



بار الکتریکی یک کمیت کوانتیده (گسسته) است، که کوانتوم آن (کمترین مقدار یا مقدار پایه) اندازه بار یک الکترون یا پروتون است.

$$q = n \cdot e$$

\swarrow \downarrow \searrow
 کوانتیده عدد کوانتوم کوانتوم

$$e = \pm 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

تذکر

حتما باید n ، عضو مجموعه اعداد طبیعی باشد.

$$(n \in \mathbb{N})$$

✓ تست ۱: کدام یک از بارهای گفته شده نمی‌تواند در طبیعت موجود باشد؟

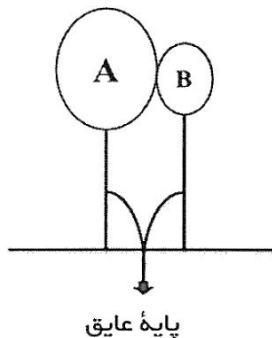
$$- 2/4 \times 10^{-19} \text{ (C)} \quad (2)$$

$$- 1/6 \times 10^{-19} \text{ (C)} \quad (1)$$

$$+ 4/8 \times 10^{-19} \text{ (C)} \quad (4)$$

$$+ 3/2 \times 10^{-19} \text{ (C)} \quad (3)$$

✓ تست ۲: در شکل رسم شده اگر دو کره رسانا باشند و با نزدیک کردن میله‌ای باردار به کره A به تعداد 10^{11} عدد الکترون به کره B رفته و با وجود میله قبل میله‌ای باردار دیگری به کره B نزدیک کنیم طوری که نیمی از الکترون‌ها به کره A بازگردند، نهایتاً بار روی هر کره را بیابید.



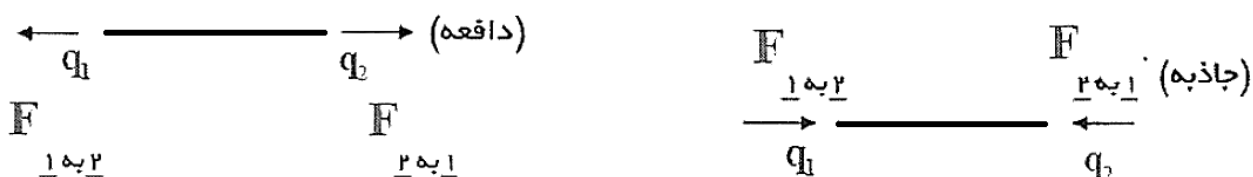
✋ نکته: اگر جسمی الکترون اضافه





قانون کولن و نیروی کولنی

این قانون بیان می‌کند که دوبار ذره‌ای در مجاورت یکدیگر بهم نیرو وارد می‌کنند که اگر دو بار هم‌نام باشند $(q_1 q_2 > 0)$ نیروی مورد نظر یک نیروی دافعه یا رانشی است و اگر ناهم‌نام باشند $(q_1 q_2 < 0)$ نیروی مورد نظر یک نیروی جاذبه یا ربایشی است.



اگر دو بار در فاصله‌ی r از هم قرار داشته باشند، اندازه این نیرو از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 q_2}{r^2} = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{9 \times 10^9} \times 10^{-12} \left(\frac{C^2}{N \cdot m^2} \right) \Rightarrow K = 9 \times 10^9 \left(\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$

✓ تست ۳: دو زره یکی به جرم m و بار الکتریکی q و ذره دیگری به جرم $2m$ با بار الکتریکی $3q$ مجاور هم قرار دارند، اگر این دو ذره فقط تحت اثر نیروی الکتریکی که بهم وارد می‌کنند شتاب بگیرند، شتاب ذره اول چند برابر شتاب ذره دوم است؟

۶ (۴)

۲ (۳)

 $\frac{2}{3}$ (۲) $\frac{1}{6}$ (۱)

✓ تست ۴: دو کره فلزی و بار دار با بارهای $q_A = 6\mu C$ و $q_B = 4\mu C$ در فاصله r ، به یکدیگر نیروی F وارد می‌کنند، آن‌ها را به هم متصل کرده و بعد از برقراری تعادل به همان فاصله قبل باز می‌گردانیم در این صورت نیروی بین آن‌ها چند برابر F خواهد شد؟

 $\frac{1}{2}$ (۴) $\frac{25}{24}$ (۳) $\frac{24}{25}$ (۲)

۱ (۱)





نکته: اگر دو کره باردار فلزی، مشابه باشند یعنی دارای شعاع و جنس یکسان در این صورت با اتصال آن‌ها به

یکدیگر

.....

.....

✓ تست ۵: نیرویی که دو بار نقطه‌ای $+q$ در فاصله r به یکدیگر وارد می‌کنند برابر $F = ۶۴۰(N)$ می‌باشد، اگر بار

$۲(\mu C)$ را از یکی کم کرده و به دیگری اضافه کنیم نیروی $F = ۶۰۰(N)$ می‌شود، بار q چند میکروکولن بوده است.

۱) ۱۲ ۲) ۸ ۳) ۶ ۴) ۴

✓ تست ۶: اگر دو بار هم اندازه q یکدیگر را در فاصله r با اندازه نیروی F جذب کنند و ۱۰ درصد یکی را برداشته و

به دیگری دهیم نیروی بین آن‌ها چند درصد تغییر می‌کند؟

۱) ۱ درصد افزایش ۲) ۱ درصد کاهش ۳) ۱۹ درصد افزایش ۴) ۱۹ درصد کاهش

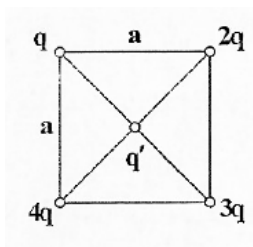
✋ نکته بسیار مهم: اگر نیروی بین دو بار یک نیروی دافعه باشد

.....

.....

✓ تست ۷: چهار بار الکتریکی q و $۲q$ و $۳q$ و $۴q$ به ترتیب در چهار رأس مربع به ضلع a قرار دارند و بار q' در مرکز

مربع می‌باشد، اگر دو بار q و q' یکدیگر را با نیروی F دفع کنند برآیند نیروهای وارد بر بار q' چند برابر F است؟



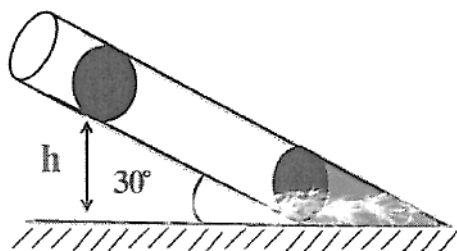
۱) ۲ ۲) $۲\sqrt{۲}$

۳) ۱ ۴) $\sqrt{۲}$





✓ تست ۸: در شکل رسم شده اگر اصطکاک ناچیز باشد و دو گلوله باردار (kg) ۰/۵ هر دو در حال تعادل باشند و بار



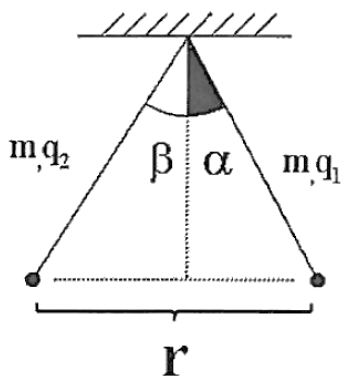
دو هم اندازه و برابر $(\mu\text{C}) + 1$ باشد؟ ارتفاع h برابر چند cm است؟

(۱) ۰/۳ (۲) ۳

(۳) ۳۰ (۴) ۳۰۰

✓ تست ۹: در شکل رسم شده اگر دو گلوله فلزی باردار و نخ‌های متصل کننده آن‌ها به سقف همگی در تعادل باشند،

رابطه حاکم بر زاویه انحراف α کدام است؟



(۱) $\tan \alpha = \frac{K.q_1.q_2}{r^2.mg}$

(۲) $\sin \alpha = \frac{K.q_1.q_2}{r^2.mg}$

(۳) $\tan \alpha = \frac{r^2.mg}{k.q_1.q_2}$

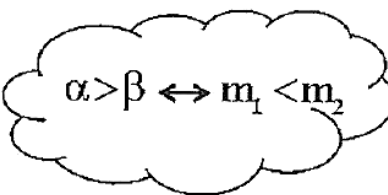
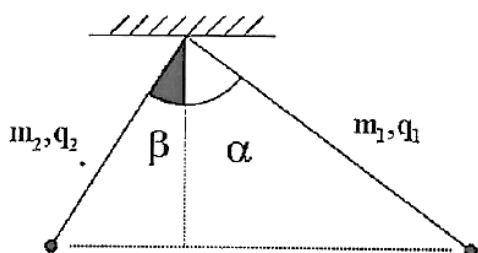
(۴) $\sin \alpha = \frac{r^2.mg}{k.q_1.q_2}$

نکته: در این مسایل رابطه انحراف گرفته شده از خط قائم به گونه‌ایست که این زاویه با

.....

.....

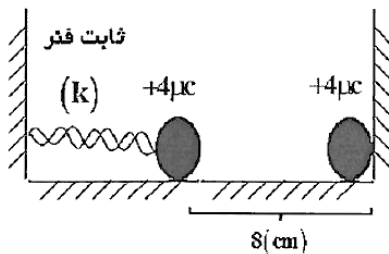
نکته تصویری:





✓ تست ۱۰: در شکل رسم شده فنر به اندازه ΔL فشرده شده و سیستم در حال تعادل است اگر $3\mu C$ از یکی برداشته و

به دیگری دهیم، گلوله روی سطح بدون اصطکاک 1 cm بهم نزدیک شده و در تعادل میمانند، ΔL برابر چند cm است.



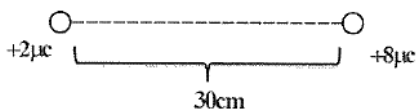
$$\frac{7}{3} (2)$$

۲ (۱)

$$\frac{8}{3} (4)$$

۳ (۳)

✓ تست ۱۱: در شکل رسم شده در چه فاصله‌ای از بار $+q$ برآیند نیروهای وارد به بار $+2\mu C$ برابر صفر است؟



نکته ۱: روی محور دو بار یک نقطه وجود دارد که برآیند نیروهای وارد به

.....

.....

نکته ۲: اگر دو بار مورد نظر هم نام باشند

.....

.....

.....



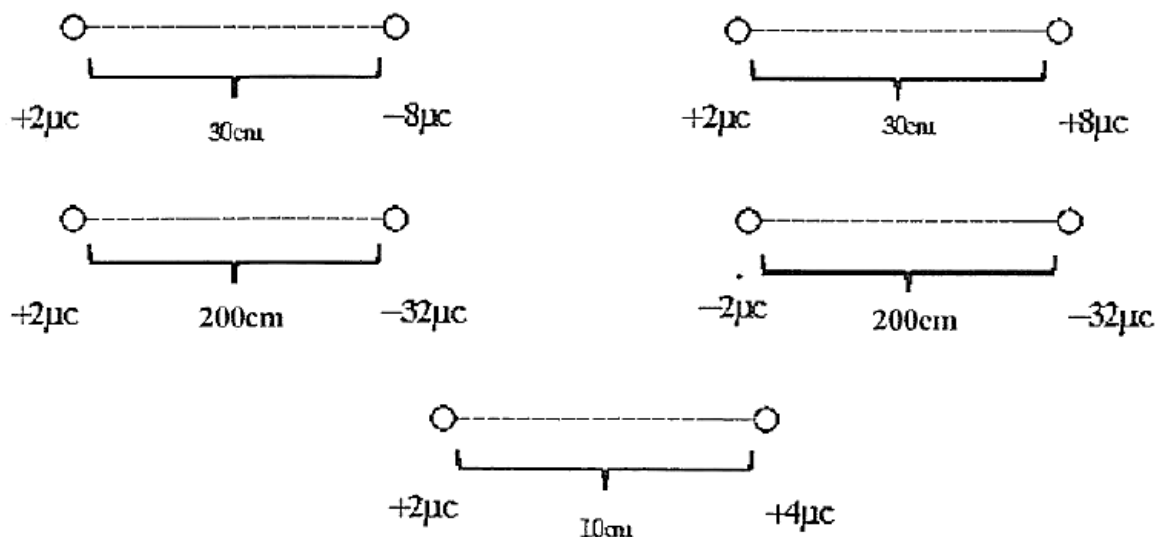


✓ تست ۱۲: در شکل روبه‌رو، برآیند نیروهای الکتریکی وارد به بار q_4 برابر صفر است، بار q_3 کدام است؟ (سراسری)

ریاضی (۹۱)



✓ تست ۱۳: در شکل‌های زیر نقطه مورد نظر ($\sum F = 0$) را بیابید.

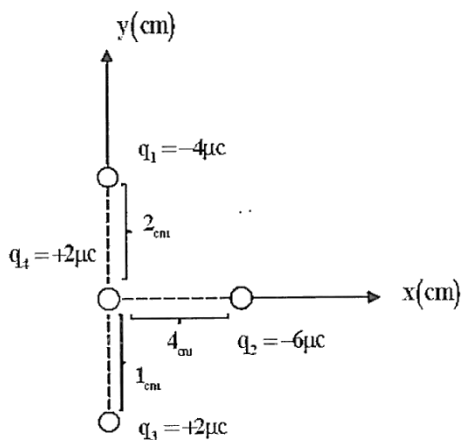


توضیح: از مثال ۲ بار موجود بود ابتدا پس از تعیین جایگاه حدودی بار مورد نظر، فاصله آن را از





✓ تست ۱۴: بردار نیروی برآیند وارد به بار q_4 کدام است؟



$$(1) \quad 67/5i - 54.0j$$

$$(2) \quad -67/5i + 18.0j$$

$$(3) \quad 67/5i - 18.0j$$

$$(4) \quad 67/5i + 54.0j$$

👉 نکته: اگر بارها را به μC و فاصله را به cm داده باشند برای راحتی محاسبه نیوری کولنی می توانید

.....

.....

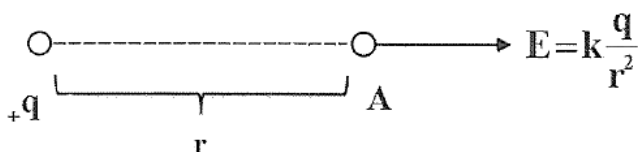
.....

📖 میدان الکتریکی

خاصیتی است در اطراف یه بار نقطه‌ای که اگر الکتریکی دیگری در آن قرار گیرد، توسط این خاصیت به آن نیور وارد می‌شود، به این خاصیت میدان الکتریکی می‌گوییم.

تعریف محاسباتی

میدان الکتریکی هم‌جهت و هم‌اندازه نیروی وارد به بار آزمون ($+1(C)$) در نقطه مورد نظر است.



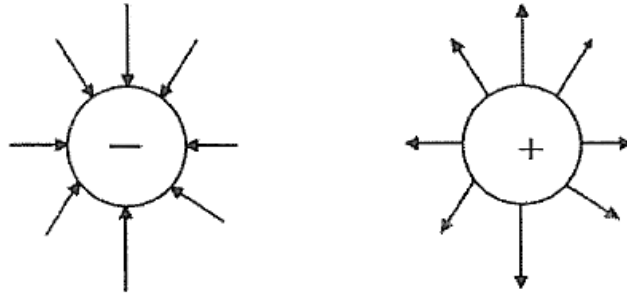
الکتریکی

میدان

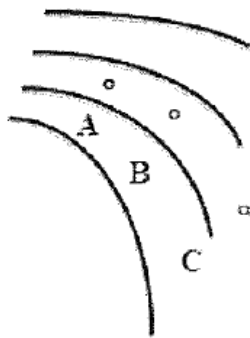




(۱) میدان الکتریکی همواره هم جهت نیروی وارد به بار (+) می باشد پس از بار (+) خارج و به بار (-) وارد خواهد شد.



(۲) بردار میدان در هر نقطه برداری است مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می گذرد و هم جهت خط میدان.



(۳) هر جا تراکم خطوط میدان بیشتر باشد، در آن نقطه میدان قوی تر است.

تذکر: برای مقایسه میدان از نظر اندازه جهت خطوط میدان مهم نیست.

$$E_A > E_B > E_C$$

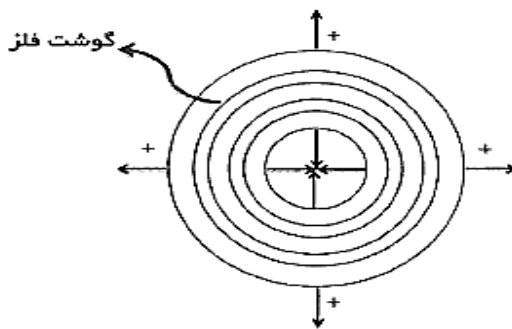
(۴) خطوط میدان هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند، یعنی همواره از هر نقطه یک خط میدان می گذرد.

(۵) خطوط میدان همواره به صفحه فلزی باردار (صفحات هم پتانسیل) عمود است.

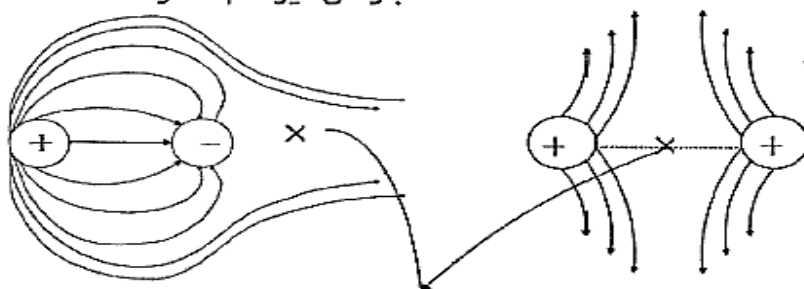
(۶) داخل گوشه فلزی یک کره باردار، میدان الکتریکی صفر است.

(۷) بار الکتریکی همواره روی خارجی ترین سطح رسانا می نشیند و در داخل رسانا بار الکتریکی موجود نیست.

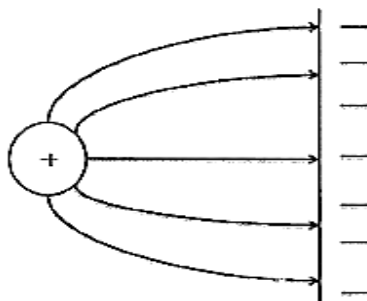




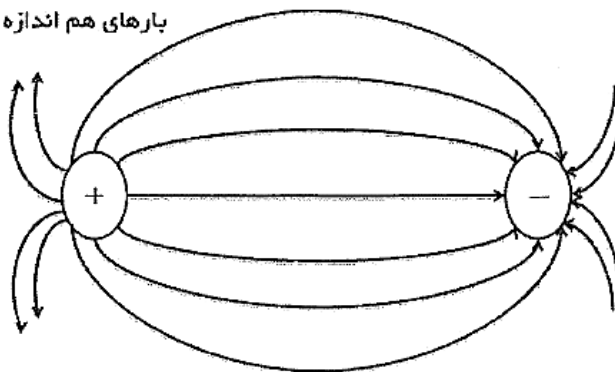
بارهای غیر هم اندازه



نقطه خلا میدان الکتریکی

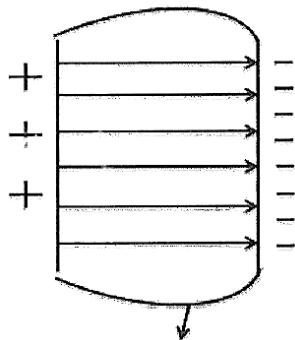


بارهای هم اندازه





میدان الکتریکی یکنواخت



خاصیت لبه ای

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

اختلاف پتانسیل دو صفحه

فاصله عمودی بر دو صفحه

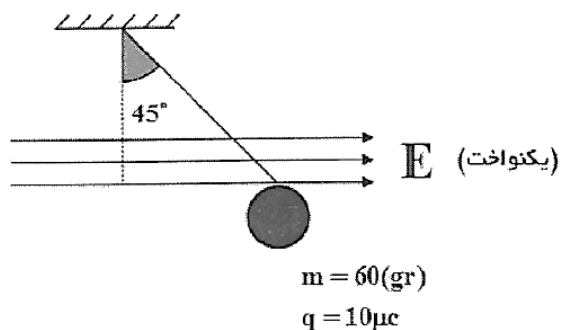
میدان الکتریکی یکنواخت

واحد $\left(\frac{V}{M} \text{ یا } \frac{N}{C}\right)$

ارتباط بین نیروی کولنی و میدان

اگر بار q داخل میدان الکتریکی E قرار گیرد، به آن نیروی $(F = E \cdot q)$ اعمال می شود.

✓ تست ۱۵: مطابق شکل گلوله ای با نخ متصل کننده آن به سقف در حال تعادل است، در این صورت بزرگی میدان



الکتریکی چند $\left(\frac{N}{C}\right)$ است؟

(۳) 6×10^4

(۱) 3×10^5

(۴) 5×10^6

(۳) 3×10^6



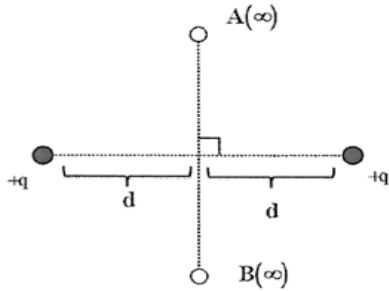


✓ تست ۱۶: در شکل‌های رسم شده اگر از نقطه A به سمت نقطه B پیش برویم میدان الکتریکی چگونه تغییر می‌کند.

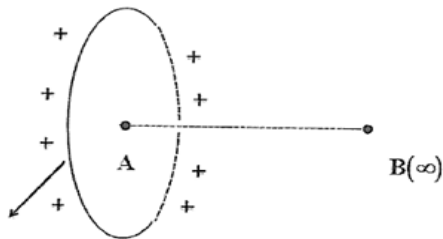
الف)



ب)

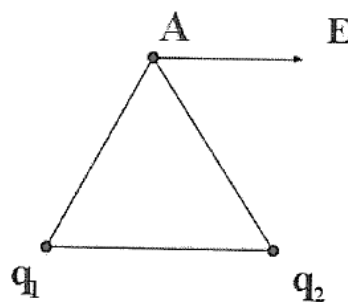
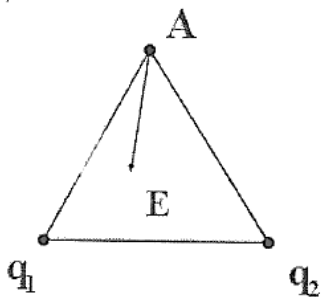


ج)



حلقه فلزی باردار متقارن

✓ تست ۱۷: در شکل‌های رسم شده اگر میدان الکتریکی برآیند در نقطه A رأس مثلث متساوی الاضلاع مورد نظر به صورت بردار E باشد، نوع و اندازه دوبار q_1 و q_2 را مقایسه نمایید.



توضیح: در این مسائل ابتدا در رأس A یک

.....

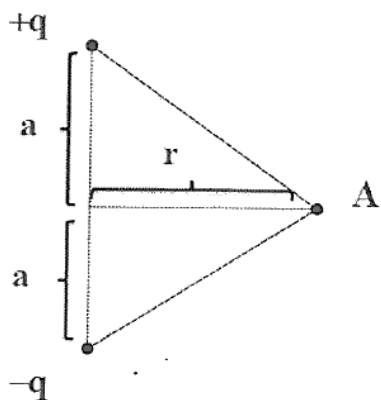
.....

.....

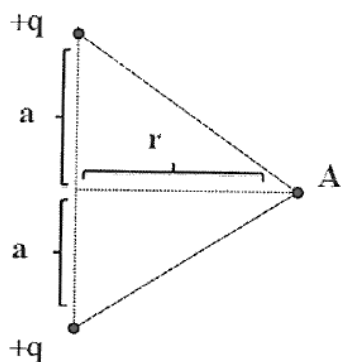




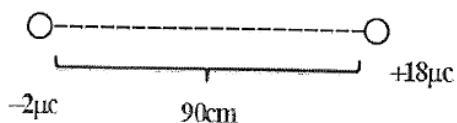
✓ تست ۱۸: میدان الکتریکی حاصل در نقطه A (روی عمود منصف دو قطبی) را بیابید.



✓ تست ۱۹: در شکا رسم شده میدان در نقطه A را محاسبه نمایید و تعیین کنید Max آن در چه نقطه‌ای رخ می‌دهد.



✓ تست ۲۰: در چند cm از بار $-2\mu C$ میدان الکتریکی برابر صفر خواهد بود؟



۶۰ (۲)

۳۰ (۱)

۱۳۵ (۴)

۴۵ (۳)

✋ نکته: برای یافتن نقطه‌ای که در آن میدان صفر است نیز دقیقاً همان روشی را استفاده می‌کنیم برای استفاده

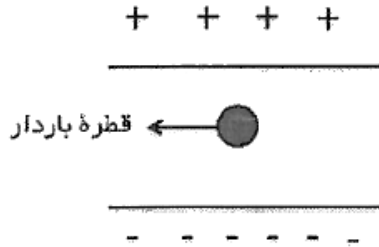
..... می‌کردیم





✓ تست ۲۱: قطره‌ای به جرم ۴۰ گرم در صفحه قائم بین دو صفحه اختلاف پتانسیل $(kv) ۸۰$ و فاصله عمودی ۱۰ cm

مطابق شکل در حال تعادل است، بار قطره کدام است؟

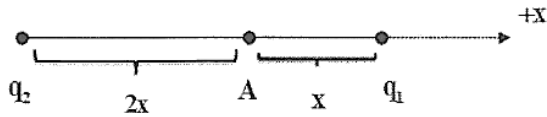


(۱) $-۰/۵\ \mu\text{C}$ (۲) $+۰/۵\ \mu\text{C}$

(۳) $-۵\ \mu\text{C}$ (۴) $+۵\ \mu\text{C}$

✓ تست ۲۲: در شکل رسم شده میدان در نقطه A برابر $+۲E$ است، با حذف q_1 میدان در آن نقطه برابر $-۲E$ می-

شود، در این صورت $\frac{q_2}{q_1}$ را بیابید.



(۱) $+\frac{1}{2}$ (۲) $-\frac{1}{2}$

(۳) -۲ (۴) $+۲$

✓ تست ۲۳: میدان الکتریکی در فاصله ۲۰ cm از بار q برابر $۱۸\left(\frac{N}{C}\right)$ می‌باشد، چند cm دیگر از بار فوق دور شویم تا

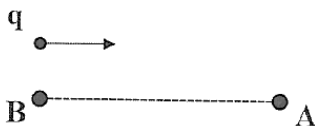
میدان الکتریکی برابر $۸\left(\frac{N}{C}\right)$ شود؟

(۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۳۰ (۴) ۴۰

پتانسیل یا ولتاژ الکتریکی

به طور کلی به پر باری یا پر اثری بار (+) پتانسیل الکتریکی می‌گوییم!! **(بی خیال)**

اختلاف پتانسیل الکتریکی از روابط زیر محاسبه می‌شود: (در تمام روابط باید علامت q را گذاشت)



$$\Delta V = V_{AB} = V_A - V_B = \frac{W}{q} = \frac{-W}{q} = \frac{\Delta u}{q}$$

تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی
میدان
تغییرات پتانسیل الکتریکی

تغییرات پتانسیل الکتریکی
مقصد
مبدأ



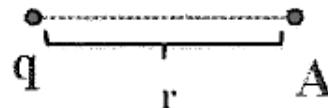


در ضمن بد نیست بدانیم ولتاژ یا پتانسیل الکتریکی در اطراف یک بار نقطه‌ای از رابطه زیر بدست می‌آید که باید بدانیم

(V) کمیت نرده‌ای است و جمع آن جبری است نه برداری.

$$V_A = k \frac{q}{r}$$

حتما باید با علامت
گذاشته شود.



(کمیت نرده‌ای) جمع جبری دارد.

✓ تست ۲۴: چند ژول باید کار انجام دهیم تا یک بار $+1\mu C$ را از نقطه (∞) به 2cm از یک بار $+2\mu C$ انتقال

دهیم؟

۴) -۹

۳) +۹

۲) -۰/۹

۱) +۰/۹

👉 نکته: ولتاژ به طور کلی در دو نقطه صفر است:

..... (۱)

..... (۲)

📖 دو نکته بسیار مهم کاربردی

۱) هر چه بار (+) دور شویم ولتاژ کاهش و اگر نزدیک شویم ولتاژ افزایش می‌یابد و برای بار (-) بلعکس.

۲) در بررسی ولتاژ می‌گوییم مهم نیست با کی! مهم است به کی! نزدیک یا دور می‌شویم ولی در بررسی انرژی پتانسیل

هم مهم است با کی! و هم مهم است به کی! نزدیک یا دور می‌شویم.

👉 نکته:

انفجاری: هر گاه در انتقال بار الکتریکی زور زدیم انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش و اگر زور نزدیم، کاهش خواهد یافت.

به مثال‌های زیر پاسخ دهید:

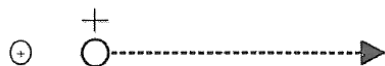




✓ تست ۲۵: اگر بار منفی از یک بار (+) ثابت دور شویم: $U \dots \dots \dots$ و $V \dots \dots \dots$



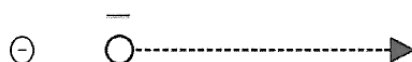
✓ تست ۲۶: اگر با بار مثبت از یک بار (+) ثابت دور شویم: $U \dots \dots \dots$ و $V \dots \dots \dots$



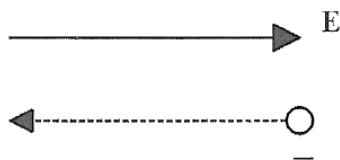
✓ تست ۲۷: اگر با بار منفی به یک بار (+) ثابت نزدیک شویم: $U \dots \dots \dots$ و $V \dots \dots \dots$



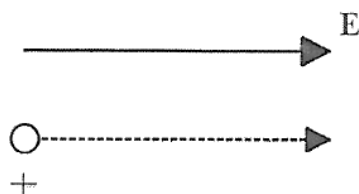
✓ تست ۲۸: اگر با بار منفی از یک بار (-) ثابت دور شویم: $U \dots \dots \dots$ و $V \dots \dots \dots$



✓ تست ۲۹: اگر با بار منفی خلاف جهت خطوط میدان حرکت کنیم: $U \dots \dots \dots$ و $V \dots \dots \dots$

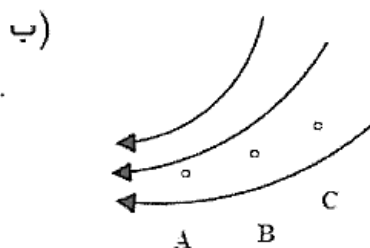
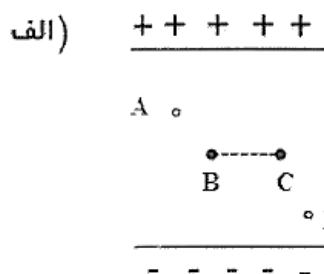


✓ تست ۳۰: اگر با بار مثبت در جهت خطوط میدان حرکت کنیم: $U \dots \dots \dots$ و $V \dots \dots \dots$

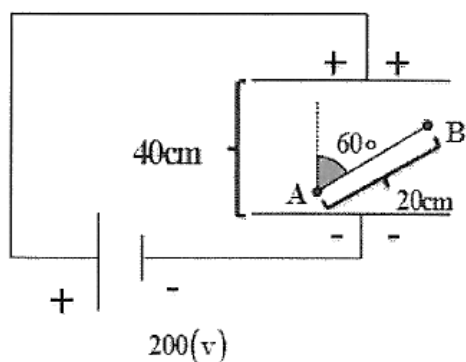




✓ تست ۳۱: در شکل‌های رسم شده میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی را با هم مقایسه کنید.



✓ تست ۳۲: در شکل زیر فاصله دو صفحه فلزی (40cm) می‌باشد، اگر بار $+50\mu\text{C}$ را از نقطه A تا نقطه B جابه‌جا



کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی در بار چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) $2/5\text{ (mj)}$ افزایش
 (۲) 5 (mj) افزایش
 (۳) $2/5\text{ (mj)}$ کاهش
 (۴) 5 (mj) کاهش

روش‌های باردار کردن اجسام

روش مالشی

اگر یک میله پلاستیکی یا ابونیتی را توسط پارچه پشمی مالش دهیم، میله بار منفی گرفته و پارچه بارش مثبت می‌شود، حال اگر میله شیشه‌ای و پارچه ابریشمی باشد، میله بار (+) و پارچه مخالف آن (-) را خواهد گرفت.

روش تماسی

با اتصال دو فلز (رسانا) چون باید به تعادل الکتریکی برسند (در تعادل الکتریکی ولتاژ یا پتانسیل تمام نقاط رسانا برابر می‌شود)، بار بین آن‌ها رد و بدل می‌شود.

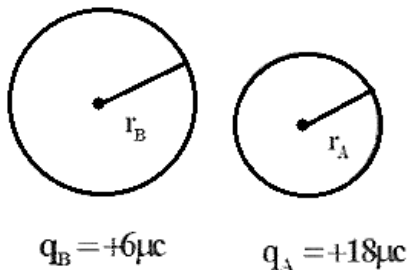
نکته: اتصال دو فلز باردار، تنها نتیجه‌ای که دارد برقراری تعادل الکتریکی و برابری ولتاژهاست.





✓ تست ۳۳: در شکل رسم شده با اتصال دو کره فلزی رسم شده به یکدیگر، بار الکتریکی موجود روی هر کره به

ترتیب از راست به چپ بعد از برقراری تعادل کدام است؟ ($r_B = 2r_A$)



(۲) $18 \mu\text{C}, 6 \mu\text{C}$

(۱) $12 \mu\text{C}, 12 \mu\text{C}$

(۴) $8 \mu\text{C}, 16 \mu\text{C}$

(۳) $16 \mu\text{C}, 8 \mu\text{C}$

👉 نکته: اگر کرات مشابه (با شعاع یکسان) نباشند با برابری ولتاژ آن‌ها بار روی هر کدام

.....

.....

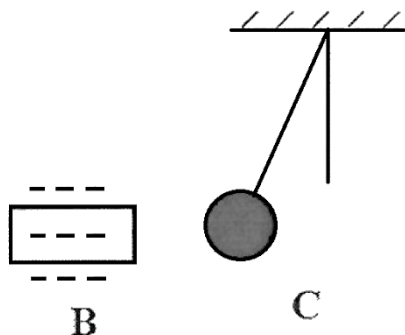
.....

روش القاء


اساس روش باردار کردن به روش القاء الکتریکی به این صورت است که در یک رسانا بارهای هم‌نام به دورترین فاصله از یکدیگر خواهند رفت.

✓ تست ۳۴: در شکل رسم شده با نزدیک کردن میله B به گلوله فلزی، گلوله جذب شده و در تعادل قرار می‌گیرد،

نوع بار گلوله را تعیین کنید.





نکته: 

.....

.....

.....

.....

.....

.....

خرده کاغذ به دلیل قطبیده شدن ذرات آن داخل میدان الکتریکی خطکش باردار، توسط آ « جذب می شود.

✓ تست ۳۵: یک کره فلزی با بار $-q$ را به آرامی داخل یک استوانه نازک فلزی و خنثی می کنیم، طوری که با کف


استوانه برخورد کند، پس از برخورد با کره و استوانه کدام خواند بود؟

(۲) کره (0) ، استوانه $(-q)$

(۱) کره $(-q)$ ، استوانه (0)

(۴) بسته به اندازه آن دو، هر اتفاقی می افتد.

(۳) هر دو $(-\frac{q}{2})$

چگالی سطحی 

این کمیت نشان گر تراکم بار الکتریکی موجود روی سطح یک رسانا می باشد.

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

$\left(\frac{C}{m^2}\right)$

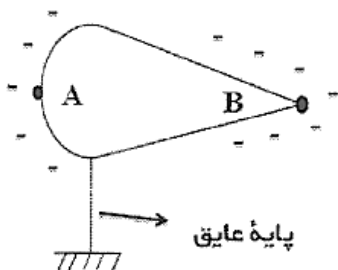




نکته: چگالی سطحی در نقاط نوک تیز یک رسانای فلزی بیش از بقیه نقاط است ولی در اجسام همگن مانند کره

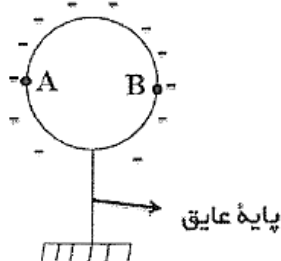
فلزی در تمام نقاط یکسان است.

فلز دوکی شکل



$$\begin{cases} V_A = V_B \\ \sigma_A < \sigma_B \end{cases}$$

کره فلزی



$$\begin{cases} V_A = V_B \\ \sigma_A = \sigma_B \end{cases}$$

دستگاه الکتروسکوپ: (برق نما)

این دستگاه در حد بحث ما دارای سه وظیفه مهم است.

(۱) تشخیص اینکه یک جسم یا میله بار دارد یا خنثی است.

(۲) اگر بار دارد، نوع بار آن چیست.

(۳) تشخیص اینکه این که یک میله یا جسم رسانا است یا نارسانا.

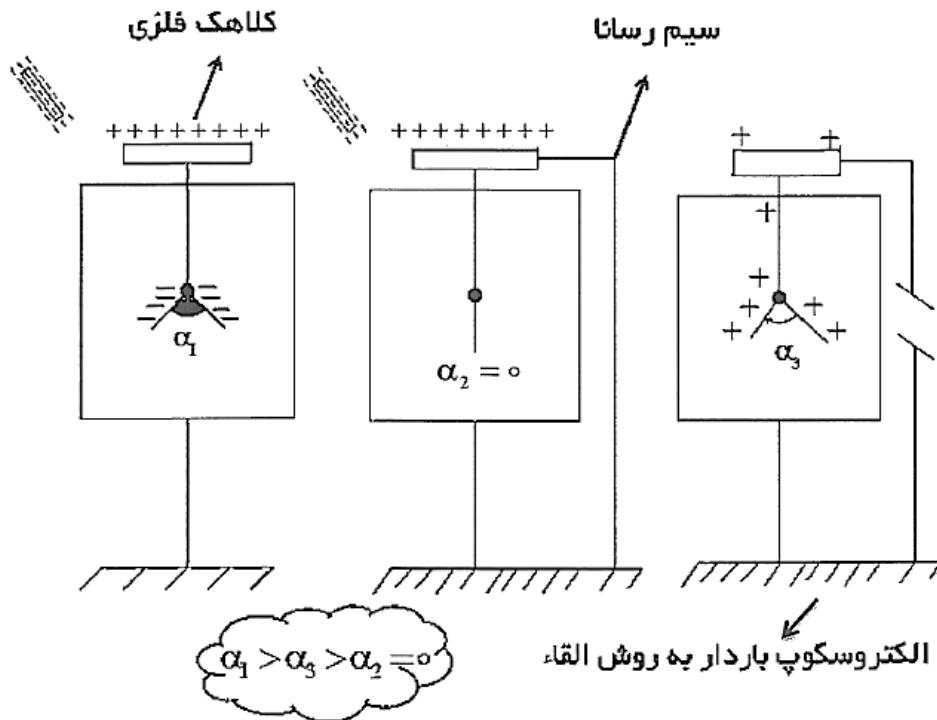
وظیفه اول توسط الکتروسکوپ خنثی و دو وظیفه دوم و سوم توسط الکتروسکوپ باردار رخ می دهند پس ابتدا باید روش

باردار کردن الکتروسکوپ را آموخت:

(۱) روش تماس که کافی است یک جسم رسانای باردار را با کلاهک الکتروسکوپ تماس دهیم.

(۲) روش القا: برای توضیح آن، کافی است روش باردار کردن القایی را به یاد آوریم پس دقت کنید.





وظیفه:

(۱) به کلاهک الکتروسکوپ خنثی میله مورد نظر را نزدیک می‌کنیم، اگر پره‌ها باز شدند یعنی میله بار داشته است و اگر بسته بمانند یعنی میله خنثی است.

(۲) میله باردار را به کلاهک الکتروسکوپ باردار که بارش را می‌دانیم نزدیک می‌کنیم، اگر از همان ابتدا پره‌ها دورتر شدند، بار میله و الکتروسکوپ هم نامند و اگر نزدیک شدند ناهم نامند.

تذکر: اگر بار میله ناهم‌نام بسیار قوی باشد، پره‌ها ابتدا بسته و سپس باز خواهند شد.

(۳) میله مورد نظر را از یک طرف در دستمان گرفته و از سر دیگر به کلاهک الکتروسکوپ باردار متصل می‌کنیم، اگر اتفاقی در پره‌ها نیفتد یعنی میله نارساناست ولی اگر پره‌ها بسته شوند یعنی میله رساناست.

نکته: برای تخلیه الکتروسکوپ باردار کافی است انگشت دست خود را به کلاهک الکتروسکوپ بزنیم اگر بار الکتروسکوپ منفی باشد یعنی الکترون اضافه دارد که از طریق دست و بدن ما الکترون‌های اضافه به زمین منتقل می‌شود و





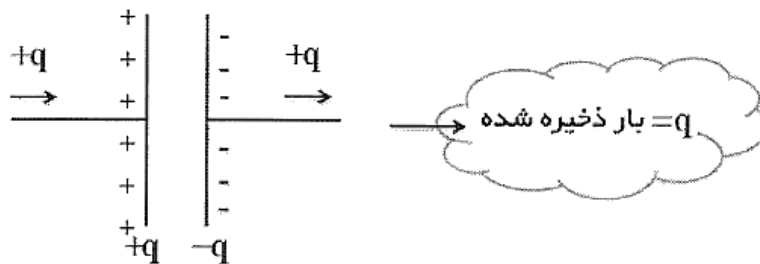
اگر بار آن مثبت باشد یعنی الکترون از دست داده که توسط دست و بدن ما از زمین الکترون خواهد گرفت و تخلیه خواهد شد.

✓ تست ۳۶: توسط یک میله با بار منفی به روش القاء یک الکتروسکوپ را باردار نموده‌ایم حال اگر یک میله شیشه‌ای را با مالش پارچه ابریشمی باردار کرده و به کلاهک آن نزدیک کنیم چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

خازن

وسیله‌ای است برای ذخیره بار و انرژی پتانسیل الکتریکی که از دو صفحه فلزی موازی تشکیل می‌شود.

بار ذخیره شده روی یک خازن برابر است با مقدار بار وارد شده به یک صفحه یا خارج شده از صفحه دیگر خازن.



قانون فاراد

نسبت بار ذخیره شده روی یک خازن به اختلاف پتانسیل دو سر خازن همواره عدد ثابتی است که به ساختمان خازن مورد نظر بستگی دارد و به q و V وابسته نیست و به آن ظرفیت خازن گفته می‌شود.

$$C = \frac{q}{V} \quad \text{و} \quad C = K\epsilon_0 \frac{A}{d}$$

ضریب دی الکتریک مساحت مشترک

تذکره: ضریب دی‌الکتریک (K) برای هوا و خلاء عدد یک است و برای دیگر عایق‌ها از ۱ بیشتر است پس با وارد کردن یک عایق به فضای بین دو صفحه خازن، ظرفیت آن افزایش می‌یابد.





چند نکته اساسی

(۱) خازن وسیله‌ای است برای تولید میدان الکتریکی یکنواخت بجز دو انتهای صفحات.

$$E = \frac{V}{d} = \frac{q}{c.d} = \frac{q}{K\varepsilon \cdot \frac{A}{d} \times d} = \frac{\sigma}{K\varepsilon}$$

چگالی سطحی هر یک از صفحات (جوشن‌ها) خازن

(۲) اگر بین صفحات یک خازن یک فلز رسانا با پهنای (e) وارد کنیم، ظرفیت خازن افزایش یافته و خواهیم داشت.

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d} \Rightarrow C' = \varepsilon \cdot \frac{A}{d - e}$$

تذکره: اگر ضخامت صفحه‌ی فلزی بسیار کم و نازک باشد ($e \rightarrow 0$) در این صورت تغییری در ظرفیت ایجاد نمی‌شود.

$$(C = C')$$

✓ تست ۳۷: اگر یکی از صفحات خازنی را از وسط 90° به بیرون خم کنیم و نیمی از فضای بین آن‌ها را $(\frac{d}{2})$ یک صفحه فلزی قرار داده و بقیه فضا را با عایق با ضریب ($K = 3$) پر کنیم ظرفیت خازن چند برابر خواهد شد. (در ابتدا بین صفحات هوا بوده است)

۱۲ (۴)

۶ (۳)

۳ (۲)

 $\frac{3}{2}$ (۱)

👉 نکته: در رابطه $(C = k\varepsilon \cdot \frac{A}{d})$ ، مساحت مشترک دو صفحه است یعنی مساحتی از قسمت فلزی دو صفحه که درست روبه‌روی هم قرار داشته و مقابل هم را پر کرده‌اند.

👉 در خازن انرژی پتانسیل الکتریکی با ۳ رابطه زیر ذخیره می‌شود.

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





تذکر بسیار مهم:

اگر خازنی به منبع ولتاژ (پیل یا باتری) متصل باشد و هر تغییری در آن ایجاد کنیم ولتاژ آن ثابت می ماند و حال اگر خازن شارژ شده را از منبع جدا کرده و هر تغییری ایجاد کنیم با آن ثابت می ماند.

✓ تست ۳۸: بین صفحات خازنی هوا داریم و بجای آن یک عایق با ضریب $K = 2$ وارد می نماییم در هر یک از حالات زیر تعیین کنید C ، q ، V و U چند برابر خواهد شد.

الف) خازن به منبع متصل بماند.

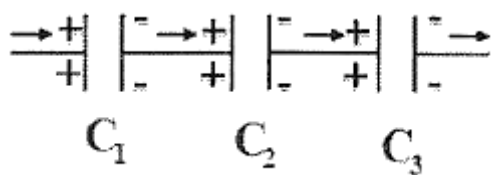
ب) خازم شارژ شده را قبل ورود عایق از منبع جدا کنیم.

اتصال (بهم بستن) خازن ها

خازن ها به طور کلی به دو صورت مهم، بهم متصل می شوند.

خازن های سری

بین این خازن ها هیچ انشعاب یا گره فعالی نیست و در آن ها بار ذخیره شده در همگن یکسان است.



$$\left. \begin{array}{l} (1) \text{ اتصال صفحات ناهم نام} \\ (2) q_{\text{کل}} = q_1 = q_2 = \dots = q_n \\ (3) V_{\text{کل}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n \\ (4) \frac{1}{C_{\text{معادل}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \end{array} \right\}$$





$$C = \frac{C}{1+K} \quad \text{یا} \quad C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

بزرگی
معادل

↓
نسبت دو ظرفیت

در اتصال دو خازن سری داریم: B

اگر دو خازن $3K$ و $6K$ سری باشند خازن حاصل (معادل) برابر $2K$ است. B

در اتصال خازن‌های سری باید بدانیم که ظرفیت معادل از تمام خازن‌ها کوچک‌تر است. B

در بررسی انرژی در خازن‌های سری بیشتر از رابطه $U = \frac{q^2}{2C}$ استفاده می‌شود زیرا q ثابت بوده و انرژی با ظرفیت B

$$\text{رابطه عکس خواهد داشت } U \propto \frac{1}{C} \text{ یا } \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2}$$

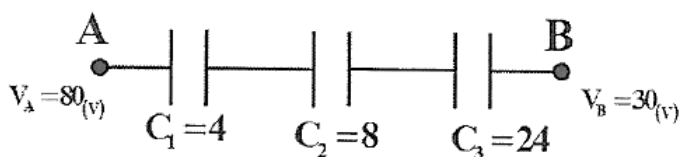
اگر n خازن یکسان و مشابه با هم سری باشند، داریم: B

$$C_{\text{معادل}} = \frac{C}{n}$$

با استفاده از رابطه $q = C \cdot V$ هر خازنی که در خازن‌های سری ظرفیت بیشتری دارد، ولتاژ کمتری دارد. B

$$V \times \frac{1}{C}$$

✓ تست ۳۹: در تکه مدار خازنی رسم شده، تعیین کنید ولتاژ دو سر خازن‌ها چقدر است.



✓ تست ۴۰: در تمییم قبل اگر حداکثر ولتاژ قابل تحمل هر خازن برابر $30(V)$ باشد، Max اختلاف پتانسیل دو نقطه

A و B چقدر باشد تا هیچ خازنی نسوزد؟

۶۰ (۴)

۵۰ (۳)

۴۵ (۲)

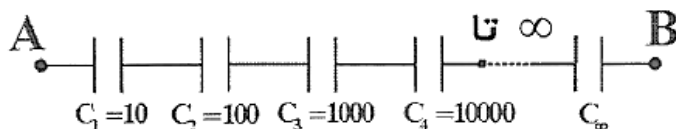
۹۰ (۱)





نکته: در خازن‌های سری چون q عدد ثابت است ($q = C.V$) پس همانطور که قبلاً نیز گفته شد ولتاژ با ظرفیت خازن رابطه عکس خواهد داشت.

✓ تست ۴۱: ظرفیت معادل خازن‌ها را بین دو نقطه A و B تعیین کنید.



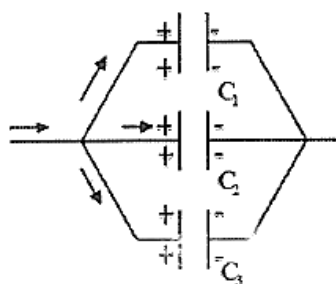
۹/۵ (۴)

۹ (۳)

۸/۵ (۲)

۸ (۱)

خازن‌های سری



$$\left. \begin{array}{l} (۱) \text{ اتصال صفحات هم‌نام} \\ (۲) V_{\text{کل}} = V_1 = V_2 = \dots = V_n \\ (۳) q_{\text{کل}} = q_1 + q_2 + \dots + q_n \\ (۴) C_{\text{معادل}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n \end{array} \right\}$$

در اتصال خازن‌های موازی باید بدانیم که ظرفیت معادل از تمام خازن‌ها بزرگ‌تر است. \Rightarrow

با اضافه کردن یک شاخه خازنی موازی به مدار، خازن معادل افزایش و با افزودن خازن سری مدار، خازن معادل کاهش می‌یابد. \Rightarrow

در بررسی انرژی در خازن‌های موازی از رابطه‌ی $U = \frac{1}{2} CV^2$ استفاده می‌شود، زیرا V ثابت بوده و انرژی با ظرفیت رابطه مستقیم خواهد داشت: $U \propto C$ یا $\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1}$. \Rightarrow

اگر n خازن یکسان مشابه با هم موازی باشند، داریم: \Rightarrow

$$C_{\text{معادل}} = n.c$$

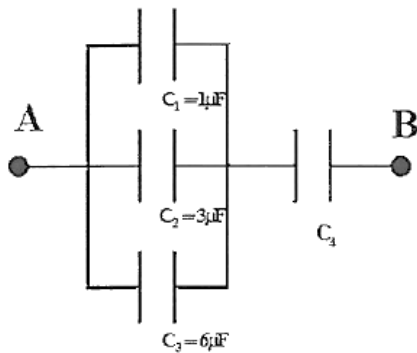




با استفاده از رابطه $q = C.V$ هر خازنی که دارای ظرفیت بیشتری باشد در خازن‌های موازی، بار بیشتری نیز دارد.

$q_{\alpha c}$

✓ تست ۴۲: در مدار زیر اگر با خازن C_2 برابر $6\mu c$ باشد بار خازن C_4 کدام است؟



۱) $18\mu c$

۲) $20\mu c$

۳) $21\mu c$

۴) $24\mu c$

✓ تست ۴۳: در تست قبل اگر اختلاف پتانسیل دو نقطه A و B برابر $12(V)$ باشد، ظرفیت C_4 چند μF است؟

۴ (۴)

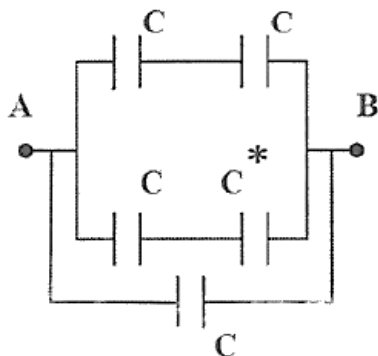
۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

✓ تست ۴۴: در شکل رسم شده اگر بین صفحات خازن، اگر یک عایق با $K = 4$ قرار دهیم ظرفیت معادل مجموعه

چند برابر خواهد شد؟



۲ (۱)

۱/۱۶ (۲)

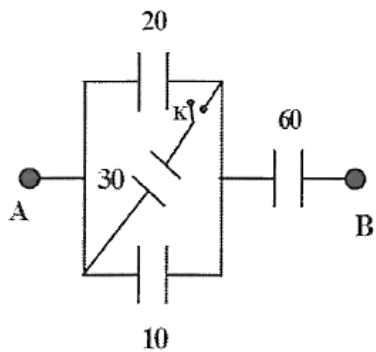
۱/۴ (۳)

۱/۱۵ (۴)





✓ تست ۴۵: در مدار مقابل با بستن کلید K ، ظرفیت معادل چند برابر می‌شود؟



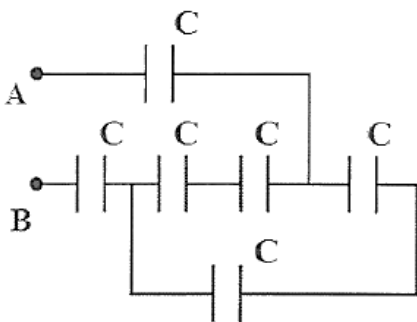
۱ (۱)

۱/۵ (۲)

۲ (۳)

۲/۵ (۴)

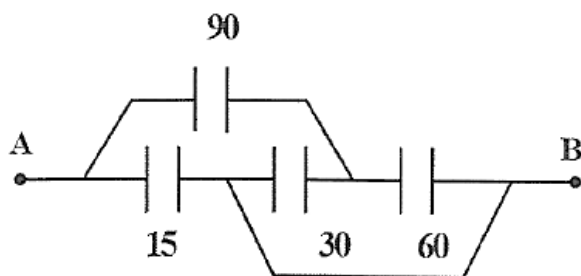
✓ تست ۴۶: ظرفیت معادل بین نقاط و کدام است؟



C (۱)

 $\frac{C}{2}$ (۲) $\frac{C}{3}$ (۳) $\frac{C}{4}$ (۴)

✓ تست ۴۷: ظرفیت معادل را بیابید.





نکته: تمامی نقاطی که روی یک سیم خالی هستند دارای ولتاژ یکسان هستند و می توان آن‌ها را یک نقطه فرض

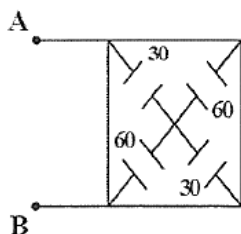
نمود پس در حل این مسائل ابتدا

.....

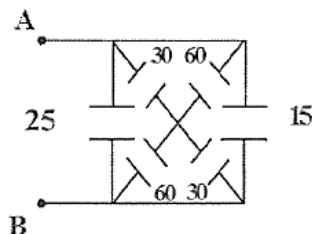
.....

✓ تست ۴۸: ظرفیت معادل را بیابید.

(الف)



(ب)



✓ تست ۴۹: تعداد ۲۴ عدد خازن یکسان با ظرفیت C را به صورت m ردیف n تایی، طوری چیده‌ایم که ظرفیت

معادل مجموعه برابر $\frac{2}{3}C$ شود در این صورت m و n را بیابید.

(۲) ۶ ردیف ۴ تایی

(۱) ۴ ردیف ۶ تایی

(۴) ۸ ردیف ۳ تایی

(۳) ۳ ردیف ۸ تایی

✓ تست ۵۰: تعداد خازن ۴ میکروفارادی در اختیار داریم که حداکثر ولتاژ قابل تحمل هر یک از آن‌ها $10(V)$ است. با

در دست داشتن یک باتری ۶۰ ولتی، حداقل با چند خازن می توان ظرفیتی معادل $4\mu F$ ساخت، طوری که هیچ خازنی

آسیب نبیند؟

(۴) ۶۰

(۳) ۱۰۰

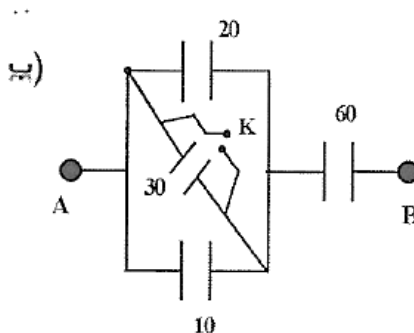
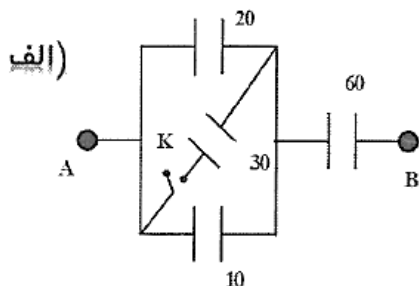
(۲) ۳۶

(۱) ۱۰





✓ تست ۵۱: در شکل‌های زیر با بستن کلید K ظرفیت خازن معادل مجموعه چند برابر خواهد شد.



👉 نکته: اگر با اتصال یک کلید دو سر یک خازن یا حتی مقاومت اتصال کوتاه (نزدیک) شود در این صورت تمام خازن

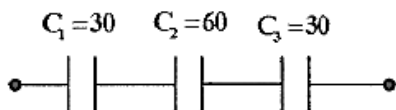
یا مقاومت‌هایی که با خازن مورد نظر



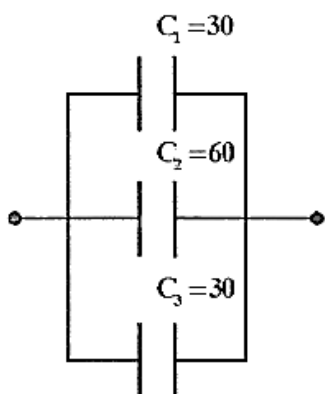


✓ تست ۵۲: در مدارهای زیر اگر انرژی ذخیره شده در خازن C_1 برابر (j) ۳ باشد انرژی کل خازن‌ها برابر چند (j) است.

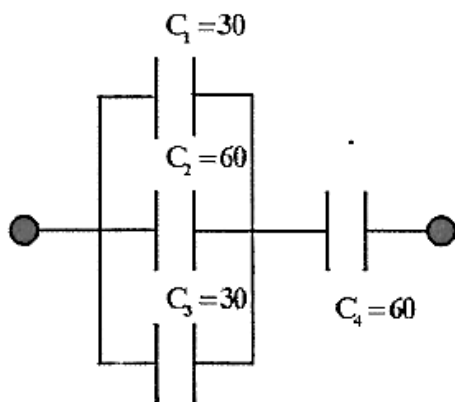
الف)



ب)



ج)



نکته: برای یافتن انرژی کل مهم نیست خازن‌ها سری هستند یا موازی باید انرژی

.....

.....

.....

.....





اگر دو خازن متفاوت C_1 و C_2 را به ترتیب با ولتاژهای V_1 و V_2 شارژ نموده و از منبع جدا کنیم، به صورتی می توان آن ها را به هم متصل نمود و به تعادل الکتریکی رساند.

(۱) از سمت صفحات هم نام متصل شوند.

$$V_T = \frac{\overbrace{C_1 V_1 + C_2 V_2}^{\text{مجموع بار هر دو}}}{C_1 + C_2}$$

(۲) از سمت صفحات ناهم نام متصل شوند.

$$V_T = \frac{|C_1 V_1 + C_2 V_2|}{C_1 + C_2}$$

✓ تست ۵۳: دو خازن $C_1 = 4\mu F$ و $C_2 = 6\mu F$ را به ترتیب با ولتاژهای $V_1 = 5(V)$ و $V_2 = 30(V)$ شارژ کرده و از منبع جدا می کنیم و سپس از سمت صفحات هم نام آن ها به هم وصل می کنیم، بار ذخیره شده در خازن C_2 پس از برقراری تعادل چند μC است؟

۲۰ (۴)

۸۰ (۳)

۱۲۰ (۲)

۱۸۰ (۱)

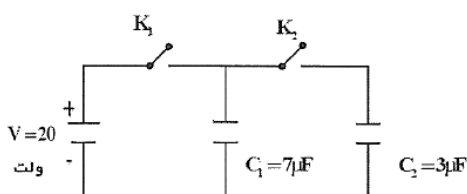
✓ تست ۵۴: خازنی با ظرفیت C_1 با اختلاف پتانسیل V_1 پر شده است. آن را از منبع جدا کرده و به دو سر خازن خالی با ظرفیت C_2 می بندیم، تا رسیدن به تعادل خازن V_1 نصف انرژی خود را از دست می دهد. نسبت $\frac{C_2}{C_1}$ کدام است؟

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

۱ (۲)

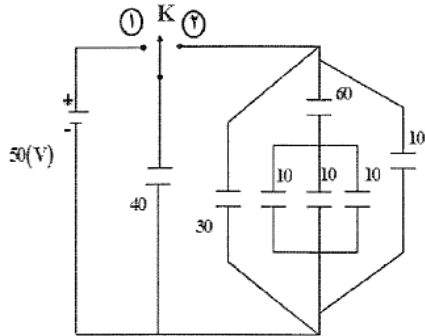
۱ (۱)

✓ تست ۵۵: در مدار رسم شده ابتدا کلید K_1 بسته و K_2 باز است و خازن C_2 خالی است. حال اگر کلید K_1 را باز کرده و بعد کلید K_2 را ببندیم، بار ذخیره شده روی هر خازن را بیابید.





✓ تست ۵۶: در مدار رسم شده ابتدا تمام خازن‌ها خالی هستند، در مرحله اول کلید را به نقطه ۱ متصل می‌کنیم و بعد از آن جدا کرده و به نقطه ۲ می‌بندیم، پس از برقراری تعادل بار خازن $40 \mu F$ برابر چند μC است.



👉 نکته نهایی:

اگر فضای بین صفحات یک خازن را با دو دی‌الکتریک به صورت‌های زیر پر کنیم، داریم:

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

$$C = \frac{2K_1 K_2}{K_1 + K_2} \times C$$

سری هستند

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

$$C = \frac{K_1 + K_2}{2} \times C$$

موازی هستند

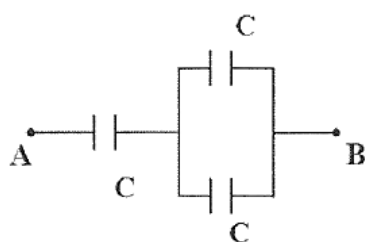




تمرین های تکمیلی دانش آموز

این تمرین باید ابتدا توسط دانش آموزان حل شود و نهایتاً به پاسخ انتها مراجعه شود

✓ تست ۵۷: در مدار شکل مقابل حداکثر ولتاژ قابل تحمل برای هر خازن $(V) 60$ است، بیشترین ولتاژ دو سر مجموعه



چند ولت باشد تا هیچ خازنی آسیب نبیند؟

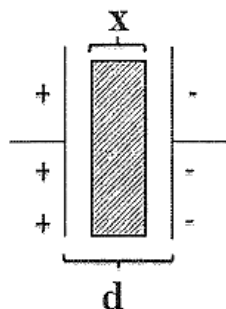
۶۰ (۱)

۱۲۰ (۲)

۹۰ (۴)

۱۸۰ (۳)

✓ تست ۵۸: در شکل مقابل اگر یک تیغه فلزی به ضخامت X ، مات بین صفحات خازن شارژ



شده که از منبع جدا شده است قرار دهیم، انرژی ذخیره شده در خازن نسبت به حالت قبل

چگونه تغییر می کند؟

افزایش (۲)

کاهش (۱)

بسته به شرایط هر سه (۴)

ثابت (۳)

✓ تست ۵۹: بین دو جوشن خازنی هواستن و به یک مولد متصل است، اگر بین صفحات آن یک تیغه شیشه ای قرار

دهیم، بار خازن

کاهش می یابد. (۲)

ثابت می ماند. (۱)

وابسته به نوع ضخامت شیشه است. (۴)

افزایش می یابد. (۳)

✓ تست ۶۰: خازنی را به یک مولد وصل می کنیم، اگر ولتاژ مولد را نصف کنیم، ظرفیت خازن چند برابر می شود.

$\sqrt{2}$ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

$\frac{1}{2}$ (۱)



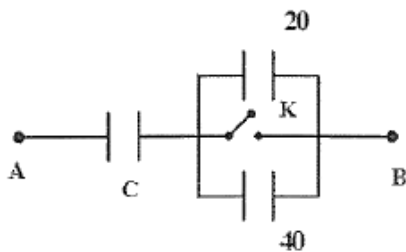


✓ تست ۶۱: اگر خازن شارژ شده‌ای که از منبع جدا شده را داشته باشیم و فاصله بین صفحات آن را افزایش دهیم و یک دی‌الکتریک بین صفحات آن وارد کنیم ولتاژ آن

(۱) کاهش می‌یابد. (۲) ثابت می‌ماند.

(۳) افزایش می‌یابد. (۴) هر سه ممکن هستند.

✓ تست ۶۲: ظرفیت معادل خازن‌های مقابل بین دو نقطه A و B در حالت بسته بودن کلید برابر $30 \mu F$ است، اگر کلید را باز کنیم، ظرفیت معادل چند μF می‌شود.



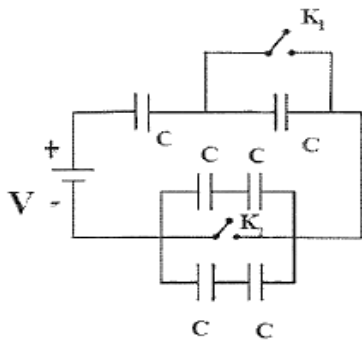
(۱) ۴۵

(۲) ۲۰

(۴) ۱۵

(۳) ۳۰

✓ تست ۶۳: در مدار مقابل کلید K_1 باز و K_2 بسته است، اگر K_1 بسته و K_2 باز شود ظرفیت معادل چند برابر خواهد شد.



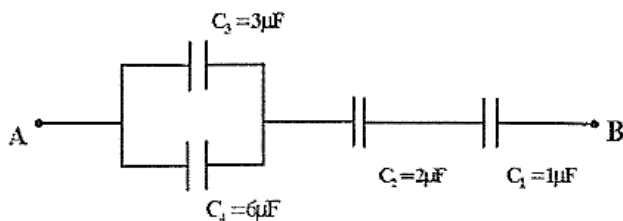
(۲) ۲

(۱) ۱

(۴) ۲/۵

(۳) ۱/۵

✓ تست ۶۴: در شکل مقابل ولتاژ دو سر خازن C_1 چند برابر ولتاژ دو سر خازن C_4 است.



(۲) 1/2

(۱) ۹

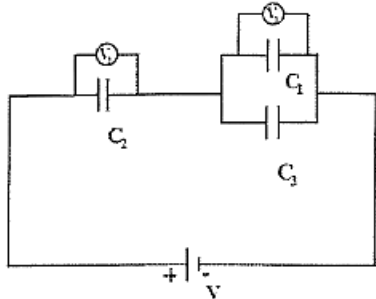
(۴) 3/5

(۳) ۲





✓ تست ۶۵: در مدار شکل روبه‌رو اگر دو صفحه خازن C_1 را از هم دور کنیم، مقداری که ولت مترهای V_1 و V_2 نشان



می‌دهند، چه تغییری می‌کند؟

(۱) افزایش V_1 و کاهش V_2

(۲) کاهش V_1 و افزایش V_2

(۳) هر دو کاهش

(۴) هر دو افزایش

✓ تست ۶۶: خازنی با ظرفیت $5(\mu F)$ را با ولتاژ $60(V)$ پر نموده و از مولد جدا می‌کنیم و سپس صفحات آن را به

صفحات یک خازن خالی وصل می‌کنیم، اختلاف پتانسیل مشترک دو سر خازن‌ها $20(V)$ می‌شود، ظرفیت خازن دوم چند

(μF) است؟

۲۰ (۴)

۱۵ (۳)

۱۰ (۲)

۵ (۱)

✓ تست ۶۷: انرژی ذخیره شده در خازنی با ظرفیت C_1 برابر U_1 می‌باشد، دو صفحه این خازن را به خازن خالی که

ظرفیت آن دو برابر خازن اول است وصل می‌کنیم، انرژی ذخیره شده در مجموعه خازن‌ها چند برابر U_1 است.

$\frac{4}{3}$ (۴)

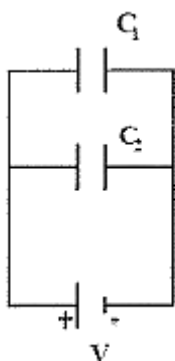
۴ (۳)

$\frac{2}{3}$ (۲)

$\frac{1}{3}$ (۱)

✓ تست ۶۸: در مدار شکل مقابل خازن‌ها مشابه‌اند و فضای بین صفحات آن‌ها هواست، اگر عایق با ثابت دی‌الکتریک ۲

را بین صفحات خازن C_1 قرار دهیم، بار خازن C_2 چند برابر می‌شود؟



$\frac{4}{3}$ (۲)

۲ (۱)

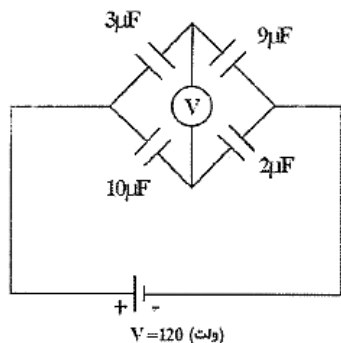
$\frac{2}{3}$ (۴)

۱ (۳)





✓ تست ۶۹: در شکل زیر، عددی که ولت سنج نشان می‌دهد، کدام است؟



۶۰ (V) (۲)

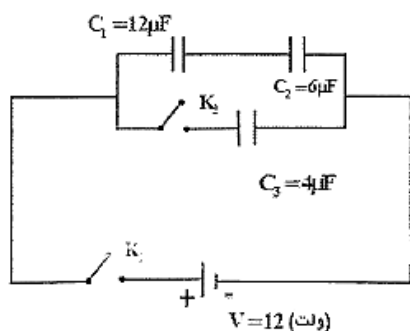
۷۰ (V) (۱)

۲۰ (V) (۴)

۹۰ (V) (۳)

✓ تست ۷۰: در مدار زیر ابتدا K_1 بسته و K_2 باز است، اگر پس از تعادل کلید K_2 نیز بسته شود، اختلاف پتانسیل دو

سر خازن C_1 نسبت به حالت قبل چند ولت تغییر می‌کند؟



۱ (۲)

صفر (۱)

۱۰ (۴)

۲ (۳)

