگر نیروی دافعه‌ی  $F$  را وارد می‌کنند. چند درصد از بار  $q_2$  را به بار  $q_1$  منتقل کنیم تا در همان فاصله، نیروی که به یکدیگر وارد می‌کنند، بیشینه شود؟ (زمانی نیروی الکتریکی بین دو بار هم‌نام بیشینه است که اندازه‌ی آن‌ها با هم برابر باشد.)

۴۰ (۴)

۵۰ (۳)

۲۵ (۲)

۶۰ (۱)



۳۴ دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $+2q$  و  $+8q$  به فاصله  $L$  از هم قرار دارند. بار سوم طوری روی خط واصل قرار گرفته است که خودش و بار  $+2q$  در حال تعادل است. بار سوم و محل قرارگیری آن در کدام گزینه به درستی آمده است؟

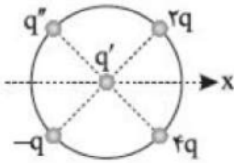
۱)  $-\frac{8q}{3}$  - خارج از فاصله بین دو بار و به فاصله  $\frac{L}{3}$  از بار کوچکتر

۲)  $-\frac{q}{3}$  - خارج از فاصله بین دو بار و به فاصله  $\frac{4L}{3}$  از بار کوچکتر

۳)  $-\frac{8q}{9}$  - بین دو بار و به فاصله  $\frac{L}{3}$  از بار کوچکتر

۴)  $-\frac{q}{3}$  - بین دو بار و به فاصله  $\frac{3L}{4}$  از بار کوچکتر

۳۵ در شکل زیر بار  $q'$  در مرکز دایره قرار دارد و چهار بار با فاصله‌های یکسان روی محیط دایره ثابت شده‌اند. نسبت  $\frac{q'}{q}$  کدام باشد تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار  $q'$  خلاف جهت محور  $x$  قرار گیرد؟



۴)  $-2$

۳)  $\frac{1}{2}$

۲)  $2$

۱)  $1$

۳۶ دو کره کوچک و مشابه با جرم یکسان  $10g$  و بار الکتریکی برابر از دو ریسمان سبک آویزان و مطابق شکل در تعادل هستند. بار هر کره چند میکروکولن است؟  $\left(g = 10 \frac{N}{kg}, K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}\right)$



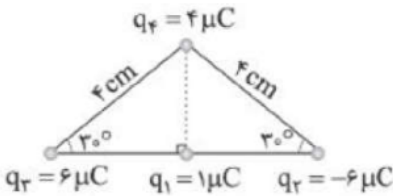
۴)  $\frac{2}{3}$

۳)  $3$

۲)  $4$

۱)  $\frac{4}{3}$

۳۷ چهار بار نقطه‌ای مطابق شکل ثابت شده‌اند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر  $q_1$  با محور افقی چه زاویه‌ای می‌سازد؟  $(\sin 37^\circ = 0.6)$



۴)  $30^\circ$  درجه

۳)  $53^\circ$  درجه

۲)  $45^\circ$  درجه

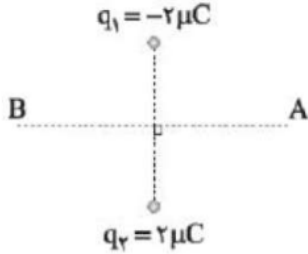
۱)  $37^\circ$  درجه



۳۸ دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2 = 5q_1$  در فاصله  $r$  از هم قرار دارند و به هم نیروی دافعه وارد می‌کنند. چند درصد از بار  $q_2$  را به  $q_1$  منتقل کنیم تا در همان فاصله نیروی دافعه بین بارهای الکتریکی بیشینه شود؟

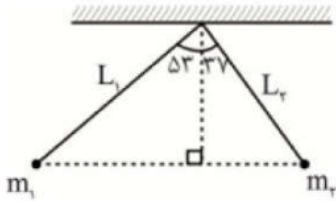
- ۱) ۱۵      ۲) ۲۵      ۳) ۴۰      ۴) ۵۰

۳۹ بار الکتریکی  $q$  روی عمودمنصف خط وصل‌کننده دو بار  $q_1$  و  $q_2$  از نقطه بسیار دور A تا نقطه بسیار دور B حرکت می‌کند. اندازه نیروی الکتریکی وارد بر بار  $q$  از A تا B چگونه تغییر می‌کند؟



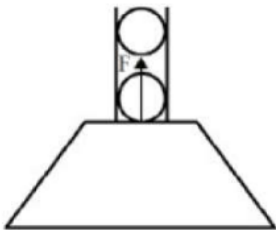
- ۱) پیوسته افزایش می‌یابد.      ۲) پیوسته کاهش می‌یابد.  
 ۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.      ۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۴۰ در شکل زیر، دو آونگ الکتریکی باردار با بارهای الکتریکی  $q_1$  و  $q_2 = 2q_1$  و جرم‌های  $m_1$  و  $m_2$  توسط دو نخ با طول‌های متفاوت از یک نقطه آویزان شده‌اند و به حال تعادل قرار دارند. نسبت  $\frac{m_2}{m_1}$  کدام است؟



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

۴۱ مطابق شکل زیر دو گلوله کوچک مشابه با بارهای  $q = 5 \mu C$  به فاصله  $30 \text{ cm}$  از یکدیگر در یک لوله‌ی شیشه‌ای قائم با بدنه نارسانا و جرم  $5 \times 10^{-2} \text{ kg}$  در حال تعادل قرار دارند. چنانچه این مجموعه بر روی یک ترازو قرار گیرند، نیروی  $F$  چند نیوتون باشد، تا عدد نشان داده شده توسط ترازو صفر شود؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$  و از اصطکاک صرف‌نظر شود).

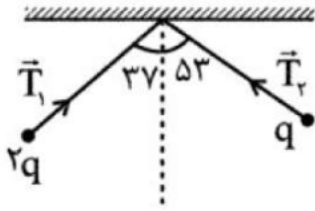


- ۱)  $2/5$       ۲) ۳      ۳)  $4/5$       ۴)  $5/5$





۴۲ در شکل روبه‌رو، دو آونگ الکتریکی باردار و هم طول، در حال تعادل قرار دارند. کشش نخ  $T_1$  چند برابر کشش نخ  $T_2$  است؟



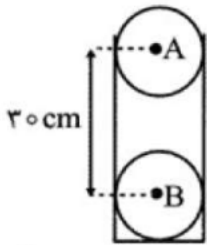
۲ (۴)

$\frac{1}{2}$  (۳)

$\frac{4}{3}$  (۲)

$\frac{3}{4}$  (۱)

۴۳ مطابق شکل دو گلوله‌ی کوچک و مشابه  $A$  و  $B$  با جرم‌های  $10$  گرم و بار الکتریکی مثبت  $q$  در فاصله‌ی  $30$  سانتی‌متری از هم قرار دارند. اگر گلوله‌ی  $A$  را رها کنیم با شتاب  $30 \frac{m}{s^2}$  به طرف بالا حرکت می‌کند در این حالت بار هر گلوله چند میکروکولن می‌باشد؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



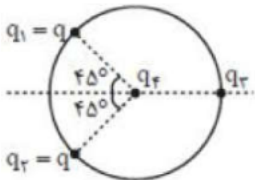
۲ (۴)

$0/2$  (۳)

۱ (۲)

$0/1$  (۱)

۴۴ مطابق شکل سه بار نقطه‌ای روی محیط دایره‌ای به شعاع  $r$  ثابت نگه داشته شده‌اند و بار چهارم  $q_4$  در مرکز دایره قرار دارد. اگر برآیند نیروهای وارد بر  $q_4$  صفر شود، نسبت  $\frac{q_3}{q_2}$  برابر کدام گزینه است؟



$\frac{\sqrt{2}}{2}$  (۴)

$\sqrt{2}$  (۳)

$\frac{\sqrt{3}}{3}$  (۲)

$\sqrt{3}$  (۱)

۴۵ دو بار الکتریکی در فاصله‌ی  $d$  از یکدیگر بر هم نیروی الکتریکی وارد می‌کنند. اگر بخواهیم با ثابت ماندن مقدار بارها اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی به اندازه‌ی  $19\%$  کم شود، فاصله‌ی دو بار چگونه تغییر کرده است؟

۲ به اندازه‌ی  $\frac{d}{10}$  کاهش یافته است.

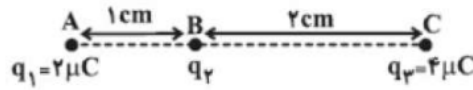
۱ به اندازه‌ی  $\frac{d}{9}$  کاهش یافته است.

۴ افزایش یافته است.

۳ به اندازه‌ی  $\frac{d}{9}$  افزایش یافته است.



سه بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$ ،  $q_2$  و  $q_3$  به ترتیب در نقاط  $A$ ،  $B$  و  $C$  مطابق شکل زیر، روی یک خط قرار دارند. اگر بارهای  $q_1$  و  $q_2$  در جای خود ثابت مانده و بار  $q_3$  را طوری جابه‌جا کنیم که پاره‌خط  $BC$ ،  $90^\circ$  درجه دوران کند، اندازه‌ی نیروی الکتریکی برآیند وارد بر بار  $q_2$  از طرف دو بار دیگر چند برابر حالت اول می‌شود؟ (طول پاره‌خط  $BC$  ثابت است.)



- ۱) ۱      ۲)  $\sqrt{5}$       ۳) ۳      ۴)  $\frac{1}{3}$

تعداد ۲۰ الکترون را به دو قسمت  $q_1$  و  $q_2$  تقسیم کرده‌ایم و در فاصله‌ی ۲ از هم قرار داده‌ایم. به طوری‌که نیروی کولنی بین آن‌ها بیش‌ترین مقدار خود را دارد. در این شرایط اگر ۲۰ درصد از بار  $q_1$  را برداشته و به بار  $q_2$  اضافه کنیم و در همان فاصله‌ی ۲ قرار دهیم، اندازه‌ی نیروی کولنی بین آن‌ها چند درصد کاهش می‌یابد؟

- ۱) ۸      ۲) ۴      ۳) ۹۶      ۴) ۹۲

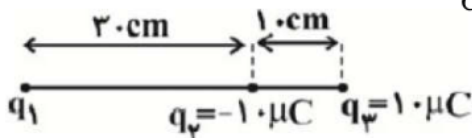
فاصله‌ی بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_3$  از دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  برابر با  $d$  و نیروی وارد بر هر یک از این بارها از طرف بار  $q_3$  در SI به صورت  $\vec{F}_{31} = 3\vec{i} + 4\vec{j}$  و  $\vec{F}_{32} = -6\vec{i} - 8\vec{j}$  می‌باشد. حاصل  $\frac{q_2}{q_1}$  کدام است؟ (دو بار  $q_1$  و  $q_2$  در یک مکان قرار ندارند.)

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

دو گلوله‌ی رسانای مشابه، دارای بارهای هم‌نام و نامساوی  $q_1$  و  $q_2$  هستند. دو گلوله را با هم تماس داده و دوباره در همان فاصله‌ی قبلی قرار دهیم. نیرویی که دو گلوله بر هم وارد می‌کنند:

- ۱) کم‌تر می‌شود.      ۲) بیش‌تر می‌شود.      ۳) تغییر نمی‌کند.      ۴) بستگی به اندازه‌ی بارهای  $q_1$  و  $q_2$  دارد.

در شکل زیر، نیروی خالص وارد بر بار  $q_3$  صفر است. اگر جای بارهای  $q_2$  و  $q_3$  را عوض کنیم، اندازه‌ی برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_2$  چند نیوتون و در چه جهتی خواهد بود؟ ( $k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ )



- ۱) ۱۸۰، چپ      ۲) ۱۸۰، راست      ۳) ۱۳۵، چپ      ۴) ۱۳۵، راست



## 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 خط‌های جهت‌داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. ویژگی این خطوط عبارتست از: جهت این خط‌ها 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. 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 قوی‌تر باشد، خط‌های میدان به یکدیگر نزدیک‌تر و فشرده‌ترند. خط‌های 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.

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

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

میدان الکتریکی

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

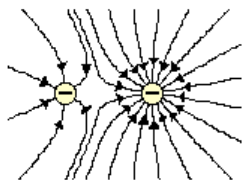
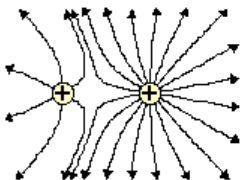
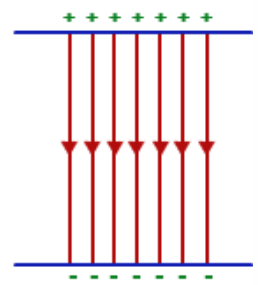
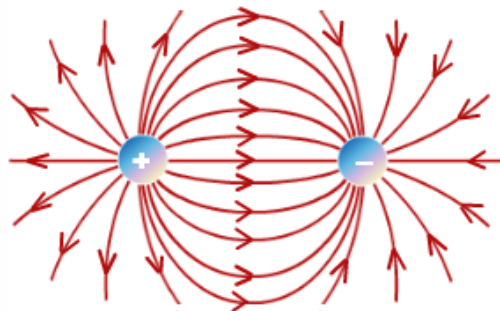
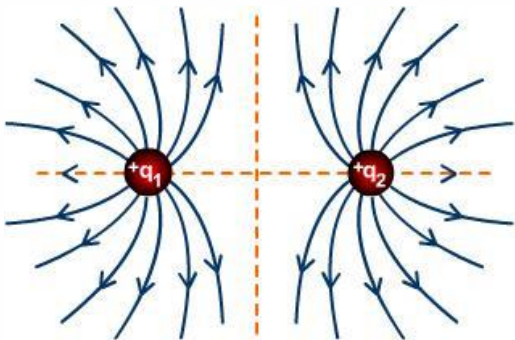
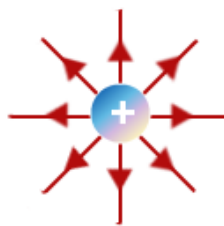
کجا برآیند میدان صفر می‌شود:  $E_1 = E_2$

بارها هم علامت: داخل و نزدیک به بار کوچکتر

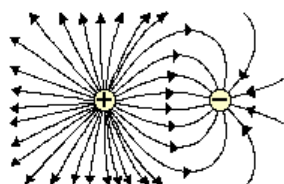
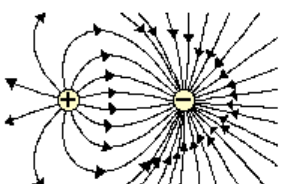
بارها مختلف‌العلامت: خارج و نزدیک به بار کوچکتر



جهت قراردادی میدان الکتریکی همواره به گونه ای است که از بار + در حال خارج شدن و به بار - در حال وارد شدن هستند!

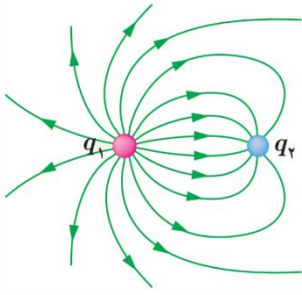


و در حالتی که بارها هم اندازه نباشند هرچه خطوط متراکمتر باشند، بار و میدان قوی تر است.





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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$+4q$        $-4q$

$-2q$        $+2q$

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



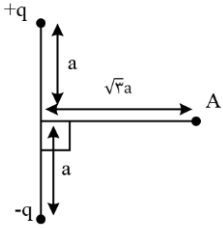
**تست:** در شکل مقابل، اندازه ی برآیند میدان های الکتریکی حاصل از دو قطبی الکتریکی در نقطه ی A برابر کدام است؟ (مشابه کنکور سراسری)

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

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

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

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



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.

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

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

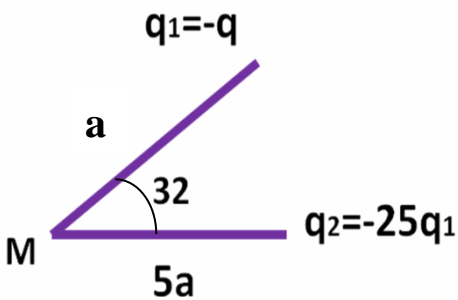
$$\text{در راستای } y: -E_2 \cos \alpha - E_1 \cos \alpha = -E_T$$

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

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

**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؟

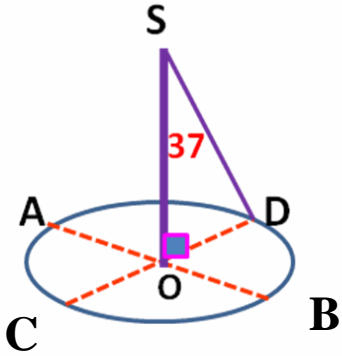
- (۱)  $1/4E$     (۲)  $0/118E$     (۳)  $0/56E$     (۴)  $0/28E$





**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 هر یک 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





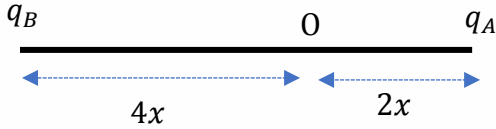
**تست:** مطابق شکل زیر دو بار الکتریکی در فاصله ی  $6x$  از یکدیگر قرار گرفته اند و میدان الکتریکی برابند در نقطه ی  $O$  برابر  $\vec{E}$  است. اگر بار الکتریکی  $q_B$  را خنثی کنیم، میدان الکتریکی برابند در نقطه ی  $O$ ،  $\frac{1}{3}\vec{E}$  می شود. نسبت  $\frac{q_B}{q_A}$  کدام است؟ (آزمون کانون)

-۴ (۴)

۴ (۳)

-۸ (۲)

۸ (۱)



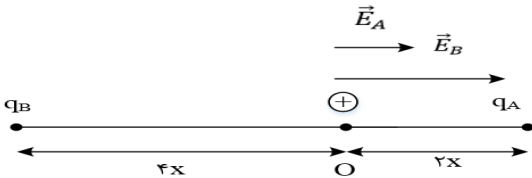
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر بار الکتریکی  $q_B$  را خنثی کنیم، میدان الکتریکی باقی مانده در نقطه ی  $O$  تنها میدان الکتریکی  $q_A$  است، بنابراین می توانیم نتیجه بگیریم که  $E_A$  برابر  $\frac{1}{3}E$  است و داریم:

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

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. 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:



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





## کجا برآیند میدان الکتریکی ناشی از دو بار صفر می‌شود؟

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

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

**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 می‌شود؟

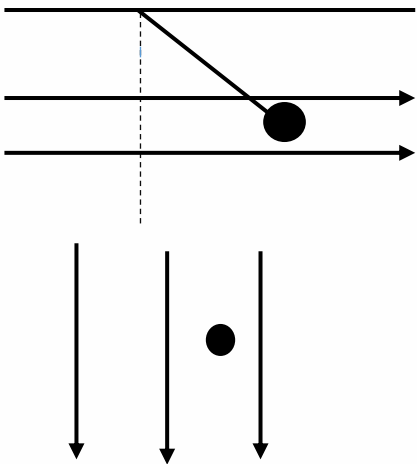
- ۵ (۱)      ۱۵ (۲)      ۱۰ (۳)      ۱۴ (۴)

**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 می‌شود؟

- ۵ (۱)      ۱۵ (۲)      ۱۰ (۳)      ۱۴ (۴)



نکات تکمیلی میدان الکتریکی:



$$T \sin \theta = Eq$$

$$T \cos \theta = Mg$$

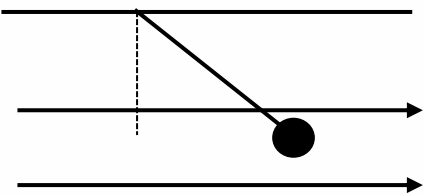
$$\tan \theta = \frac{Eq}{mg}$$

$$\sum F = \sum ma$$

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

بار در میدان

**تست:** یک ذره که دارای بار الکتریکی کولن  $20 \times 10^{-15}$  و جرم  $1 \times 10^{-5}$  گرم است به انتهای طناب سبکی آویخته شده در میدان الکتریکی یکنواخت  $5 \times 10^5$  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 می‌گردد؟ کشش طناب چه قدر است؟



(۱) + و ۴۵ درجه و  $\frac{1}{\sqrt{3}} \times 10^{-7}$

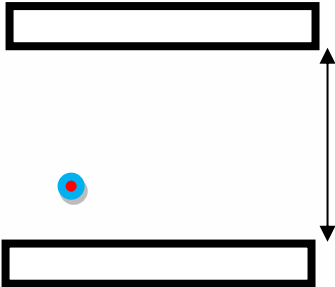
(۲) - و ۴۵ درجه و  $10^{-7}$

(۳) + و ۳۷ درجه و  $\frac{1}{\sqrt{3}} \times 10^{-7}$

(۴) + و ۳۰ درجه و  $\frac{1}{\sqrt{3}} \times 10^{-7}$



**تست:** یک ذره که دارای بار الکتریکی  $c \times 10^{-15}$  کولن و جرم  $10^{-8}$  گرم است در میدان الکتریکی یکنواخت  $\frac{N}{c} \times 10^5 / 2$  بین دو صفحه افقی قرار گرفته است. اگر ذره در ابتدا ساکن و به فاصله  $1 \text{ cm}$  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  $5$  سانتیمتر است و بار صفحه بالا منفی و بار صفحه پایین مثبت است.)

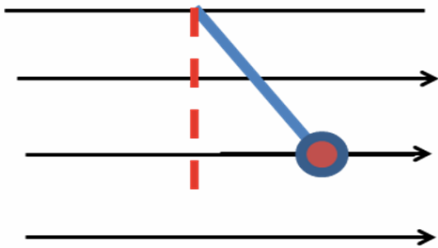


$5 \text{ cm}$

- (۱)  $0.2 - 0.4$  (۲)  $0.2 - 0.4$   
 (۳)  $0.1 - 0.2$  (۴)  $0.1 - 0.2$

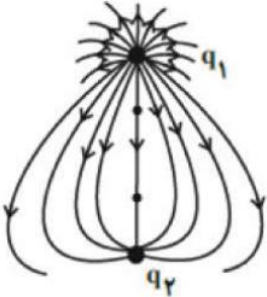
**تست:** در شکل زیر گلوله  $4$  میلی کولنی در میدان  $E=10$  نیوتن بر کولن در حالت تعادل است، و جرم گلوله  $2$  گرم است. اگر ناگهان میدان الکتریکی حذف شود پس از گذشت  $2$  ثانیه بزرگی سرعت گلوله تقریباً چه قدر می شود؟ (فرض کنید در دو ثانیه اول شتاب تقریباً ثابت باشد.)

- (۱)  $20$  (۲)  $40$  (۳)  $10$  (۴)  $50$



### Home work 3

۱ در شکل مقابل که خطوط میدان الکتریکی را اطراف دو بار الکتریکی نقطه‌ای نشان می‌دهد، کدام گزینه صحیح است؟



$|q_1| > |q_2|$  و  $q_2 < 0$  و  $q_1 > 0$  (۲)

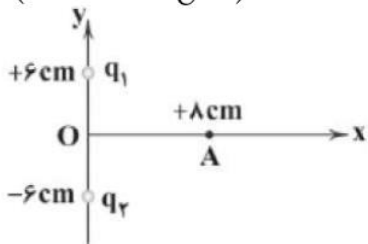
$|q_1| > |q_2|$  و  $q_2 > 0$  و  $q_1 < 0$  (۱)

$|q_1| < |q_2|$  و  $q_2 < 0$  و  $q_1 > 0$  (۴)

$|q_1| = |q_2|$  و  $q_2 < 0$  و  $q_1 > 0$  (۳)

۲ در شکل زیر  $q_1 = -q_2 = +5\mu C$  است. برابری میدان‌های الکتریکی در نقطه‌ی A برحسب بردارهای یک‌جهت نیوتون بر کولن است؟

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



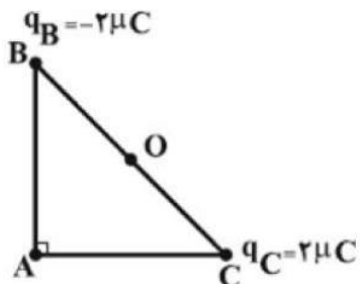
$-72 \times 10^5 \vec{j}$  (۴)

$+72 \times 10^5 \vec{i}$  (۳)

$-54 \times 10^5 \vec{j}$  (۲)

$+54 \times 10^5 \vec{i}$  (۱)

۳ مطابق شکل، دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_C = +2\mu C$  و  $q_B = -2\mu C$  در دو رأس B و C از مثلث قائم‌الزاویه متساوی الساقین ABC قرار دارند. اندازه میدان الکتریکی برابری حاصل از این دو بار در نقطه O (وسط ضلع BC) چند برابر اندازه میدان الکتریکی برابری در رأس A است؟



$\sqrt{2}$  (۴)

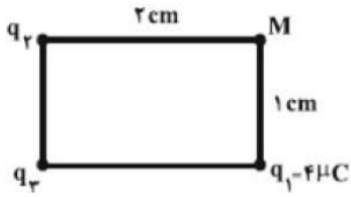
$\frac{\sqrt{2}}{4}$  (۳)

$2\sqrt{2}$  (۲)

$4\sqrt{2}$  (۱)

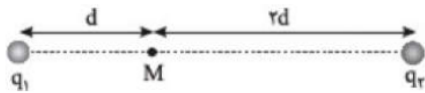


۴ مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$ ،  $q_2$  و  $q_3$  در سه رأس مستطیلی ثابت شده‌اند. اگر برابند میدان‌های الکتریکی حاصل از این سه بار در نقطه  $M$  برابر با صفر باشد، چند میکروکولن است؟



- ۱ -۱۶  ۲ ۴  ۳ ۳۲  ۴ -۸

۵ در شکل مقابل، میدان الکتریکی حاصل از دو بار در نقطه  $M$  بردار  $\vec{E}$  است. اگر اندازه‌ی بار  $q_1$  دو برابر شود، میدان در  $M$  بردار  $-\vec{E}$  می‌شود. کدام است؟



- ۱ ۶  ۲ -۶  ۳  $\frac{3}{8}$   ۴  $-\frac{3}{8}$

۶ دو بار الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  در فاصله معینی از هم قرار دارند و شدت میدان الکتریکی در نقطه  $M$  وسط دو بار برابر  $\vec{E}$  است. اگر اندازه بار  $q_1$  را ۲ برابر کنیم، شدت میدان در همان نقطه  $-\frac{\vec{E}}{2}$  می‌شود. نسبت  $\frac{q_1}{q_2}$  کدام است؟

- ۱  $+\frac{3}{4}$   ۲  $+\frac{4}{3}$   ۳  $-\frac{3}{4}$   ۴  $-\frac{4}{3}$

۷ اندازه‌ی برابند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  که در فاصله‌ی  $r$  از یکدیگر قرار دارند، در نقطه‌ی  $M$  واقع در بین دو بار که فاصله‌ی آن از بار  $q_1$  برابر  $\frac{r}{3}$  است، برابر  $E$  می‌باشد. اگر بار  $q_1$  را حذف کنیم، اندازه‌ی میدان الکتریکی در این نقطه برابر  $\frac{E}{4}$  و در همان جهت قبلی می‌شود، حاصل  $\frac{q_2}{q_1}$  برابر کدام گزینه است؟

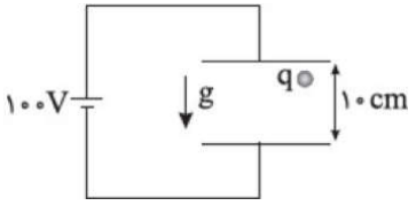
- ۱  $\frac{4}{3}$   ۲  $-\frac{4}{3}$   ۳  $\frac{1}{3}$   ۴  $-\frac{1}{3}$

۸ در آزمایش قطره روغن میلیکان، قطره روغنی به جرم  $43/2 \times 10^{-17} \text{ kg}$  را در نظر بگیرید که در فضای بین دو صفحه فلزی موازی و افقی معلق است اگر بین این صفحات میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی  $4/5 \times 10^3 \frac{N}{C}$  و رو به بالا برقرار باشد، این قطره باید ..... الکترون ..... باشد و جهت نیروی الکتریکی وارد به قطره از طرف میدان رو به ..... است.  $(g = 10 \frac{N}{kg}, e = 1/6 \times 10^{-19} C)$

- ۱ ۶ - گرفته - پایین  ۲ ۶ - از دست داده - بالا  ۳ ۷۲ - گرفته - پایین  ۴ ۷۲ - از دست داده - بالا

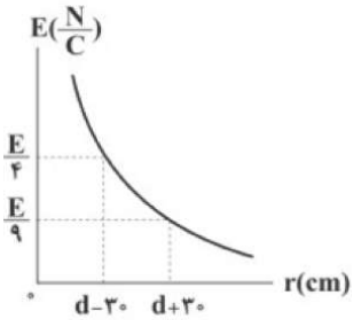


۹ در شکل مقابل ذره‌ای به جرم  $2\text{mg}$  و بار الکتریکی  $q$  را بین دو صفحه فلزی از حالت سکون رها می‌کنیم. ذره با شتاب  $\frac{m}{s^2}$  به طرف پایین شروع به حرکت می‌کند. بار  $q$  چند میکروکولن است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



- ۱  $-10^{-8}$       ۲  $-10^{-2}$       ۳  $10^{-2}$       ۴  $10^{-8}$

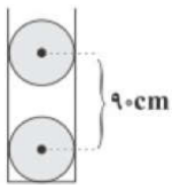
۱۰ نمودار تغییرات اندازه‌ی میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای  $q = +2\mu\text{C}$  برحسب فاصله از آن مطابق شکل است. به ترتیب (از راست به چپ)  $d$  چند سانتی‌متر و  $E$  چند نیوتون بر کولن است؟ ( $K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ )



- ۱  $50 \times 10^3 - 150$       ۲  $50 \times 10^3 - 300$       ۳  $40 \times 10^3 - 150$       ۴  $40 \times 10^3 - 300$

۱۱ مطابق شکل زیر، مراکز دو گوی مشابه، هر یک به جرم  $40\text{g}$  که بار الکتریکی یکسان  $+q$  در هر یک از آن‌ها به طور یکنواخت توزیع شده است، در فاصله‌ی  $90$  سانتی‌متری از هم قرار دارند و گوی بالایی به حالت معلق مانده است. چند درصد از بار الکتریکی گوی بالایی را کاهش دهیم تا پس از رسیدن به تعادل الکتروستاتیکی، فاصله‌ی مرکز گوی‌ها از هم  $30$  سانتی‌متر کاهش یابد؟ (اصطکاک گوی‌ها با جداره‌ی استوانه‌ی شیشه‌ای ناچیز است،

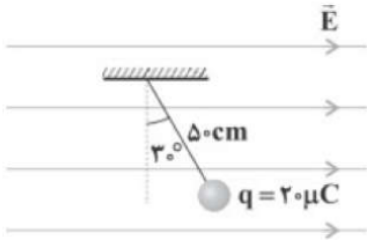
$$g = 10 \frac{m}{s^2} \text{ و } k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$



- ۱  $60$       ۲  $50$       ۳  $\frac{500}{9}$       ۴  $\frac{500}{3}$



۱۲) مطابق شکل، گلوله‌ای که دارای بار الکتریکی  $20 \mu\text{C}$  است، با نخ سبکی آویخته شده است و درون میدان الکتریکی یکنواخت افقی  $\vec{E}$  به حالت تعادل قرار دارد. اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین نقاط ابتدا و انتهای نخ برابر  $250 \text{ V}$  باشد، جرم گلوله چند گرم است؟ ( $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )



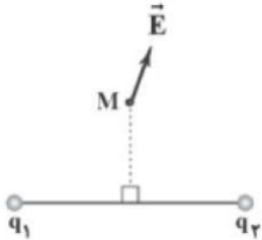
۱ (۴)

۲ (۳)

۲ (۲)  $\frac{2\sqrt{3}}{3}$

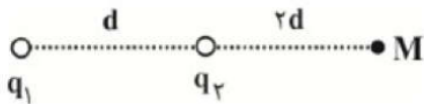
۱ (۱)  $2\sqrt{3}$

۱۳) در شکل مقابل، نقطه‌ی  $M$  روی عمودمنصف پاره‌خط واصل دو بار  $q_1$  و  $q_2$  است. اگر برابندی میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار در نقطه‌ی  $M$  در جهت نشان داده‌شده باشد، بار  $q_1$  ..... و بار  $q_2$  ..... از اندازه‌ی بار  $q_2$  است. (به ترتیب از راست به چپ)



۱) مثبت، منفی، بیشتر    ۲) مثبت، مثبت، بیشتر    ۳) مثبت، مثبت، کمتر    ۴) مثبت، منفی، کمتر

۱۴) در شکل مقابل، میدان الکتریکی برابندی حاصل از بارهای  $q_1$  و  $q_2$  در نقطه‌ی  $M$  برابر با  $\vec{E}$  است. اگر بار نقطه‌ای  $q_1$  را دو برابر کنیم و بار نقطه‌ای  $q_2$  را به اندازه‌ی  $d$  به سمت راست منتقل کنیم، میدان الکتریکی برابندی در این نقطه



$\vec{E}$  می‌شود. نسبت  $\frac{q_2}{q_1}$  کدام است؟

۲ (۴)  $\frac{2}{3}$

۸ (۳)  $\frac{8}{27}$

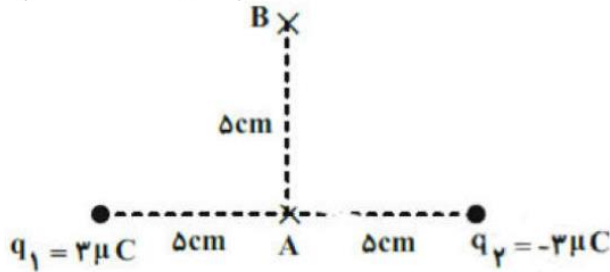
۲ (۲)  $-\frac{2}{3}$

۸ (۱)  $-\frac{8}{27}$



۱۵ در شکل مقابل بزرگی میدان الکتریکی برابند ناشی از بارهای الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  در نقطه‌ی A چند برابر نقطه‌ی B است؟

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



۴ (۴)

۲ (۳)

$2\sqrt{2}$  (۲)

$\sqrt{2}$  (۱)

۱۶ به ذره‌ای به جرم  $2 \text{ mg}$  بار الکتریکی  $30 \mu\text{C}$  می‌دهیم و آنرا در میدان الکتریکی با شدت  $2 \times 10^2 \frac{N}{C}$  رها می‌کنیم. اگر فقط نیروی الکتریکی بر ذره وارد شود، سرعت ذره،  $5 \text{ s}$  پس از رها شدن چند متر بر ثانیه است؟

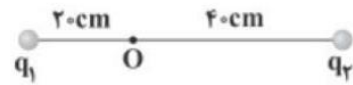
$15 \times 10^2$  (۴)

$7/5 \times 10^3$  (۳)

$5/7 \times 10^3$  (۲)

$5/1 \times 10^3$  (۱)

۱۷ در شکل زیر، برابند میدان الکتریکی حاصل از دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  در نقطه‌ی O برابر  $\vec{E}$  است. اگر بار  $q_1$  را خنثی کنیم، میدان الکتریکی برابند در نقطه‌ی O برابر با  $-\vec{E}$  می‌شود.  $\frac{q_2}{q_1}$  برابر کدام گزینه است؟



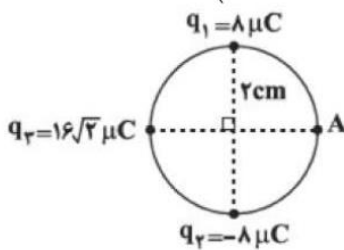
$-\frac{1}{2}$  (۴)

-۲ (۳)

$\frac{1}{2}$  (۲)

۲ (۱)

۱۸ در شکل مقابل سه بار الکتریکی نقطه‌ای در جای خود بر روی محیط یک دایره ثابت شده‌اند. برابند میدان‌های الکتریکی ناشی از آن‌ها در نقطه A چند  $\frac{kN}{C}$  و جهت آن به کدام سمت است؟  $\left( k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$



$\rightarrow, 18 \times 10^4$  (۴)

$\searrow, 18 \times 10^4$  (۳)

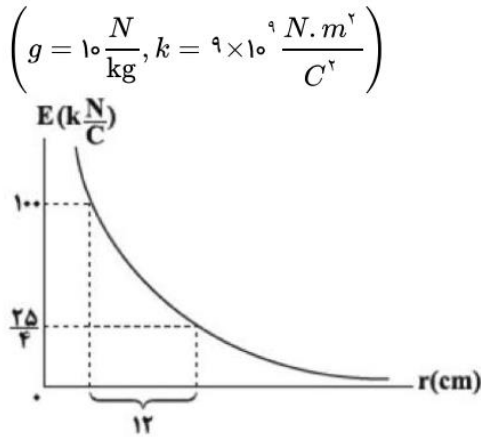
$\rightarrow, 18 \times 10^5$  (۲)

$\searrow, 18 \times 10^5$  (۱)





۱۹) نمودار میدان الکتریکی حاصل از یک بار الکتریکی نقطه‌ای به جرم  $4 \text{ mg}$  بر حسب فاصله از آن، مطابق شکل مقابل است. اگر این بار در یک میدان الکتریکی یک‌نواخت قائم به بزرگی  $E$  به حالت تعادل قرار داشته باشد،  $E$  چند  $\frac{N}{C}$  است؟



۱۲۵۰ (۴)

۱۲۵ (۳)

۲۲۵۰ (۲)

۲۵۰۰ (۱)

۲۰) دو بار الکتریکی  $q_1 = 80 \mu C$  و  $q_2 = -50 \mu C$  در فاصله‌ی  $d$  از هم قرار دارند، و بزرگی برآیند میدان الکتریکی حاصل از دو بار در وسط فاصله‌ی آن‌ها برابر با  $E_1$  است. اگر ۲۵ درصد از بار  $q_1$  را برداریم و به بار  $q_2$  منتقل کنیم، برآیند میدان‌های الکتریکی در وسط این دو بار  $E_2$  می‌شود.  $\frac{E_2}{E_1}$  کدام است؟

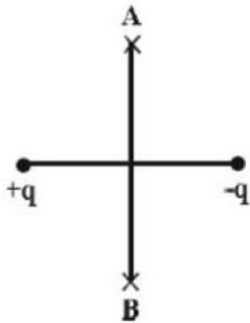
$\frac{20}{9}$  (۴)

$\frac{9}{20}$  (۳)

$\frac{13}{9}$  (۲)

$\frac{9}{13}$  (۱)

۲۱) در شکل زیر اگر بر روی عمودمنصف خط واصل دو بار از نقطه‌ی A تا B جابه‌جا شویم، اندازه‌ی میدان الکتریکی برایند چگونه تغییر می‌کند؟



(۲) همواره کاهش می‌یابد.

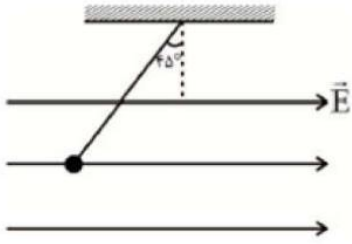
(۱) همواره افزایش می‌یابد.

(۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

(۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

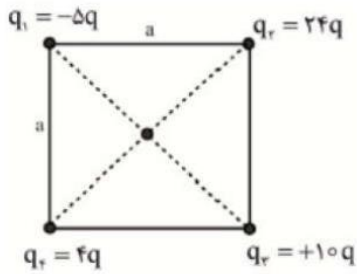


۲۲ ذره‌ای با بار الکتریکی  $q$  و جرم  $۸۰$  میلی‌گرم در یک میدان الکتریکی یک‌نواخت به بزرگی  $\frac{۲}{۱۰} \times 10^{-۳} \frac{N}{C}$  در حال تعادل است. بار  $q$  کدام است؟  $\left(g = ۱۰ \frac{m}{s^2}\right)$



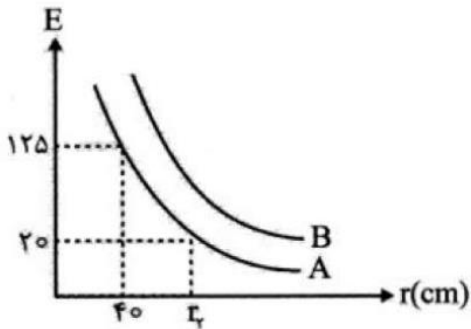
- ۱  $-۰/۴ \mu C$       ۲  $+۰/۴ \mu C$       ۳  $-۰/۴ mC$       ۴  $+۰/۴ mC$

۲۳ بزرگی میدان الکتریکی بار نقطه‌ای  $q$  در فاصله  $a$  از آن  $E$  است. میدان الکتریکی خالص در مرکز مربع در شکل مقابل چند  $E$  است؟



- ۱  $۱۲/۵$       ۲  $۲۵$       ۳  $۵۰$       ۴  $۱۰\sqrt{۱۷}$

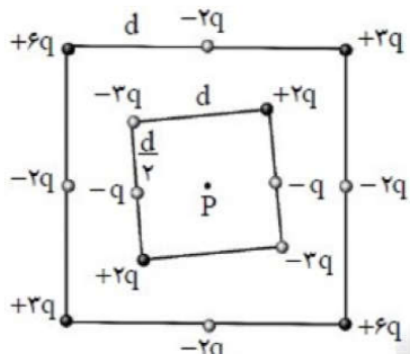
۲۴ نمودار تغییرات میدان برحسب فاصله از دو بار نقطه‌ای  $q_A$  و  $q_B$  به صورت مقابل است. در این صورت اندازه کدام بار بیشتر است و مقدار  $r_2$  برحسب سانتی‌متر کدام است؟



- ۱  $۲۵۰, q_A$       ۲  $۲۵۰, q_B$       ۳  $۱۰۰, q_A$       ۴  $۱۰۰, q_B$



۲۵ شکل زیر دو آرایه مربعی از ذرات باردار را نشان می‌دهد. مربع‌ها که در نقطه P هم‌مرکزند، هم‌ردیف نیستند. ذره‌ها روی محیط مربع با فاصله d یا  $\frac{d}{\sqrt{2}}$  از هم قرار گرفته‌اند. کدام گزینه بزرگی میدان الکتریکی برآیند در نقطه P در SI و جهت آن را به‌درستی بیان می‌کند؟

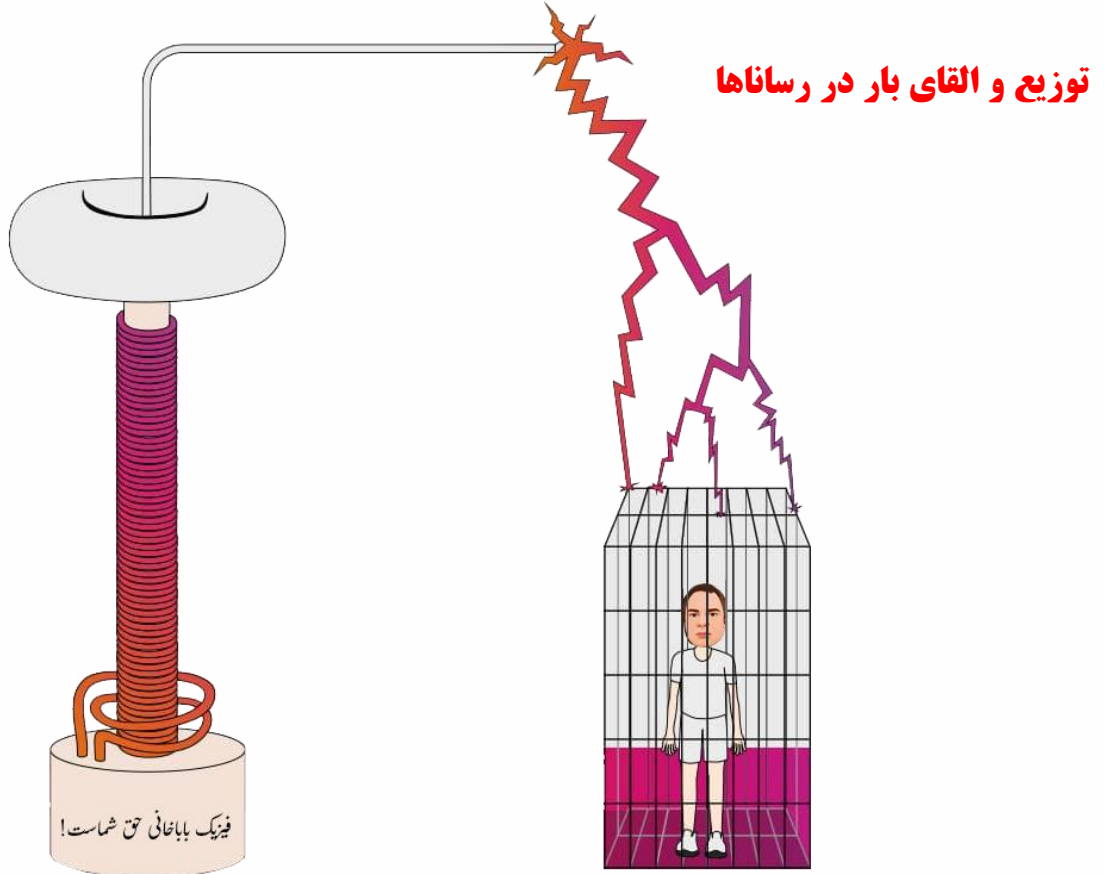


↙  $\frac{kg}{d^2}$  (۴)

↗  $\frac{4kq}{d^2}$  (۳)

↗  $\frac{kq}{d^2}$  (۲)

(۱) صفر



## 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 الکترون‌های 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 درغیراین صورت، این میدان باید نیروهایی برالکترون‌های 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



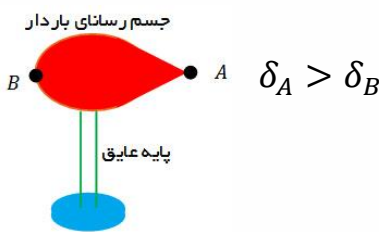
بر سطح رسانا خواهد داشت و این مؤلفه باعث حرکت الکترون های آزاد بر سطح رسانا می گردد که این در تناقض با شرط تعادل الکترواستاتیکی است.

در سال ۱۸۷۳ میلادی مایکل فارادی از در آزمایشی فردی را در یک قفس رسانای بزرگ قرار داد و آن را تا حدی شارژ کرد که بارهای الکتریکی به صورت جرقه از گوشه های آن جریان پیدا کردند.

قفس فارادی علاوه بر اینکه محافظی در برابر امواج بیرونی است، به امواج درون خود نیز اجازه خروج نمی دهد. در این حالت الکترون های سطح رسانا به گونه ای روی سطح داخلی آن آرایش می یابند که اثر بارهای الکتریکی درون قفس را خنثی کنند.

### چگالی بار الکتریکی: (ویژه 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 می شود.



فرمول چگالی

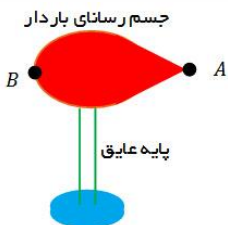
$$\delta = \frac{q}{A}$$

چگالی

فرمول مقایسه چگالی

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

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



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

**تست:**

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

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

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

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

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



### کار میدان الکتریکی:

وقتی یک ذره باردار در یک میدان الکتریکی قرار دارد نیروی  $F=Eq$  به آن وارد میشود و ما از فرمول های 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  $d$  جابه جایی و  $\alpha$  زاویه بین نیروی میدان و جابه جایی است

### کار انجام شده توسط نیروی خارجی:

فرض کنید در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره ای با بار  $q$  با اعمال نیرویی از نقطه ای به نقطه های دیگر جابه جا 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 کافیست همان کار میدان را محاسبه کنیم و علامت آن را قرینه کنیم

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

### انرژی پتانسیل الکتریکی:

به طور کلی به انرژی ذخیره شده در اجسام انرژی پتانسیل گفته میشود 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 مثال های فوق در آن انرژی ذخیره میشود که به آن انرژی پتانسیل الکتریکی میگویند. (این انرژی در اثر حرکت یک ذره باردار در میدان الکتریکی هم ایجاد میشود). برای محاسبه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی کافیست همان کار میدان را محاسبه کنیم و علامت آن را قرینه کنیم

$$\Delta U = -W_{\text{میدان}}$$

**پتانسیل الکتریکی:** تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برای هر ذره بارداری (چه مثبت و چه منفی) علاوه بر بزرگی میدان الکتریکی و جابه جایی ذره، به بار الکتریکی آن نیز بستگی دارد؛ مثلاً با دو برابر شدن بار ذره، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن نیز دو برابر می شود. 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 می گوئیم که ذره میان آنها جابه جا شده است و آن را با  $\Delta V$  نمایش می دهیم:

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

در این رابطه  $\Delta U$ ، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بر حسب ژول،  $q$  بار الکتریکی (بر حسب کولن) و  $\Delta V$  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)

$$\Delta U = -W_{\text{میدان}}$$

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

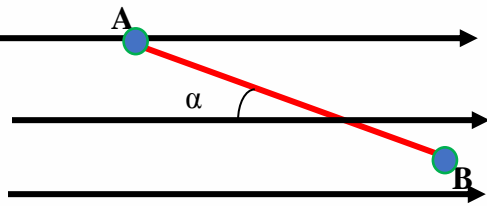
خلاصه نکات

**تست:** مطابق شکل، بار  $q = -20 \text{ nC}$  را در میدان الکتریکی یکنواخت  $8 \times 10^5$  از نقطه A تا نقطه B با سرعت

ثابت جابه جا می کنیم. 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.....

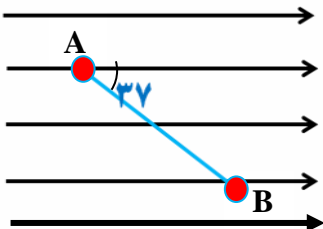
- |                                |  |                                  |                                |
|--------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------|
| 1) $W_E = -512 \times 10^{-4}$ | $W_{\text{خارجی}} = +512 \times 10^{-4}$ | $\Delta U = +512 \times 10^{-4}$ | $\Delta V = -25.6 \times 10^5$ |
| 1) $W_E = +512 \times 10^{-4}$ | $W_{\text{خارجی}} = -512 \times 10^{-4}$ | $\Delta U = -512 \times 10^{-4}$ | $\Delta V = +25.6 \times 10^5$ |
| 3) $W_E = +512 \times 10^{-4}$ | $W_{\text{خارجی}} = +512 \times 10^{-4}$ | $\Delta U = +512 \times 10^{-4}$ | $\Delta V = -29.6 \times 10^5$ |
| 4) $W_E = -512 \times 10^{-4}$ | $W_{\text{خارجی}} = +512 \times 10^{-4}$ | $\Delta U = +512 \times 10^{-4}$ | $\Delta V = -29.6 \times 10^5$ |



**تمرین مهم:** مطابق شکل گلوله ای به جرم 2 گرم و با بار  $-20$  میکروکولن را از نقطه A به B شلیک می کنیم و

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

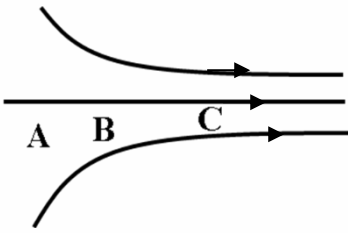
باشد، و فاصله A از B 10 سانتیمتر باشد، سرعت پرتاب از نقطه A تقریباً ؟





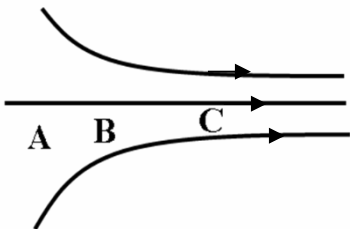
## مقایسه میدان و نیرو و پتانسیل و انرژی پتانسیل

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



$$E_C > E_B > E_A$$

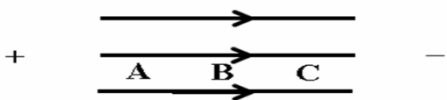
**نیرو:** هر جا که خطوط میدان به هم نزدیکتر باشند نیروی وارد بر بار قوی تر است.



$$F_C > F_B > F_A$$

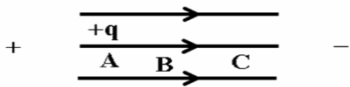
**پتانسیل الکتریکی:** هر چه در جهت میدان پیش رویم پتانسیل کاهش

می یابد (نوع بار اهمیتی ندارد)



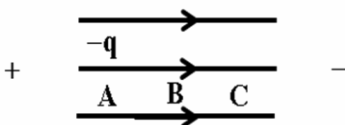
$$+q \quad -q \quad V_A > V_B > V_C$$

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.



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

انرژی پتانسیل  
الکتریکی





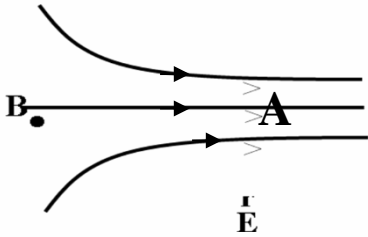
**تست:** در شکل مقابل، باری منفی از A به B جابجا می شود ، کدام رابطه درست است؟

$$U_A > U_B, F_A > F_B, V_B > V_A, E_B < E_A \quad (1)$$

$$U_A > U_B, F_A > F_B, V_B > V_A, E_B > E_A \quad (2)$$

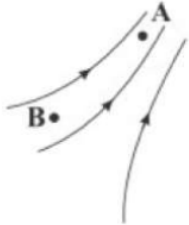
$$U_A < U_B, F_A = F_B, V_B < V_A, E_B < E_A \quad (3)$$

(4) هر سه گزینه غلط است.



### Home worke 4

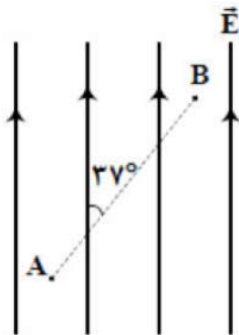
۱ در شکل زیر، خطوط میدان الکتریکی رسم شده است. کدام گزینه رابطه‌ی درستی را در ارتباط با شدت میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی در نقاط  $A$  و  $B$  نشان می‌دهد؟



۱  $E_A < E_B$  و  $V_A = V_B$       ۲  $E_A > E_B$  و  $V_A > V_B$       ۳  $E_A > E_B$  و  $V_A < V_B$

۴  $E_A < E_B$  و  $V_A < V_B$

۲ مطابق شکل مقابل، بار  $q = -5 \mu C$  را در میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 5 \times 10^4 \frac{N}{C}$  از نقطه  $A$  تا نقطه  $B$  جابه‌جا می‌کنیم. اگر  $AB = 50 \text{ cm}$  باشد.  $V_A - V_B$  چند کیلوولت است؟ ( $\sin 37^\circ = 0.6$ )



۴ -۲۰

۳ -۱۵

۲ ۲۰

۱ ۱۵

۳ بار الکتریکی  $-4 \mu C$  از نقطه  $A$  با پتانسیل الکتریکی  $V_A = -20V$  تا نقطه  $B$  با پتانسیل الکتریکی  $V_B = -5V$  جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی بار چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟

۱  $10^{-4}$ ، افزایش می‌یابد.      ۲  $10^{-4}$ ، کاهش می‌یابد.

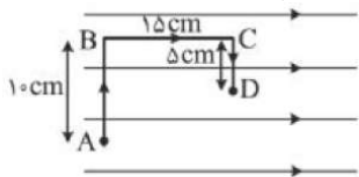
۳  $6 \times 10^{-5}$ ، افزایش می‌یابد.      ۴  $6 \times 10^{-5}$ ، کاهش می‌یابد.

۴ ذره‌ای با بار الکتریکی  $q = -20 \mu C$  در میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 4 \times 10^4 \frac{N}{C}$  توسط یک نیروی خارجی با سرعت ثابت به اندازه  $50 \text{ cm}$  در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود. در این جابه‌جایی، کار نیروی خارجی و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره به ترتیب چند ژول است؟

۱  $-0.4$  و  $-0.4$       ۲  $+0.4$  و  $-0.4$       ۳  $+0.4$  و  $-0.4$       ۴  $+0.4$  و  $+0.4$



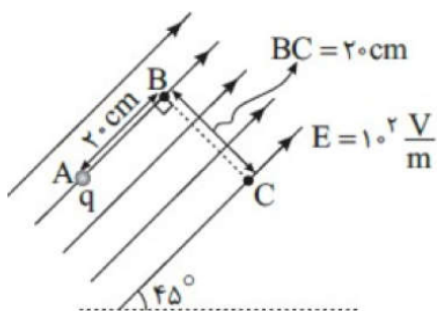
۵ در شکل زیر در میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 2 \times 10^5 \frac{N}{C}$ ، بار نقطه‌ای  $q = 1 \mu C$  از نقطه A به نقطه D در مسیر نشان داده شده منتقل شده است. در این انتقال انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره باردار چند ژول تغییر می‌کند؟



- ۱)  $-0.48$       ۲)  $-0.24$       ۳)  $+0.48$       ۴)  $+0.24$

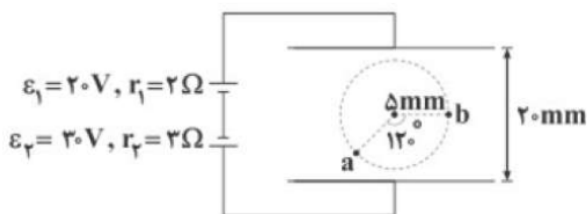
۶ در شکل مقابل به ذره‌ای خنثی تعداد  $10^{15}$  الکترون می‌دهیم و آن را در میدان الکتریکی  $100 \frac{V}{m}$  از نقطه‌ی A به B و سپس به C می‌بریم. انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در این جابه‌جایی چند میلی‌ژول تغییر می‌کند؟

( $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ )



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

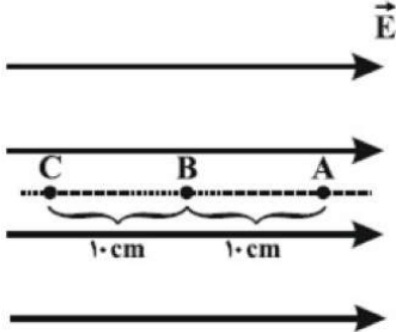
۷ در میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد شده بین دو صفحه‌ی موازی نشان داده‌شده، حاصل  $V_a - V_b$  در SI برابر کدام گزینه است؟



- ۱)  $1/25\sqrt{3}$       ۲)  $-1/25\sqrt{3}$       ۳)  $2/5\sqrt{3}$       ۴)  $-2/5\sqrt{3}$



۸ مطابق شکل مقابل، گلوله‌ای به جرم  $20\text{g}$  و بار الکتریکی  $+40\ \mu\text{C}$ ، در خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی یکنواخت افقی به بزرگی  $50\ \frac{\text{V}}{\text{mm}}$  از نقطه A پرتاب می‌شود. برای کاهش تندی این جسم، نیرویی خارجی در خلاف جهت حرکت گلوله به آن اعمال کرده‌ایم. اگر تندی گلوله در نقاط B و C به ترتیب  $10\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$  و  $6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$  باشد، اندازه کار نیروی خارجی در جابه‌جایی از B تا C چند ژول است؟ (از نیروی وزن صرف‌نظر کنید).

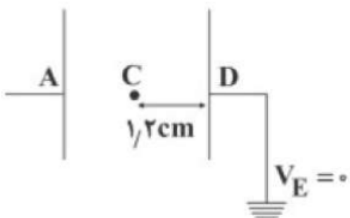


- ۱)  $0.84$       ۲)  $0.64$       ۳)  $0.44$       ۴)  $0.20$

۹ یک باتری ۹ ولتی به دو سر صفحه‌های فلزی موازی که در فاصله  $4/5$  میلی‌متری از یکدیگر قرار دارند، وصل شده است. یک الکترون از حالت سکون از صفحه منفی رها می‌شود، اگر تنها نیروی الکتریکی حاصل از میدان الکتریکی صفحه‌ها را در نظر بگیریم، انرژی جنبشی الکترون هنگامی که به صفحه مثبت می‌رسد، چند میکروژول است؟  
( $e = 1.6 \times 10^{-19}\ \text{C}$ )

- ۱)  $2/88 \times 10^{-18}$       ۲)  $2/88 \times 10^{-12}$       ۳)  $1/44 \times 10^{-18}$       ۴)  $1/44 \times 10^{-12}$

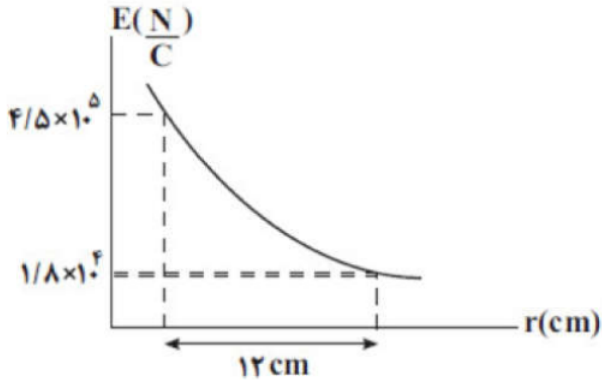
۱۰ در شکل مقابل، پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی A برابر با  $240\ \text{V}$  و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه‌ی C و D برابر با  $96\ \text{V}$  است. فاصله‌ی بین این دو صفحه‌ی رسانا چند سانتی‌متر است؟



- ۱) ۳      ۲) ۲      ۳) ۶      ۴) ۴

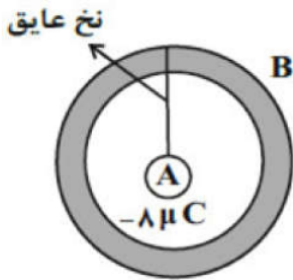


۱۱) نمودار بزرگی میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار  $q < 0$ ، مطابق شکل مقابل است. اگر این بار الکتریکی را هم جهت با خطوط یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $\frac{2}{5} M \frac{N}{C}$  به اندازه  $4 \text{ cm}$  جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی این بار چند میلی‌ژول و چگونه تغییر می‌کند؟  $\left( K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$



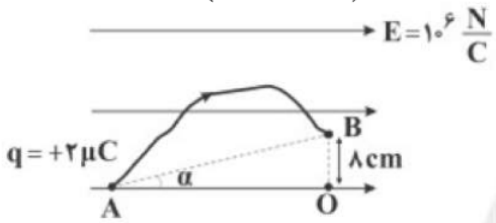
- ۱) افزایش می‌یابد.  $4/5$       ۲) کاهش می‌یابد.  $45$
- ۳) افزایش می‌یابد.  $45$       ۴) کاهش می‌یابد.  $4/5$

۱۲) کره‌ی رسانای A با بار الکتریکی  $-8 \mu C$  توسط نخ عایقی از داخل پوسته‌ی رسانای کروی و بدون بار B آویزان است. اگر نخ پاره شود، پس از تعادل الکتریکی، به ترتیب بار سطح داخلی و خارجی پوسته‌ی B کدام است؟



- ۱) صفر و صفر      ۲)  $-4 \mu C$  و  $-4 \mu C$       ۳) صفر و  $-8 \mu C$       ۴)  $-8 \mu C$  و صفر

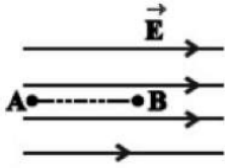
۱۳) مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار مثبت، با طی کردن مسیر نشان داده‌شده از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B جابه‌جا می‌شود. کار انجام‌شده توسط میدان الکتریکی روی این ذره در این جابه‌جایی چند ژول است؟  $\left( \tan \alpha = \frac{4}{5} \right)$



- ۱) ۵      ۲)  $0/2$       ۳) ۲      ۴) ۱۰

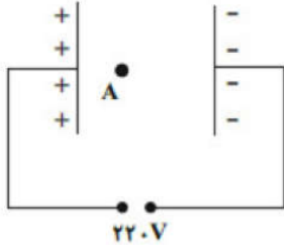


۱۴ در شکل مقابل و در میدان الکتریکی یک‌نواختی به بزرگی  $\frac{5}{C} N$ ، ذره‌ای با بار الکتریکی  $q = -5\mu C$  در نقطه‌ی B بدون تندی اولیه رها می‌شود. وقتی این ذره در مسیر مستقیم، ۲۰ سانتی‌متر جابه‌جا شده و به نقطه‌ی A می‌رسد، انرژی جنبشی آن چند ژول می‌شود؟ (از اثر گرانش و نیروهای مقاوم در مقابل حرکت ذره صرف‌نظر شود.)



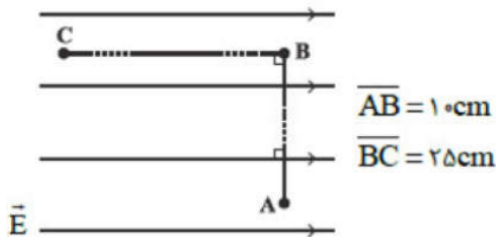
- ۱ / ۱ (۱)      ۰ / ۵ (۲)      ۰ / ۵۱ (۳)      ۰ / ۰۵ (۴)

۱۵ مطابق شکل مقابل، در یک میدان الکتریکی یک‌نواخت به بزرگی  $E = 2 \times 10^2 \frac{N}{C}$ ، پروتونی را از نقطه‌ی A رها می‌کنیم. اگر پروتون با تندی  $2 \times 10^5 \frac{m}{s}$  به صفحه‌ی منفی برخورد کند، فاصله‌ی نقطه‌ی A از صفحه‌ی منفی و مثبت به ترتیب از راست به چپ چند سانتی‌متر است؟ (از نیروی وزن و تمامی اصطکاک‌ها صرف‌نظر کنید،  $m_p = 1/6 \times 10^{-27} kg$  و بار پروتون  $1/6 \times 10^{-19} C$  می‌باشد.)



- ۱۰، ۱ (۴)      ۱، ۱۰ (۳)      ۱۱، ۱۰ (۲)      ۱۱، ۱ (۱)

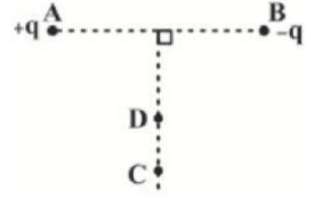
۱۶ مطابق شکل مقابل، بار الکتریکی نقطه‌ای q در میدان الکتریکی یک‌نواختی به بزرگی  $E = 1/6 \times 10^4 \frac{N}{C}$  از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B و سپس تا نقطه‌ی C جابه‌جا می‌شود. اگر کار نیروی میدان الکتریکی در این جابه‌جایی برابر با  $+8 mJ$  باشد، بار q چند نانوکولن است؟



- ۲۰ (۴)      -۲۰ (۳)      ۲ (۲)      -۲ (۱)



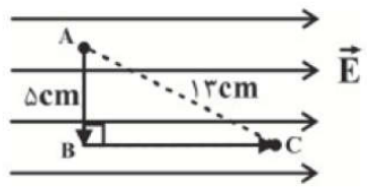
۱۷) مطابق شکل مقابل، دو بار الکتریکی نقطه‌ای و هم‌اندازه‌ی  $+q$  و  $-q$  در نقطه‌های A و B ثابت شده‌اند. اگر بار الکتریکی نقطه‌ای  $+2\mu C$  را روی عمودمنصف خط واصل دو بار از نقطه‌ی C تا D جابه‌جا کنیم، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن مطابق با کدام گزینه است؟



۱  $\Delta U = 0$       ۲  $\Delta U > 0$

۳  $\Delta U < 0$       ۴ بسته به شرایط هر سه گزینه می‌تواند درست باشد.

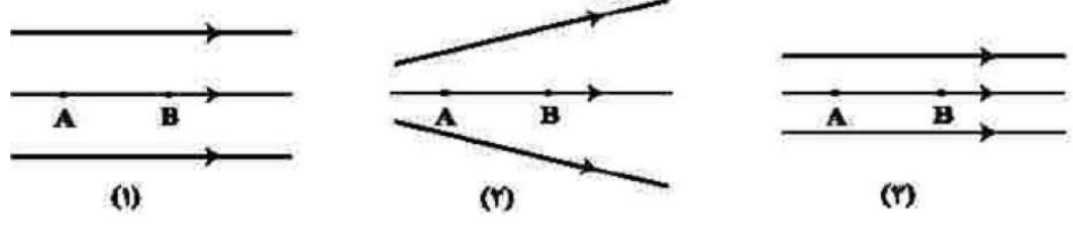
۱۸) مطابق شکل زیر، ذره‌ی بارداری با بار  $+5\mu C$  در میدان الکتریکی یک‌نواختی به بزرگی  $E = 10^5 \frac{N}{C}$  از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B و سپس تا نقطه‌ی C جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟



۱  $0/05$  ژول کاهش می‌یابد.      ۲  $0/05$  ژول افزایش می‌یابد.

۳  $0/07$  ژول افزایش می‌یابد.      ۴  $0/06$  ژول کاهش می‌یابد.

۱۹) شکل زیر، سه آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. یک الکترون از حالت سکون از نقطه‌ی B رها می‌شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطه‌ی A شتاب می‌گیرد. نقطه‌های A و B در هر سه آرایش در فاصله‌ی یکسان قرار دارند. اگر اختلاف پتانسیل بین دو نقطه  $(V_A - V_B)$  را  $\Delta V$  بنامیم، کدام رابطه درست است؟

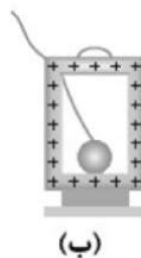


۱  $\Delta V_{(3)} > \Delta V_{(2)} > \Delta V_{(1)}$       ۲  $\Delta V_{(3)} = \Delta V_{(1)} > \Delta V_{(2)}$       ۳  $\Delta V_{(1)} > \Delta V_{(2)} > \Delta V_{(3)}$

۴  $\Delta V_{(1)} = \Delta V_{(2)} = \Delta V_{(3)}$

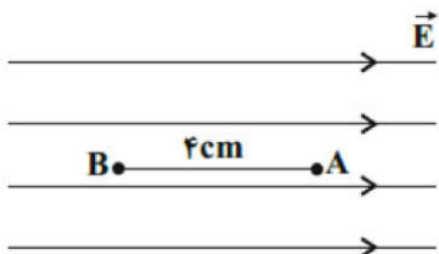


۲۰ در شکل زیر مراحل انجام آزمایش چگونگی توزیع بارهای الکتریکی در اجسام رسانا به صورت نامرتب نشان داده شده است. در کدام گزینه ترتیب این شکل‌ها از راست به چپ به درستی مشخص شده است؟



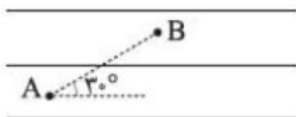
- ۱ - د - ب - ج - الف    ۲ - الف - ب - ج - د    ۳ - ج - ب - د - الف    ۴ - ج - الف - د - ب

۲۱ مطابق شکل مقابل بار الکتریکی نقطه‌ای  $q = -4\mu\text{C}$  با جرم  $0.2/0$  گرم در میدان الکتریکی یک‌نواختی به بزرگ  $10 \frac{V}{m}$  در نقطه‌ی A رها شده و به نقطه‌ی B می‌رسد. تندی آن در نقطه‌ی B چند متر بر ثانیه است؟ (نیروی موثر بر بار فقط نیروی الکتریکی است).



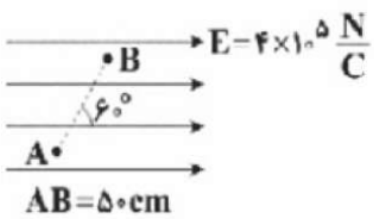
- ۱ - ۴۰    ۲ - ۸۰    ۳ -  $4\sqrt{2}$     ۴ -  $10\sqrt{10}$

۲۲ بار الکتریکی نقطه‌ای مثبت  $10\mu\text{C}$  در یک میدان الکتریکی از نقطه‌ی A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر کار انجام شده توسط میدان الکتریکی  $+2 \text{ mJ}$  باشد،  $V_A - V_B$  چند ولت است؟



- ۱ - ۱۰۰    ۲ - ۱۰۰    ۳ - ۲۰۰    ۴ - ۲۰۰

۲۳ مطابق شکل زیر، بار الکتریکی نقطه‌ای  $q = -2\mu\text{C}$  در میدان الکتریکی یک‌نواخت  $\vec{E}$  از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B جابه‌جا می‌شود. به ترتیب از راست به چپ، کار نیروی الکتریکی وارد بر بار  $q$  چند ژول و  $V_B - V_A$  چند ولت است؟



- ۱ -  $0.2/0$  و  $+10$     ۲ -  $0.4/0$  و  $+10$     ۳ -  $0.2/0$  و  $-10$     ۴ -  $0.4/0$  و  $-10$





۲۴ دو کره رسانای  $A$  و  $B$  به ترتیب با شعاع‌های  $R$  و  $2R$  دارای بارهای الکتریکی مثبت و چگالی سطحی بار الکتریکی یکسان هستند. چند درصد از بار الکتریکی کره  $B$  را به کره  $A$  منتقل کنیم تا بار الکتریکی دو کره برابر شود؟

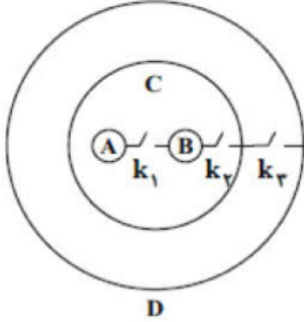
۷۵ (۴)

۵۰ (۳)

۳۷/۵ (۲)

۲۵ (۱)

۲۵ مطابق شکل مقابل، دو کره رسانا و مشابه دارای بارهای الکتریکی  $q_A = -3\mu C$  و  $q_B = 5\mu C$  درون پوسته‌های رسانای  $C$  و  $D$  قرار دارند. کلید  $k_1$  را بسته و باز کرده، سپس کلید  $k_2$  را بسته و باز می‌کنیم و در نهایت کلید  $k_3$  را بسته و باز می‌کنیم. به ترتیب از راست به چپ بار کره  $A$  و پوسته خارجی  $C$  چند میکروکولن می‌شود؟



صفر، صفر (۴)

۱، صفر (۳)

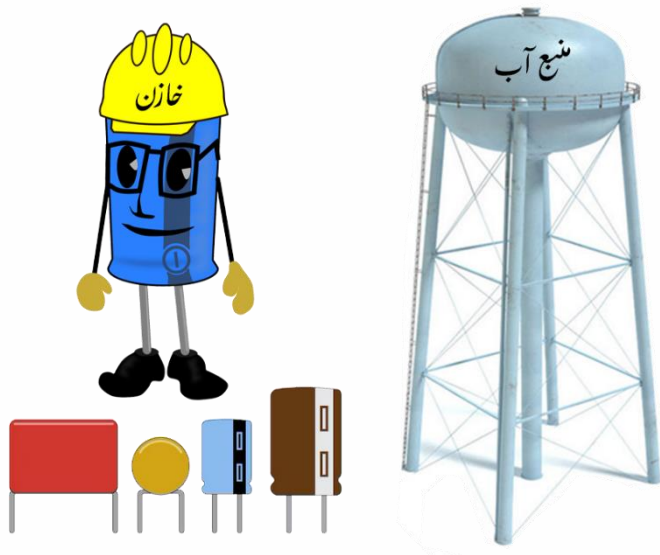
صفر، ۱ (۲)

۱، ۱ (۱)



## 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 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 نسب 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.

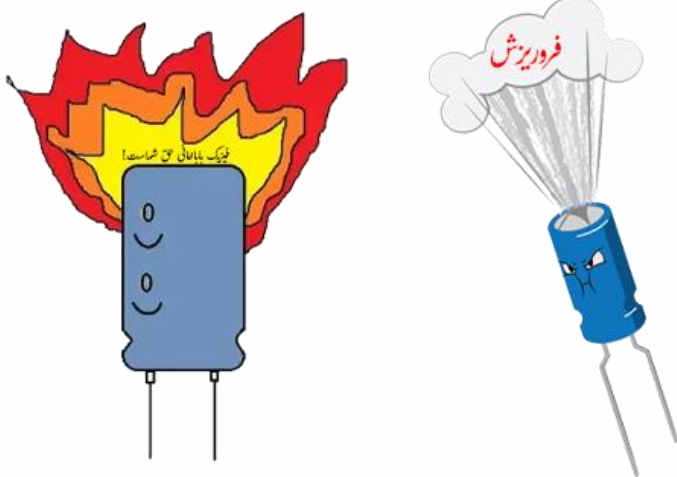
$$C = \frac{K \epsilon A}{d} \quad C = \frac{q}{V}$$

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 می‌یابد و هنگامیکه بار الکتریکی ذخیره شده در خازن از مقدار معینی بیشتر شود میدان الکتریکی بسیار قوی میان صفحات آن ایجاد می‌شود که به این سبب دی الکتریک موقتاً رسانا شده و با ایجاد جرعه میان صفحات خازن عمل تخلیه ی الکتریکی صورت می‌پذیرد 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 می‌شود و به آن اختلاف پتانسیل بیشینه، **پتانسیل فروریزش** می‌گویند. مقدار بیشینه میدان الکتریکی ای که دی الکتریک می‌تواند بدون فروریزش تحمل کند را **قدرت (استقامت) دی الکتریک** می‌نامند.

$$E_{\max} = \frac{V_{\max}}{d}$$

### دی الکتریک چگونه ظرفیت خازن را افزایش می‌دهد؟

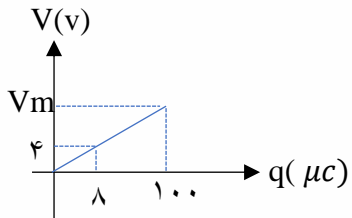
فرض کنید خازنی را نخست توسط یک باتری باردار و سپس از باتری جدا کرده ایم. اکنون فضای داخل این خازن را با یک دی الکتریک پر می‌کنیم. توجه کنید که دی الکتریک ها بر دو نوع اند: قطبی و غیرقطبی. وقتی یک دی الکتریک قطبی (مانند آب)، در میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن قرار می‌گیرد، سر منفی مولکول‌های دوقطبی به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



**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 فروشکست 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؟



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

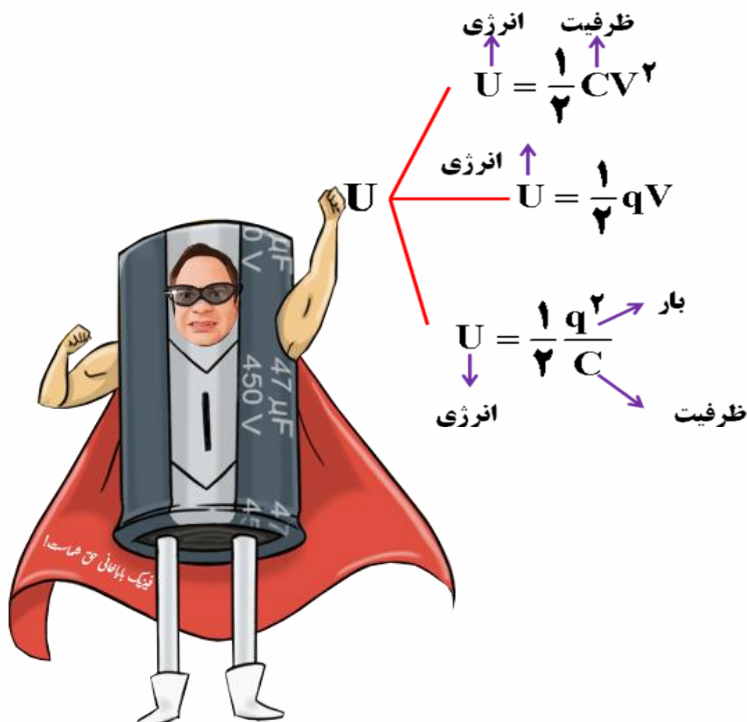
$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow C = \frac{8 \times 10^{-6}}{4} = 2 \times 10^{-6} F = 2 \mu F$$

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

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

### انرژی ذخیره شده در خازن ها

وقتی صفحه های خازن دارای بار الکتریکی می شوند در خازن انرژی نیز ذخیره می شود که فرمولهایش را در زیر می بینید:



**تست:** با تخلیه 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)

- ۴۰ (۱)      ۰/۰۴ (۲)      ۴ (۳)      ۹۶ (۴)

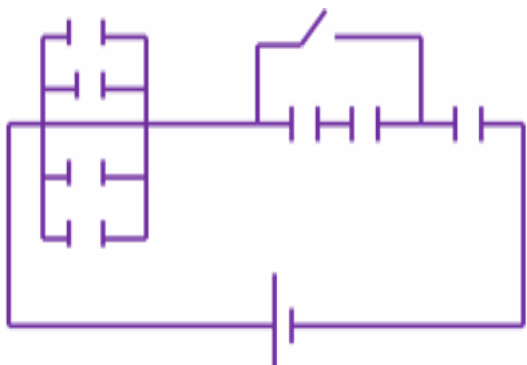
**تست:** در شکل مقابل در تمامی خازن ها فاصله دو صفحه از هم ۳ میلی متر و مساحت مشترک صفحات ۵ سانتیمتر مربع و  $\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12}$  و جنس دی الکتریک هوا باشد، پس از بستن کلید K انرژی ذخیره شده در کل مدار چند میلی ژول می شود؟ (باتری ۲۰ ولتی است)

(۱)  $3 \times 10^{-7}$

(۲)  $3 \times 10^{-10}$

(۳)  $3 \times 10^{-12}$

(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.

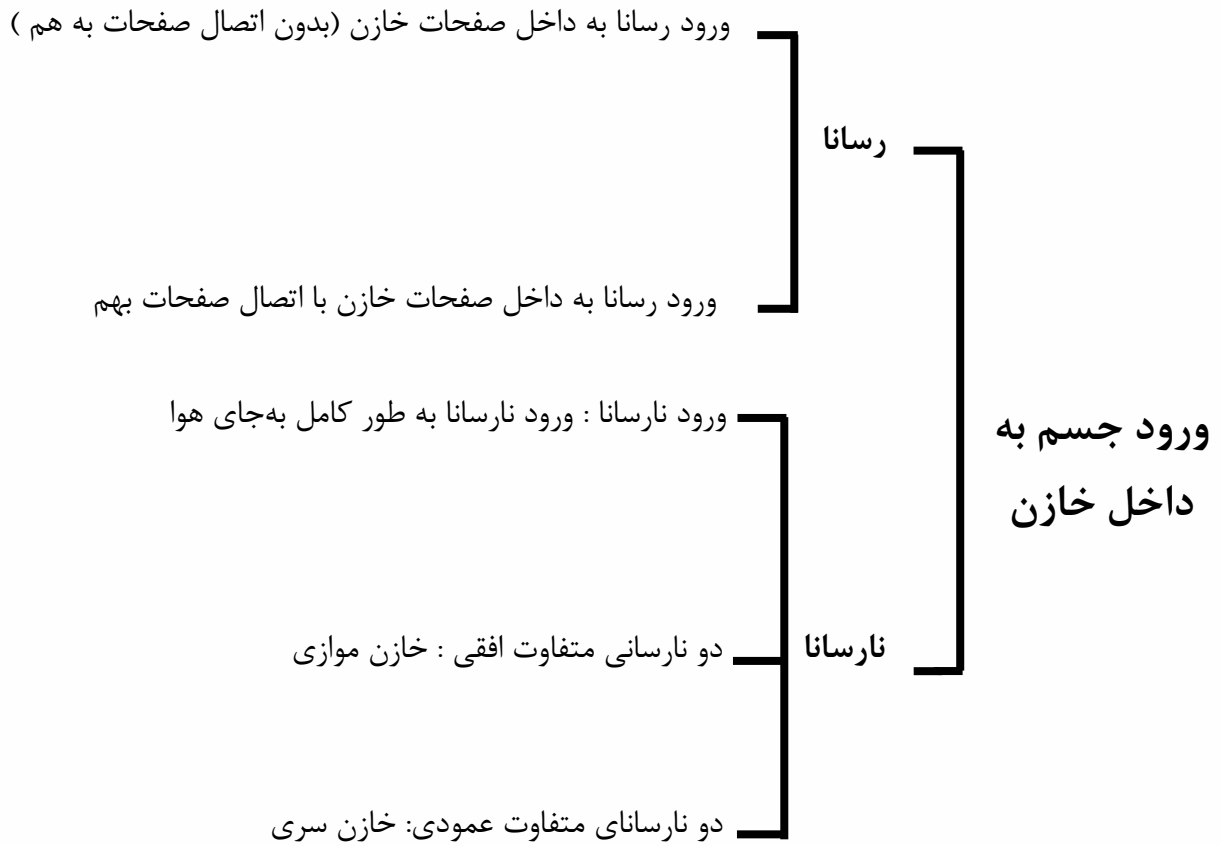
$$U_2 = U_1 + 7 \rightarrow \frac{1}{2} \frac{Q_2^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C} + 7 \xrightarrow{C=2\mu F, Q_2=Q_1+2\mu C} \frac{1}{2} \frac{(Q_1 + 2)^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{2} + 7$$

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

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



## ورود یک جسم در فضای بین صفحات خازن ها:





## نکات مربوط به تغییر ساختمان فیزیکی خازن ها

تغییر ساختار فیزیکی خازن ها را در دو حالت بررسی میکنیم یکی حین اتصال مولد به خازن و یکی هم پس از جدا کردن مولد از خازن

### نکات انگول کردن خازن!



$C \Rightarrow n$  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  $1/6$  برابر و فاصله صفحات از هم را نصف می‌کنیم، ظرفیت خازن و انرژی ذخیره شده در آن به ترتیب از راست به چپ هر یک چند درصد تغییر می‌کنند؟

(۲)  $-220$  بدون تغییر

(۱)  $220-220$

(۴) هیچکدام

(۳)  $3/2 - 3/2$

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

(۴)  $n$

(۳)  $n^2$

(۲)  $\frac{1}{n^2}$

(۱)  $\frac{1}{n}$



### Home work 5

۱) چه تعداد از موارد زیر درست است؟

الف) نوع نیروی الکتریکی بین صفحات همهٔ خازن‌های بادار، از نوع جاذبه است.

ب) برای تمام خازن‌ها می‌توان ظرفیت را از رابطهٔ  $C = \frac{Q}{V}$  به دست آورد.

پ) دی‌الکتریک‌ها بر دو نوع‌اند: (۱) قطبی و رسانا (۲) غیرقطبی و نارسانا.

ت) ظرفیت همهٔ خازن‌ها از رابطهٔ  $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$  به دست می‌آید.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۲) مساحت هریک از صفحه‌های خازن تختی  $9 \text{ cm}^2$  و عایقی با ثابت دی‌الکتریک  $10$  فضای بین دو صفحهٔ خازن را به

طور کامل پر کرده است. اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل  $20 \text{ V}$  وصل کنیم،  $180$  پیکوکولن بار الکتریکی بر روی

هریک از صفحه‌های آن ذخیره می‌شود. ضخامت مادهٔ دی‌الکتریک چند میلی‌متر است؟

$$\left( \epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \right)$$

۰/۸۱ (۴)

۲/۷ (۳)

۹ (۲)

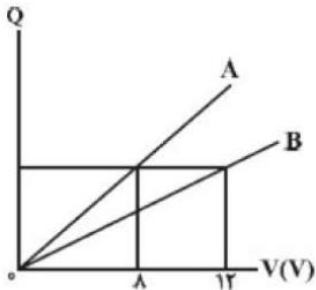
۰/۹ (۱)

۳) نمودار بار الکتریکی ذخیره شده بر حسب ولتاژ دو سر خازن‌های مجزای A و B مطابق شکل زیر است. اگر دی‌الکتریک

خازن B که ثابت آن برابر با ۲ است، را برداشته، مساحت هریک صفحه‌های آن را ۲۰ درصد افزایش و فاصله‌ی بین

صفحات آن را ۲۰ درصد کاهش دهیم، ظرفیت جدید خازن B چند برابر ظرفیت خازن A است؟ (ثابت دی‌الکتریک هوا را

یک در نظر بگیرید.)



$\frac{3}{2}$  (۴)

$\frac{3}{8}$  (۳)

$\frac{1}{2}$  (۲)

$\frac{2}{3}$  (۱)

۴) در یک سلول عصبی، تعداد یون‌های مثبت لازم (با فرض آن‌که هر یون یک بار یونیده باشد) برای آن‌که میدان

الکتریکی یک‌نواختی به بزرگی  $\frac{4}{8} \frac{MV}{m}$  داخل غشا ایجاد شود، کدام است؟ (فرض کنید غشا دارای ثابت دی‌الکتریک

$\kappa = 3$ ، ضخامت  $10 \text{ nm}$  و مساحت سطح  $100 \mu\text{m}^2$  است،  $\epsilon_0 = 10^{-11} \frac{F}{m}$  و  $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  می‌باشد.)

$9 \times 10^6$  (۴)

$9 \times 10^4$  (۳)

$3 \times 10^6$  (۲)

$3 \times 10^4$  (۱)



۵) حداکثر ولتاژی که می‌توان به دو سر یک خازن تخت که فاصله‌ی بین دو صفحات آن به طور کامل با یک دی‌الکتریک با ضخامت  $1/2\text{mm}$  پر شده است، اعمال کرد تا فرو ریزش الکتريکی رخ ندهد برابر با  $6000\text{V}$  می‌باشد. بیشینه‌ی بار الکتريکی ذخیره شده در خازن تختی به ظرفیت  $50\mu\text{F}$  که از همان دی‌الکتریک با ضخامت  $3/6\text{mm}$  پر شده است چند کولن باشد تا دی‌الکتریک نسوزد؟

- ۱)  $0/9$       ۲)  $9 \times 10^{-2}$       ۳)  $3 \times 10^{-6}$       ۴)  $0/03$

۶) بار الکتريکی ذخیره شده در خازنی به ظرفیت  $4\mu\text{F}$  برابر با  $Q$  است. اگر  $2\text{mC}$  بار الکتريکی را از صفحه‌ی مثبت خازن جدا کرده و به صفحه‌ی منفی آن منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در آن  $1\text{J}$  تغییر می‌کند. بار اولیه‌ی ذخیره شده در خازن چند میلی‌کولن است؟

- ۱)  $2$       ۲)  $3$       ۳)  $0/5$       ۴)  $1$

۷) اگر برای انتقال  $4\mu\text{C}$  بار الکتريکی از یکی از صفحات خازن تختی به ظرفیت  $80\mu\text{F}$  به صفحه‌ی دیگر آن،  $96\mu\text{J}$  کار لازم باشد، بار الکتريکی اولیه‌ی این خازن قبل از انتقال این بار تقریباً چند میلی‌کولن بوده است؟

- ۱)  $190$       ۲)  $19$       ۳)  $1/9$       ۴)  $1900$

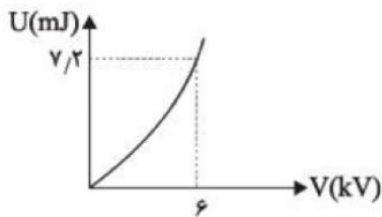
۸) ظرفیت خازنی  $10\mu\text{F}$  و بار الکتريکی ذخیره شده در آن  $12\text{mC}$  است. چند میلی‌کولن بار منفی از صفحه‌ی مثبت جدا کرده و به صفحه‌ی منفی منتقل کنیم تا انرژی ذخیره شده در خازن  $1250\text{mJ}$  افزایش یابد؟

- ۱)  $0/5$       ۲)  $1$       ۳)  $2$       ۴)  $4$

۹) خازن تختی که دی‌الکتریک بین صفحات آن هوا است، به یک مولد متصل است و انرژی ذخیره شده در آن  $U$  است. اگر فضای بین صفحات خازن را ابتدا با دی‌الکتریک با ثابت  $2$  به طور کامل پر کنیم، سپس خازن را از مولد جدا کرده و در انتها دی‌الکتریک را از آن خارج کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن  $U''$  می‌شود. نسبت  $\frac{U''}{U}$  کدام است؟

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

۱۰) نمودار انرژی الکتريکی ذخیره شده در یک خازن برحسب ولتاژ دو سر آن مطابق شکل زیر است. ظرفیت این خازن چند پیکوفاراد است



- ۱)  $0/4$       ۲)  $4$       ۳)  $40$       ۴)  $400$

۱۱) خازن تختی را پس از شارژ شدن از باتری جدا کرده‌ایم. ظرفیت این خازن  $18\mu\text{F}$  و بار ذخیره شده در آن  $20\mu\text{F}$  است. چند درصد بار منفی را از چه صفحه‌ای جدا کنیم و به صفحه‌ی دیگر اضافه کنیم تا انرژی ذخیره شده در خازن  $4\mu\text{F}$  کاهش یابد؟

- ۱)  $20$  - از منفی به مثبت      ۲)  $20$  - از مثبت به منفی  
۳)  $80$  - از مثبت به منفی      ۴)  $80$  - از منفی به مثبت

۱۲) مدار یک فلش عکاسی انرژی الکتريکی با ولتاژ  $200\text{V}$  را در یک خازن  $450\mu\text{F}$  ذخیره می‌کند. اگر تقریباً همه‌ی این انرژی در مدت  $0/5\text{ms}$  توسط خازن آزاد شود، توان متوسط خروجی فلش چند کیلووات است؟

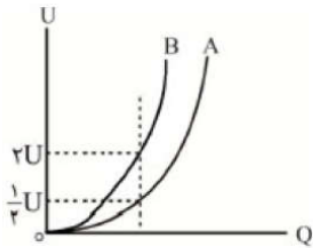
- ۱)  $4/5$       ۲)  $18$       ۳)  $4/5 \times 10^3$       ۴)  $18 \times 10^3$



۱۳ صفحات یک خازن تخت را پس از بردار شدن از باتری جدا می‌کنیم. اگر فاصله‌ی بین دو صفحه را ۲۰ درصد افزایش دهیم، انرژی ذخیره‌شده در خازن چگونه تغییر می‌کند؟

- ۱ ثابت می‌ماند.      ۲ ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.  
 ۳ ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.      ۴ ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

۱۴ نمودار تغییرات انرژی ذخیره شده برحسب بار الکتریکی در دو خازن تخت A و B با مساحت صفحه‌های یکسان که با دی‌الکتریک‌های هم ضخامتی پر شده‌اند، به صورت شکل مقابل است. اگر ضریب دی‌الکتریک خازن B، ۱۲ باشد، ضریب دی‌الکتریک خازن A کدام است؟



- ۱ ۳      ۲ ۲۴      ۳ ۴۸      ۴ ۶

۱۵ با چرخش یکی از صفحه‌های یک خازن تخت، مساحتی از صفحه‌ها که روبروی هم است را نصف می‌کنیم و اختلاف پتانسیل میان دو صفحه را ۴۰ درصد کاهش می‌دهیم. انرژی الکتریکی ذخیره‌شده در خازن چند درصد تغییر می‌کند؟

- ۱ ۶۴      ۲ ۳۶      ۳ ۱۸      ۴ ۸۲

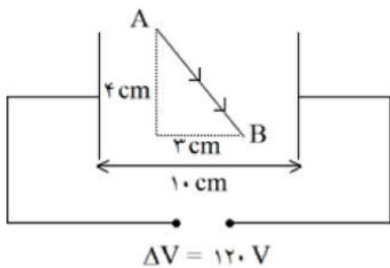
۱۶ ظرفیت خازنی  $12 \mu F$  و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه‌ی آن  $V_1$  است. اگر  $6 \mu C$  بار الکتریکی را از صفحه‌ی منفی آن به صفحه‌ی مثبت انتقال دهیم، انرژی ذخیره شده در آن  $28/5 \mu J$  کاهش می‌یابد.  $V_1$  چند ولت است؟

- ۱ ۵      ۲ ۱۰      ۳ ۱۵      ۴ ۲۰

۱۷ مساحت سطح مقطع مشترک صفحات خازن تختی برابر با A، فاصله‌ی عایق میان صفحات آن برابر با d و ثابت دی‌الکتریک آن برابر با  $\kappa$  است. اگر این خازن را به یک باتری با اختلاف پتانسیل الکتریکی V متصل کنیم، اندازه‌ی نیرویی که هر یک از صفحات خازن به دیگری وارد می‌کند، برابر کدام گزینه است؟

- ۱  $\frac{\kappa A \epsilon_0 \cdot V^2}{d^2}$       ۲  $\frac{\kappa A \epsilon_0 \cdot V^2}{2d^2}$       ۳  $\frac{2 \kappa A \epsilon_0 \cdot V^2}{d^2}$       ۴  $\frac{4 \kappa A \epsilon_0 \cdot V^2}{3d^2}$

۱۸ مطابق شکل دو صفحه رسانای موازی را به منبع ولتاژ  $120V$  وصل کرده‌ایم. اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B را به دست آورید.



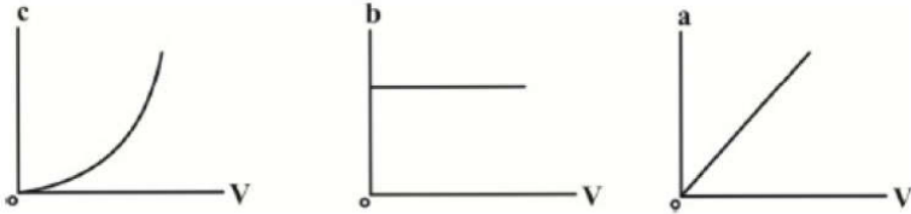


۱۹ ذره‌ی باردار  $q$  به جرم یک گرم در فضای بین دو صفحه‌ی رسانای افقی که فاصله‌ی آنها از هم  $2\text{ cm}$  و دارای بارهای الکتریکی مثبت و منفی با اندازه‌ی یکسان هستند، به حالت معلق قرار دارد. اگر جهت میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحه‌ها به سمت پایین و اندازه‌ی اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آنها برابر با  $500$  ولت باشد، بار  $q$  برحسب

میکروکولن کدام است؟  $\left(g = 10 \frac{N}{kg}\right)$

- ۱  $+0.4$       ۲  $-0.4$       ۳  $+40$       ۴  $-40$

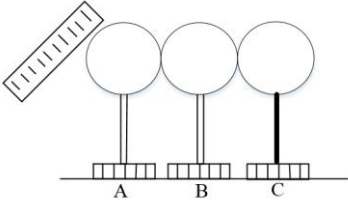
۲۰ تغییرات کمیت‌های  $a$ ،  $b$  و  $c$  مربوط به یک خازن برحسب اختلاف پتانسیل دو سر آن رسم شده است.  $a$ ،  $b$  و  $c$  به ترتیب از راست به چپ، چه کمیت‌هایی می‌توانند باشند؟ (ساختار خازن تغییری نمی‌کند.)



- ۱ بار الکتریکی - میدان الکتریکی - انرژی پتانسیل الکتریکی  
 ۲ میدان الکتریکی - بار الکتریکی - انرژی پتانسیل الکتریکی  
 ۳ انرژی پتانسیل الکتریکی - ظرفیت خازن - بار الکتریکی  
 ۴ میدان الکتریکی - ظرفیت خازن - انرژی پتانسیل الکتریکی

### Final 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؟



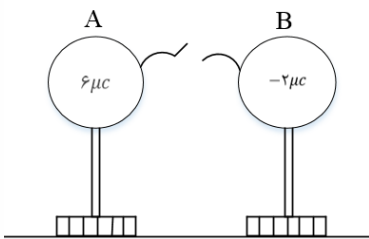
۱ (۱)

۱-۱ (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؟

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

۲ (۲)  $5 \times 10^{19}$

۱ (۱)  $5 \times 10^{13}$

۴ (۴)  $2/5 \times 10^{19}$

۳ (۳)  $2/5 \times 10^{13}$



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

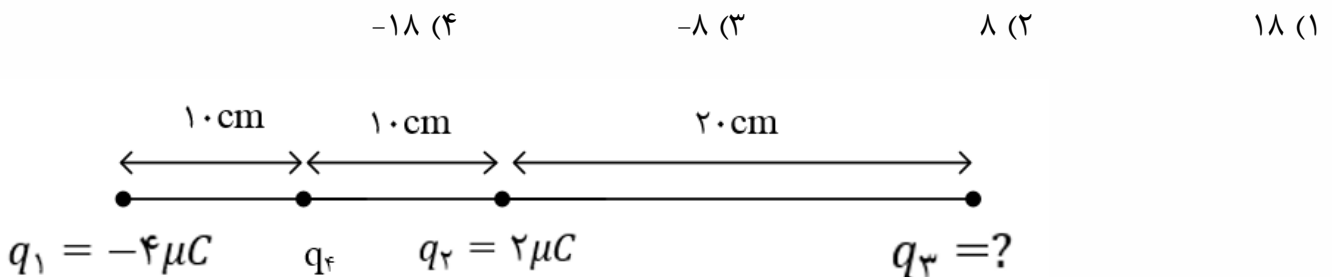
(۱) مثبت

(۲) خنثی یا مثبت

(۳) منفی

(۴) خنثی یا منفی

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





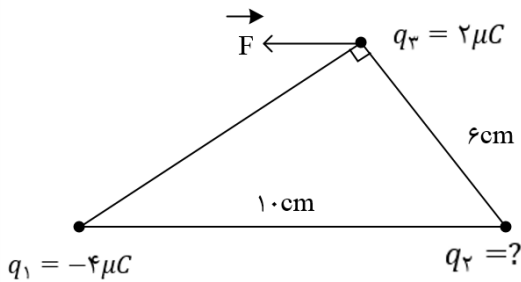
۷- سه بار نقطه ای مطابق شکل در جای خود ثابت شده اند. بر آیند نیروهایی که بارهای  $q_1$  و  $q_2$  بر بار  $q_3$  وارد می کنند (نیروی  $\vec{F}$  موازی با قاعده مثلث است. بار  $q_2$  چند میکروکولن است؟

$\frac{27}{16}$  (۴)

$\frac{9}{4}$  (۳)

۴ (۲)

۳ (۱)



۸- دو گلوله ی فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می باشند، از فاصله ی  $30$  سانتی متری، نیروی جاذبه ی  $4$  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؟ ( $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ )

$-2$  و  $8$  (۴)

$-3$  و  $9$  (۳)

$-4$  و  $10$  (۲)

$-6$  و  $12$  (۱)

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؟

$50$  (۴)

$40$  (۳)

$25$  (۲)

$15$  (۱)

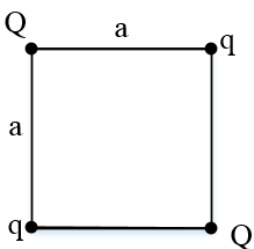
۱۰- بارهای الکتریکی  $q$  و  $Q$  مطابق شکل در  $4$  رأس مربع قرار دارند. اگر بر ایند نیروهای وارد بر هر کدام از بارهای  $Q$  صفر باشد، نسبت  $\frac{Q}{q}$  کدام است؟

$-\sqrt{2}$  (۴)

$\sqrt{2}$  (۳)

$-2\sqrt{2}$  (۲)

$2\sqrt{2}$  (۱)

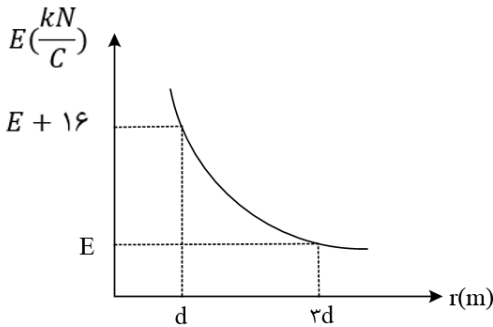






۱۱- نمودار تغییرات اندازه ی میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی  $q_1$  بر حسب فاصله از آن به صورت شکل زیر است. اگر بار الکتریکی  $q_2 = -2\mu C$  در فاصله ی  $2d$  بر حسب متر از بار  $q_1$  قرار بگیرد، بزرگی نیروی الکتریکی که دو ذره به یک دیگر وارد می کنند، چند میلی نیوتون می شود؟

- ۱۲ (۱)      ۹ (۲)      ۶ (۳)      ۱۸ (۴)

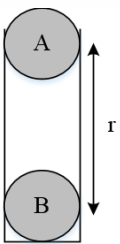


۱۲- دو ذره بارداری یکی به جرم  $M$  و بار الکتریکی  $+Q$  و دیگری به جرم  $\frac{M}{2}$  بار الکتریکی  $-2Q$  در میدان الکتریکی یکنواخت  $\vec{E}$  ثابت نگه داشته شده اند. فاصله ی دو بار از یک دیگر چه قدر باشد تا پس از رها شدن، در همان فاصله نسبی اولیه نسبت به هم باقی بمانند؟ (میدان الکتریکی در امتداد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

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

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؟

- ۳√۲ (۱)      ۲√۲ (۲)      ۶ (۳)      ۴ (۴)



۱۴- دو بار الکتریکی  $q_1 = q$  و  $q_2 = 2q$  در فاصله ی  $r$  از هم نیرویی به بزرگی  $F$  به یک دیگر وارد می کنند، درصدی از بار  $q_2$  را برداشته و به بار  $q_1$  اضافه می کنیم تا 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؟

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



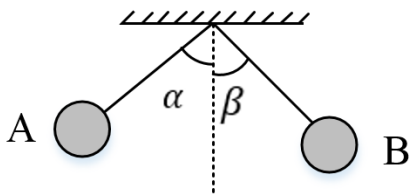
۱۵- در شکل مقابل، دو گلوله فلزی دارای بار الکتریکی هم نام بوده و در حالت تعادل قرار دارند. در این صورت کدام گزینه در مورد زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  صحیح می باشد؟ (گلوله ها در یک ارتفاع  $A p$  قرار دارند.)

(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  $20\text{cm}$  نارسا 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)

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

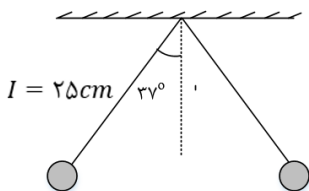
۱۷- در شکل زیر دو گلوله‌ی هم جرم دارای بارهای برابر  $3\mu\text{C}$  در حال تعادل هستند، جرم گلوله ها چند گرم است؟ ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  ,  $\text{Sin}37^\circ = 0/6$  ,  $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$ )

۵۷۶ (۴)

۱۲۰ (۳)

۳۲۰ (۲)

۱۶۰ (۱)

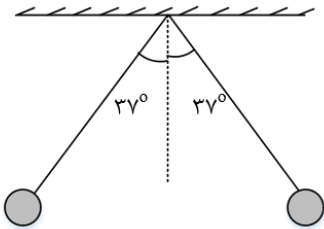




۱۸- در شکل زیر، دو گلوله ی کوچک مشابه به جرم ۴۰ گرم با بارهای الکتریکی  $+1\mu C$  و  $+3\mu C$  متصل به نخ های سبک، عایق و هم طولی در حال تعادل قرار دارند. طول هر کدام از نخها چند سانتی متر است؟

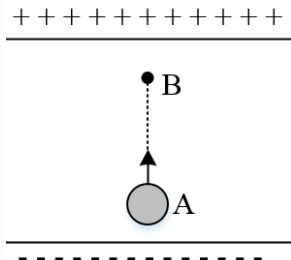
$$(g = 10 \frac{m}{s^2}, \sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8, k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$$

- ۲۵ (۴)      ۱۵ (۳)      ۲۰ (۲)      ۱۰ (۱)



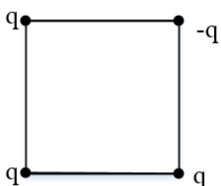
۱۹- مطابق شکل زیر ذره بارداری به جرم ۲۰g و بار الکتریکی  $0.5\mu C$  را در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی  $6 \times 10^5 \frac{N}{C}$  که راستای آن قائم است، با تندی  $2 \frac{m}{s}$  از نقطه A به سمت بالا پرتاب می کنیم. اگر جهت حرکت بار در نقطه B عوض شود، فاصله AB چند سانتی متر می باشد؟ (از مقاومت هوا صرف نظر کنید.)

- 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؟

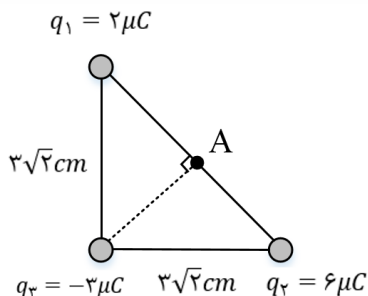
- $\frac{\sqrt{2}kq}{2a^2}$  (۴)       $\frac{2\sqrt{2}kq}{a^2}$  (۳)       $\frac{2kq}{a^2}$  (۲)       $\frac{kq}{a^2}$  (۱)





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)  $3 \times 10^7$  (۲)  $4 \times 10^7$  (۳)  $5 \times 10^7$  (۴)  $10^7$



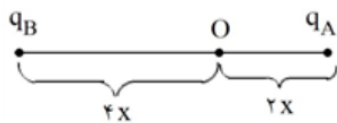
۲۲- یک قطره روغن به جرم  $2 \times 10^{-3} \text{ mg}$  و بار الکتریکی  $-4 \times 10^{-12} \text{ C}$  بین دو صفحه ی موازی باردار افقی قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه چند نیوتون بر کولن و جهت آن به کدام سمت باشد تا قطره ی روغن به حال تعادل قرار گیرد؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )

- (۱)  $5 \times 10^3$ ، بالا (۲)  $2 \times 10^4$ ، بالا

- (۳)  $5 \times 10^3$ ، پایین (۴)  $2 \times 10^4$ ، پایین

۲۳- 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؟

- (۱) ۸ (۲) -۸ (۳) ۴ (۴) -۴





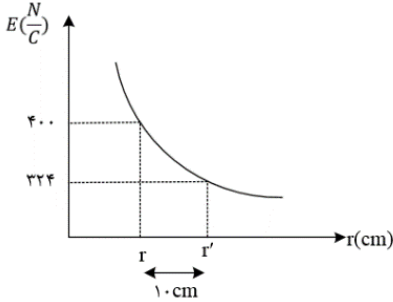
۲۴- در نمودار شکل زیر، اندازه ی میدان الکتریکی حاصل از ذره ی باردار  $q$  بر حسب فاصله از آن نشان داده شده است.  $r$  بر حسب سانتی متر و اندازه ی بار  $q$  بر حسب میکروکولون به ترتیب از راست به چپ چقدر است؟

(۲)  $9.0 \times 10^{-4}$ ،  $3/6 \times 10^{-4}$

(۱)  $9.0 \times 10^{-2}$ ،  $3/6 \times 10^{-2}$

(۴)  $1.00 \times 10^{-4}$ ،  $3/6 \times 10^{-4}$

(۳)  $1.00 \times 10^{-2}$ ،  $3/6 \times 10^{-2}$



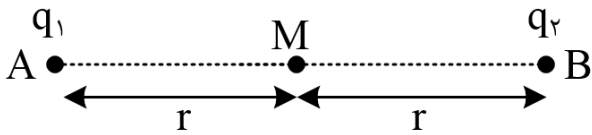
۲۵- دو بار الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  در نقاط A و B مطابق شکل قرار دارند. اندازه میدان الکتریکی در نقطه M وسط خط واصل دو بار،  $\vec{E}$  می باشد. اگر بار  $q_1$  را خنثی کنیم، اندازه میدان الکتریکی در همان نقطه  $-\frac{\vec{E}}{3}$  می شود، نسبت  $\frac{q_2}{q_1}$  کدام است؟

(۴)  $-\frac{1}{4}$

(۳)  $\frac{1}{4}$

(۲) ۴

(۱) -۴



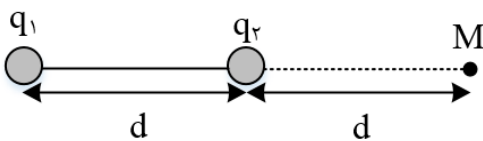
۲۶- در شکل زیر میدان الکتریکی حاصل از دو بار در نقطه M بردار  $\vec{E}$  است. اگر جای دو بار عوض شود، میدان در نقطه M بردار  $-2\vec{E}$  می شود.  $\frac{q_1}{q_2}$  چند است؟

(۴)  $-\frac{2}{3}$

(۳)  $\frac{2}{3}$

(۲)  $\frac{3}{2}$

(۱)  $-\frac{3}{2}$





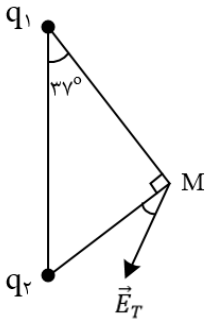
۲۷- میدان الکتریکی برآیند  $q_1$  و  $q_2$  در نقطه  $M$  مطابق شکل زیر است. نسبت  $\frac{q_1}{q_2}$  کدام است؟

(۴)  $-\frac{3}{4}$

(۳)  $-\frac{4}{3}$

(۲)  $-\frac{27}{64}$

(۱)  $-\frac{64}{27}$



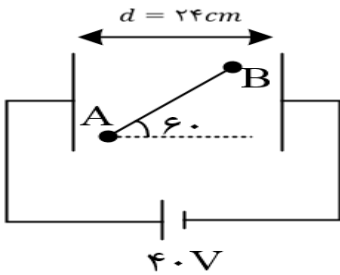
۲۸- در شکل مقابل  $(V_A - V_B)$  چند ولت است؟  $(L_{AB} = 12\text{cm})$

(۴) ۲۰

(۳) ۱۰

(۲) ۳۰

(۱) ۴۰



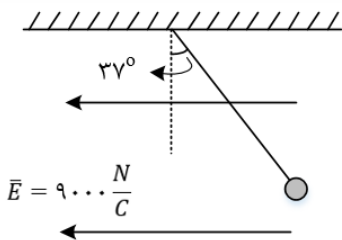
۲۹- مطابق شکل زیر، یک آونگ از نخ نارسانایی آویزان است و درون یک میدان الکتریکی یکنواخت در حالت تعادل قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی را چند نیوتون بر کولن و چگونه تغییر دهیم تا زاویه ی آونگ با راستای قائم  $۱۶$  درجه افزایش یابد؟

(۴)  $۷۰۰۰$  - کاهش

(۳)  $۷۰۰۰$  - افزایش

(۲)  $۶۰۰۰$  - کاهش

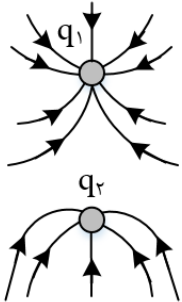
(۱)  $۶۰۰۰$  - افزایش





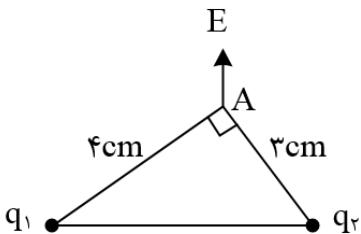
۳۰- خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار الکتریکی نقطه ی  $q_1$  و  $q_2$  مطابق شکل زیر رسم شده است. کدام گزینه در مورد بارهای الکتریکی درست است؟

- (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)  $-\frac{9}{16}$

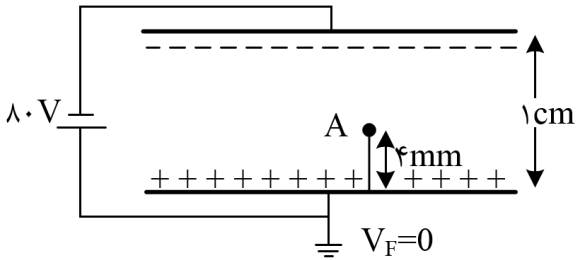


۳۲- ذره‌ای باردار با بار  $q = 100 \mu\text{C}$  و جرم  $20 \text{ mg}$  با تندی  $50$  متر بر ثانیه از نقطه ی A پرتاب می گردد و با تندی  $30\sqrt{5}$  متر بر ثانیه از نقطه ی B عبور می کند. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه ی A و B چند ولت است؟ (تنها نیروی وارد بر ذره نیروی میدان الکتریکی است.)

- (۱)  $150$       (۲)  $-150$       (۳)  $-200$       (۴)  $200$

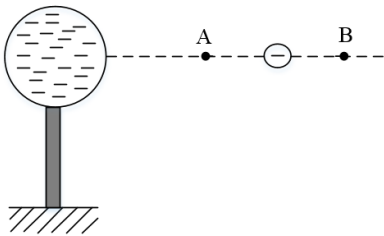
۳۳- دو صفحه رسانای موازی با ابعاد بزرگ را مطابق شکل زیر به یک باتری وصل کرده ایم، پتانسیل نقطه ی A چند ولت است؟

- (۱) -۴۸      (۲) -۳۲      (۳) +۳۲      (۴) +۴۸



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

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

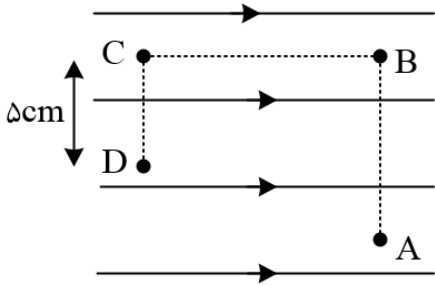






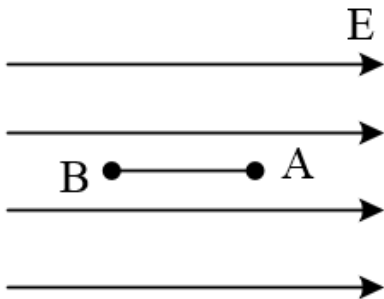
۳۵- مطابق شکل زیر بار  $-2nC$  در میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $1/28 \times 10^7 N/C$  از A تا نقطه B و سپس از B تا C و در نهایت از C تا D جابه جا می شود. اگر کار نیروی الکتریکی در این جابه جایی  $6/4mJ$  باشد، فاصله BC چند سانتی متر است؟ ( $AB = 10\text{ cm}, CD = 5\text{ cm}$ )

- (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 برابند نیروهای وارد بر ذره منفی است.      (۴) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره  $0.04$  ژول کاهش می یابد.



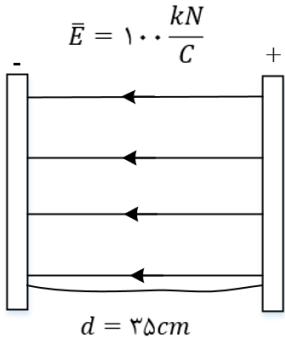
۳۷- اگر  $-10\mu C$  بار الکتریکی از صفحه منفی یک خازن با پتانسیل  $V_1 = -12V$  به صفحه ی مثبت آن با پتانسیل  $V_2 = +12V$  منتقل شود، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار، چند ژول است؟

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



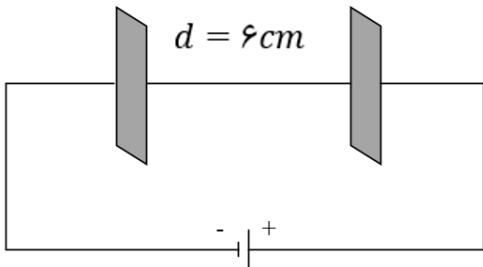
۳۸- در شکل زیر، اگر ذره ای با بار الکتریکی  $+10\mu C$  و جرم  $4$  گرم در میدان یکنواختی به بزرگی  $E = 100 \frac{KN}{C}$  با تندی  $10 \frac{m}{s}$  از صفحه ی منفی به سمت صفحه ی مثبت پرتاب شود، در چند سانتی متری صفحه مثبت، تندی ذره به حداقل می رسد؟

- (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴) ۲۵



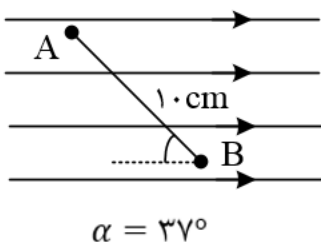
۳۹- مطابق شکل مقابل، در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $5 \times 10^3 \frac{N}{C}$  پروتونی از مجاورت صفحه منفی با تندی اولیه  $V$  پرتاب می شود و در فاصله  $2$  سانتی متری صفحه مثبت متوقف می شود. تندی پرتاب پروتون چند متر بر ثانیه بوده است؟ (فرض کنید پروتون تنها تحت تأثیر نیروی الکتریکی است و 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

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



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؟ ( $\sin 37^\circ \approx 0/6$ )

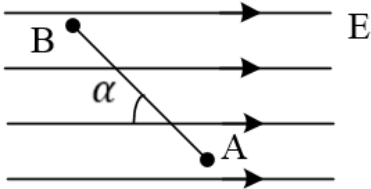
- (۱)  $-50$  (۲)  $+50$  (۳)  $-40$  (۴)  $+40$





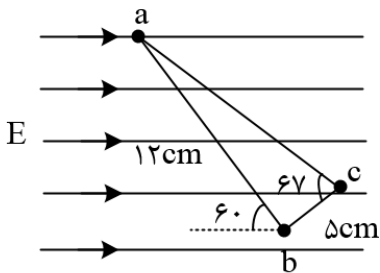
۴۱- مطابق شکل، بار  $q = -20\mu C$  را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 4 \times 10^5 \frac{N}{C}$  از نقطه  $A$  تا  $B$  جابه جا می کنیم. اگر  $AB = 4m$  و  $\alpha = 60^\circ$  باشد، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار  $q$  چند ژول است؟  $(\cos 120^\circ = -\frac{1}{2}, \cos 60^\circ = \frac{1}{2})$

- (۱) -۸      (۲) +۸      (۳) -۱۶      (۴) +۱۶



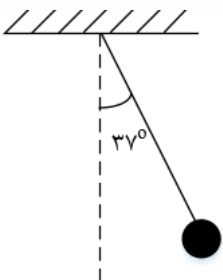
۴۲- در شکل زیر شدت میدان الکتریکی یکنواخت  $5000 \frac{N}{C}$  است. ابتدا از نقطه  $a$  به طرف  $b$  و سپس به نقطه  $c$  می رویم، طوری که امتداد  $ab$  و  $bc$  برهم عمود باشند، اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد شده در این جابه جایی چند ولت است؟  $(\sin 37^\circ = 0.6)$  (زاویه  $b$  داخل مثلث قائمه است)

- (۱) -۵۲      (۲) -۵۲۰      (۳) ۳۹۰      (۴) ۳/۹



۴۳- در شکل زیر، گلوله ای با بار الکتریکی  $+40\mu C$  توسط نخ 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.

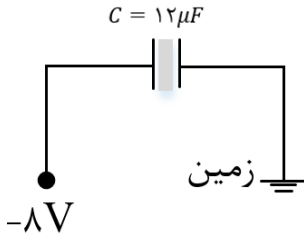
(۳) وقتی در یک صفحه ی خازن بار  $+\frac{Q}{2}$  و در صفحه ی مقابل بار  $-\frac{Q}{2}$  قرار دارد، بار الکتریکی خازن به اندازه ی  $Q$  است.

(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.



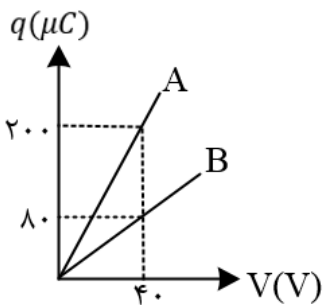
۴۸- در شکل روبه رو خازن را بین زمین و پتانسیل ۸- ولت ثابت وصل کرده ایم. اگر دی الکتریک میان صفحات خازن به ضریب  $K = \frac{4}{3}$  را برداریم، تعداد ..... الکترون از ..... به ..... منتقل می شوند

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



۴۹- نمودار زیر بار ذخیره شده در دو خازن A و B بر حسب 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)  $1/5$       (۲) ۲      (۳)  $2/5$       (۴) ۳



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

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



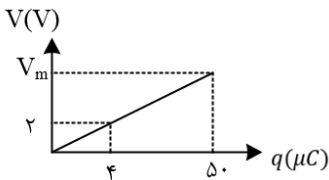
۵۱- خازن تخت بادی الکتریک هوا با ظرفیت  $5\mu F$  را با یک باتری  $20V$  پر می کنیم. آن را از باتری جدا کرده سپس بین صفحات را با عایقی با  $k = 4$  پر می کنیم. اکنون اگر از آن خازن برای روشن کردن فلاش یک دوربین استفاده کنیم و خازن در  $0.5ms$  تخلیه شود، توان تخلیه خازن چند وات می شود؟

- (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؟

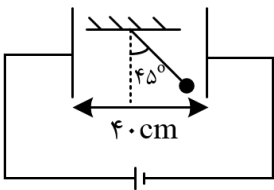
- (۱) ۱۰ (۲) ۳۰ (۳) ۵۰ (۴) ۷۰

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) ۳ (۳)  $6\sqrt{2}$  (۴) ۶



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.

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

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 صفحه‌ی منفی جدا کرده و به صفحه‌ی مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن  $8J$  افزایش می یابد، مقدار و چند کولن است؟

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

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

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 فاصله‌ی صفحات خازن را نصف کنیم، اختلاف پتانسیل دو سر آن دو برابر می شود.

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

(۱) صفر      (۲) ۱      (۳) ۲      (۴) ۳

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

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

۶۰- اگر  $20 \mu C$  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؟

(۱) ۳۰      (۲)  $31/25$       (۳) ۶۰      (۴)  $62/5$

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

(۱) ۲۰      (۲) ۴۰      (۳)  $2 \times 10^{-2}$       (۴)  $4 \times 10^{-2}$



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:

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

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

و در نهایت اختلاف این دو مقدار برابر است با:

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





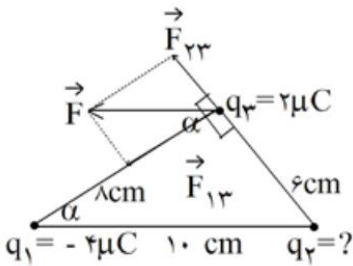
۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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.

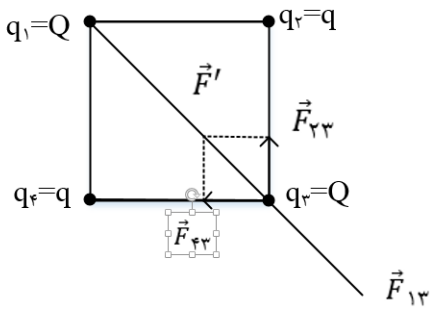
$$q'_1 = q'_2 = \frac{3q_1}{2}$$

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 برایند نیروهای وارد بر بار  $q_3$  صفر شود باید حتما بارهای  $q$  و  $Q$  ناهمنام باشند. در نتیجه برایند نیروهای  $\vec{F}_{23}$  و  $\vec{F}_{43}$  یعنی  $\vec{F}'$  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:

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

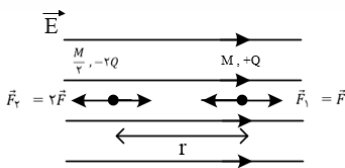
گام دوم: با توجه به گام قبل به این نتیجه رسیدیم که در فاصله  $d$  از بار الکتریکی مورد نظر بزرگی میدان الکتریکی  $18 \frac{kN}{C}$  می باشد. بنابراین در فاصله  $2d$  از بار  $q_1$  بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

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

گام سوم: حال اگر بار  $q_2$  در فاصله  $2d$  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  $y$  نسبی دو ذره  $y$  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  $y$  نسبی شان ثابت نمی ماند.  $q_1 = +Q$   $q_2 = -2Q$

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

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

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

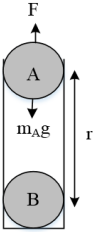
$$\begin{cases} a_1 = a_2 \rightarrow \frac{f - F}{M} = \frac{4F - 2f}{M} \rightarrow f - F = 4F - 2f \rightarrow 3f = 5F \\ f = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q \cdot 2Q}{r^2}, \quad F = EQ \end{cases}$$

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



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:



$$F = m_A g$$

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

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

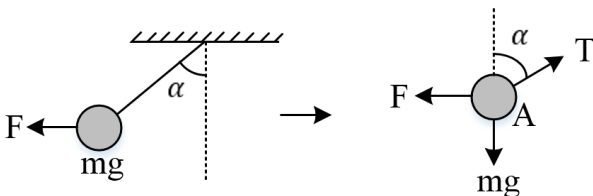
۱۴- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. همان طور که می دانید هنگامی که اندازه ی بارهای الکتریکی با یکدیگر برابر می شود، اندازه ی نیروی الکتریکی وارد شده به آنها بیشینه می شود، بنابراین اگر به اندازه ی  $\frac{1}{2}q$  از بار الکتریکی  $q_2$  کم کرده و به بار الکتریکی  $q_1$  اضافه کنیم، اندازه ی بارها یکسان شده و 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 گوله بر هم اعمال می کنند، مطابق قانون سوم نیوتون برابر است  $(F_A = F_B)$ . از طرفی در صورت تعادل گوله 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  $\alpha$  و  $\beta$  ندارد.

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

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

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

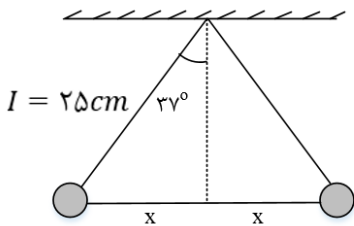
۱۶- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. نیروی الکتریکی بین دو گلوله باید نیروی فنر را خنثی کند:

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

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

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

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



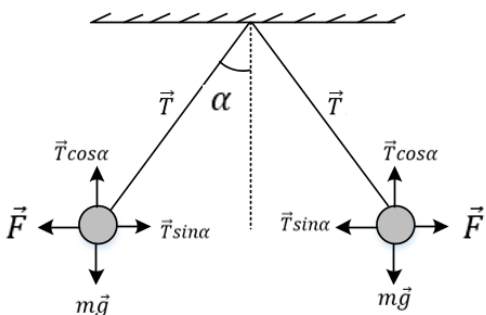
$$\sin 37 = \frac{x}{25} \rightarrow \frac{6}{10} = \frac{x}{25} \rightarrow \frac{3}{5} = \frac{x}{25} \rightarrow x = 15\text{ cm}$$

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

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:



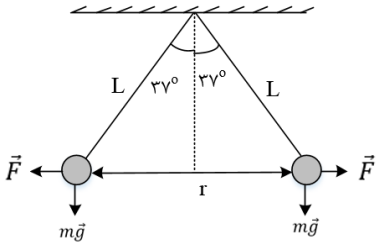


$$\begin{cases} T \sin \alpha = F \\ T \cos \alpha = mg \end{cases} \rightarrow \frac{T \sin \alpha}{T \cos \alpha} = \frac{F}{mg}$$

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

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

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



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

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:

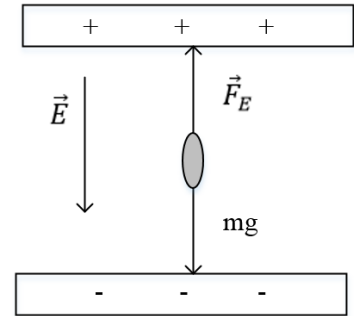
$$E_{1,2} = E_2 - E_1 = 4 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

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.

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

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

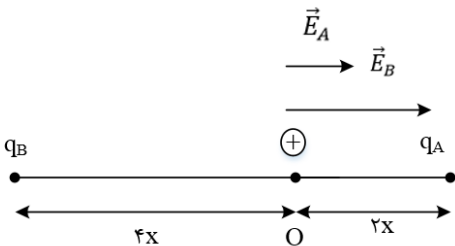
۲۳- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر بار الکتریکی  $q_B$  را خنثی کنیم، میدان الکتریکی باقی مانده در نقطه  $O$  تنها میدان الکتریکی  $q_A$  است، بنابراین می توانیم نتیجه بگیریم که  $E_A$  برابر  $\frac{1}{3}E$  است و داریم:

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

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  $O$  هم جهت هستند و اندازه  $\vec{E}_B$  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 الجهد 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.

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

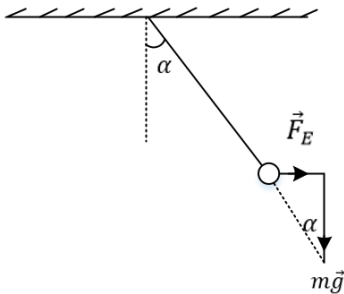
$$\frac{3}{4} = \left| \frac{q_1}{q_2} \right| \times \left( \frac{3}{4} \right)^2 \rightarrow \left| \frac{q_1}{q_2} \right| = \frac{4}{3} \rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -\frac{4}{3}$$

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 این بارهای  $q_1$  و  $q_2$  هر دو منفی هستند. از سوی دیگر تراکم خطوط میدان در اطراف بار  $q_1$  پیش تر است. بنابراین با توجه به شکل می توان گفت:

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



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  $\alpha$  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:

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

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:

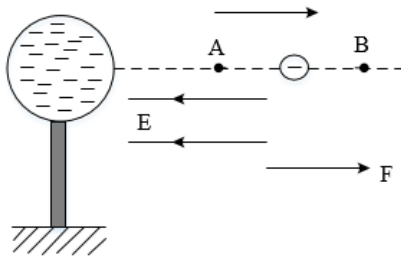
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-0/02}{100 \times 10^{-6}} = -0/02 \times 10^4 = -200V$$

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:

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

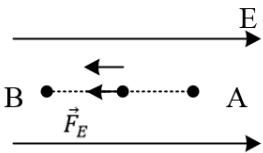
$$\rightarrow 1/28 \times 10^7 \times 2 \times 10^{-9} \times d_{BC} = 6/4 \times 10^{-2}$$

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

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:

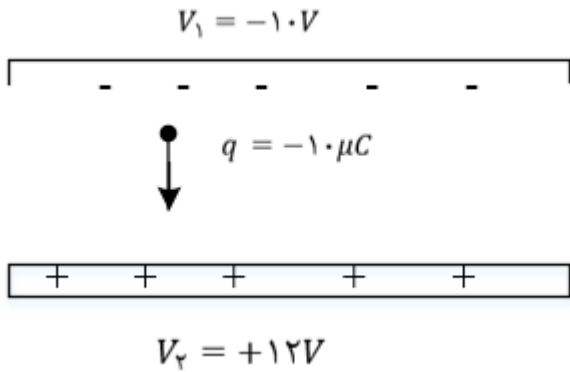


$$\Delta U_E = -W_E \rightarrow \Delta U_E = -0/04J$$

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:

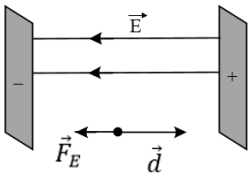
$$\Delta U = 0/2J \rightarrow d = 0/2m = 20cm$$

پس فاصله از صفحه ی مثبت برابر است با:

$$35 - 20 = 15cm$$



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



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

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

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

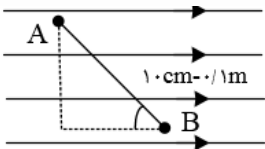
$$= 1/6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^3 \times 0/04 = 3/2 \times 10^{-17}\text{J}$$

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:

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

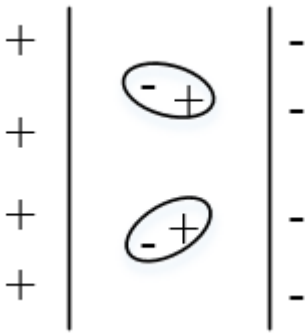
$$\Delta U = W \rightarrow 2U_1 = W \rightarrow 2 \times \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = W$$

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





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.

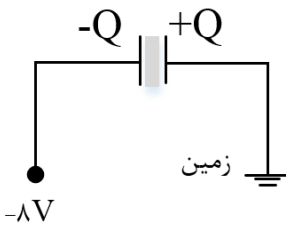
درستی گزینه ی «۲»: دی الکتریک ها ممکن است قطبی (آب،  $NH_3$ ،  $HCl$ ) یا غیر قطبی باشند.

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.

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

$$\frac{k}{d_p} = 8 \text{ پلاستیک}$$

$$\frac{k}{d_m} = \frac{7}{.5} = 14 \text{ میکا}$$

$$\frac{k}{d_p} = \frac{3}{.2} = 15 \text{ کاغذ پارافین}$$

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:

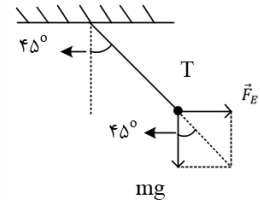
$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow C = \frac{4 \times 10^{-6}}{2} = 2 \times 10^{-6} F = 2 \mu F$$

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  $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$  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:

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

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

$$C = \frac{K \epsilon_0 A}{d} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{C_2=2C_1} 2 = \frac{d_1}{d_2} \rightarrow d_2 = \frac{1}{2} d_1$$

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.

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

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