



الکتریسیته ساکن

مهندس مهدی باباخانی

سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲

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

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

021-26401062

www.karnamehkherad.com



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

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

بار الکتریکی چیست و از کجا بوجود می‌آید

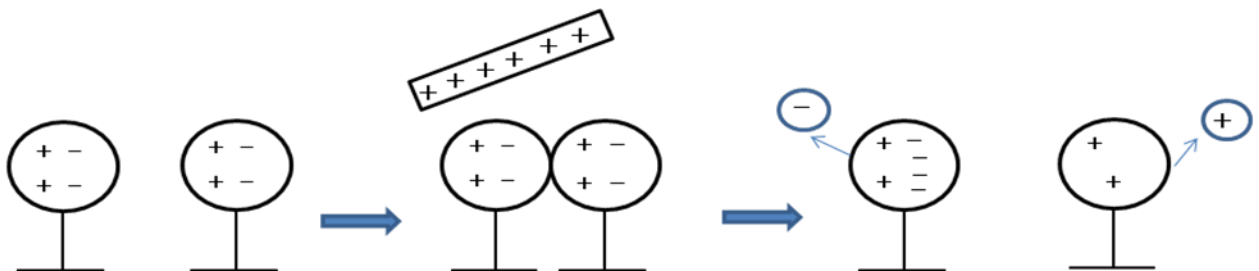
بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود و فقط از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. به این اصل، پایستگی بار الکتریکی گفته می‌شود.

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

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

روش تماس: وقتی جسم رسانا باردار را با جسمی خنثی تماس می‌دهیم.

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

$$q = ne \rightarrow 1.6 \times 10^{-19}$$

نکات محاسبه اندازه بار الکتریکی و خاصیت کوانتومی بودن بار

کوانتوم یعنی گسسته بودن به زبان ساده بعضی مواد رو همیشه از یه حدی ریزتر کرد مثلاً ادم یا یک دونه است یا دو تا ادم یا سه تا ادم. بنابراین نمیتوان گفت یک ادم و نصفی !!!
بار الکتریکی نیز کوانتومی است یعنی بار یک جسم یا به اندازه بار یک الکترونه یا دو تا یا ... اما همیشه گفت بار الکتریکی یک جسم یک و نصفی بار یک الکترون است!!

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

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

تعریف بار برهم خوردن تساوی تعداد الکترونها و پروتونها

مالش
تماس
القا

روشهای باردار کردن اجسام

بار الکتریکی

شیشه و ابریشم ← شیشه+ و ابریشم-

پلاستیک و پشم ← پلاستیک- و پشم+

نوع بار در مالش

$$q = \pm ne$$

مقدار بار



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

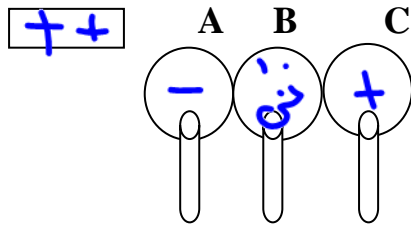
(۱) $+2 \times 10^{-8}$ (۲) -2×10^{-8} (۳) $+12/8 \times 10^{-9}$ (۴) $-12/8 \times 10^{-9}$

$$q = -ne$$

$$q = -1(10^{10}) \times 1.6 \times 10^{-19} = -12/8 \times 10^{-9}$$

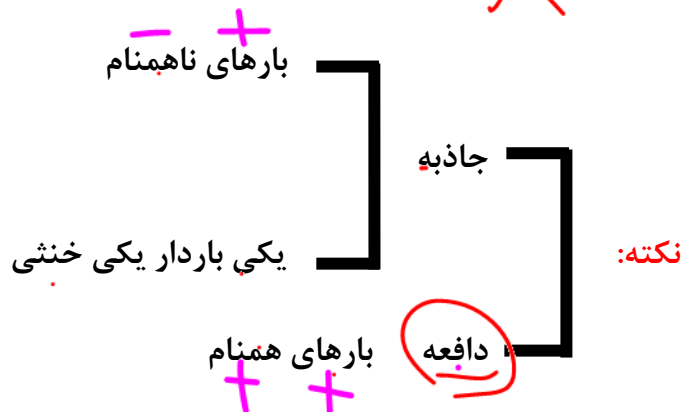
تست: میله های شیشه ای را با پارچه ابریشمی مالش داده و در کنار کره A قرار می دهیم بار کره های A, B, C به ترتیب از راست به چپ کدامست؟ (کره ها رسانا هستند)

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

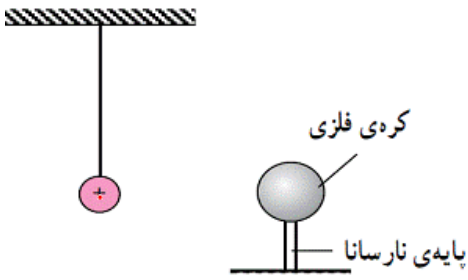


تست: سه جسم A, B, C را دو به دو به هم نزدیک می کنیم، وقتی A را به B نزدیک می کنیم همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می کنند، و اگر B و C را به هم نزدیک کنیم همدیگر را دفع می کنند، کدام یک از گزینه ها می تواند صحیح باشد؟

- (۱) A و C بار همنام و هم اندازه دارند. (۲) B و C بار غیر همنام دارند.
(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 می‌چسبد.
- (۲) به علت خنثی بودن کره، آونگ تکان نمی‌خورد.
- (۳) آونگ ابتدا جذب کره شده سپس از آن دور می‌شود. ✓
- (۴) آونگ از کره با نیروی دافعه دور می‌شود.

$$q = ne$$

$$32 \times 10^{-20} = n (1.6 \times 10^{-19}) \Rightarrow n = 2$$

$$52 \times 10^{-20} = n (1.6 \times 10^{-19}) \quad n = \frac{52}{16} = 3.25$$

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

$$n = \frac{50}{16} = 3.125$$

تست: کدام گزینه بار الکتریکی یک جسم می‌تواند باشد؟

- (۱) 32×10^{-20} ✓
- (۲) 52×10^{-20}
- (۳) 50×10^{-20}
- (۴) هر سه گزینه می‌تواند بار یک جسم باشد.

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

- صفر - صفر 3.2×10^{-19} - صفر 9.6×10^{-19} 3.2×10^{-19} هیچکدام

$$\left. \begin{aligned} q_e &= -6 (1.6 \times 10^{-19}) = -9.6 \times 10^{-19} \\ q_p &= +6 (1.6 \times 10^{-19}) = +9.6 \times 10^{-19} \\ q_n &= 0 \end{aligned} \right\} \text{ صفر}$$

$$\left. \begin{aligned} He \text{ هسته} \left\{ \begin{aligned} q_e &= -2 \times 1.6 \times 10^{-19} = -3.2 \times 10^{-19} \\ q_p &= +2 \times 1.6 \times 10^{-19} \\ q_n &= 0 \end{aligned} \right. \end{aligned} \right\} \text{ صفر}$$



الکتروسکوپ و کلاهک

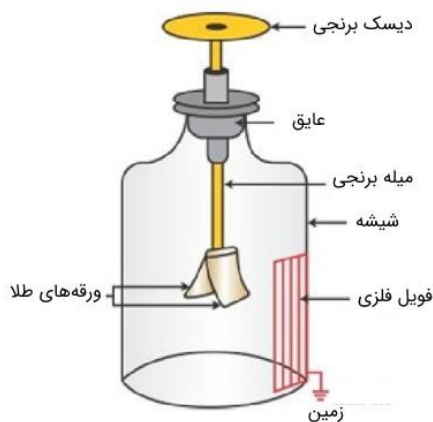
الکتروسکوپ وسیله ای است که معمولاً دارای دو ورقه ی نازک طلا است که روی یک تیغه فلزی قرار دارد و تیغه فلزی به یک کلاهک رسانا متصل شده است که تیغه ی فلزی و ورقه ها در یک قاب عایق دارند از الکتروسکوپ برای تشخیص وجود یا عدم وجود بار الکتریکی و تعیین نوع بار الکتریکی تعیین رسانا یا نارسانا بودن اجسام و مقایسه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

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

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

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

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



خلاصه نکات الکتروسکوپ

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

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

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

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

الکتروسکوپ خنثی

الکتروسکوپ باردار

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



۹۱

۹۲

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

قانون کولن

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

بزرگی نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی بین دو ذره با بارهای q_1 و q_2 که در فاصله r از یکدیگر

قرار دارند، با حاصل ضرب اندازه بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله دو ذره از هم، نسبت وارون

دارد بنابراین:

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

$\rightarrow m$

$$F = 9 \cdot \frac{191 \cdot 191}{R^2}$$

$\rightarrow m$

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

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

فرمول $F = 9 \cdot \frac{q_1 q_2}{R^2}$ استفاده کنیم

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

قانون کولن

$$F = 9 \cdot \frac{q_1 q_2}{R^2} \text{ تستی (فاصله سانتی و بار میکرو) بدون تبدیل واحد}$$



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

(۱) 200×10^{-13} جاذبه

(۲) 200×10^{-9} دافعه

(۳) 200×10^{-13} جاذبه

(۴) هیچکدام سوال غلط است.

وجود ندارد

$$q = ne$$

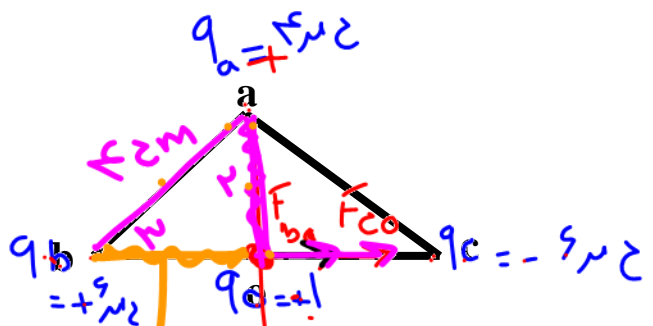
$$50 \times 10^{-20} = n \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$n = 17, 15$$

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

q_c و q_b باشد بردار نیروهای وارد بر q_0 بر حسب بردارهای یکه i و j کدامست؟

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



$$90i + 90j \quad (2)$$

$$90i - 90j \quad (1) \checkmark$$

$$45i - 45j \quad (4)$$

$$90i - 45j \quad (3)$$

$$F_{a0} = 90 \cdot (4) \cdot (1) = 90$$

$$F_{c0} = F_{b0} = 90 \cdot (1) \cdot \frac{1}{(2\sqrt{3})^2} = 45$$

$$F = 90i - 90j$$



$$c = 5\sqrt{3} = x$$

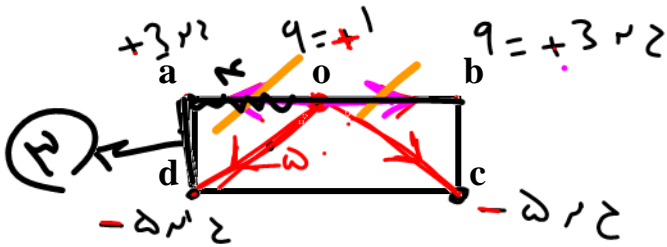
$$x = 2\sqrt{3}$$



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؟

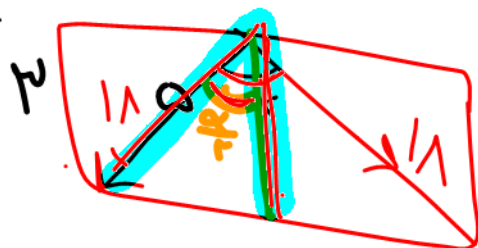
$(q_c = -5 \mu C)$ $(ad = 3cm, ab = 8cm, q_a = +3 \mu C, q_d = -5 \mu C, q_b = +3 \mu C)$

18 (4) $18\sqrt{2}$ (3) 21/6 (2) ✓ 28/8 (1)



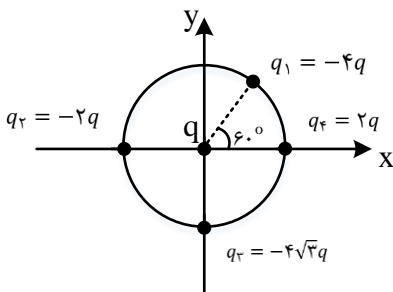
$F_{c0} = F_{d0} = \frac{9 \times 10^9 (5) (1)}{5^2} = 18$

$F_{net} = 2F \cos \theta$
 $F_{net} = 2(18) \times \frac{4}{5} = 21.6$



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

- 20 (4) $20\sqrt{3}$ (3) 40 (2) $40\sqrt{3}$ (1)



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

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

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

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

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

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

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

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

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

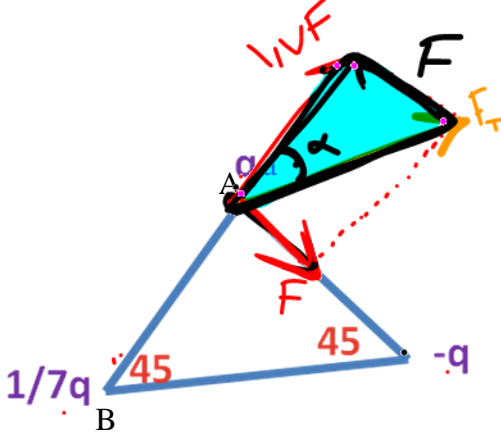




تست: در شکل زیر مثلث قائم الزاویه و متساوی الساقین است، زاویه بین برایندهای نیروهای وارد بر بار q_a و با

امتداد پاره خط BA چند درجه است؟

- ۶۰ (۴) ۴۵ (۳) ۳۷ (۲) ۳۰ (۱) ✓



$$\cot \alpha = 1.7F$$

$$\alpha = 17^\circ$$

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

$$F = k \frac{(1.7q)^2}{r^2}$$

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)



$$\frac{15}{16} F = k \frac{(q-x)(q+x)}{r^2}$$



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

$$\frac{15}{16} = \frac{q^2 - x^2}{q^2}$$

$$15q^2 = 16q^2 - 16x^2$$

$$q^2 = 16x^2$$

$$x = \frac{1}{4}q$$



(+70) — (20)

تماس دو کره فلزی باردار

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

$$q_{\text{جدید}} = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-20 + 70}{2} = 25$$

(25)

(25)

هرگاه دو کره فلزی غیر مشابه را با هم تماس دهیم، بار هر کدام پس از تماس و جداسازی برابر می شود 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 می باشند و از فاصله d برهم نیروی F وارد می کنند. 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 می شود؟

(1/29) (1/29) (1/12) (4) (1/6) (3) (1/24) (2✓) (1/3) (1)

$$\Rightarrow F_2 = \frac{k \left(\frac{1}{2}q\right) \left(\frac{1}{2}q\right)}{r^2}$$

$$F_1 = \frac{k \cdot 2q \cdot 3q}{r^2}$$

(مطالعه نیمه آزاد)

تست: دو کره فلزی غیر مشابه A و B که دارای بار الکتریکی q_A = +4C و q_B = -16C می باشند و از فاصله d برهم نیروی F وارد می کنند. 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 می شود؟ (شعاع کره B سه برابر شعاع کره A)

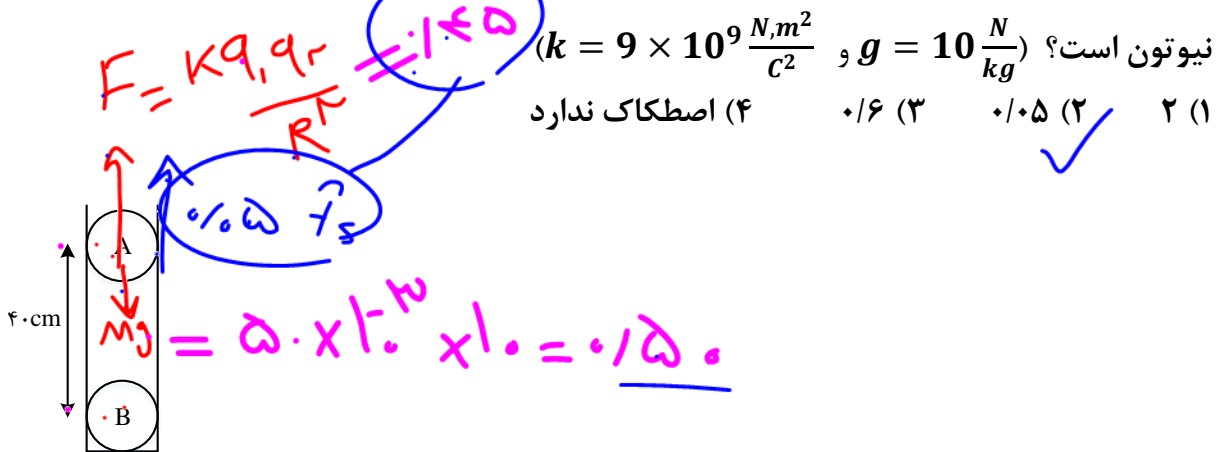
(64/75) (4) (75/64) (3✓) (16/25) (2) (25/16) (1)

(5) — (15) (10) — (15)

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k(5)(15)}{r^2} \div \frac{k(10)(15)}{r^2} = \frac{75}{64}$$



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 نارسای قائم در حال تعادل هستند. بزرگی نیروی اصطکاک بین گلوله ی A و سطح داخلی لوله چند نیوتون است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ و $g = 10 \frac{N}{kg}$)



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

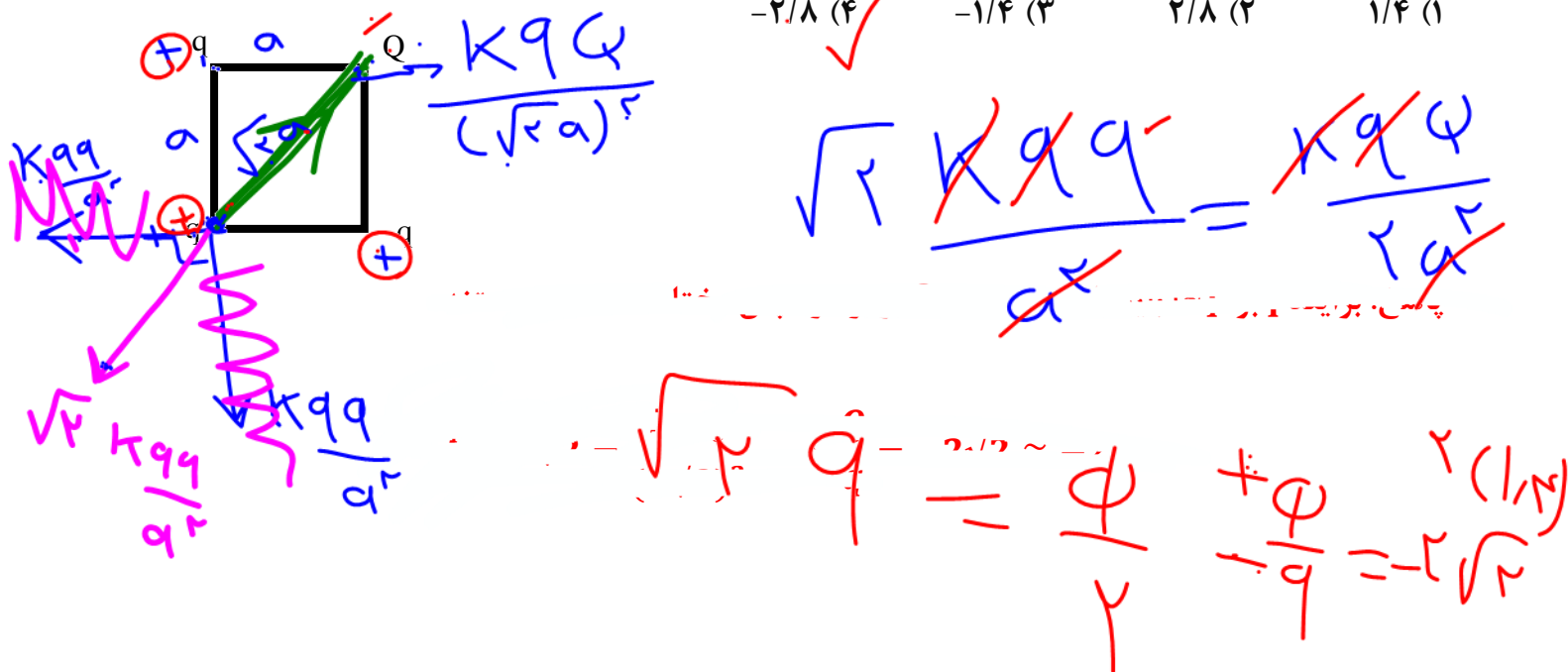
$F = k \frac{|q_A||q_B|}{r^2}$

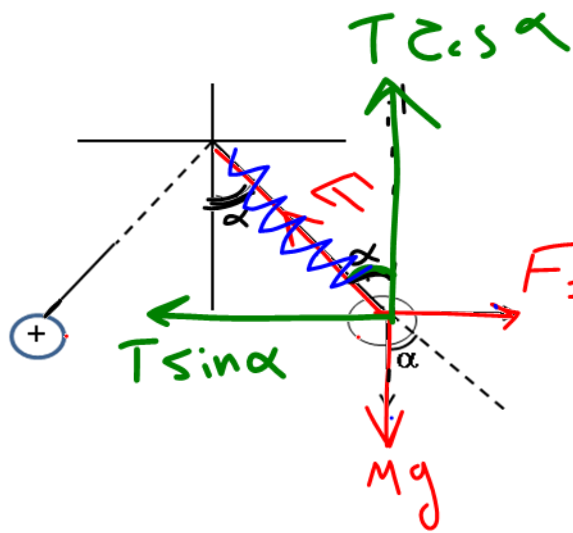
$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 4 \times 10^{-12}}{(0/4)^2} = 0.45 N$

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

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





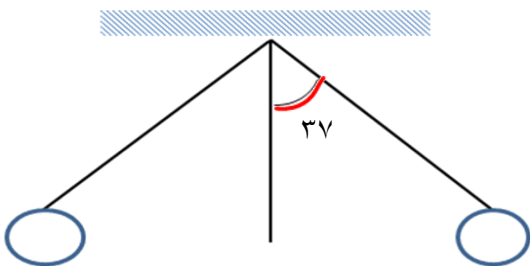
$$F = \frac{kq_1q_2}{R^2}$$

قانون کولن و تعادل در آونگ ها:

- ① $T \sin \alpha = F$
- ② $T \cos \alpha = Mg$
- ③ $\tan \alpha = \frac{F}{Mg}$
- ④ $T = \sqrt{F^2 + (Mg)^2}$

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 ۳۷ درجه است اگر طول آونگ ها برابر با ۱۰cm باشد و جرم هر گلوله ۲gr باشد کشش نخ سبک چند نیوتن است؟

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



$$T \cos 37^\circ = Mg$$

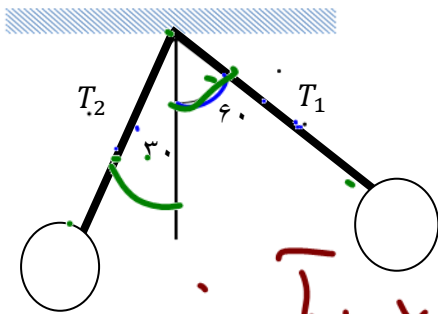
$$T \times \frac{4}{5} = 2 \times 10^{-3} \times 10$$

$$T = 0.025$$



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)

$$\frac{T_1}{T_2} = ?$$



~~$$T_1 \sin \alpha = F$$

$$T_2 \sin \beta = F$$~~

۰/۵ (۱) ۲ (۲)

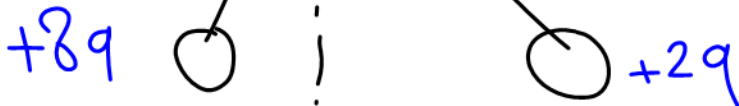
۱/۷ (۳) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ (۴) ✓

$$\frac{T_1 \times \cancel{\sin \alpha}}{T_2 \times 1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} \rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$\alpha = \beta$ ✓

$\alpha > \beta$

$\alpha < \beta$



بسته به شرایط



میدان الکتریکی :

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

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

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

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

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

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

در هر ناحیه که میدان قوی تر باشد، خط های میدان به یکدیگر نزدیک تر و فشرده ترند
خط های میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند؛ یعنی از هر نقطه فقط یک خط میدان می‌گذرد
تعریف کمی نیرویی که بر واحد آزمون بار مثبت وارد می‌شود.

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

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

میدان

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

$$E_1 = E_2 \text{ کجا برآیند میدان صفر می‌شود:}$$

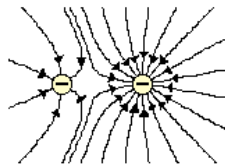
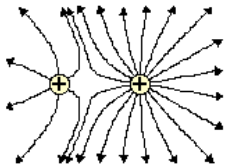
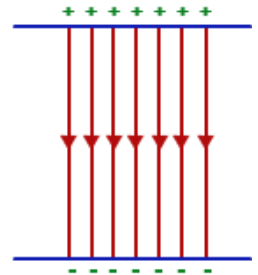
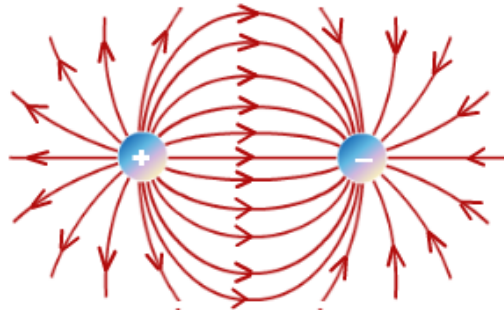
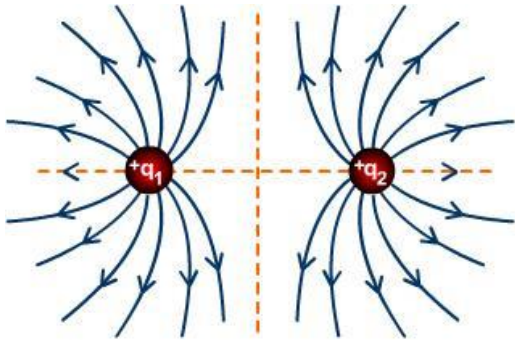
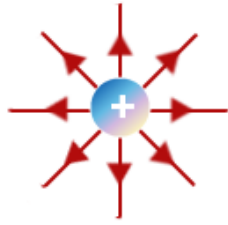
بارها هم علامت : داخل و نزدیک به بار کوچکتر

بارها مختلف علامت : خارج و نزدیک به بار کوچکتر

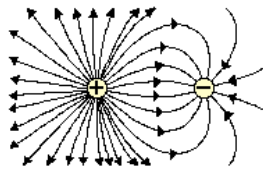
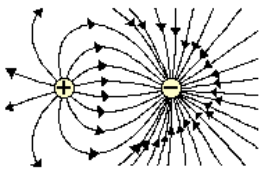


جهت خطوط میدان الکتریکی

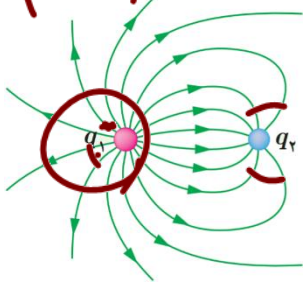
از + در حال خارج شدن و به - در حال وارد شدن هستند!



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



$$|q_1| > |q_2|$$



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

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

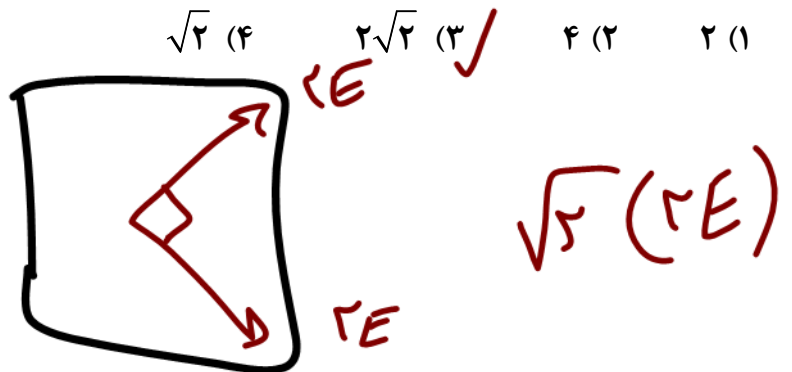
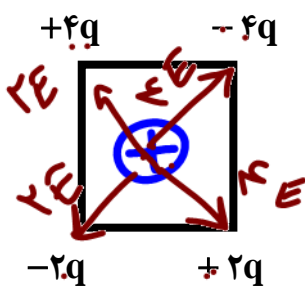
$$E = k \frac{|q|}{r^2} \rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \rightarrow \frac{16 \times 10^5}{36 \times 10^5} = \left(\frac{d}{d+10}\right)^2$$

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

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

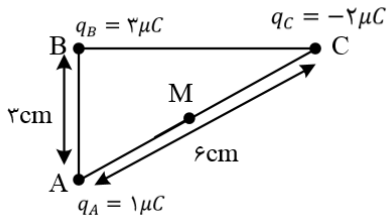
$$\rightarrow |q| = 16 \times 10^{-6} \text{ C} = 16 \mu\text{C}$$

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

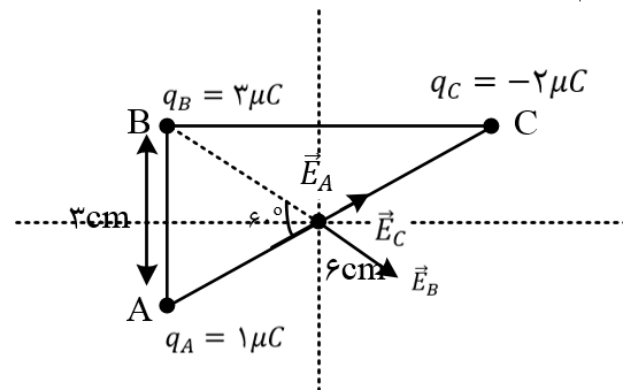


تست: در شکل زیر، اندازه ی برآیند میدان های الکتریکی سه بار نقطه ای، در نقطه ی M وسط ضلع AC از مثلث قائم الزاویه ی ABC چند نیوتن بر کولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$) (آزمون کانون)

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



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



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

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

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

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

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

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

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

$$E_T = 2E_B \cos 30$$

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



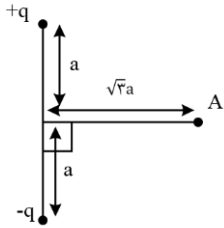
تست: در شکل مقابل، اندازه ی برآیند میدان های الکتریکی حاصل از دو قطبی الکتریکی در نقطه ی A برابر کدام است؟ (مشابه کنکور سراسری)

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

VIP

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) $\frac{1}{4}E$ (۲) $\frac{1}{18}E$ (۳) $\frac{1}{56}E$ (۴) $\frac{1}{28}E$

Handwritten notes and calculations:

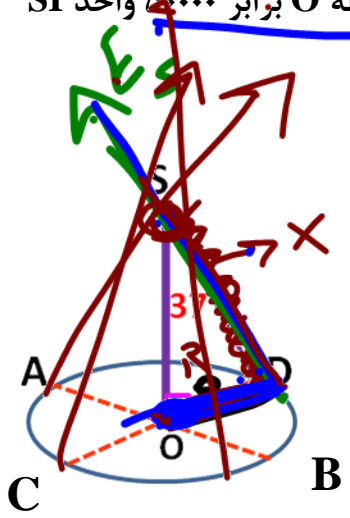
- $q_1 = -q$
- $q_2 = -25q_1$
- $E_2 = \frac{kq_2}{(5a)^2} = \frac{k(25q_1)}{25a^2} = \frac{kq_1}{a^2} = 25E_1$
- $E_T = 2E_1 \cos 32^\circ = 2E_1 \cos 32^\circ$
- $E_T = 2E_1 \cos 32^\circ = 2E_1 \cdot \frac{1}{56} = \frac{1}{28}E_1$
- Final result: $\frac{1}{56}E$



۷۱۳

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 ۵۰۰۰۰ واحد SI باشد، برآیند میدان الکتریکی در نقطه S چند SI است؟

- (۱) 80000
- (۲) 200000
- (۳) 64000
- (۴) 57600



$$\sin \theta = \frac{R}{X} \Rightarrow X = \frac{R}{\sin \theta}$$

$$\rightarrow X = \frac{1}{5} R = \frac{1}{2} R$$

$$\frac{E_S}{50000} = \frac{2}{15}$$

$$E_S = \frac{2}{15} \times 50000 = 6666.67$$

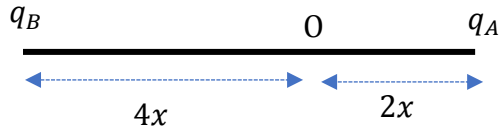
Handwritten notes in blue and red ink:

- $E_S = \frac{2}{15} \times 50000 = 6666.67$
- $E_0 = \frac{2}{15} \times 50000 = 6666.67$
- $E_T = k E_{SC} \cdot \sin \theta$
- $k \times 11 \dots \times 11 = 926$



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

- (۱) ۸ (۲) -۸ (۳) ۴ (۴) -۴



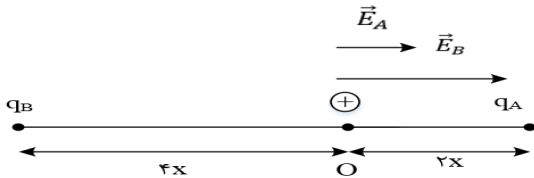
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی باقی مانده در نقطه ی O تنها میدان الکتریکی q_A است، بنابراین می توانیم نتیجه بگیریم که E_A برابر $\frac{1}{3} E$ است و داریم:

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

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

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

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



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

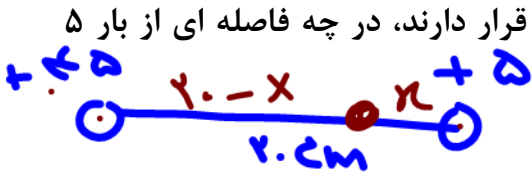


کجا برآیند میدان الکتریکی ناشی از دو بار صفر می شود؟

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

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

فرمول: $E_1 = E_2 \quad \frac{Kq_1}{R_1^2} = \frac{Kq_2}{R_2^2}$



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

۱۴ (۴) ۱۰ (۳) ۱۵ (۲) ۵ (۱)

$$\frac{K(45)}{(20-x)^2} = \frac{K(5)}{x^2} \rightarrow x = 5$$

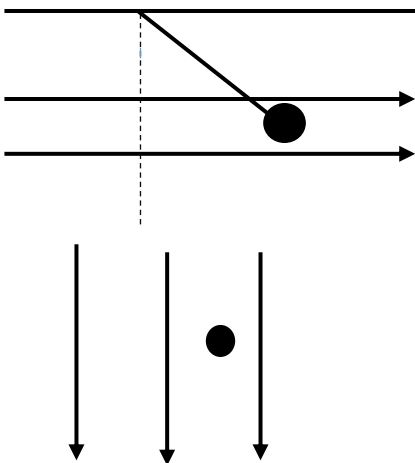
تست: دو بار +۵ و -۴۵ میکروکولونی در فاصله ۲۰ سانتیمتری از هم قرار دارند، در چه فاصله ای از بار ۵ میکروکولونی برآیند میدان الکتریکی صفر می شود؟



۱۴ (۴) ۱۰ (۳) ۱۵ (۲) ۵ (۱)

$$\frac{K(45)}{(20+x)^2} = \frac{K(5)}{x^2} \rightarrow x = 10$$

نکات تکمیلی میدان الکتریکی:



$$T \sin \theta = Eq$$

$$T \cos \theta = Mg$$

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

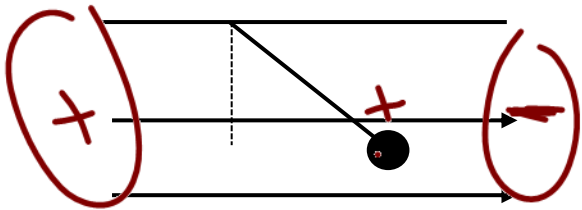
بار در میدان

$$\sum F = \sum ma$$

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



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



$$\tan \alpha = \frac{Eq}{mg} = 1$$

$5 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-15} \times 1 = 0.1 \times 10^{-5} \times 1$

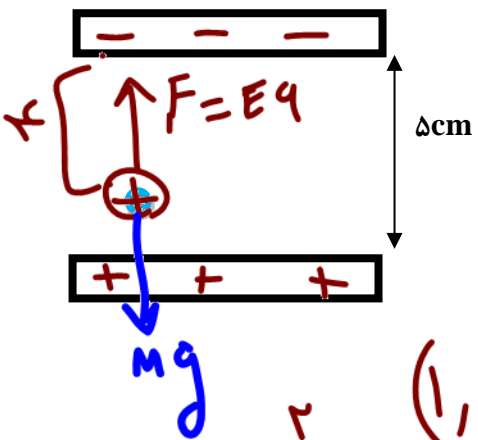
- (1) + و 45 درجه و $\frac{1}{\sqrt{2}} \times 10^{-7}$ ✓
- (2) - و 45 درجه و 10^{-7} ✓
- (3) + و 37 درجه و $\frac{1}{\sqrt{2}} \times 10^{-7}$ ✓
- (4) + و 30 درجه و $\frac{1}{\sqrt{2}} \times 10^{-7}$ ✓

$$\tan \alpha = 1 \rightarrow \alpha = 45$$

$$T \cos 45 = mg$$

$$T \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.1 \times 10^{-5} \times 10 \quad T = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 10^{-4} = 7.07 \times 10^{-5} \text{ N}$$

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



$$F_{\text{خالص}} = ma$$

$$Eq - mg = ma$$

$$(1/2 \times 10^5) \times 10^{-15} - 10^{-8} \times 10 = 10^{-11} \times a \rightarrow a = 2$$

$$V = at + V_0 = 2 \times 0.2 = 0.4$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} at^2$$

$$x = 0.01$$

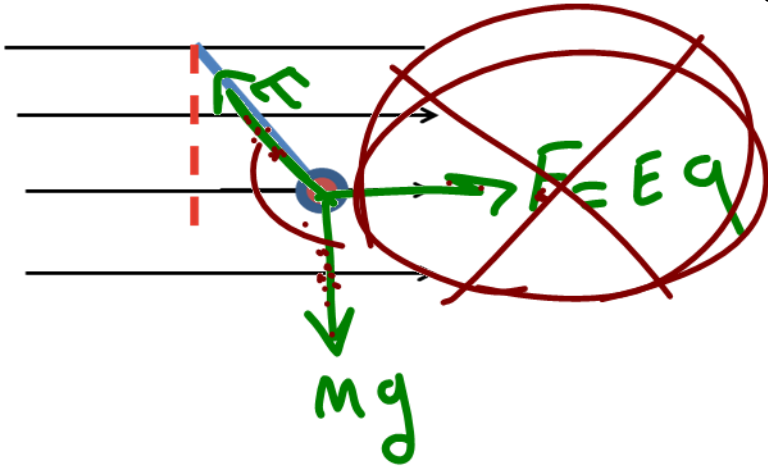
- (1) $0.4 - 0.2$ ✓
- (2) $0.4 - 0.2$
- (3) $0.2 - 0.1$
- (4) $0.2 - 0.1$



۷۱۲

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

- ۲۰ (۱) ✓
- ۴۰ (۲)
- ۱۰ (۳)
- ۵۰ (۴)



$$F_{\text{خالص}} = ma$$

$$Eq = ma$$

$$10 (4 \times 10^{-3}) = 2 \times 10^{-3} a$$

$$a = 20$$

$$\vec{v} = at + v_0$$

$$v = 20(2) + 0 = 40$$



توزیع و القای بار در رساناها:

جسم رسانایی را که توسط عایقی از محیط اطراف خود جدا شده است رسانای منزوی می‌گویند. در یک رسانای منزوی اگر باری اضافی به این جسم رسانا داده شود، و یا آن جسم در یک میدان الکتریکی خارجی قرار گیرد پس از مدت زمان کوتاهی میدان الکتریکی داخل رسانا صفر می‌شود. در ادامه این دو وضعیت را بررسی می‌کنیم:

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

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

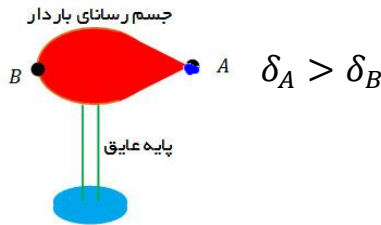
نتیجه نهایی اینکه: در هر دو مورد الف و ب میدان الکتریکی داخل رسانا پس از مدتی برابر صفر می‌شود؛ زیرا در غیراین صورت، این میدان باید نیروهایی بر الکترون های آزاد داخل رسانا وارد کند و در نتیجه جریانی در داخل رسانا ایجاد شود یعنی بارها از جایی به جای دیگر انتقال یابند. ولی چنین جریانی داخل یک رسانا وجود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



چگالی بار الکتریکی: (رشته ریاضی)

در اجسام رسانایی که تقارن کروی دارند چگالی بار الکتریکی در تمام سطح رسانا یکسان است ولی در اجسامی که تقارن کروی ندارند، چگالی بار در نقاط نوک تیز بیشتر است اما پتانسیل یکسان است همچنین چگالی بار از تقسیم اندازه بار بر مساحت سطح خارجی رسانا محاسبه می‌شود.

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



فرمول چگالی

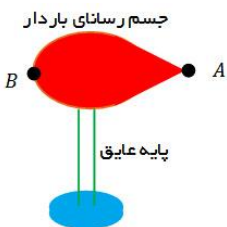
$$\delta = \frac{q}{A}$$

فرمول مقایسه چگالی

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

چگالی

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



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

تست:

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

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

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

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

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



کار میدان الکتریکی:

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

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

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

کار انجام شده توسط نیروی خارجی:

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

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

انرژی پتانسیل الکتریکی:

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

$$\Delta U = -W_{\text{میدان}}$$

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

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

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



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

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

$$\Delta U = -W_{\text{میدان}}$$

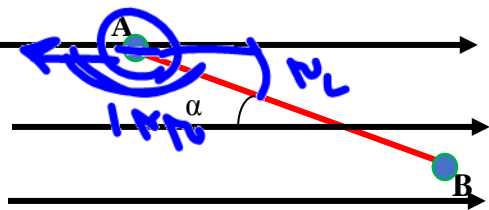
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$

خلاصه نکات

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

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

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



Handwritten calculations:

$$W = E|q|d \cos \alpha$$

$$W_{\text{میدان}} = 8 \times 10^4 \cdot (20 \times 10^{-9}) \cdot 4 \cdot \cos 37^\circ = -512 \times 10^{-4}$$

Handwritten calculation for potential difference:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{+512 \times 10^{-4}}{-20 \times 10^{-9}} = -25.6 \times 10^5$$

Handwritten work-energy theorem:

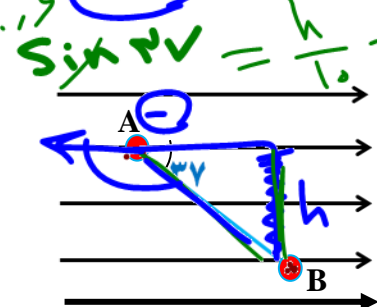
$$W_{\text{میدان}} + W_{\text{خارجی}} = \Delta K$$

$$-512 \times 10^{-4} + 512 \times 10^{-4} = 0$$

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

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

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



Handwritten work-energy theorem for the exercise:

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

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

Handwritten calculation for the exercise:

$$+mgh + F_k d \cos 180^\circ + E|q|d \cos 180^\circ = 0 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

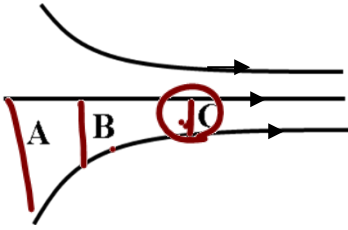
$$2 \times 10^{-3} \cdot 10 + 8 \cdot 10^{-2} \cdot (-1) + (2 \times 10^4) \cdot (20 \times 10^{-6}) \cdot (-1) = 0 - \frac{1}{2} m v_i^2$$



مقایسه میدان و نیرو و پتانسیل و انرژی پتانسیل

E

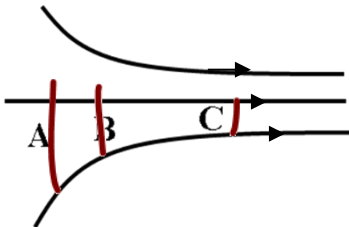
میدان: هر جا که خطوط میدان به هم نزدیکتر باشند میدان قوی تر است



$$E_C > E_B > E_A$$

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

$F = qE$

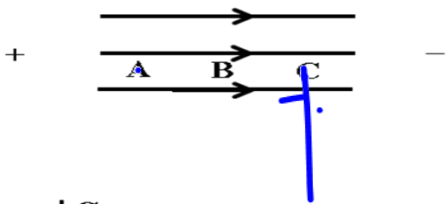


$$F_C > F_B > F_A$$

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

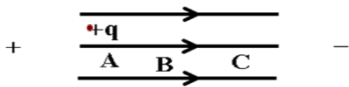
می یابد (نوع بار اهمیتی ندارد)

✓



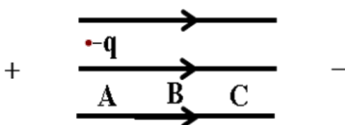
$$+q \quad -q \quad V_A > V_B > V_C$$

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



$$U_A > U_B > U_C$$

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



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

انرژی پتانسیل

الکتریکی

U



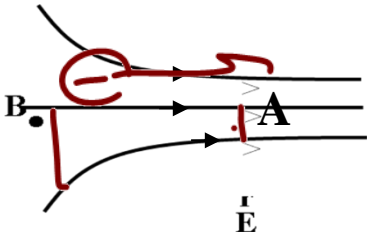
تست: در شکل مقابل، باری منفی از A به B جابجا می شود، کدام رابطه درست است؟

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

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

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

(۴) هر سه گزینه غلط است.



$E_A > E_B$

$F_A > F_B$

$V_A < V_B$

$U_A > U_B$



خازن

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

ظرفیت یک خازن

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

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

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

اختلاف پتانسیل



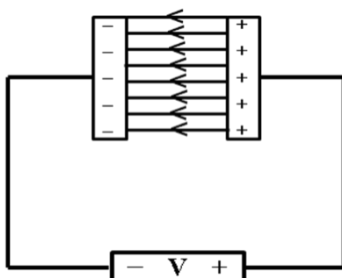
ظرفیت با مساحت صفحات رابطه مستقیم ولی با فاصله صفحات رابطه عکس دارد ولی ظرفیت به بار و اختلاف پتانسیل بستگی ندارد.

فروریزش خازن :

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

قدرت (استقامت دی الکتریک) چیست:

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



دی الکتریک چگونه ظرفیت خازن را افزایش می دهد:

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

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

Handwritten calculations and notes:

- $C = \frac{K \epsilon A}{d}$
- $V_2 = 1.37 V_1$
- ۵۲۰ درصد کاهش (۲) ۴۰۰ درصد افزایش (۳) ۴۲۰ درصد افزایش (۴) ۳۰۰ درصد افزایش
- $(4-1) \times 100 = 300\%$

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؟

Graph and calculations for the test:

Table of data points:

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

Handwritten calculations:

- $C = \frac{Q}{V} \rightarrow C = \frac{8 \times 10^{-6}}{4} = 2 \times 10^{-6} F = 2 \mu F$
- $C = \frac{Q_{max}}{V_{max}} \rightarrow 2 \mu F = \frac{100 \mu F}{V_{max}} \rightarrow V_{max} = 50 V$
- $E_{max} = \frac{V_{max}}{d} \rightarrow E_{max} = \frac{50 V}{4 mm} = 12.5 \frac{V}{mm}$
- $E_{max} = ?$
- $E = \frac{V}{d}$



انرژی ذخیره شده در خازن ها:

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

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

ظرفیت انرژی

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

انرژی

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

بار ظرفیت انرژی

تست: باتخلیه قسمتی از بار یک خازن پر شده، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۸۰ درصد کاهش مییابد انرژی این

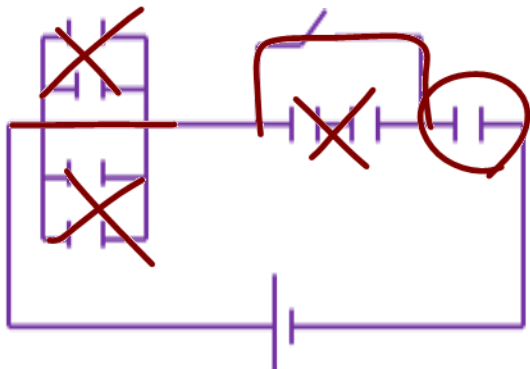
خازن چند درصد کاهش می یابد؟ (سراسری ریاضی)

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{2} C (0.2V)^2}{\frac{1}{2} C (V)^2} = 0.04$$

برابر

تغییر درصد = $(1 - 0.04) \times 100 = 96$

تست: در شکل مقابل در تمامی خازن ها فاصله دو صفحه از هم ۳ میلی متر و مساحت مشترک صفحات ۵ سانتیمتر مربع و $\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12}$ 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)



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

۱) 3×10^{-7} ✓
 ۲) 3×10^{-10}
 ۳) 3×10^{-13}
 ۴) هیچکدام از گزینه ها صحیح نمی باشد

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

$U = \frac{1}{2} (1.9 + 1.5) \times 10^{-10} + 100 \times (1.5 + 1.5)$



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.

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

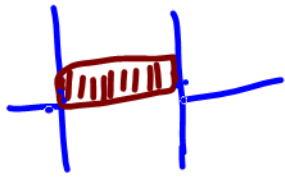
$$\rightarrow (Q_1 + 2)^2 = Q_1^2 + 28 \rightarrow Q_1^2 + 4Q_1 + 4 = Q_1^2 + 28 \rightarrow 4Q_1 = 24 \rightarrow Q_1 = 6\mu C$$

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



ورود یک جسم در فضای بین صفحات خازن ها:

ورود رسانا به داخل صفحات خازن (بدون اتصال صفحات به هم)



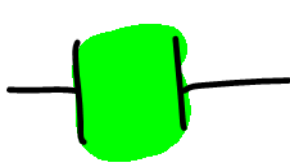
خازن تبدیل به یک تکه
سیم می شود

رسانا

ورود رسانا به داخل صفحات خازن با اتصال صفحات بهم

$$C = K \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

ورود نارسانا: ورود نارسانا به طور کامل به جای هوا

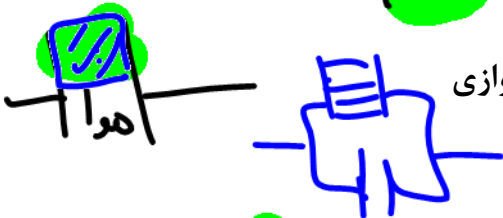


$$C = K \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

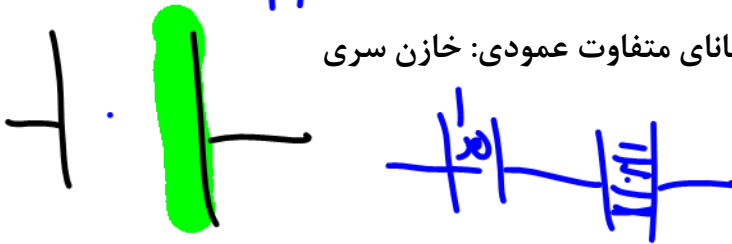
ورود جسم به
داخل خازن

دو نارسانی متفاوت افقی: خازن موازی

نارسانا



دو نارسانی متفاوت عمودی: خازن سری



حذف



نکات مربوط به تغییر ساختمان فیزیکی خازن ها

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{k \epsilon \cdot \frac{A}{d}}{k \epsilon \cdot \frac{A}{d}}$$

حین اتصال به مولد

دستکاری صفحات

پس از جدا کردن از مولد

C → برابر

V → ثابت

q → برابر

U → برابر

C → برابر

V → برابر $\frac{1}{\epsilon}$

q → ثابت

U → برابر $\frac{1}{\epsilon}$

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؟

$$C = k \epsilon \cdot \frac{A(5)}{d(\frac{1}{5})} = 10 \text{ برابر}$$

C → برابر ۱۰
V → ثابت
q → برابر ۱۰
U → برابر ۱۰

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؟

$$C = k \epsilon \cdot \frac{A(5)}{d(\frac{1}{5})} = 10$$

C → برابر ۱۰
V → برابر ۱
q → برابر ۱
U → برابر ۱

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

تغییر می کنند؟

(۲) ۲۲۰ - بدون تغییر

(۴) هیچکدام

(۱) ۲۲۰ - ۲۲۰ ✓

(۳) ۳/۲ - ۳/۲ ✓

$$C = k \epsilon \cdot \frac{A(1/6)}{d(\frac{1}{6})} = 1/2 \text{ برابر}$$

V → ثابت
q → برابر ۱/۲
U → برابر ۱/۲

$$100 \times (1 - 1/2) = 50 \text{ درصد}$$

$$100 \times (1 - 1/2) = 50 \text{ درصد}$$



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

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

نسبت چقدر است؟

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

چین اتصال

- $C \rightarrow x$
- $V \rightarrow x$ (ثابت)
- $q \rightarrow x$
- $U' \rightarrow x \rightarrow \frac{1}{n}$

پس از جدا کردن

- $C \rightarrow x$ (برابر)
- $V \rightarrow \frac{1}{x}$
- $q \rightarrow x$ (ثابت)
- $U'' \rightarrow \frac{1}{x} \rightarrow n$

$\frac{U''}{U'} = \frac{n}{\frac{1}{n}} = n^2$

اتصال خازنهای پر شده به هم (مطالعه نیمه آزاد)

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

شکل:

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

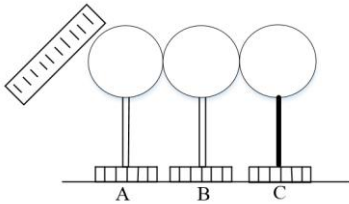
$V_{جدید} = \frac{C_1 V_1 - C_2 V_2}{C_1 + C_2}$ از پایه های ناهمنام

اتصال خازنهای پر شده به هم



Home work

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



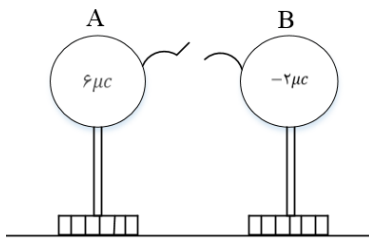
۱ (۱)

۲ (۱-)

۳ ($\frac{1}{2}$)

۴ ($-\frac{1}{2}$)

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



۱ (۱) الکترون - A - B

۲ (۱) پروتون - B - A

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

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

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؟

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

۱ (5×10^{13})

۲ (5×10^{19})

۳ ($2/5 \times 10^{19}$)

۴ ($2/5 \times 10^{13}$)



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

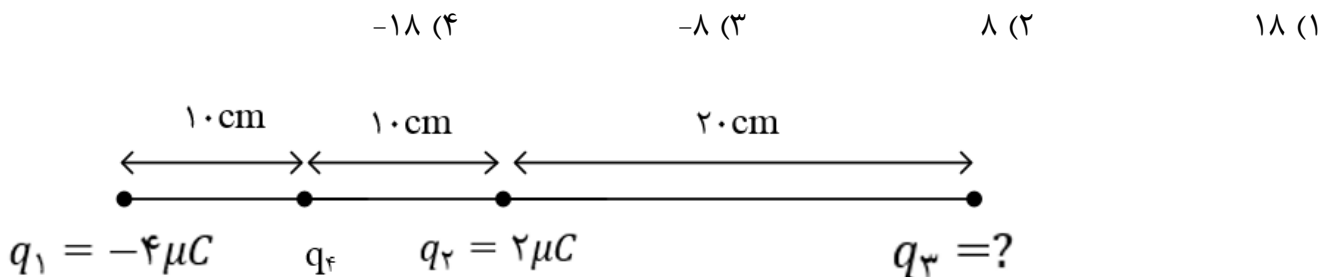
(۱) مثبت

(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؟



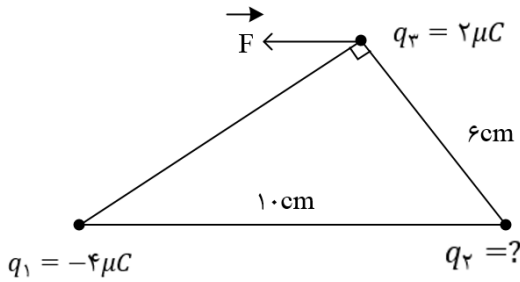
۷- سه بار نقطه ای مطابق شکل در جای خود ثابت شده اند. برآیند نیروهایی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می کنند (نیروی \vec{F} موازی با قاعده مثلث است. بار q_2 چند میکروکولن است؟

$\frac{27}{16}$ (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 ۳۰ سانتی متری، نیروی جاذبه ی ۴ نیوتون بر یک دیگر وارد می کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام $+3\mu C$ خواهد شد. بار اولیه ی گلوله ها بر حسب میکرو کولن کدام است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)

-۲ و ۸ (۴)

-۳ و ۹ (۳)

-۴ و ۱۰ (۲)

-۶ و ۱۲ (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؟

۵۰ (۴)

۴۰ (۳)

۲۵ (۲)

۱۵ (۱)

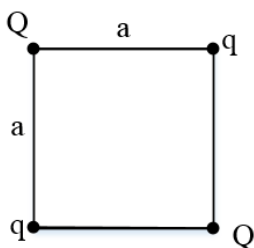
۱۰- بارهای الکتریکی q و Q مطابق شکل در ۴ رأس مربع قرار دارند. اگر برآیند نیروهای وارد بر هر کدام از بارهای Q صفر باشد، نسبت $\frac{Q}{q}$ کدام است؟

$-\sqrt{2}$ (۴)

$\sqrt{2}$ (۳)

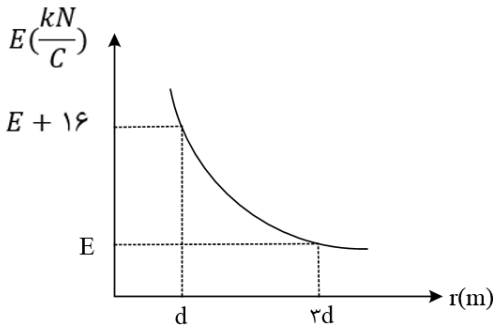
$-2\sqrt{2}$ (۲)

$2\sqrt{2}$ (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)

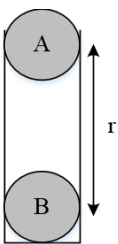


۱۲- دو ذره بارداری یکی به جرم M و بار الکتریکی $+Q$ و دیگری به جرم $\frac{M}{2}$ بار الکتریکی $-2Q$ در میدان الکتریکی یکنواخت \vec{E} ثابت نگه داشته شده اند. فاصله ی دو بار از یک دیگر چه قدر باشد تا پس از رها شدن، در همان فاصله نسبی اولیه نسبت به هم باقی بمانند؟ (میدان الکتریکی در امتداد خط واصل دو بار 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 $m_A = 0.2$ 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 $\sqrt{2}$ (۱) ۲ $\sqrt{2}$ (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) $3F$



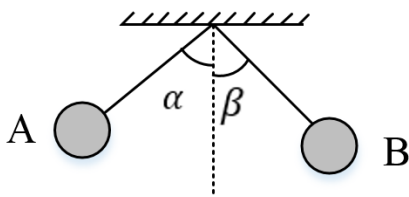
۱۵- در شکل مقابل، دو گلوله فلزی دارای بار الکتریکی هم نام بوده و در حالت تعادل قرار دارند. در این صورت کدام گزینه در مورد زوایای α و β صحیح می باشد؟ (گلوله ها در یک ارتفاع $A p$ قرار دارند).

(۱) در هر شرایطی $\beta = \alpha$ است.

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

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

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



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


۴۰ (۴)

۲۰ (۳)

۱۰ (۲)

۵ (۱)

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

q_2  q_1

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

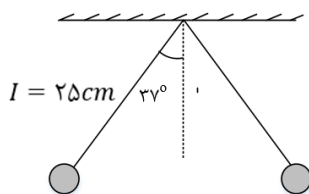
است؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, $\text{Sin}37^\circ = 0/6$, $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)

۵۷۶ (۴)

۱۲۰ (۳)

۳۲۰ (۲)

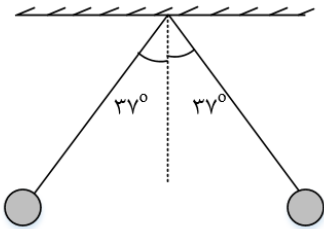
۱۶۰ (۱)



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

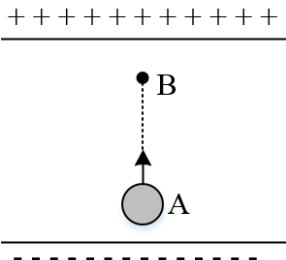
$$(g = 10 \frac{m}{s^2}, \sin 37^\circ = 0/6, \cos 37^\circ = 0/8, k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$$

- ۲۵ (۴) ۱۵ (۳) ۲۰ (۲) ۱۰ (۱)



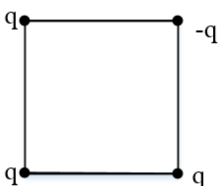
۱۹- مطابق شکل زیر ذره بارداری به جرم $20g$ و بار الکتریکی $0/5\mu C$ را در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $6 \times 10^5 \frac{N}{C}$ که راستای آن قائم است، با تندی $2 \frac{m}{s}$ از نقطه A به سمت بالا پرتاب می کنیم. اگر جهت حرکت بار در نقطه B عوض شود، فاصله AB چند سانتی متر می باشد؟ (از مقاومت هوا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

- ۴۰ (۴) ۸۰ (۳) ۸ (۲) ۴ (۱)



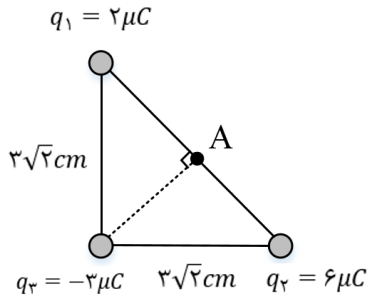
۲۰- چهار بار نقطه ای مطابق شکل زیر در رأس های یک مربع به ضلع $a\sqrt{2}$ قرار دارند. بزرگی میدان الکتریکی در نقطه ای روی محوری که از مرکز مربع می گذرد و بر سطح آن عمود است و در فاصله ی a از مرکز مربع قرار دارد، کدام است؟

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



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

- (۱) 3×10^7 (۲) 4×10^7 (۳) 5×10^7 (۴) 10^7



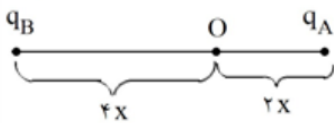
۲۲- یک قطره روغن به جرم $2 \times 10^{-3} mg$ و بار الکتریکی $-4 \times 10^{-12} C$ بین دو صفحه ی موازی باردار افقی قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه چند نیوتون بر کولن و جهت آن به کدام سمت باشد تا قطره ی روغن به حال تعادل قرار گیرد؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

- (۱) 5×10^3 بالا (۲) 2×10^4 بالا

- (۳) 5×10^3 پایین (۴) 2×10^4 پایین

۲۳- مطابق شکل زیر دو بار الکتریکی در فاصله ی $4x$ از یکدیگر قرار گرفته اند و میدان الکتریکی برآیند در نقطه ی O برابر \vec{E} است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی برآیند در نقطه ی O، $\frac{1}{3} \vec{E}$ می شود. نسبت $\frac{q_B}{q_A}$ کدام است؟

- (۱) ۸ (۲) -۸ (۳) ۴ (۴) -۴



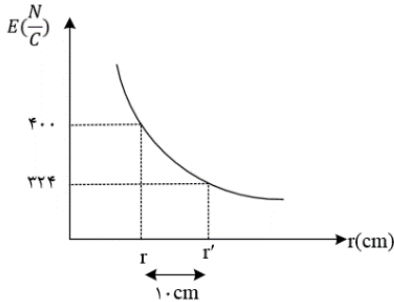
۲۴- در نمودار شکل زیر، اندازه ی میدان الکتریکی حاصل از ذره ی باردار q بر حسب فاصله از آن نشان داده شده است. r بر حسب سانتی متر و اندازه ی بار q بر حسب میکروکولون به ترتیب از راست به چپ چقدر است؟

$3/6 \times 10^{-4}$ ، ۹۰ (۲)

$3/6 \times 10^{-2}$ ، ۹۰ (۱)

$3/6 \times 10^{-4}$ ، ۱۰۰ (۴)

$3/6 \times 10^{-2}$ ، ۱۰۰ (۳)



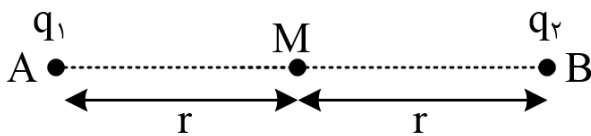
۲۵- دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در نقاط A و B مطابق شکل قرار دارند. اندازه میدان الکتریکی در نقطه M وسط خط واصل دو بار، \vec{E} می باشد. اگر بار q_1 را خنثی کنیم، اندازه میدان الکتریکی در همان نقطه $-\frac{\vec{E}}{3}$ می شود، نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟

$-\frac{1}{4}$ (۴)

$\frac{1}{4}$ (۳)

۴ (۲)

-۴ (۱)



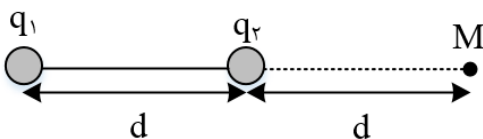
۲۶- در شکل زیر میدان الکتریکی حاصل از دو بار در نقطه M بردار \vec{E} است. اگر جای دو بار عوض شود، میدان در نقطه M بردار $2\vec{E}$ می شود. $\frac{q_1}{q_2}$ چند است؟

$-\frac{2}{3}$ (۴)

$\frac{2}{3}$ (۳)

$\frac{3}{2}$ (۲)

$-\frac{3}{2}$ (۱)



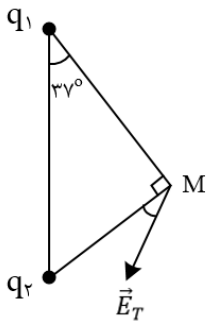
۲۷- میدان الکتریکی برآیند q_1 و q_2 در نقطه ی M مطابق شکل زیر است. نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟

(۴) $-\frac{3}{4}$

(۳) $-\frac{4}{3}$

(۲) $-\frac{27}{64}$

(۱) $-\frac{64}{27}$



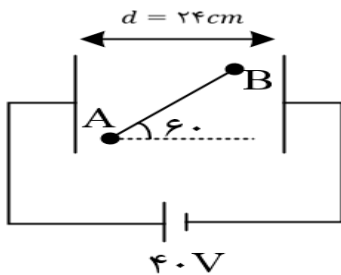
۲۸- در شکل مقابل $(V_A - V_B)$ چند ولت است؟ $(L_{AB} = 12\text{cm})$

(۴) ۲۰

(۳) ۱۰

(۲) ۳۰

(۱) ۴۰



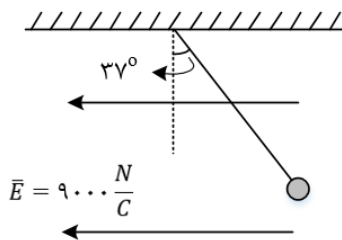
۲۹- مطابق شکل زیر، یک آونگ از نخ نارسانایی آویزان است و درون یک میدان الکتریکی یکنواخت در حالت تعادل قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی را چند نیوتون بر کولن و چگونه تغییر دهیم تا زاویه ی آونگ با راستای قائم ۱۶ درجه افزایش یابد؟

(۴) ۷۰۰۰ - کاهش

(۳) ۷۰۰۰ - افزایش

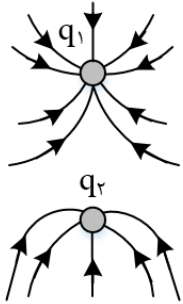
(۲) ۶۰۰۰ - کاهش

(۱) ۶۰۰۰ - افزایش



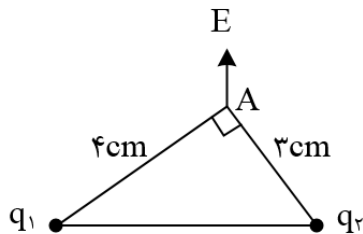
۳۰- خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار الکتریکی نقطه ی q_1 و q_2 مطابق شکل زیر رسم شده است. کدام گزینه در مورد بارهای الکتریکی درست است؟

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



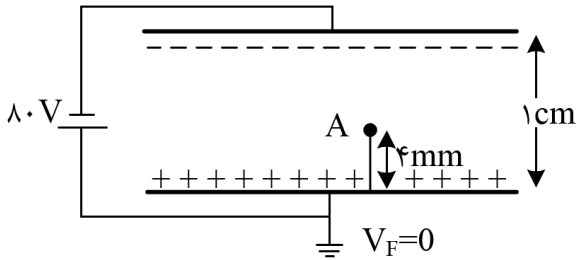
۳۲- ذره‌ای باردار با بار $q = 100 \mu\text{C}$ و جرم 20 mg با تندی 50 متر بر ثانیه از نقطه ی A پرتاب می گردد و با تندی $30\sqrt{5}$ متر بر ثانیه از نقطه ی B عبور می کند. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه ی A و B چند ولت است؟ (تنها نیروی وارد بر ذره نیروی میدان الکتریکی است.)

- (۱) 150 (۲) -150 (۳) -200 (۴) 200



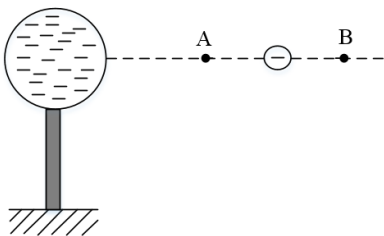
۳۳- دو صفحه رسانای موازی با ابعاد بزرگ را مطابق شکل زیر به یک باتری وصل کرده ایم، پتانسیل نقطه ی A چند ولت است؟

- (۱) -۴۸ (۲) -۳۲ (۳) +۳۲ (۴) +۴۸



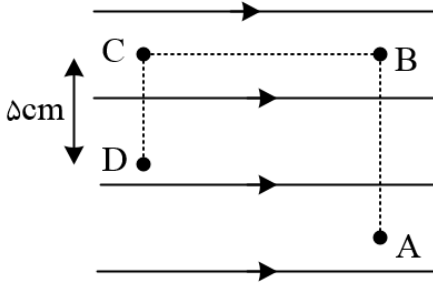
۳۴- در شکل، کره ی فلزی با بار الکتریکی منفی روی پایه ی نارسنایی قرار دارد و ذره ای با بار منفی را از نقطه ی A تا نقطه ی B جابه جا می کنیم. در این آزمایش، پتانسیل الکتریکی نقطه ی B در مقایسه با پتانسیل الکتریکی نقطه ی A چگونه است و در این جابه جایی، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره ی باردار چگونه تغییر می کند؟

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



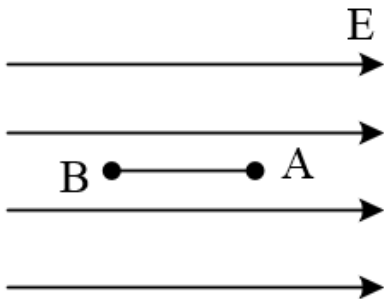
۳۵- مطابق شکل زیر بار $-2nC$ در میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $1/28 \times 10^7 N/C$ از A تا نقطه B و سپس از B تا C و در نهایت از C تا D جابه جا می شود. اگر کار نیروی الکتریکی در این جابه جایی $6/4mJ$ باشد، فاصله BC چند سانتی متر است؟ ($AB = 10\text{ cm}, CD = 5\text{ cm}$)

- (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴) ۲۵



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

- (۱) کار نیروی الکتریکی وارد بر ذره $0/04$ ژول است. (۲) انرژی جنبشی ذره $0/04$ ژول افزایش می یابد.
 (۳) کار برآیند نیروهای وارد بر ذره منفی است. (۴) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره $0/04$ ژول کاهش می یابد.



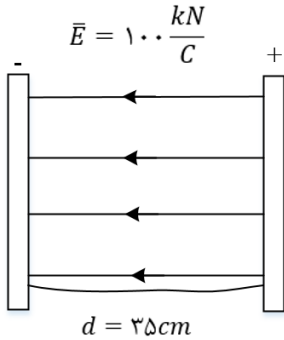
۳۷- اگر $10\mu C$ بار الکتریکی از صفحه‌ی منفی یک خازن با پتانسیل $V_1 = -12V$ به صفحه‌ی مثبت آن با پتانسیل $V_2 = +12V$ منتقل شود، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار، چند ژول است؟

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



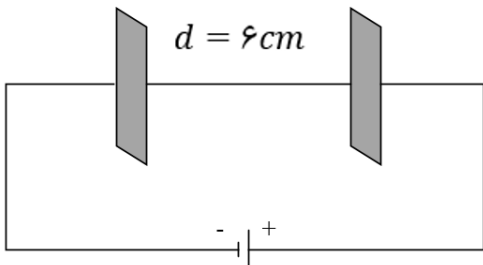
۳۸- در شکل زیر، اگر ذره ای با بار الکتریکی $+10\mu\text{C}$ و جرم 4 گرم در میدان یکنواختی به بزرگی $E = 100 \frac{\text{KN}}{\text{C}}$ با تندی $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ از صفحه ی منفی به سمت صفحه ی مثبت پرتاب شود، در چند سانتی متری صفحه مثبت، تندی ذره به حداقل می رسد؟

- (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴) ۲۵



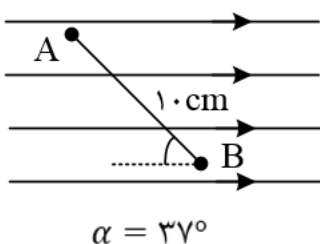
۳۹- مطابق شکل مقابل، در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $5 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ پروتونی از مجاورت صفحه منفی با تندی اولیه V پرتاب می شود و در فاصله 2 سانتی متری صفحه مثبت متوقف می شود. تندی پرتاب پروتون چند متر بر ثانیه بوده است؟ (فرض کنید پروتون تنها تحت تأثیر نیروی الکتریکی است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

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



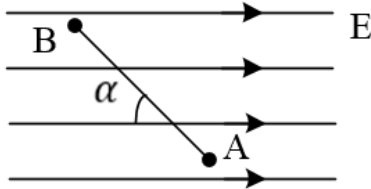
۴۰- در شکل مقابل، دو نقطه ی A و B در یک میدان الکتریکی یکنواخت با شدت $E = 500 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ قرار دارند. حاصل $V_A - V_B$ چند ولت است؟ ($\sin 37^\circ \approx 0/6$)

- (۱) -50 (۲) $+50$ (۳) -40 (۴) $+40$



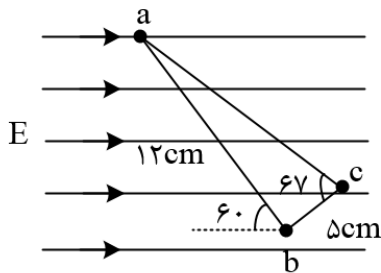
۴۱- مطابق شکل، بار $q = -20\mu C$ را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 4 \times 10^5 \frac{N}{C}$ از نقطه A تا B جابه جا می کنیم. اگر $AB = 4m$ و $\alpha = 60^\circ$ باشد، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چند ژول است؟ $(\cos 120^\circ = -\frac{1}{2}, \cos 60^\circ = \frac{1}{2})$

- (۱) -۸ (۲) +۸ (۳) -۱۶ (۴) +۱۶



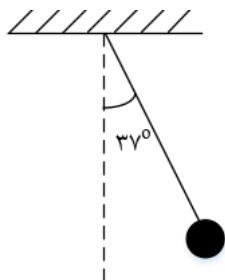
۴۲- در شکل زیر شدت میدان الکتریکی یکنواخت $5000 \frac{N}{C}$ است. ابتدا از نقطه ی a به طرف b و سپس به نقطه ی c می رویم، طوری که امتداد ab و bc برهم عمود باشند، اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد شده در این جابه جایی چند ولت است؟ $(\sin 37^\circ = 0/6)$ (زاویه b داخل مثلث قائمه است)

- (۱) -۵۲ (۲) -۵۲۰ (۳) ۳۹۰ (۴) ۳/۹



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

- (۱) ۳۰۰ (۲) ۲۵۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۱۵۰



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

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

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

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

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

۴۵- اختلاف پتانسیل بین دو صفحه ی خازن را $1/5$ برابر می کنیم در نتیجه $20\mu C$ بر بار ذخیره شده در آن اضافه می شود و انرژی آن نیز $200\mu J$ افزایش می یابد. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

(۱) ۵ (۲) ۱۰ (۳) ۱۵ (۴) ۲۰

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

(۱) ۲۰۰ (۲) ۳۰۰ (۳) ۵۰۰ (۴) ۶۰۰

۴۷- کدام گزینه درباره ی خازن نادرست است؟

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

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

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

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



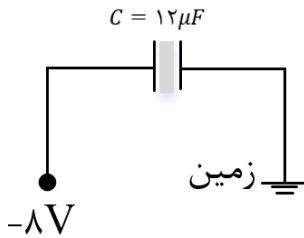
۴۸- در شکل روبه رو خازن را بین زمین و پتانسیل ۸- ولت ثابت وصل کرده ایم. اگر دی الکتریک میان صفحات خازن به ضریب $K = \frac{4}{3}$ را برداریم، تعداد الکترون از به منتقل می شوند

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

(۲) 3×10^{14} - خازن - زمین

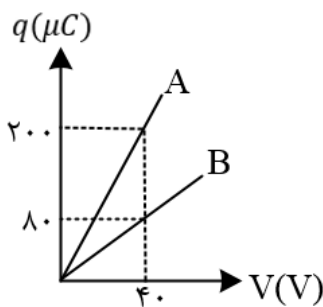
(۳) $1/5 \times 10^{14}$ - زمین - خازن

(۴) 3×10^{14} - خازن - زمین



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

- (۱) ۱/۵ (۲) ۲ (۳) ۲/۵ (۴) ۳



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

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



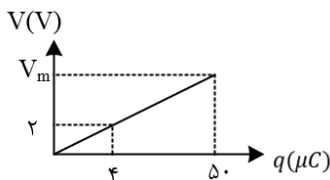
۵۱- خازن تخت بادی الکتریک هوا با ظرفیت $5\mu F$ را با یک باتری $20V$ پر می کنیم. آن را از باتری جدا کرده سپس بین صفحات را با عایقی با $k = 4$ پر می کنیم. اکنون اگر از آن خازن برای روشن کردن فلاش یک دوربین استفاده کنیم و خازن در $0.5ms$ تخلیه شود، توان تخلیه خازن چند وات می شود؟

- (۱) ۸ (۲) ۴ (۳) 0.5 (۴) 0.25

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

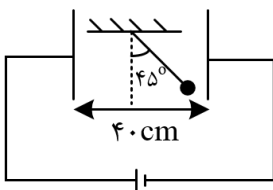
- (۱) ۱۰ (۲) ۳۰ (۳) ۵۰ (۴) ۷۰

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



۵۴- مطابق شکل زیر یک آونگ الکتریکی به جرم $2mg$ و بار الکتریکی $6\mu C$ در بین صفحات یک خازن تخت در حال تعادل قرار گرفته است. اگر ظرفیت خازن $6\mu F$ باشد، انرژی ذخیره شده در خازن چند میکروژول می باشد؟

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



۵۵- خازنی با دو صفحه ی تخت و موازی به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابتی متصل است. اگر ابعاد صفحات خازن 20% افزایش یابد و هم چنین فاصله ی بین صفحات خازن را با یک دی الکتریک با ضریب 2 برابر پر کنیم و فاصله ی بین صفحات خازن 4 برابر شود، انرژی ذخیره شده در خازن و هم چنین بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند درصد و چگونه تغییر می کنند؟

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



۱- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با نزدیک کردن میله باردار به A، بار رو در کره A القا شده و بار $-q_1$ در C القا می شود. در حالت اول با دور کردن B، بار $-q_1$ در C باقی می ماند، پس: $q = -q_1$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

پس باید $4\mu C$ بار از یک کره به کردی دیگر منتقل شود.

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

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

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

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

و در نهایت اختلاف این دو مقدار برابر است با:

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



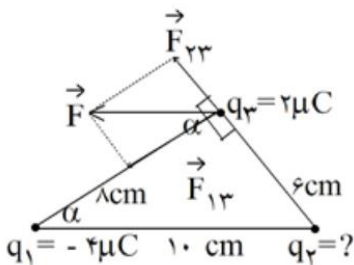
۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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

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

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

۷- گزینه ی ۴ پاسخ صحیح است.



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

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

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

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

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

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

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

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = 3 \rightarrow q_1 + q_2 = 6$$

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



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

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

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

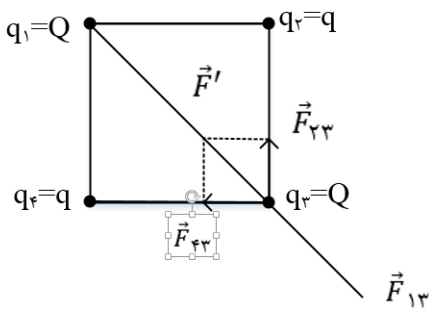
$$q_1' = q_2' = \frac{3q_1}{2}$$

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

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

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

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



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

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

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



۱۱- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

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

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

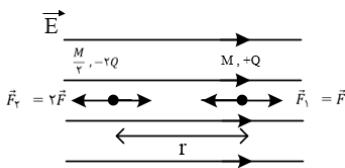
گام دوم: با توجه به گام قبل به این نتیجه رسیدیم که در فاصله ی d از بار الکتریکی موردنظر بزرگی میدان الکتریکی $18 \frac{kN}{C}$ می باشد. بنابراین در فاصله ی $2d$ از بار q_1 بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

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

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

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

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



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

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

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

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

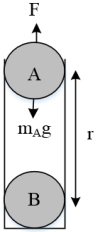
$$\begin{cases} a_1 = a_2 \rightarrow \frac{f - F}{M} = \frac{4F - 2f}{M} \rightarrow f - F = 4F - 2f \rightarrow 3f = 5F \\ f = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q \cdot 2Q}{r^2}, \quad F = EQ \end{cases}$$

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



۱۳- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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



$$F = m_A g$$

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

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

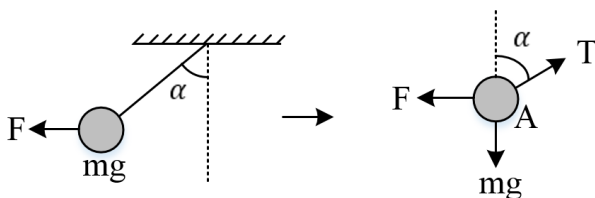
۱۴- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. همان طور که می دانید هنگامی که اندازه ی بارهای الکتریکی با یکدیگر برابر می شود، اندازه ی نیروی الکتریکی وارد شده به آنها بیشینه می شود، بنابراین اگر به اندازه ی $\frac{1}{2}q$ از بار الکتریکی q_2 کم کرده و به بار الکتریکی q_1 اضافه کنیم، اندازه ی بارها یکسان شده و در نتیجه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

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

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

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

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



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



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

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

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

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

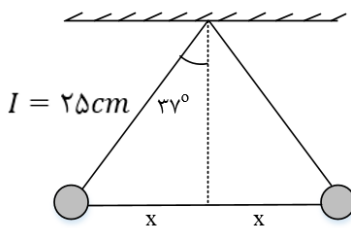
۱۶- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. نیروی الکتریکی بین دو گلوله باید نیروی فنر را خنثی کند:

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

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

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

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



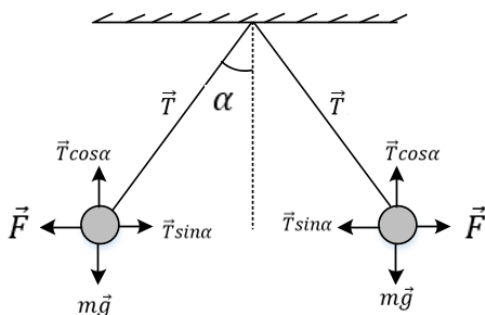
$$\sin 37 = \frac{x}{25} \rightarrow \frac{6}{10} = \frac{x}{25} \rightarrow \frac{3}{5} = \frac{x}{25} \rightarrow x = 15\text{ cm}$$

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

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

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

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

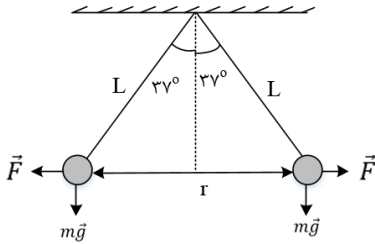


$$\begin{cases} T \sin \alpha = F \\ T \cos \alpha = mg \end{cases} \rightarrow \frac{T \sin \alpha}{T \cos \alpha} = \frac{F}{mg}$$

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

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

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:

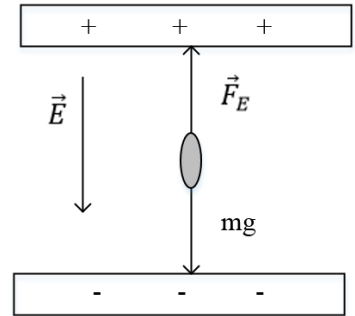
$$E_{1,2} = E_2 - E_1 = 4 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

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.

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

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

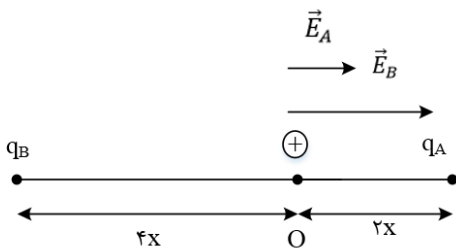
۲۳- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر بار الکتریکی q_B را خنثی کنیم، میدان الکتریکی باقی مانده در نقطه ی O تنها میدان الکتریکی q_A است، بنابراین می توانیم نتیجه بگیریم که E_A برابر $\frac{1}{3}E$ است و داریم:

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

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

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

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



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



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

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

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

$$r' = 100cm$$

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

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

۲۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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

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

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

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

۲۶- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

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

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

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

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

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

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



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

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

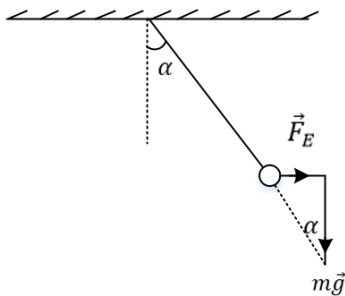
$$\frac{3}{4} = \left| \frac{q_1}{q_2} \right| \times \left(\frac{3}{4} \right)^2 \rightarrow \left| \frac{q_1}{q_2} \right| = \frac{4}{3} \rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -\frac{4}{3}$$

۲۸- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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

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

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



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

برای مقایسه ی دو حالت داریم:

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

در صورت سؤال تغییر بزرگی میدان الکتریکی خواسته شده است:

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

افزایش

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

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



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

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

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

همچنین در مثلث قائم الزاویه ABC می توان نوشت:

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

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

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

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

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

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

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

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

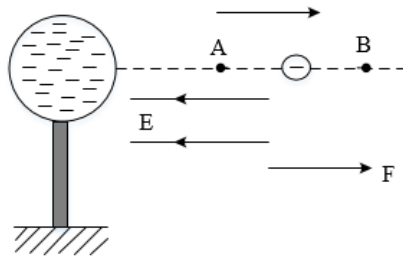
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-0/02}{100 \times 10^{-6}} = -0/02 \times 10^4 = -200V$$

۳۳- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

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



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



۳۵- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

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

کار نیروی الکتریکی در مسیر AB و CD صفر است:

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

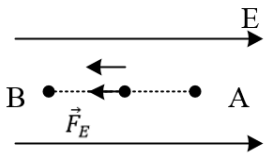
$$\rightarrow 1/28 \times 10^7 \times 2 \times 10^{-9} \times d_{BC} = 6/4 \times 10^{-2}$$

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

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

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

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

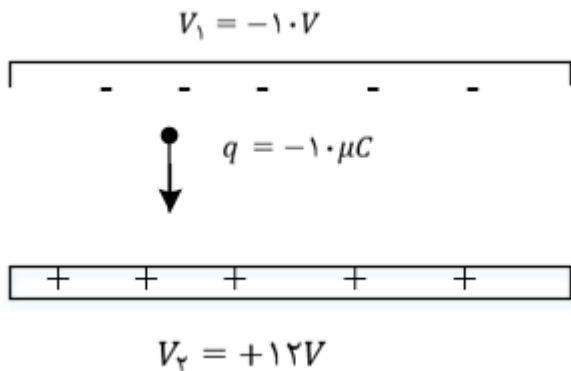


$$\Delta U_E = -W_E \rightarrow \Delta U_E = -0/04J$$

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



۳۷- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



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

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

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

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

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

حال قانون پایستگی انرژی را می نویسیم:

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

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

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

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

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

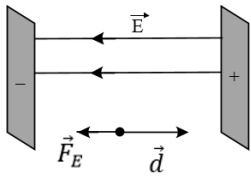
$$\Delta U = 0/2J \rightarrow d = 0/2m = 20cm$$

پس فاصله از صفحه ی مثبت برابر است با:

$$35 - 20 = 15cm$$



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



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

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

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

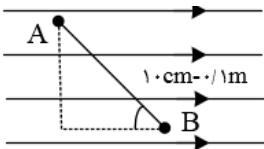
$$= 1/6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^3 \times 0/04 = 3/2 \times 10^{-17}\text{J}$$

از قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

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

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

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



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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

۴۳- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

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

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

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

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

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

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

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



۴۵- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

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

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

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

$$q_2 = 1/5f_1$$

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

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

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

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

۴۶- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

در حالت اول، ظرفیت خازن $C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$ است. اگر فاصله صفحات خازن ۳ برابر شود، ظرفیت خازن $\frac{1}{3}$ برابر شده و

از رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$ ذخیره شده در خازن ۳ برابر می شود. با توجه به این که کار انجام شده تغییرات انرژی پتانسیل خازن است، داریم:

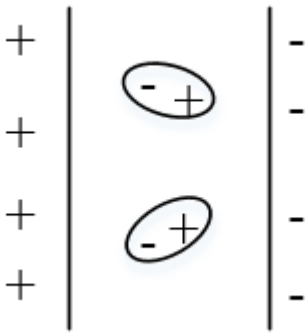
$$U_2 = 3U_1 \rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = 2U_1$$

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

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



۴۷- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



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

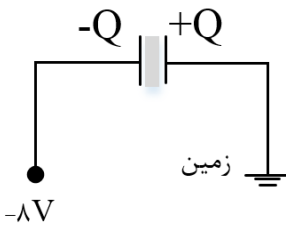
درستی گزینه ی «۲»: دی الکتریک ها ممکن است قطبی (آب، NH_3 ، HCl) یا غیر قطبی باشند.

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

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

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

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



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

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

پس بار نهایی خازن برابر می شود با:

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

اندازه تغییرات بار خازن برابر می شود با:

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



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

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

۴۹- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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

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

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

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

۵۰- گزینه ۴

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

ظرفیت خازن بیش تر است.

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

$$\frac{k}{d_{پلاستیک}} = 8$$

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

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

۵۱-

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

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

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

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



۵۲- گزینه ۳

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

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

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

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

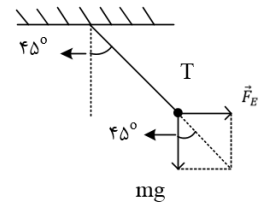
$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow C = \frac{4 \times 10^{-6}}{2} = 2 \times 10^{-6} F = 2 \mu F$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

۶۰- گزینه ی ۱ پاسخ صحیح است.

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

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

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

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

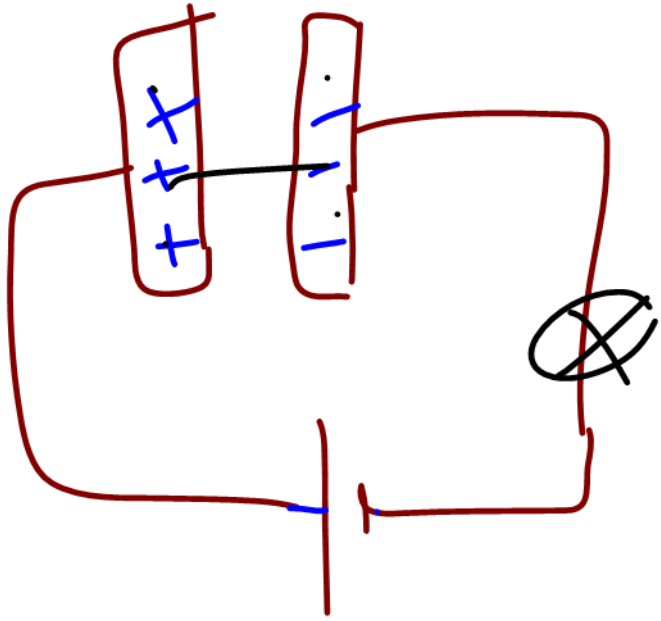
$$\Delta U = U' - U = 25U - U = 24U = 24 \times 1/25 = 30 \mu J$$

۶۱- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

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

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





انگول
کردن
خازن!

حین اتصال به سولر

- × برابر → ج
- ثابت → √
- × برابر → q
- × برابر → u

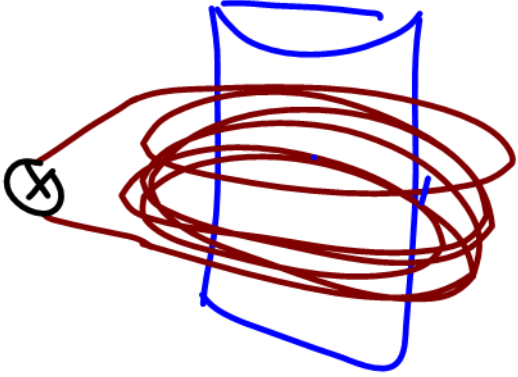
پس از جدا کردن
از سولر

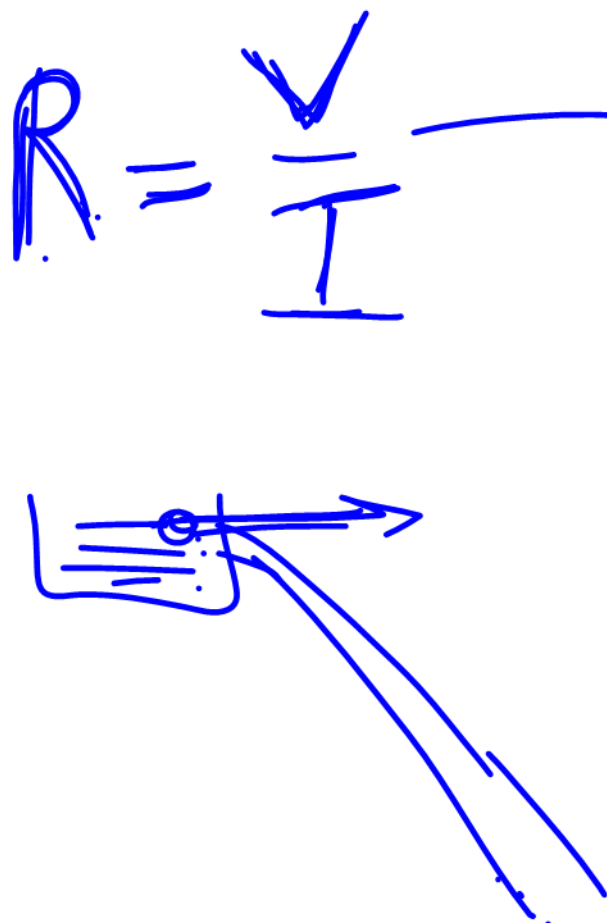
- × برابر → ج
- × ثابت → √
- ثابت → q
- × ثابت → u

77
X

..

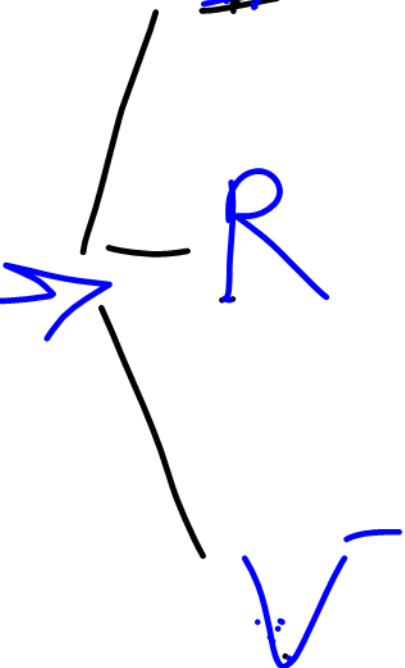
$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\cancel{k} \frac{\cancel{\epsilon_0} A}{nd}}{\cancel{k} \frac{\cancel{\epsilon_0} A}{d}} = \frac{1}{n}$$





$$R = \frac{V}{I}$$

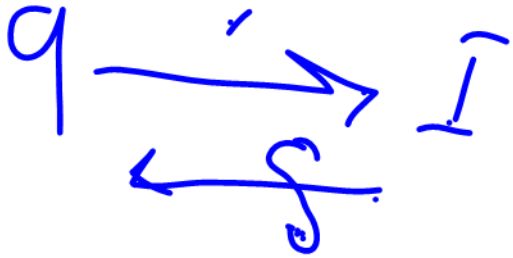
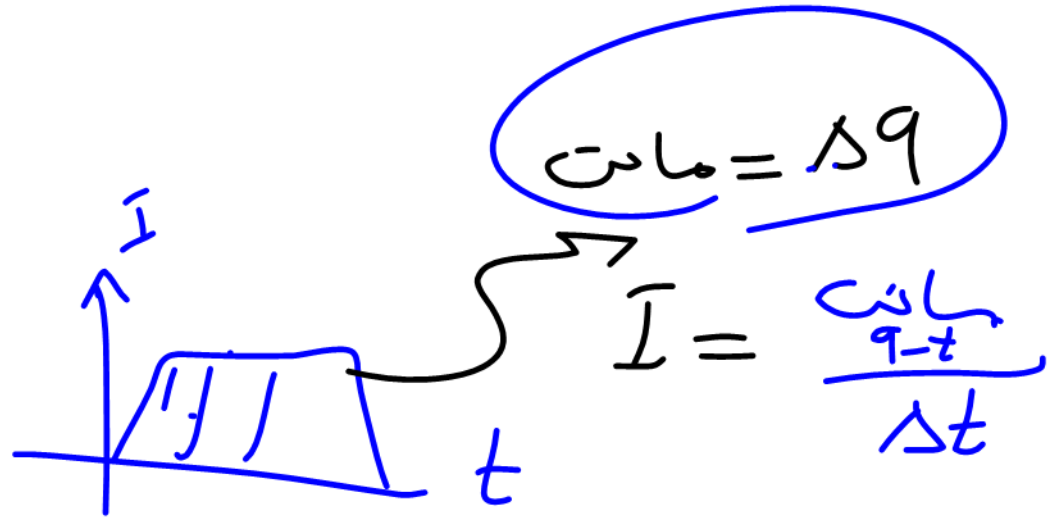
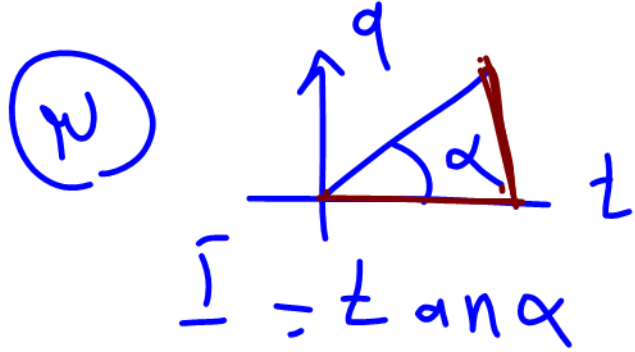
$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{ne}{\Delta t}$$



جوابان

① $\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{ne}{\Delta t}$

② $\bar{I} = q'$



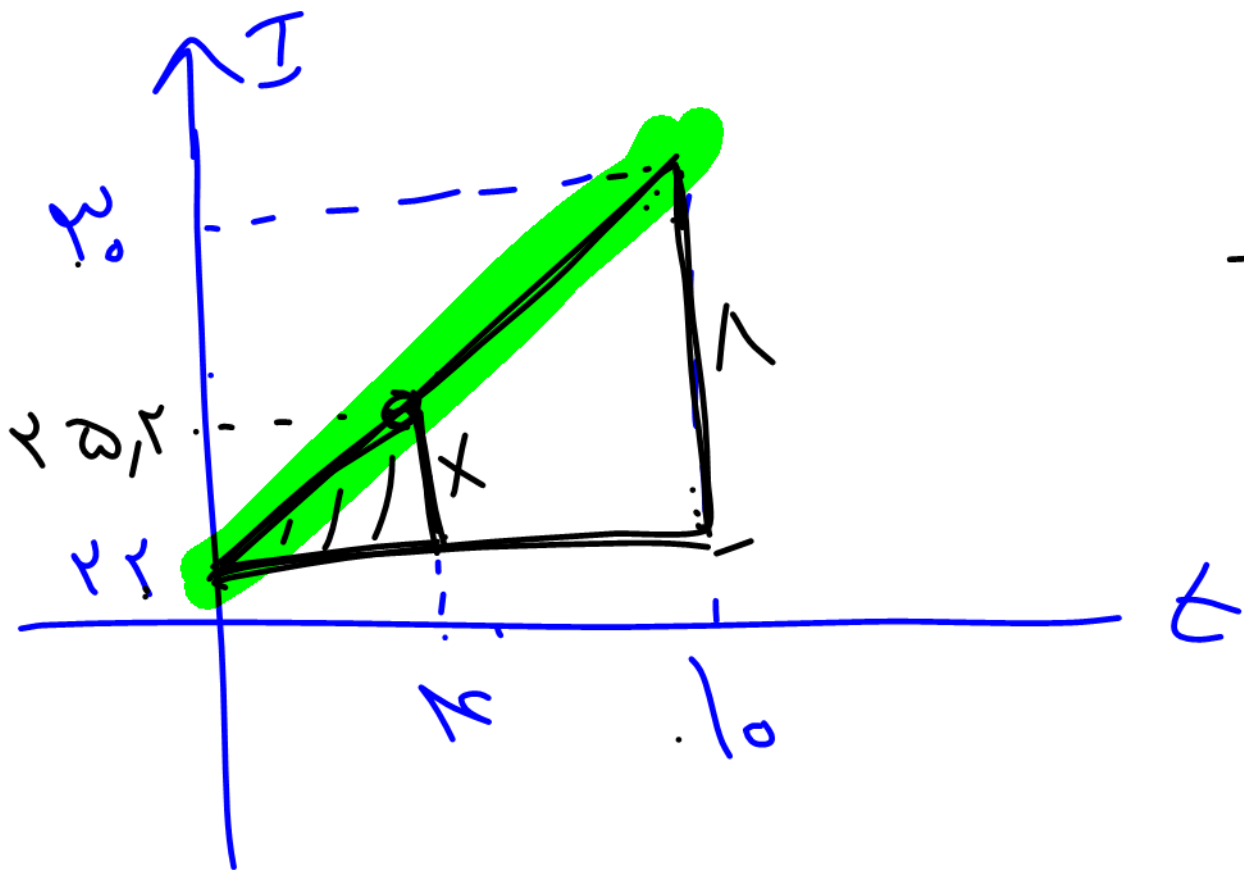
$$q = t^w + rt + 10$$

$$\left\{ \begin{array}{l} t=0 \rightarrow q_1 = 10 \\ t=0 \rightarrow q_2 = \dots \end{array} \right.$$

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$5. \quad \bar{I} \Rightarrow \bar{I} = \frac{w}{t} + r$$

$$\frac{w(0)}{t} + r$$



$$\frac{\Delta}{x} = \frac{y_0}{y}$$

$$x = x_0, y$$

$$R = \frac{2V}{2I} = 1$$

$$R = \frac{\rho L}{A}$$





نیز، دستار

$R \downarrow$

دستی

$$R_2 = R_1 (1 + \alpha \Delta \Theta)$$

$$\Delta \ln R = \ln \alpha \Delta \Theta$$

+ α دستار

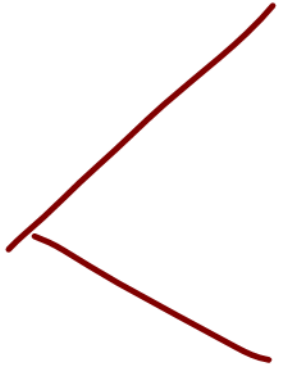
- α نیز، دستار

عنوانی
مؤثر روی مقادیر



\mathcal{L}	جنس
L	طول
A	سطح سطح
Θ	دما

مقاومت

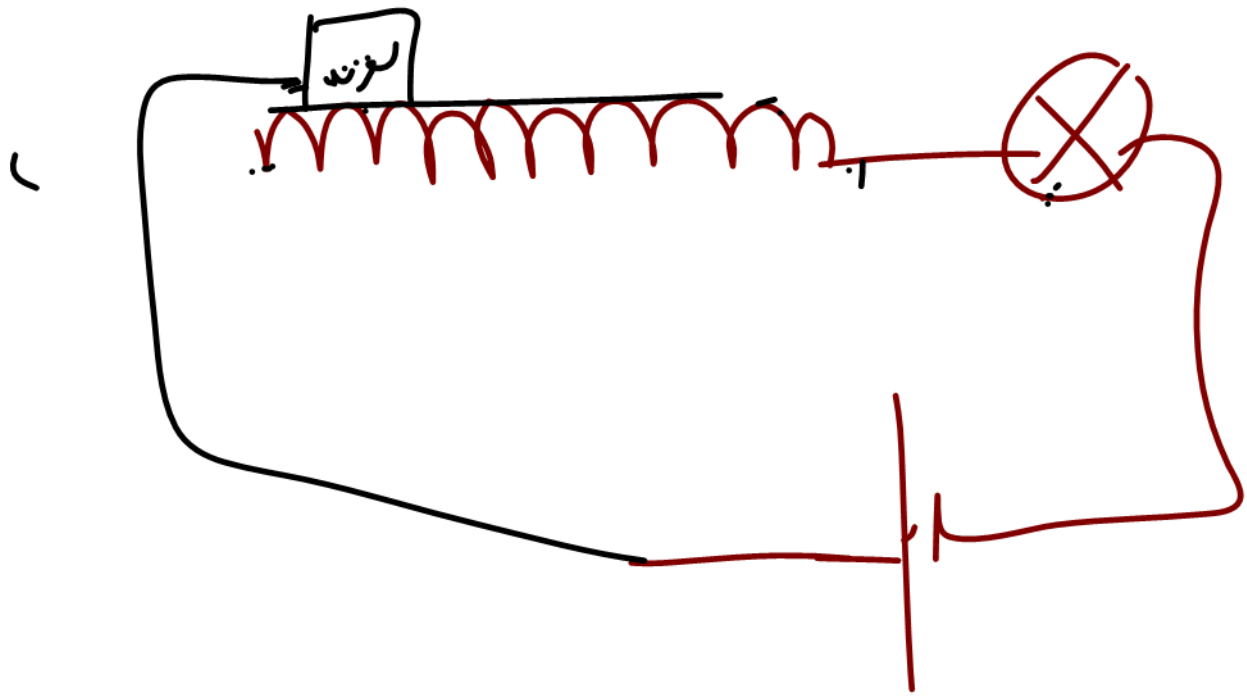


سپریج

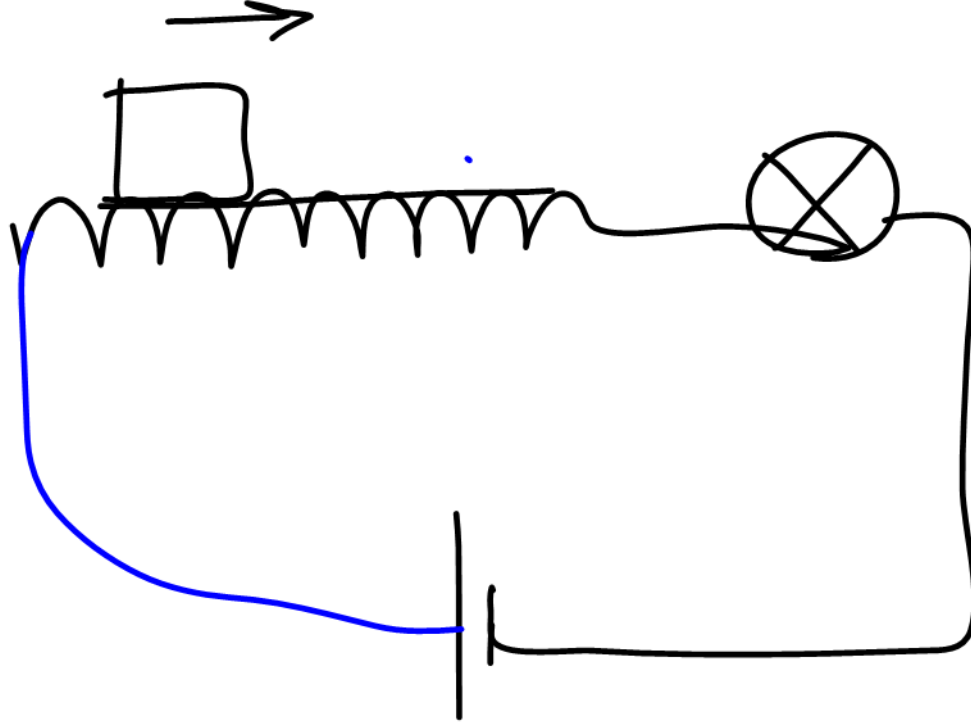


جنی





$$\vec{R} = \delta \frac{\vec{L}}{A}$$



گاہتی - انزاسی
انزاسی - افزادی
گاہتی - گاہتی
نابح - نابح ✓

ELECTRICAL CURRENT



ELECTRIC CURRENT IS THE FLOW OF AN ELECTRIC CHARGE THROUGH A CONDUCTIVE MATERIAL.

جریان الکتریکی و مدارهای جریان

مهندس مهدی باباخانی

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

جهت تهیه فیلم ها و جزوات و خرید دی‌وی‌دی های آموزشی استاد مهدی باباخانی با شماره

زیر تماس حاصل فرمایید

021-26401062

www.karnamekherad.com

کارنامه خرد 



جریان الکتریکی و مدارهای جریان

(الکتریسیته جاری)

در فصل قبل (الکتریسیته ساکن) به بررسی برهم کنش‌های بارهای الکتریکی در حالت سکون پرداختیم. در این فصل به بررسی جریان‌های الکتریکی می‌پردازیم که با شارش بارهای الکتریکی از یک ناحیه به ناحیه دیگر به وجود می‌آید. در این فصل، دربارهٔ جریان‌های الکتریکی و مدارهای الکتریکی بحث می‌کنیم (حالت جاری بودن بار).

در واقع اینکه جریان الکتریکی بوجود آید یک انتقال خالص بار از یک سطح معین رخ دهد که به این منظور نیاز به یک مولد الکتریکی از قبیل باتری داریم تا با ایجاد یک میدان الکتریکی، بارها را در راستای معینی به حرکت درآورد.

سرعت سوق: اگر به دو سر سیم یک باتری وصل کنیم، یک اختلاف پتانسیل در دو سر سیم و میدانی الکتریکی درون آن ایجاد می‌شود و باعث حرکت الکترون‌های آزاد در سیم و ایجاد جریان می‌شود در واقع وقتی میدان الکتریکی را به فلز اعمال می‌کنیم، الکترون‌ها حرکت کاتوره ای خود را قدری تغییر می‌دهند و با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق (drift velocity) در خلاف جهت میدان به طور بسیار آهسته ای سوق پیدا می‌کنند که این موجب جریان الکتریکی در رسانا می‌شود.

جریان الکتریکی: اگر بار خالص Δq در بازهٔ زمانی Δt از مقطعی از رسانا می‌گذرد. نسبت $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ را جریان الکتریکی متوسط می‌گوییم.

نکته ۱: همان طور که از فصل گذشته به یاد داریم، بار از رابطه $q = \pm ne$ محاسبه می‌شود.

$$I = \frac{dq}{dt} \text{ لحظه ای}$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \text{ متوسط}$$

نکته ۲: جریان الکتریکی از روابط روبرو محاسبه می‌شود



تست: معادله بار شارش شده از هر مقطع یک رسانا بر حسب زمان در SI به صورت $q = t^2 + t$ است.

جریان الکتریکی متوسط در ثانیه سوم چند برابر جریان الکتریکی متوسط در ۳ ثانیه اول است؟

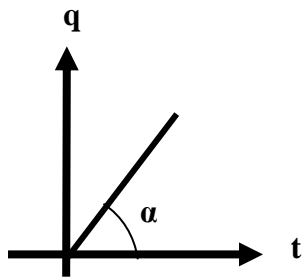
تایمه سوم \rightarrow $t=2 \rightarrow q=6$
 $t=3 \rightarrow q=12$

تایمه اول \rightarrow $t=0 \rightarrow q_1=0$
 $t=3 \rightarrow q_2=12$

$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{12-6}{3-2} = 6$
 $\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{12-0}{3-0} = 4$

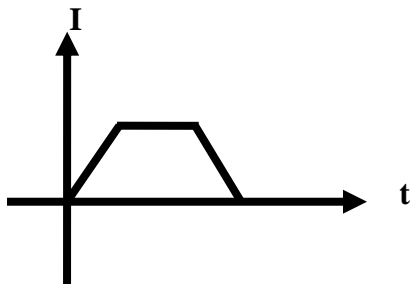
$\frac{6}{4} = 1.5$

نکته ۳: اگر از معادله بار - زمان مشتق بگیریم به شدت جریان لحظه‌ای می‌رسیم، بدیهی است که انتگرال جریان - زمان بار را به ما می‌دهد و انتگرال همان مساحت زیر نمودار است.



نمودار q-t :

$I = \tan \alpha$



نمودار I-t :

$I = \frac{\text{مساحت}}{\Delta t}$

$\text{مساحت} = \Delta q$

تست: نمودار جریان الکتریکی عبوری از مقطع یک سیم رسانا بر حسب زمان مطابق شکل زیر است. در ۵

ثانیه اول چند آمپر - ساعت (ار الکتریکی از مقطع این سیم عبور کرده است؟

$S = 120 = \frac{22+30}{2} \times 5 = 120 \text{ A}\cdot\text{s}$

$\frac{120}{3600} = \frac{1}{30}$

$120 \text{ A}\cdot\text{s} \rightarrow 1/30 \text{ Ah}$

$\frac{120}{3600} = \frac{1}{30}$

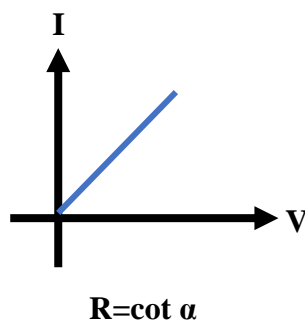
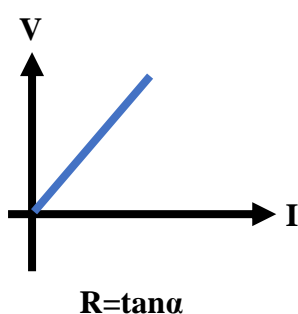


نکات مربوط به مقاومت:

وقتی در مدار الکتریکی کلید را میبندیم، یک اختلاف پتانسیل در دو سر سیم ایجاد میشود و باعث حرکت الکترونهای آزاد در سیم مدار میشود. این الکترونها با اتمهای رسانا که در حال نوسانند برخورد میکنند و این موضوع باعث گرم شدن رسانا میشود در واقع الکترونهای آزاد هنگام حرکت در رسانا همیشه با نوعی مقاومت روبهرو هستند. اصطلاحاً میگوییم رسانا دارای مقاومت الکتریکی است تحت یک اختلاف پتانسیل یکسان، دو سیم با مقاومت الکتریکی متفاوت، جریانهای مختلفی را از خود عبور میدهند؛ بهطوری که سیم با مقاومت کمتر، جریان بیشتری از خود عبور میدهد و بالعکس

قانون اهم: نسبت اختلاف پتانسیل دوسر یک رسانا به جریان عبوری از آن مقدار ثابتی است که به آن مقاومت الکتریکی می گویند.

طبق قانون اهم مقاومت الکتریکی به صورت $R = \frac{V}{I}$ تعریف می شود و در یک رسانای اهمی نمودارهای I و V به صورت های زیر است.



دقت کنید که در رابطه قانون اهم، مقاومت الکتریکی (R) و V بر حسب ولت و I بر حسب آمپر است و به پاس خدمات علمی آقای اهم این نام بر روی این قانون گذاشته و واحد اندازه گیری مقاومت نیز میباشد توجه نمایید که اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت)، مقدار ثابتی باشد، اصطلاحاً گفته میشود آن وسیله از قانون اهم پیروی میکند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای اهمی مینامند این قانون برای فلزات و بسیاری از رساناهای غیر فلزی در دمای ثابت برقرار است با این حال وسیله های زیادی نیز یافت میشود که از این قانون پیروی نمیکنند (همانند دیود نورگسیل LED)



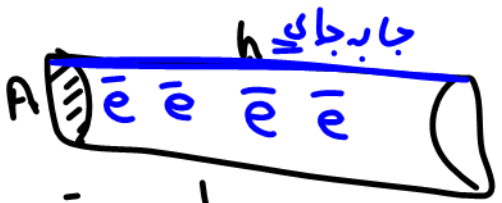
VIP

تست: سیمی مسی به سطح مقطع ۴ میلیمتر مربع و مقاومت الکتریکی ۲ اهم موجود است. اگر از هر میلیمتر مکعب آن در مدت t ثانیه در اثر اعمال اختلاف پتانسیل ۲۰۰ ولتی جریان I (تعداد 4×10^{20}) الکترون گذر کند، در اینصورت سرعت متوسط حرکت الکترونها در این مدت زمان تقریباً چند متر بر ثانیه بوده است؟

$R = \frac{V}{I} \rightarrow 2 \dots \rightarrow I = 100$
 $I = \frac{ne}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Sigma n}{I}$

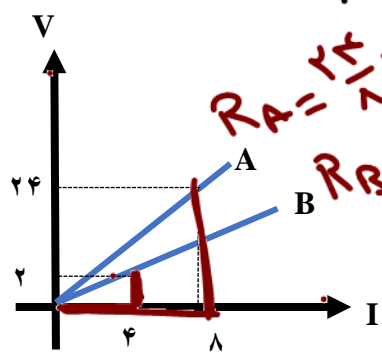
۵۰ (۲)	4×10^{-6} (۱)
۲۵ (۲)	3×10^{-6} (۱)

$$\bar{v}_{av} = \frac{\text{جابجایی}}{\text{زمان}} = \frac{\frac{1}{n} \times I \times \Delta t}{\Delta t} = \frac{I}{n}$$

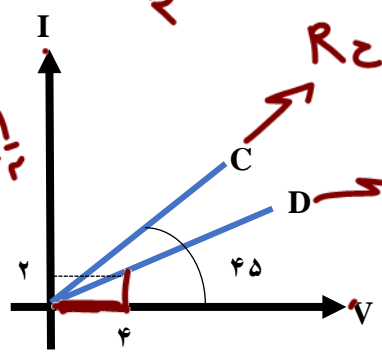


$V = Ah$
 $I_{max} = n_{max} h$
 $h = \frac{1}{n} \times I \times \Delta t$

تست: با توجه به نمودار زیر حاصل عبارت $\frac{R_A}{R_B} + \frac{R_C}{R_D}$ کدامست؟
 هیچکدام ۲/۴ ۵/۵ ۶/۵



$R_A = \frac{24}{4} = 6$
 $R_B = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$



$R_C = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$
 $R_D = \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$



عوامل موثر بر روی مقاومت الکتریکی اجسام:

مقاومت یک جسم اهمی، با تغییر V یا I تغییر نمی‌کنند و فقط زمانی تغییر می‌کند که جنس یا طول یا مساحت سطح مقطع یا دمای جسم تغییر نماید و از رابطه $R = \frac{\rho L}{A}$ محاسبه می‌شود در این فرمول L طول و A مساحت سطح مقطع و ρ کمیت \square که به آن مقاومت ویژه گفته می‌شود بر حسب اهم-متر بیان میشود عددی است که به جنس ماده بستگی دارد (مقاومت ویژه یک ماده به ساختار اتمی و دمای آن بستگی دارد)

Handwritten formulas in blue ink:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

تست: ولتاژ دوسر یک رسانای A دوبرابر می‌شود (در دمای ثابت) و در رسانای B سیم را به طور یکنواخت آنقدر می‌کشیم تا طولش ۲ برابر شود و در رسانای C سیمی را به طور یکنواخت آنقدر می‌کشیم تا قطر سطح مقطع آن نصف شود، به ترتیب از راست به چپ مقاومت هر سیم چند برابر میشود؟

یک برابر - چهار برابر - شانزده برابر
 یک برابر - دو برابر - دو برابر
 یک برابر - دو برابر - دوبرابر

Handwritten calculations for the test:

Case B: $L_2 = 2L_1$ → $R = \rho \frac{L(2)}{A(\frac{1}{2})} = 4$ برابر

Case C: $D_2 = \frac{1}{2} D_1$ → $A \rightarrow \frac{1}{4} A$ → $R = \rho \frac{L}{A(\frac{1}{4})} = 16$ برابر

تست: سیمی A را به طور یکنواخت آنقدر می‌کشیم تا طولش ۳ برابر شود و همزمان در دمای ثابت اختلاف پتانسیل دو سر آن را ۲ برابر می‌کنیم، همچنین در دمای ثابت سیم B را به طور یکنواخت آنقدر می‌کشیم تا قطر سطح مقطع آن یک سوم کاهش یابد. در اینصورت مقاومت سیم‌های A و B به ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شوند؟

Handwritten calculations and notes for the second test:

Options: (1) 9-9, (2) 18-9, (3) 9-16, (4) 16-9

Correct answer: (3) 9-16

Notes:

- اگر V یا I عوض نشود ← مقاومت تغییر نمی‌کند
- اگر طول \times برابر شود ← مقاومت \times^2 برابر
- اگر قطر یا شعاع \times برابر ← مقاومت $(\frac{\times}{2})^4$ برابر



اثر دما رو مقاومت

وقتی دمای یک رسانای فلزی افزایش می‌یابد، ارتعاشات کاتوره ای اتم‌ها و یون‌های آن نیز افزایش می‌یابد و موجب افزایش برخورد الکترون‌های آزاد با شبکه اتمی رسانای فلزی می‌شود و به این ترتیب، مقاومت رسانا در برابر عبور جریان زیاد می‌شود. ولی در اجسام نیم رسانا افزایش دما باعث کاهش مقاومت می‌شود.

مقاومت ثانویه بعد از تغییر دما از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\rho_2 = \rho_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

$$R_2 = R_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

که ضریب دمایی α برای اجسام رسانا عددی مثبت و برای اجسام نیم رسانا عددی منفی است.

$$\left[\begin{aligned} \text{درصد تغییر مقاومت} &= \frac{R_2 - R_1}{R_1} \times 100 \\ \text{درصد تغییر مقاومت} &= \alpha\Delta\theta \times 100 \end{aligned} \right.$$

دماسنج مقاومتی چیست؟

دماسنج‌های مقاومتی می‌توانند در دماهای بسیار بالا یا بسیار پایین که دماسنج‌های معمولی کار نمی‌کنند، دما را اندازه بگیرند. در واقع از تغییر مقاومت الکتریکی با دما برای ساختن این دماسنج‌های دقیق استفاده می‌شود. معمولاً در این دماسنج‌ها از پلاتین استفاده می‌کنند. زیرا پلاتین تقریباً دچار خوردگی نمی‌شود و نقطه ذوب بالایی دارد.

تست: دمای سیمش A را از ۲۸۳ درجه کلون به ۲۱۰ درجه سانتی گراد، می‌رسانیم در اثر این کار مقاومت به اندازه ۰/۹ مقدار اولیه‌اش می‌شود، همچنین: سیم رسانا B به ضریب دمایی $\alpha = 4 \times 10^{-3}$ موجود است، اگر دمای آنرا از ۱۰ به ۶۰ درجه سانتی گراد برسانیم.

به ترتیب از راست به چپ ضریب دمایی و نوع جنس سیم A کدامست؟ و مقاومت سیم B چند درصد افزایش می‌یابد؟

(۱) $\frac{1}{2000}$ و رسانا و ۲۰ درصد ~~درصد~~

(۲) $2000 +$ و رسانا و ۲۵ درصد ~~درصد~~

(۳) $\frac{1}{2000}$ - نیمرسانا و ۱۵ درصد ~~درصد~~

B

$$100 \alpha \Delta\theta$$

$$100 (4 \times 10^{-3}) (50) = 20\%$$

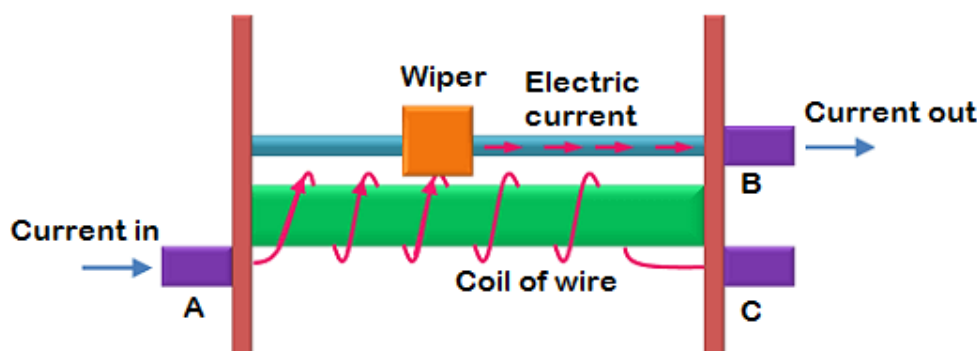
A: { ۱۰ → ۲۱۰
 $\theta \uparrow \Rightarrow R \downarrow$
 نپیران



انواع مقاومت‌ها و کدگذاری رنگی مقاومت‌های کربنی

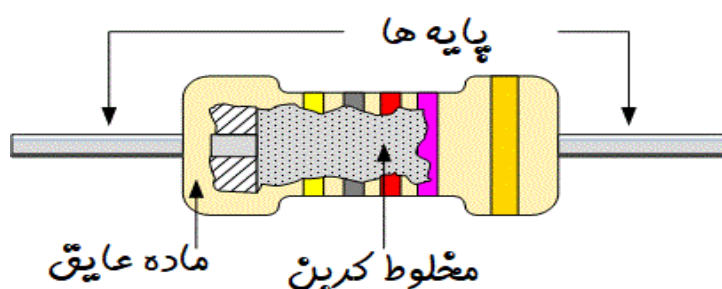
۱- **مقاومت‌های پیچه ای:** که شامل پیچه ای از یک سیم نازک هستند که معمولاً جنس آنها آلیاژهایی مانند نیکروم ۲ (آلیاژ نیکل و کرم) یا آلیاژ مس نیکل منگنز (که به آن منگانینمی گویند) است. این پیچه‌ها عموماً به دور هسته ای از جنس سرامیک، پلاستیک یا شیشه پیچیده شده‌اند و در غلافی از جنس سرامیک قرار گرفته اند.

با وجود اینکه این مقاومت‌ها قدیمی ترین نوع مقاومت‌ها است، امروزه همچنان تولید می شوند زیرا می توانند برای حصول مقاومت‌های پایین بسیار دقیق و همچنین توان‌های بالا ساخته شوند. یکی از انواع مشهور این نوع از مقاومت‌ها، رئوستا نام دارد که در مدارهای الکترونیکی پتانسیومتر نامیده می شود. این نوع مقاومت‌ها، متغیر هستند. یک رئوستا از سیمی با مقاومت ویژه نسبتاً زیاد ساخته شده است. این سیم روی استوانه‌ای نارسا پیچیده شده و با استفاده از دکمه ای لغزنده که روی ریلی در بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در تماس است می تواند قسمت دلخواهی از سیم را در مسیر جریان قرار دهد و بنابراین مقدار مقاومت را تغییر دهد و به این ترتیب جریان را در مدار تنظیم و کنترل کند



۲- **مقاومت‌های ترکیبی:** که معمولاً از کربن، برخی نیمرساناها، ساخته شده‌اند که در داخل پوششی عایق قرار گرفته اند. مقدار این مقاومت‌ها یا روی آنها نوشته می شود، یا عمدتاً به صورت کدی رنگی نشان داده می شود که با ۳ یا ۴ حلقه رنگی روی آنها مشخص می شود. دو حلقه اول دوم به ترتیب رقم اول و رقم دوم مقاومت را نشان می دهند رقم حلقه سوم ضریبی است به صورت 10^n است که در ستون سوم جدول مشخص شده است

حلقه چهارم یک حلقه طلایی یا نقره ای است که تُلرانس (ضریب خطا) نامیده می شود و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت را برحسب درصد مشخص می کند. درصد خطای نوار طلایی ۵ درصد و نوار نقره‌ای ۱۰ درصد و نبود نوار چهارم به معنای آن است که تُلرانس ۲۰ درصد است.



خواندن مقاومت از روی رنگ‌های آن

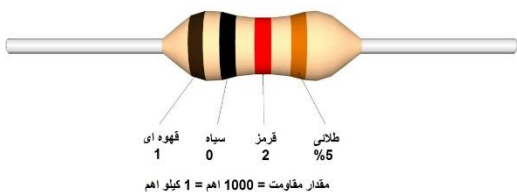
برای خواندن حلقه‌های رنگی، مقاومت را طوری به دست می‌گیریم که حلقه تolerانس در سمت راست قرار گیرد سپس بقیه حلقه‌ها را از سمت چپ به راست می‌خوانیم.



عدد مربوط به آن	رنگ حلقه
0	سیاه
1	قهوه‌ای
2	قرمز
3	نارنجی
4	زرد
5	سبز
6	آبی
7	بنفش
8	خاکستری
9	سفید

$$R = ab \times 10^n \pm \text{درصد خطا} \quad (ab \times 10^n)$$

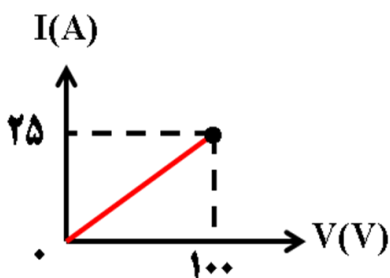
تست: مقاومت شکل مقابل کدام گزینه می‌تواند باشد؟



- ۹۸۰ (۱)
- ۹۰۰ (۲)
- ۱۱۵۰ (۳)
- ۱۲۰۰ (۴)

تست: نمودار $V - I$ مقابل متعلق به کدام یک از مقاومت‌های کربنی زیر است؟

(دما ثابت است) (سیاه = ۰، قرمز = ۲، زرد = ۴ و سبز = ۵) (خطای نوار طلایی را صفر در نظر بگیرید)



طلایی سیاه زرد سیاه



(۲)

طلایی سبز قرمز سیاه



(۱)

طلایی سیاه سبز قرمز



(۴)

طلایی سیاه سیاه زرد



(۳)

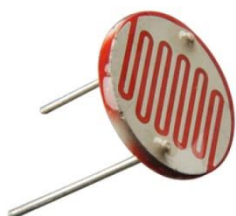


مقاومت‌های خاص و دیودها

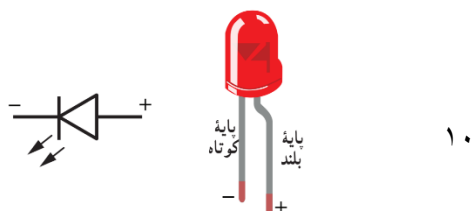
ترمیستور: ترمیستور نوعی از مقاومت است که بستگی مقاومت الکتریکی آن به دما با مقاومت‌های الکتریکی معمولی تفاوت دارد. اغلب از ترمیستورها به عنوان حسگر دما در مدارهای حساس به دما مانند زنگ خطر آتش و دماپاها و نیز در دماسنجها استفاده میشود ترمیستورها در ابعاد کوچکی ساخته میشوند و شکلهای متفاوتی دارند که رایجترین آنها دیسکی، مهرهای، و میله‌ای است



مقاومت‌های نوری یا LDR: نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده شده به آن بستگی دارد، به طوری که با افزایش شدت نور، از مقاومت آن کاسته میشود. مثلاً یک LDR نوعی در تاریکی مقاومتی چند مگا اهمی دارد، در حالیکه در یک نور مناسب، مقاومت آن به چند صد اهم میرسد. نوعی از این مقاومتها از جنس نیمرسانای خالص، مانند سیلیسیم هستند که با افزایش شدت نور تابیده شده، بر تعداد حاملهای بار الکتریکی آنها افزوده شده و در نتیجه از مقاومت آنها کاسته میشود



دیودها: دیود قطعه‌ای است که هرگاه در مداری قرار گیرد، جریان را تنها از یک سو عبور میدهد و مقاومت آن در برابر عبور جریان در این سو ناچیز است به همین دلیل، دیود را اغلب به عنوان یکسو کننده جریان در نظر میگیرند و آن را با نماد شبیه پیکان در مدارهای الکتریکی نشان میدهند. پیکان در این نماد جهتی را نشان میدهد که جریان میتواند از دیود عبور کند دیودها انواع متفاوتی دارند که یکی از معروفترین آنها دیودهای نورگسیل یا LED ها هستند در این دیودها از نیمرساناهایی استفاده میشود که با عبور جریان از آنها LED از خود نورگسیل میکند و بنابراین، مقداری از انرژی الکتریکی به نور تبدیل میشود. بسته به نوع نیمرسانای به کاررفته، رنگ و نورگسیل شده از LED میتواند از فرسرخ تا فرابنفش باشد





نیروی محرکه الکتریکی

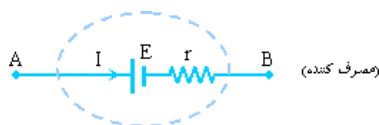
اگر بخواهیم بارهای الکتریکی را از یک مقاومت الکتریکی عبور دهیم، باید بین دو سر مقاومت یک اختلاف پتانسیل برقرار کنیم. در واقع برای این کار به یک پمپ یا تلمبه بار نیاز داریم تا جریانی ثابت از بارهای الکتریکی را برقرار کند. چنین وسیله ای که با انجام کار روی بار الکتریکی اختلاف پتانسیل را ثابت نگه می دارد منبع نیروی محرکه الکتریکی نامیده می شود باتری ها، پیل های سوختی و مولدهای الکتریکی از جمله منبع های نیروی محرکه الکتریکی هستند که در زندگی روزمره کاربرد فراوانی دارند. کار منبع نیروی محرکه الکتریکی مانند کار تلمبه ای است که آب را از سطح زمین یا عمق چاه به ارتفاع معین بالا می برد. به این ترتیب، آب انرژی پتانسیل لازم را برای جریان یافتن و انجام کاری معین کسب می کند. به عبارت دیگر، نیروی محرکه الکتریکی یک منبع نیروی محرکه الکتریکی عبارت از کاری است که روی واحد بار مثبت انجام می شود تا آن را از پایانه ای با پتانسیل کمتر به پایانه ای با پتانسیل بیشتر ببرد. یکای کمیت نیروی محرکه الکتریکی همان یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی یعنی ولت است.

$$\varepsilon = \frac{\Delta w}{\Delta q}$$

اگر پایانه های مثبت و منفی یک منبع نیروی محرکه را به ترتیب با a و b نمایش دهیم، اختلاف پتانسیل میان این دو پایانه برای یک منبع آرمانی (بدون تلفات) برابر با نیروی محرکه الکتریکی آن وسیله است.

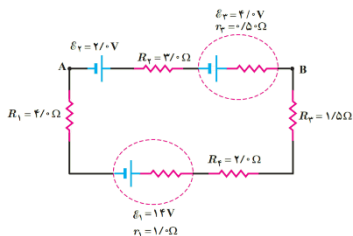
$$\varepsilon = V_a - V_b \text{ یعنی}$$

اما منبع آرمانی در واقعیت وجود ندارد و این منابع دارای مقاومتی داخلی (درونی) هستند. یعنی درون آنها مقاومتی در برابر حرکت داخلی بارها وجود دارد. بنابراین، وقتی جریان از این منابع بگذرد اختلاف پتانسیل بین پایانه های آنها برخلاف منابع آرمانی، متفاوت از نیروی محرکه الکتریکی خواهد شد. به این منابع نیروی محرکه، منبع نیروی محرکه واقعی می گویند و آنها را در مدارهای الکتریکی به صورت شکل زیر نشان می دهند که در آن r مقاومت داخلی منبع نیروی محرکه است



مدار تک حلقه

در ساده‌ترین حالت، مدار تک حلقه ای شامل یک یا چند باتری، سیم رسانا و یک یا چند مقاومت می‌باشد. دقت کنید که در مدارها قسمت بزرگ‌تر باتری را قطب مثبت و قسمت کوچک‌تر آن قطب منفی در نظر می‌گیریم، در ضمن به طور قراردادی حرکت جریان را از سمت قطب مثبت باتری به سمت قطب منفی آن در نظر می‌گیریم.



روش حل مدار تک حلقه‌ای

ابتدا جهت جریان در مدار را مشخص می‌کنیم، سپس یک نقطه از مدار را علامت می‌زنیم و پتانسیل الکتریکی آن نقطه را V_a در نظر می‌گیریم و شروع به حرکت در امتداد سیم می‌کنیم، اگر در طول حرکت در جهت جریان حرکت کنیم وقتی به یک مقاومت می‌رسیم پتانسیل الکتریکی به اندازه IR کاهش می‌یابد. و اگر در طول حرکت به یک باتری برسیم پتانسیل الکتریکی به اندازه \mathcal{E} تغییر خواهد کرد (با رسیدن به قطب مثبت مولد \mathcal{E} می‌نویسیم و با رسیدن به قطب منفی مولد $-\mathcal{E}$ می‌نویسیم)، حال زمانی که به نقطه مورد نظر برسیم آنجا را علامت زده و پتانسیل الکتریکی آن نقطه را V_b در نظر می‌گیریم. (اگر به نقطه ابتدای مسیر برسیم پتانسیل آن نقطه همان V_a خواهد بود)

قاعده حلقه در قانون ولتاژها

در هر دور زدن کامل حلقه ای از مدار، جمع جبری اختلاف پتانسیل‌های اجزای مدار صفر است

قوانین چرخش به صورت خلاصه

اگر در جهت جریان حرکت کنیم با رسیدن به یک مقاومت، IR مینویسیم و با رسیدن به قطب مثبت مولد \mathcal{E} می‌نویسیم و با رسیدن به قطب منفی مولد $-\mathcal{E}$ می‌نویسیم.

اگر جهت جریان مدار را در سوال ندادند، چگونه جهت جریان را پیدا کنیم

ابتدا جهت جریان مولدها را مشخص می‌کنیم (ساعتگرد یا پادساعتگرد)، هر گروهی که نیروی محرکه‌اش بیشتر باشد جریان به همان سمت خواهد شد

اندازه شدت جریان را چگونه پیدا کنیم

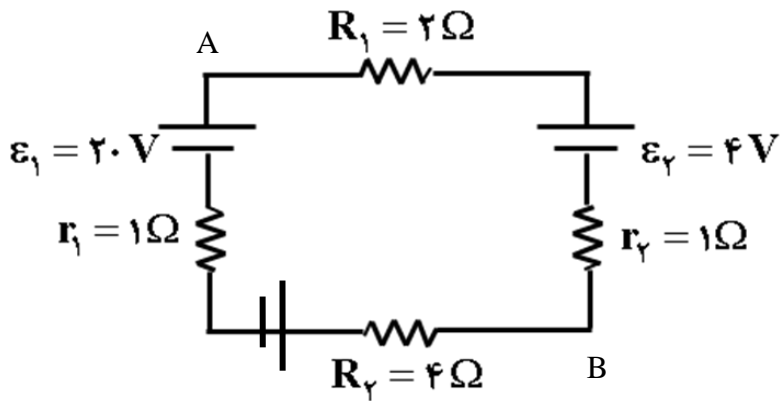
برای پیدا کردن اندازه شدت جریان کفایت، جریانهای ساعتگرد و پادساعتگرد را از هم کم کنیم سپس بر مقاومت کلی مدار تقسیم نماییم

$$I = \left| \frac{\mathcal{E}_{\text{گروه پادساعتگرد}} - \mathcal{E}_{\text{گروه ساعتگرد}}}{R_T + r_T} \right|$$



با توجه به مدار روبرو محاسبه کنید:

الف: جهت جریان در مدار؟



$\epsilon_3 = 18V$

$r_3 = 2$

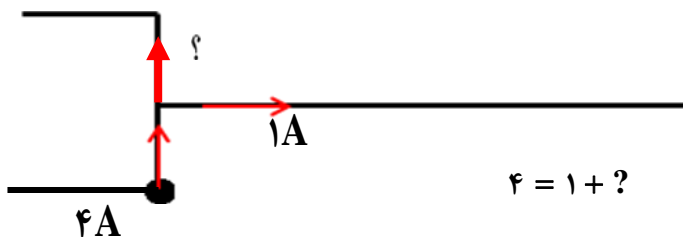
ب: شدت جریان؟

د: مقدار $V_A - V_B$ چه قدر است؟



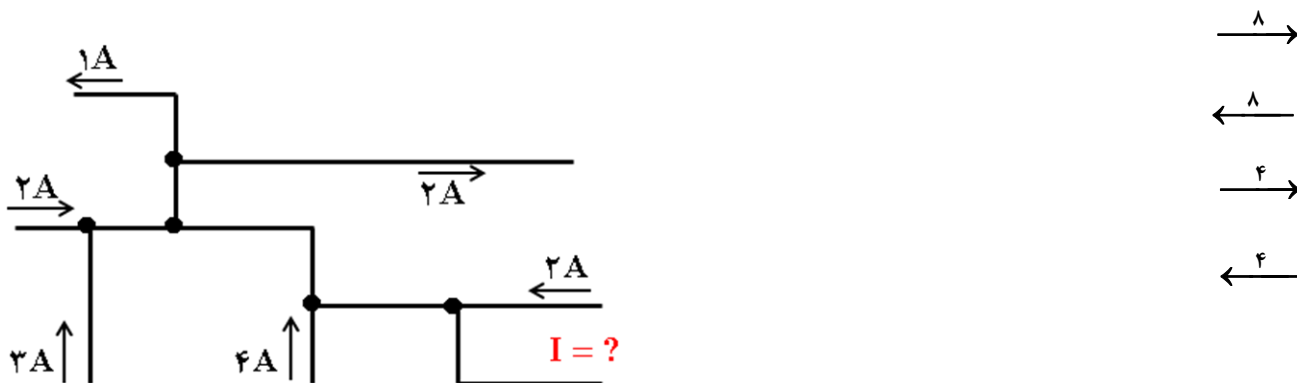
تعیین جریان به کمک قانون گره‌ها

جمع جریان‌های ورودی به گره برابر با جمع جریان‌های خروجی از گره است.

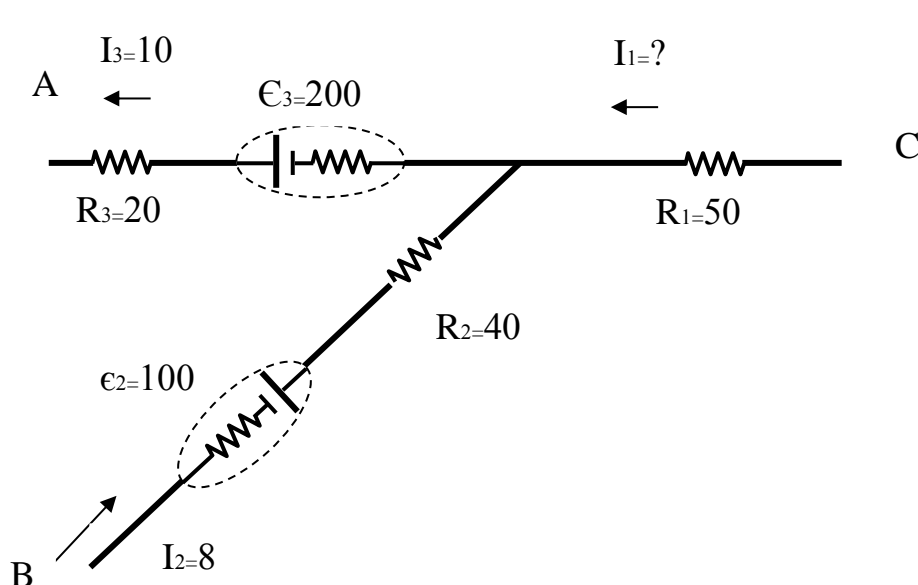


$$\Rightarrow ? = 3$$

تست: شکل زیر بخشی از یک مدار را نشان می‌دهد، بزرگی جریان I چند آمپر و جهت آن کدام است؟



تست: با توجه به شکل اگر مقاومت داخلی تمام مولدها یک اهم باشد، حاصل $\frac{V_A - V_B}{V_B - V_C}$ کدام است؟



- ۱/۸۵ (۱)
- ۵/۲ (۲)
- ۱/۵ (۳)
- هیچکدام (۴)

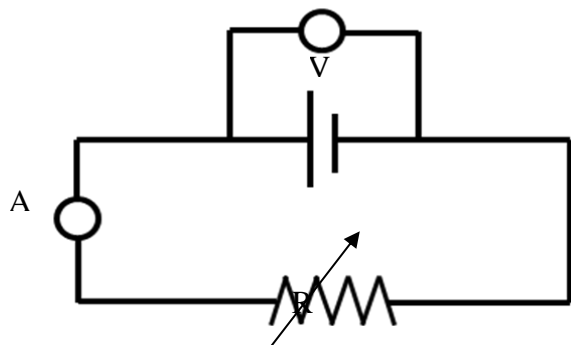


خواندن اعداد ولت سنج و آمپرسنج در مدار با یک مولد

$I = \frac{\epsilon}{R+r}$ عددی که آمپرسنج نشان میدهد

$V = \epsilon - Ir$ عددی که ولت سنج نشان میدهد

تست: در شکل زیر ولت سنج ۴۰ ولت و آمپرسنج با مقاومت ناچیز ۴ آمپر را نشان می‌دهد. اگر مقاومت R را تغییر دهیم به طوری که ولت سنج ۳۶ ولت را نشان دهد، آمپرسنج چند آمپر را نشان می‌دهد؟



۶ (۱)

۴ (۲)

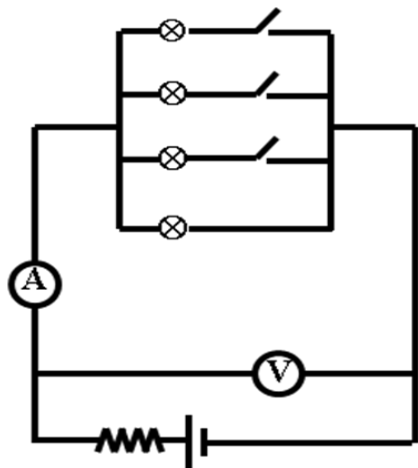
۸ (۳)

۲ (۴)

$$V = \epsilon - rI \Rightarrow \begin{cases} V_1 = \epsilon - rI_1 \xrightarrow{V_1=40V, I_1=4A, r=2\Omega} 40 = \epsilon - 4 \times 2 \Rightarrow \epsilon = 48 \\ V_2 = \epsilon - rI_2 \xrightarrow{V_2=36V, I_2=?, r=2\Omega} 36 = 48 - 2I_2 \Rightarrow 12 = 2I_2 \Rightarrow I_2 = 6 \end{cases}$$

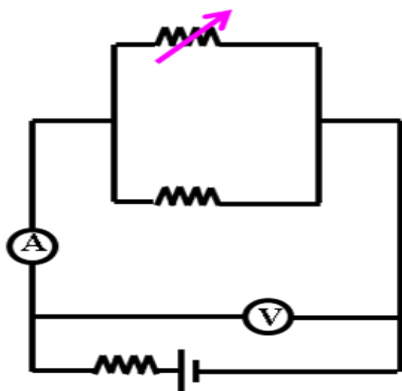


تست: مطابق شکل زیر، تعدادی لامپ مشابه به طور موازی به هم متصل شده‌اند و هر لامپ (به غیر از یکی) با کلیدی همراه است. با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، اعدادی که آمپرسنج و ولت سنج ایده آل نشان می دهند، به ترتیب از راست به چپ، چگونه تغییر می کنند؟



- (۱) افزایش می یابد - افزایش می یابد.
- (۲) کاهش می یابد - کاهش می یابد.
- (۳) افزایش می یابد - کاهش می یابد.
- (۴) کاهش می یابد - افزایش می یابد.

تست: مطابق شکل زیر اگر مقاومت متغیر را افزایش دهیم اعدادی که آمپرسنج و ولت سنج ایده آل نشان می دهند، به ترتیب از راست به چپ، چگونه تغییر می کنند؟



- (۱) افزایش می یابد - افزایش می یابد.
- (۲) کاهش می یابد - کاهش می یابد.
- (۳) افزایش می یابد - کاهش می یابد.
- (۴) کاهش می یابد - افزایش می یابد.

نکته:



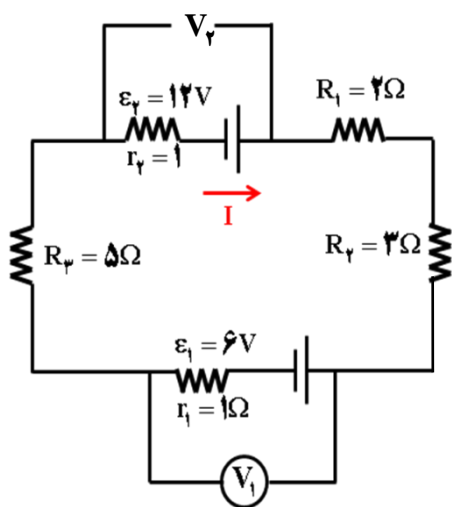
خواندن اعداد ولت سنج و آمپر سنج در مدار تک حلقه با چند مولد

عدد آمپر سنج شاخه اصلی
$$I = \frac{|\sum \varepsilon_{\text{ساعتگرد}} - \sum \varepsilon_{\text{پادساعتگرد}}|}{\sum R + \sum r}$$

عدد ولت سنج برای مولد محرکه $V = \varepsilon - Ir$

عدد ولت سنج برای مولد ضد محرکه $V = \varepsilon + Ir$

تست: در مدار تک حلقه ای مقابل،، اعدادی که ولت سنج های ایده آل نمایش می دهند، چند ولت است؟



$$\begin{cases} V_1 = 5/5 \\ V_2 = 12/5 \end{cases} \quad (2) \qquad \begin{cases} V_1 = 6/5 \\ V_2 = 12/5 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} V_1 = 6/5 \\ V_2 = 11/5 \end{cases} \quad (4) \qquad \begin{cases} V_1 = 5/5 \\ V_2 = 11/5 \end{cases} \quad (3)$$



به هم بستن مقاومت‌ها

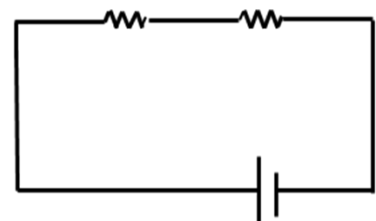
به هم بستن سری (متوالی)

دقت نمایید که واژه متوالی ارتباطی به چگونگی رسم مقاومت‌ها ندارد و شکل فضایی مقاومت‌ها ندارد. به هم بستن سری (متوالی) به معنای بسته شدن مقاومت‌ها یکی پس از دیگری است به طوری که هیچ انشعابی بین آنها وجود نداشته باشد و مقاومت‌ها از یک دست و بدون مزاحم (انشعاب) به هم متصل باشند. در مقاومت‌های متوالی (سری)، جریان‌ها با هم برابرند اما اختلاف پتانسیل آنها با هم برابر نیست. وقتی مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند مقاومت معادل آنها بزرگ تر از مقاومت هر یک از آنها است و نیز توان الکتریکی مصرفی مقاومت معادل با مجموع توان‌های الکتریکی مصرفی هر یک از آنها برابر است.

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$I_T = I_1 = I_2 = \dots$$

$$V_T = V_1 + V_2 + \dots$$



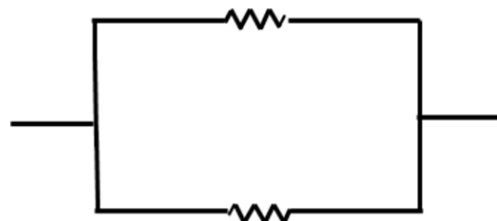
به هم بستن موازی

باز هم واژه موازی ارتباطی به چگونگی رسم مقاومت‌ها ندارد؛ بلکه به هم بستن به صورت موازی به معنای آنست که مقاومت‌ها از دو دست به هم اشتراک داشته باشند. در این جا اختلاف پتانسیلها برابرست ولی جریان کل برابر با مجموع جریانهاست.

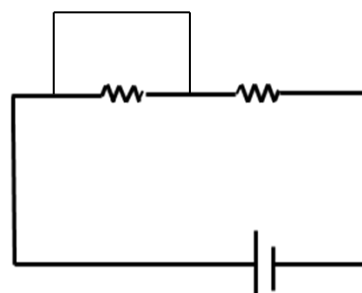
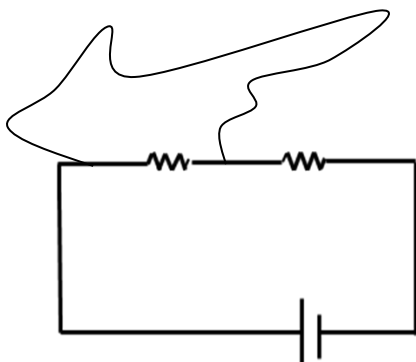
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$I_T = I_1 + I_2 + \dots$$

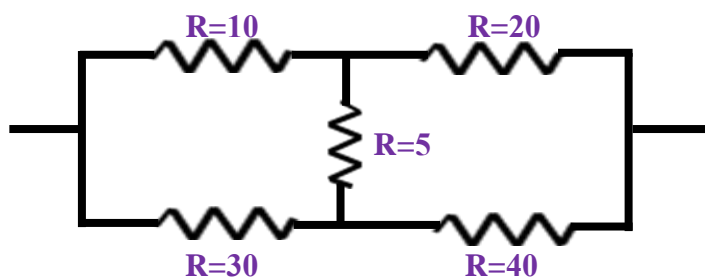
$$V_T = V_1 = V_2 = \dots$$



نکته اتصال کوتاه:

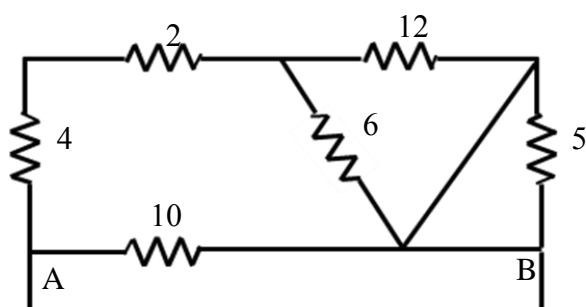


مثال: کدام یک از مقاومت‌های زیر سری و کدام یک موازیند؟



تست: مقاومت معادل بین A و B چند اهم است؟

- ۲۰ (۱) ۱۵ (۲) ۱۰ (۳) ۵ (۴)



نکات تکمیلی:

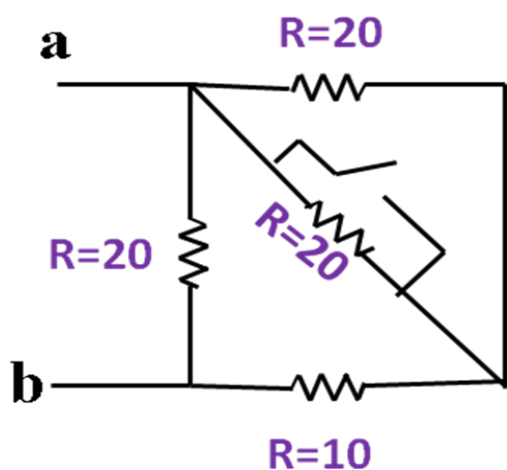
نکته: دو مقاومت 3Ω و 6Ω که به موازات هم باشند برآیندشان 2Ω است.
نکته: اگر تعداد زیادی مقاومت موازی و مشابه داشته باشیم برای محاسبه برآیند کافیست، یکی را بر تعدادشان تقسیم کنیم

نکته اگر تعداد زیادی مقاومت مشابه را در X ردیف Y تایی به هم ببندیم معادلشان برابر می‌شود با $\frac{Y}{X}R$

در مقاومت‌های موازی، مقاومت معادل از همه مقاومت‌ها کوچکتر است ولی در سری‌ها مقاومت معادل از همه مقاومت‌ها بزرگ‌تر است.



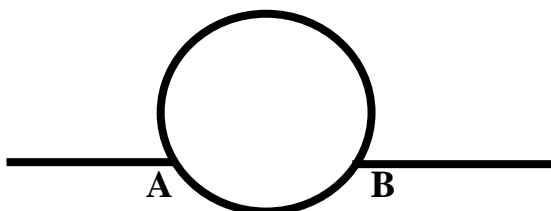
تست: مقاومت معادل بین a و b پس از بستن کلید چند برابر می شود؟



- (۱) $\frac{2}{3}$
- (۲) $\frac{20}{3}$
- (۳) $\frac{1}{3}$
- (۴) هیچکدام

تست: سیمی به مقاومت 72 اهم را مطابق شکل مقابل بصورت یک حلقه دایره ای در می آوریم، مقاومت معادل بین نقاط A و B چند اهم می شود؟ (کمان AB کوچک 60 درجه است).

- (۱) 10
- (۲) 72
- (۳) 12
- (۴) 31



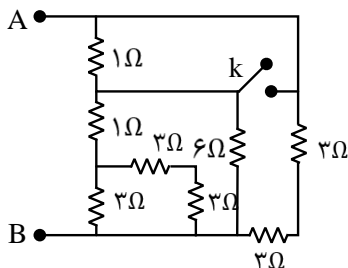
تست: در شکل زیر، ابتدا کلید k باز است. اگر کلید k بسته شود، مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B چند اهم تغییر می کند؟

۱/۲۵ (۴)

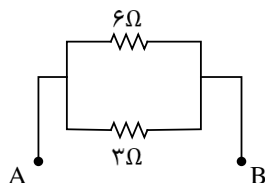
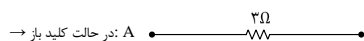
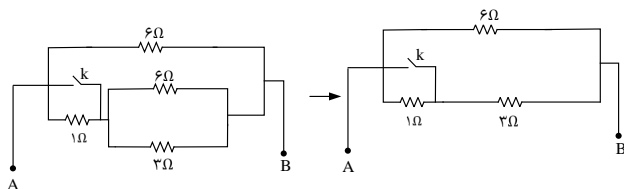
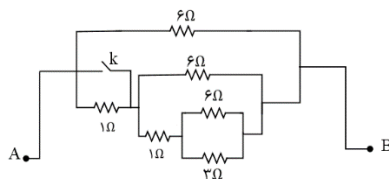
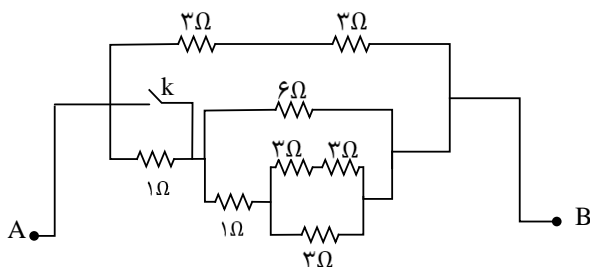
۰/۷۵ (۳)

۰/۵ (۲)

۰/۲۵ (۱)



مدار را بصورت زیر ساده می کنیم:



برای حالتی که کلید بسته می شود مقاومت 1Ω که بالا (مجاور نقطه ی A) قرار دارد. اتصال کوتاه می شود و داریم:

$$R_t = \frac{6 \times 2}{6 + 2} = 1.5\Omega \quad \text{تغییر مقاومت معادل: } 2 - 1/5 = 0/5\Omega$$

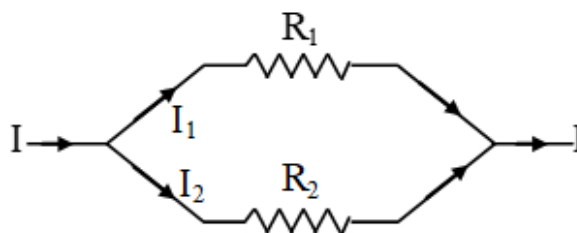
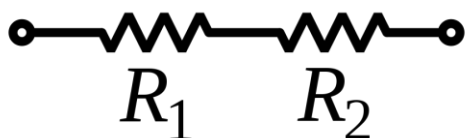


نحوه پیدا کردن اختلاف پتانسیل و جریان در مدارهای سری و موازی

در دوسر مدارهای موازی یکسان است

اختلاف پتانسیل

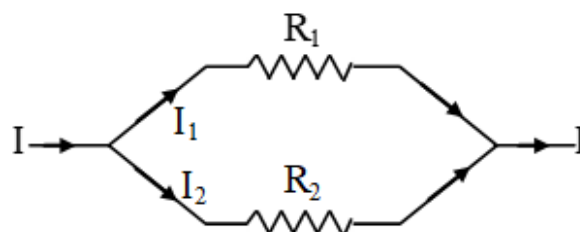
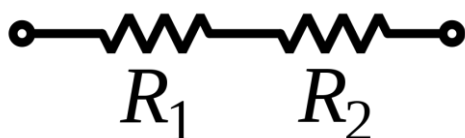
در مدارهای سری به نسبت مستقیم تقسیم میشود



در مدارهای موازی به نسبت معکوس تقسیم میشود

شدت جریان

در مدارهای سری با هم یکسان است



نکات مربوط به انرژی و توان مقاومت

محاسبه میشود

$$\left[\begin{array}{l} U = RI^2t \\ U = \frac{V^2}{R}t \\ U = VI t \end{array} \right.$$

انرژی و گرمای تولید شده در یک مقاومت از روابط

محاسبه میشود

$$\left[\begin{array}{l} P = RI^2 \\ P = \frac{V^2}{R} \\ P = VI \end{array} \right.$$

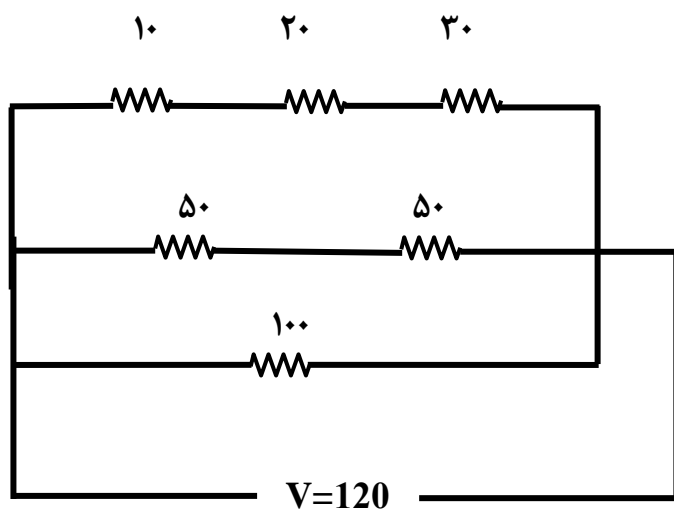
توان مصرفی در یک در یک مقاومت از روابط

تمرین مهم: با توجه به مدار مقابل:

الف: اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت؟

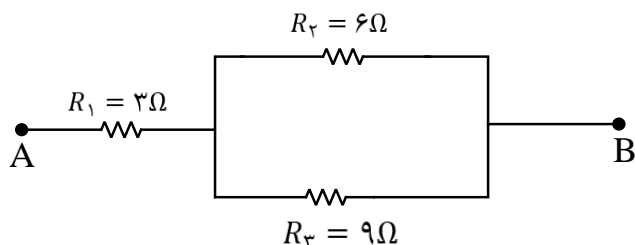
ب: توان مصرفی مقاومت R_7

ج: گرمای تولید شده در مقاومت R_7 در مدت زمان ۱۰ ثانیه؟



تست: در شکل زیر، اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مجموعه ی مقاومت ها، مقداری ثابت باشد، توان الکتریکی مصرفی در مقاومت الکتریکی مصرفی در مقاومت R_1 چند برابر توان الکتریکی مصرفی در مقاومت R_3 است؟

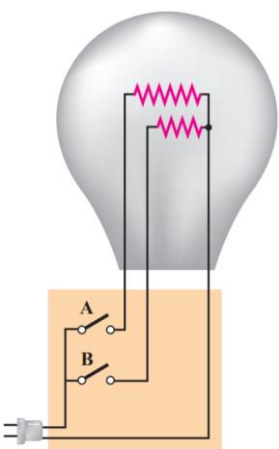
- (۱) $\frac{27}{13}$ (۲) $\frac{25}{18}$ (۳) 25 (۴) $\frac{25}{12}$



$$P = RI^2 \rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{R_1}{R_3} \times \left(\frac{I_1}{I_3}\right)^2 \rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{3}{9} \times \left(\frac{5I}{I}\right)^2 = \frac{25}{12}$$

تست: یک لامپ سه راهه $220V$ که دو رشته (مقاومت) دارد مطابق شکل برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است ماکزیمم و مینیمم توان مصرفی این لامپ به ترتیب $50W$ و $150W$ است. مقاومت هر یک از این رشته ها چه قدر است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

- ۴۸۵-۹۶۸ ۴۵۲-۳۲۳ ۹۶۸-۳۲۳ ۳۲۳-۴۵۲



پاسخ: گزینه ۱

بیشترین توان مربوط به کمترین مقاومت و کمترین توان مربوط به بیشترین مقاومت است

کمترین توان مربوط به وقتی است که کلید مربوط به رشته با مقاومت بیشتر بسته شده است

$$P_{Min} = \frac{V^2}{R_{Max}} \quad 50 = \frac{220^2}{R_{Max}} \quad R_{Max} = 968$$

در بستن موازی مقاومتها دیدیم مقاومت معادل کوچکتر از هر یک از مقاومتهاست. بنابراین بیشترین توان مربوط به وقتی است که کلیدهای a و b هر دو بسته اند؛ یعنی:



$$P_{Max} = \frac{V^2}{R_{Min\text{ کلی}}} \quad 150 = \frac{220^2}{R_{Min\text{ کلی}}} \quad R_{Min\text{ کلی}} = 323$$

$$\frac{1}{R_{Min\text{ کلی}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \frac{1}{323} = \frac{1}{968} + \frac{1}{R_2} \quad R_2 = 485$$

نکات تکمیلی مبحث توان

استفاده

$$P = RI^2$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = VI$$

در قسمت قبل خواندیم که توان مصرفی در مقاومت‌ها از روابط
میشود

اما توان مولدها توان مولد‌ها از روابط زیر محاسبه میشود

مولد محرکه

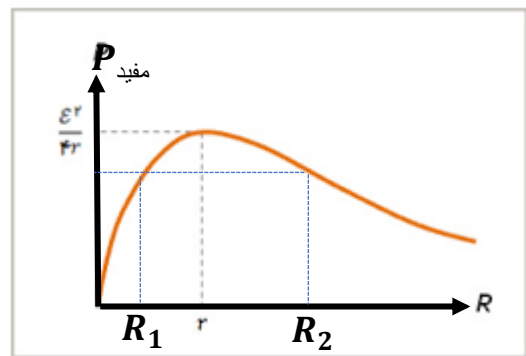
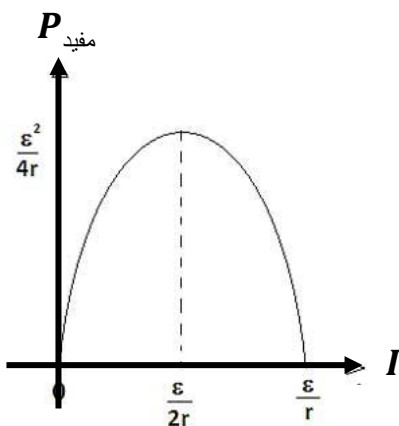
$$P_{\text{کل یا تولیدی}} = \varepsilon I$$

$$P_{\text{تلف}} = rI^2$$

$$P_{\text{مفید یا خروجی}} = \varepsilon I - rI^2$$

$$P_{\text{مفید بیشینه}} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

مولد ضد محرکه

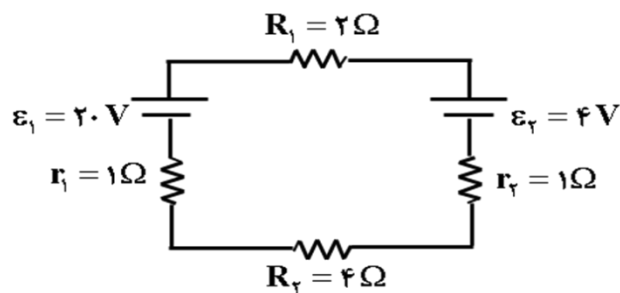
$$P_{\text{توان وروری ضد محرکه}} = \varepsilon I + rI^2$$


۲۵

$$r = \sqrt{R_1 \times R_2}$$

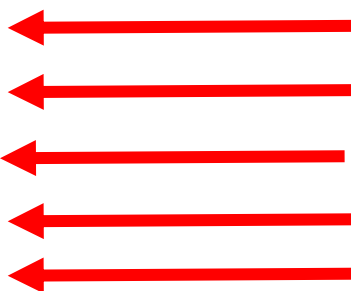


تست: با توجه به مدار شکل مقابل، توان خروجی (مفید) مولد محرکه و توان ورودی مولد ضد محرکه به ترتیب از راست به چپ چند وات است؟



- (۱) ۱۲ و ۳۶
- (۲) ۱۲ و ۴۴
- (۳) ۴ و ۴۴
- (۴) ۴ و ۳۶

در سوال بالا محاسبه کنید:



- توان تولیدی مولد محرکه؟
- توان مصرفی (تلف) مولد محرکه؟
- توان خروجی (مفید) مولد محرکه؟
- حداکثر توان مفید مولد محرکه؟
- توان ورودی به مولد ضد محرکه؟

تست: دو مقاومت ۶ و ۳ اهمی به یک مولد ۲۰ ولتی سری شده‌اند، اگر مقاومت داخلی یک اهم باشد، چند درصد از توان آن (تلف) می‌شود؟

- (۱) ۲۰
- (۲) ۱۵
- (۳) ۱۰
- (۴) ۵

تست: اگر دمای رشته درون یک لامپ را ۲۲۵۰ درجه سلسیوس افزایش دهیم، توان مصرفی آن با همان ولتاژ قبلی چگونه تغییر می‌کند؟ (ضریب دمایی مقاومت رشته درون لامپ برابر با است.)

(ویژه دانش آموزان ریاضی)

- (۱) ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.
- (۲) ۱۰ درصد افزایش می‌یابد.
- (۳) ۹۰ درصد کاهش می‌یابد.
- (۴) ۹۰ درصد افزایش می‌یابد.

$$R_2 = R_1(1 + \alpha \Delta\theta)$$

$$R_2 = R_1(1 + 4 \times 10^{-3} (2250))$$

$$R_2 = 10 R_1$$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R}{\frac{R}{10}} = \frac{1}{10}$$

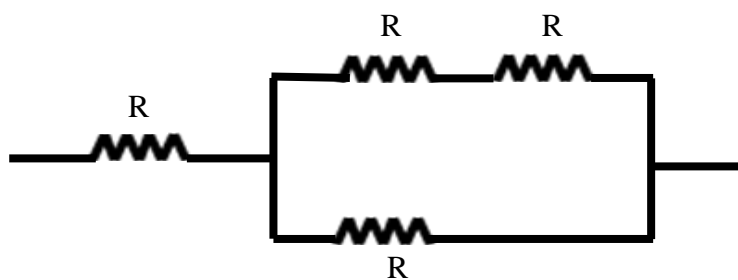
درصد تغییر = (برابر - ۱) × ۱۰۰ = (۰/۱ - ۱) × ۱۰۰ = -۹۰



حداکثر توان قابل تحمل

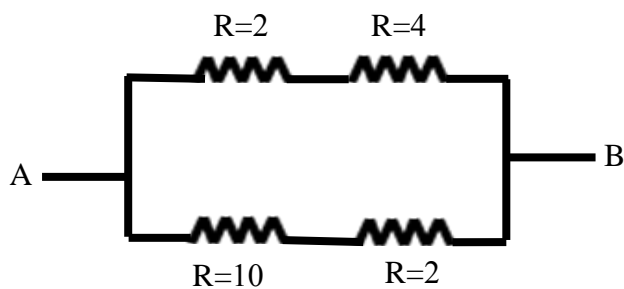
مراقب کسی باشید که بیشترین آر آی دو را دارد !!!!!!!!

تست: بیشترین توان قابل تحمل هر یک از مقاومت‌های یکسان شکل زیر ۹ وات است، بیشترین توانی که میتوان از این مدار گرفت تا هیچیک از مقاومتها آسیب نبینند چند وات است؟



- ۳ (۱)
- ۶ (۲)
- ۹ (۳)
- ۱۵ (۴)

تست: در شکل زیر بیشترین توانی که هر مقاومت بدون آسیب می‌تواند تحمل کند ۳۲ وات است، حداکثر توانی که بین دو نقطه A و B میتوان مصرف کرد بدون آنکه هیچیک از مقاومت‌های مدار آسیب ببینند چند وات است؟



- ۳۲
- ۴۸
- ۶۴
- ۷۲



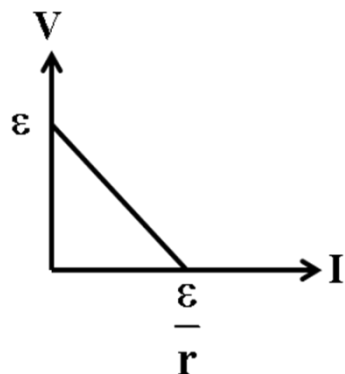
افت پتانسیل

افت پتانسیل مولد: $V' = Ir = \frac{\epsilon r}{R + r}$

افت پتانسیل مقاومت خارجی: $V' = Ir = \frac{\epsilon r}{R + r}$

$V = \epsilon - Ir$

یادآوری: در نمودار $V-I$ یک مولد محرکه داریم:



$V = \epsilon - Ir$

تست: دو سر مولدی را یک بار به مقاومت ۴ اهمی و بار دیگر به مقاومت ۳۰ اهمی وصل می‌کنیم، اگر ولت سنجی را به دو سر این مقاومتها وصل کنیم، اگر افت پتانسیل مقاومت خارجی در حالت دوم ۱/۵ برابر حالت اول شود، در اینصورت مقاومت درونی مولد چند اهم بوده است؟

- ۵(۱) ۱/۵(۲) ۲(۳) ۱/۲۵(۴)

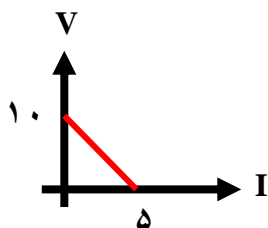
تست: افت پتانسیل درون یک مولد ۲۰ درصد نیروی محرکه مولد است، نسبت مقاومت خارجی مدار به مقاومت درونی مولد کدامست؟

- ۲(۱) ۰/۲۵(۲) ۴(۳) ۱(۴)



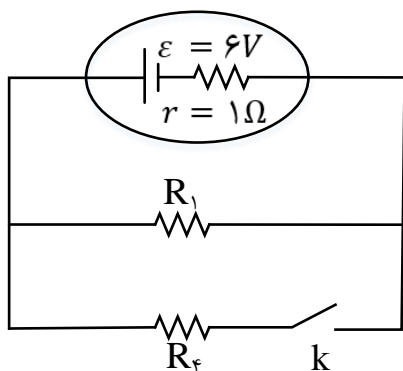
تست: نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک مولد بر حسب جریان گرفته شده از آن بصورت مقابل است، بیشترین توان مفید این مولد چند وات می شود؟

- ۱) ۲۵ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۵۰ ۴) ۱۰



تست: در مدار شکل زیر، با بستن کلید K، توان مفید مولد به بیشینه ی مقدار خود می رسد. در این حالت شدت جریان الکتریکی عبوری از مولد چند آمپر است؟

- ۱) ۲ ۲) ۱/۵ ۳) ۳ ۴) ۱



گزینه ۳

توان مفید مولد از رابطه ی $P = \varepsilon I - rI^2$ به دست می آید که این رابطه یک تابع درجه ی دوم نسبت به متغیر I می باشد. مقدار بیشینه ی این تابع (P_{max}) به ازای $I = \frac{-b}{2a} = \frac{\varepsilon}{2r}$ به دست می آید. داریم:

$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{2r} \\ I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \end{cases} \rightarrow \frac{\varepsilon}{2r} = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \rightarrow R_T = r$$

$$\xrightarrow{r=1\Omega} R_T = 1\Omega \text{ و } I = \frac{6}{1+1} = 3A$$



ولتاژ و توان اسمی

بر روی هر وسیله ی برقی ۲ عدد نوشته می شود که یکی از آن ها اختلاف پتانسیل مناسب کار دستگاه است که به آن ولتاژ اسمی می گویند و عدد دوم توان کار دستگاه در صورت اتصال به ولتاژ اسمی است که به این توان، توان اسمی می شود
به زبان ساده تر، به ولتاژ و توانی که کارخانه سازنده بر روی وسیله درج کرده، ولتاژ و توان اسمی میگوییم به ولتاژی که در دنیای واقعی به وسیله وصل میکنیم، ولتاژ واقعی میگوییم و این مقادیر را از فرمول زیر محاسبه نمایید

$$\frac{P_{\text{اسمی}}}{P_{\text{واقعی}}} = \frac{V_{\text{اسمی}}^2}{V_{\text{واقعی}}^2}$$

تست: دو سر یک لامپ را که بر روی آن اعداد ۲۰۰ وات و ۲۲۰ ولت نوشته شده است، آنرا به اختلاف پتانسیل ۱۱۰ وصل می کنیم. انرژی الکتریکی مصرف شده توسط لامپ در مدت ۱۲ ساعت برابر چند کیلووات ساعت است؟ (مقاومت لامپ را ثابت فرض می کنیم)

- (۱) ۲/۴
(۲) ۱/۲
(۳) ۰/۶
(۴) ۰/۳

$$\frac{P_{\text{اسمی}}}{P_{\text{واقعی}}} = \frac{V_{\text{اسمی}}^2}{V_{\text{واقعی}}^2}$$

$$\frac{R_1 = 200 \text{ W}, V_1 = 220 \text{ V}}{R_r = ?, V_r = 110 \text{ V}} \rightarrow \frac{200}{P_r} = \left(\frac{220}{110} \right)^2 \rightarrow P_r = 50 \text{ W}$$

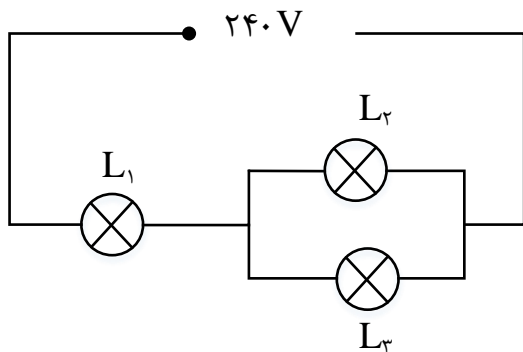
$$U = P \cdot t \xrightarrow{P=50 \text{ W} = 50 \times 10^{-3} \text{ kW}, t=12 \text{ h}} U = 50 \times 10^{-3} \times 12$$

$$\rightarrow U = 0.6 \text{ kWh}$$

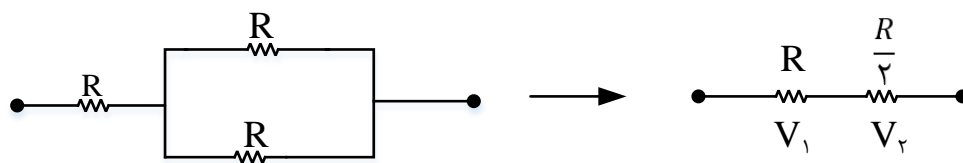


تست: در مدار شکل زیر، لامپ ها مشابه و روی هر یک اعداد (240V، 100W) درج شده است. در این مدار توان مصرفی لامپ L_1 چند وات است؟ (مقاومت لامپ ها ثابت فرض شود).

- (۱) $\frac{400}{9}$ (۲) $\frac{200}{9}$ (۳) $\frac{200}{3}$ (۴) $\frac{400}{3}$



لامپ ها مشابه و مقاومت الکتریکی هر یک را که ثابت است، برابر با R در نظر می گیریم؛ بنابراین:



اختلاف پتانسیل دو سر لامپ L_1 برابر است با:

$$V_1 = R_1 I \xrightarrow{I = \frac{V}{R_T}} V_1 = \frac{R}{R + \frac{R}{2}} \times V = \frac{2}{3} \times 240 = 160V$$

حال با استفاده از مشخصات اسمی لامپ، توان مصرفی آن را در حالتی که به اختلاف پتانسیل 160V متصل است، حساب می کنیم:

$$\frac{P_1}{P'_1} = \left(\frac{V_1}{V'_1}\right)^2 \rightarrow \frac{P_1}{100} = \left(\frac{160}{240}\right)^2 \rightarrow P_1 = \frac{400}{9} W$$



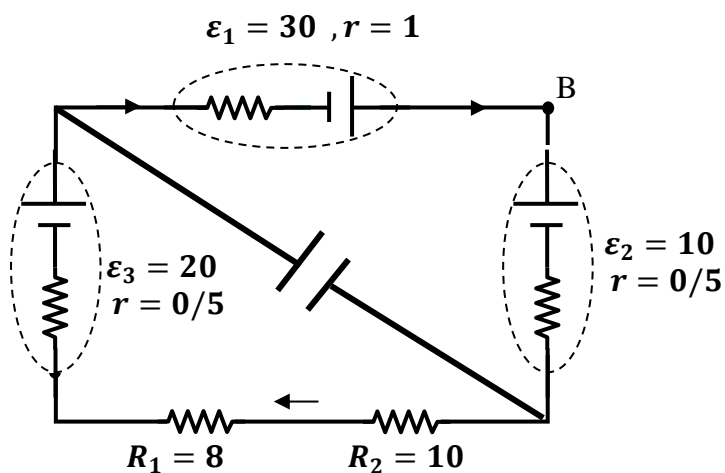
مدارهای RC (مطالعه نیمه آزاد)

مدارهای RC یعنی مداری که در آن هم مقاومت (R) داریم و هم خازن (C)، دقت کنید که خازن ها در زمان کوتاهی کاملاً پر میشوند و دیگر جریانی را از خود عبور نمیدهند در مدارهای RC سه حالت زیر وجود دارد:

- اگر خازن در شاخه اصلی باشد، جریان در شاخه اصلی صفر می شود.
- اگر خازن موازی با جزئی از مدار باشد ولتاژ دو سر خازن با آن جزء از مدار برابر می شود.
- اگر خازن سری با جزئی از مدار باشد، جریان فقط در آن شاخه صفر می شود.

تست: با توجه به شکل مقابل شدت جریان عبوری از مقاومت ۵ اهمی بر حسب آمپر و انرژی ذخیره شده در خازن (۲۰ میکروفارادی) بر حسب میکروژول به ترتیب از راست به چپ.....

(۱) ۴۹۰ - ۲ (۲) ۳۸۰ - ۲ (۳) ۱۰ - ۳۸۰ (۴) هیچکدام



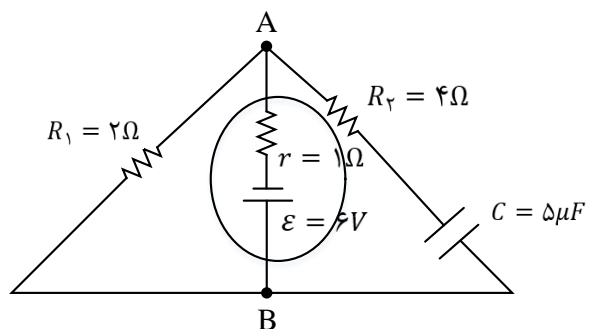
تست: در مدار شکل زیر، انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن C چند میکروژول است؟

۶۲/۵ (۴)

۵۷/۶ (۳)

۹۰ (۲)

۴۰ (۱)



گزینه ۱ : از آن جایی که مقاومت R_2 در شاخه ای از مدار، شامل خازن C قرار گرفته است، جریان الکتریکی مستقیم از آن عبور نمی کند و بنابراین ولتاژ بین دو نقطه ی A و B همان ولتاژ دو سر خازن خواهد شد.

پس خواهیم داشت:

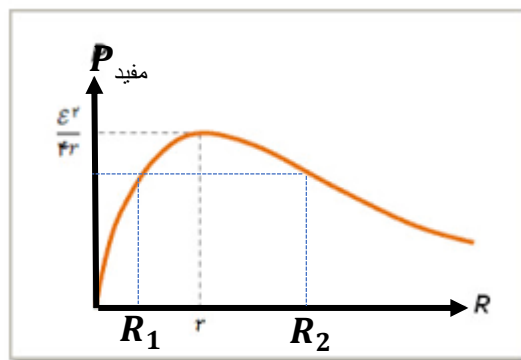
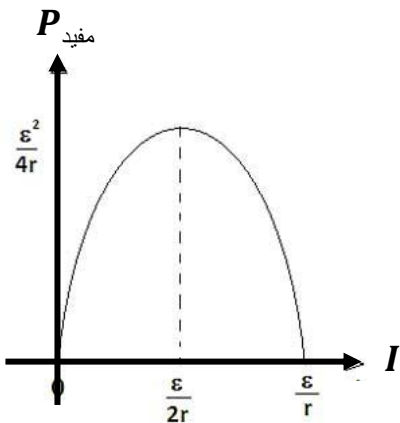
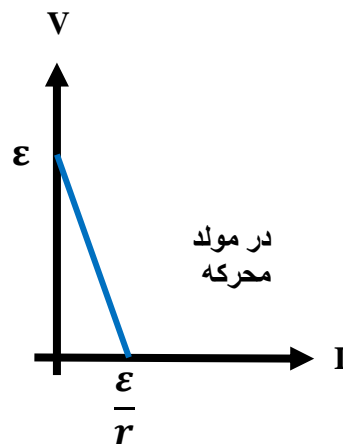
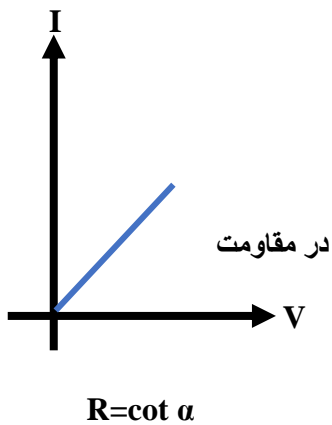
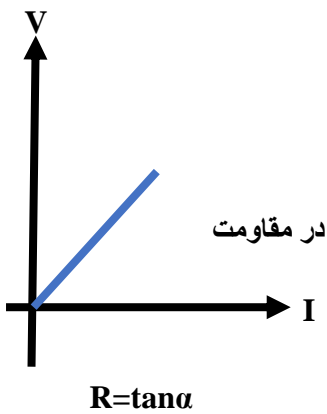
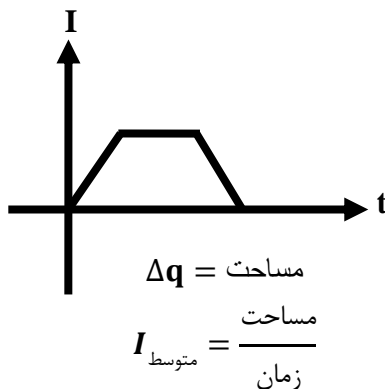
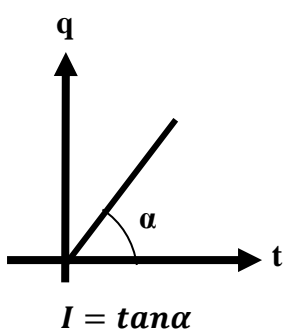
$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} \rightarrow I = \frac{6}{2 + 1} = 2A$$

$$V_{AB} = \varepsilon - Ir \rightarrow V = 6 - 2 \times 1 = 4V$$

$$\xrightarrow{U = \frac{1}{2}CV^2, C=5\mu F, V=4V} U = \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2 = 40\mu J$$



جمع بندی نمودارهای فصل جریان



$r = \sqrt{R_1 \times R_2}$



Home Work

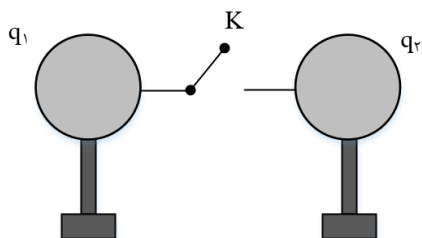
۱- مطابق شکل زیر، دو گوی فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_1 = 6\mu C$ و $q_2 = -4\mu C$ می باشند و روی پایه های عایق در مجاورت یک دیگر قرار گرفته اند. اگر کلید K را وصل کنیم در مدت $2ms$ این دو کره هم پتانسیل می شوند. بزرگی جریان متوسط عبوری از کلید در این مدت زمان چند میلی آمپر است؟

۵ (۴)

۲ (۳)

۲/۵ (۲)

۱ (۱)



۲- معادله ی بار الکتریکی عبوری از مقطع یک سیم رسانا در SI به صورت $q = (4t^2 + 2t + 6)$ است. در کدام یک از بازه های زمانی زیر بزرگی جریان الکتریکی متوسط عبوری از این سیم بیش تر است؟

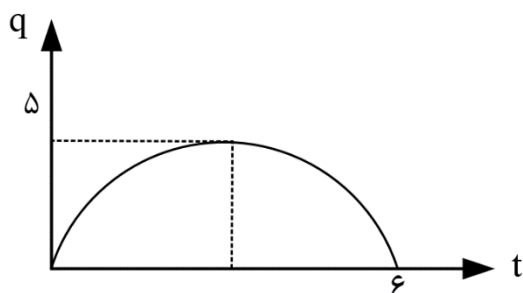
$t' = 1s$ تا $t = 0$ (۲)

$t' = 2s$ تا $t = 0$ (۱)

$t' = 3s$ تا $t = 2s$ (۴)

$t' = 2s$ تا $t = 1s$ (۳)

۳- نمودار بار گذرنده از سطح مقطع رسانا بر حسب زمان به صورت زیر سهم ی است. جریان متوسط در بازه $2/1s$ تا $3/9s$ چند آمپر است؟



(۱) صفر

(۱) ۲

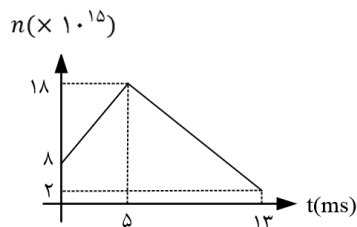
(۳) ۱/۵

(۴) اطلاعات سؤال کافی نیست.



۴- نمودار تعداد الکترونهاى گذرنده از يك رسانای حامل جریان الكتریكى بر حسب زمان به صورت روبه رو است. جریان متوسط در دو ثانیه سوم حرکت برابر چند آمپر می باشد؟

- (۱) صفر (۲) $1/28$ (۳) $2/56$ (۴) $5/12$



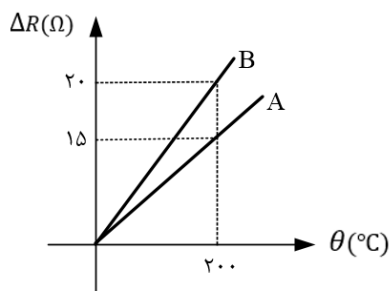
۵- دو سیم فلزی A و B دارای طول و مقاومت الكتریكى مساوی اند. اگر جریان سیم B، $\frac{2}{3}$ جرم سیم A بوده و چگالی $\frac{1}{3}$ آن چگالی سیم A باشد، مقاومت ویژه سیم B چند برابر مقاومت ویژه سیم A است؟

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

۶- سیمی به طول I و مقاومت R در اختیار داریم. سیم را از وسط نصف کرده و یک نیمه آن را کنار می گذاریم. نیمه باقی مانده سیم را در دمای ثابت کشیده تا طول سیم مجدد اشود. مقاومت این سیم چند R می شود؟

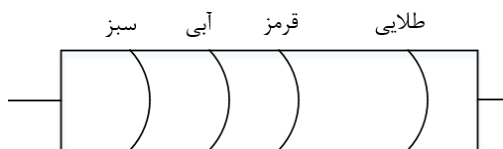
- (۱) ۲ (۲) ۴ (۳) $\frac{1}{2}$ (۴) $\frac{1}{4}$

۷- نمودار زیر تغییرات مقاومت الكتریكى دو رسانای A و B را بر حسب دمای درجه سلسیوس نشان می دهد. اگر در دمای $0^{\circ}C$ $R_B = 2R_A$ باشد، نسبت $\frac{\alpha_A}{\alpha_B}$ کدام است؟



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

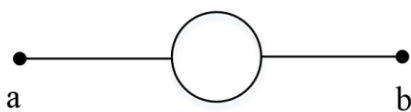
۸- در شکل زیر بیشترین مقدار مقاومت شکل چند اهم می تواند باشد؟ (سبز: ۵، قرمز: ۲، آبی: ۶، طلایی: ۵)



- (۱) ۵۶۰ (۲) ۵۶۰۰ (۳) ۵۳۲۰ (۴) ۵۸۸۰



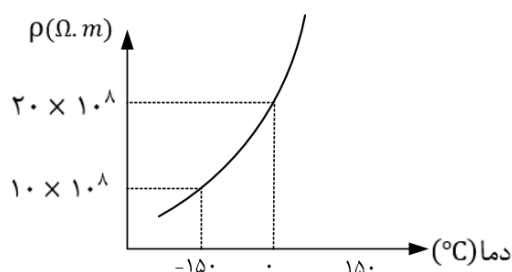
۹- سیم یکنواختی به مقاومت R به سه طول مساوی بریده و یکی از این سه را به شکل دایره در آورده و مطابق شکل به هم متصل می کنیم. مقاومت معادل بین a و b برابر کدام است؟



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

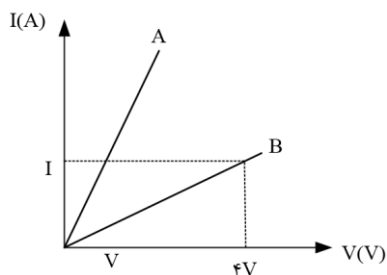
۱۰- نمودار مقاومت ویژه ی یک فلز بر حسب دما به شکل زیر است. ضریب دمایی مقاومت ویژه ی این فلز چند K^{-1} است؟

- (۱) $\frac{1}{150}$ (۲) $\frac{1}{75}$ (۳) $-\frac{1}{150}$ (۴) $-\frac{1}{75}$



۱۱- نمودار جریان بر حسب ولتاژ برای دو سیم مختلف با جرم های مساوی و چگالی های $\rho_A = 8 \frac{g}{cm^3}$ و $\rho_B = 2/4 \frac{g}{cm^3}$ مطابق شکل زیر است. اگر مقاومت ویژه ی سیم B در برابر مقاومت ویژه ی سیم A باشد، قطر سطح مقطع سیم A چند برابر قطر سطح مقطع سیم B است؟ (دما ثابت و یکسان است.)

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

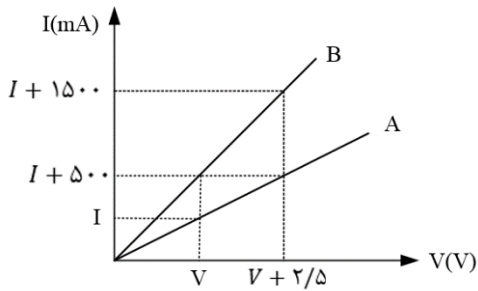


۱۲- یک مکعب فلزی مستطیل شکل به ابعاد $1cm$ ، $2cm$ ، $8cm$ را در راستای هر یک از اضلاع آن می توان در مداری که اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر این مکعب ثابت است، قرار داد. حداکثر جریان عبوری از این مکعب چند برابر حداقل جریان الکتریکی عبوری از آن است؟

- (۱) 64 (۲) $\frac{1}{64}$ (۳) 32 (۴) $\frac{1}{32}$



۱۳- نمودار شدت جریان الکتریکی عبوری از دو مقاومت A و B بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر آنها مطابق شکل است. حاصل $R_A - R_B$ بر حسب اهم کدام است؟



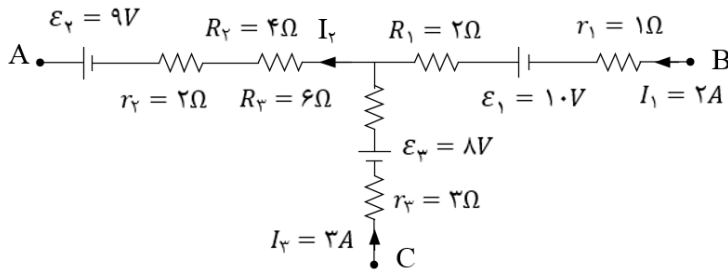
۱۰ (۱)

۵ (۲)

۲/۵ (۳)

۱/۲۵ (۴)

۱۴- در مدار شکل زیر، پتانسیل نقطه ی A چند ولت است؟



۴۰ (۱)

-۴۰ (۲)

۱۴ (۳)

-۱۴ (۴)

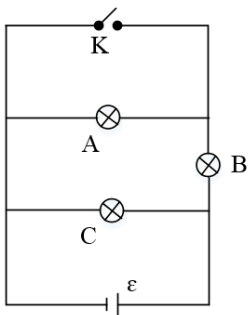
۱۵- مطابق شکل زیر سه لامپ A, B و C به یک باتری با مقاومت درونی ناچیز متصل شده اند. با بستن کلید K نور این لامپ ها چگونه تغییر می کند؟ (مقاومت لامپ ها را ثابت فرض کنید).

(۱) لامپ A خاموش شده و نور لامپ C افزایش می یابد.

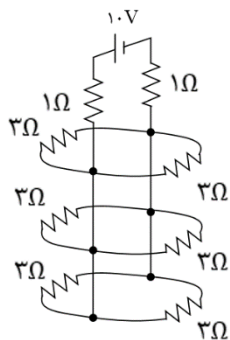
(۲) نور لامپ های B و C افزایش می یابد.

(۳) نور لامپ B افزایش یافته و نور لامپ C ثابت می ماند.

(۴) لامپ A خاموش شده و نور لامپ B کاهش می یابد.



۱۶- در مدار شکل زیر شدت جریانی که از منبع نیروی محرکه آرمانی و از مقاومت های ۳ اهمی می گذرد، به ترتیب و از راست به چپ چند آمپر است؟



(۱) ۳ و $\frac{1}{2}$

(۲) ۴ و $\frac{1}{2}$

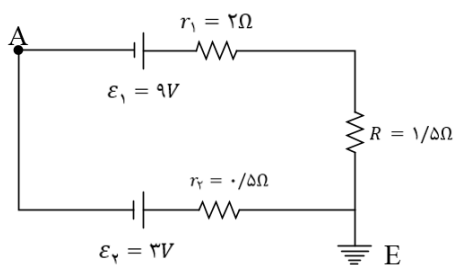
(۳) ۳ و $\frac{2}{3}$

(۴) ۴ و $\frac{2}{3}$

۱۷- افت پتانسیل در یک مولد در اتصال مقاومت R به آن $\frac{1}{3}$ نیروی محرکه است. اگر در اثر فرسودگی مقاومت درونی آن ۵۰ درصد زیاد شود، افت پتانسیل در این مولد در اتصال به همان مقاومت R چند برابر نیروی محرکه می شود؟

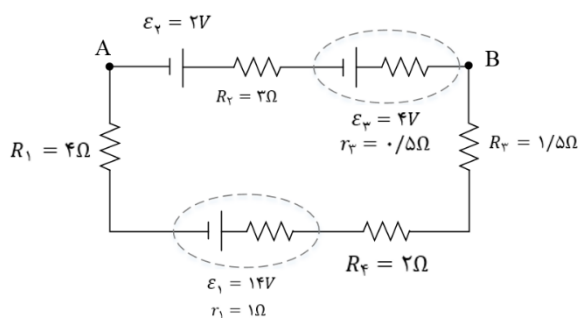
(۱) $\frac{5}{70}$ (۲) $\frac{3}{7}$ (۳) $\frac{2}{7}$ (۴) $\frac{1}{7}$

۱۸- در شکل زیر با فرض آن که نقطه E مبدا پتانسیل باشد ($V_E = 0$). پتانسیل A چند ولت است؟



(۱) $-\frac{3}{75}$ (۲) $\frac{2}{25}$ (۳) $\frac{3}{75}$ (۴) $-\frac{2}{25}$

۱۹- در شکل اختلاف پتانسیل بین A و B ($V_B - V_A$) چند V است؟



(۱) $\frac{14}{3}$

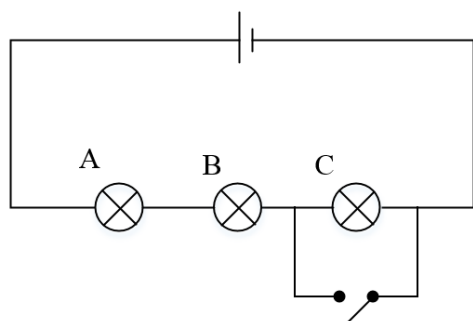
(۲) ۶

(۳) $\frac{25}{3}$

(۴) ۱۲



۲۰- در شکل مقابل با بستن کلید کدام اتفاق می افتد؟ (A, B) و C لامپ هستند و مقاومت درونی باتری ناچیز است.



(۱) اختلاف پتانسیل دو سر A و B تغییر نمی کند.

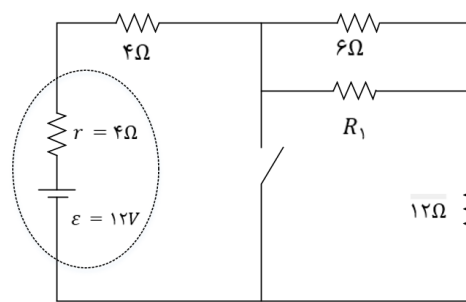
(۲) اختلاف پتانسیل دو سر C نصف می شود.

(۳) اختلاف پتانسیل دو سر مولد کاهش می یابد.

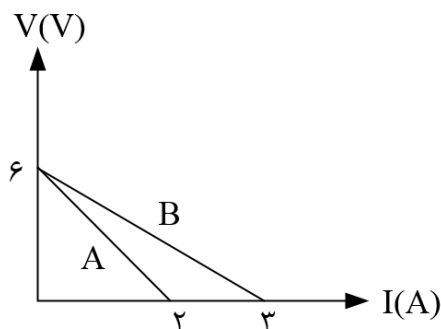
(۴) اختلاف پتانسیل B به اندازه ۵۰ درصد افزایش می یابد

۲۱- در شکل زیر، با بستن کلید، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری ۴۰ درصد کاهش می یابد، R_1 چند اهم است؟

- (۱) ۳ (۲) ۶ (۳) ۱۲ (۴) ۱۸



۲۲- اگر برای دو باتری A و B نمودار $V - I$ مطابق شکل زیر باشد کدام گزینه در مورد این دو باتری درست است؟



(۱) $r_B = 2\Omega, r_A = 3\Omega, \varepsilon_B = 3V, \varepsilon_A = 2V$

(۲) $r_B = 3\Omega, r_A = 2\Omega, \varepsilon_B = 2V, \varepsilon_A = 3V$

(۳) $r_B = 2\Omega, r_A = 3\Omega, \varepsilon_B = \varepsilon_A = 6V$

(۴) $r_B = 3\Omega, r_A = 2\Omega, \varepsilon_B = \varepsilon_A = 6V$



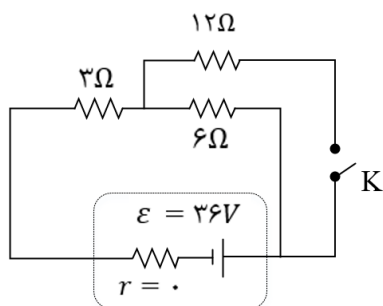
۲۳- با بستن کلید k، جریان عبوری از مقاومت ۶ اهمی چند برابر می شود؟

$\frac{7}{6}$ (۴)

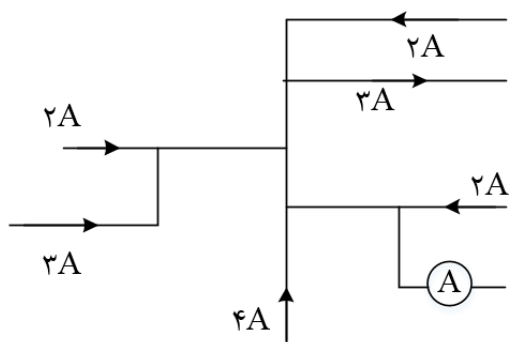
$\frac{6}{7}$ (۳)

$\frac{3}{7}$ (۲)

$\frac{7}{3}$ (۱)



۲۴- در مدار شکل زیر، آمپر سنج چند آمپر را نشان می دهد؟ (آمپر سنج ایده آل است).



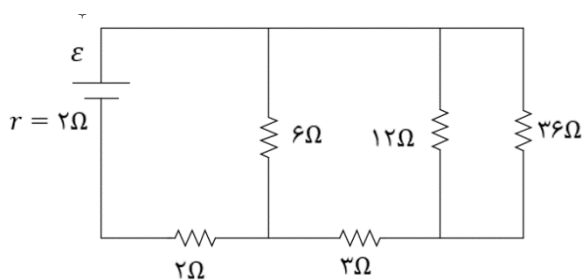
۱۰ (۱)

۱۲ (۲)

۴ (۳)

۶ (۴)

۲۵- در مدار زیر، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومتی که بیشترین توان در آن تلف می شود، ۱۲ ولت است. ε چند ولت است؟



۱۲ (۱)

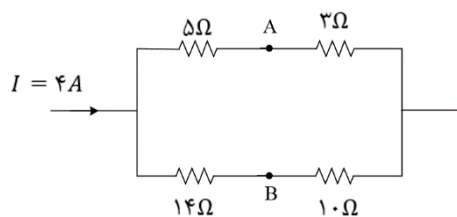
۱۸ (۲)

۲۰ (۳)

۲۴ (۴)



۲۶- در مدار شکل زیر، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه ی A و B، $(V_A - V_B)$ چند ولت است؟



(۱) -۱

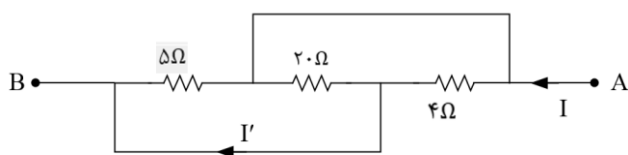
(۲) +۱

(۳) -۲۹

(۴) +۲۹

۲۷- در شکل زیر اگر $V_A - V_B = 20V$ باشد، جریان I' چند آمپر است؟

(۱) ۱۰ (۲) ۸ (۳) ۶ (۴) ۴



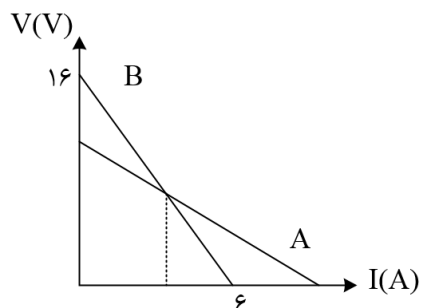
۲۸- منبعی با نیروی محرکه ی ۶ ولت را که مقاومت داخلی آن r است، به مقاومت R می بندیم و جریان الکتریکی

0.2 آمپر از آن عبور می کند. افت پتانسیل در مقاومت داخلی، $\frac{1}{9}$ افت پتانسیل در مقاومت خارجی است. مقاومت R چند اهم است؟

(۱) ۳ (۲) ۲۷ (۳) ۲۴ (۴) ۳۰

۲۹- نمودار اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر دو باتری A و B بر حسب جریان الکتریکی عبوری از آنها به صورت زیر است. اگر مقاومت درونی باتری های A و B به ترتیب $r_A = 1\Omega$ و $r_B = 1/5\Omega$ باشد. نیروی محرکه ی باتری A چند ولت است؟

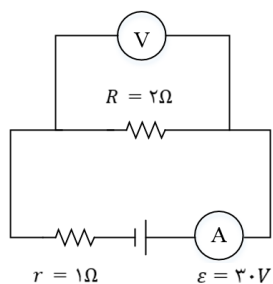
(۱) ۱۰ (۲) ۱۲ (۳) ۱۵ (۴) ۱۳



۳۰- اگر در مدار زیر مقاومت الکتریکی R را دو برابر کنیم، اعدادی که ولت سنج و آمپر سنج ایده آل نشان می دهند به ترتیب از راست به چپ چند برابر می شوند؟

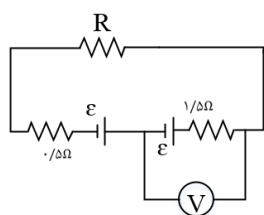
(۱) $\frac{3}{5}, \frac{3}{5}$ (۲) $\frac{6}{5}, \frac{6}{5}$

(۳) $\frac{3}{5}, \frac{6}{5}$ (۴) $\frac{6}{5}, \frac{3}{5}$



۳۱- در مدار شکل زیر، ولت سنج عدد صفر را نشان می دهد، مقاومت R چند اهم است؟

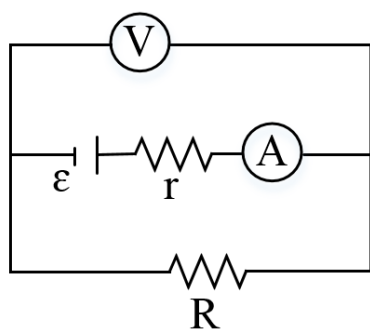
(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۵



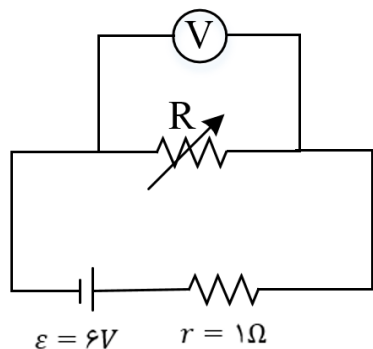
۳۲- در مدار زیر اگر مقدار مقاومت R را افزایش دهیم، مقادیری که آمپر سنج و ولت سنج ایده آل نشان می دهند، به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می کند؟

(۱) کاهش می یابد - کاهش می یابد (۲) افزایش می یابد - افزایش می یابد

(۳) افزایش می یابد - کاهش می یابد (۴) کاهش می یابد - افزایش می یابد



۳۳- در مدار زیر اگر مقاومت الکتریکی رئوستا دو برابر شود، عددی که ولت سنج ایده آل نشان می دهد، ۱۷ افزایش می یابد. مقدار اولیه ی مقاومت رئوستا چند اهم می تواند باشد؟



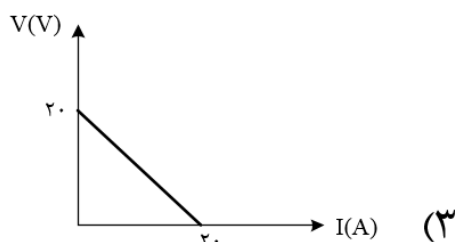
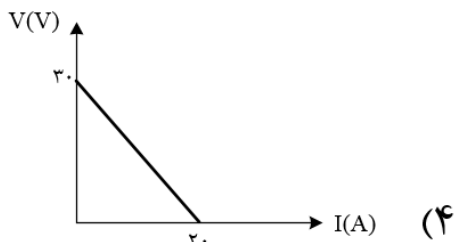
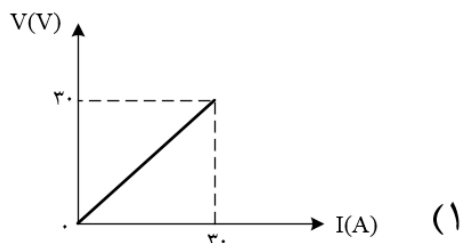
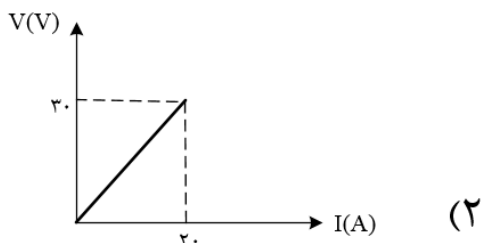
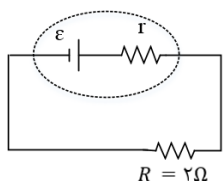
(۱) ۲/۵

(۲) ۱/۵

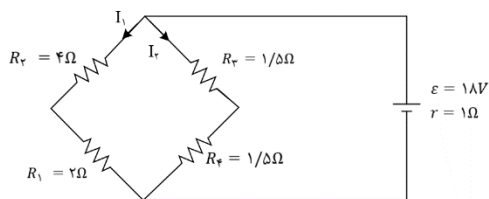
(۳) ۲

(۴) ۱

۳۴- در مدار زیر، اگر مقاومت الکتریکی R را دو برابر کنیم، جریان الکتریکی عبوری از مدار ۴۰ درصد کاهش می یابد. کدام نمودار می تواند نشان دهنده ی تغییرات اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری این مدار، بر حسب جریان الکتریکی عبوری از آن باشد؟



۳۵- با توجه به مدار زیر، افت پتانسیل مقاومت R_2 چند برابر افت پتانسیل درون مولد است؟



(۱) $\frac{2}{3}$

(۲) $\frac{3}{2}$

(۳) $\frac{4}{3}$

(۴) $\frac{3}{4}$

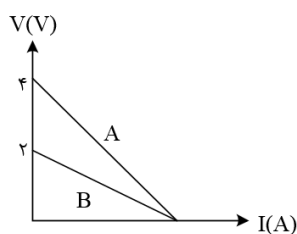
۳۶- نمودار ولتاژ دو سر مولدهای A و B بر حسب جریان های گذرنده از آنها مطابق شکل است. اگر از هر دو مولد جریان یکسانی بگذرد، توان تلف شده در مولد A چند برابر توان تلف شده در مولد B است؟

(۴) ۳

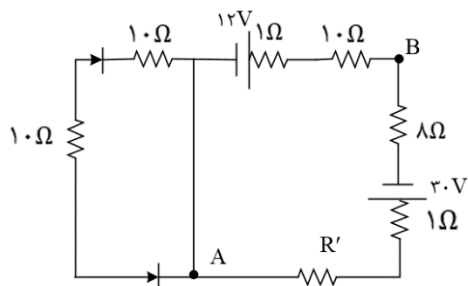
(۳) ۲

(۲) ۱/۵

(۱) ۰/۵



۳۷- در مدار روبه رو اگر $V_A - V_B = 10V$ باشد، مقاومت R' چند اهم است؟



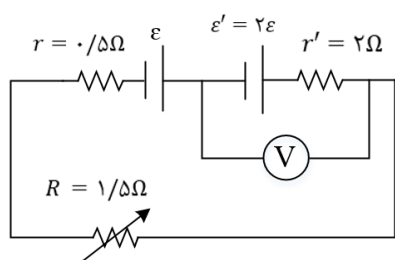
(۱) صفر

(۲) ۱

(۳) ۴

(۴) ۶

۳۸- در مدار رو به مقاومت متغیر را چند اهم و چگونه تغییر دهیم تا ولت سنج صفر و را نشان دهد؟



(۱) مقاومت متغیر را تغییر ندهیم.

(۲) 1Ω کاهش دهیم.

(۳) 1Ω افزایش دهیم.

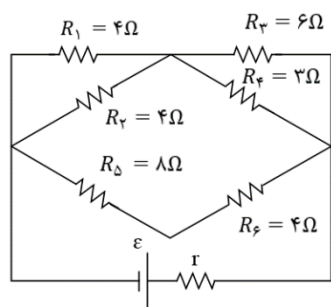
(۴) $0/5\Omega$ کاهش دهیم.



۳۹- در سیم کشی منازل، همه مصرف کننده ها به طور موازی متصل می شوند. یک اتوی $1100W$ ، یک نان برشته کن $1800W$ ، پنج لامپ رشته ای $100W$ ، یک بخاری $1100W$ به پریزهای یک مدار سیم کشی خانگی $200V$ وصل می شوند. در این مدار فیوز حداقل چند آمپری قرار دهیم تا فیوز نپرد؟

- ۱۰ (۱) ۱۲ (۲) ۱۵ (۳) ۲۲/۵ (۴)

۴۰- در مدار شکل مقابل بیشینه توان مصرفی در کدام مقاومت مصرف می شود؟



R_4 (۱)

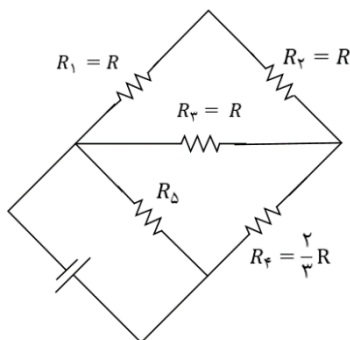
R_1 (۲)

R_5 (۳)

R_3 (۴)

۴۱- در مدار زیر، توان مصرفی مقاومت R_3 ، $\frac{1}{3}$ توان مصرفی مقاومت R_5 است. مقاومت

معادل مدار چند برابر R است؟



$\frac{4}{3}$ (۲)

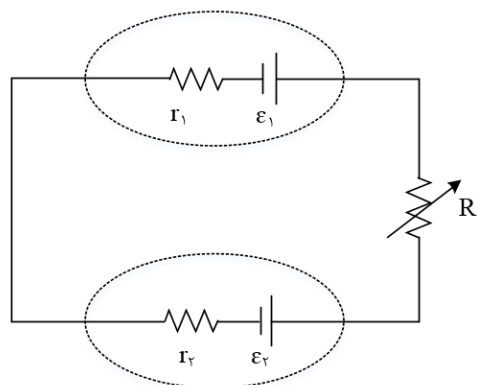
$\frac{8}{3}$ (۱)

$\frac{1}{3}$ (۴)

$\frac{2}{3}$ (۳)

۴۲- در مدار زیر، $\epsilon_2 < \epsilon_1$ است. در این مدار، با کاهش مقاومت R اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری ۱

و توان ورودی باتری ۲ به ترتیب چگونه تغییر می کنند؟



(۱) کاهش - افزایش

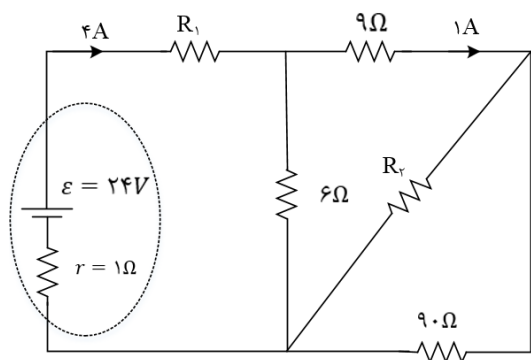
(۲) کاهش - کاهش

(۳) افزایش - افزایش

(۴) افزایش - کاهش



۴۳- در شکل روبه رو، توان الکتریکی مصرفی مقاومت R_2 چند وات است؟



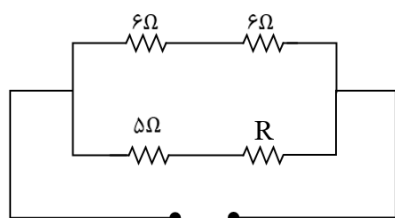
(۱) ۹/۸

(۲) ۸/۱

(۳) ۷/۲

(۴) ۳/۶

۴۴- در مدار زیر بیشینه توان مصرفی مربوط به مقاومت R است. مقاومت R کدام یک از گزینه های زیر می تواند باشد؟
($\sqrt{6} \cong 2/4$)



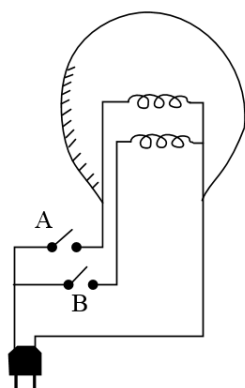
(۱) ۷

(۲) ۴

(۳) ۱۲

(۴) ۱۴

۴۵- مطابق شکل یک لامپ سه راهه ۲۲۰ ولتی که در رشته دارد برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است. کم ترین و بیشترین توان مصرفی این لامپ به ترتیب $50W$ و $150W$ است. مقاومت هریک از رشته ها تقریباً چند اهم است؟



(۱) ۴۸۵ - ۹۶۸

(۲) ۶۵۸ - ۹۶۸

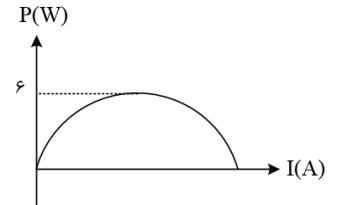
(۳) ۳۴۸ - ۶۲۸

(۴) ۲۸۶ - ۵۸۴



۴۶- نمودار شکل زیر تغییرات توان مفید یک مولد را برحسب جریان عبوری از آن نشان می دهد. اختلاف مقاومت های متغیر متصل به مولد برای آن که توان مولد $5/76$ وات شود، چند برابر مقاومت داخلی مولد است؟

- ۳ (۱) ۴ (۲) ۵ (۳) ۶ (۴)



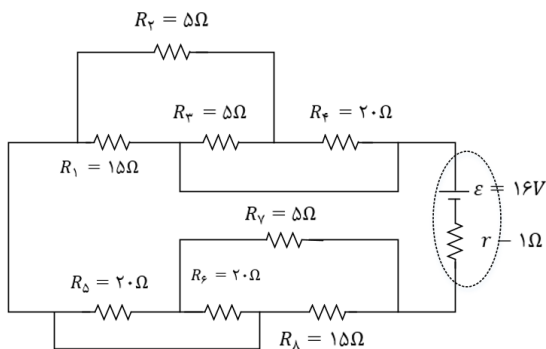
۴۷- دو مقاومت یکسان R را به طور متوالی به ولتاژ ثابتی می بندیم. توانی که در مجموعه ی دو مقاومت مصرف می شود، 40 W است. اگر این دو مقاومت را به طور موازی به همان پتانسیل ببندیم، توان مصرفی در مجموعه ی دو مقاومت در این حالت چند وات است؟

- ۱۰ (۱) ۴۰ (۲) ۸۰ (۳) ۱۶۰ (۴)

۴۸- روی یک لامپ اعداد 100 وات و 200 ولت نوشته شده و با همان ولتاژ روشن است. اگر به علت افت ولتاژ توان مصرفی لامپ 19 درصد کاهش پیدا کند، افت ولتاژ چند ولت خواهد بود؟

- ۱۲ (۱) ۱۹ (۲) ۲۰ (۳) ۸۸ (۴)

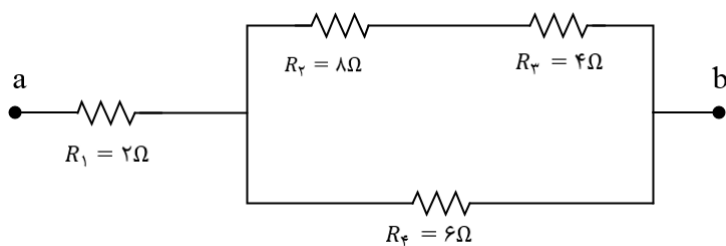
۴۹- با توجه به مدار مقابل، توان خروجی باتری در مدار چند وات است؟



- ۱۰ (۱)
۱۵ (۲)
۲۰ (۳)
۳۰ (۴)



۵۰- در شکل زیر حداکثر توان قابل تحمل هر یک از مقاومت ها ۶۰ وات است. حداکثر توانی که می توان از مجموعه گرفت تا هیچ یک از مقاومت ها آسیب نبینند، چند وات است؟



۲۴۰ (۱)

۱۳۵ (۲)

۱۱۰ (۳)

۱۰۰ (۴)

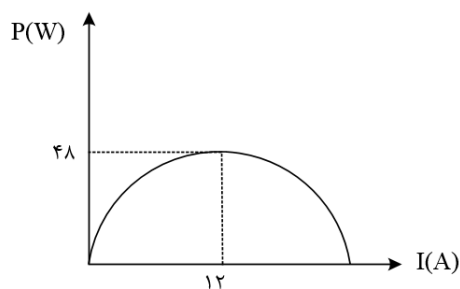
۵۱- با توجه به نمودار زیر که مربوط به توان خروجی بر حسب جریان برای یک باتری است. به ترتیب از راست به چپ، نیروی محرکه ی باتری و مقاومت درونی آن در واحد SI چقدر است؟

۳ و ۸ (۲)

۳ و ۴ (۱)

$\frac{1}{3}$ و ۸ (۴)

$\frac{1}{3}$ و ۴ (۳)



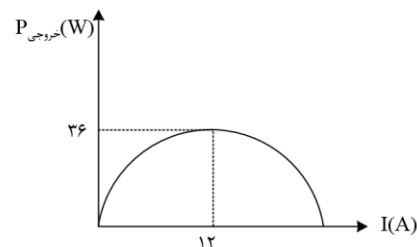
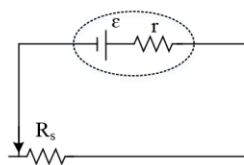
۵۲- در مدار شکل زیر، توان خروجی باتری بر حسب جریانی که از آن می گذرد، مطابق نمودار زیر است. مقاومت رئوستا چند اهم باشد تا توان خروجی باتری بیشینه شود؟

۱ (۴)

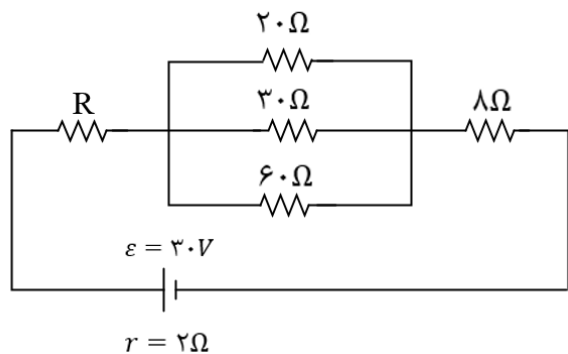
۰/۷۵ (۳)

۰/۵ (۲)

۰/۲۵ (۱)

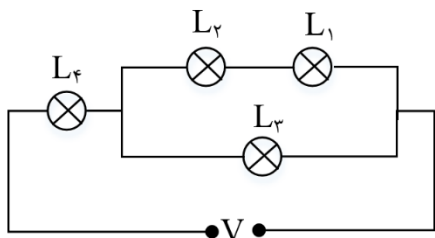


۵۳- در مدار شکل زیر، اندازه ی مقاومت R را بر حسب اهم کدام گزینه انتخاب کنیم، تا توان مصرفی در آن همواره از توان مصرفی در سایر مقاومت ها بیش تر باشد؟



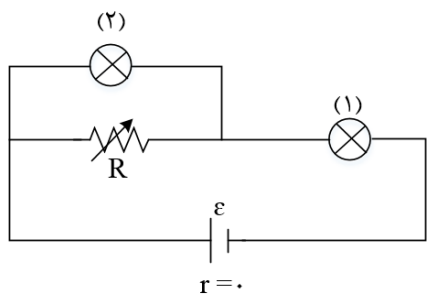
- (۱) 3Ω
- (۲) 6Ω
- (۳) 8Ω
- (۴) 9Ω

۵۴- در مدار زیر لامپ ها مشابه اند. اگر توان بیشینه ای که هر کدام از لامپ ها می تواند تحمل کند $90W$ باشد بیشینه توان مصرفی مدار چند وات باشد تا هیچ یک از مقاومت ها آسیب نبینند؟



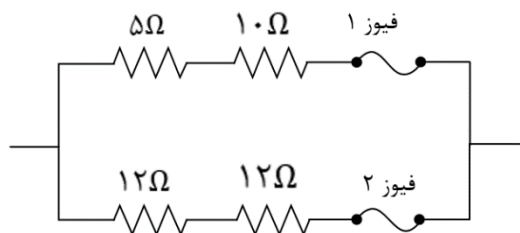
- (۱) ۱۱۰
- (۲) ۱۲۵
- (۳) ۱۳۰
- (۴) ۱۵۰

۵۵- در مدار شکل مقابل با افزایش مقاومت R ، نور لامپ ها چگونه تغییر می کند؟



- (۱) هر دو کم می شود.
- (۲) لامپ (۱) کم و لامپ (۲) زیاد می شود.
- (۳) هر دو زیاد می شود.
- (۴) لامپ (۱) زیاد و لامپ (۲) کم می شود.

۵۶- در مدار زیر توان کل مصرفی در مقاومت ها در یک لحظه برابر $9000W$ است. اگر فیوزهای (۱) و (۲) هر دو یکسان و $15A$ باشند، کدام گزینه درست است؟



- (۱) در این لحظه فیوز (۱) می پرد.
- (۲) در این لحظه فیوز (۲) می پرد.
- (۳) در این لحظه فیوز (۱) و (۲) هر دو می پرد.
- (۴) هیچ کدام از فیوزها نمی پرد.



۵۷- روی لامپی اعداد ۲۲۰ ولت و X وات نوشته شده است. اگر این لامپ را به اختلاف پتانسیل الکتریکی ۱۱۰V متصل کنیم، توان مصرفی آن ۹۰W کاهش می یابد. X کدام است؟ (مقاومت الکتریکی لامپ ثابت است).

- ۶۰ (۱) ۱۲۰ (۲) ۱۰۰ (۳) ۸۰ (۴)

۵۸- اختلاف پتانسیل ۱۷۷ به دو سر یک سیم مسی به طول ۳۰ متر و شعاع مقطع ۱mm اعمال می شود. آهنگ تولید انرژی گرمایی در سیم چند وات است؟ ($\rho = 1/7 \times 10^{-8} \Omega.m, \pi = 3$)

- ۱۷۰۰ ۱۹۰۰ ۲۰۰۰ ۱۴۴۰

۵۹- روی یک بخاری برقی مشخصات آن به صورت ۱۱۰۰W و ۲۲۰V ثبت شده است. اگر این بخاری را به مدت ۵ ساعت به اختلاف پتانسیل ۱۱۰V وصل کنیم، بهای انرژی مصرفی آن چند تومان می شود؟ (مقاومت الکتریکی بخاری ثابت فرض شود و هزینه هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی ۸۰ تومان است).

- ۴۴۰ (۱) ۳۳۰ (۲) ۲۲۰ (۳) ۱۱۰ (۴)

۶۰- شخصی دو لامپ معمولی ۲۲۰ ولتی ۱۰۰ واتی خریده و آنها را به طور متوالی بسته و دو سر مجموعه را به برق ۲۲۰ ولت وصل کرده است. با فرض ثابت ماندن مقاومت الکتریکی لامپ ها، توان مصرفی مجموعه در این حالت چند وات است؟

- ۲۵ (۱) ۵۰ (۲) ۱۰۰ (۳) ۲۰۰ (۴)

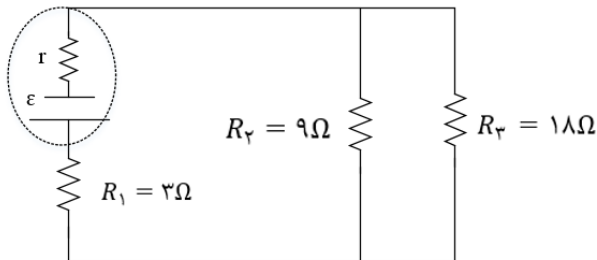
۶۱- در مدار شکل مقابل، شدت جریان گذرنده از مقاومت R_7 برابر با ۴ آمپر است. توان مفید مولد چند وات است؟

- ۳۶ (۱)

- ۵۴ (۲)

- ۱۰۸ (۳)

- ۳۲۴ (۴)



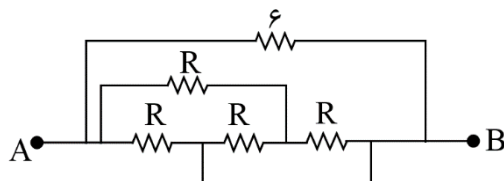
۶۲- در شکل زیر اگر مقاومت معادل بین نقاط A و B برابر با $\frac{R}{3}$ باشد، مقدار R چند اهم است؟

- ۴ (۱)

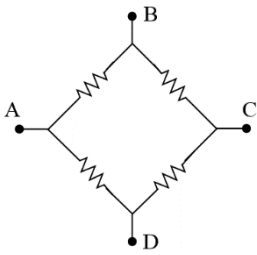
- ۸ (۲)

- ۳ (۳)

- ۶ (۴)



۶۳- در شکل مقابل نسبت مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و C به مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B کدام است؟



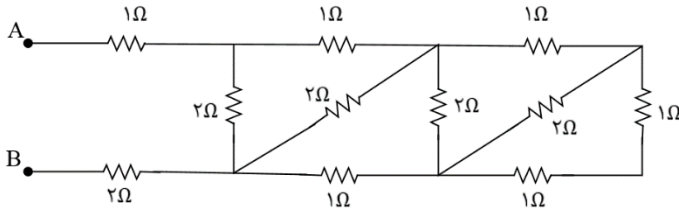
$\frac{3}{4}$ (۲)

$\frac{4}{3}$ (۱)

$\frac{3}{8}$ (۴)

$\frac{8}{3}$ (۳)

۶۴- مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B در مدار شکل زیر چند اهم است؟



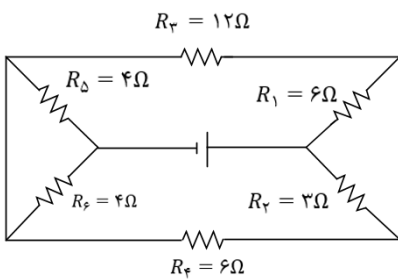
۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)

۶۵- مقاومت معادل مدار زیر چند اهم است؟



۲ (۱)

۶ (۲)

۱۲ (۳)

۸ (۴)

۶۶- چهار مقاومت ۴، ۵، ۸ و ۲۰ اهمی طوری به هم وصل شده اند که مقاومت معادل آنها 4Ω است. اگر دو سر مجموعه را به منبع برقی وصل کنیم و از مقاومت ۸ اهمی جریان ۵A عبور کند، از مقاومت ۲۰ اهمی جریان چند آمپر عبور می کند

۵ (۴)

۴ (۳)

۲/۵ (۲)

۱ (۱)



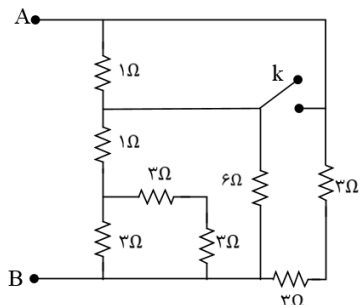
۶۷- در مدار روبه رو، ابتدا کلید باز است. اگر کلید بسته شود، مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B چند اهم تغییر می کند؟

۱/۲۵ (۴)

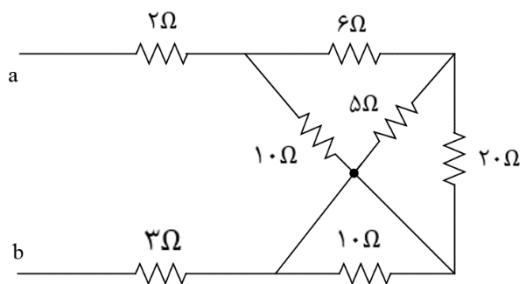
۰/۷۵ (۳)

۰/۵ (۲)

۰/۲۵ (۱)



۶۸- در شکل روبه رو که قسمتی از یک مدار الکتریکی است، از مقاومت ۲۰ اهمی شدت جریان ۰/۵ آمپر عبور می کند. از مقاومت ۲ اهمی شدت جریان چند آمپر عبور می کند؟



۱/۵ (۱)

۲ (۲)

۳/۵ (۳)

۵ (۴)

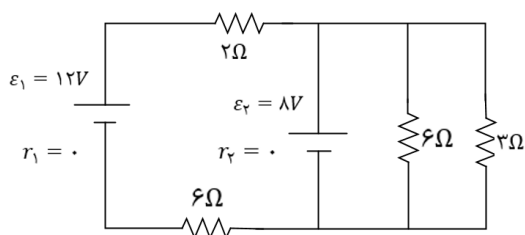
۶۹- در مدار روبه رو شدت جریانی که از مقاومت ۳ اهمی می گذرد، چند آمپر است؟

۴ (۴)

$\frac{8}{3}$ (۳)

$\frac{4}{3}$ (۲)

$\frac{1}{4}$ (۱)



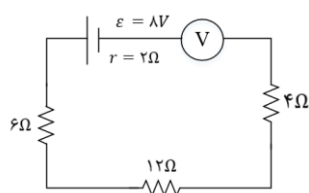
۷۰- در مدار روبه رو ولت سنج ایده آل، چند ولت را نشان می دهد؟

۷/۳ (۴)

۴ (۳)

صفر (۲)

۸ (۱)



Answers of Home Work

