

«بسم الله الرحمن الرحيم»

فزیک یازدهم

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

الکتریسیته ساکن

(الکترواستاتیک)

در این فصل به بررسی وضعیت بارهای الکتریکی در حالت سکون می پردازیم.

بسیاری از پدیده های اطراف ما، مانند آذرخش، درخشش لامپ و ... منشأ الکتریکی دارد، واژه الکتریسیته از واژه ی یونانی الکترون گرفته شده است که به معنی کهربا است.

بار الکتریکی : تفاضل (نابرابری) الکترون ها و پروتون ها در یک جسم را بار الکتریکی می گویند. (به تعداد

$$q = \pm ne \rightarrow 1/6 \times 10^{-19}c$$

الکترون های بیشتر یا کمتر از پروتون در یک جسم)

باید عددی طبیعی باشد

- دواصل مهم در مورد بار الکتریکی:

۱- اصل پایستگی بار الکتریکی: بار نه از بین می رود و نه به وجود می آید بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می شود.

۲- کوانتیده بودن بار الکتریکی: بار جسم همواره مضربی درستی از بار پایه (الکترون) می باشد (بار کمیتی است گسسته)

تمرین: به جسمی که خنثی می باشد به میزان $5 \times 10^{+21}$ عدد الکترون می دهیم. بار آن چند کولن می گردد؟

تست: کدام گزینه نمی تواند بار الکتریکی یک جسم بر حسب کولن باشد؟

۰/۰۰۸ (۴)

$\frac{3}{3}$ (۳)

$\frac{1}{3}$ (۲)

$\frac{1}{4}$ (۱)

نکته: ۳ تو مخرج ...
ایران تونشنه
توشه ای برای موفقیت

اجسام رسانا و نارسانا:

اجسامی که الکترون آزاد دارند و بار به راحتی در آن ها حرکت می کند، رسانا و اجسامی که الکترون آزاد ندارند و بار در آن ها حرکت نمی کند را نارسانا می گویند.
معمولاً فلزات رسانا و غیر فلزات نارسانا هستند.

روش های باردار نمودن اجسام:

الف) مالش: هر گاه دو جسم خنثی را به یکدیگر مالش دهیم، گرمای ایجاد شده در محل مالش باعث شده تا الکترون، انرژی کافی برای جدا شدن از یک جسم و رفتن به جسم دیگر را بدست آورد. با توجه به اصل پایستگی بار، مجموع بار دو جسم ثابت می ماند.

نکته:

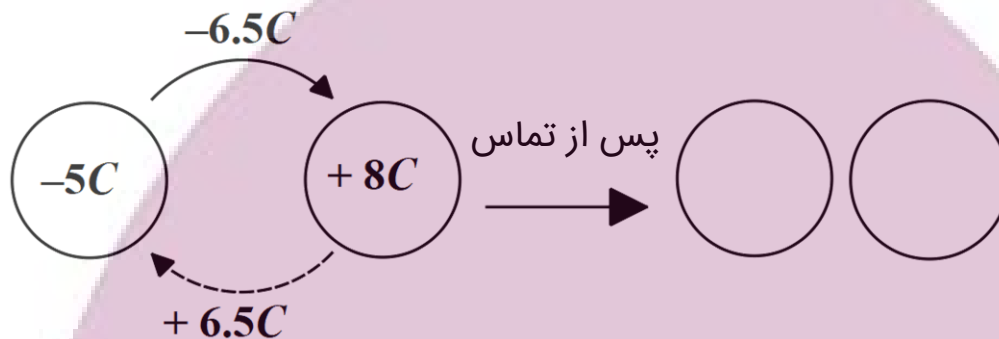
۱- روش مالش برای اجسام نارسانا است.

۲- پس از مالش بار دو جسم ناهمنام می گردد.

۳- دو حالت خاص مالش عبارتند از: (میله پلاستیکی و پارچه پشمی) و (میله شیشه ای و پارچه ابریشمی).

ب) تماس:

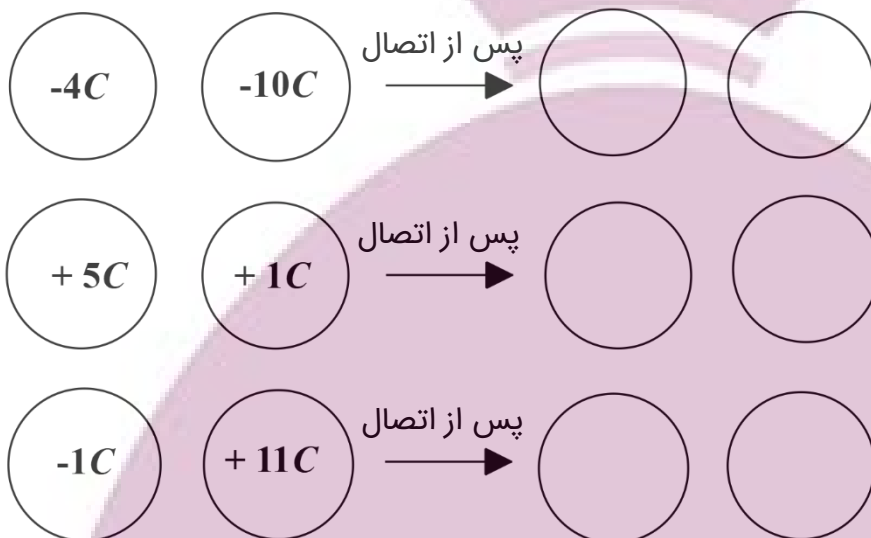
هر گاه دو جسم که حداقل یکی از آن ها باردار باشد را به هم تماس داده، یا توسط جسم رسانایی به هم متصل کنیم، بار بین آن دو مبادله می شود. بطور مثال دو کره مشابه فلزی بارهای $-5C$ و $8C$ را تماس داده و جدا می کنیم؛ بار بین آن دو بصورت زیر مبادله می گردد:



نکته:

- ۱- روش تماس برای اجسام رساناست که حداقل یکی از آن ها باردار است.
- ۲- در روش تماس دو جسم، یک جسم حساب می شوند و پس از تماس بار دو جسم همانم می گردد.
- ۳- در کره های غیر یکسان

تمرین: بار کره های مشابه زیر را، پس از اتصال محاسبه کنید و بیان کنید که بار الکتریکی از کدام کره به کره ی دیگر می رود؟



نکته:

تست: دو کره مشابه با بارهای $+2c$ و $-14c$ را با هم تماس داده و از هم جدا می کنیم. چند عدد الکترون بین این دو کره جا به جا می شود؟

5×10^{19} (۴)

8×10^{19} (۳)

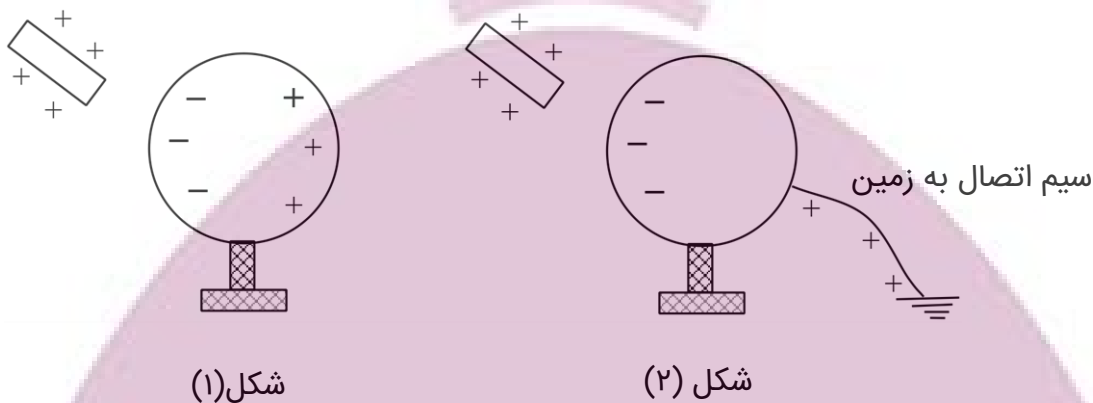
4×10^{20} (۲)

4×10^{19} (۱)

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

ج) القای بار الکتریکی:

باردار کردن جسم به روشی که بین آن دو جسم تماس رخ ندهد را، القای بار الکتریکی گویند.



سؤال ۱: در شکل ۲ هر گاه میله ی باردار را دور کرده و سپس سیم اتصال به زمین را قطع کنیم، نوع بار کره چیست؟

سؤال ۲: در شکل ۲ هر گاه ابتدا سیم را قطع کرده و سپس میله ی رسانا را دور کنیم، نوع بار کره چیست؟

نکات:

۱- همواره آن جسمی را که می خواهیم باردار کنیم باید رسانا باشد.

۲- با میله ی باردار، می توان هم بار همنام و هم بار ناهمنام توسط القا ایجاد نمود.

پخش بار الکتریکی:

الف) نارسانا:

در اجسام نارسانا بار پخش نمی شود و در محل تولید، متمرکز باقی می ماند.

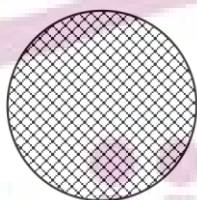
ب) رسانا:

اولاً: در اجسام رسانا بار در سطح خارجی پخش می شود.

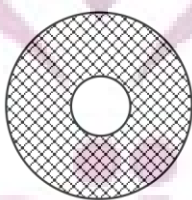
ثانیاً: در نقاط داخلی جسم بار نداریم.

نکته بنده ی خدا : سطح خارجی

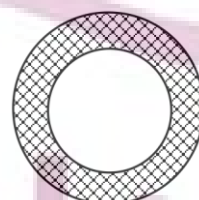
بطور مثال در شکل های زیر اگر به جسم بار منفی دهیم بار بصورت های زیر پخش می شود.



کره ی توپر

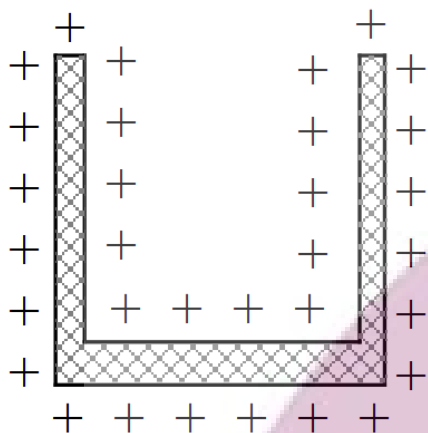


کره ی تو خالی

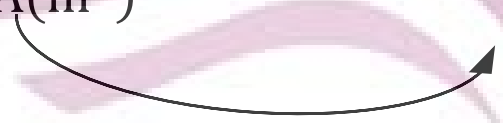


حلقه ی ضخیم

تمرین: ظرف فلزی را به صور زیر باردار می کنیم، به چه طریق می توان بار درون ظرف را از آن خارج نمود؟



چگالی سطحی بار: به نسبت بار الکتریکی به سطحی که بار در آنجا پخش شده است ، چگالی سطحی بار گویند و با σ نشان می دهند.

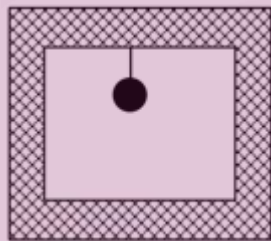
$$\sigma = \frac{q(c)}{A(m^2)}$$


نکته: در نقاط نوک تیز

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

نکته بسیار مهم: اوه اوه اوه...

تمرین: در شکل های زیر بار گوی فلزی $+q$ و بار «مکعب تو خالی رسانا» صفر است. در حالات زیر بار را در نقاط خواسته شده بیابید. (در یک حالت گوی و مکعب تماس دارند و در یک حالت، گوی توسط رشته نخ نارسانا به مکعب وصل شده است).

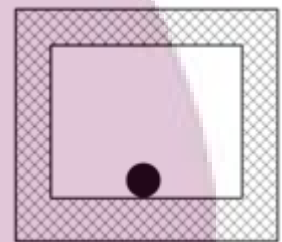


بار گوی

بار سطح داخلی مکعب

بار سطح خارجی مکعب

بار مکعب



بار گوی

بار سطح داخلی مکعب

بار سطح خارجی مکعب

بار مکعب

ایران توننده
توشه ای برای موفقیت

تمرین: بر مکعب مستطیل فلزی به ابعاد $2\text{cm} \times 4\text{cm} \times 5\text{cm}$ به میزان $152\mu\text{C}$ بار الکتریکی قرار می دهیم. چگالی سطحی بار متوسط این مکعب مستطیل چقدر است؟

***ساحت کره:**

تست: بار کره ی A، پنج برابر B و شعاع آن $\frac{1}{2}$ شعاع کره ی B است. چگالی سطحی A چند برابر کره ی B است؟

$$\frac{5}{4}(۴)$$

$$۸۰(۳)$$

$$۴۰(۲)$$

$$۲۰(۱)$$

تمرین: کره ی رسانای A دارای $-120\mu\text{C}$ و کره ی رسانای B دارای $+93\mu\text{C}$ است. اگر شعاع کره ی A، ۳ برابر کره ی B باشد، پس از تماس آن ها با هم، چگالی سطحی A چند برابر B می گردد؟

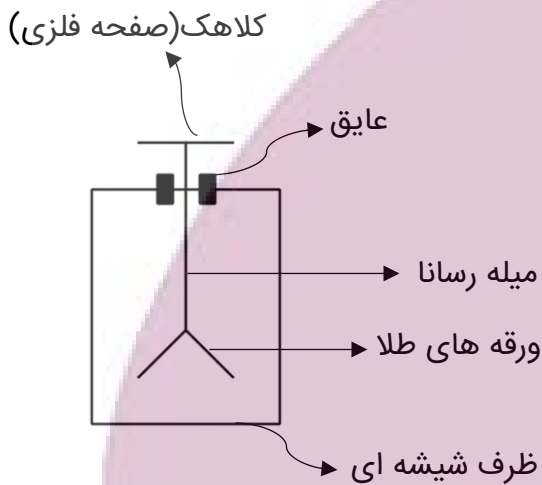
ایران تونش

توشه ای برای موفقیت

الکتروسکوپ (برق‌نا):

دستگاهی مطابق شکل است که با نزدیک کردن جسم باردار به کلاهک، بارهای همانم جسم از کلاهک به تیغه‌ها رفته و با باز شدن تیغه متوجه می‌شویم که جسم باردار بوده است.

* توسط الکتروسکوپ خنثی نمی‌توان نوع بار جسم را مشخص نمود.



تست: میله‌ای با بار مثبت را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم، کدام گزینه درست است؟

۱) تعداد پروتون‌های کلاهک کاهش و تعداد پروتون‌های تیغه افزایش می‌یابد.

۲) تعداد پروتون‌های کلاهک افزایش و تعداد پروتون‌های تیغه کاهش می‌یابد.

۳) تعداد پروتون‌های کلاهک کاهش و تعداد پروتون‌های تیغه ثابت است.

۴) تعداد پروتون‌های کلاهک ثابت و تعداد پروتون‌های تیغه ثابت است.

توشه‌ای برای موفقیت

شخص کردن نوع بار توسط الکتروسکوپ:

ابتدا الکتروسکوپ را توسط بار معلومی باردار کرده و سپس میله مورد نظر را نزدیک می کنیم؛
(۱) اگر میله همانام نزدیک کنیم.

(۲) اگر میله ناهمنام نزدیک کنیم.

(۳) اگر میله خنثی نزدیک کنیم.

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تست: میله ای رسانا را به الکتروسکوپ باردار نزدیک می کنیم. در نهایت فاصله ی تیغه ها بیشتر از فاصله ی تیغه ها در حالت اول است، نوع بار میله نسبت به بار الکتروسکوپ چگونه است؟

(۱) همنام

(۲) ناهمنام

(۳) خنثی

(۴) گزینه های ۱ و ۲ ممکن است.

تست: میله ای رسانا با بار مثبت را به الکتروسکوپ باردار منفی می چسبانیم، در نهایت فاصله تیغه ها از هم نسبت به حال اول چگونه است؟

(۱) دورتر (۲) نزدیک تر (۳) بدون تغییر (۴) هر سه ممکن است.

تست: میله ی رسانای بدون باری را به کلاهک الکتروسکوپ راردار می چسبانیم در نهایت فاصله ی تیغه ها از هم به حالت اولیه چگونه است؟

(۱) دورتر (۲) نزدیک تر (۳) بدون تغییر (۴) هر سه ممکن است.

تست: سه جسم A و B و C را دو به دو به یکدیگر نزدیک می کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک شوند هم دیگر را با نیروی الکتریکی جذب می کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می کنند. کدام یک از گزینه های زیر می تواند صحیح باشد؟

(۱) A و B بار هم نام و هم اندازه دارند. (۲) B و C بار غیر هم نام دارند

(۳) B بدون بار و C باردار است (۴) A بدون بار و B باردار است

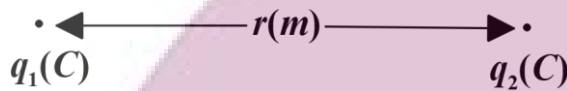
ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

قانون کولن در الکتریسیته ساکن:

هرگاه دو بار نقطه ای با اندازه های q_1 و q_2 در فاصله r از هم قرار داشته باشند بر هم نیروی الکتریکی وارد می کنند که:

نیروی بین دوبار با اندازه ی هر بار نسبت مستقیم و با مجذور فاصله نسبت عکس دارد.
مقدار این نیرو از رابطه ی زیر بدست می آید:



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

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{c^2}$$

ثابت رابطه کولن

$$\epsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12} \frac{c^2}{Nm^2}$$

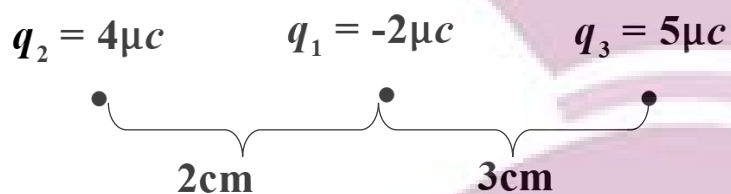
ضریب گذردهی الکتریکی خلأ

در رابطه ی فوق r فاصله ی مراکز بارها از یکدیگر است و q_1 و q_2 اندازه ی بارها می باشند.

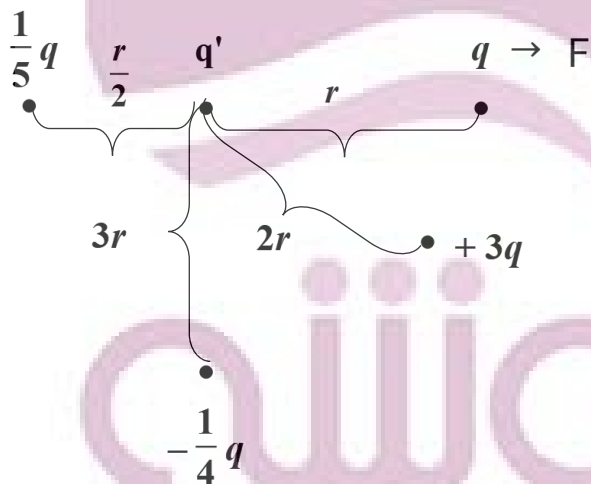
نکته:

نیروی F به دو ذره ، یکسان و در خلاف جهت وارد می شود، یعنی حتی اگر یکی از ذرات n برابر دیگری نیز باشد نیروی وارد بر هر کدام از ذرات با هم برابر است.

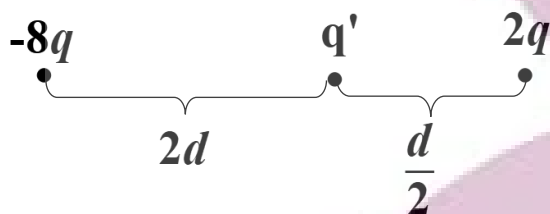
تمرین: در شکل مقابل نیروی وارد بر ذره q_1 چند نیوتن است؟



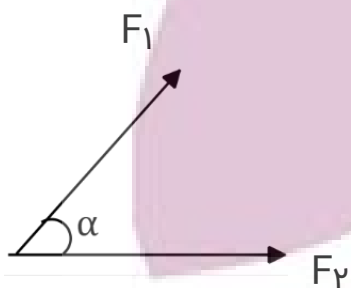
تمرین: در شکل مقابل نیروی بین q و q' برابر F است. نیروی وارد بر ذرات دیگر از طرف q' را روی شکل مشخص کنید.



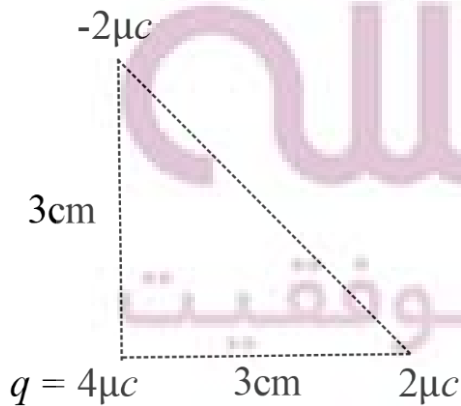
تمرین: اگر نیروی بین q و q' در فاصله d از هم برابر F باشد، برآیند نیروی وارد بر q' در شکل زیر چند F است؟



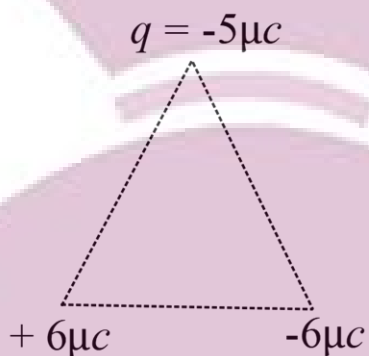
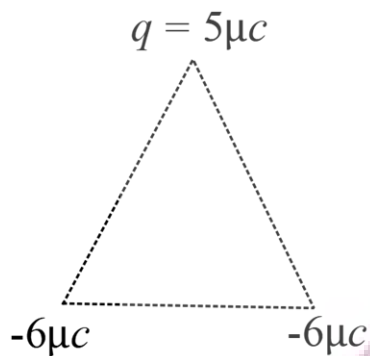
* چند نکته اساسی در مورد برآیند نیروها:



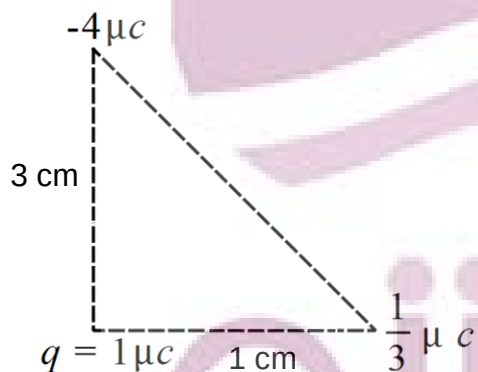
تمرین: در شکل زیر برآیند نیروهای وارد بر بار q چند است؟



تمرین: در شکل های زیر برآیند نیروهای وارد بر بار q را در رأس مثلث متساوی الاضلاع به ضلع 3cm بیابید.



تست: در شکل زیر برآیند نیروی وارد بر بار q ، واقع در رأس قائم مثلث، چند نیوتن است؟



۴۰ (۱)

۳۰ (۲)

۷۰ (۳)

۵۰ (۴)

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تست: دو کره ی باردار را با همدیگر تماس داده و مجدداً جدا کرده و در همان فاصله ی قبلی می گذاریم.
نیروی آن دو چه تغییری می کند؟

۱) کاهش ۲) افزایش ۳) بدون تغییر ۴) هر سه ممکن است.

تمرین: دو کره با بارهای مساوی و همنام بر هم نیروی F وارد می کنند. اگر $\frac{1}{3}$ بار یکی از کره ها را برداشته و بر روی دیگری منتقل کنیم نیروی بین آن ها چند برابر می شود؟

تمرین: دو کره با بارهای مساوی و ناهمنام داریم که بر هم نیروی F وارد می کنند. اگر $\frac{1}{3}$ بار یکی را برداشته و بر روی دیگری بریزیم، نیروی بین آن ها چند F می گردد؟

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

تست: دو کره با بارهای مساوی و همنام بر هم نیروی F وارد می کنند، چند درصد بار یکی از کره ها برداشته و بر روی دیگری منتقل کنیم تا نیروی بین آن ها $\frac{15}{16}F$ گردد؟

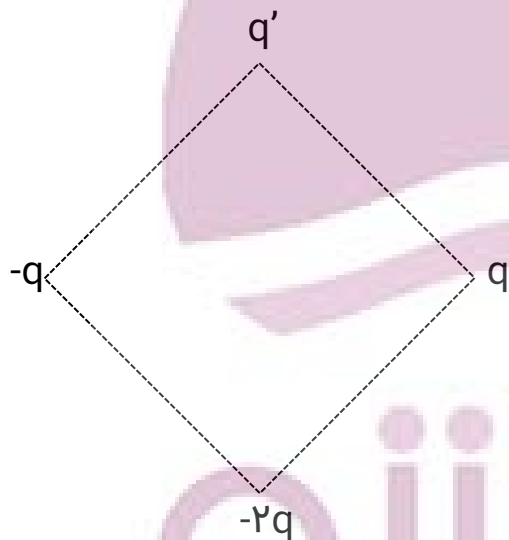
۲۰ (۱)

۲۵ (۲)

۴۰ (۳)

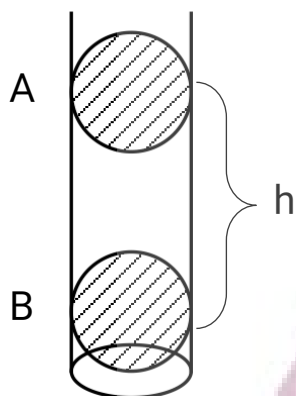
۴ (۴)

تمرین: در مربع مقابل نیروی بین بار q و q' برابر F است. برآیند نیروهای وارد بر q' چند F است؟



ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تمرین: در شکل روبرو، گلوله های کوچک A و B درون یک استوانه بدون اصطکاک در حال تعادل قرار دارند. اگر بار و جرم گلوله های A و B برابر $q_A = 0/004\mu c$ و $m_A = 20mg$ و $q_B = 0/005\mu c$ و $m_B = 5mg$ باشد، h چند سانتی متر است؟ ($g = \frac{10N}{g}, k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{c^2}$)



*اوه اوه

تست: 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 بین بارهای الکتریکی بیشینه گردد؟

(۱) ۱۵

(۲) ۲۵

(۳) ۳۵

(۴) ۳۰

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

* تعادل ذره‌ی سوم

تمرین: در شکل مقابل بار $-8\mu\text{C}$ را در چه نقطه‌ای قرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود؟



نکته:

۱) اگر بارها همنام باشند بار سوم را باید بین آن دو بار، و اگر ناهمنام باشند، بار سوم را باید خارج دو بار قرار داد، تا به حال تعادل برسد.

۲) ذره‌ی سوم باید به بار کوچکتر نزدیک تر شود.

۳) تعادل بار سوم به نوع و اندازه بار سوم بستگی ندارد.

۴) نسبت فاصله بار سوم از بارها با نسبت جذر بارها برابر است.

ایران لرنه
توشه‌ای برای موفقیت

تمرین: در شکل روبرو بار سوم چقدر باشد تا مجموعه به حال تعادل بماند؟

$$q_2 = 8\mu c$$

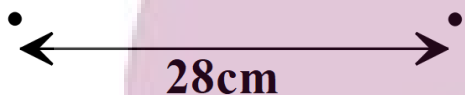
$$q_1 = 2\mu c$$



تست: در چند سانتی متری ذره ی q_1 بار سوم را قرار دهیم تا به حال تعادل برسد؟

$$q_2 = 4\mu c$$

$$q_1 = 25\mu c$$



۲۰ (۱)

۸ (۲)

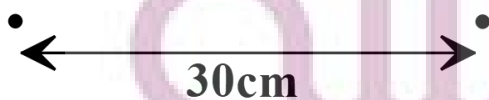
۴ (۳)

۲ (۴)

تست: در چند سانتی متری ذره q_2 بار سوم به حالت تعادل می رسد؟

$$q_1 = 4\mu c$$

$$q_2 = -36\mu c$$



۴۵ (۱)

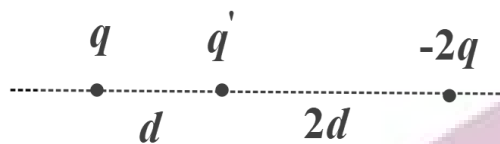
۱۵ (۲)

۲۶ (۳)

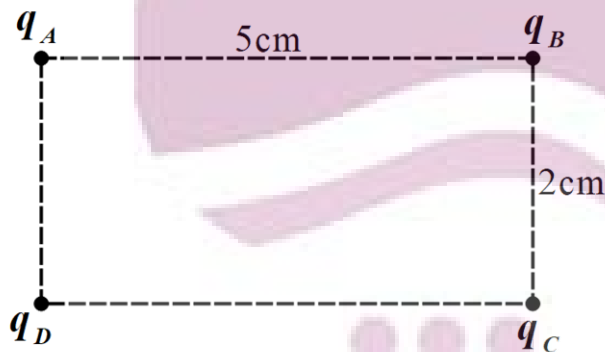
۳۰ (۴)

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

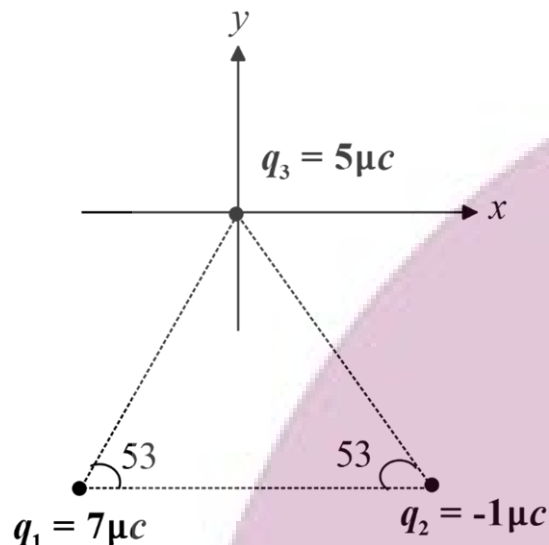
تمرین: در شکل مقابل برآیند نیروی وارد بر ذره q' برابر F است. اگر جای q و $-2q$ عوض شود برآیند نیروی وارد بر q' چند برابر می شود؟



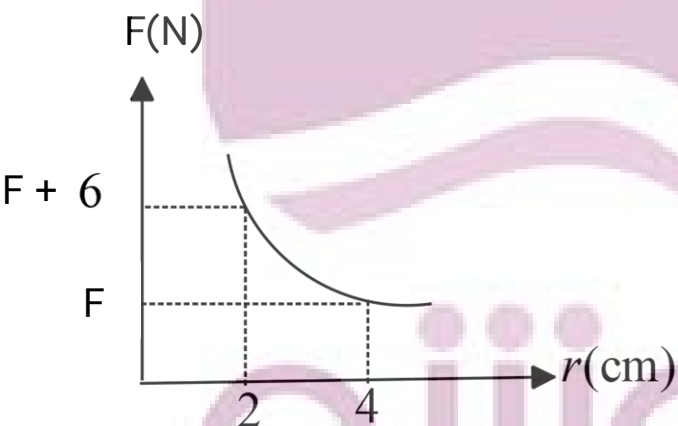
تمرین: در مستطیل مقابل چه رابطه ای بین اندازه ی بار q_A و q_C برقرار باشد تا ذره ی q_B به حال تعادل بماند؟



تست: سه ذره ی باردار مطابق شکل روبرو، در سه رأس یک مثلث ثابت شده اند. اگر خط واصل q_1 و q_2 موازی محور X باشد، بردار برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 ، زاویه چند درجه با محور X می سازد؟



تست: نمودار الکتریکی بین دو ذره ی باردار بر حسب فاصله آن ها از یکدیگر به شکل مقابل است. با توجه به شکل F ، چند نیوتن است؟



(۱) ۲

(۲) ۴

(۳) ۶

(۴) ۱۲

میدان الکتریکی:

فضای اطراف جسم باردار را که در آن فضا بر ذرات باردار دیگر نیرو وارد می شود میدان حاصل از آن جسم باردار گویند. بررسی میدان الکتریکی به دو صورت کمی و کیفی می باشد.

بررسی کیفی میدان به صورت تعریف خطوط میدان می باشد و بررسی کمی میدان در اطراف بار الکتریکی به همراه تعریف شدت میدان صورت می گیرد.

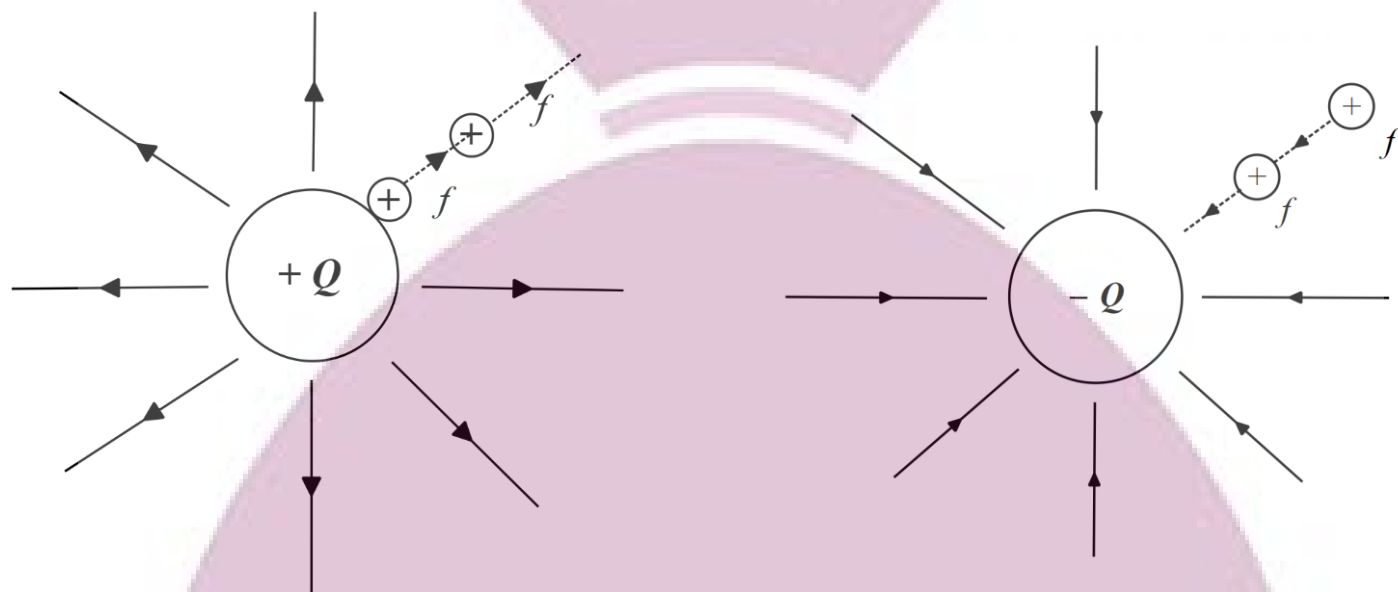
بررسی کیفی میدان الکتریکی:

خطوط میدان، خطوطی جهت دار، که در هر نقطه جهت وارد شدن نیرو بر یک بار مثبت به اندازه ی دلخواه (بار آزمون) را نشان می دهد. برای مشخص شدن جهت خط میدان در هر نقطه ای بار مثبت را در آن نقطه قرار می دهیم.

* بار آزمون به بار مثبت بسیار کوچکی گفته می شود که هر گاه در یک میدان الکتریکی قرار گیرد آرایش میدان را به هم نمی زند.

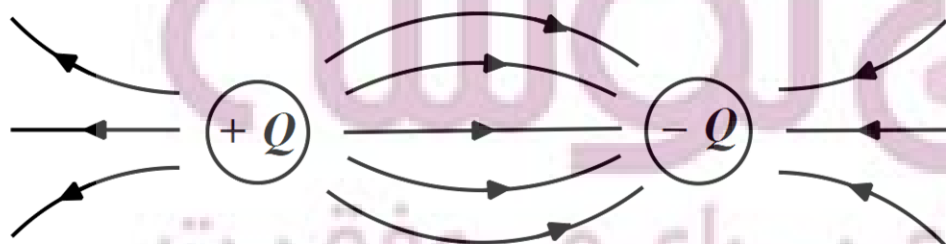
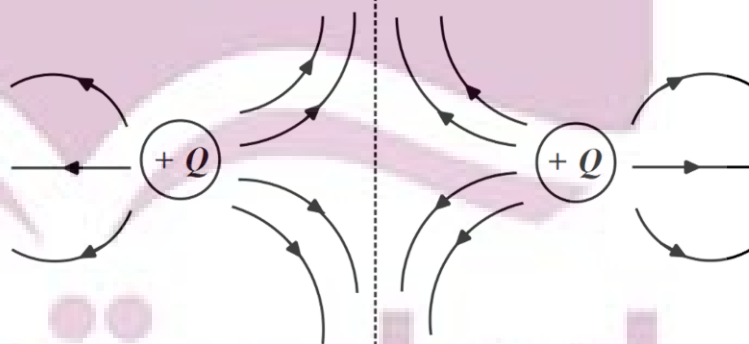
ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

میدان تک قطبی:



میدان دو قطبی

دو قطبی، همنام



دو قطبی، ناهمنام (دو قطبی)

ایران
توشه ای برای موفقیت

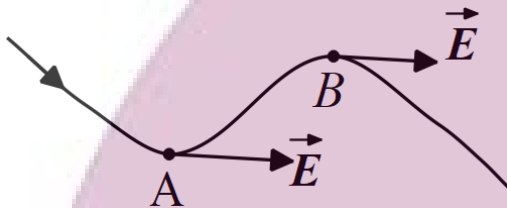
کلی نکته خوش دباره ی خطوط میدان الکتریکی:

* میدان از بار + خارج و به بار - وارد می شود.

* به بار مثبت در جهت میدان و به بار منفی در خلاف جهت میدان، نیرو وارد می شود.

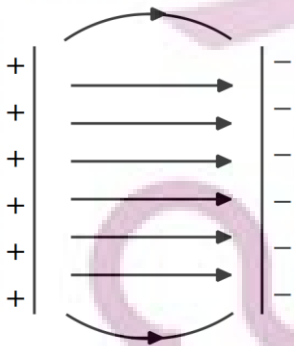
* خطوط میدان هر جا متراکم تر باشد، میدان در آنجا قوی تر است.

* میدان در هر نقطه، برداری است مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می گذرد و با آن خط میدان هم جهت است.

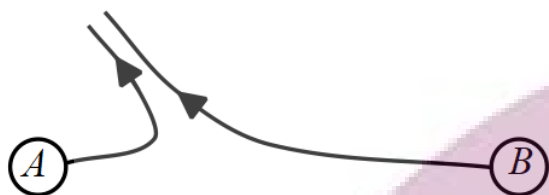


میدان یکنواخت:

میدانی که در تمام نقاط جهت و اندازه ی میدان تغییر نمی کند و خطوط آن در تمامی نقاط با یکدیگر موازی می باشند. این میدان از جلوی هم قرار دادن دو صفحه موازی باردار ناهمنام بوجود می آید. در نزدیکی لبه ها میدان یکنواخت نمی باشد.



تست: در شکل مقابل، خطوط رسم شده معرف خطوط میدان حاصل از دو بار نقطه ای می باشند. در مورد نوع بارهای A و B و اندازه ی آن ها کدام گزینه صحیح است؟



(۱) هر دو مثبت، $q_A > q_B$

(۲) هر دو منفی، $q_A > q_B$

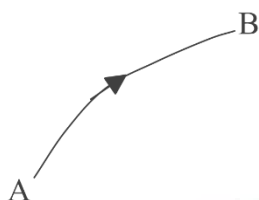
(۳) هر دو مثبت، $q_A < q_B$

(۴) هر دو منفی، $q_A < q_B$

نکته:

ایران توننه
توشه ای برای موفقیت

تست: در شکل مقابل، خط میدانی که از نقاط A و B می‌گذرد رسم شده است در مورد نقاط A و B الزاماً چه می‌توان گفت؟



(۱) A مثبت و B نیز مثبت

(۲) A مثبت و B منفی

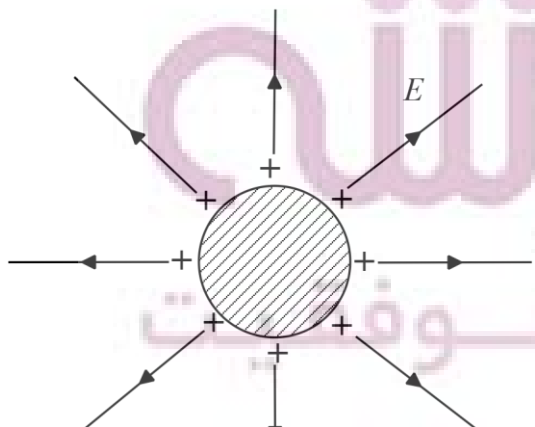
(۳) A منفی و B مثبت

(۴) اظهار نظر نمی‌توان کرد.

نکته: از روی شکل خطوط میدان در اطراف یک یا چند ذره ی باردار، اندازه ی میدان در هر نقطه معلوم نمی‌شود، و تنها می‌توان بزرگی میدان در نقاط مختلف را با یکدیگر مقایسه کرد.

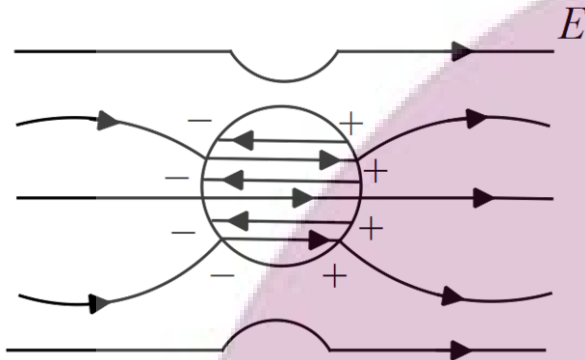
میدان در داخل رسانا:

اگر به کره رسانایی بار الکتریکی دهیم بار در سطح آن پخش می‌شود و داخل آن باری وجود ندارد. با توجه به اینکه بعد از لحظاتی بار به تعادل رسیده و به الکترون‌های آزاد درون رسانا نیرویی وارد نمی‌شود یعنی (میدان داخل رسانا صفر است)



رسانای خنثی در میدان الکتریکی:

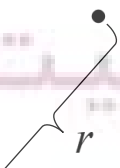
با توجه به ایجاد میدان داخلی حاصل از القا، میدان خارجی خنثی شده و نحوه ی توزیع بار طوری است که (میدان داخل رسانا صفر می گردد) بنابراین نقاط داخل رسانا دارای پتانسیل برابر می باشند.



شدت میدان الکتریکی:

نیروی وارد بر واحد بار مثبت در هر نقطه را شدت میدان الکتریکی آن نقطه گویند. به طور مثال اگر بار الکتریکی Q را در نظر بگیریم، می توان در فاصله ی r از آن شدت میدان الکتریکی را به صورت زیر بدست آورد:

+1c



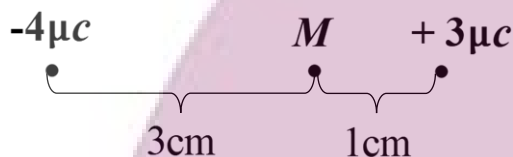
$$F = E = K \frac{Q \times 1}{r^2}$$

بنابراین شدت میدان در اطراف بار نقطه ای Q و در فاصله ی r از آن برابر است با:

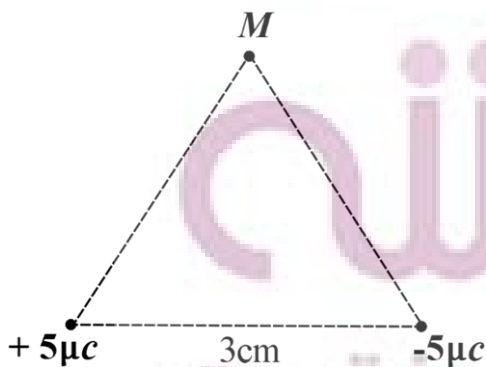
$$E = K \frac{Q}{r^2}$$

شدت میدان کمیتی است برداری که جهت آن همان جهت وارد شدن نیرو بر بار مثبت در آن نقطه است.

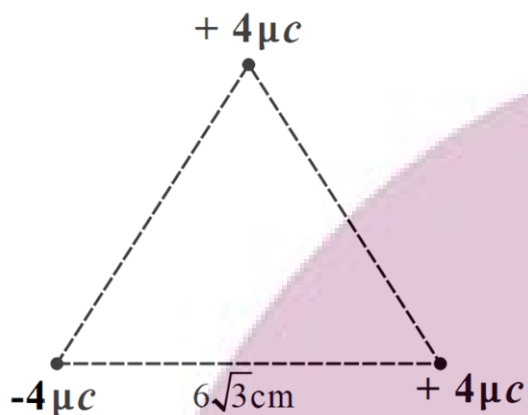
تمرین: شدت میدان در نقطه ی M چند N/C است؟



تمرین: با توجه به شکل زیر شدت میدان در نقطه M در رأس مثلث متساوی الضلاع چند نیوتن بر کولن است؟

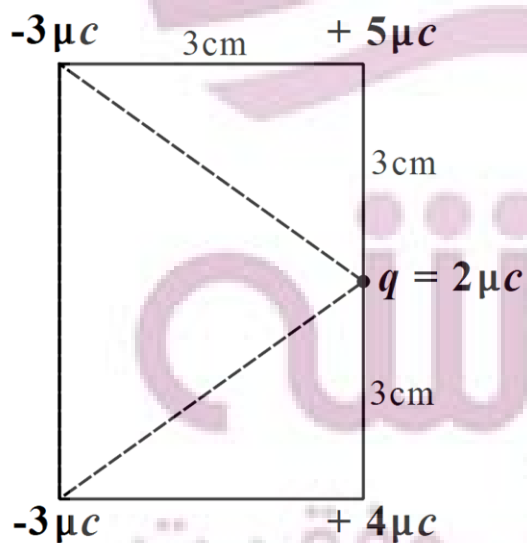


تمرین: با توجه به شکل مقابل، شدت میدان در نقطه ی برخورد میانه ها در مثلث متساوی الاضلاع، چند N/C است؟



نکته طفولیت:

تمرین: در مستطیل مقابل برآیند نیروهای وارد بر بار q در وسط یکی از اضلاع چند نیوتن است؟



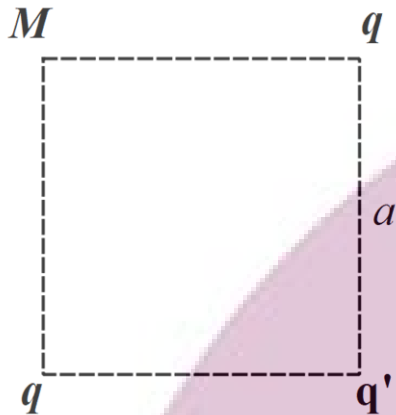
تمرین: در سه رأس مثلث متساوی الاضلاع به ضلع $2\sqrt{3}cm$ بارهای $+6\mu c$ است. شدت میدان در وسط یکی از اضلاع را بدست آورید.

تمرین: بر روی محیط دایره ای به شعاع $3cm$ هفت بار الکتریکی در فواصل یکسان قرارداده ایم که شش تا از آن ها $+5\mu c$ و یکی هم $+9\mu c$ است. شدت میدان در مرکز دایره چند N/C است؟

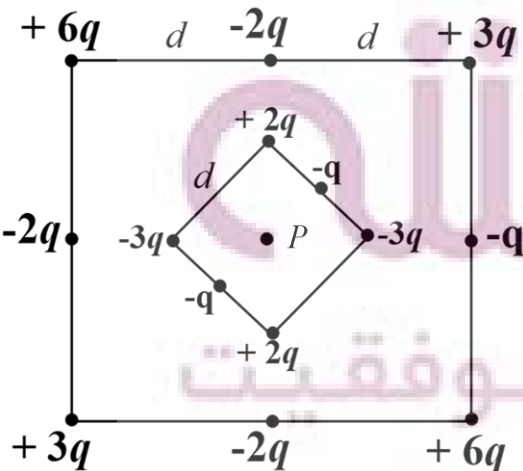
نکته در حد بوند سلیگا ...

ایران توننده
توشه ای برای موفقیت

تمرین: در شکل مقابل چه رابطه ای بین q و q' برقرار باشد تا شدت میدان در نقطه ی M ، یکی از رؤوس مربع صفر شود؟



تست: شکل روبرو، دو آرایه ی مربعی از ذرات باردار را نشان می دهد. مربع ها که در نقطه ی P هم مرکزند، هم ردیف نیستند، ذره ها روی محیط مربع ها به فاصله ی d یا $\frac{d}{2}$ از هم قرار گرفته اند. بزرگی و جهت میدان الکتریکی برآیند دو نقطه ی P کدام است؟



$$\frac{q}{\pi \epsilon_0 d^2} \quad (2)$$

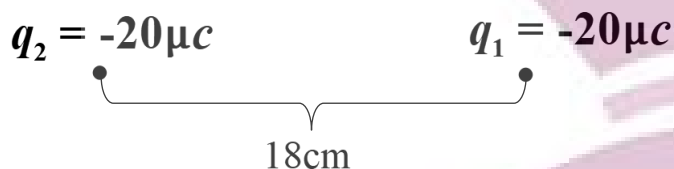
$$\frac{q}{4\pi \epsilon_0 d^2} \quad (4)$$

$$\frac{1}{8\pi \epsilon_0 d^2} \quad (1)$$

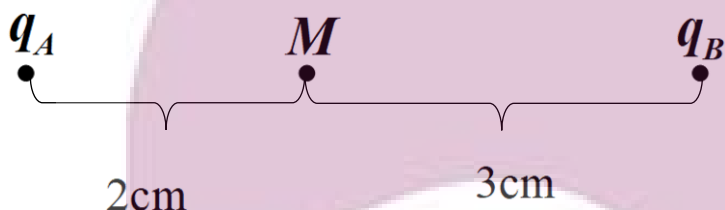
$$\frac{q}{2\pi \epsilon_0 d^2} \quad (3)$$

توشه ای برای موفقیت

تمرین: در شکل مقابل، در چند سانتی متری بار q_1 شدت میدان الکتریکی صفر است؟

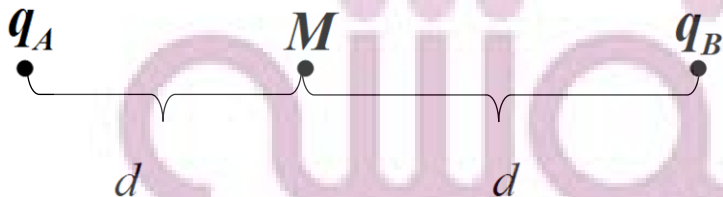


تمرین: در شکل مقابل شدت میدان در نقطه ی M برابر $\vec{E}$ است. اگر بار q_A حذف شود، شدت میدان در همان نقطه $3\vec{E}$ می شود. نسبت $\frac{q_A}{q_B}$ را بدست آورید.



تست: در شکل مقابل شدت میدان در نقطه ی M برابر $2\vec{E}$ است، اگر بار q_A خنثی شود شدت میدان در

همان نقطه برابر $\frac{\vec{E}}{2}$ می شود. نسبت $\frac{q_A}{q_B}$ کدام است؟



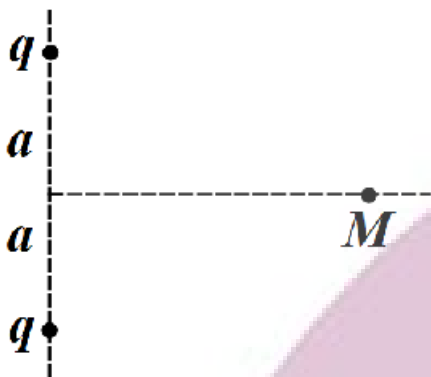
$$\frac{1}{3}(2)$$

$$3(4)$$

$$-\frac{1}{3}(1)$$

$$-3(3)$$

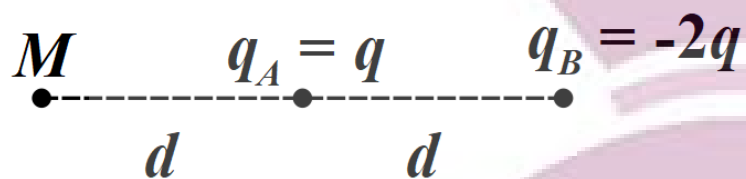
تمرین: در شکل مقابل دو بار همنام q در فاصله $۲a$ از یکدیگر قرار گرفته اند. در فاصله r از عمود
منصف خط واصل دوبار، شدت میدان را بدست آورید.



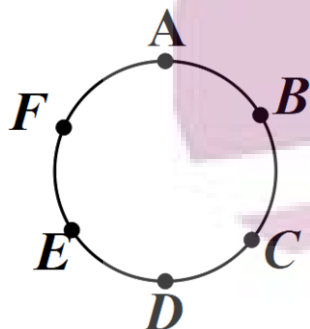
ایران توننه
توشه ای برای موفقیت

تمرین: در شکل مقابل میدان برآیند در نقطه M برابر E است. اگر هر یک از بارها را به میزان $\frac{d}{2}$ به M

نزدیک کنیم میدان M چند برابر می شود؟



تست: در شکل مقابل، شش بار مساوی و همنام روی محیط دایره ای در فواصل یکسان قرار دارند، کدام دوبار را برداشته تا میدان بیشینه گردد؟



(۱) A و B

(۲) A و C

(۳) A و D

(۴) در تمامی حالات میدان یکسان است.

ایران توننه
توشه ای برای موفقیت

تست: در فاصله 30cm از بار Q میدان $80 \frac{N}{C}$ است، اگر 10cm از ذره ی باردار دورتر برویم، میدان چند نیوتن بر کولن می گردد؟

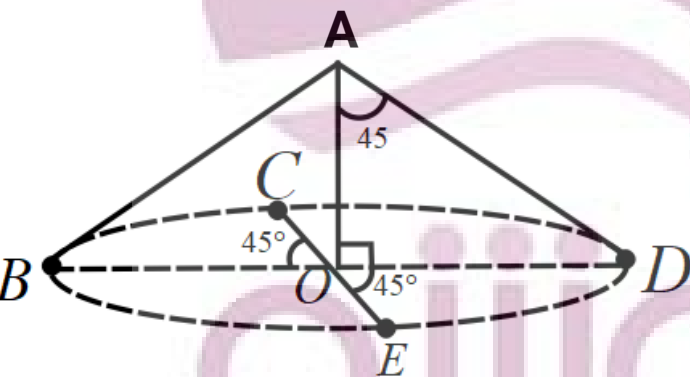
۴۵ (۴)

۶۵ (۳)

۵۵ (۲)

۶۰ (۱)

تست: در شکل مقابل، چهار بار الکتریکی مشابه را روی نقاط B و C و D و E واقع بر قاعده ی یک مخروط قرار داده ایم. اگر بزرگی میدان الکتریکی ناشی از هر بار در مرکز دایره (O) برابر $8 \times 10^5 \text{ N/C}$ باشد، بزرگی میدان الکتریکی برآیند در نقطه A چند نیوتن بر کولن است؟



$8\sqrt{2} \times 10^5$ (۲)

(۱) صفر

32×10^5 (۴)

$16\sqrt{2} \times 10^5$ (۳)

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

رابطه ای دیگر برای شدت میدان الکتریکی:

می دانیم شدت میدان الکتریکی در هر نقطه برابر با نیروی وارد بر واحد بار مثبت در آن نقطه است.

به طور مثال، اگر در جایی شدت میدان الکتریکی $500 \frac{N}{C}$ است، بدین معناست که در آن نقطه بر بار $1C$ نیرویی به اندازه $500N$ وارد می شود، بنابراین می توان گفت که بر ذره $1C$ ، نیروی $1000N$ وارد می شود ...

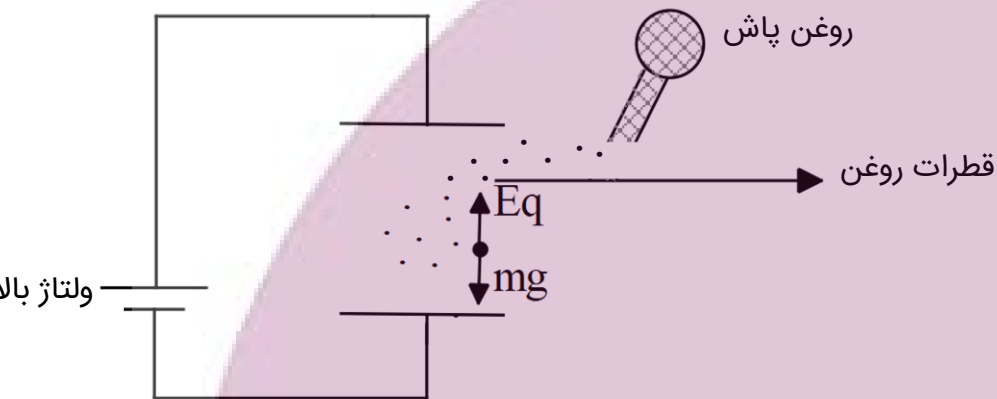
بنابراین اگر در نقطه ای شدت میدان $E \frac{N}{C}$ باشد یعنی بر ذره $1C$ نیروی E وارد می شود و بر ذره $1C$ نیروی $2E$ وارد می شود و بر ذره q کولن نیرویی Eq وارد می شود.



تمرین: ذره ی بارداری به جرم $200g$ در میدان یکنواختی به شدت $400 \frac{N}{C}$ که جهت آن قائم و روبه پایین است به حال تعادل می باشد. نوع و اندازه ی بار ذره را تعیین کنید.

آزمایش قطره-روغن رابرت میلکان:

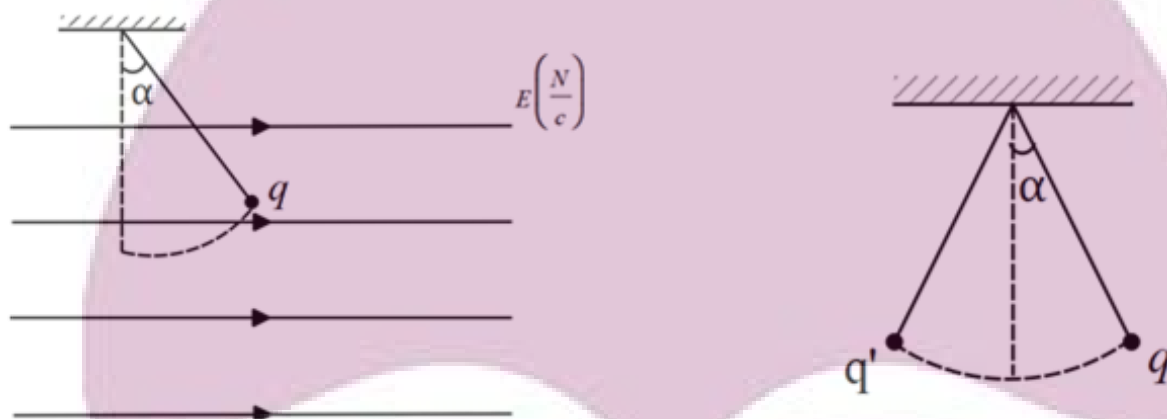
در ولتاژهای مختلف و باتوجه به رفتار ذرات در آن ولتاژ بار هر ذره را محاسبه نموده و دریافت که بار هر ذره ی روغن یا برابر بار بنیادی یا مضرب درستی از این مقدار است.



ایران توننده
توشه ای برای موفقیت

آونگ الکتریکی:

هر گاه گلوله ی باردار q را به رشته نخ سبکی وصل کرده و از سقف بیاویزیم در دو حالت زیر ممکن است که این گلوله از راستای قائم منحرف گردد. یا تحت یک میدان الکتریکی یکنواخت و یا تحت نیروی دافعه الکترواستاتیکی از طرف یک ذره ی باردار دیگر، اگر ذره ی q از وضع تعادل منحرف شده و در حالت تعادل نخ با راستای قائم زاویه α بسازد، این زاویه بصورت زیر بدست می آید:



اوه، اوه، اوه ...

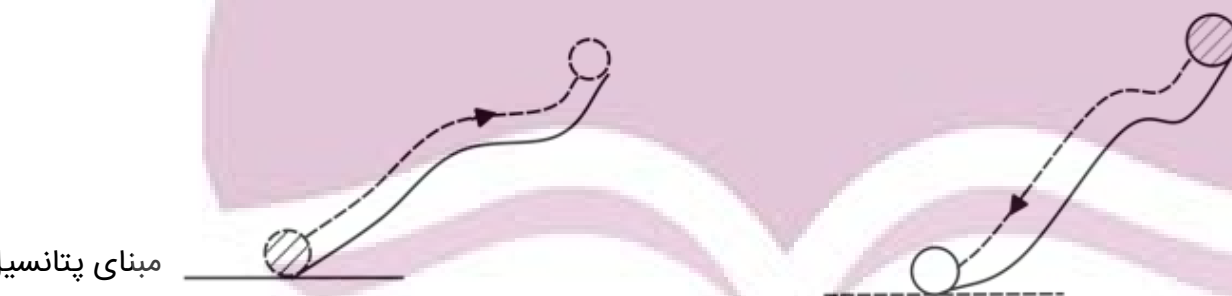
ایران توننه
توشه ای برای موفقیت

انرژی پتانسیل ذره، اختلاف پتانسیل دو نقطه، پتانسیل یک نقطه

انرژی پتانسیل ذره:

می دانیم هرگاه برای جابجایی یک ذره از یک نقطه تا نقطه ی دیگر انرژی مصرف کنیم، کار انجام دهیم (اصطلاحاً آن را به زور ببریم) انرژی پتانسیلی آن را افزایش داده ایم و هرگاه ذره ای آزادانه و با آزاد کردن انرژی از نقطه ای به نقطه ی دیگر جابجا شود (خودش برود) از انرژی پتانسیل آن کاسته می شود.

بطور مثال:



مبنای پتانسیل

(افزایش انرژی پتانسیل)

(کاهش انرژی پتانسیل)

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

در مورد ذرات باردار نیز این مطلب صدق می کند. یعنی اگر ذره ی بارداری را در میدان الکتریکی با صرف کار $w(z)$ از نقطه ای به نقطه ی دیگر ببریم انرژی پتانسیل آن به همان میزان افزایش یافته و اگر ذره ی بارداری با آزاد کردن $w(z)$ انرژی از نقطه ای به نقطه ی دیگر برود انرژی پتانسیل آن به همان میزان کاهش می یابد.

بطور مثال:

تست: در شکل مقابل ذره ی $+q$ از A تا B و ذره ی $-q$ از C تا D جابجا می شود. در این جابجایی ها انرژی پتانسیل ذره ی « q » و انرژی پتانسیل ذره ی « $-q$ » می یابد.

$$\begin{array}{ccccc} + & + & + & + & + \\ \hline & A & & & C \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccc} D & & & & B \\ \hline _ & _ & _ & _ & _ \end{array}$$

اختلاف پتانسیل بین دو نقطه:

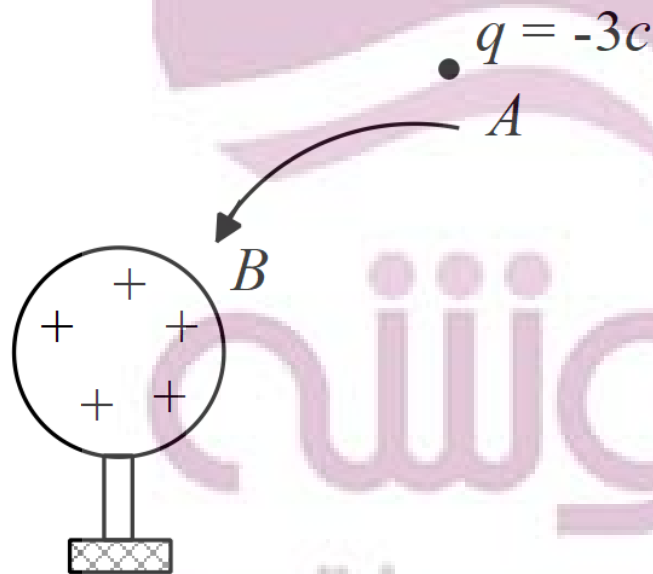
اختلاف انرژی پتانسیل ذره ی $+1C$ در جابجایی بین دو نقطه را اختلاف پتانسیل بین آن دو نقطه گویند.

یا به بیان دیگر

(کاری که در جابجایی ذره ی $+1C$ بین دو نقطه انجام می شود و یا انرژی که در جابجایی ذره ی $+1C$ بین آن دو نقطه آزاد شود را اختلاف پتانسیل آن دو نقطه گویند).

بطور مثال:

ذره ی $-3C$ با آزاد کردن $15J$ انرژی از A تا B رفته و با صرف $15J$ انرژی از B به A می آید. یعنی ذره ی $1C$ در جابجایی از A تا B $5J$ انرژی یا می گیرد یا از دست می دهد. در این حالت می گوییم اختلاف پتانسیل بین A و B برابر $5V$ است.



$$\Delta V = \frac{W(j)}{q(C)} \quad \left(\frac{J}{C} = V \text{ ولت} \right)$$

اختلاف پتانسیل بین دو نقطه

تمرین: ذره ی $5C$ - را با صرف ۲۰۰ انرژی از A تا B برده ایم. اختلاف پتانسیل دو نقطه A و B چند ولت است؟

بنابراین با توجه به اینکه اختلاف پتانسیل بین دو نقطه همان اختلاف انرژی پتانسیل ذره ی $1C$ + بین آن دو نقطه است، می توان نتیجه گرفت:

«پتانسیل یک نقطه همان انرژی ذره ی $1C$ + در آن نقطه است»

نکته:

انرژی ذره ی $1C$ + در بی نهایت و زمین صفر است.

انرژی ذره ی $1C$ + در اطراف بارهای مثبت از صفر بیشتر یعنی مثبت است.

انرژی ذره ی $1C$ + در اطراف بارهای منفی از صفر کمتر یعنی منفی است.

بنابراین:

ایران توننه
توشه ای برای موفقیت

تمرین: ذره ی $+4C$ با آزاد کردن ۲۰۰J انرژی از A به B رفته. اگر $V_A = 20$ باشد، پتانسیل نقطه ای B چند ولت است؟

تست: ذره ی $-3C$ با آزاد کردن ۶۰J انرژی از A به B رفته است. اگر $V_B = 5$ باشد، V_A (پتانسیل نقطه ای A) چند ولت است؟

۱۵/۴-

۲۵ (۳)

۵۵ (۲)

۶۵ (۱)

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تست: ذره ی $-6C$ را با صرف 110 انرژی از نقطه ی A به زمین منتقل می کنیم. پتانسیل نقطه ی A چند ولت است؟

$$-110 \text{ (۴)}$$

$$110 \text{ (۳)}$$

$$-30 \text{ (۲)}$$

$$30 \text{ (۱)}$$

نکات اساسی در مورد پتانسیل نقاط:

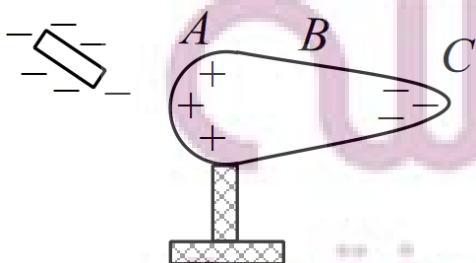
تست: در مورد پتانسیل نقاط سطح جسم رسانای مقابل کدام گزینه صحیح است؟

$$V_A < V_B < V_C \text{ (۲)}$$

$$V_A > V_B > V_C \text{ (۱)}$$

$$V_A = V_B > V_C \text{ (۴)}$$

$$V_A = V_B = V_C \text{ (۳)}$$



ایران لرنینگ
توشه ای برای موفقیت

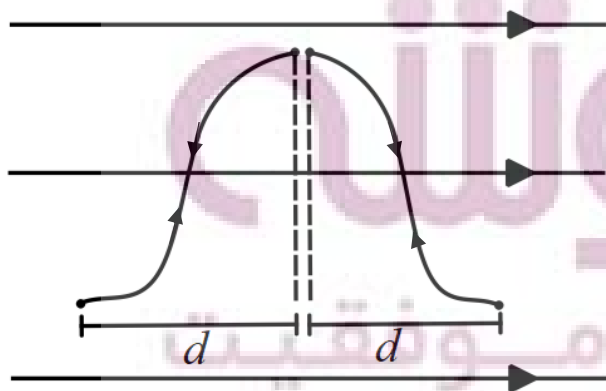
تست: ذره ی q - را در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت می دهیم. انرژی ذره در این جابجایی و پتانسیل نقاط عبوری از آن ها می یابد.

(۱) افزایش، افزایش (۲) افزایش، کاهش (۳) کاهش، افزایش (۴) کاهش، کاهش

نکته بسیار مهم:

کار انجام شده و یا انرژی آزاد شده در جابجایی ذره ی باردار با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت: بسته به این که کدام ذره در چه جهتی حرکت کند، نیروی میدان و نیروی خارجی ممکن است محرک و یا مقاوم باشد، که اگر محرک باشد کار آن نیز مثبت و اگر مقاوم باشد کار آن منفی است. اما اندازه ی آن کار از رابطه زیر بدست می آید:

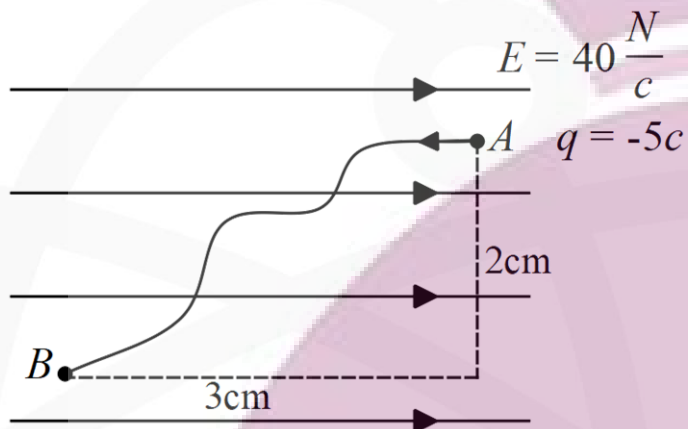
$$E \left(\frac{N}{c} \right)$$



ایران توشه

توشه ای برای مونتجیت

تمرین: در جابجایی ذره ی $-5c$ از A تا B کار میدان و کار خارجی را بدست آورید. (حرکت با سرعت ثابت انجام می شود)



تست: بار q را با صرف w ژول کار در اطراف بار Q به میزان d از آن دور می کنیم. چقدر کار انجام دهیم تا به میزان d دیگر نیز از Q آن دورتر کنیم؟

(۴) نمی توان اظهار نظر کرد

(۳) بیشتر از w

(۲) کمتر از w

(۱) w

ایران توننه
توشه ای برای موفقیت

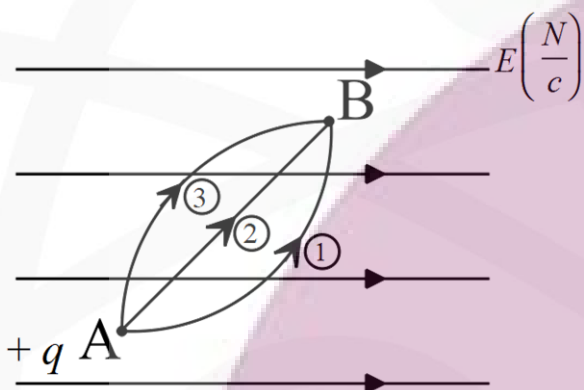
تست: در شکل مقابل ذره ای از سه مسیر مختلف بین دو نقطه با سرعت های یکسان جابجا می شود. توان انجام کار در کدام مسیر بیشتر است؟

۴) هر سه مسیر یکسان است

۳) ۳

۲) ۲

۱) ۱



تمرین: در میدان یکنواخت به شدت $50 \frac{N}{C}$ بار $+6\mu C$ در راستای میدان از نقطه A تا B جابجا می شود. اگر فاصله A تا B به میزان 10 cm باشد و کار میدان در این جابجایی منفی باشد. در صورتی که انرژی جنبشی در نقطه A برابر 9×10^{-5} ژول باشد، انرژی جنبشی ذره در نقطه B چند است؟

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

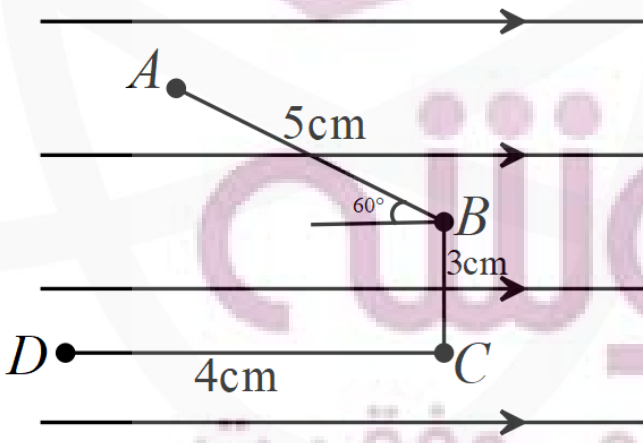
اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در میدان یکنواخت:

می دانیم کار لازم یا انرژی آزاد شده در جابجایی ذره ی q در میدان الکتریکی یکنواخت به شدت E از رابطه زیر بدست می آید:



نکته: اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از میدان الکتریکی هیچ ربطی به بار جابجا شده بین آن دو نقطه ندارد.

تمرین: در میدان الکتریکی مقابل اختلاف پتانسیل را بین نقاط خواسته شده بیابید.



$$V_A - V_B =$$

$$V_B - V_C =$$

$$V_C - V_D =$$

$$V_A - V_D =$$

$$V_A - V_C =$$

تمرین: دو صفحه ی مثبت و منفی موازی هم در اختیار داریم که شدت میدان الکتریکی در بین آن ها $400 \frac{N}{C}$ است. هر گاه ذره ی $+2\mu C$ از مجاور صفحه مثبت رها شود. با چه سرعتی به صفحه ی منفی برخورد می کند؟ (جرم ذره $3g$ و فاصله دو صفحه $30cm$ است)

تمرین: ذره ی بارداری بین فضای دو صفحه ی باردار موازی و ناهمنام از مجاور یکی از صفحات رها می شود به صفحه دیگر برخورد می کنند. هرگاه با ثابت نگاه داشتن اختلاف پتانسیل دو صفحه، فاصله ی صفحات را زیاد کنیم، سرعت برخورد ذره با صفحه ی دیگر چه تغییری می کند؟

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

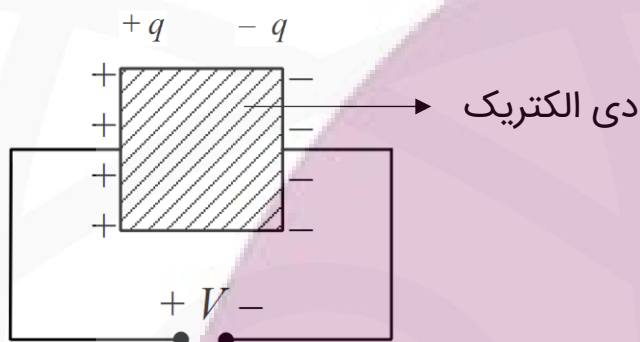
تمرین: در میدان یکنواخت به بزرگی $20 \frac{N}{C}$ ذره ی $-2\mu c$ از نقطه ی A با پتانسیل ۶۰ ولت به نقطه ی B منتقل می شود. اگر کار نیروی خارجی در این جابجایی $-50\mu J$ باشد، پتانسیل نقطه ی B چند ولت است؟

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

خازن:

خازن وسیله ای است که برای ذخیره انرژی الکتریکی از آن استفاده می شود. خازن مسطح وسیله ای است مانند شکل زیر که از دو صفحه ی موازی هم تشکیل شده است. اساس کار خازن القای بار الکتریکی است، به همین دلیل مقدار بار مثبت و منفی روی صفحات یکسان است. معمولاً فضای بین صفحات را با ماده ی نارسانایی پر می کنند که به آن دی الکتریک گویند.



آزمایش نشان می دهد هرگاه خازنی را به اختلاف پتانسیل های متفاوت وصل کنیم بارهای متفاوت نیز روی آن ذخیره می شود به طوری که:

$$\frac{q}{V} = \text{ثابت} = c \text{ (ظرفیت)} \rightarrow$$

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

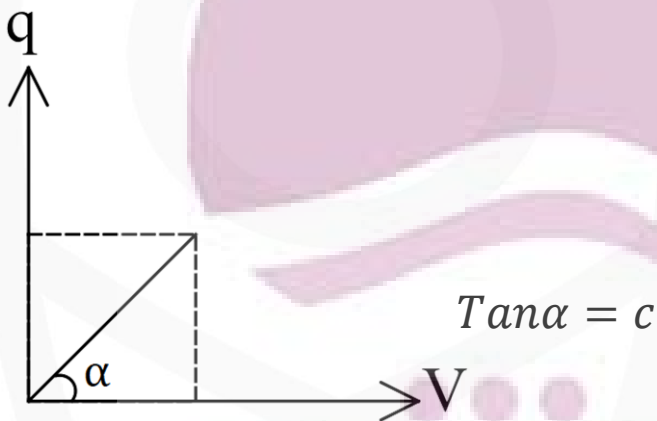
بنابراین ظرفیت خازن را می توان به صورت های زیر تعریف کرد:

(۱) نسبت بار ذخیره شده به ولتاژ دو سر خازن گویند.

(۲) همان بار خازن است در صورتی که به ولتاژ ۱ ولت وصل شود.

نکته ی تب کوچک:

هرگاه خازنی را به مولدی با اختلاف پتانسیل V وصل کنیم پس از شارژ کامل اختلاف پتانسیل دو سر خازن نیز V می گردد.



یعنی اولین ذره که از مولد در خازن ذخیره می شود تحت ولتاژ صفر ذخیره می شود و ذرات بعدی تحت ولتاژ بیشتری ذخیره می شوند و فقط ذره ی آخر تحت ولتاژ V ذخیره می شود.

توشه ای برای موفقیت

رابطه ساختمانی ظرفیت خازن:

ظرفیت خازن فقط و فقط به خواص فیزیکی و ساختمانی خازن بستگی دارد و به صورت زیر بدست می آید:

بنابراین ظرفیت خازن به عوامل زیر بستگی دارد:

(۱) (۲) (۳) (۴)

و ظرفیت خازن به عوامل زیر بستگی ندارد:

(۱) (۲) (۳) (۴)

تست: مساحت صفحات خازنی را ۲ برابر و فاصله ی صفحات را $\frac{1}{3}$ برابر می کنیم. ظرفیت خازن چند برابر می شود؟

(۱) ۶

(۲) $\frac{1}{6}$

(۳) $\frac{2}{3}$

(۴) $\frac{3}{2}$

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تست: خازنی که دی الکتریک آن خلأ است را به طور کامل در مایعی به ثابت دی الکتریک ۵ فرو می بریم. اگر در این حالت فاصله ی صفحات را ۲ برابر کنیم، مساحت صفحات را چند برابر نماییم تا ظرفیت ۳ برابر شود؟

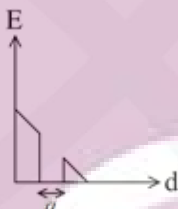
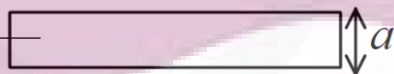
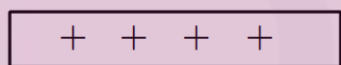
$$\frac{2}{15} (۴)$$

$$\frac{15}{2} (۳)$$

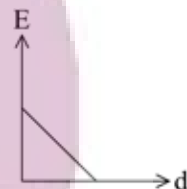
$$\frac{6}{5} (۲)$$

$$\frac{5}{6} (۱)$$

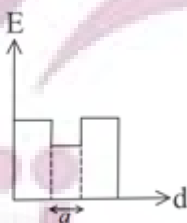
تست: خازن مسطحی با دی الکتریک هوا را به مولدی وصل و بعد از شارژ از مولد جدا می کنیم. مطابق شکل یک تیغه رسانا به ضخامت a را بین صفحات خازن قرار می دهیم. در حرکت از صفحه مثبت به صفحه منفی میدان الکتریکی به صورت کدام یک از گزینه های زیر تغییر می کند؟



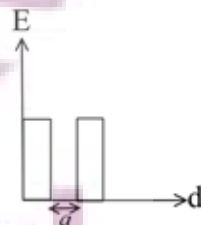
(۲)



(۱)



(۴)

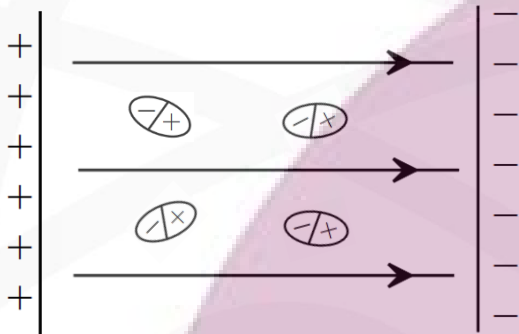


(۳)

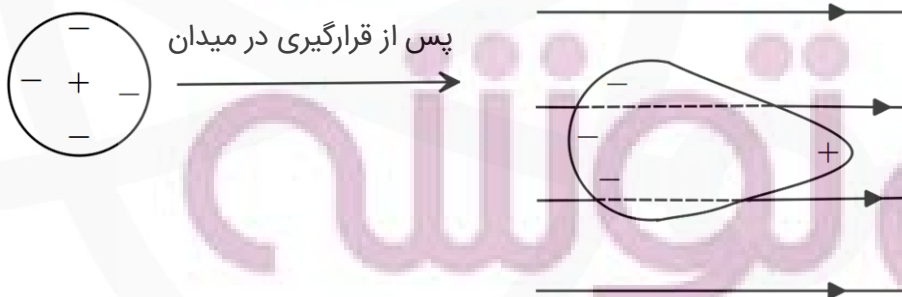
ایران تونته
توشه ای برای موفقیت

انواع دی الکتریک:

الف) دی الکتریک قطبی: اگر یک دی الکتریک قطبی مثل آب یا NH_3 یا HCl در میدان قرار گیرد، سرهای مثبت و منفی مولکول در میدان مانند شکل مقابل جهت می گیرند.



ب) دی الکتریک غیر قطبی: اگر یک دی الکتریک غیرقطبی مانند متان و بنزن و ... در میدان قرار گیرند حالت کروی ابر الکترونی مولکول ها بصورت گلابی شکل و قطبیده در می آیند.



پس از قرارگیری در میدان

ایران نوننه

توشه ای برای موفقیت

* متن کتاب و شکل ها کامل مطالعه شود.

انرژی ذخیره شده در خازن:

هرگاه خازن به ظرفیت C را به مولدی با اختلاف پتانسیل V ببندیم، پس از شارژ کامل و زمانی که بار q روی صفحات خازن قرار گرفت ($q = CV$) انرژی ذخیره شده در خازن از رابطه ی زیر بدست می آید:

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

تست: خازنی را به مولدی وصل کرده و آن را شارژ کامل می نماییم، اگر با انجام این کار از مولد 500J انرژی کم شود، چند ژول انرژی در خازن ذخیره می شود؟

۱۲۵ (۴)

۲۵۰ (۳)

۱۰۰۰ (۲)

۵۰۰ (۱)

تمرین: مساحت صفحات خازنی را ۳ برابر می کنیم، انرژی ذخیره شده این خازن چند برابر می شود؟

ایران نوین
توشه ای برای موفقیت

نکته: خازنی به مولد وصل است، هر بلایی بر سر آن بیاوریم

نکته: خازنی با مولد شارژ شده و از مولد جداست، هر بلایی سر آن بیاوریم

تست: دی الکتریک به ثابت ۲ را از وسط خازنی که به مولد وصل است برداشته و فاصله ی صفحات را ۳ برابر کرده ایم، کدام گزینه صحیح است؟

(۱) ولتاژ $\frac{1}{6}$ برابر و بار ۶ برابر می شود.

(۲) بار ثابت و ولتاژ $\frac{1}{6}$ برابر می شود.

(۳) ولتاژ ثابت و انرژی $\frac{1}{6}$ برابر می شود.

(۴) بار ثابت و انرژی ۶ برابر می شود.

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تست: دو گلوله کوچک فلزی هنگامی که در فاصله ۱۲cm از هم قرار دارند، یکدیگر را با نیروی ۱۰N دفع می کنند. دو گلوله را به هم تماس داده و این بار در فاصله ۱۵CM از هم قرار دارند، باز همان نیروی ۱۰N را به هم وارد می کنند. بار گلوله ها قبل از تماس چند میکروکولن است؟

۰/۸ و ۲۰(۴

۱/۶ و ۱۰(۳

۱۶(۲ و ۱

۲ و ۸ (۱

تست: اگر از صفحه ی منفی خازن پر شده ای ۲C بار مثبت برداشته و به صفحه ی دیگر منتقل کنیم، انرژی خازن ۵ تغییر می کند. اگر ظرفیت خازن ۱F باشد بار اولیه ی خازن چند است؟

۱/۵(۴

۱۲(۳

۷ (۲

۳(۱

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

فروزش خازن:

اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه ی خازن از مقداری بیشتر شود، الکترون های صفحه ی منفی از صفحه ی خازن کنده شده و در میدان دی الکتریک در مسیرهای رسانایی که بوجود می آید حرکت می کنند. این پدیده معمولاً با ایجاد جرقه همراه است و معمولاً خازن ها می سوزند.

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

«بسم الله الرحمن الرحيم»

فصل ۲

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

(الکتریسیته جاری)

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

الکتریسیته جاری:

در بحث الکتریسیته ساکن به رفتار بارها در حالت سکون پرداختیم و نیروی بین آنها و اثر میدان روی ذره را در حال سکون بررسی نمودیم. در این فصل به بررسی بارهای الکتریکی متحرک می‌پردازیم.

جریان الکتریکی:

حرکت بارهای الکتریکی در یک رسانا جریان الکتریکی نام دارد.

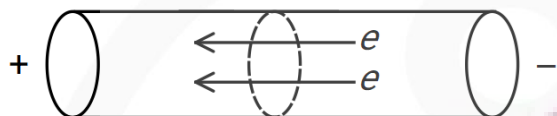
اگر به دو سر سیم رسانایی مطابق شکل هیچ اختلاف پتانسیلی اعمال نشود و هیچ میدانی در آن وجود نداشته باشد، عبور بار از سطح مقطع نشان داده شده بصورت کاتوره‌ای انجام می‌گیرد، اما جمع جبری بارهای عبوری صفر است.



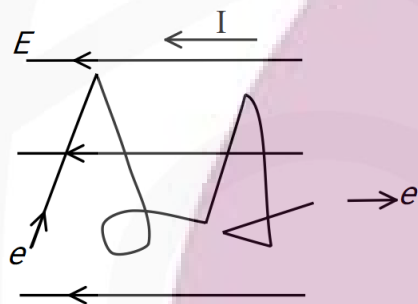
یعنی:

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

اما اگر به دو سر سیم اختلاف پتانسیل اعمال شود و در میدان الکتریکی قرار گیرد شارش بار خالص باعث می‌شود که در مدت زمان Δt ، مقداری بار خالص، برابر Δq از مقطع عبور کند.



سرعت سوق: در شکل مقابل الکترون‌ها در مسیر زیگزاگ بطور متوسط سرعتی متوسط معادل $1 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$ دارد که به آن سرعت سوق گویند. جریان برخلاف جهت سوق الکترون‌ها می‌باشد.



* سرعت سوق حالا که انقدر کمه چطوری نور انقدر سریع می‌یاد؟
* جریان رونالدینیمو است...

شدت جریان متوسط:

نسبت بار عبوری در واحد زمان، شدت جریان متوسط نام دارد.

$$\bar{I} = \frac{\Delta q(c)}{\Delta t(s)} \quad \text{آمپر} \quad [A] = \frac{[c]}{[s]}$$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

تمرین: از مقطعی از سیم در مدت ۵s به میزان ۵۰C بارالکتریکی عبور می‌کند. شدت جریان متوسط را بدست آورده و آن را تفسیر کنید؟

شدت جریان لحظه‌ای: شدت جریان متوسط در زمان بسیار کوچک را شدت جریان لحظه‌ای گویند.

$$I = \frac{dq}{dt} = q' \quad \text{لحظه‌ای}$$

تمرین: مقدار بار عبوری در یک طرف مقطعی از رسانا با معادله‌ی $q = 4t^2 - 3t$ بدست می‌آید، بیابید.
(الف) شدت جریان متوسط بین لحظات $t=1s$ و $t=3s$

(ب) شدت جریان لحظه‌ای در لحظه‌ی $t=5s$

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

/۱

/۲

مفهوم (آمپر-ساعت): از رابطه‌ی $\Delta q = I \cdot \Delta t$ می‌توان دریافت که واحد بارالکتریکی (آمپر-ساعت) نیز

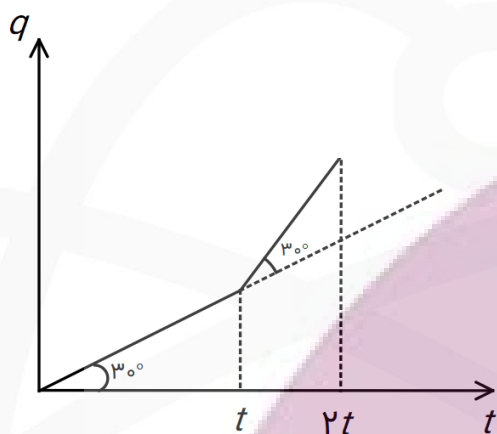
می‌باشد. (Ah) یعنی هرچه آمپر - ساعت یک باتری بیشتر باشد بارالکتریکی بیشتری دارد که می‌تواند بدهد تا باتری تخلیه شود

به بیان دیگر حداکثر باری که باتری می‌تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود.

ایران تونل

توشه‌ای برای موفقیت

تست: نمودار $q - t$ مقابل مربوط به بار عبوری از مقطع یک رسانا می‌باشد. اگر شدت جریان در t ثانیه‌ی اول برابر I_1 و در t ثانیه‌ی دوم I_2 باشد. $\frac{I_1}{I_2}$ کدام است؟



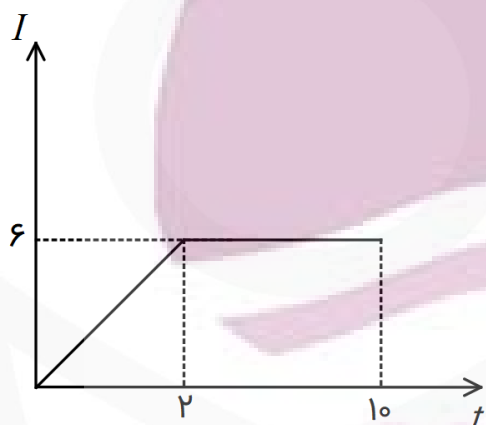
$$\frac{1}{3} \quad (2)$$

۳ (۱)

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \quad (4)$$

$\sqrt{3}$ (۳)

تست: نمودار شدت جریان عبوری از یک رسانا مطابق شکل مقابل است. مقدار الکتریسیته عبوری از یک مقطع این رسانا در مدت ۱۰S چند کولن است؟



$$3 \quad (2)$$

۳ (۱) صفر

$$54 \quad (4)$$

۶ (۳)

تمرین: در نمودار فوق شدت جریان متوسط در ۱۰ ثانیه چند آمپر است؟

نکته:

ایران توننده
توشه ای برای موفقیت

جریان مستقیم:

اگر در زمان‌های مساوی، مقدار بار مساوی از مقطع رسانا عبور کند، جریان مستقیم گویند.

$$I = \frac{q}{t} \rightarrow q = I \cdot t$$

از رابطه‌ی بالا می‌توان مقدار q را بصورت زیر تعریف نمود:

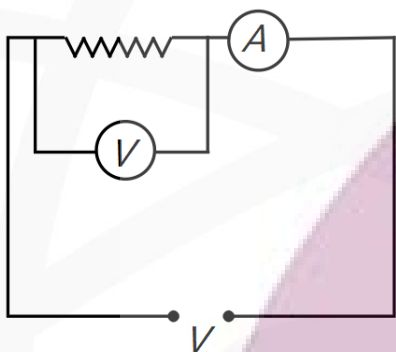
« q مقدار باری است که در مدت t از مقطع سیمی به جریان I عبور می‌کند.»

ایران تونل

توشه‌ای برای موفقیت

قانون اهم:

اگر در مداری مانند شکل مقابل (مدار آوومتر) اختلاف پتانسیل‌های متعددی را به دو سر رسانا وصل کرده و جریان‌های عبوری از آن را اندازه‌گیری کنیم، نتیجه‌ی بسیار جالب زیر بدست می‌آید:



$$I = 5 \quad 10 \quad 2/5 \quad 15 \quad 0/5 \rightarrow \frac{V}{I} = 4$$

اگر دما را اندکی بالا ببریم مجدداً آزمایش انجام دهیم داریم:

$$\begin{array}{cccccc} V = 20 & 40 & 10 & 60 & 2 & \\ I = 4 & 8 & 2 & 12 & 0/4 & \end{array} \rightarrow \frac{V}{I} = 5$$

- شبیه خازن...

ایران تونل
توشه‌ای برای موفقیت

قانون اهم:

در دمای ثابت نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به شدت جریان عبوری از یک رسانا همواره مقدار ثابتی است که به آن مقاومت رسانا در آن دما گویند.

رسانایی که در دمای ثابت مقاومت ثابتی داشته باشد (یعنی با افزایش اختلاف پتانسیل آن، شدت جریان آن نیز به همان نسبت افزایش یابد، رسانای اهمی (مقاومت اهمی) نام دارد.

رابطه‌ی ریاضی قانون اهم را می‌توان بصورت مقابل نوشت:

$$V = RI$$

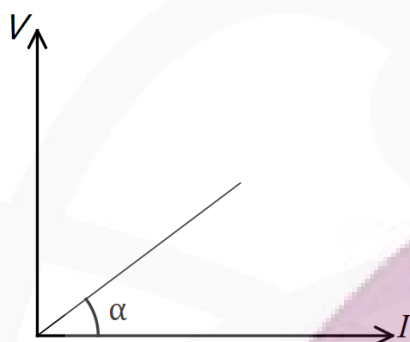
$$R = \frac{V}{I} \quad \left(\frac{V}{A} = \Omega \right) \quad R = \text{مقاومت الکتریکی رسانا}$$

نمودار جریان برحسب اختلاف پتانسیل برای رسانای اهمی (شکل الف) و رسانای غیراهمی (شکل ب) بصورت زیر است:

ایران تونل
توشه‌ای برای موفقیت

* رساناها براساس پیروی و یا عدم پیروی از قانون اهم به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) رساناهای اهمی



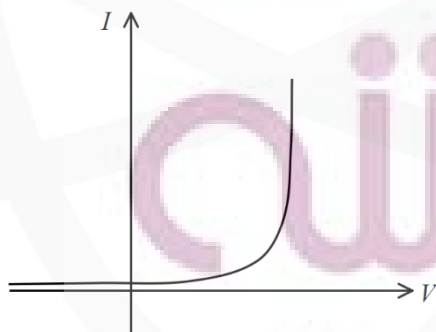
$$\operatorname{tg} \alpha = R$$

شکل الف

رساناهایی که از قانون اهم پیروی می‌کنند.

ب) رساناهای غیر اهمی:

رساناهایی که از قانون اهم پیروی نمی‌کنند به عبارت دیگر مقاومتشان ثابت نیست و با تغییر ولتاژ و جریان، (مقاومت) تغییر می‌کند. مانند: LED و دیود



ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

نکته: در رساناهای غیراھمی شیب خطی که از هر نقطه روی نمودار ولتاژ بر حسب جریان به مبدا وصل شود برابر مقاومت است.

تعاریف مقاومت الکتریکی رسانا:

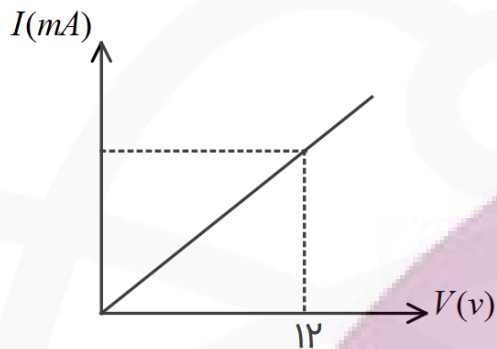
۱) نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به شدت جریان الکتریکی عبوری از آن

۲) اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به ازای جریان به شدت ۱A

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

تست: شکل روبرو نمودار $I - V$ یک مقاومت است. اگر دو سر این مقاومت، اختلاف پتانسیل ۳۷ ایجاد کنیم، هر ۲۴h چند آمپر ساعت بار از مقاومت می‌گذرد؟



۰/۹۶ (۲)

۹۶ (۱)

۰/۲۴ (۴)

۲۴ (۳)

تست: در یک مدار یک LED روشن است. اگر اختلاف پتانسیل دو سر LED را افزایش دهیم، مقاومت و جریان الکتریکی گذرنده از آن چگونه تغییر خواهد کرد؟

(۱) مقاومت و جریان هردو افزایش

(۲) مقاومت کاهش و جریان افزایش

(۳) مقاومت ثابت و جریان افزایش

(۴) مقاومت افزایش، جریان کاهش

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تست: واتاژ یک ماشین حساب ۳۷ است. وقتی ماشین حساب روشن است این باتری باعث عبور جریان 0.2mA در آن می‌شود. اگر این ماشین حساب یک ساعت روشن باشد، در این زمان چند کولن بار از ماشین حساب می‌گذرد و باتری چند ژول انرژی به ماشین حساب می‌دهد؟

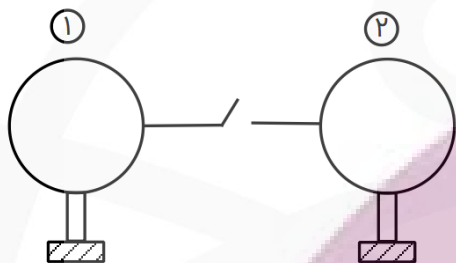
(۱) $0.06, 0.18$ (۲) $0.54, 0.18$ (۳) $0.24, 0.72$ (۴) $2.16, 0.72$

تست: باتری خودرویی، $3/6\text{Ah}$ است. اگر این باتری بطور متوسط جریان 400mA را فراهم کند، چند min طول می‌کشد تا خالی شود؟

(۱) ۹ (۲) ۵۴۰ (۳) $\frac{200}{3}$ (۴) $\frac{10}{9}$

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تست: در شکل روبرو دو کره ی مشابه باردار روی پایه‌های عایقی قرار دارند. بار کره‌ی (۱) $+8\mu\text{C}$ و بار کره‌ی (۲) $+4\mu\text{C}$ است، با بستن کلید 0.02ms طول می‌کشد تا تعادل الکتریکی ایجاد شود و شدت جریان متوسط عبوری از سیم فلزی در این مدت چند میلی آمپر است؟



(۲) ۰/۱

(۱) ۱۰۰

(۴) ۳۰۰

(۳) ۰/۳

*جریان کدوم وریه ؟

تست: یک رسانای اهمی با مقاومت الکتریکی 50Ω را به اختلاف پتانسیل الکتریکی ۸۷ وصل می‌کنیم، در مدت 1min چند الکترون از این رسانا عبور می‌کند؟

(۴) $9/6 \times 10^{20}$

(۳) $9/6 \times 10^{19}$

(۲) 6×10^{19}

(۱) 6×10^{20}

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تست: مقاومت الکتریکی رسانای اهمی (۱)، ۳ برابر مقاومت الکتریکی رسانای اهمی (۲) است. اگر رسانای اهمی اول را به اختلاف پتانسیل ۱۶۷ و رسانای دومی را به ۸۷ وصل کنیم، نسبت $\frac{I_1}{I_2}$ چند است؟

۶ (۱)

$\frac{1}{6}$ (۲)

$\frac{2}{3}$ (۳)

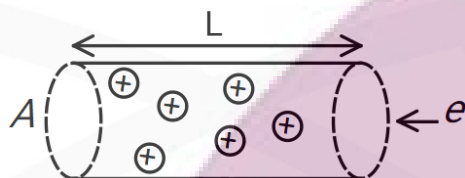
$\frac{3}{2}$ (۴)

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

مفهوم مقاومت الکتریکی و عوامل مؤثر بر آن:

بار الکتریکی عبوری از رسانا همانند شکل مقابل به اتم‌های رسانا برخورد کرده و در هر برخورد بخشی از انرژی الکتریکی خود را از دست می‌دهد. به مقاومت ذرات رسانا در برابر عبور بارهای الکتریکی مقاومت الکتریکی رسانا گویند.



« قطعه ی رسانایی از جنس مس »

کاملاً واضح است که هرچه « جنبش ذرات » بیشتر باشد و یا « طول رسانا » بلندتر باشد و یا « سطح مقطع » آن کوچکتر باشد تعداد برخوردها بیشتر شده و مقاومت افزایش می‌یابد و همچنین « جنس رسانا » و نحوه ی قرارگیری اتم‌ها در کنار هم نیز در مقاومت الکتریکی رسانا مؤثر است.

$$R \propto L, \quad R \propto \frac{1}{A} \quad \rightarrow \quad R = \rho \frac{L}{A}$$

ρ : مقاومت ویژه ی الکتریکی رسانا

مقاومت ویژه ی الکتریکی رسانا: به مقاومت یک رسانا به طول 1^m و سطح مقطع 1^{m^2} گویند و واحد آن « $\Omega.m$ » است.

ایران تونش
توشه ای برای موفقیت

تست: جریان عبوری از مقاومتی را ۳ برابر می‌کنیم، مقاومت الکتریکی آن چند برابر می‌گردد؟

$$1/4 \text{ (۴)}$$

$$9 \text{ (۳)}$$

$$\frac{1}{3} \text{ (۲)}$$

$$3 \text{ (۱)}$$

نکته: مقاومت الکتریکی رسانا به هیچ وجه...

تمرین: هرگاه به اختلاف پتانسیل دو سر رسانی ۲۰۷ بیفزاییم جریان عبوری از آن ۳ برابر می‌شود. اختلاف پتانسیل اولیه‌ی دو سر این رسانا چند ولت است؟

تمرین: مکعب مستطیلی فلزی به ابعاد $3 \times 4 / 5 \times 5$ سانتی متر در اختیار داریم و از وجوه مختلف آن جریان می‌گذرانیم. نسبت بیشترین به کمترین مقاومت الکتریکی در این رسانا را محاسبه کنید.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

تست: سیمی فلزی را کشیده تا طول آن ۲ برابر گردد. مقاومت الکتریکی این سیم چند برابر می‌شود؟

$$\frac{1}{2} (۴)$$

$$۴ (۳)$$

$$۱ (۲)$$

$$۲ (۱)$$

نکته:

تست: مایع الکترولیتی در یک ظرف استوانه‌ای شکل به شعاع R قرار دارد و جریان در طول این استوانه برقرار است. اگر این مایع را به درون ظرف دیگری به شعاع $\frac{R}{۳}$ خالی کنیم، مقاومت الکتریکی چند برابر می‌شود؟

$$\frac{1}{3} (۶)$$

$$۳ (۵)$$

$$۸۱ (۴)$$

$$۲۷ (۳)$$

$$\frac{1}{9} (۲)$$

$$۹ (۱)$$

ایران تونل

توشه‌ای برای موفقیت

نکته:

تمرین: مکعبی فلزی به ابعاد a در اختیار داریم. اگر این مکعب را ذوب کرده و با آن استوانه‌ای به شعاع $\frac{a}{3}$ درست کنیم. مقاومت الکتریکی در طول این استوانه چند برابر مقاومت الکتریکی مکعب است؟

** تست: دو سیم مسی A و B در اختیار داریم. اگر جرم سیم A ، 2 برابر سیم B و شعاع مقطع A ، $\frac{1}{3}$ برابر شعاع مقطع B باشد، مقاومت الکتریکی A چند برابر B است؟

۱۶۲ (۴)

۸۱ (۳)

۱۸ (۲)

۶ (۱)

تمرین: مقاومت سیم A ، 4 برابر B و چگالی سیم A نصف سیم B و طول آن‌ها برابر می‌باشد. اگر مقاومت ویژه سیم‌های A و B به ترتیب $9m.\Omega$ و $2/7m.\Omega$ باشد، جرم سیم A چند برابر سیم B است؟

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

اثر دما بر مقاومت الکتریکی:

اگر در دمای θ_1 مقاومت قطعه‌ای رسانا R_1 و در دمای θ_2 مقاومت همان رسانا R_2 باشد، می‌توان تغییر مقاومت (ΔR) را بر اثر تغییر دما ($\Delta\theta$) بصورت زیر محاسبه نمود:

$$\Delta R = R_1 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

α : ضریب حرارتی (دمایی) مقاومت (واحد آن $(\frac{1}{K})$ است)

یا تغییر مقاومت واحد مقاومت به ازای $1^\circ C$ تغییر دما را گویند.

نکته: مقاومت ویژه‌ی رساناها بسیار کم، در حدود 10^{-8} و مقاومت ویژه‌ی نارساناها در حدود 10^{14} می‌باشد. موادی مانند ژرمانیوم و سیلیسیوم و کربن دارای مقاومتی بین این دو عدد می‌باشند که به آن‌ها نیمه‌رسانا گویند.

ایران تونل
توشه‌ای برای موفقیت



تمرین: هرگاه دمای رسانایی را به میزان 10°C افزایش دهیم. مقاومت آن به ۵ برابر مقاومت اولیه می-رسد. ضریب حرارتی مقاومت چند « K^{-1} » است؟

نکته:

تمرین: مقاومت دو قطعه از جنس مس و نقره در دمای 5°C باهم برابر است. اگر $\alpha = 0.004\text{K}^{-1}$ مس، $\alpha = 0.006\text{K}^{-1}$ نقره، باشد در دمای 6°C مقاومت بیشتر است و در دمای 4°C مقاومت بیشتر است.

(۴) مس، مس

(۳) نقره، نقره

(۲) نقره، مس

(۱) مس، نقره

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

تست: دمای دو سر رسانایی را 50°C افزایش می‌دهیم. اگر $\alpha = 0.004\%$ باشد مقاومت آن به میزان چند درصد مقاومت اولیه افزایش می‌یابد؟

۵۰ (۴)

۴۰ (۳)

۲۰ (۲)

۱۰ (۱)

ایران تونل

توشه‌ای برای موفقیت

تفاوت رسانه و نیمه رسانه در تغییر مقاومت با دما:

الف- رسانه: با افزایش دما، ارتعاشات شبکه‌ی اتمی رسانه زیاد شده و برخورد حاملان بار با شبکه‌ی اتمی بیشتر و در نتیجه «مقاومت رسانه با افزایش دما، افزایش می‌یابد.»

* دماسنج مقاومت پلاتینی یکی از سه دماسنج معیار است که اساس کار آن بر پایه‌ی تغییر مقاومت با تغییر دماست.

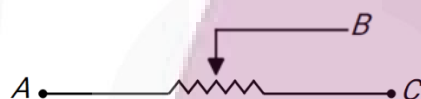
ب- نیمه رسانه: در دمای پایین تعداد حاملان بار ناچیز است و مقاومت زیاد است مانند نارسانا رفتار می‌کنند. با افزایش دما تعداد حاملان بار افزایش یافته (رسانایی بیشتر می‌شود) و تعداد برخورد با شبکه‌های اتمی نیز افزایش می‌یابد. (نارسانایی بیشتر می‌شود) اما تأثیر افزایش حامل‌های بار بیشتر از افزایش برخوردهای کاتوره‌ای است. یعنی (با افزایش دما مقاومت نیمه رسانه کاهش می‌یابد). یعنی ضریب حرارتی مقاومت برای رسانه‌ها مثبت و برای نیمه رسانه‌ها منفی است.

ایران تونل
توشه‌ای برای موفقیت

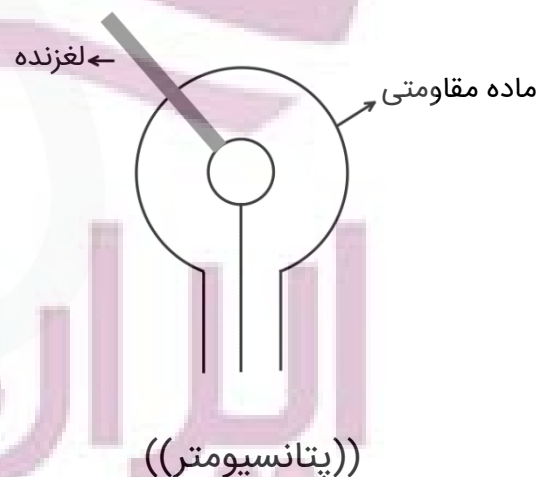
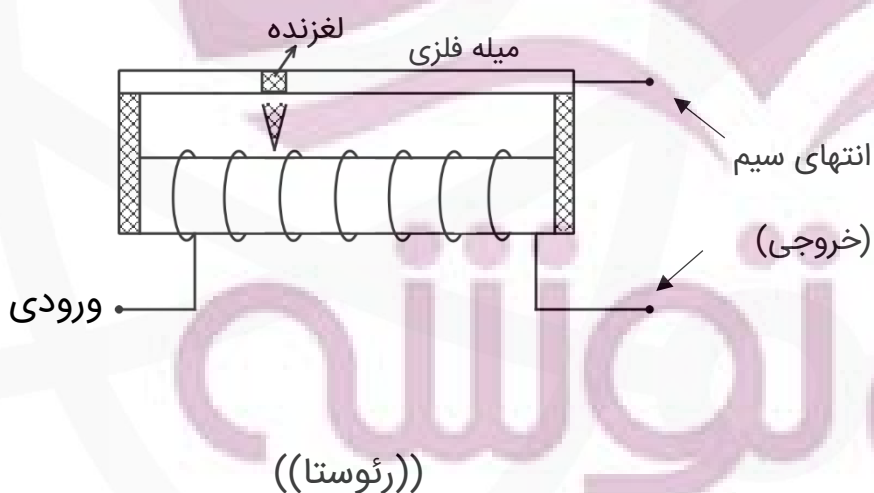
انواع مقاومت ها:

۱- **مقاومت های سیم پیچ:** شامل سیملوله ای از یک سیم نازک از جنس نیکروم آلیاژ نیکل و کروم یا منگانه آلایژ مس، نیکل، منگنز است که دور یک مغزی سرامیکی پیچیده شده و دور آن یک غلاف سرامیکی است.

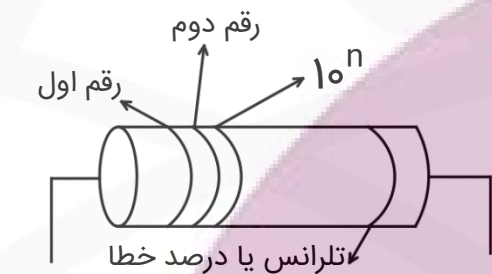
رئوسها: یکی از مقاومت های پیچه ای می باشد که متغیر است. در مدارهای الکترونیکی نیز وسیله ای به نام پتانسیومتر همان نقش را ایفا می کند. مقاومت های متغیر را بصورت های زیر نشان می دهند:



طرحواره ای از یک سیملوله و پتانسیومتر بصورت زیر می باشد :



۲- مقاومت‌های ترکیبی: معمولاً از کربن، نیمه رساناها و یا لایه‌های فلزی ساخته شده‌اند. مقدار آن‌ها بصورت کدهای رنگی روی مقاومت مشخص شده است.



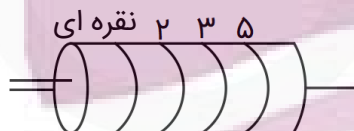
(بی رنگ یا نقره ای یا طلایی)

۵٪

۱۰٪

۲۰٪

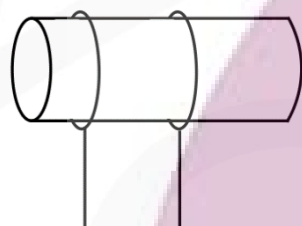
تمرین: مقدار تقریبی مقاومت مقابل چند اهم می‌باشد؟



ایران توننده
توشه ای برای موفقیت

مقاومت‌های خاص:

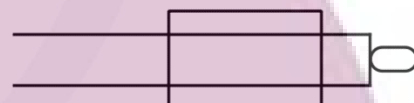
۱- **ترمیستور**: نوعی مقاومت است که بستگی آن به دما با مقاومت‌های معمولی متفاوت است و به عنوان حسگر دما در مدارهای حساس به دما مثل زنگ خطر آتش، دماپا و دماسنج استفاده می‌شوند. شکل‌های متفاوت آن در زیر آمده است:



ترمیستور میله ای



ترمیستور دیسکی



ترمیستور مهره ای

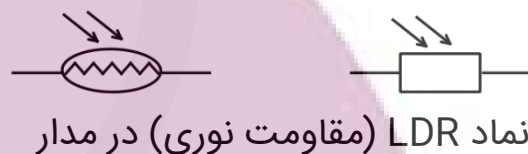
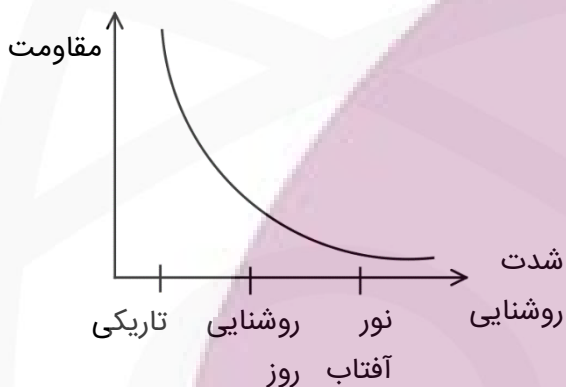


((می باشد.

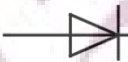
نماد ترمیستور در مدارهای الکتریکی بصورت ((

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

۲- **مقاومت های نوری:** نوعی مقاومت که مقدار آن به نور تابیده شده به آن بستگی دارد، به طوری که با افزایش شدت مقدار آن کم می شود. نوعی از آن ها از جنس سیلیسیم با افزایش شدت نور به تعداد حاملان بار افزوده شده و رسانایی افزایش می یابد. از آن ها در چشم های الکترونیکی و دزدگیرها و چراغ خیابان و کنترل کننده های خودکار استفاده می شود.



۳- **دیود:** قطعه ای است که هرگاه در یک مدار قرار گیرد تنها در یکسو جریان را عبور می دهد و به آن

یکسوکننده گفته و در مدارها بصورت (()) نشان داده می شود. یعنی برای جریان موافق، مقاومت کم و برای جریان مخالف مقاومت بی نهایت دارد. از این سو برای تبدیل جریان متناوب به مستقیم از آن استفاده می شود.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

یکی از انواع دیودها، دیودهای نورگسیل یا LED می‌باشد که در آن نیم رسانایی استفاده می‌شود که با توجه به نوع آن نورهایی از فروسرخ تا فرابنفش گسیل می‌کند. LEDها توان کمی مصرف کرده و نور زیادی تولید می‌کنند و در چراغ خودروها، روشنایی منازل، تابلوهای تبلیغات، نمایشگرهای LED و ... استفاده می‌شوند.

نماد LED در مدار (()) می‌باشد. و شکل ساده‌ی آن (()) است.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

تست: چند مورد از عبارت‌های زیر درباره‌ی LDR ها، LED ها و دیودها درست است؟

الف) LED ها، روزها اجازه‌ی عبور جریان از خود را نمی‌دهند.

ب) LDR ها در تاریکی مقاومتشان زیاد و در روشنایی بسیار کم است.

پ) تابش نور به LED ها باعث می‌شود حامل‌های بار الکتریکی در آن‌ها افزایش یابد و در نتیجه مقاومتشان کم شود.

ت) از دیود در مدارها برای تبدیل جریان‌ها مستقیم به جریان متناوب استفاده می‌شود.

۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)

ایران تونل

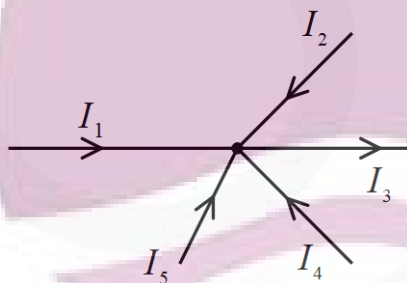
توشه‌ای برای موفقیت

مدارهای چند حلقه و قوانین کیرشهف:

در مدارهایی که شامل چند مولد بوده و مولدها در یک شاخه نمی باشند، برای محاسبه ی جریان هر شاخه استفاده از قوانین کیرشهف الزامی است.

الف) قانون کره کیرشهف (KCL)

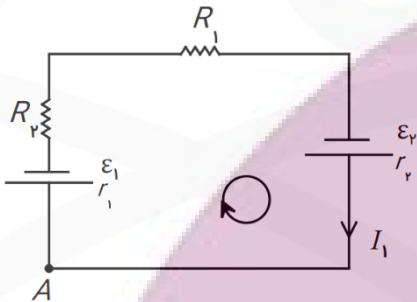
جمع جبری جریان های ورودی به هر گره و خروجی از آن برابر صفر است.
(مجموع جریان های ورودی به گره با مجموع جریان های خروجی از آن برابر است)



$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

ب) قانون حلقه‌ی کیرشهف (KVL)

جمع جبری اختلاف پتانسیل در یک حلقه‌ی بسته صفر است.

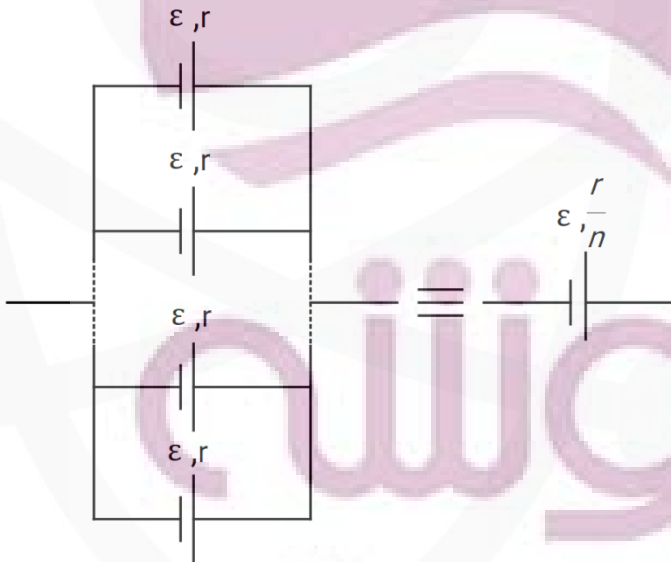


$$V_A - \varepsilon_1 + r_1 I_1 + R_1 I_1 + \varepsilon_2 + r_2 I_1 = V_A$$

$\Rightarrow$

نکته‌ی بسیار مهم:

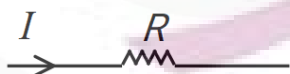
برای مولدهای مشابه و موازی:



نکات مربوط به کلید و اتصال کوتاه:

(j) انرژی الکتریکی مصرفی:

هرگاه دوسر مقاومت R به اختلاف پتانسیل V وصل شود و از آن جریانی به شدت I عبور کند، انرژی الکتریکی مصرفی آن در مدت t ثانیه برابر است با:



$$V = RI$$

$$U = RI^2 t = \frac{V^2}{R} t = VIt$$

انرژی الکتریکی مصرفی (j)

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

تمرین: لامپی به مقاومت 20Ω را به اختلاف پتانسیل $10V$ می‌بندیم. انرژی الکتریکی مصرفی در مدت یک شبانه‌روز چقدر است؟

(P) توان الکتریکی مصرفی:

میزان انرژی الکتریکی مصرفی در مدت $1s$ را گویند.

$$P = \frac{u}{t} = RI^2 = \frac{V^2}{R} = V \cdot I \quad \text{توان مصرفی (W)}$$

تمرین: هرگاه به اختلاف پتانسیل دوسر رسانایی $6V$ بيفزاييم، توان مصرفی آن 16 برابر می‌شود. اختلاف پتانسیل اولیه‌ی این رسانا چند ولت بوده است؟

ایران تونل
توشه‌ای برای موفقیت

سؤال: آیا توان الکتریکی مصرفی از مشخصات وسیله (مصرف کننده) است؟

تمرین: روی لامپی اعداد (120^W , 200^V) نوشته شده است. این لامپ را به ولتاژ $100V$ وصل می‌کنیم.

الف) انرژی مصرفی این لامپ در مدت یک شبانه‌روز چند کیلووات ساعت است؟

ب) اگر هزینه‌ی برق مصرفی به ازای هر کیلووات ساعت 200 تومان باشد، هزینه‌ی برق این لامپ در مدت یک ماه چقدر است؟

ایران تونل
توشه‌ای برای موفقیت

تمرین: بر روی لامپی اعداد $(۲۲۰^V, ۱۰۰^W)$ نوشته شده است.

الف) توان مصرفی لامپ چند وات است؟

ب) اگر این لامپ به ولتاژ ۲۳۰^V وصل شود، توان مصرفی چند وات می‌گردد؟

ج) اگر این لامپ به ولتاژ ۱۱۰^V وصل شود، توان مصرفی چند وات می‌گردد؟

د) اگر این لامپ به ولتاژ ۴۴^V وصل شود، توان مصرفی آن چند درصد نسبت به توان اسمی تغییر می‌کند؟

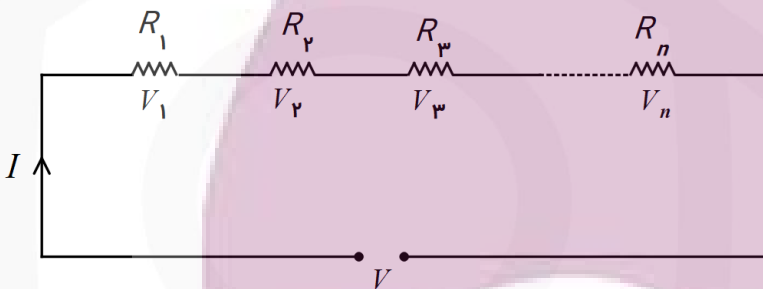
ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

به هم بستن مقاومت ها:

الف) به هم بستن مقاومت ها به صورت سری (متوالی)

هرگاه دو یا چند مقاومت طوری به هم وصل می شوند که جریان عبوری از آن ها برابر بوده و سرهای ناهم نام آن به هم متصل باشند، آن ها را «متوالی» یا «سری» گوئیم.



$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

* نکته‌ی اساسی در مقاومت‌های سری:

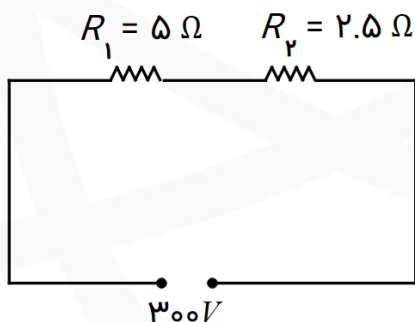
مقاومت معادل:

مقاومتی است که اگر به جای مجموعه‌ی مقاومت‌ها قرار بگیرد و به همان اختلاف پتانسیل وصل گردد، همان مقدار توان الکتریکی را مصرف می‌نماید.

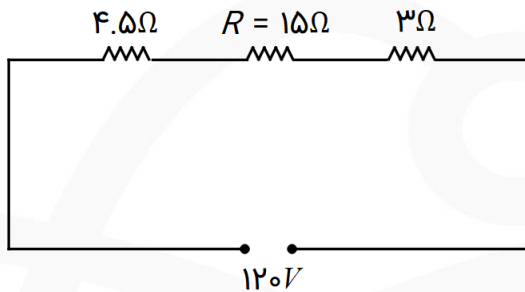
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \text{ معادل}$$

طبیعی است که با افزایش تعداد مقاومت‌ها و یا افزایش مقدار یکی از مقاومت‌ها، مقاومت معادل آن‌ها افزایش می‌یابد و مقاومت معادل از بزرگترین مقاومت نیز بزرگتر است.

تمرین: توان مصرفی مقاومت R_1 چند وات است؟



تست: اختلاف پتانسیل دوسر مقاومت R چند وات است؟



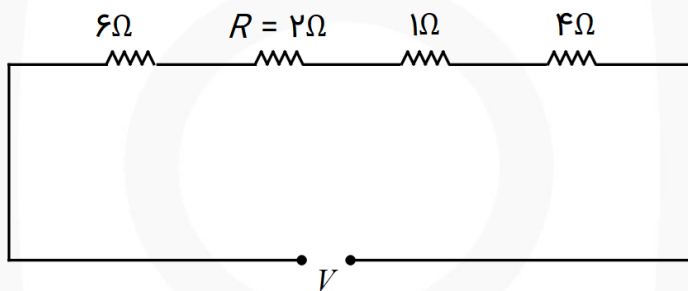
۸۰ (۲)

۴۰ (۱)

۳۰ (۴)

۹۰ (۳)

تست: اگر توان مصرفی مقاومت R برابر $12/5W$ باشد، اختلاف پتانسیل دوسر مجموعه چند ولت است؟



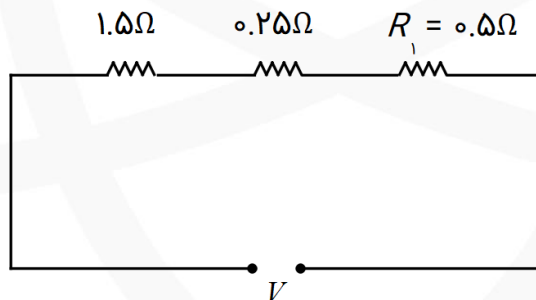
۱۵ (۲)

۵ (۱)

$2/5$ (۴)

$32/5$ (۳)

تست: اگر توان مصرفی مجموعه برابر با ۹۰ وات باشد، توان مصرفی مقاومت R_1 چند وات است؟



۲۰ (۲)

۱۰ (۱)

۷۰ (۴)

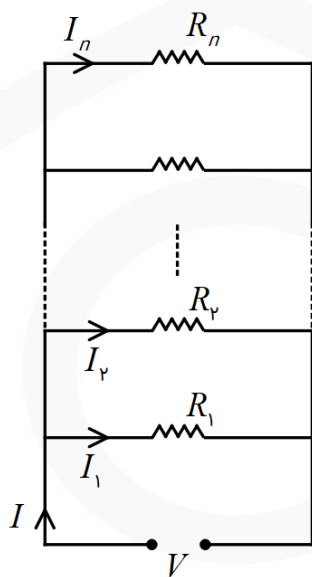
۱۷ (۳)

ب. به هم بستن مقاومت به صورت موازی:

هرگاه دو یا چند مقاومت را طوری به هم ببندیم که:

اولاً: سرهای همانم آنها به هم وصل باشد.

ثانیاً اختلاف پتانسیل دوسر آنها یکسان باشد، آنها را موازی گوئیم.

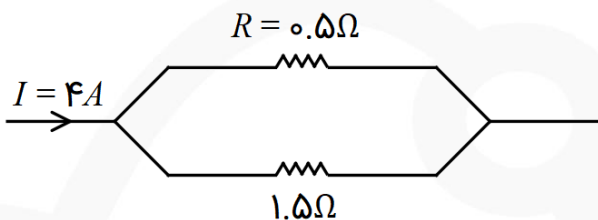


$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

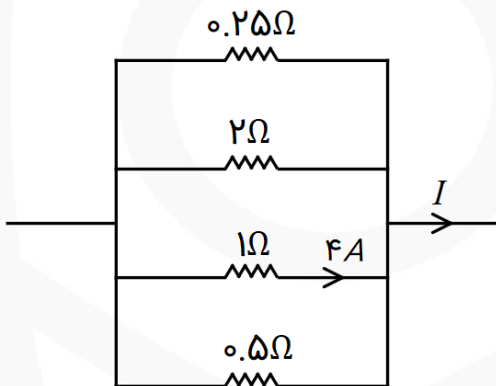
$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

نکته‌ی اساسی در مقاومت های موازی:

تمرین: در شکل مقابل که قسمتی از یک مدار است توان مصرفی در مقاومت R چند وات است؟



تست: در شکل مقابل که قسمتی از یک مدار است، مقدار I کدام است؟



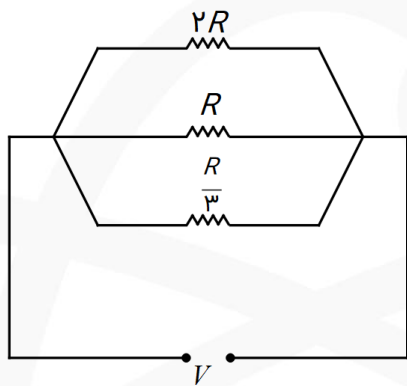
۲۰ (۲)

۱۶ (۱)

۳۶ (۴)

۳۰ (۳)

تست: در مدار مقابل توان مصرفی مجموعه برابر با $180W$ است. توان مصرفی مقاومت R چند وات است؟



۳۶۰ (۲)

۵۴۰ (۱)

۶۰ (۴)

۴۰ (۳)

مقاومت معادل:

مقاومتی که اگر به جای مجموعه‌ی مقاومت‌های موازی قرارگیرد و به همان اختلاف پتانسیل وصل شود. به همان میزان توان الکتریکی مصرف کند.

در یک مجموعه‌ی مقاومت‌های موازی، مقاومت معادل به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\frac{1}{R_{\text{معادل}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

نکات:

(۱) برای n مقاومت موازی مشابه داریم:

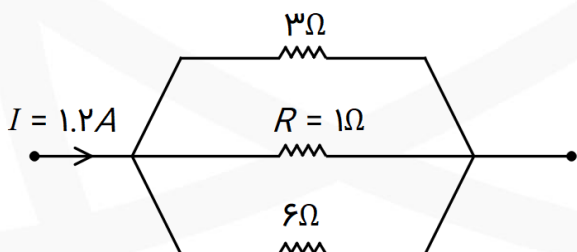
(۲) برای دو مقاومت موازی داریم:

(۳) مقاومت معادل چند مقاومت موازی از کوچکترین مقاومت کوچکتر است.

(۴) اگر

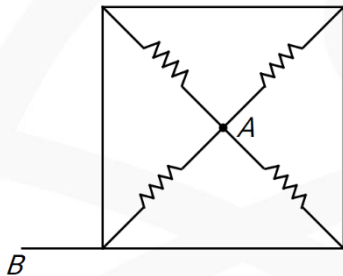
(۵) اگر

تمرین: در مدار مقابل توان مقاومت $R=1\Omega$ چند وات است؟



تمرین: مقاومت معادل بین نقاط A,B را در هر یک از شکل‌های زیر محاسبه نمایید.

(مقاومت‌ها مشابه و مقدار هر یک 12Ω است)



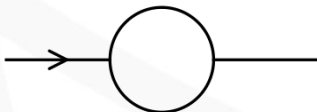
تست: سیمی با مقاومت الکتریکی 40Ω را به شکل حلقه‌ای دایره‌ای شکل درآورده و سپس آن را از نقطه‌ای روی یک قطر در مدار قرار می‌دهیم، مقاومت بین این دونقطه چند اهم است؟

۱۰ (۴)

۲۰ (۳)

۴۰ (۲)

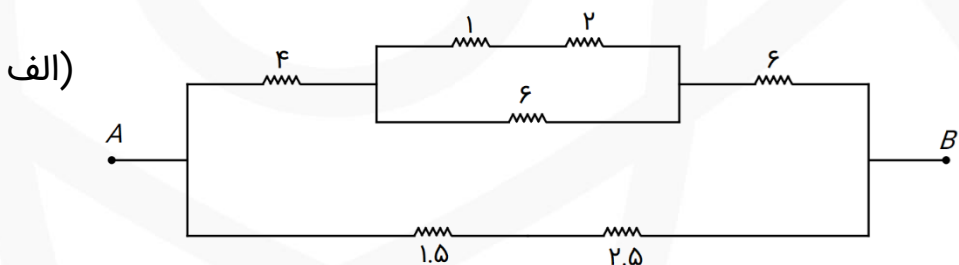
۸۰ (۱)



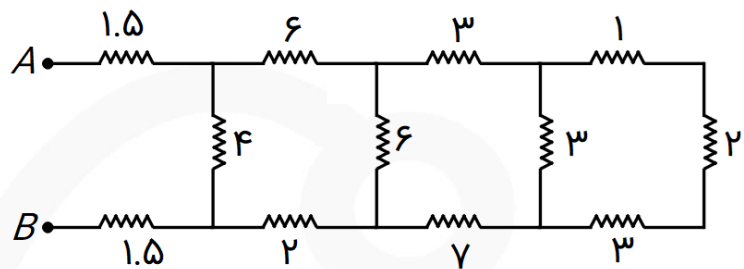
*اگر....

مدارهای «موازی-سری»

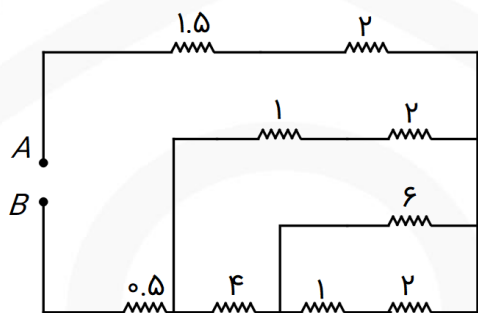
تمرین: مقدار مقاومت معادل بین نقاط A,B را در هر یک از شکل‌های زیر محاسبه نمایید. (مقاومت‌ها برحسب اهم می‌باشند)



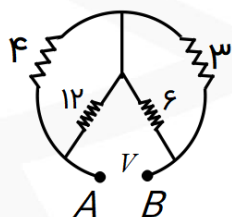
ب)



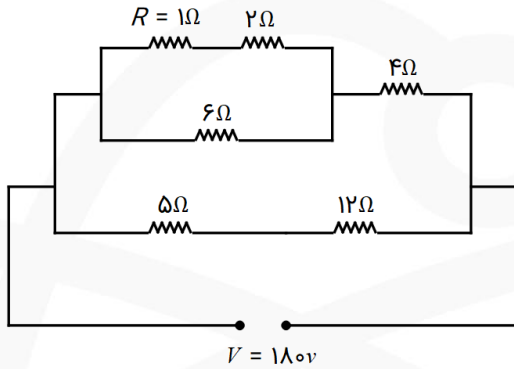
ج)



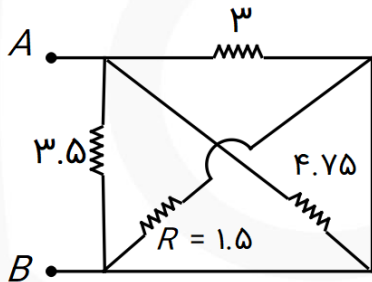
د)



تست: در مدار شکل مقابل پتانسیل دوسر مقاومت R چند وات است؟



تست: توان مصرفی مقاومت R در مدار مقابل چند وات است؟ ($V_{AB} = 360V$) و مقاومت‌ها برحسب اهم است)

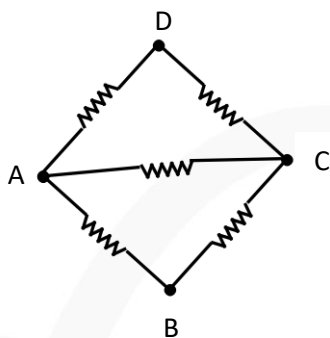


۴۸۰۰ (۲)

۳۶۰۰ (۱)

۱۰۵۰۰۰ (۴)

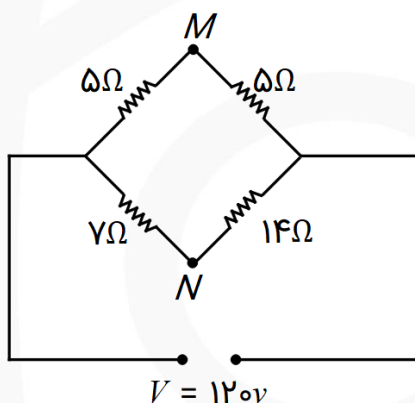
۹۶۰۰ (۳)



تمرین: در مدار مقابل مقاومت‌ها مشابه و 6Ω می‌باشند، بیابید:

الف) مقاومت معادل بین A,C

ب) مقاومت معادل بین A,B



تست: در مدار شکل مقابل، اختلاف پتانسیل نقاط N,M چند وات است؟

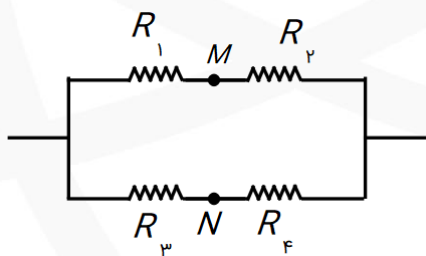
۸۰ (۱)

۶۰ (۲)

۴۰ (۳)

۲۰ (۴)

(مدار پل و تستون)

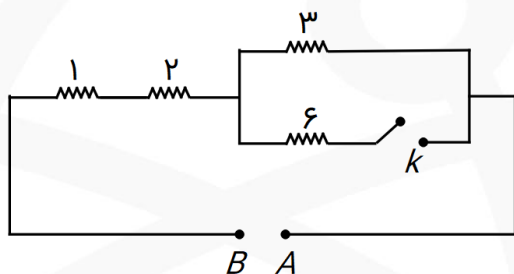


$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} \Leftrightarrow V_{MN} = 0$$

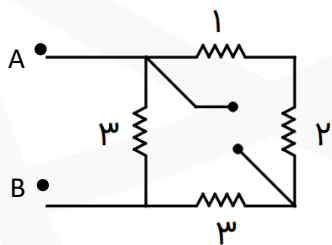
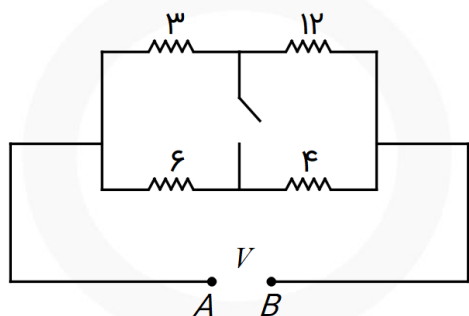
یعنی

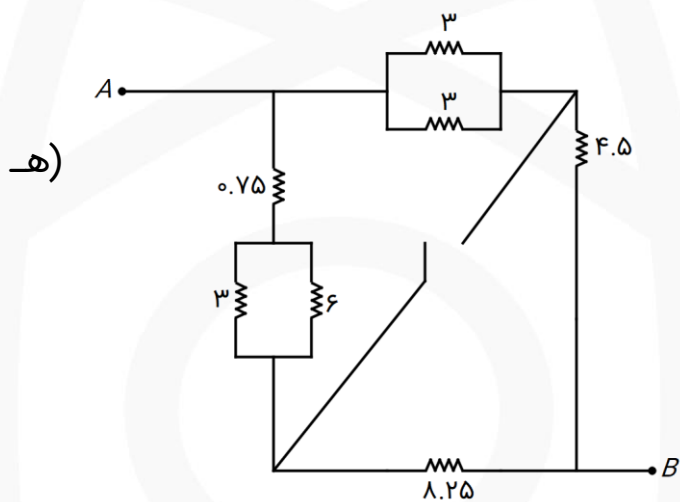
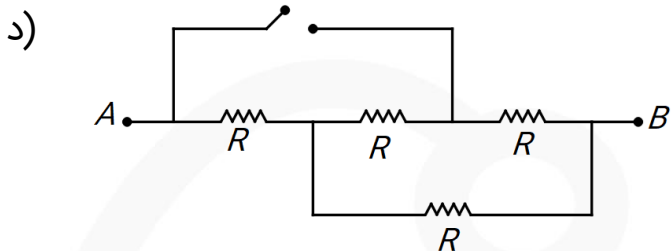
تمرین: در هر یک از مدارهای زیر، مقاومت معادل بین نقاط B,A قبل از بستن کلید چند برابر مقاومت معادل پس از بستن کلید است؟ (همه‌ی مقاومت‌ها بر حسب اهم است)

(الف)

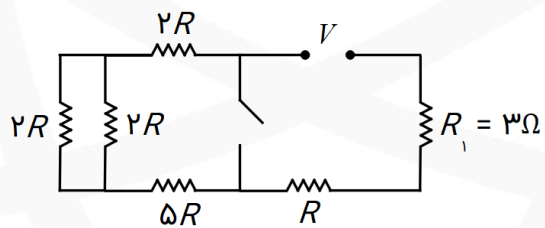


(ب)



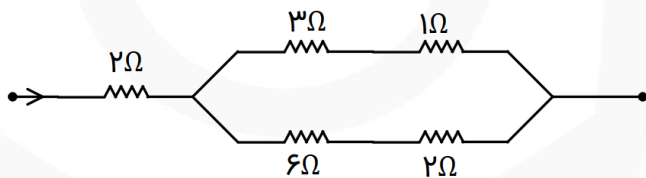


تمرین: با بستن کلید K توان مصرفی مقاومت R_1 چند برابر می شود.

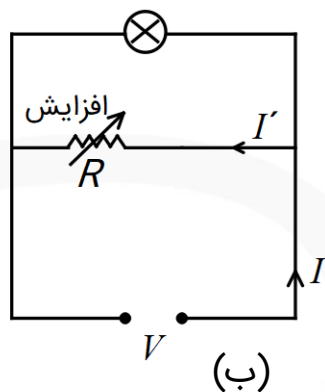
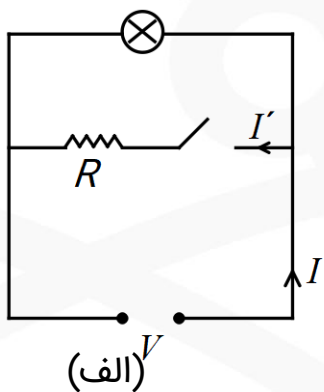


تمرین: روی لامپی اعداد ($200V$, $100W$) نوشته شده است. اگر بخواهیم این لامپ را با ولتاژ $800V$ روشن کنیم چه مقاومتی را چگونه به آن ببندیم تا لامپ بیشترین توان مصرفی را داشته باشد و آسیب نبیند؟

تمرین: کدام یک از مقاومت‌های زیر توان بیشتری مصرف می‌کند؟

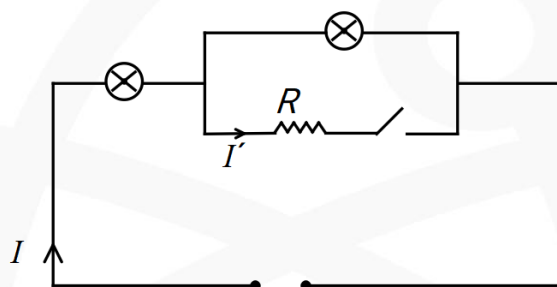


تمرین: در شکل (الف) با بستن کلید و در شکل (ب) با افزایش مقاومت R ، نور لامپ و جریان I و I' هر یک چه تغییری می‌کند؟

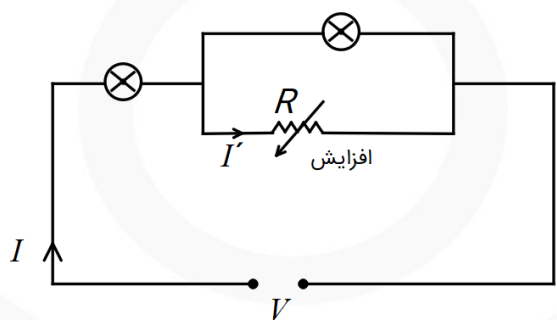


نکات بسیار زیبا:

تمرین: در شکل (الف) با بستن کلید و در شکل (ب) با افزایش مقاومت R ، نور هر یک از لامپ‌ها و جریان‌های I و I' چه تغییری می‌کند؟



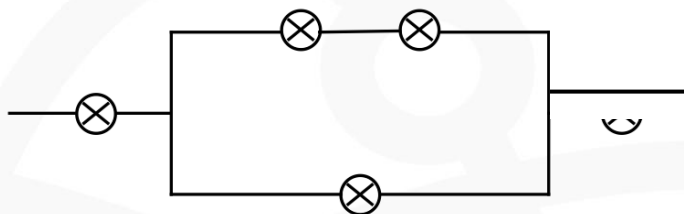
الف



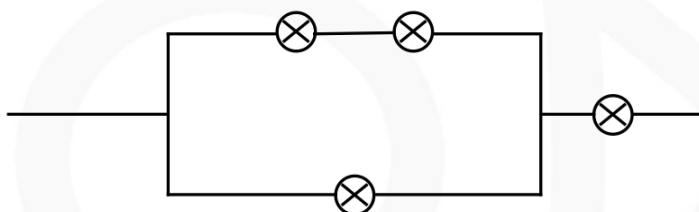
ب

تمرین: در مدارهای مقابل حداکثر توان قابل حمل هر لامپ $۱۲W$ است حداکثر توانی مصرفی مجموعه چند وات باشد تا هیچ یک از لامپ‌ها آسیب نبینند؟

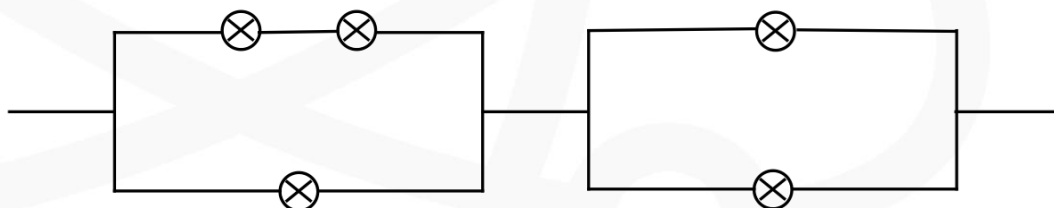
الف)



ب)



ج)

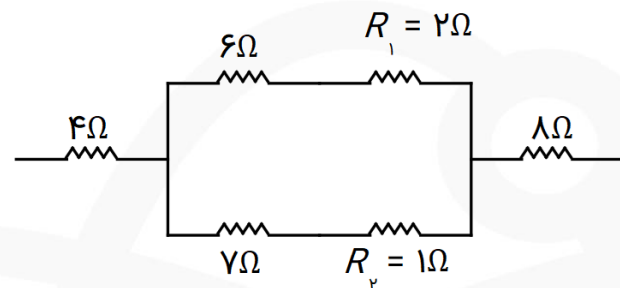


نکته‌ی بسیار مهم: بر روی چند مصرف کننده اعداد $\langle V, P_1 \rangle$ ، $\langle V, P_2 \rangle$ ، $\langle V, P_3 \rangle$ و ... نوشته شده است.

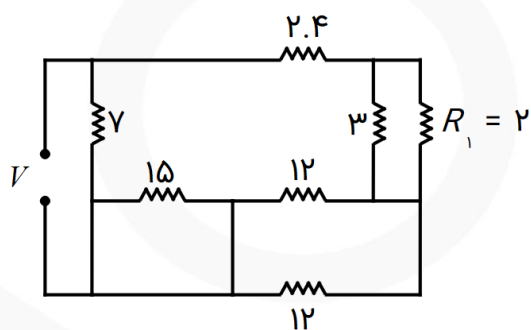
الف) اگر آن‌ها را موازی بسته و دوسر مجموعه را به اختلاف پتانسیل V وصل کنیم، توان مجموعه برابر است با:

ب) اگر آن‌ها سری بسته و دوسر مجموعه را به اختلاف پتانسیل V وصل کنیم، توان مجموعه برابر است با:

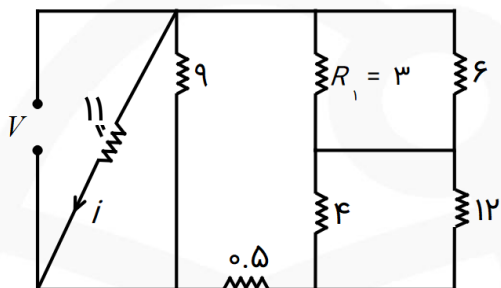
تمرین: اگر توان مصرفی R_1 برابر $50W$ باشد، توان مصرفی R_2 چند وات است؟



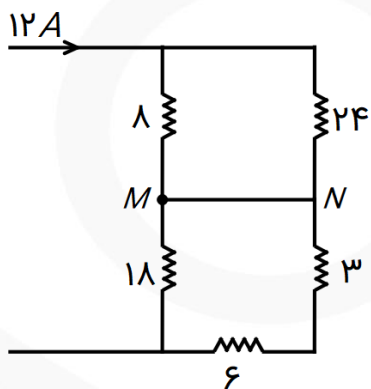
تمرین: در مدار مقابل اگر توان مصرفی R_1 برابر $18W$ باشد، اختلاف پتانسیل دوسر مجموعه چند ولت است؟ (اعداد برحسب اهم می باشد)



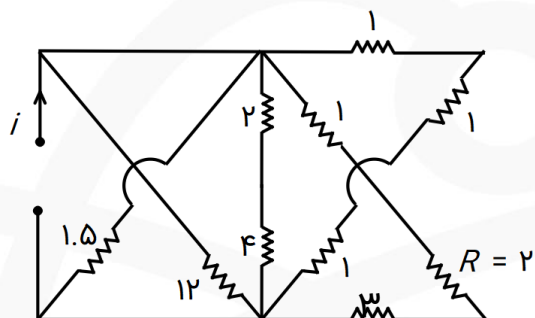
تمرین: در مدار مقابل اگر جریان عبوری از R_1 برابر با $12A$ باشد، i چند آمپر است؟ (مقاومت‌ها بر حسب اهم می‌باشد)



تمرین: در شکل مقابل که از یک مدار می‌باشد جریان شاخه‌ی NM چند آمپر و در چه جهتی است؟



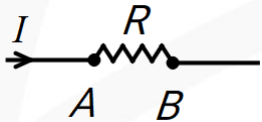
تمرین: در مدار شکل مقابل جریان مقاومت R برابر $4A$ است. جریان i چند آمپر است؟ (مقاومت‌ها برحسب اهم است)



نقش اجزای مختلف مدارهای الکتریکی:

۱- مقاومت الکتریکی

سؤال: مقدار شدت جریان در عبور از مقاومت چگونه تغییر می‌کند؟

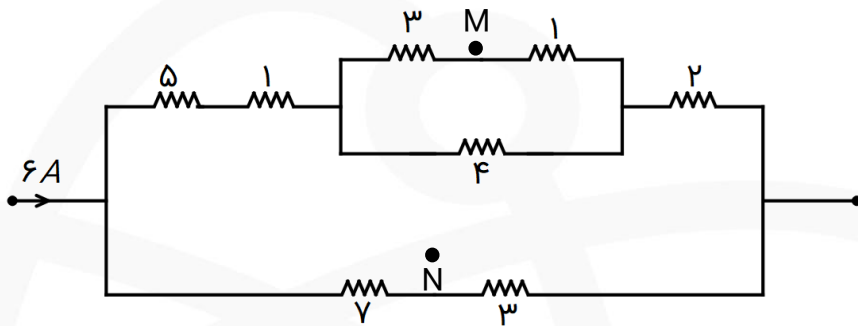


باتوجه به اینکه جهت قراردادی جریان جهت حرکت بارهای مثبت می‌باشد و اینکه بار مثبت برای از دست دادن انرژی باید از پتانسیل زیاد به پتانسیل کم شمارش یابد می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} V_A - RI = V_B \\ V_B + RI = V_A \end{cases}$$

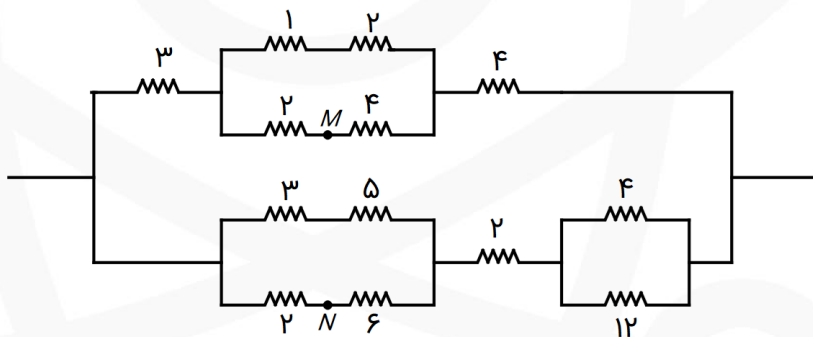
یعنی هرگاه درحال حرکت بر روی سیم‌های حامل جریان از مقاومتی عبورکنیم، در صورتی که هم جهت با جریان وارد مقاومت شویم $-IR$ افت پتانسیل لحاظ می‌کنیم و در صورتی که در خلاف جهت جریان وارد مقاومت شویم $+RI$ رشد پتانسیل درنظر می‌گیریم.

تمرین: در مدار مقابل $V_M - V_N$ چند وات است؟ (اعداد بر حسب اهم)

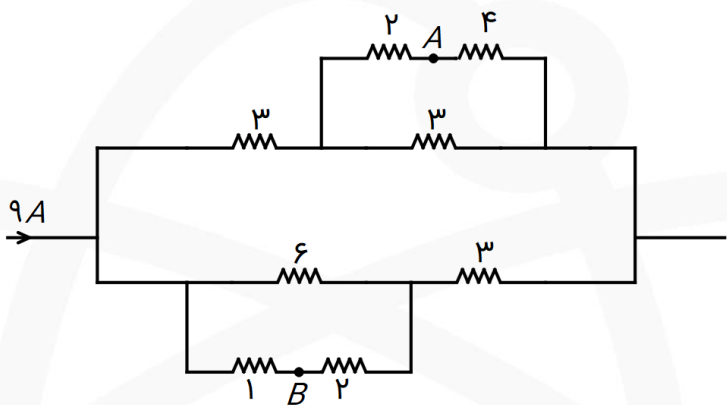


یعنی:

تمرین: در شکل مقابل که قسمتی از یک مدار است، $V_M - V_N$ چند وات است؟



تست: در شکل مقابل که قسمتی از یک مدار می باشد، اگر بار 4Ω از A به B برود، انرژی پتانسیل به میزان ژول می یابد.



(۱) 20 ، افزایش

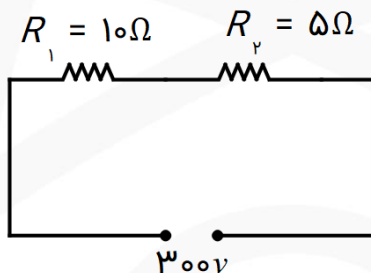
(۲) 20 ، کاهش

(۳) 80 ، افزایش

(۴) 80 ، کاهش

۲- مولد:

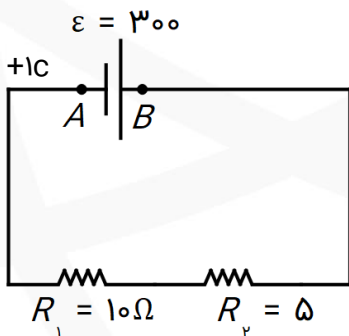
وسیله‌ای است که انرژی موردنیاز برای شارش بارهای مثبت در مدار را در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد. بطور مثال در شکل مقابل با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل، ذره‌ی $+1C$ در مولد $300J$ انرژی دریافت کرده و آن را بین مصرف کننده‌ها تقسیم می‌کند.



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

۴* نیرو

باتوجه به اینکه انرژی ذره‌ی $+1C$ در یک طرف مولد بیشتر از طرف دیگر است و مولد در یک جهت خاص به بارهای $+1C$ انرژی می‌دهد مولد را به صورت «» در مدار نشان می‌دهند. این شکل بیانگر جهت جریان در مدار می‌باشد و نشان می‌دهد که انرژی ذره‌ی $+1C$ در نقطه‌ی A کم بوده و در B زیاد می‌شود و این اختلاف انرژی همان اختلاف پتانسیل بین نقاط A, B است. بنابراین نقش مدلد در مدار این است که پتانسیل را در شاخه‌ی مثبت ε ولت بیشتر از شاخه‌ی منفی نماید.



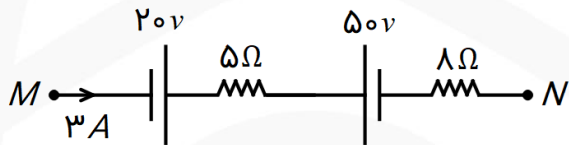
$$V_B - V_A = \varepsilon$$

$$\begin{cases} V_A + \varepsilon = V_B \\ V_B - \varepsilon = V_A \end{cases}$$

بنابراین می‌توان گفت:

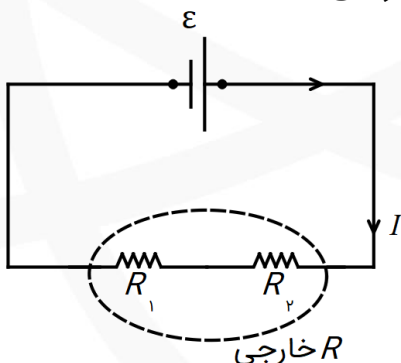
در حرکت روی سیم‌های حامل جریان اگر به مولد برخورد کنیم در صورتی که از قطب کوچک مولد (منفی) وارد شویم $+ \mathcal{E}$ رشد پتانسیل لحاظ کرده در صورتی که از شاخه‌ی بزرگ مولد (مثبت) وارد شویم $\mathcal{E} -$ افت پتانسیل در نظر می‌گیریم.

تمرین: در شکل مقابل که قسمتی از یک مدار می‌باشد $V_M - V_N$ چند ولت است؟



مدار تک حلقه:

مداری که تمام اجزای آن با یکدیگر سری بوده و جریان عبوری از تمام اجزا برابر می‌باشند.

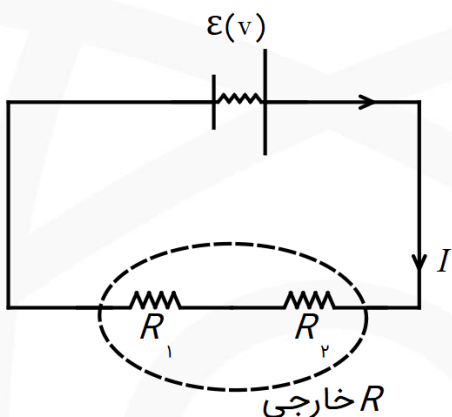


$$\mathcal{E} = R_{\text{درواز}} + R_1 I$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_{\text{درواز}}} = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{خارجی}}}$$

(r) مقاومت درونی:

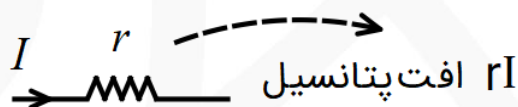
درون مولدها مقاومتی وجود دارد که معمولاً از مقاومت‌های خارجی کوچکتر است و «مقاومت درونی» نام دارد. این مقاومت با بقیه‌ی اجزای مدار تک حلقه، سری می‌باشد و مثل بقیه‌ی مصرف کننده‌ها بخشی از ε را به خود اختصاص می‌دهد.



$$\varepsilon = rI + R_1 + R_2 I$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{\text{خارجی}}} \quad \text{در مدار تک حلقه}$$

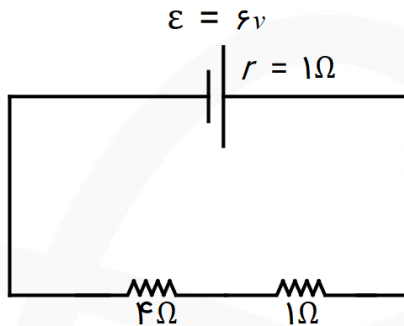
r کوچک هم مثل R بزرگ:



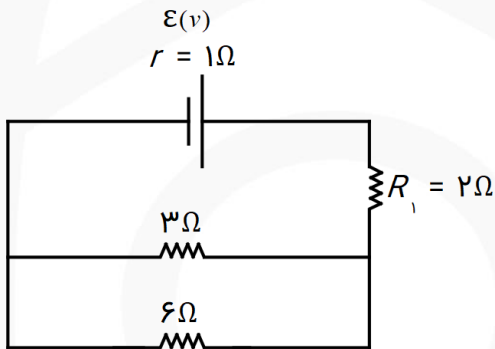
مقدار « rI » اختلاف پتانسیلی است که درون مولد تلف شده (به مقاومت درونی می‌رسد) و از آن بیرون نمی‌آید بنابراین به آن «افت پتانسیل» گویند بنابراین:

$$\varepsilon - rI = R_{\text{خارجی}} I \quad \text{اختلاف پتانسیل دوسر مولد} = \text{اختلاف پتانسیل دوسر مولد}$$

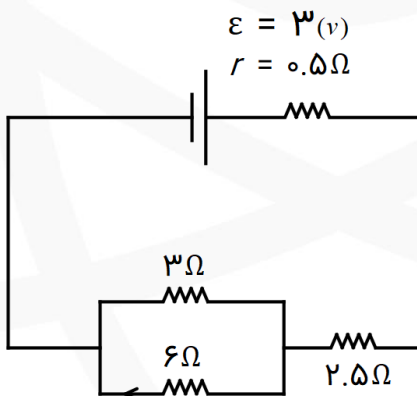
تمرین: در مدار مقابل افت پتانسیل مولد چند ولت است؟



تمرین: در مدار شکل مقابل اگر توان مقاومت R_1 برابر $18W$ باشد، نیرو محرکه‌ی مولد چند ولت است؟



تست: در مدار شکل مقابل i چند آمپر است؟



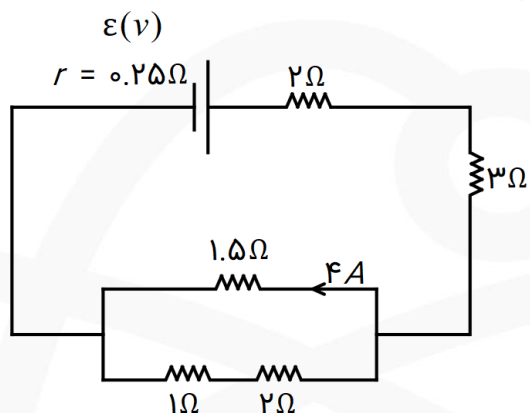
۶ (۱)

۳ (۲)

۲ (۳)

۱ (۴)

تست: در مدار شکل مقابل پتانسیل دوسر مولد چند ولت است؟



۲۵ (۱)

۳۰ (۲)

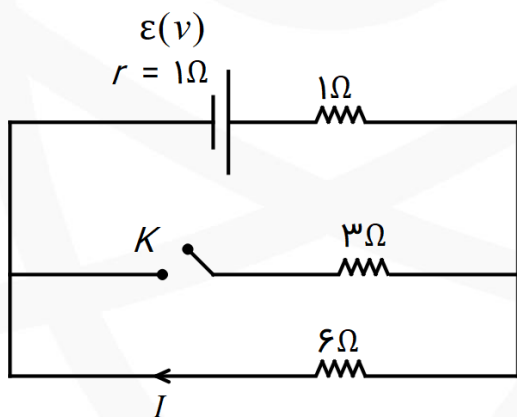
۳۶ (۳)

۴۰ (۴)

توجه توجه: در مدارهایی که...

نکته:

تمرین: در مدار مقابل با بستن کلید K، جریان I چند برابر می شود؟



تمرین: اگر دوسر مولدی را به دوسر مقاومت 2Ω ببندیم اختلاف پتانسیل دوسر آن $10V$ می‌گردد. و اگر دوسر همین مولد را به دوسر مقاومت 3Ω ببندیم اختلاف پتانسیل دوسر آن $12V$ می‌گردد. نیرو محرکه و مقاومت درونی این مولد را حساب کنید.

تست: اختلاف پتانسیل دوسر مولدی 80 درصد نیرو محرکه‌ی آن است. مقاومت خارجی چند برابر مقاومت درون مولد است؟

$$\frac{1}{4}(4)$$

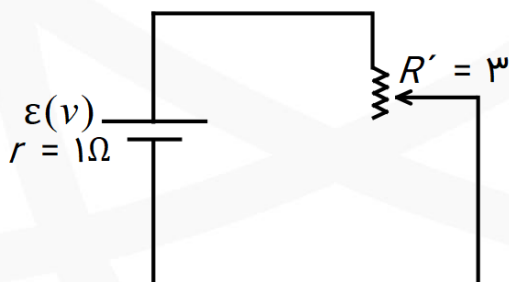
$$4(3)$$

$$\frac{1}{5}(2)$$

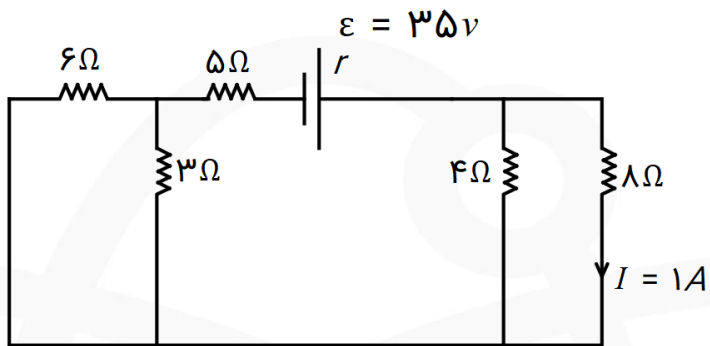
$$5(1)$$

تمرین: دو مقاومت مشابه R را یکبار سری و بار دیگر موازی به مولدی وصل کرده‌ایم. توان مصرفی یک مقاومت در حالت موازی با توان آن در حالت سری یکسان است. نسبت $\frac{R}{r}$ چند است؟

تمرین: در مدار مقابل قسمتی از مقاومت متغیر R' که در مدار است 3Ω است و اختلاف پتانسیل دوسر مولد V است. مقاومت R' را به چند اهم برسانیم تا اختلاف پتانسیل دوسر مولد نصف گردد؟



تست: در مدار مقابل مقاومت درونی چند اهم است؟



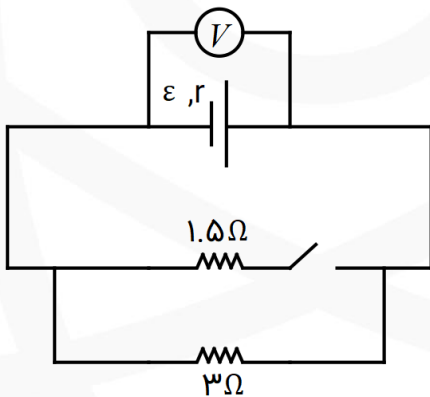
۱ (۱)

۱/۵ (۲)

۲ (۳)

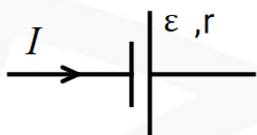
۳ (۴)

تمرین: در مدار مقابل اگر کلید k را ببندیم عدد ولت سنج $\frac{2}{3}$ برابر می شود، مقاومت درونی چند اهم است؟

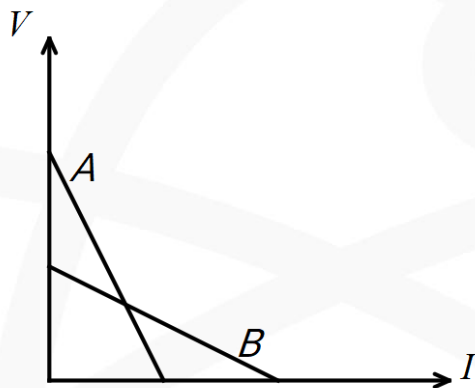


نکته‌ی بسیار مهم:

در مولدهایی که جریان عبوری از آن‌ها مستقیم می‌باشد (همانند شکل مقابل) با تغییر جریان، اختلاف پتانسیل دوسر مولد نیز به صورت زیر تغییر می‌کند:



تست: نمودار تغییرات پتانسیل بر حسب جریان عبوری از مولد A,B به صورت مقابل است اگر نیرو محرکه‌ی آن‌ها $\mathcal{E}_A$ و $\mathcal{E}_B$ و مقاومت درونی آن‌ها r_A و r_B باشد کدام گزینه درست است؟



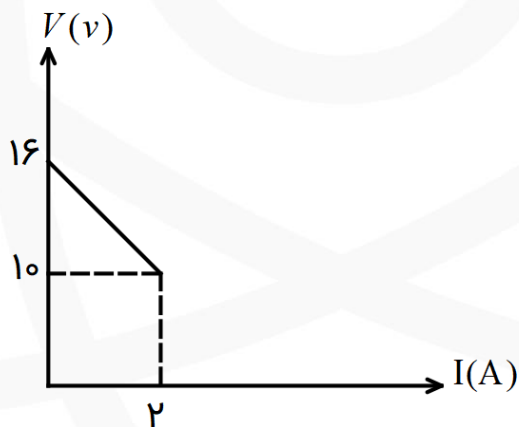
(۱) $r_A < r_B, \mathcal{E}_B < \mathcal{E}_A$

(۲) $r_A < r_B, \mathcal{E}_B > \mathcal{E}_A$

(۳) $r_A > r_B, \mathcal{E}_B < \mathcal{E}_A$

(۴) $r_A > r_B, \mathcal{E}_B > \mathcal{E}_A$

تست: در نمودار مقابل که مربوط به اختلاف پتانسیل دوسر یک مولد بر حسب شدت جریان عبوری از آن می‌باشد، مقادیر نیرو محرکه و مقاومت درونی به ترتیب کدام است؟



(۱) ۲۶, ۲

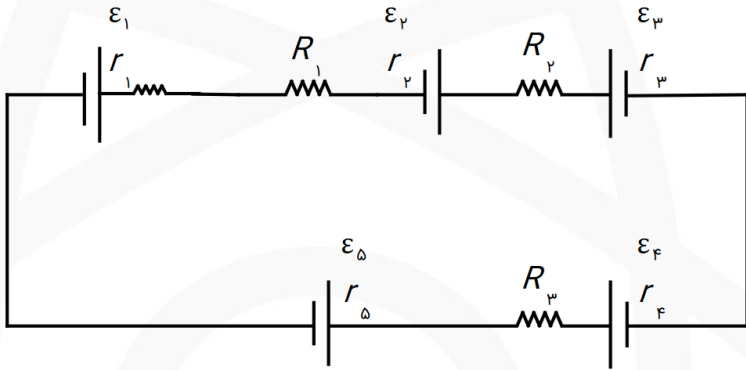
(۲) ۱۶, ۸

(۳) ۱۶, ۳

(۴) ۶, ۲

استفاده از خند مولد در مدار تک حلقه:

هرگاه چند مولد در یک شاخه قرار داشته باشند، آن‌ها را سری نامیده و می‌توان به جای آن‌ها یک مولد معادل قرار داد. به طوری که نیرو محرکه‌ی مولد معادل، برابر با جمع جبری نیرو محرکه‌ها باشد و مقاومت درونی مولد معادل، برابر با جمع درونی مقاومت می‌باشد.

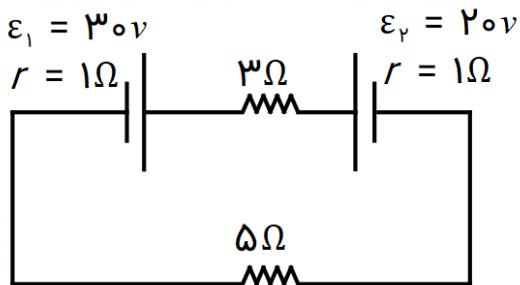


$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum r + R}$$

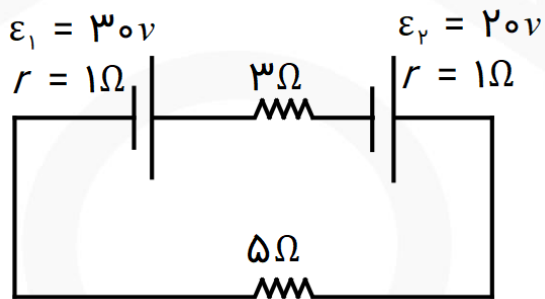
در مدار تک حلقه

تمرین: در مدارهای شکل زیر شدت جریان در مدار و جهت آن را مشخص کنید.

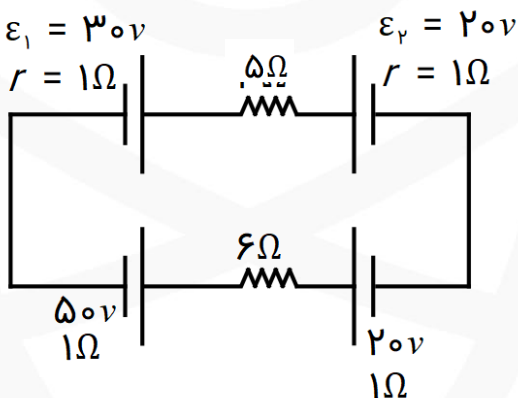
الف)



ب)

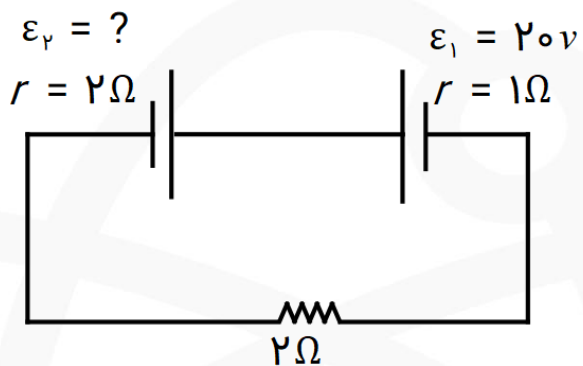


ج)

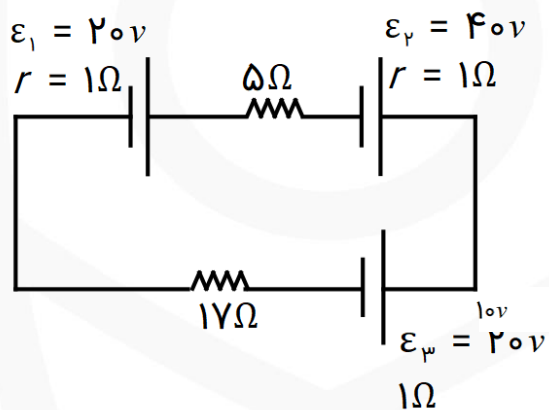


*کدام مولد در حال شارژ و کدام در حال تخلیه (د شارژ) است ؟

تمرین: در مدار مقابل $\mathcal{E}_2$ چند ولت باشد تا جریان در مدار نشان داده شده $2A$ شود؟



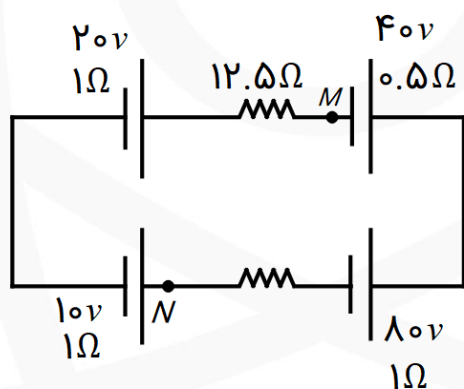
تمرین: در مدار مقابل اختلاف پتانسیل دوسر هر مولد را بیابید.



اوه ، اوه ، اوه

نکته داداش بزرگه ...

(مولد جریان معکوس)



تمرین: در مدار مقابل $V_M - V_N$ چند ولت است؟

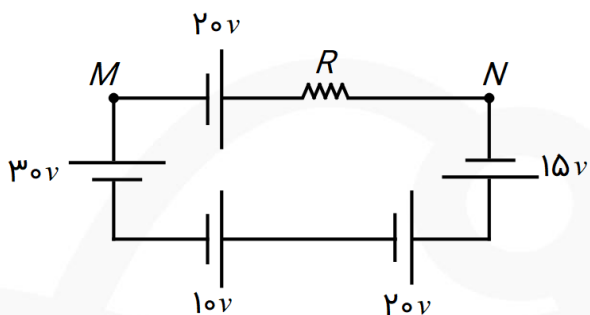
تست: در مدار مقابل $V_M - V_M$ چند ولت است؟

(۱) +۱۵

(۲) ۲۵

(۳) -۲۰

(۴) داده‌های مسئله کافی نیست.



نکته: همواره بهترین...

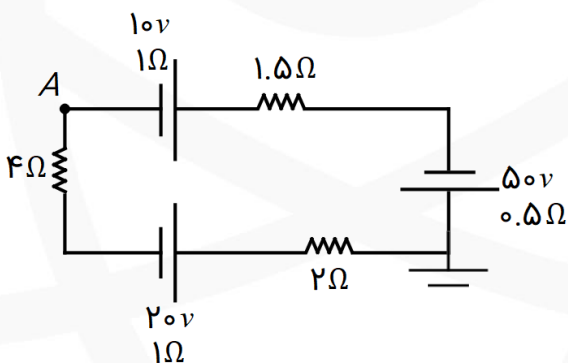
تست: در مدار مقابل پتانسیل نقطه‌ی A چند ولت است؟

(۱) +۶

(۲) -۶

(۳) -۳۴

(۴) +۳۴



توان مفید مولد (توان خروجی):

می دانیم توان همهی وسیله‌های برقی از رابطه‌ی $P=V.I$ به دست می‌آید،

برای مصرف کننده‌ها ; توان مصرفی

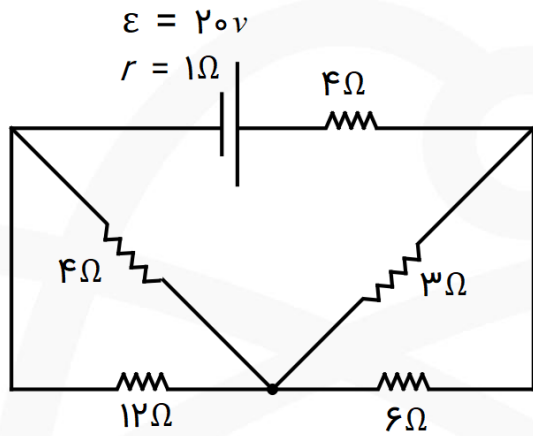
9

برای تولیدکننده‌ها ; توان تولیدی

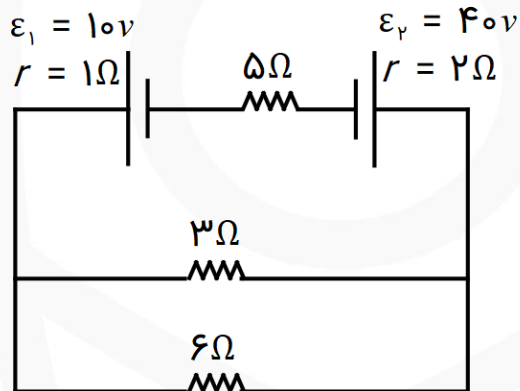
به صورت زیر محاسبه می‌شود:

نکته تو ملج:

تمرین: در مدار مقابل توان مفید مولد چند وات است؟



تمرین: در مدار مقابل توان مصرفی هر مولد چند وات است؟



سؤال خیلی مهم و نکته‌ی خیلی مهم تر:

هرگاه جریان عبوری از یک مولد افزایش یابد توان مفید آن چگونه تغییر می‌کند؟

تست: بر روی مولدی اعداد 1Ω و $40V$ نوشته شده است. اگر جریان این مولد از $19A$ تا $23A$ تغییر کند، توان مفید این مولد چگونه تغییر می‌کند؟

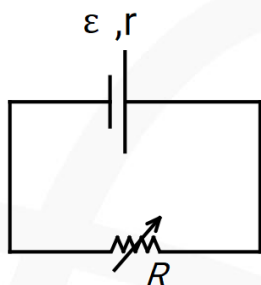
(۲) ابتدا کاهش، سپس افزایش

(۴) همواره کاهش

(۱) ابتدا افزایش، سپس کاهش

(۳) همواره افزایش

تست: در مدار مقابل با تغییر مقاومت R از 4Ω تا 6Ω توان مفید مولد افزایش می‌یابد، درباره‌ی مقاومت درونی چه می‌توان گفت؟



$$r \geq 4(1)$$

$$r \geq 6(2)$$

$$r \leq 4(3)$$

$$r \leq 6(4)$$

تست: به ازای جریان عبوری $4A$ و $6A$ توان مفید مولدی $24W$ می‌گردد نیرو محرکه و مقاومت درونی این مولد به ترتیب کدام‌اند؟

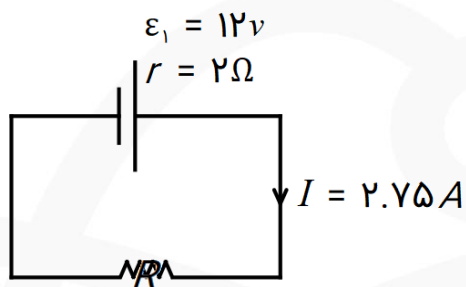
$$1\Omega, 20V(1)$$

$$0.5\Omega, 10V(2)$$

$$0.5\Omega, 20V(3)$$

$$1\Omega, 10V(4)$$

تست: در مدار مقابل توان مفید مولد برابر با P است. جریان را به چند آمپر تغییر دهیم تا توان مفید مولد مجدداً P گردد؟



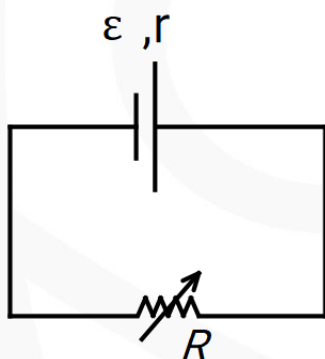
(۱) $4/75$

(۲) $3/25$

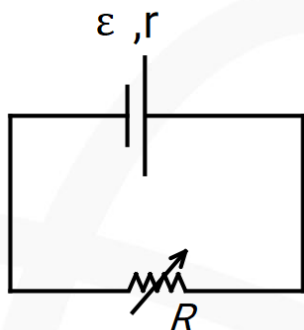
(۳) $6/25$

(۴) $5/5$

نکته: اگر در مدار مقابل به ازای مقاومت‌های $R=R_1$ و $R=R_2$ توان خروجی مولد (توان مصرفی R) یکسان باشد داریم:



تست: در مدار شکل مقابل R را تغییر می‌دهیم و به ازای کدام مقدار $\frac{R}{r}$ توان مفید مولد بیشینه می‌گردد؟



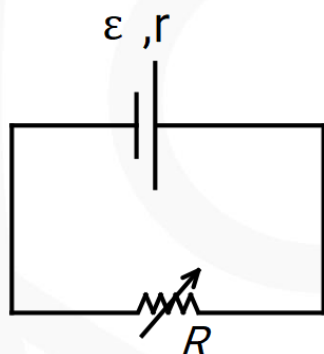
$\frac{1}{2}$ (۱)

۲ (۲)

$\frac{1}{4}$ (۳)

۱ (۴)

تست: در مدار شکل مقابل به ازای کدام مقدار R، توان مصرفی R بیشینه می‌گردد؟



r (۱)

۲r (۲)

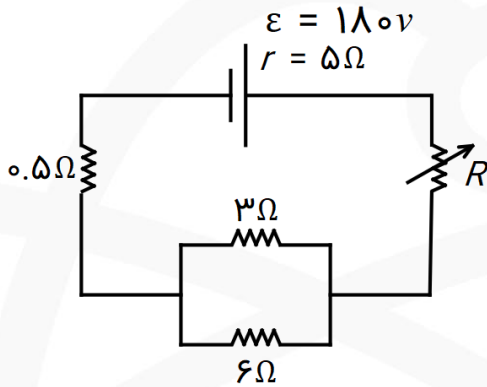
$\frac{r}{2}$ (۳)

$\frac{r}{4}$ (۴)

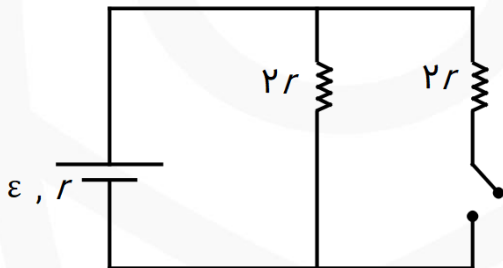
تمرین: در مدار مقابل R را تغییر می‌دهیم، به ازای کدام مقدار R:

(الف) توان مصرفی مدار بیشترین حالت می‌گردد؟

(ب) توان مصرفی R بیشترین حالت ممکن می‌گردد؟



تست: در شکل مقابل با بستن کلید K توان مفید مولد چه تغییری می‌کند؟



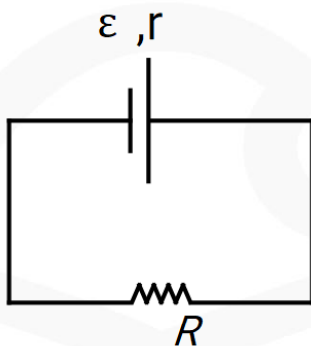
(۱) افزایش می‌یابد.

(۲) کاهش می‌یابد.

(۳) ثابت می‌ماند.

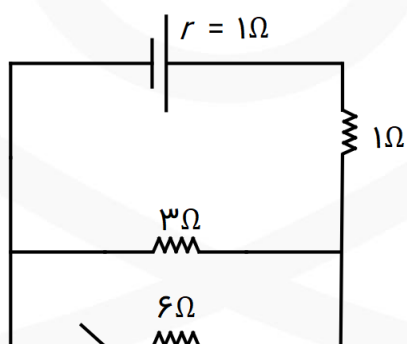
(۴) هر سه ممکن است.

بازده (راندمان) مولد:

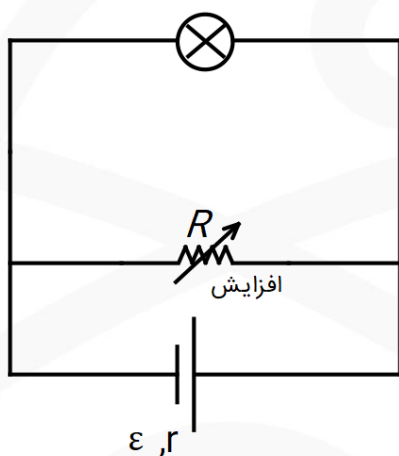


نکته:

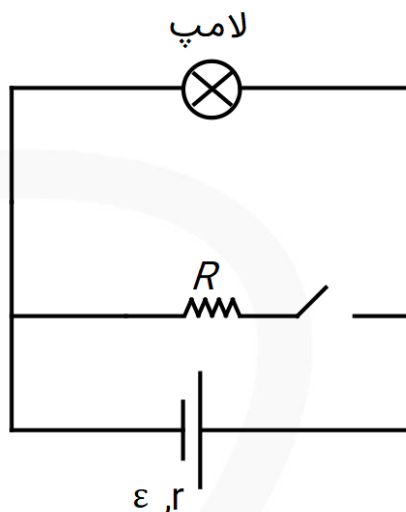
تمرین: نسبت راندمان مولد، قبل از بستن کلید به بعد از بستن کلید چقدر است؟ ϵ



تمرین: در شکل (الف)، با بستن کلید و در شکل (ب) با افزایش مقاومت متغیر نور لامپ و جریان «I» هر یک چه تغییری می‌کند؟



(ب)

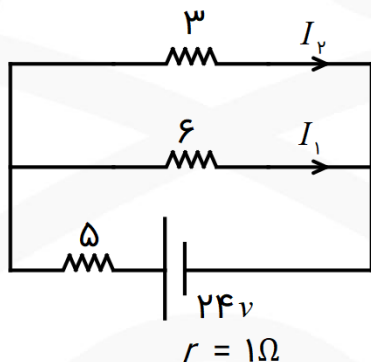


(الف)

* نکته:

نقش «آمپرینج» و «ولتینج» مدار:

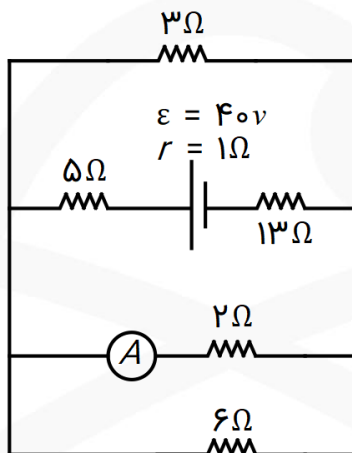
الف) آمپرینج: وسیله‌ای است که برای محاسبه‌ی جریان یک جز مدار یا آن جز سری بسته می‌شود.



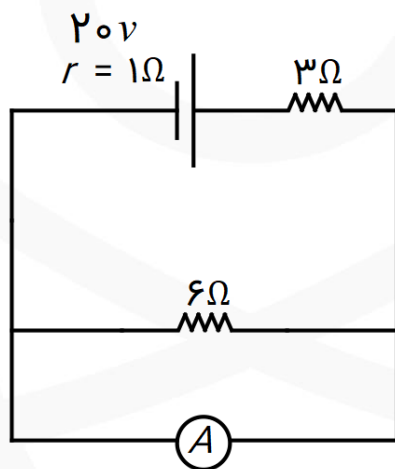
نکته:

تمرین: در هر یک از شکل‌های زیر آمپرسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟

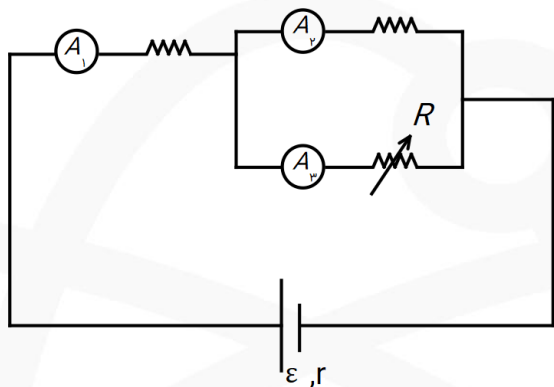
الف)



ب)



تست: در مدار مقابل با افزایش مقاومت R اعداد آمپرسنج‌های A_1 , A_2 , A_3 چگونه تغییر می‌کند؟



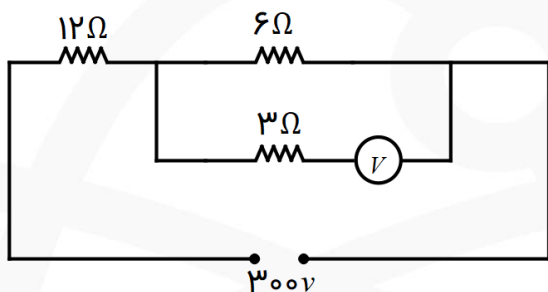
(۱) افزایش، کاهش، افزایش

(۲) افزایش، افزایش، کاهش

(۳) کاهش، کاهش، افزایش

(۴) کاهش، افزایش، کاهش

(ب) ولت سنج: ولت سنج برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل بین دو نقطه، با آن دو نقطه‌ی موازی بسته می-شود.

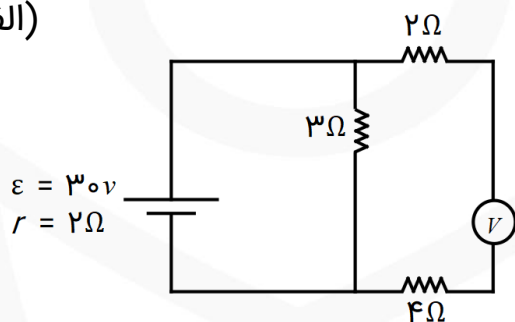


شود.

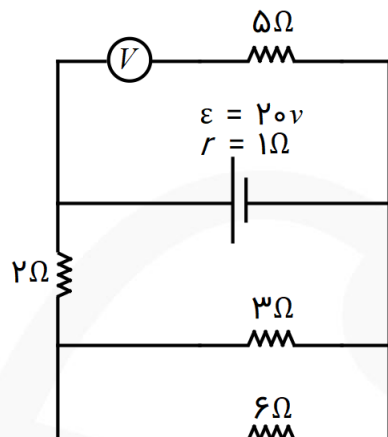
نکته:

تمرین: در هر یک از مدارهای زیر ولت سنج چه عددی را نشان می‌دهد؟

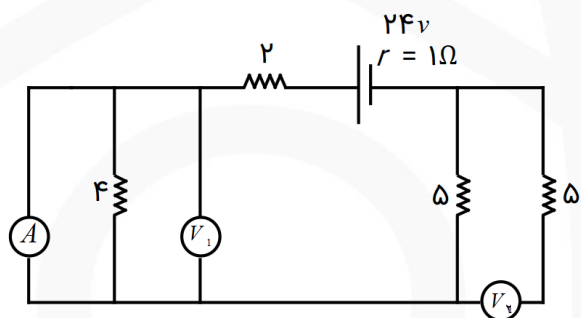
(الف)



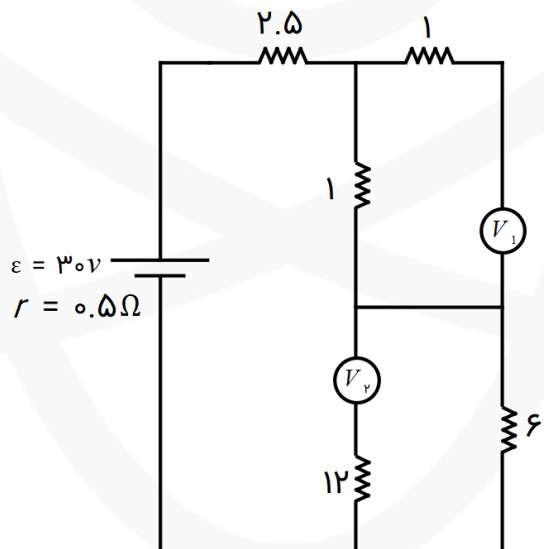
ب)

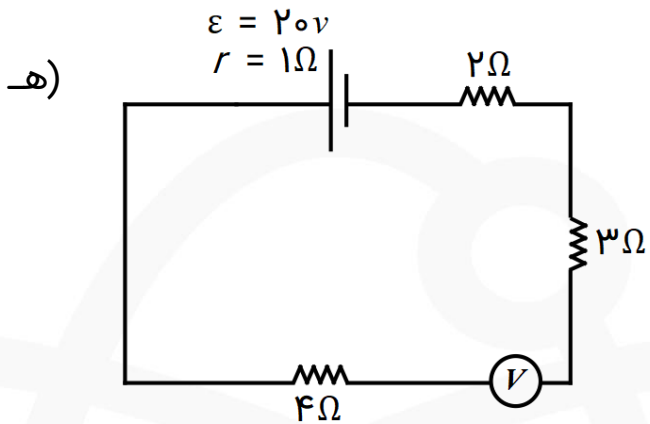


ج)



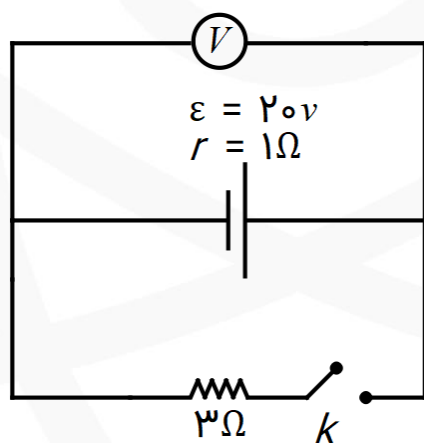
د)





نکته:

تمرین: در مدار مقابل نسبت عدد ولت سنج قبل از بستن کلید به بعد از بستن کلید چند است؟



تست: ولتسنجی را به دوسر مولدی وصل می‌کنیم و عدد $۱۲V$ را نشان می‌دهد. هرگاه درهمین حالت مقاومت ۲Ω را به دوسر مجموعه وصل کنیم ولتسنج عدد $۱۰V$ را نشان می‌دهد. مقاومت درونی این مولد چند اهم است؟

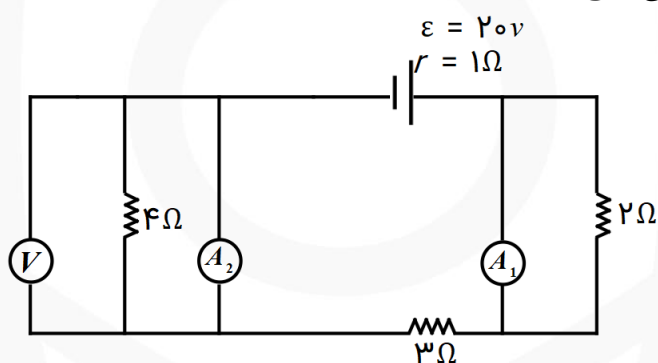
۳ (۴)

۰/۴ (۳)

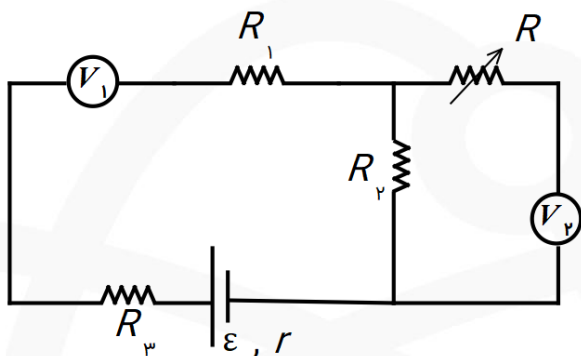
۰/۲ (۲)

۰/۱ (۱)

تمرین: در مدار مقابل آمپرسنج و ولتسنج چه اعدادی را نشان می‌دهند؟



تست: در مدار مقابل با افزایش R اعداد V_1 , V_2 چه تغییری می‌کند؟



۱) افزایش - ثابت

۲) ثابت - افزایش

۳) افزایش - کاهش

۴) ثابت - ثابت

۱- افت پتانسیل در یک باتری $\frac{1}{3}$ نیروی محرکه آن است. اگر در اثر فرسودگی باتری، مقاومت درونی آن دو برابر شود، افت پتانسیل در آن چند برابر می‌شود؟

(۴) $\frac{3}{2}$

(۳) $\frac{2}{3}$

(۲) $\frac{1}{2}$

(۱) ۲

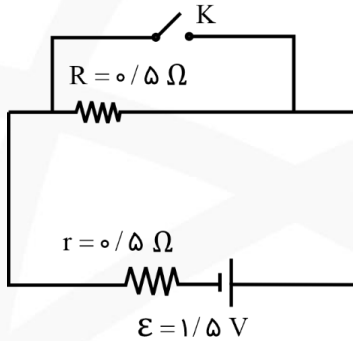
۲- در مدار روبه رو، ابتدا کلید باز است. در صورتیکه کلید بسته شود، اختلاف پتانسیل دو سر مولد چند ولت کاهش می‌یابد؟

(۲) ۰/۵

(۱) صفر

(۴) ۱/۵

(۳) ۰/۷۵



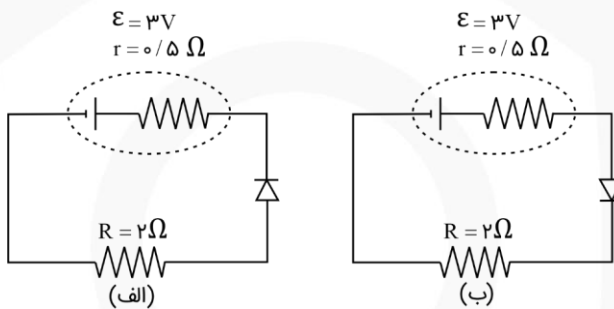
۳- جریان الکتریکی عبوری از مولد در مدار (الف) و (ب) به ترتیب از راست به چپ برابر چند آمپر است؟ (از مقاومت الکتریکی دیود صرف نظر کنید.)

(۲) صفر-۱/۲

(۱) صفر-صفر

(۴) ۱/۲-۱/۲

(۳) ۱/۲-صفر



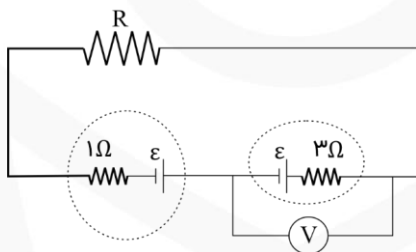
۴- در مدار روبه رو، ولت سنج عدد صفر را نشان می‌دهد. مقاومت R چند اهم است؟

(۲) ۱

(۱) صفر

(۴) ۳

(۳) ۲



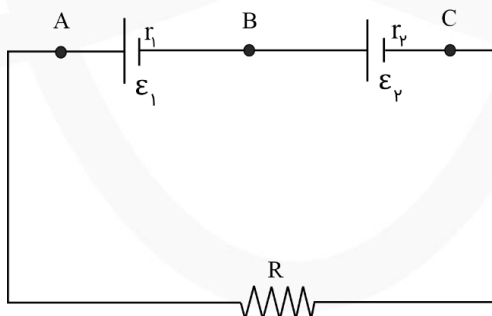
۵- در مدار روبه رو، $\epsilon_1 = \epsilon_2$ و $r_1 < r_2$ است. اگر $R = r_2 - r_1$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین کدام دو نقطه برابر صفر است؟

(۱) (B , A)

(۲) (C , A)

(۳) (C , B)

(۴) (C , B) , (B , A)



۶- در داخل جعبه‌ی نشان داده شده در شکل روبه‌رو یک وسیله حامل جریان قرار دارد که توان مصرفی آن ۴۵ W است. اگر پتانسیل نقطه‌ی A برابر ۶۰ V باشد، پتانسیل نقطه‌ی B برابر چند ولت است؟



(۱) -۹۰

(۲) ۲۱۰

(۳) ۱۵۰

(۴) صفر

۷- اختلاف پتانسیل ۱۷ V به دو سر یک سیم مسی به طول ۳۰ m و شعاع مقطع ۱ mm اعمال می‌شود. آهنگ تولید انرژی گرمایی در سیم چند وات است؟ $(\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m, \pi = 3)$

(۱) ۱۷۰۰

(۲) ۱۰۰

(۳) ۱۷۰

(۴) ۱۰

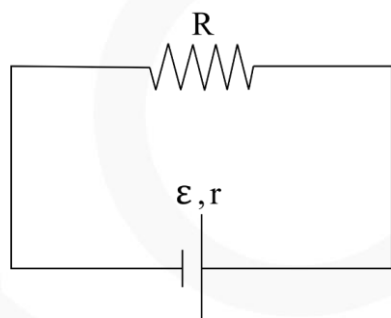
۸- مقاومت درونی یک باتری برابر r است. اگر مقاومت R را به دو سر این باتری ببندیم، نسبت انرژی الکتریکی که در خارج از باتری مصرف می‌شود، به کل انرژی الکتریکی تولید شده توسط باتری کدام است؟

(۱) $\frac{r}{r+R}$

(۲) $\frac{R}{r+R}$

(۳) $\frac{R-r}{R+r}$

(۴) $\frac{r}{R}$



۹- در مدار زیر به‌ازای دو مقدار متفاوت R_1 و R_2 برای R، توان خروجی مولد یکسان است. مقاومت درونی مولد، برابر با کدام است؟

(۱) $\sqrt{R_1 R_2}$

(۲) $\sqrt{R_1^2 + R_2^2}$

(۳) $\frac{R_1 + R_2}{2}$

(۴) $\frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

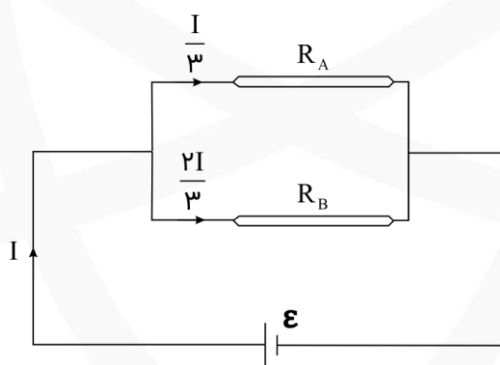
۱۰- مطابق شکل روبه‌رو، دو سیم فلزی توپر A و B به طول‌های مساوی، به یک منبع نیروی محرکه متصل‌اند. اگر مقاومت ویژه سیم A، ۳ برابر مقاومت ویژه سیم B باشد، سطح مقطع سیم A چند برابر سطح مقطع سیم B است؟

(۱) $\frac{3}{2}$

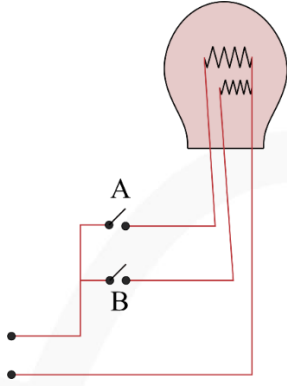
(۲) $\frac{4}{2}$

(۳) ۲

(۴) ۶



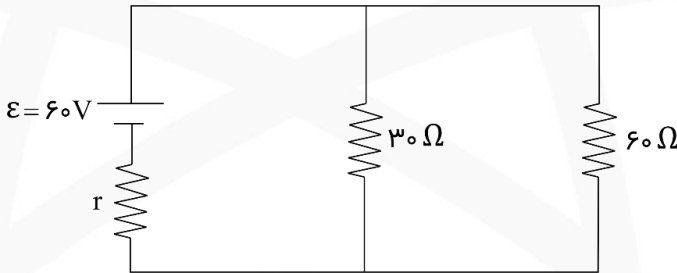
۱۱- مطابق شکل روبه‌رو، یک لامپ سه راهه دارای دو رشته با مقاومت‌های الکتریکی 30Ω و 15Ω است. نسبت بیش‌ترین توان مصرفی این لامپ به کمترین توان مصرفی آن وقتی به برق شهر وصل است، برابر کدام گزینه است؟



(۱) ۶ (۲) ۳

(۳) ۲ (۴) $1/5$

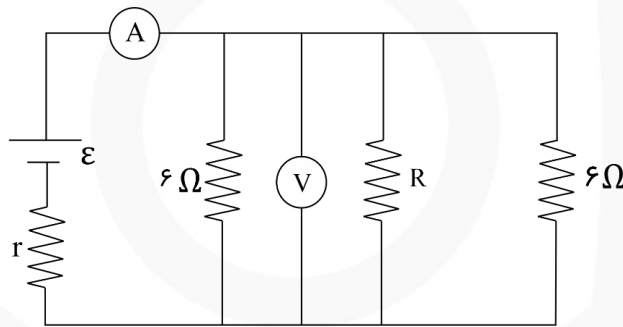
۱۲- در شکل زیر، اگر توان تلف شده در خارج از باتری ۳ برابر توان تلف شده در باتری باشد، توان مصرفی مقاومت 30 اهمی چند وات است؟



(۱) ۳۰ (۲) ۴۰

(۳) ۶۰ (۴) ۹۰

۱۳- در مدار زیر آمپرسنج 15 A و ولتسنج 30 V را نشان می‌دهد. مقاومت R چند اهم است؟ (آمپرسنج و ولتسنج ایده‌آل فرض شوند.)



(۱) ۲

(۲) ۴

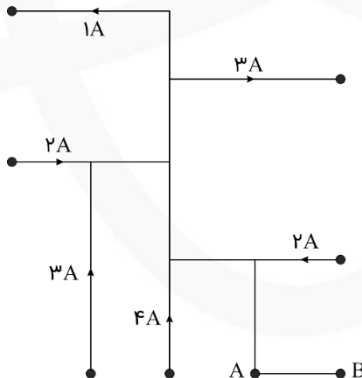
(۳) ۶

(۴) ۸

۱۴- اگر سه مقاومت الکتریکی مشابه را به طور متوالی به هم ببندیم و دو سر مجموعه را به اختلاف پتانسیل ثابت وصل کنیم، توان مصرفی کل مدار 90 W می‌شود. اگر همان مقاومت‌ها را به طور موازی اختلاف پتانسیل وصل کنیم، توان کل مدار چند وات می‌شود؟

(۱) ۳۰ (۲) ۲۷۰ (۳) ۵۶۰ (۴) ۸۱۰

۱۵- شکل روبه‌رو قسمتی از یک مدار الکتریکی است. اندازه جریان عبوری از قسمت AB چند آمپر و جهت آن چگونه است؟



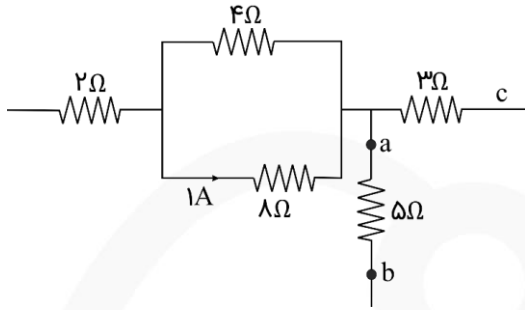
(۱) 7 A ، از A به B

(۲) 7 A ، از B به A

(۳) 3 A ، از B به A

(۴) 3 A ، از A به B

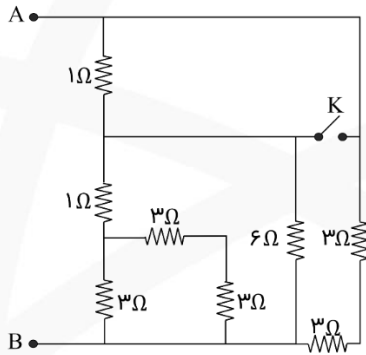
۱۶- شکل مقابل قسمتی از یک مدار الکتریکی است. اگر $V_a - V_b$ برابر 10 V باشد،



$V_a - V_c$ چند ولت است؟

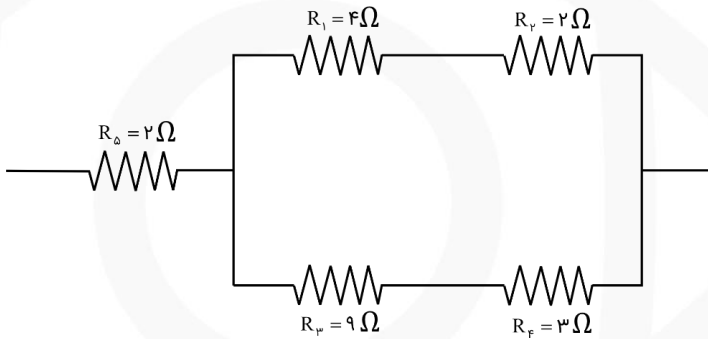
- (۱) ۳
(۲) $4/5$
(۳) ۶
(۴) $10/5$

۱۷- در مدار مقابل، ابتدا کلید باز است. اگر کلید بسته شود، مقاومت معادل بین دو نقطه A و B چند اهم تغییر می‌کند؟



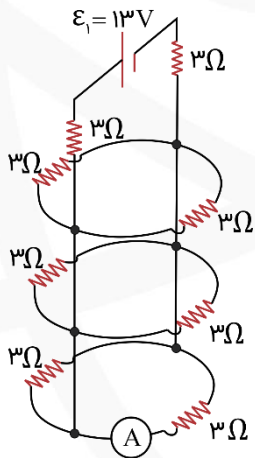
- (۱) $0/25$
(۲) $0/5$
(۳) $0/75$
(۴) $1/25$

۱۸- در مدار شکل مقابل در مدت زمان معین کدام مقاومت گرمای بیشتری تولید می‌کند؟



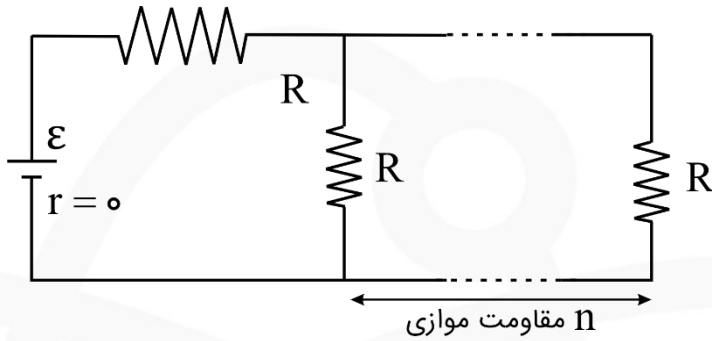
- (۱) R_5
(۲) R_3
(۳) R_1
(۴) R_3 و R_1

۱۹- در مدار الکتریکی شکل روبه‌رو، آمپرسنج چند آمپر را نشان می‌دهد؟



- (۱) $2/3$
(۲) $1/3$
(۳) $13/21$
(۴) $26/21$

۲۰- در مدار روبه‌رو، اگر n به $n+1$ تبدیل شود، شدت جریان عبوری از باتری $\frac{16}{15}$ برابر می‌شود. n کدام است؟



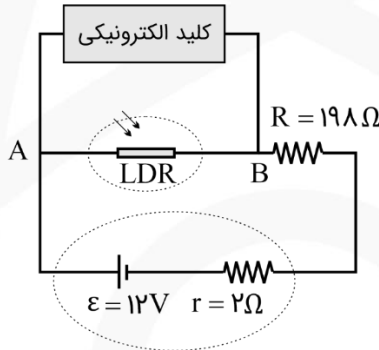
(۱) ۵

(۲) ۴

(۳) ۳

(۴) ۲

۲۱- در مدار روبه‌رو ولتاژ منبع نیروی محرکه ۱۲ V و ولتاژ مورد نیاز برای فعال شدن کلید الکترونیکی ۴ V است. هم زمان با تاریک شدن هوا مقاومت LDR حداقل چند اهم باشد تا کلید الکترونیکی فعال شود؟ (مقاومت کلید الکترونیکی آن قدر زیاد است که می‌توانید از جریان عبوری از آن چشم‌پوشی کنید.)



(۲) ۱۰۰

(۱) ۸۰

(۴) ۴۰۰

(۳) ۲۰۰

۲۲- دو لامپ با مشخصات $(100\text{ W}, 110\text{ V})$ و $(100\text{ W}, 220\text{ V})$ را به طور متوالی به هم می‌بندیم و مجموعه را به اختلاف پتانسیل ۱۱۰ V وصل می‌کنیم. در این شرایط توان مصرفی مجموعه چند وات می‌شود؟ (فرض کنید مقاومت الکتریکی لامپ‌ها ثابت است.)

(۴) ۲۰۰

(۳) ۱۰۰

(۲) ۴۰

(۱) ۲۰

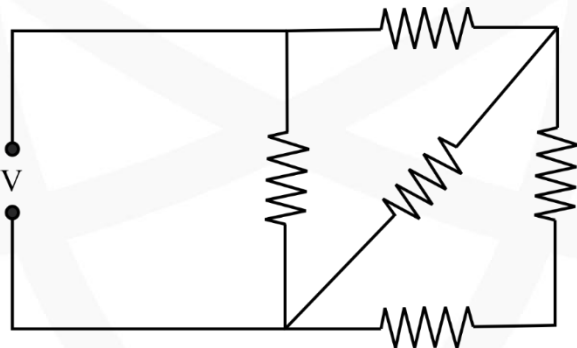
۲۳- در مدار روبه‌رو، همه مقاومت‌ها مشابه‌اند و هر مقاومت حداکثر توان ۲۰ W را می‌توان تحمل کند. حداکثر توان الکتریکی که ممکن است در این مدار مصرف شود تا هیچ مقاومتی آسیب نبیند، چند وات است؟

(۱) ۶۰

(۲) ۴۰

(۳) ۳۶

(۴) ۳۲



باسمہ تعالیٰ

فصل ۳

معناطیس

مغناطیس:

نیروی مغناطیسی یکی از نیروهای بنیادی می‌باشد و این نیرو بین دو جسمی وجود دارد که هر دوی آن‌ها دارای خاصیت مغناطیسی می‌باشند.

تاریخچه پیدایش خاصیت مغناطیسی:

اولین نظریه در پیدایش خاصیت مغناطیسی (پس از پیدایش آن در برخی کره‌ها) این بود که «بارهای الکتریکی متحرک» دارای خاصیت مغناطیسی می‌باشند. یعنی بار الکتریکی تا زمانی که ساکن است فقط خاصیت الکتریکی دارد و وقتی حرکت می‌کنند حکم یک آهنربا را دارد.

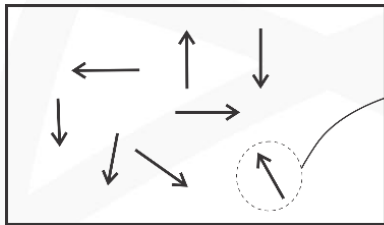
تفاوت خاصیت مغناطیسی با خاصیت الکتریکی:

دانستیم که خاصیت مغناطیسی دارای دو رفتار متفاوت می‌باشد که به آن‌ها رفتارهای N و S می‌گوییم. در الکتریسیته نیز دو رفتار متفاوت مثبت و منفی باعث ایجاد خاصیت الکتریکی می‌شود. رفتار منفی را میتوان فقط در الکترون و رفتار مثبت را فقط در پروتون یافت، در صورتی که هیچ جزئی نمی‌تواند فقط N یا فقط S را داشته باشد و همواره این دو رفتار در کنار هم و در همه ی اجسام وجود دارند. (حتی کوچک‌ترین جزء مغناطیسی)

مراحل پیدایش خاصیت مغناطیسی:

۱- پیدایش دو قطبی مغناطیسی: ذره ی باردار متحرک دارای خاصیت مغناطیسی می باشد (و دارای قطب های N و S است).

بنابراین میتوان از کوچکترین اجزا مغناطیسی، مولکول و یا اتم را نام برد که به آن ها دو قطبی مغناطیسی گویند. تمامی اجسام



دو قطبی

عالم دارای دو قطبی مغناطیسی می باشند.

نشان می دهیم و به صورت قرار داد یک سر آن را N و سر دیگر را S در



یا



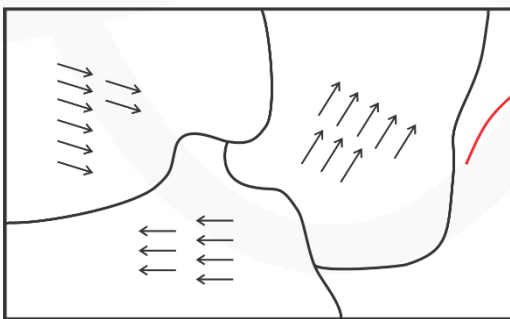
دو قطبی را به صورت

نظر میگیریم.

۲- پیدایش حوزه های مغناطیسی:

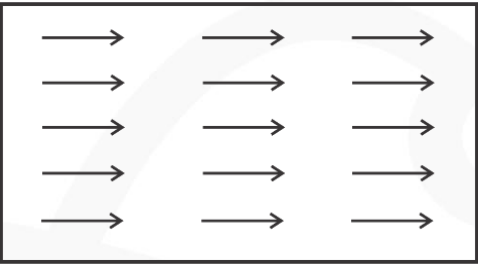
ممکن است دو قطبی های یک جسم در تمام مناطق هم جهت نباشند ولی در بعضی از منطقه ها با یکدیگر هم جهت باشند.

به ناحیه ای که دارای دو قطبی هم جهت باشند حوزه ی مغناطیسی گوئیم.



حوزه مغناطیسی

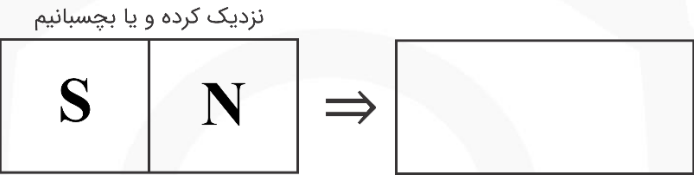
۳- پیدایش آهنربا: اگر در جسمی تمام دو قطبی ها (یا اکثریت آن‌ها) هم جهت باشند، به‌طوری‌که یک طرف جسم دارای



خاصیت N و طرف دیگر دارای خاصیت S باشد، آن جسم را آهنربا گوییم.

روش های مغناطیسی نمودن اجسام:

۱- تماس یا القا:



تست: سر میله ی A را به وسط میله ی B نزدیک می‌کنیم. اگر همدیگر را جذب نکنند کدام گزینه درست است؟

۱) میله ی A و B الزاماً آهن می باشند

۲) میله ی A و B الزاماً آهنربا می باشند

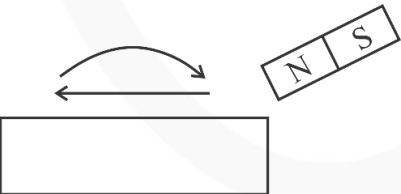
۳) ممکن است A آهنربا باشد و B آهن باشد

۴) ممکن است B آهنربا باشد و A آهن باشد

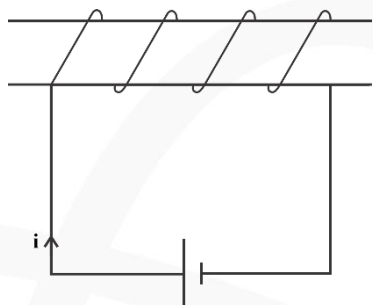
۲- روش مالش:

اگر یک سر میله آهنربا را در یک جهت روی یک میله ی آهنی بکشیم، پس از چند بار مالش انتهای مسیر قطب همانام آهنربا

می‌شود.



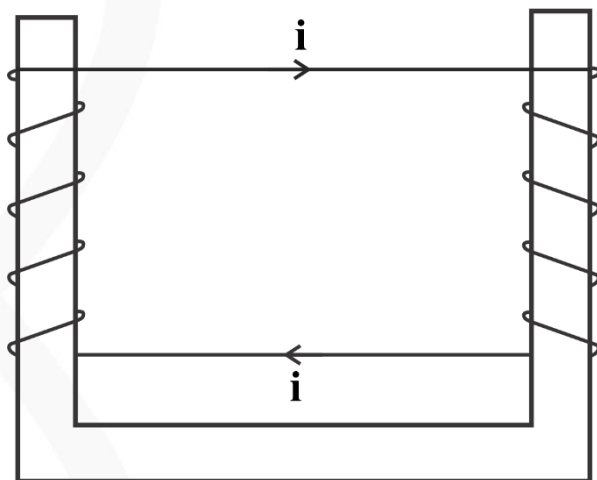
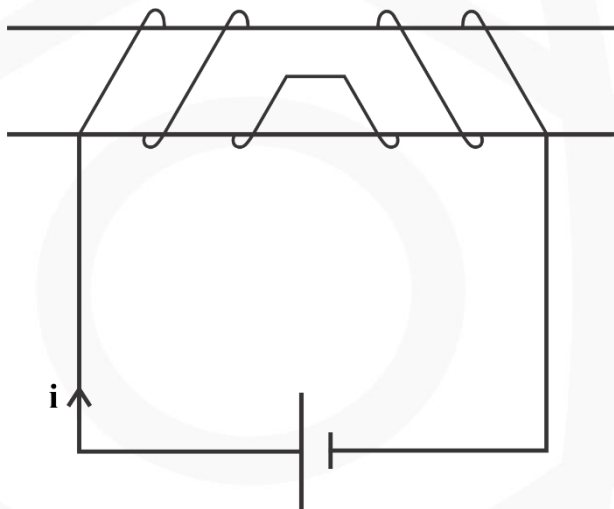
۳- **روش الکتریکی:** جسمی را که می‌خواهیم آهنربا کنیم و خاصیت مغناطیسی در آن به وجود آوریم، به‌عنوان هسته ی یک



سیم لوله ی جریان مستقیم قرار می‌دهیم.

تعیین قطب های آهنربا

تمرین: در شکل های زیر، نقاطی به وجود آمدن قطب های S و N را مشخص کنید.



مواد از نظر خاصیت مغناطیسی:

(الف) مواد پارامغناطیس: اتم‌ها برای آن‌ها خاصیت مغناطیسی دارند، اما دو قطبی‌های آن‌ها به طور کاتوره‌ای سمت‌گیری

کرده‌اند و میدان خالص ندارند. این مواد در میدان خارجی قوی به مقدار مختصر و موقتی خاصیت مغناطیسی ضعیف پیدا

می‌کنند.

مثل: اورانیوم، پلاتین، آلومینیوم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن

(ب) مواد دیامغناطیس: اتم‌های آن‌ها فاقد خاصیت مغناطیسی و دو قطبی مغناطیسی‌اند اما در حضور میدان خارجی قوی دو قطبی‌های مغناطیسی در خلاف جهت میدان خارجی القاء می‌شوند.

مثل: مس، نقره، سرب و بیسموت

(پ) مواد فرومغناطیس: اتم‌های آن‌ها علاوه بر مغناطیسی بودن، در برهم کنش‌های قوی بین خودشان، حوزه‌های مغناطیسی (ناحیه‌های همسو) ایجاد می‌کنند. در هر حوزه حدود 10^{19} اتم وجود دارد. آهن، نیکل و کبالت و آلیاژهای آن‌ها فرومغناطیسی می‌باشند. وقتی این مواد در میدان مغناطیسی قرار گیرند حوزه‌ها رفته رفته جهتشان زیاد شده و ماده خاصیت آهنربایی پیدا می‌کند (برای این خاصیت حالت بیشینه و اشباع وجود دارد).

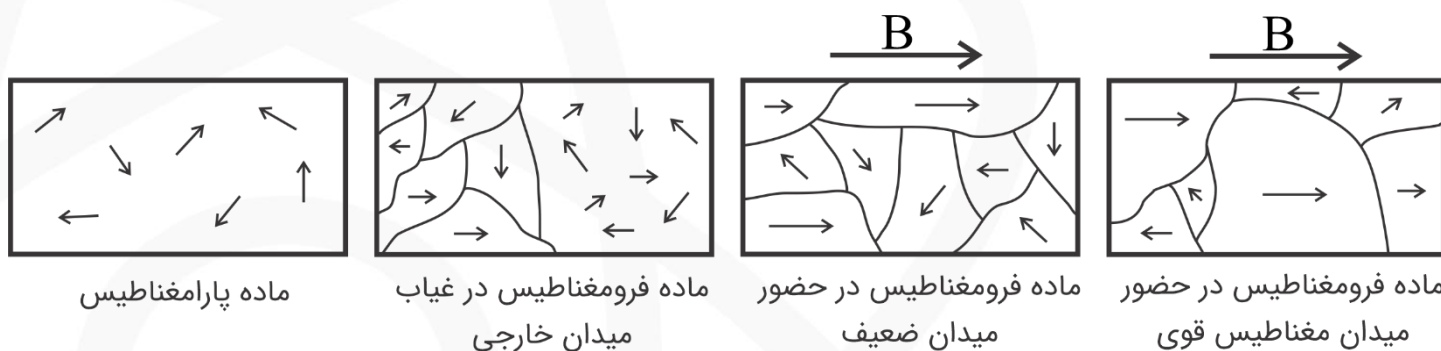
فرومغناطیس نرم:

حجم حوزه‌ها به راحتی تغییر کرده و پس از حذف میدان خارجی نیز به سهولت از بین می‌رود. در هسته‌ی پیچ‌ها و سیم لوله‌ها و همچنین آهنرباهای غیردائمی از این مواد استفاده می‌شود.

مانند: آهن، نیکل و کبالت

فرومغناطیس سخت:

به سختی آهنربا شده و پس از حذف میدان خارجی تا مدتی آهنربا می ماند. فولاد و آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل از این دسته اند. از این مواد در آهنرباهای دائمی استفاده می شود به شکل های زیر دقت کنید:



میدان مغناطیسی:

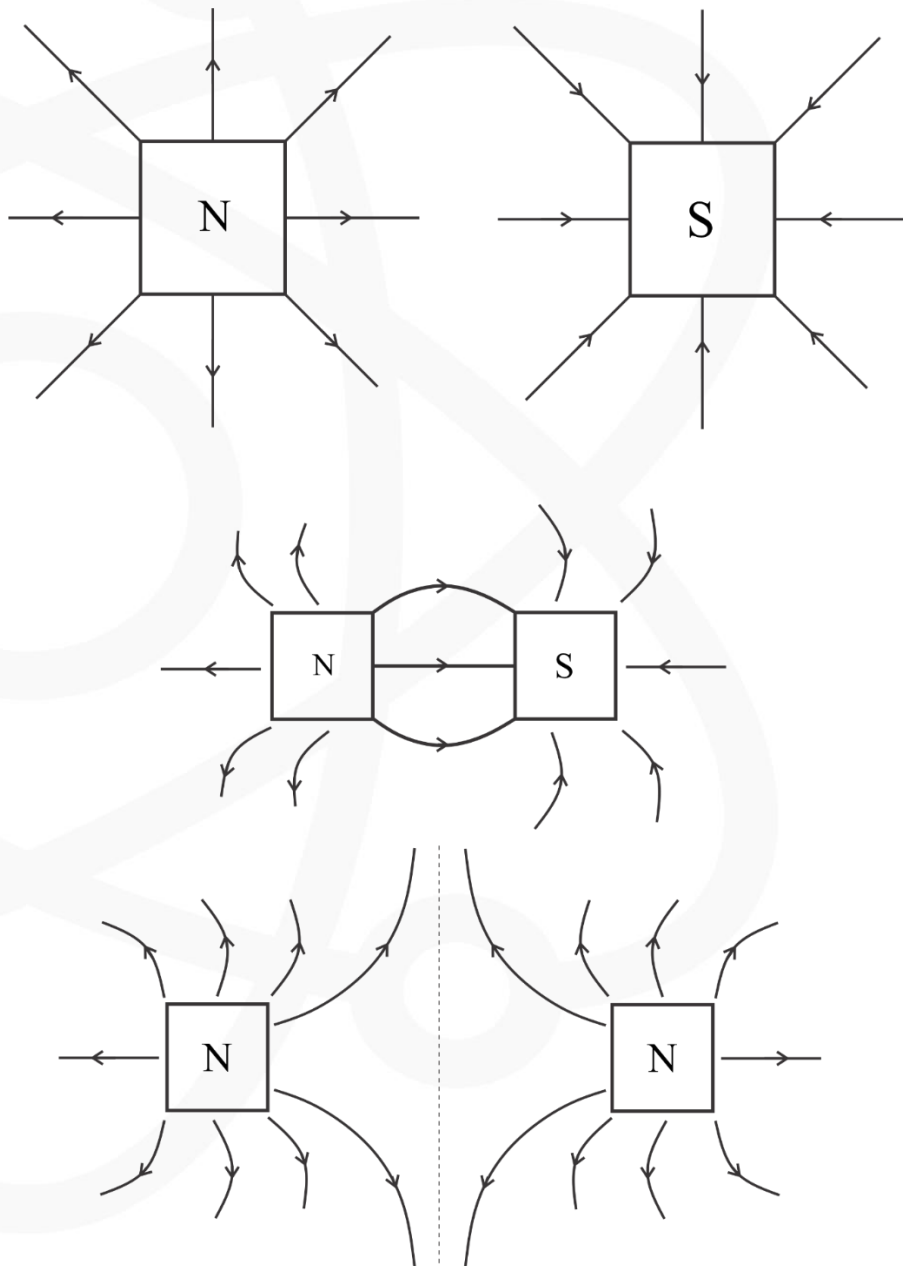
به فضای اطراف یک جسم مغناطیسی که بر اجسام مغناطیسی دیگر نیرو وارد می کند میدان مغناطیسی حاصل از آن جسم گویند. بررسی کیفی میدان مغناطیسی، با بررسی خطوط میدان مغناطیسی در اطراف جسم صورت می گیرد.

خطوط میدان مغناطیسی:

خطوطی جهت دار که در هر نقطه، جهت وارد شدن نیرو بر قطب N آهنربا را در آن نقطه نشان می دهد. بنابراین برای رسم بردار میدان و در نتیجه خطوط میدان در هر نقطه، کافی است که دو قطبی مغناطیسی را در آن نقطه قرار دهیم.

رسم خطوط میدان در نواحی مختلف آهنربا:

(در هر شکل با قرار دادن یک دو قطبی در نقاط مختلف طرز قرار گرفتن آن را نشان دهید:)



رسم خطوط میدان درون آهنربا:

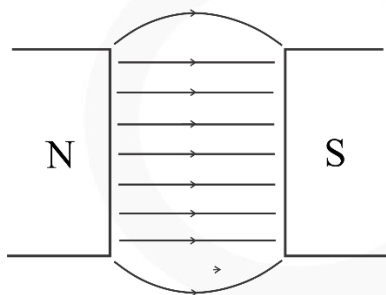
نکات:

۱- خطوط میدان مغناطیسی بسته‌اند در صورتی که خطوط میدان الکتریکی باز می‌باشند

۲- خطوط میدان مغناطیسی در خارج از آهنربا از N به S و در داخل آن از S به N است



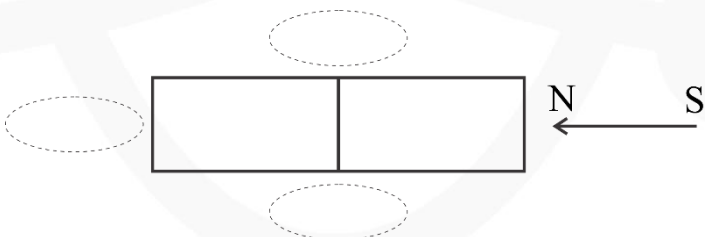
۳- در نزدیکی قطب‌ها میدان قوی‌تر از مناطق دیگر است



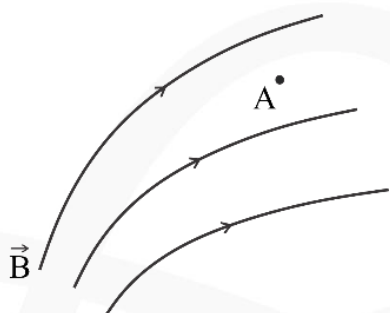
رسم میدان یکنواخت:

تمرین: یک عقربه‌ی مغناطیسی را از نقطه‌ی نشان داده شده به ترتیب به مناطق مشخص شده برده و یک دور کامل دور آهنربا

می‌چرخانیم. عقربه چند درجه دوران می‌کند؟



تست: در شکل روبه‌رو، خط‌های یک میدان مغناطیسی را در ناحیه‌ای از فضا نشان می‌دهد بردار میدان مغناطیسی در نقطه A



کدام گزینه می‌تواند باشد؟



رسم خطوط میدان در اطراف کره زمین:

نکات:

۱- این میدان در بازه‌های زمانی نامنظم از ده هزار سال تا یک میلیون سال به طور کامل وارونه می‌شود

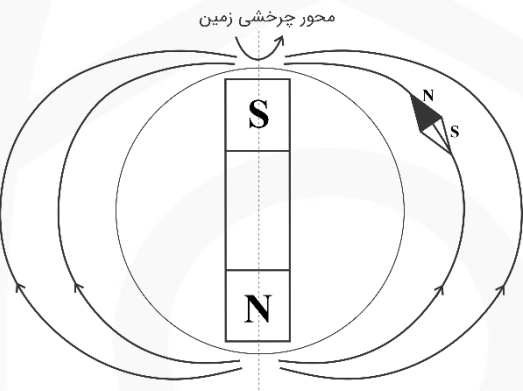
۲- بین قطب‌های مغناطیسی و قطب‌های جغرافیایی حدود ۱۸۰۰ کیلومتر فاصله است یعنی عقربه‌ی مغناطیسی در جهت شمال

واقعی جغرافیایی قرار نمی‌گیرد.

۳- تقریباً فقط در روی استوا عقربه‌ی مغناطیسی در راستای افقی منطقه است و در غیر آن امتداد عقربه با افق زاویه‌ای

می‌سازد که به آن شیب مغناطیسی منطقه می‌گویند.

۴- برخی پرتوهای باردار کیهانی در میدان زمین به دام افتاده و کمربندهای تابشی «ون آلن» را تشکیل می‌دهند. این پرتوها در اثر توفان‌های خورشیدی و فوران ذرات به طرف زمین به‌وجود می‌آیند که در اثر برخورد با مولکول‌های جو زمین شفق قطبی نیز به‌وجود می‌آورند.



انتظار ما:

واقعیت:

تمرین: در نواحی مشخص شده طرز قرارگیری دو قطبی را مشخص کنید (دو قطبی "  ")

S

N

N

S

نیروی مغناطیسی:

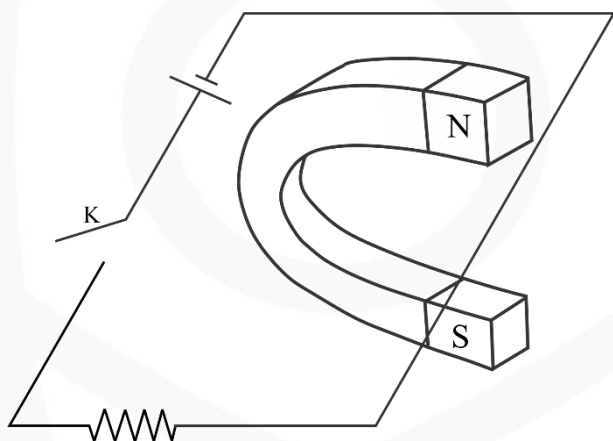
میدانیم هر دو جسمی که دارای خاصیت مغناطیسی باشند برهم نیروی مغناطیسی وارد می‌کنند. (به طور مثال آهنربا، آهن را

جذب نمی‌کند، بلکه اول آهن‌ها را آهنربا کرده و سپس جذب می‌کند.)

با انجام آزمایش زیر به دو نتیجه بسیار مهم دست می‌یابیم.

آزمایش: در شکل مقابل با بستن کلید K سیم از راستای اولیه خودش منحرف می‌شود که علت آن وارد شدن نیرو از طرف

آهنربا بر سیم حامل جریان است. نتایج آزمایش فوق به صورت زیر می‌باشد:



در اینجا به بررسی نیروی مغناطیسی وارد بر ذره‌ی باردار متحرک و سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت می‌پردازیم:

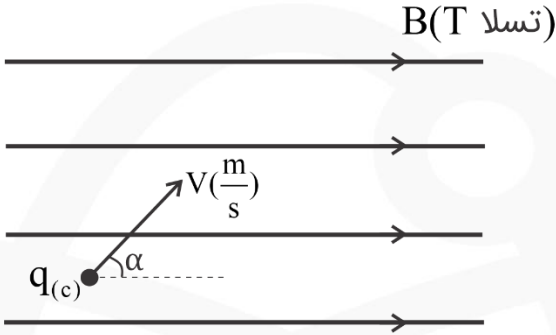
الف) نیروی مغناطیسی وارد بر ذره‌ی باردار متحرک:

$$F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin \alpha$$

q : بار (C) V : سرعت ($\frac{m}{s}$)

B : شدت میدان مغناطیسی (T)

α : زاویه راستای حرکت و میدان



نکات:

۱- بیشترین نیرو زمانی بر ذره وارد می‌شود که ذره عمود بر خطوط میدان مغناطیسی شلیک شود.

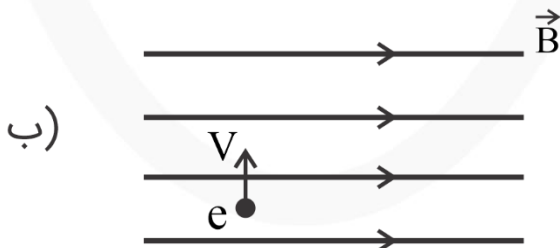
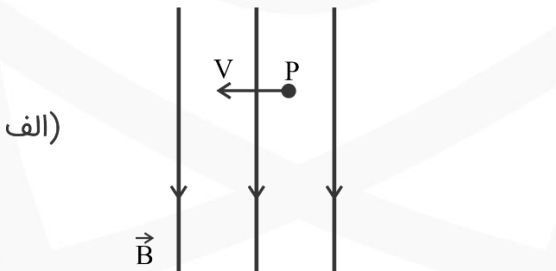
$$\sin \alpha = 1 \Rightarrow F_{\max} = qVB$$

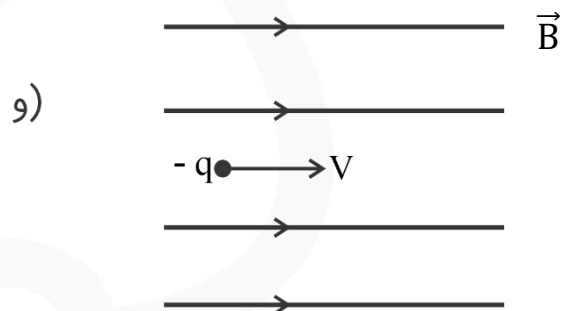
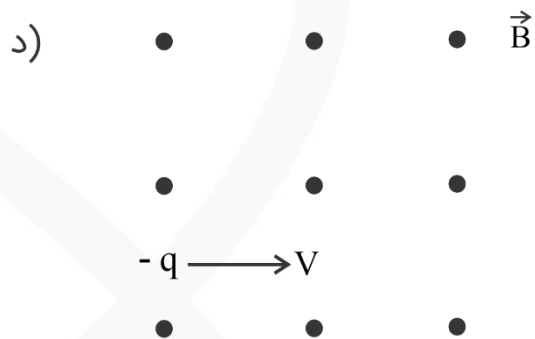
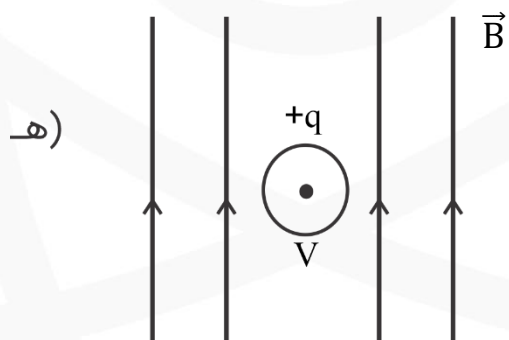
۲- هرگاه ذره به موازات خطوط میدان شلیک شود بر آن نیرویی وارد نمی‌شود.

$$\sin \alpha = 0 \Rightarrow F_{\min} = 0$$

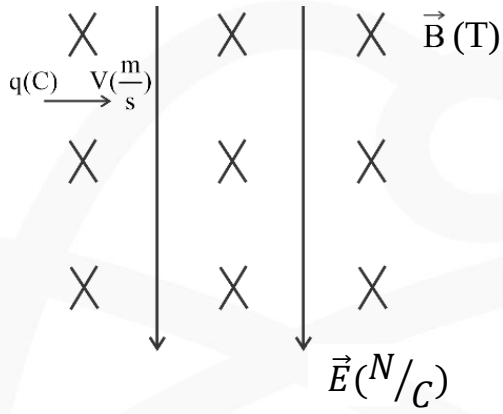
تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره:

تمرین: در شکل‌های زیر، در لحظه‌ی نشان داده شده، جهت نیروی وارد بر ذره‌ی باردار را مشخص کنید.





تست: در شکل مقابل، ذره‌ی منفی بدون جرمی، در دو میدان الکتریکی و مغناطیسی که باهم در یک محل وجود دارند، شلیک

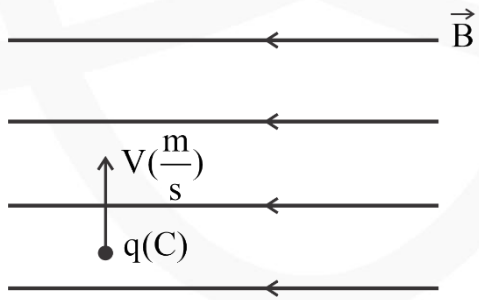


می‌شود، نیروی وارد بر ذره چگونه است؟

- (۱) الزاماً
- (۲) الزاماً
- (۳)

(۴) ممکن است صفر باشد

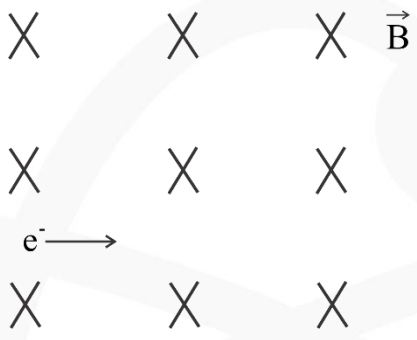
تست: در شکل مقابل ذره‌ی باردار با بار مثبت به درون میدان مغناطیسی شلیک می‌شود. میدان الکتریکی را در کدام جهت



ایجاد نماییم تا ذره بدون انحراف عبور کند؟

- (۱)
- (۲)
- (۳)
- (۴)

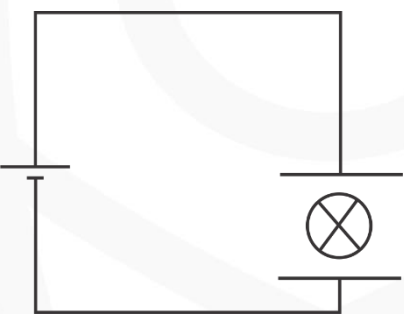
تمرین: مطابق شکل الکترونی را با سرعت v به درون میدان مغناطیسی شلیک می‌کنیم. اندازه‌ی سرعت ذره چه تغییری



می‌کند؟

نکته:

تست: مطابق شکل الکترونی را به صورت درون سو به فضای بین صفحات خازن شلیک می‌کنیم. اگر توسط یک آهنربای نعلی



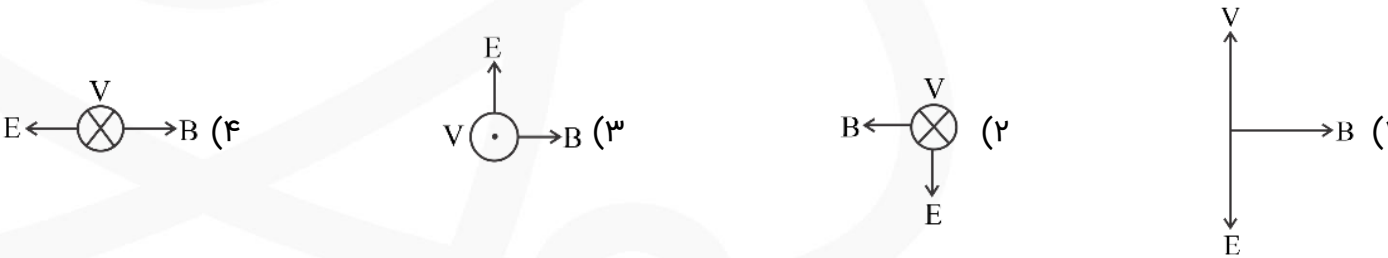
شکل بخواهیم مانع از انحراف ذره شویم، قطب N آهنربا را در کجای خازن باید قرار دهیم؟

- | | |
|----------|-----------|
| (۱) چپ | (۲) راست |
| (۳) بالا | (۴) پایین |

تمرین: دو ذره‌ی هم جرم با بارهای q و $2q$ با سرعت‌های V و $3V$ در میدان یکنواختی شلیک می‌شوند. شعاع دوران ذره‌ی اول چند برابر ذره‌ی دوم است؟

تمرین: در منطقه‌ای از زمین شدت میدان مغناطیسی 5% تسلا است. ذره‌ای با بار $-4e$ و جرم $20g$ را حداقل با چه سرعتی و به کدام طرف شلیک کنیم، تا با سرعت ثابت از این میدان عبور کند؟

تست: در کدام گزینه الکترون می‌تواند تحت اثر دو میدان الکتریکی و مغناطیسی با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه دهد؟



تست: در فضای xyz مطابق شکل یک میدان الکتریکی به شدت $200 \frac{N}{C}$ در جهت «-x» ها و یک میدان مغناطیسی وجود دارد.

ذره‌ی منفی را با سرعت $500 \frac{m}{s}$ در جهت «-z» ها شلیک کرده و با سرعت ثابت به حرکت ادامه می‌دهد. جهت میدان

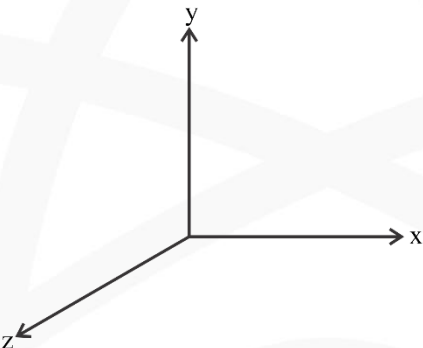
مغناطیسی و حداقل شدت آن برحسب تسلا کدام است؟

(۱) y و 0.4

(۲) $-y$ و 0.4

(۳) y و 2.5

(۴) $-y$ و 2.5



تست: هرگاه ذره‌ای در میدان مغناطیسی یکنواخت شلیک شود الزاماً:

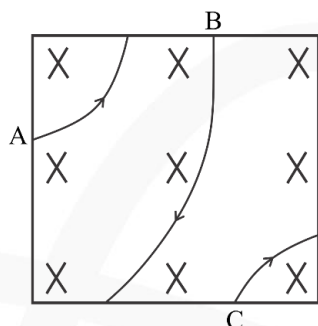
(۱) نیرو با میدان هم‌جهت است

(۲) نیرو با میدان خلاف جهت است

(۳) سرعت بر میدان عمود است

(۴) نیرو بر سرعت عمود است

تست: سه ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی یکنواخت درون سو مسیرهای مطابق شکل روبه‌رو را می‌پیمایند. نوع بار ذرات



A، B و C به ترتیب از راست به چپ در کدام گزینه به درستی ذکر شده است؟

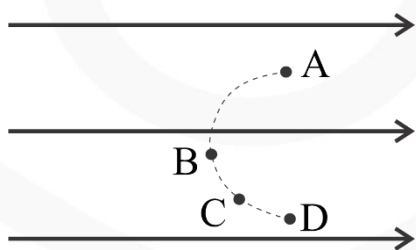
(۱) مثبت، منفی، مثبت

(۲) منفی، مثبت، منفی

(۳) مثبت، منفی، منفی

(۴) منفی، مثبت، مثبت

تست: یک ذره با بار q را با تندی ثابت در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ بر روی مسیر نیم دایره (مطابق شکل روبه‌رو) به



حرکت وا می‌داریم. بزرگی نیروی وارد بر ذره در کدام نقطه بیشتر است؟

(۱) A

(۲) B

(۳) C

(۴) D

تست: پروتونی تحت زاویه‌ی 90° نسبت به یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 2mT حرکت می‌کند و نیروی مغناطیسی

$1/28 \times 10^{-16}\text{ N}$ به آن وارد می‌شود. انرژی جنبشی پروتون چند ژول است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}\text{ C}$, $m_p = 1/7 \times 10^{-27}\text{ kg}$)

(۴) $1/36 \times 10^{-19}$

(۳) $1/36 \times 10^{-18}$

(۲) $3/4 \times 10^{-19}$

(۱) $3/4 \times 10^{-18}$

شتاب ذره چقدر است؟

تست: الکترونی با سرعت $\vec{v} = 10^5 \vec{i} + 10^5 \sqrt{3} \vec{j}$ وارد میدان مغناطیس یکنواختی به صورت $\vec{B} = \frac{\sqrt{3}}{2} \vec{i} - \frac{1}{2} \vec{j}$ می‌گردد. اندازه

نیرویی که میدان مغناطیسی بر الکترون وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ ($e = 1/16 \times 10^{-19}\text{ C}$ و اندازه‌ها در SI هستند.)

(۴) $3/2\sqrt{3} \times 10^{-14}$

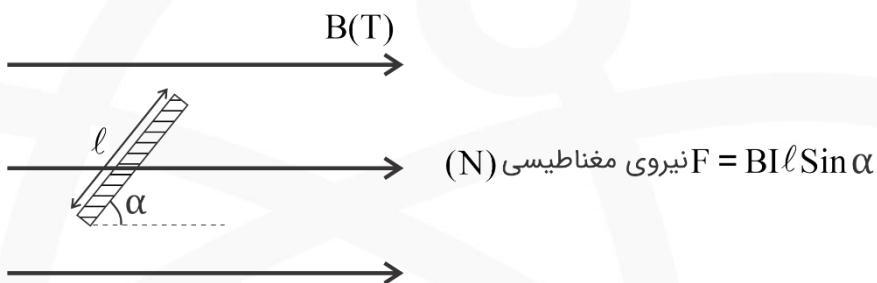
(۳) $3/2 \times 10^{-14}$

(۲) $1/6 \times 10^{-14}$

(۱) صفر

ب) نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان:

هرگاه سیمی دارای جریان I در میدان مغناطیسی به شدت B قرار بگیرد بر ℓ متر از آن نیروی F وارد می‌شود.



نکات:

۱- هرگاه سیم حامل جریان بر راستای خطوط میدان عمود شود، بیشترین نیرو بر سیم وارد می‌شود:

$$\sin \alpha = 1 \Rightarrow F_{\max} = B \cdot I \cdot \ell$$

۲- هرگاه سیم حامل جریان با راستای خطوط میدان موازی باشد، هیچ نیرویی بر سیم وارد نمی‌شود:

$$\sin \alpha = 0 \Rightarrow F_{\min} = 0$$

۳- تعریف شدت میدان و تسلا از روابط زیر به راحتی انجام می‌شود:

$$F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin \alpha$$

شدت میدان مغناطیسی: نیروی وارد بر ذره‌ی $1C$ که با سرعت $1 \frac{m}{s}$ عمود بر خطوط میدان شلیک شود.

۱ تسلا: شدت میدانی که اگر ذره‌ی $1C$ با سرعت $1m/s$ عمود بر خطوط آن میدان شلیک شود، نیروی معادل $1N$ بر آن وارد می‌شود.

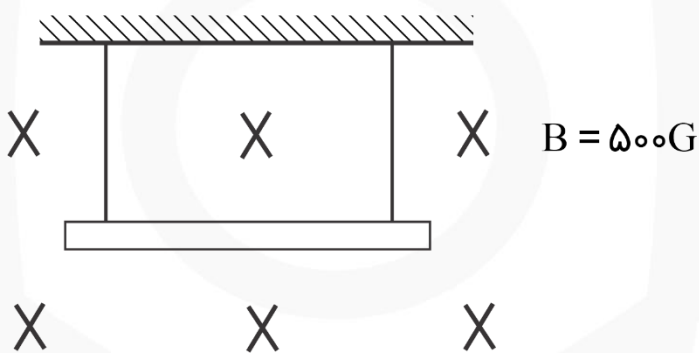
$$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \alpha$$

تعریف شدت میدان مغناطیسی:

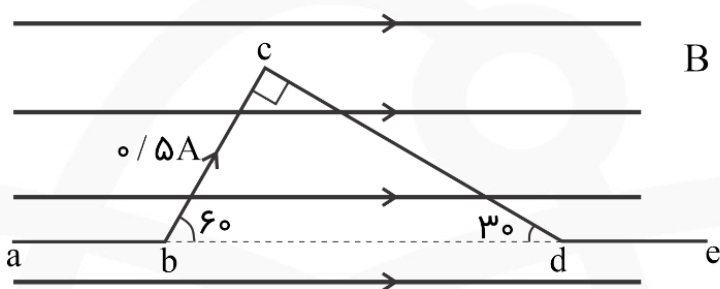
تعریف ۱ تسلا:

تمرین: در شکل مقابل سیمی به جرم واحد طول 4 g/cm توسط دو طناب از سقف آویزان است. مقدار و جهت جریان را بیابید

به طوری که نیروی کششی طناب‌ها صفر باشد.



تست: در شکل مقابل بر قطعه سیم ae چند نیوتن نیرو وارد می‌شود؟ ($ab = 2\text{cm}$ ، $bd = 10\text{cm}$ ، $de = 3\text{cm}$)



$$B = 400\text{G}$$

(۱) ۱۲۰۰

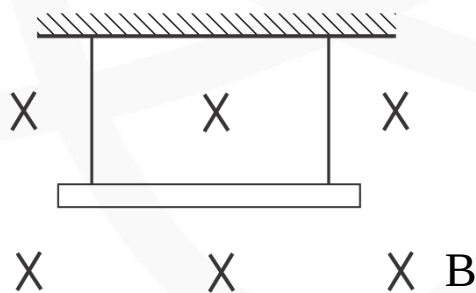
(۲) $1200\sqrt{3}$

(۳) ۶

(۴) صفر

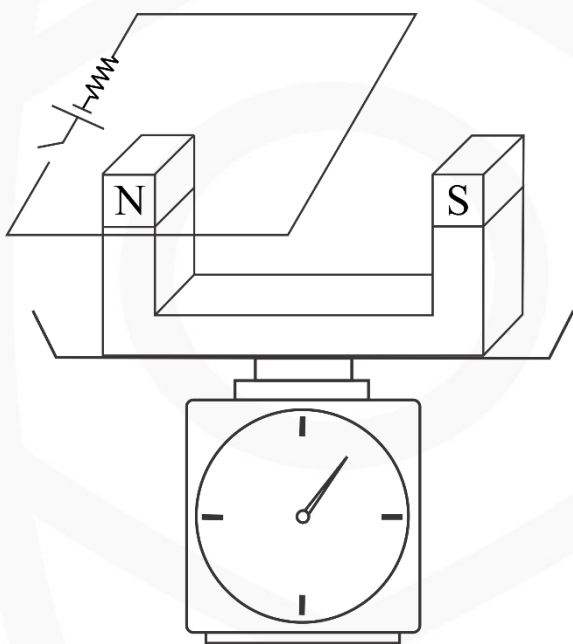
تمرین: سیمی به طول ۵m و جرم ۴۰g حامل جریان ۱۲A که جهت آن از شمال به جنوب است، روی هوا معلق است. حداقل شدت میدان مغناطیسی و جهت آن را بیابید.

تمرین: سیمی به جرم ۲۰g و طول ۴۰ cm در میدان ۵ تسلا مطابق شکل قرار دارد. اگر جریان ۵/۰ آمپر از سیم عبور کند، نیروی



کششی هر نخ چند نیوتون است؟

نکته بسیار جالب:



تست: با بستن کلید عدد نیروسنج چه تغییری می‌کند؟

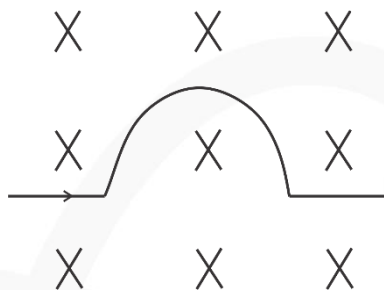
(۱) افزایش می‌یابد

(۲) کاهش می‌یابد

(۳) ثابت می‌ماند

(۴) هر سه ممکن است

تست: نیروی وارد بر سیم حامل جریان در قسمت دایره‌ای شکل چگونه است؟



(۱) ↑

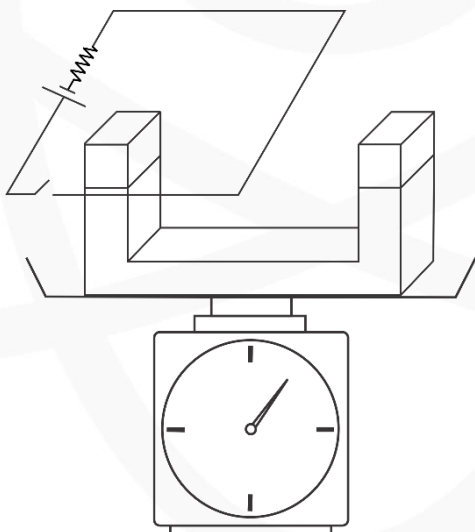
(۲) →

(۳) ←

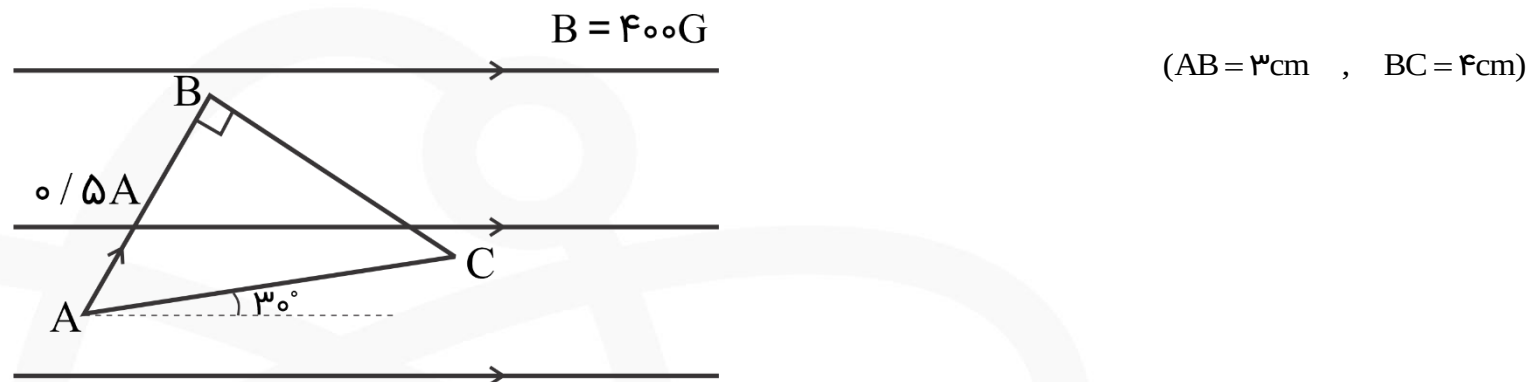
(۴) صفر

تمرین: ترازوی مقابل قبل از وصل کلید عدد ۲۰ نیوتن را نشان می‌دهد و پس از وصل کلید عدد ۲۴ نیوتن را نشان می‌دهد. اگر

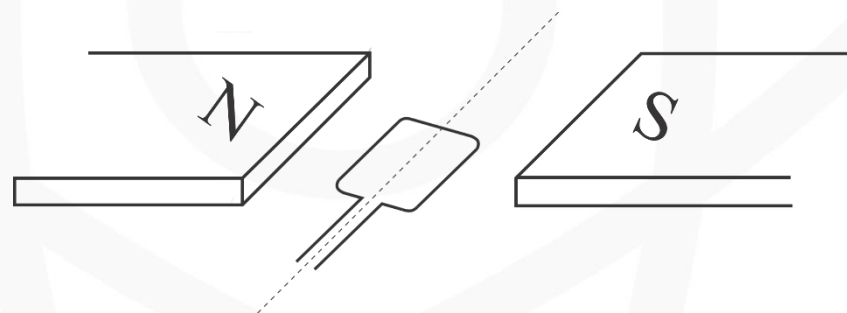
میدان آهنربا 800G و طول سیم 0.5 متر باشد، اندازه جریان و قطب‌های N و S را مشخص کنید.



تمرین: در شکل مقابل نیروی وارد بر سیم حامل جریان AC از طرف میدان مغناطیسی چند نیوتون است؟



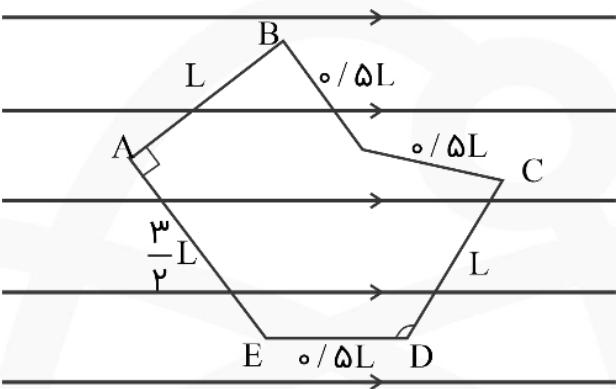
تمرین: در شکل مقابل قاب حامل جریان از حال سکون رها شده و شروع به حرکت می‌کند حرکت قاب را بررسی کنید.



نکته: گالوانومتر وسیله‌ای است که جریان‌های بسیار کوچک از مرتبه میکروآمپر را اندازه‌گیری می‌کند و جهت آن را نشان

می‌دهد. اساس کار گالوانومتر نیروی وارد بر سیم حامل جریان (مطابق شکل فوق) و چرخش قاب می‌باشد.

تست: قاب فلزی ABCDE حامل جریان I است. مطابق شکل روبه‌رو این قاب در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی B قرار



دارد. نیروی مغناطیسی وارد بر قاب چند برابر BIL است؟

۱) ۱

۲) $\frac{1}{2}$

۳) $\frac{\sqrt{3}+1}{2}$

۴) نیروی مغناطیسی وارد بر قاب صفر است

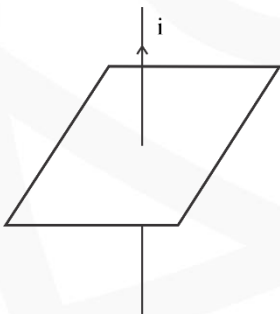
۵) اطلاعات مسئله کافی نیست

در بخش گذشته نیروی وارد بر ذره و سیم حامل جریان را از طرف میدان مغناطیسی یکنواخت بررسی نمودیم. در این بخش میدان مغناطیسی را در اطراف برخی از اجزاء مغناطیسی بررسی کرده و شدت آن را در نقاط مختلف محاسبه می‌نماییم.

میدان در اطراف سیم طویل حامل جریان:

آزمایش اورستد: سیمی را به صورت عمود بر صفحه‌ی کاغذ، از آن می‌گذرانیم. با ریختن براده‌های آهن و برقراری جریان مشاهده می‌کنیم که براده‌ها (دو قطبی‌ها) به صورت دایره‌هایی قرار می‌گیرند و می‌دانیم این دایره‌ها همان خطوط میدان می‌باشند. با قرار دادن عقربه‌ی مغناطیسی در چند نقطه جهت خطوط نیز بدست می‌آید. بنابراین:

خطوط میدان در اطراف سیم حامل جریان دایره‌های متحدالمرکزی می‌باشند که مرکز آن‌ها سیم حامل جریان بوده و صفحه

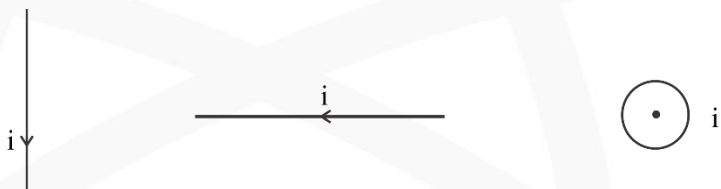


دایره‌ها بر سیم عمود است و جهت آن از قانون دست راست بدست می‌آید:

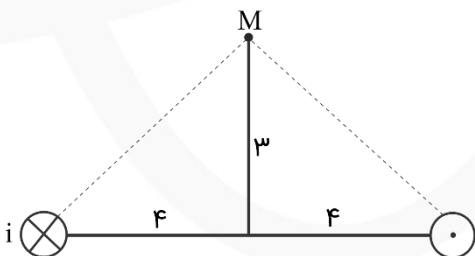
قانون دست راست:

اگر شست دست راست را در جهت جریان بگیریم، جهت چرخش انگشتان، جهت چرخش جریان را نشان می‌دهد.

تمرین: جهت میدان مغناطیسی را در اطراف سیم‌های زیر نشان دهید.

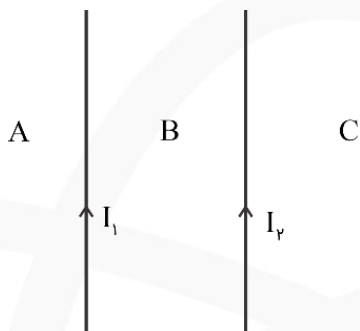


تمرین: به طور دقیق جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان I را در نقطه‌ی M بدست آورید.



تمرین: میدان حاصل از دو سیم در نقطه‌ی M را رسم کنید.

تست: در شکل مقابل میدان مغناطیسی در کدام منطقه در اطراف سیم‌های حامل جریان می‌تواند صفر گردد؟



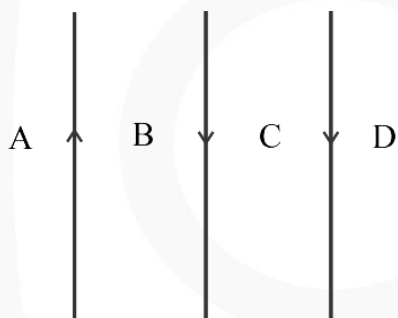
A (۱)

B (۲)

C (۳)

(۴) هر سه ممکن است

تست: سه سیم حامل جریان مطابق شکل مفروض است. در کدام منطقه میدان مغناطیسی نمی‌تواند صفر شود؟



A (۱)

B (۲)

C (۳)

D (۴)

تست: الکترونی به موازات سیم طویل حامل جریانی و هم جهت با آن شلیک می‌شود، از طرف سیم چه نیروی مغناطیسی بر

الکترون وارد می‌شود؟

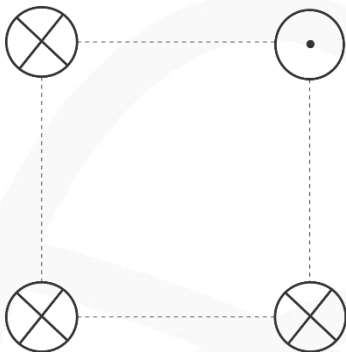
(۱) جاذبه

(۲) دافعه

(۳) صفر

(۴) ۱ و ۲ ممکن است

تست: میدان مغناطیسی در مرکز مربع مقابل که چهار سیم، حامل جریان‌های مساوی از چهار رأس آن عمود بر صفحه عبور



می‌کند به کدام طرف است؟

- (۱)

↘
- (۲)

↙
- (۳)

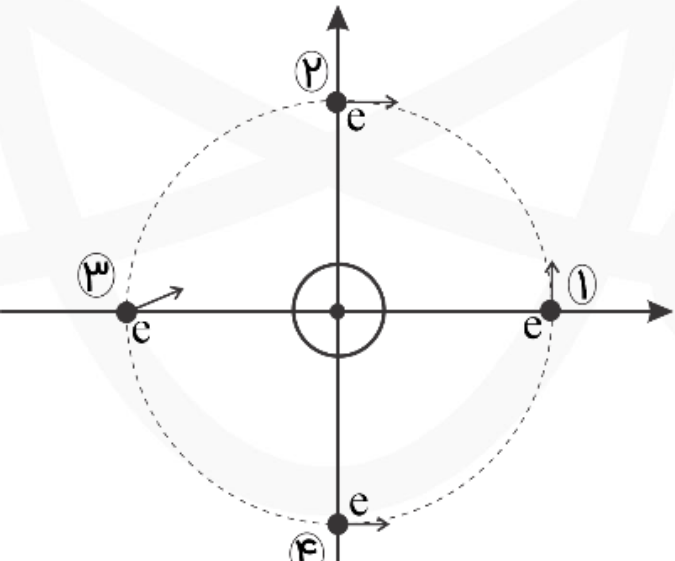
↗
- (۴)

↖

یادآوری طفولیت فصل ۱:

تست: در شکل مقابل چهار الکترون با سرعت‌های مساوی در یک لحظه نشان داده شده‌اند که در جهات مختلف در فواصل

یکسان از سیم راست حامل جریان در حرکت‌اند. نیروی مغناطیسی وارد بر کدام ذره از طرف سیم بیشتر است؟



- (۱)

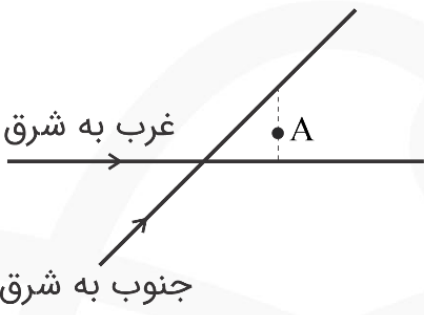
۴
- (۲)

۳
- (۳)

۲
- (۴)

۱

تست: مطابق شکل مقابل، دو سیم متنافر دارای جریان مفروض می‌باشند. جهت میدان مغناطیسی در وسط عمود مشترک

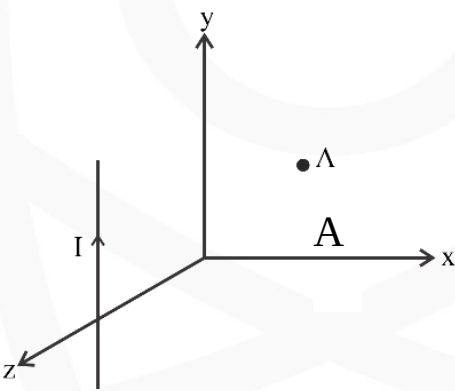


آن‌ها (A) به کدام جهت است؟

(۱) جنوب غربی (۲) شمال غربی

(۳) جنوب شرقی (۴) شمال شرقی

تست: در شکل مقابل نقطه‌ی A در صفحه‌ی xy می‌باشد و سیم حامل جریان I در صفحه‌ی yz و موازی محور yهاست. جهت



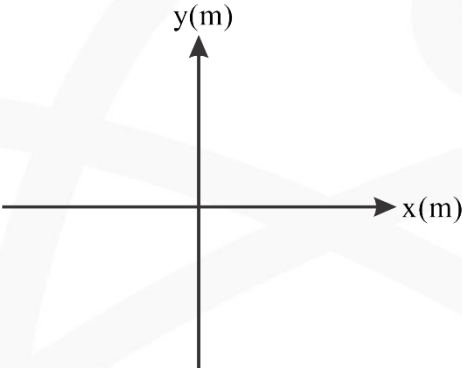
میدان مغناطیسی در نقطه‌ی A کدام است؟

(۱) -x (۲) -z

(۳) +x (۴) هیچکدام

تست: در صفحه‌های مختصات روبه‌رو، سیمی در نقطه‌ی $(-10\text{m}, -10\sqrt{3}\text{m})$ عمود بر صفحه قرار دارد. اگر جریان عبوری از سیم

برون‌سو باشد، بردار میدان مغناطیسی ناشی از سیم در مبدأ مختصات با قسمت مثبت محور x زاویه‌ی چند درجه می‌سازد؟



۳۰ (۱)

۱۲۰ (۳)

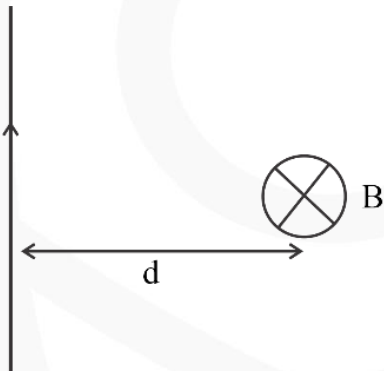
۶۰ (۲)

۱۵۰ (۴)

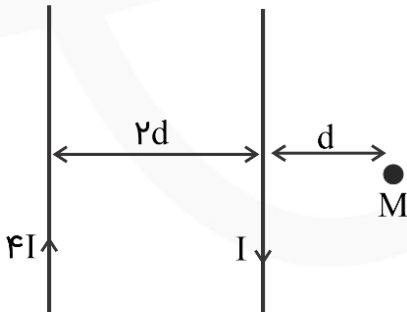
شدت میدان مغناطیسی در اطراف سیم طویل حامل جریان:

در سیم بلند مقابل جریانی به شدت I برقرار است.

در فاصله d از آن شدت میدان مغناطیسی از رابطه زیر بدست می‌آید:

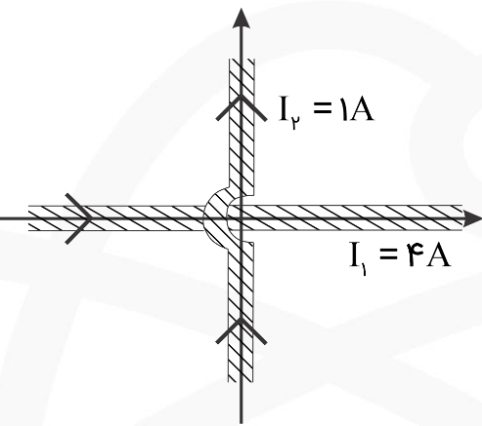


تمرین: در شکل مقابل شدت میدان مغناطیسی در نقطه‌ی M به کدام جهت است؟

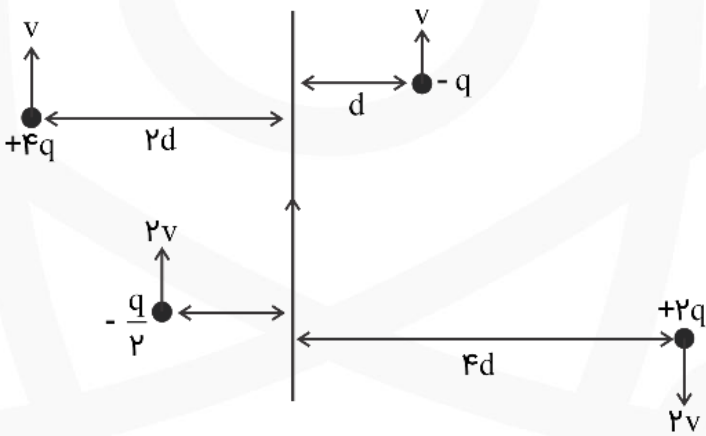


تمرین: مطابق شکل سیم‌های حامل جریان روی محورهای مختصات قرار دارند. جهت بردار میدان مغناطیسی در نقطه‌ی

$M(۲\text{cm} , ۵\text{cm})$ به کدام جهت می‌باشد؟



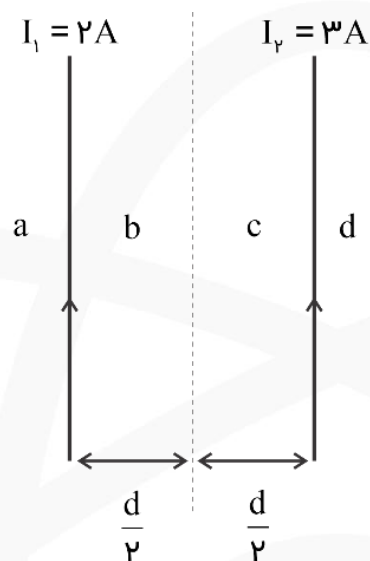
تست: در شکل زیر به کدام دو ذره از طرف سیم حامل جریان نیروی یکسان و در یک جهت وارد می‌شود؟



(۱) $-\frac{q}{۲} , -q$ (۲) $+۴q , +۲q$

(۳) $+۲q , -q$ (۴) $+۴q , -\frac{q}{۲}$

تست: در شکل مقابل سیم‌های بلند حامل جریان به موازات هم و در فاصله 3 cm از هم قرار دارند. در کدام نقطه برآیند شدت



میدان مغناطیسی می‌تواند صفر شود؟

a (۱) b (۲)

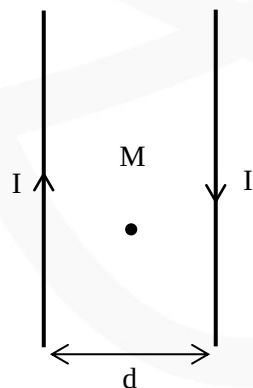
c (۳) d (۴)

نکته: اگر دو سیم حامل جریان هم جهت باشند، بین آن‌ها و اگر خلاف جهت باشند در خارج از آن‌ها و نزدیک سیم با جریان

کمتر، میدان مغناطیسی برآیند صفر است.

تست: در شکل مقابل در نقطه‌ی M وسط دو سیم موازی حامل جریان میدان مغناطیسی B_1 است. اگر یکی از سیم‌ها به

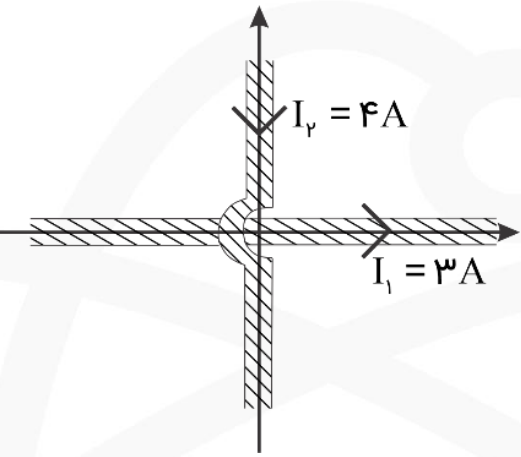
میزان $\frac{d}{4}$ به دیگری نزدیک کنیم، میدان در آن نقطه B_2 می‌شود، $\frac{B_2}{B_1}$ چند است؟



(۱) $\frac{3}{2}$ (۲) $\frac{4}{3}$

(۳) $\frac{5}{4}$ (۴) $\frac{5}{3}$

تست: مطابق شکل مقابل دو سیم حامل جریان روی محورهای مختصات قرار دارند. روی کدام خط، برآیند شدت میدان



مغناطیسی حاصل از دوسیم صفر است؟

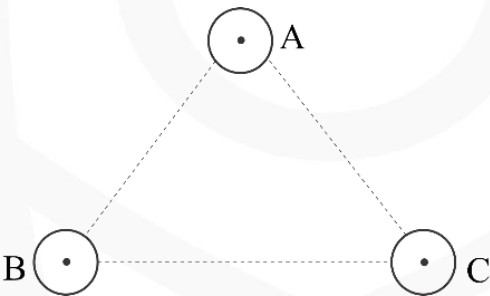
$y = \frac{-3}{4} x$ (۲)

$y = \frac{3}{4} x$ (۱)

$y = \frac{-4}{3} x$ (۴)

$y = \frac{4}{3} x$ (۳)

تست: در شکل مقابل سه سیم دارای جریان‌های مساوی I در سه رأس مثلث متساوی الاضلاع و عمود بر صفحه می‌باشند.



شدت میدان برآیند در وسط ضلع BC به کدام طرف است؟

← (۲)

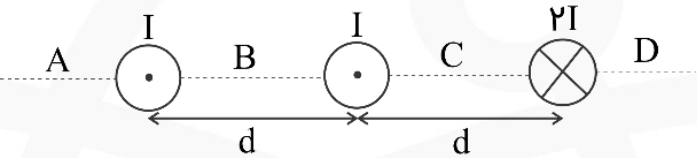
→ (۱)

↑ (۴)

↓ (۳)

تست: در شکل مقابل سه سیم طویل حامل جریان در یک راستا و عمود بر صفحه کاغذ حامل جریان‌های مشخص شده

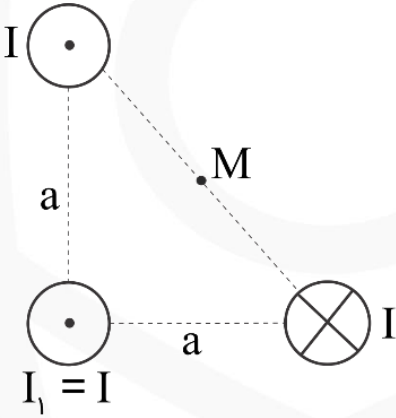
می‌باشند. برآیند شدت میدان مغناطیسی روی خط واصل در کدام منطقه می‌تواند صفر باشد؟



A (۱) B (۲)

C (۳) D (۴)

تست: اگر میدان حاصل از سیم I_1 در نقطه‌ی M وسط وتر، برابر با B باشد برآیند شدت میدان حاصل از سه سیم در نقطه‌ی



M چند است؟

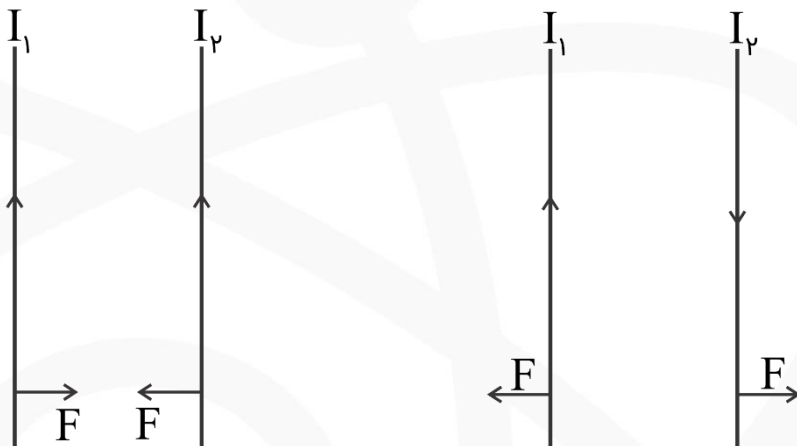
(۱) ۲ (۲) $\sqrt{2}$

(۳) ۳ (۴) $\sqrt{5}$

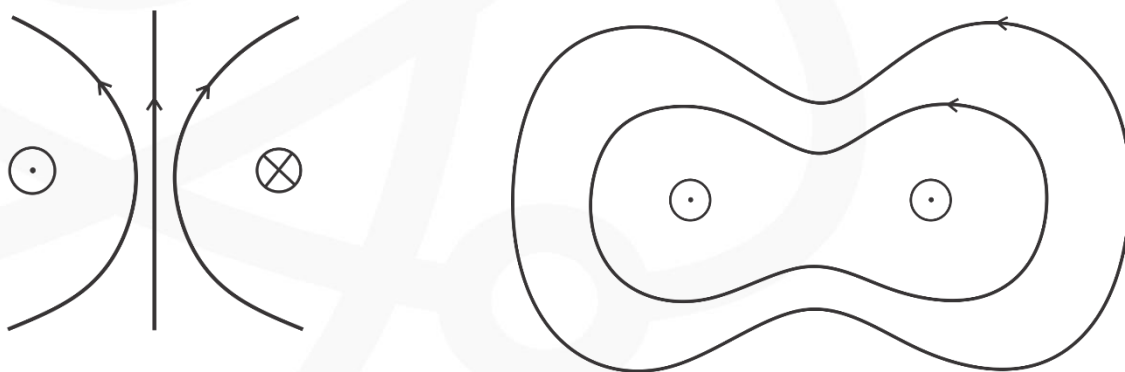
نیروی بین دو سیم موازی حامل جریان:

هرگاه دو سیم طویل، حامل جریان‌های I_1 و I_2 باشند، مقدار و جهت نیروی وارد بر ℓ متر از هریک از سیم‌ها بر دیگری

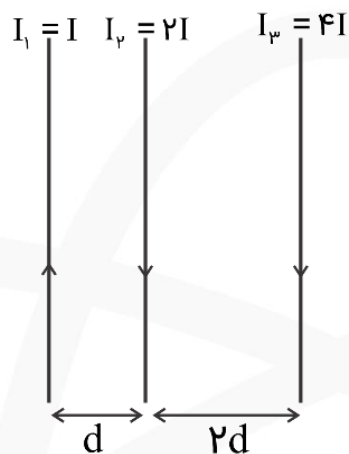
به صورت زیر بدست می‌آید:



میدان در اطراف دو سیم حامل جریان:



تست: در شکل مقابل سه سیم موازی و طویل حامل جریان در یک صفحه می‌باشند. اگر نیروی وارد بر واحد طول از طرف سیم



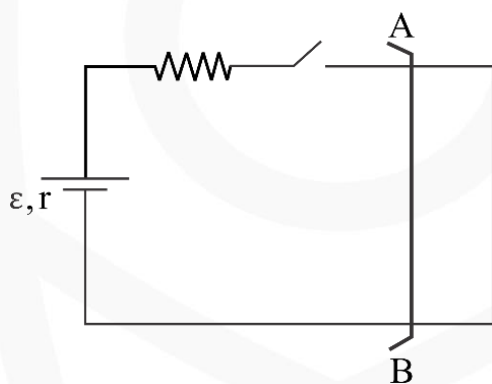
I_1 بر I_2 برابر F باشد، برآیند نیروهای وارد بر سیم I_2 چند F است؟

۳ (۲)

۲ (۱)

۵ (۴)

۴ (۳)



تست: در شکل مقابل با وصل کلید سیم AB چگونه حرکت می‌کند؟

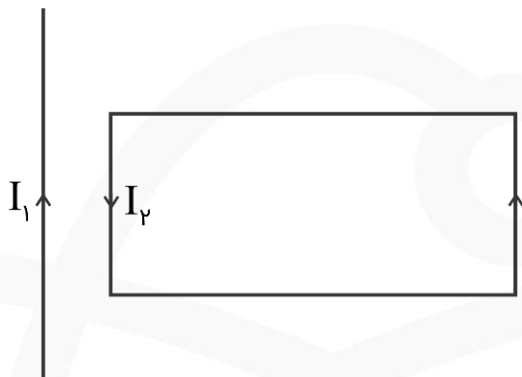
(۱) به طرف چپ حرکت می‌کند

(۲) به طرف راست حرکت می‌کند

(۳) به هیچ طرفی حرکت نمی‌کند

(۴) هر سه ممکن است

تست: در شکل روبه‌رو قاب مستطیل شکل تحت اثر نیروی سیم حامل جریان چه حرکتی می‌کند؟



(۱) به طرف راست می‌رود

(۲) به طرف چپ می‌رود

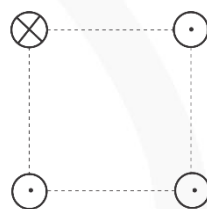
(۳) ساعتگرد می‌چرخد

(۴) پادساعتگرد می‌چرخد

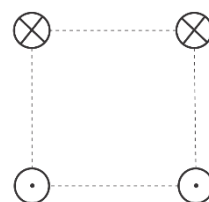
تست: شکل‌های زیر، چهار آرایش را نشان می‌دهد که در آن سیم‌های موازی حامل جریان I در گوشه‌های مربع‌های مشابه قرار

گرفته‌اند و سیم‌ها بلند و همگی عمود بر صفحه‌اند. در کدام شکل بزرگی میدان مغناطیسی برآیند در مرکز مربع بیشترین مقدار

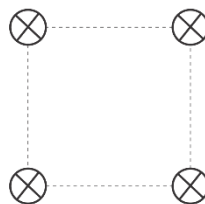
را دارد؟



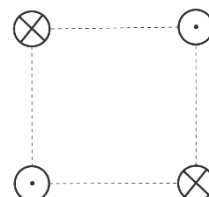
(۲)



(۱)

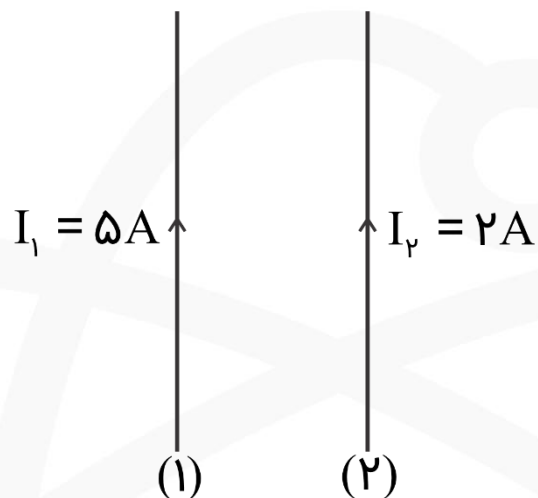


(۴)



(۳)

تست: در شکل مقابل، میدان مغناطیسی ناشی از سیم ۱ روی سیم ۲ برابر 50G است. نیروی مغناطیسی وارد بر واحد طول



سیم ۲ از طرف سیم ۱ چند نیوتون و درجه جهتی است؟

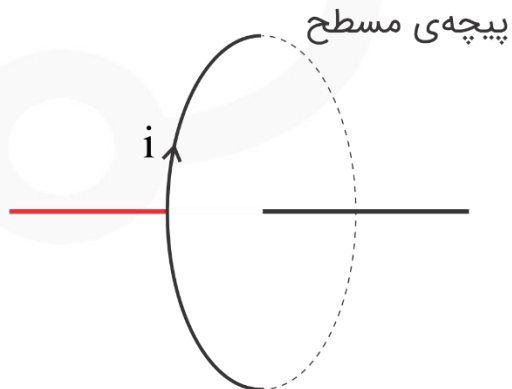
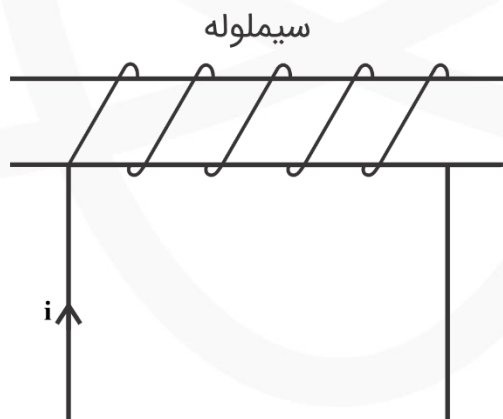
- (۱) $\rightarrow$ ، 10^{-2} (۲) $\leftarrow$ ، 10^{-2}
- (۳) $\rightarrow$ ، 4×10^{-3} (۴) $\leftarrow$ ، 4×10^{-3}

پیچ و سیملوله:

سیم راستی را حول محوری پیچیده تا تشکیل دایره‌های را دهد.

* اگر طول سیم پیچ در برابر قطر آن ناچیز باشد آن را پیچه مسطح گوییم.

* اگر قطر حلقه‌های سیملوله در برابر طول آن ناچیز باشد و حلقه‌ها خیلی به هم نزدیک باشند آن را سیملوله‌ی آرمانی گوییم.



اوه ، اوه ، اوه

نکات:

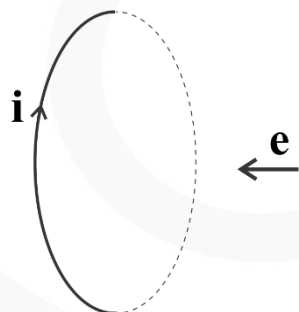
۱- درون سیملوله میدان مغناطیسی تقریباً یکنواخت است.

۲- میدان مغناطیسی درون سیملوله قوی‌تر از خارج آن است.

۳- جهت خطوط میدان مغناطیسی در داخل و خارج خلاف یکدیگر است (هم در پیچه و هم در سیملوله)

۴- پیچه‌ی مسطح دارای دو قطب N و S است و میدان آن مثل آهنربای تخت دایره‌ای است.

تست: مطابق شکل مقابل الکترونی عمود بر صفحه‌ی پیچه‌ای در مرکز آن شلیک می‌شود سرعت آن چگونه تغییر می‌کند؟



۱) ثابت می‌ماند

۲) کاهش می‌یابد

۳) ابتدا کاهش سپس افزایش می‌یابد

۴) ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد

تست: سیمی به طول ۵ m را به صورت سیم‌لوله‌ای به شعاع ۴mm و طول ۲m درمی‌آوریم و از آن جریان ۳/۲A می‌گذرانیم.

شدت میدان مغناطیسی در مرکز آن چند تسلا است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A}$, $\pi = 3$)

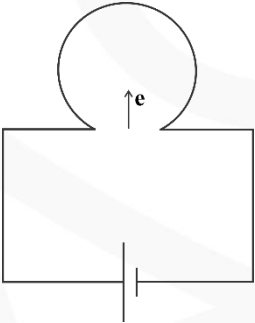
۴×۱۰^{-۴} (۴)

۴×۱۰^{-۳} (۳)

۲×۱۰^{-۴} (۲)

۲×۱۰^{-۳} (۱)

تست: مطابق شکل الکترونی در صفحه‌ی حلقه به طرف بالا شلیک می‌شود. این الکترون به کدام طرف منحرف می‌شود؟



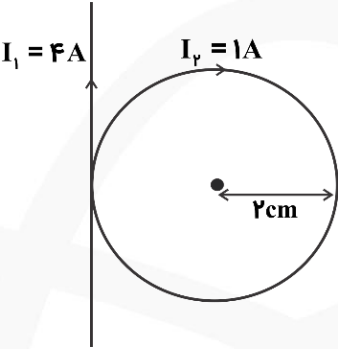
راست (۲)

چپ (۱)

بیرون صفحه (۴)

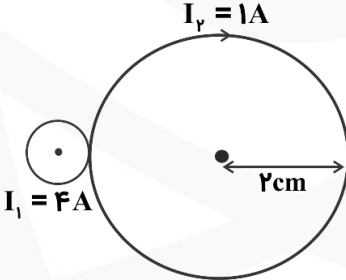
درون صفحه (۳)

تمرین: مطابق شکل مقابل سیم راست حامل جریانی منطبق بر صفحه‌ی حلقه و بر آن در نقطه‌ی مماس است. شدت میدان



مغناطیسی در مرکز حلقه چند تسلا است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A}$, $\pi = 3$)

تمرین: سیم راست حامل جریانی بر صفحه‌ی حلقه عمود و بر آن مماس است. شدت میدان مغناطیسی در مرکز حلقه چند تسلا



است؟

تست: پیچ‌های مسطح به شعاع R را باز کرده و مجدداً با شعاع $\frac{R}{۲}$ می‌پیچیم. اگر جریان ثابت بماند، شدت میدان در مرکز

پیچه چند برابر می‌شود؟

۱ (۱)

۲ (۲)

۴ (۳)

۱۶ (۴)

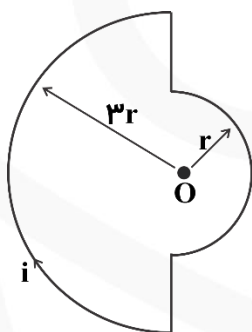
تست: در شکل مقابل میدان مغناطیسی در نقطه‌ی O (مرکز نیم دایره‌ها) کدام است؟

(۱) $\frac{\mu_0 i}{6R}$

(۲) $\frac{\mu_0 i}{۳R}$

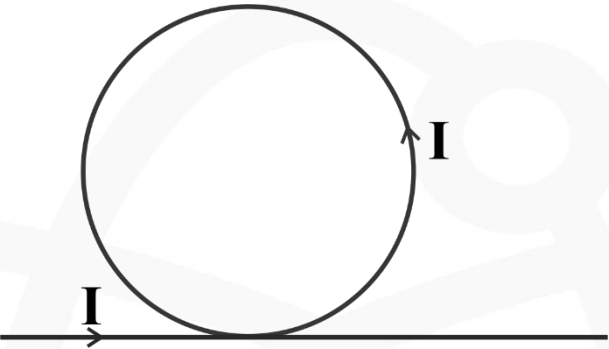
(۳) $\frac{\mu_0 i}{۴R}$

(۴) $\frac{\mu_0 i}{۲R}$

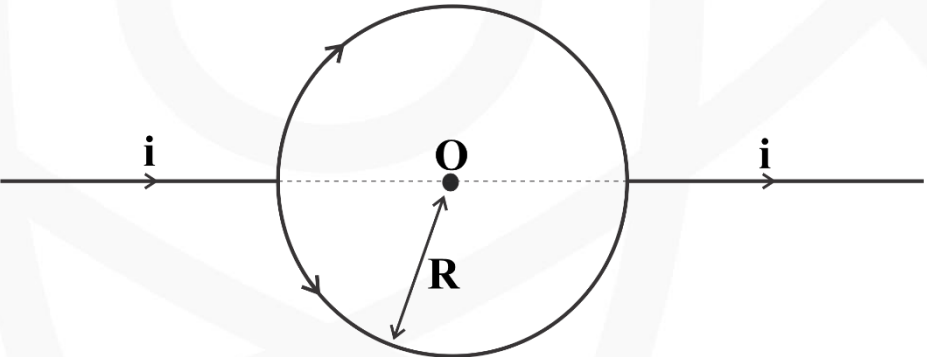


تمرین: مطابق شکل مقابل سیم راست حامل جریان، پس از ایجاد یک حلقه، مجدداً به مسیر خود ادامه داده است. میدان

برآیند در نقطه‌ی O، مرکز حلقه کدام سمت است؟



تست: شدت میدان مغناطیسی در نقطه‌ی O (مرکز حلقه) کدام است؟



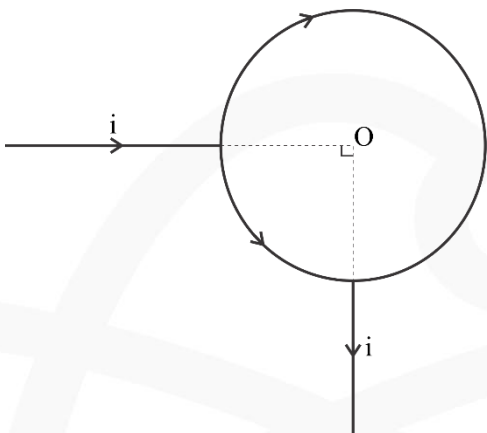
(۲) $\frac{2\mu_0 i}{R}$

(۱) $\frac{\mu_0 i}{R}$

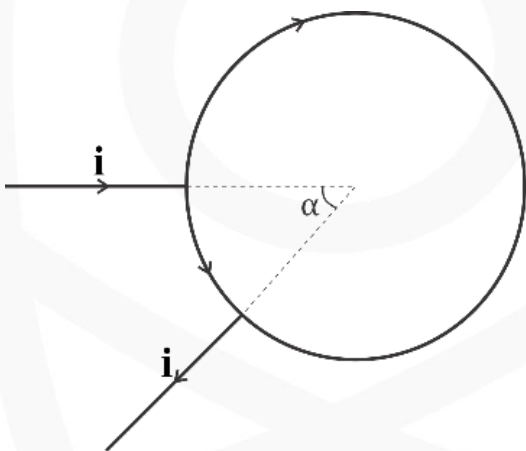
(۴) صفر

(۳) $\frac{\mu_0 i}{2R}$

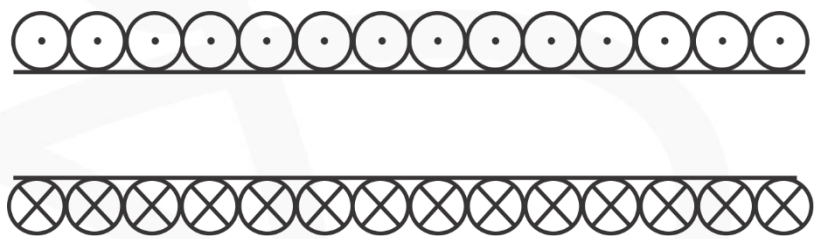
تمرین: در شکل مقابل شدت میدان مغناطیسی را در نقطه‌ی O (مرکز حلقه) بیابید.



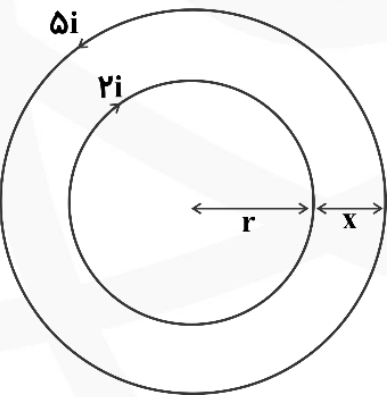
نکته داداش خیلی کوچولو....



تمرین: در شکل مقابل مقطع یک سیم‌لوله نشان داده شده‌است. سیم‌لوله از مفتولی به قطر ۴ mm و در یک ردیف به هم چسبیده، تشکیل شده‌است. اگر جریان این سیم‌لوله $I = 5\text{ A}$ باشد اندازه و جهت میدان مغناطیسی در مرکز این سیم‌لوله را بیابید.



تست: در شکل مقابل دو حلقه در یک صفحه وجود دارند. x چقدر باشد تا میدان در مرکز حلقه صفر گردد؟



$3r$ (۲)

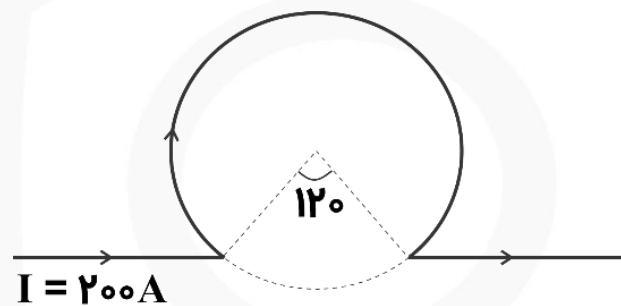
$3/5r$ (۱)

$1/5r$ (۴)

$2/5r$ (۳)

نکته: اگر سیم‌لوله دارای هسته آهنی باشد، با برقراری جریان، هسته‌ی آهنی، خاصیت آهنربایی پیدا کرده و به آن آهنربای الکتریکی (آهنربای صنعتی) گویند.

تست: در شکل روبه‌رو، شعاع حلقه‌ی ناقص حامل جریان ۲۰۰ آمپری، ۱m است. بزرگی و جهت میدان مغناطیسی در مرکز حلقه



کدام است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A}$)

(۱) $8 \times 10^{-5} T$ ، درون‌سو

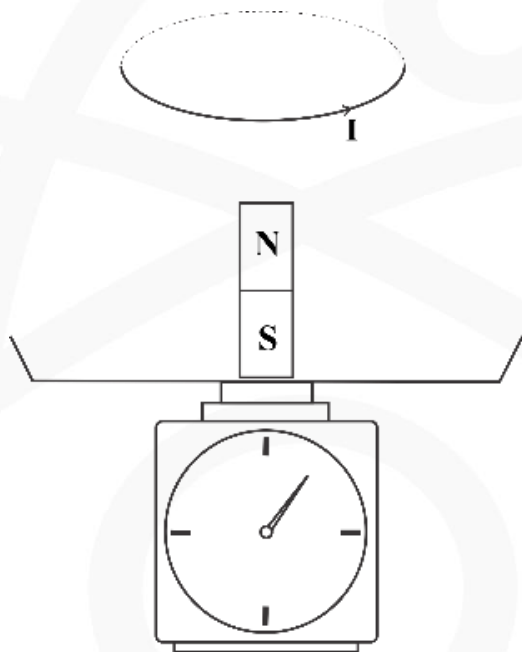
(۲) $9 \times 10^{-5} T$ ، درون‌سو

(۳) $8 \times 10^{-5} T$ ، برون‌سو

(۴) $9 \times 10^{-5} T$ ، برون‌سو

تست: در شکل روبه‌رو، یک آهنربای میله‌ای قوی روی ترازویی قرار دارد. پیچ‌های مسطح حامل جریانی مطابق شکل بالای آهنربا

قرار دارد. عددی که ترازو نشان می‌دهد از وزن آهنربا است و با نزدیک کردن حلقه به آهنربا این مقدار



(۱) بیشتر – بیشتر می‌شود

(۲) بیشتر – تغییری نمی‌کند

(۳) کمتر – کمتر می‌شود

(۴) کمتر – تغییری نمی‌کند

تست: طول سیم‌لوله‌ی A نصف طول سیم‌لوله‌ی B و تعداد دور آن ۸ برابر تعداد دور سیم‌لوله‌ی B است. اگر جریان الکتریکی

عبوری از سیم B، ۴ برابر جریان عبوری از سیم A باشد، بزرگی میدان مغناطیسی در داخل سیم‌لوله‌ی B چند برابر بزرگی میدان

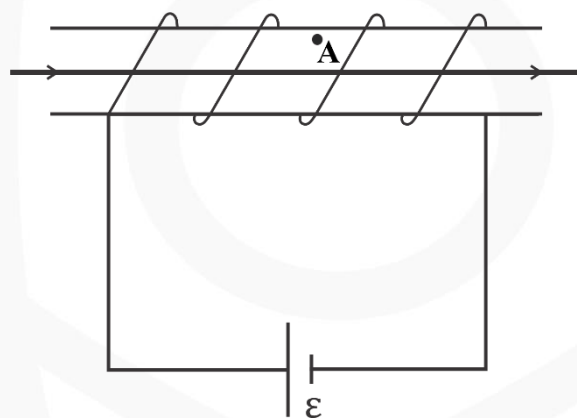
مغناطیسی داخل سیم‌لوله‌ی A است؟

۴ (۱)

$\frac{1}{2}$ (۲)

۲ (۳)

$\frac{1}{4}$ (۴)



تست: در شکل مقابل، میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌لوله ۲mT است و یک

سیم راست و بلند حامل جریان ۲۰A روی محور سیم‌لوله قرار دارد. میدان

مغناطیسی برابند در نقطه‌ی A داخل سیم‌لوله و در فاصله‌ی ۲mm از سیم

راست، چند میلی‌تسلا است؟ $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A})$

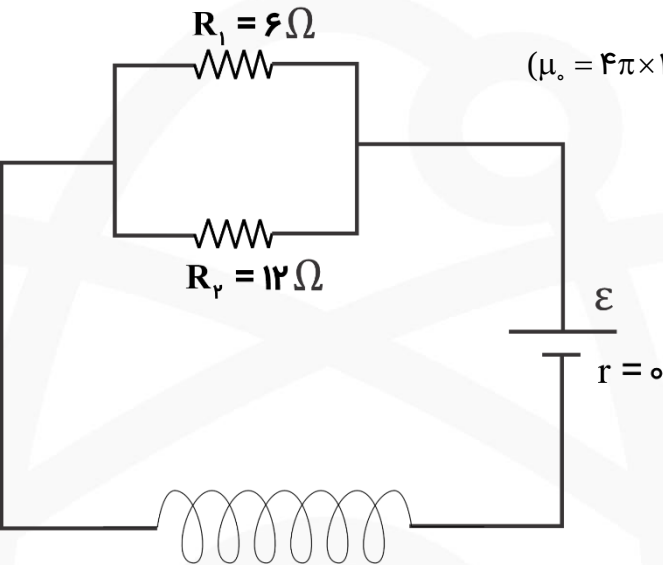
صفر (۱)

۲ (۲)

$2\sqrt{2}$ (۳)

۴ (۴)

تست: در شکل روبه‌رو، توان مصرفی مقاومت R_1 برابر 24 W می‌باشد. اگر سیم‌لوله در هر متر 1000 دور حلقه داشته باشد.



میدان مغناطیسی حاصل در داخل سیم‌لوله چند تسلا است؟ $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}})$

$(1) \quad 1/2\pi \times 10^{-3}$

$(3) \quad 8\pi \times 10^{-3}$

$(2) \quad 1/2\pi \times 10^{-6}$

$(4) \quad 4\pi \times 10^{-6}$

باسمہ تعالیٰ

فصل چہارم

القای الکترومغناطیس

فرض کنید حلقه‌ی فلزی را در میدان مغناطیسی و عمود بر آن نگاه داشته‌ایم، در این حالت تعداد خط مشخصی از میدان مغناطیسی از حلقه عبور می‌کند. هرگاه حلقه را حول یکی از قطره‌هایش کمی دوران دهیم، مشاهده خواهیم کرد که در حلقه جریان به وجود می‌آید. مایکل فارادی با انجام آزمایش‌های متعدد، به این نتیجه رسید که اگر: تعداد خطوط میدان مغناطیسی گذرنده از یک حلقه‌ی بسته به هر نحوی تغییر کند، در آن حلقه‌ی بسته جریان به وجود می‌آید. در اینجا ابتدا کمیتی را برای نشان دادن تعداد خطوط میدان مغناطیسی گذرنده از یک سطح بسته تعریف می‌کنیم.

شار مغناطیسی:

کمیتی است که نشان دهنده‌ی تعداد خطوط میدان مغناطیسی گذرنده از سطح بسته می‌باشد و آن را با Φ نشان می‌دهند.

عوامل موثر بر شار:

(۱) مساحت سطح بسته (A)

(۲) شدت میدان مغناطیسی (B)

(۳) زاویه‌ی سطح و خطوط میدان مغناطیسی (α)

(۴) زاویه‌ی نیم‌خط عمود بر سطح با میدان (θ)

در مورد سوم ذکر این نکته ضروری است که بیشترین مقدار شار، مربوط به زمانی است که سطح، بر خطوط میدان عمود باشد و کمترین مقدار مربوط به زمانی است که سطح با خطوط میدان مغناطیسی موازی باشد (در این حالت هیچ خط میدانی از سطح نمی‌گذرد)

$$\Phi = A.B.\sin \alpha = A.B.\cos \theta$$

نکات بسیار مهم مربوط به شار مغناطیسی

(۱)

(۲)

(۳) شار کمیتی

(۴) هرگاه n حلقه‌ی مشابه با یکدیگر در میدان مغناطیسی قرار گیرند:

(۵) می‌توان به‌جای هر سطح، یک «سطح مؤثر» جایگزین نمود و رابطه‌ی شار مغناطیسی را به صورت زیر نوشت:

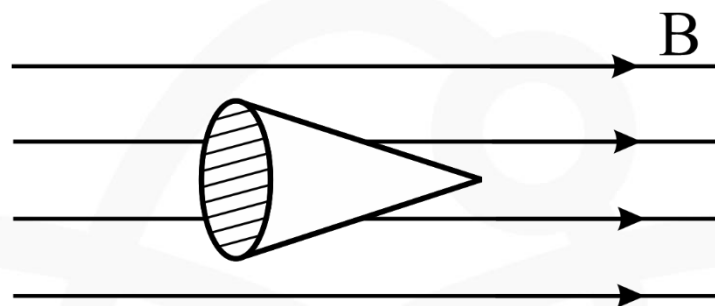
تمرین: سیمی به طول $5m$ را به صورت حلقه‌های مربع شکل به ضلع $5cm$ درمی‌آوریم و در میدان مغناطیسی $200G$

قرار می‌دهیم، به طوری که صفحه‌ی مربع‌ها بر خطوط میدان مغناطیسی عمود باشد. شار عبوری از این حلقه‌ها چند

و بر است؟

تست: در شکل مقابل خطوط میدان مغناطیسی به شدت $4\pi \times 10^{-5}$ عمود بر قاعده مخروط می‌باشند. اگر شعاع قاعده

مخروط 2cm و ارتفاع مخروط 15cm باشد، شار مغناطیسی عبوری از مخروط چند wb است؟



(۲) $8\pi \times 10^{-5}$

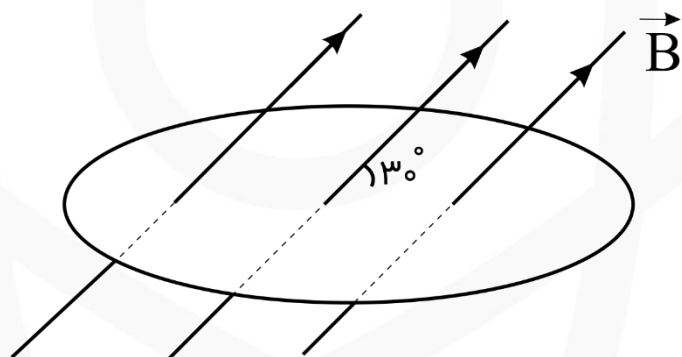
(۱) $4\pi \times 10^{-5}$

(۴) $24\pi \times 10^{-5}$

(۳) $16\pi \times 10^{-5}$

تست: در شکل مقابل بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت 400mT و مساحت قاب 50cm^2 است. شار عبوری از قاب

برابر چند وبر است؟



(۲) ۱

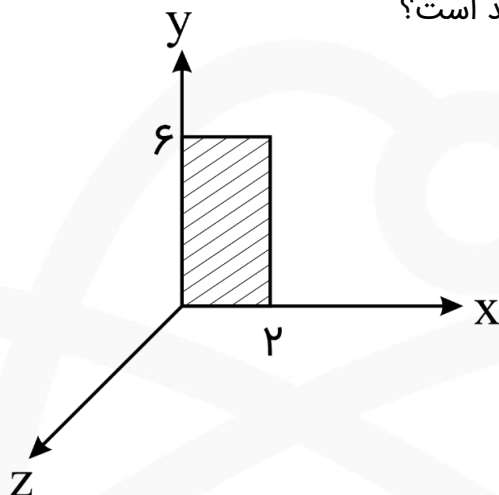
(۱) $\sqrt{3}$

(۴) 10^{-3}

(۳) $\sqrt{3} \times 10^{-3}$

تمرین: مطابق شکل مقابل صفحه‌ی مستطیلی شکل در صفحه‌ی xy قرار دارد و میدان مغناطیسی به صورت

$$\vec{B} = 0.4\vec{i} - 0.5\vec{j} \text{ از آن عبور می‌کند. شار عبوری از این مستطیل در SI چند است؟}$$



تست: سیم لوله‌ای به طول ۲۰cm دارای ۱۰۰ حلقه به شعاع ۲cm است. وقتی جریان ۵A از سیم‌لوله می‌گذرد، شار

مغناطیسی گذرنده از آن چند وبر است؟ $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T}{A}, \pi^2 = 10)$

۲۴×۱۰^{-۷} (۴)

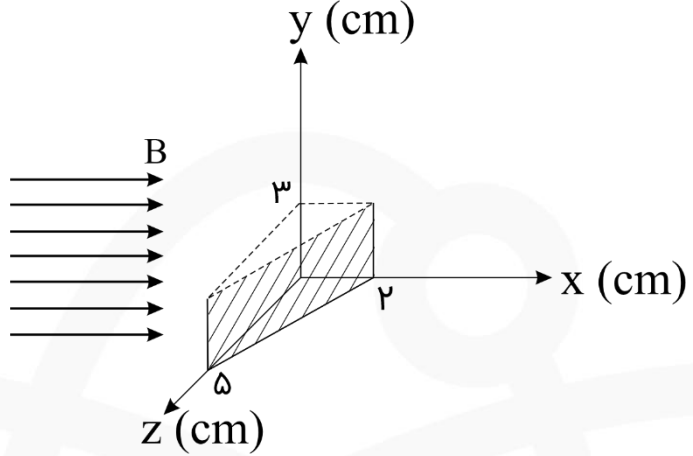
۱۲×۱۰^{-۵} (۳)

۴×۱۰^{-۷} (۲)

۸×۱۰^{-۷} (۱)

تست: مطابق شکل مقابل صفحه‌ی مستطیل شکل ABCD عمود بر صفحه‌ی xz قرار داده شده است. اگر میدان

مغناطیسی در SI به صورت $\vec{B} = 0.4\vec{i}$ باشد، شار مغناطیسی عبوری از این سطح بسته چند wb است؟



$$3 \times 10^{-5} \text{ (T)}$$

$$3 \times 10^{-6} \text{ (m)}$$

$$1 \times 10^{-5} \text{ (m)}$$

$$6 \times 10^{-6} \text{ (m)}$$

قانون القای فارادی

هرگاه شار مغناطیسی عبوری از حلقه‌ی بسته‌ای تغییر کند، در آن حلقه‌ی بسته نیروی محرکه‌ای القا می‌شود (و توسط این نیرو محرکه‌ی به وجود آمده، جریان القایی تولید می‌شود) که مقدار این نیروی محرکه‌ی القایی با آهنگ تغییر شار متناسب است:

$$|\bar{\varepsilon}| = \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t}$$

$\Delta\phi$: تغییرات شار مغناطیسی

Δt : زمان تغییر شار

$\bar{\varepsilon}$: نیرو محرکه‌ی متوسط القایی

نکته در گوشی:

تست: کدام گزینه زیر واحد اختلاف پتانسیل نمی‌باشد؟

(۱) وبر
ثانیه

(۲) آمپر . اهم

(۳) $\frac{\text{کولن}}{\text{فاراد}}$

(۴) ژول . کولن

تمرین: شار عبوری از حلقه‌ی بسته‌ای با معادله‌ی $\varphi = 5 \cos\left(\frac{\pi}{6}t + \frac{7\pi}{6}\right)$ تغییر می‌کند، بیابید:

الف) اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط را بین زمان‌های $t = 1s$ و $t = 3s$

ب) اندازه‌ی نیروی محرکه در لحظه $t = 3s$

تمرین: شار عبوری از حلقه‌ی بسته‌ای در مدت $0.05s$ از φ_{wb} به $-\varphi_{wb}$ رسیده است؛

الف) نیروی محرکه‌ی القایی متوسط چند ولت است؟

ب) اگر مقاومت حلقه 40Ω باشد. شدت جریان عبوری متوسط در این زمان چند آمپر است؟

باتوجه به رابطه‌ی $\varphi = A.B.\cos\theta$ ، تغییرات شار مغناطیسی عبوری از سطح بسته ممکن است از سه طریق صورت پذیرد:

تغییر زاویه - تغییر میدان - تغییر مساحت

الف- تغییر زاویه:

تمرین: حلقه‌ای به مساحت 300cm^2 عبور بر میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت 400G می‌باشد. اگر در مدت زمان 0.02s این حلقه چرخیده و موازی با میدان قرار گیرد، نیروی محرکه‌ی القایی متوسط چند ولت است؟

تمرین: حلقه‌ای به مساحت 400cm^2 عمود بر میدان یکنواختی به شدت 0.02T قرار دارد. در مدت زمان 0.05s این حلقه چرخیده و پس از اینکه با خطوط میدان مغناطیسی موازی گردید، مجدداً در ادامه چرخش خود برای اولین بار عمود بر میدان مغناطیسی قرار گیرد نیروی محرکه‌ی متوسط القایی چند ولت است؟

ب- تغییر میدان مغناطیسی:

نکته:

$$|\overline{\varepsilon}| = \frac{|\Delta\varphi|}{\Delta t}$$

تمرین: حلقه‌ای به مساحت 500cm^2 عمود بر میدان یکنواختی به شدت 0.3T می‌باشد در مدت 0.2s میدان به 0.5T در خلاف جهت قبلی خود می‌رسد اگر مقاومت حلقه 40Ω باشد، شدت جریان القایی متوسط در این حلقه چند آمپر است؟

تمرین: مربعی به طول ضلع 20cm با خطوط میدان مغناطیسی زاویه 30° می‌سازد. اگر میدان مغناطیسی با معادله‌ی $B = t^2 - 4t$ تغییر کند، بیابید:

الف) اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط را در ثانیه‌ی دوم

ب) اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی لحظه‌ای در $t = 3\text{s}$

تست: پیچهای شامل ۵۰ دور که مساحت هر حلقه 600cm^2 است دارای مقاومت 40Ω می باشد. اگر صفحه‌ی هر حلقه‌ی عمود بر خطوط میدان باشد، در زمانی که میدان مغناطیسی از 4T به -8T می‌رسد چند کولن بار از مقطع سیم در یک نقطه عبور می‌کند؟

(۱) ۰/۲۴

(۲) ۰/۱۸

(۳) ۰/۱۲

(۴) ۰/۹

تست: آهنگ تغییر میدان مغناطیسی از حلقه‌ی بسته‌ای $1/2 \frac{\text{T}}{\text{s}}$ می‌باشد. اگر مساحت حلقه 500cm^2 و جریان القایی آن $0/2\text{A}$ و خطوط میدان با سطح حلقه زاویه 30° بسازد مقاومت حلقه چند اهم است؟

(۱) ۱/۵

(۲) ۰/۱۵

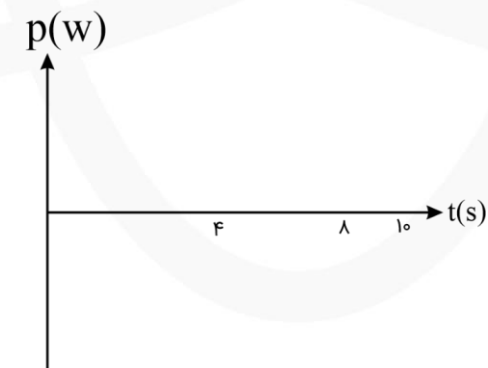
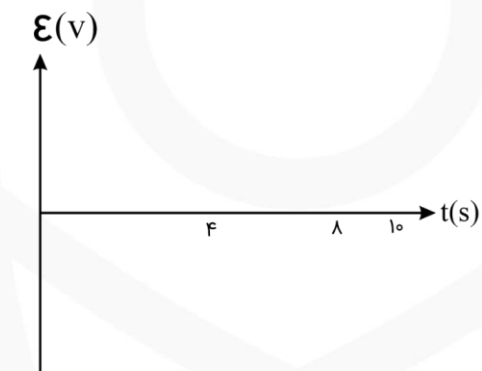
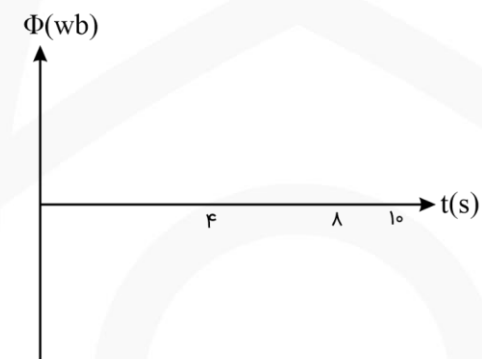
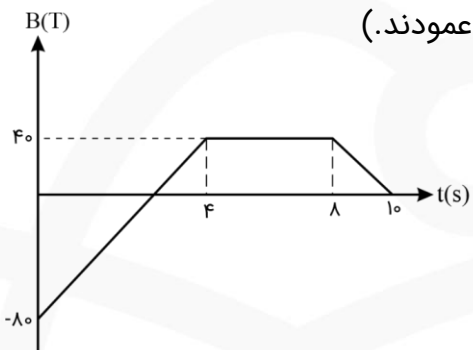
(۳) ۰/۳

(۴) ۰/۷۵

تمرین: نمودار مقابل، تغییرات میدان مغناطیسی برحسب زمان پیچه‌ای به مساحت 100cm^2 و تعداد حلقه‌های 200

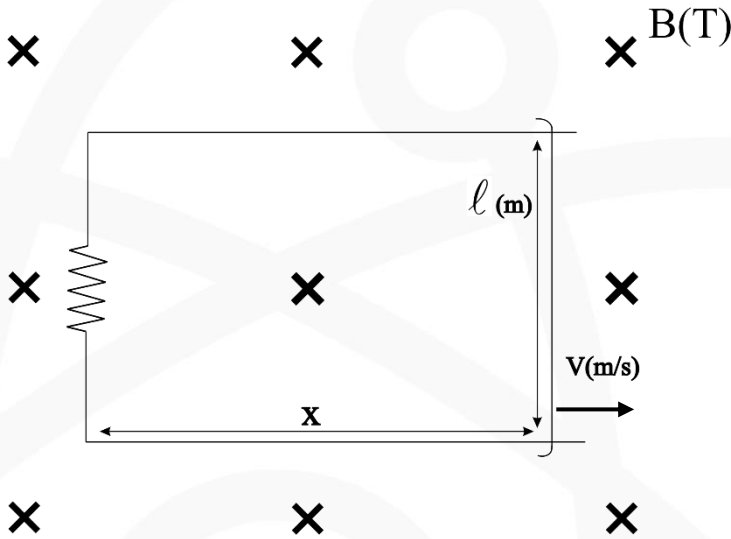
دور و مقاومت 40Ω را نشان می‌دهد. نمودارهای شار برحسب زمان - نیرو محرکه برحسب زمان و توان گرمایی

برحسب زمان را برای این پیه رسم نمایید. (خطوط میدان عبوری بر حلقه‌ها عمودند.)



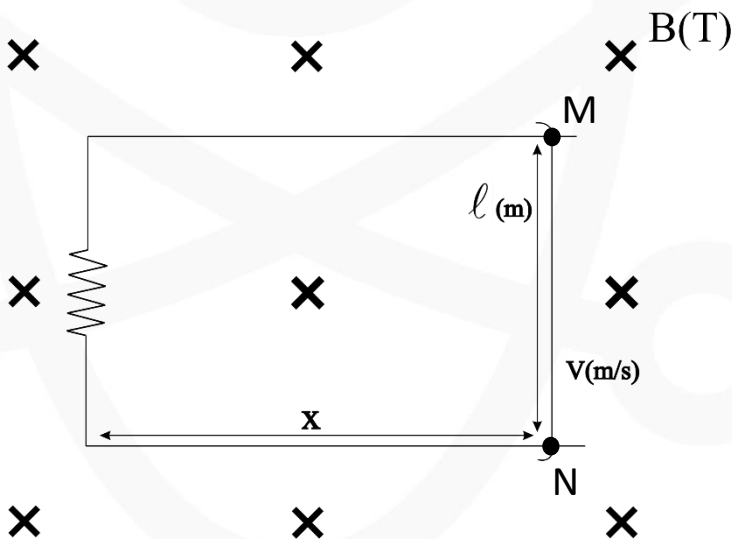
ج- تغییر مساحت:

معمولاً تغییر مساحت حلقه‌ی بسته به صورت مقابل انجام می‌شود:



$$|\varepsilon| = \frac{\Delta(AB \cos \theta)}{\Delta t} = B \cos \theta \frac{\Delta A}{\Delta t} = B \cos \theta \frac{\Delta(\ell x)}{\Delta t} = B \ell \cos \theta \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = BV \ell \cos \theta$$

طرح دو سوال مفهومی بسیار مهم:



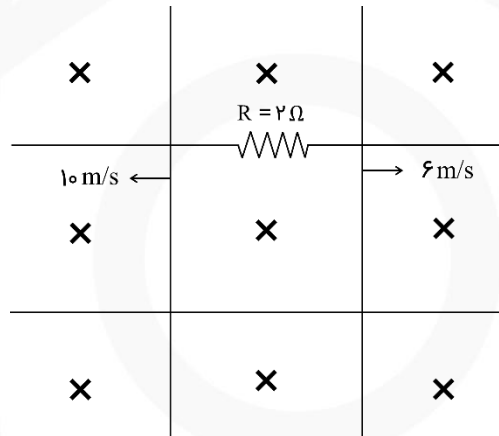
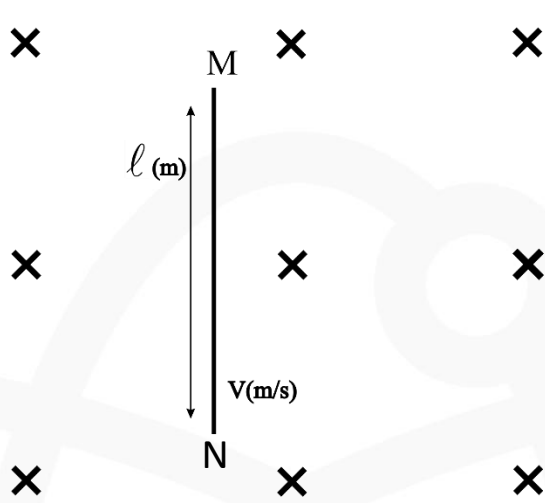
* در مدار مقابل اگر جهت جریان القایی به وجود آمده

مطابق شکل روبه‌رو باشد، پتانسیل نقطه‌ی M بیشتر

است یا N ؟

** اگر میله‌ای را مطابق شکل در میدان مغناطیسی حرکت دهیم $B(T)$

آیا بین نقاط M و N اختلاف پتانسیل به وجود می‌آید؟

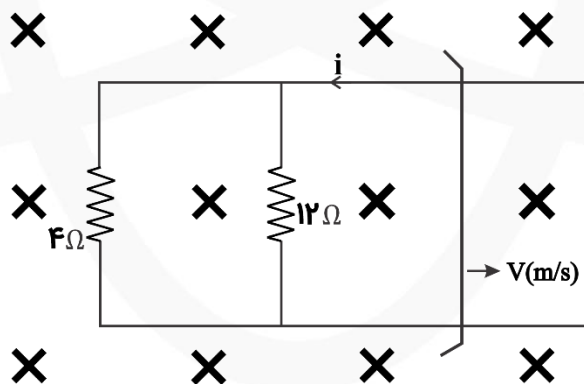


تمرین: در مدار مقابل دو سیم با طول‌های مساوی ۴ متر و مقاومت 1Ω

به صورت مقابل عمود بر میدان $0.5T$ در حرکتند مقدار و جهت جریان

عبوری مقاومت $R = 2\Omega$ را بیابید.

تست: در شکل مقابل سیمی به طول $2m$ با سرعت $6 \frac{m}{s}$ در میدان مغناطیسی به شدت $0.5T$ به صورت عمود بر



آن حرکت داده می‌شود. جریان i چند آمپر می‌باشد؟

۶ (۲)

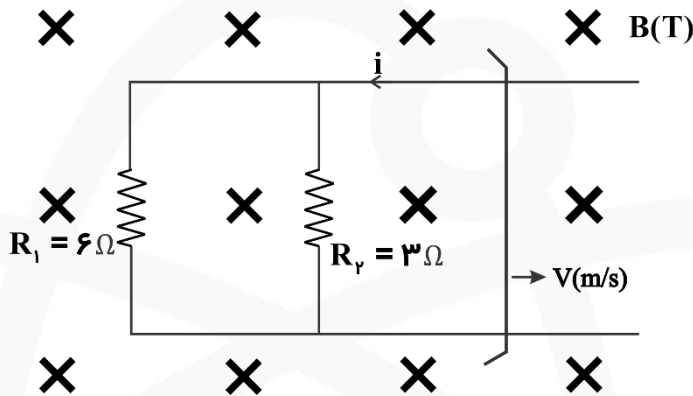
۱۲ (۱)

۲ (۴)

۳ (۳)

تست: در مدار مقابل مقاومت سیم متحرک ۱Ω و طول آن $۳m$ بوده و با سرعت $۱۲\frac{m}{s}$ در میدان مغناطیسی $۶T$

و عمود بر آن کشیده می‌شود. جریان عبوری مقاومت R_1 برحسب آمپر کدام است؟



۷۲ (۲)

۹۶ (۱)

۲۴ (۴)

۴۸ (۳)

تمرین: درست و یا غلط بودن جملات زیر را مشخص کنید.

(۱) هرگاه حلقه‌ی بسته‌ای در میدان مغناطیسی قرار گیرد، در آن جریان القایی به وجود می‌آید.

(۲) هرگاه حلقه‌ی بسته‌ای در میدان مغناطیسی حرکت کند، در آن جریان القایی به وجود می‌آید.

(۳) هرگاه تعداد خطوط میدان الکتریکی عبوری از حلقه‌ی بسته تغییر کند، در آن حلقه جریان القایی به وجود می‌آید.

(۴) هرگاه حلقه‌ای حول محوری که در مرکز بر صفحه‌ی آن عمود است دوران کند، در آن جریان القایی به وجود می‌آید.

(۵) هرگاه تعداد خطوط میدان مغناطیسی گذرنده از حلقه‌ی بسته‌ای تغییر کند، در آن حلقه‌ی بسته جریان القایی به وجود می‌آید.

نکته: از قانون القای فارادی در تندی سنج دوچرخه‌ها و کارت‌های اعتباری و دستگاه‌های کارت‌خوان و سامانه‌ی تنظیم حد تندی خودرو استفاده می‌شود.

قانون لenz (برای تشخیص جهت جریان)

همواره جهت جریان القایی در حلقه‌ی بسته به گونه‌ای است که با عامل تغییر شار در آن حلقه مخالفت می‌کند.

این بدان معنی است که اگر:

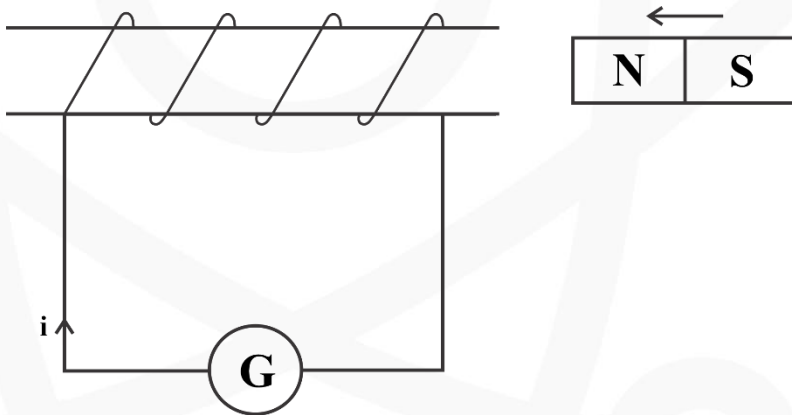
*

*

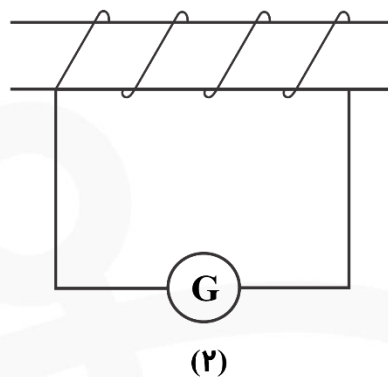
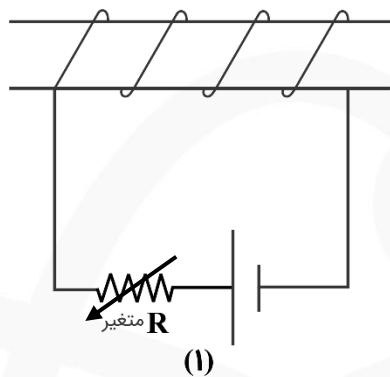
باتوجه به قانون لنز، قانون القای فارادی به صورت مقابل بازنویسی می‌شود:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

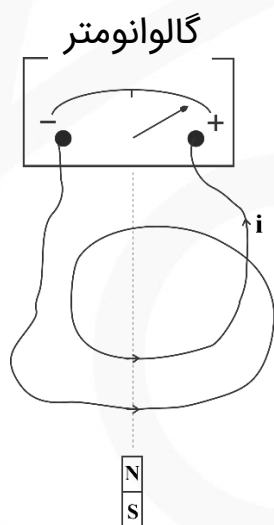
تمرین: در شکل مقابل آهنربا را به سیملوله نزدیک می‌کنیم، جهت جریان القایی در گالوانومتر چگونه است؟



تمرین: در مدار مقابل با افزایش مقامت R در سیملوله‌ی (۱) جهت القایی در گالوانومتر سیملوله (۲) را مشخص کنید.

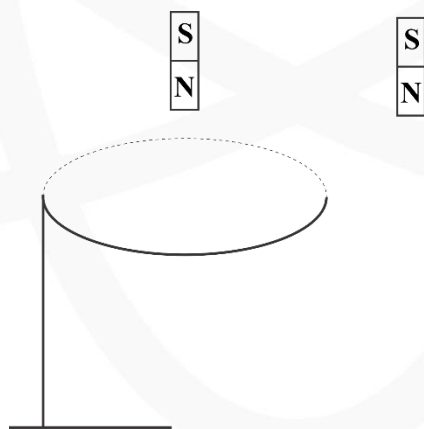


تمرین: باتوجه به جهت جریان، آهنربا به کدام طرف حرکت می‌کند؟

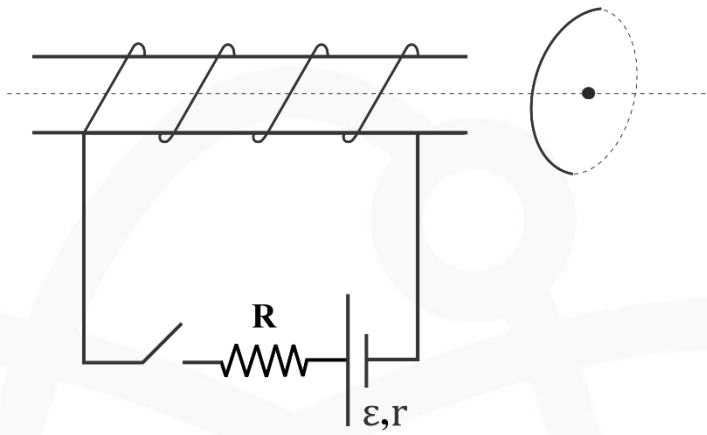


تمرین: دو آهنربای کاملاً مشابه را از بالای زمین رها می‌کنیم. به طوری که یکی از آن‌ها از داخل حلقه‌ای بگذرد.

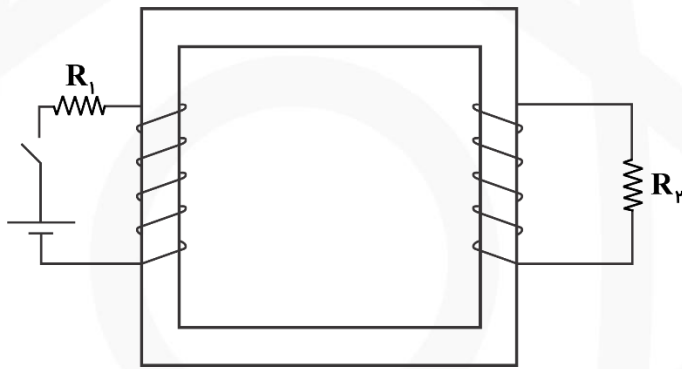
کدام آهنربا زودتر به زمین می‌رسد؟



تمرین: در شکل مقابل با بستن کلید در سیملوله، جهت جریان القایی در حلقه چگونه است؟

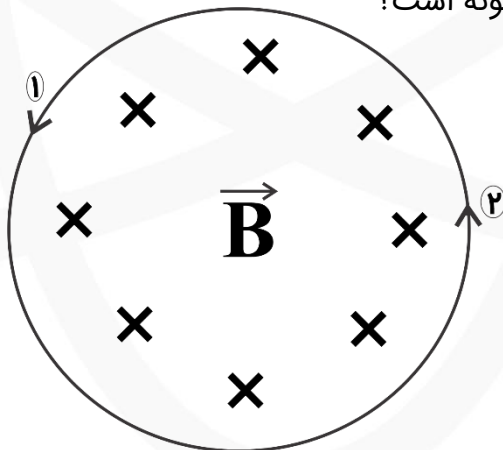


تمرین: در شکل مقابل در لحظه‌ی باز کردن کلید k جهت جریان در مقاومت R_p را بیابید.



تمرین: در شکل مقابل خطوط میدان مغناطیسی B در ابتدا درون سو می‌باشد. این خطوط رفته‌رفته کاهش یافته و

صفر شده و در نهایت برون سو می‌گردند. جهت جریان القایی در حلقه چگونه است؟



(۲) همواره (۲)

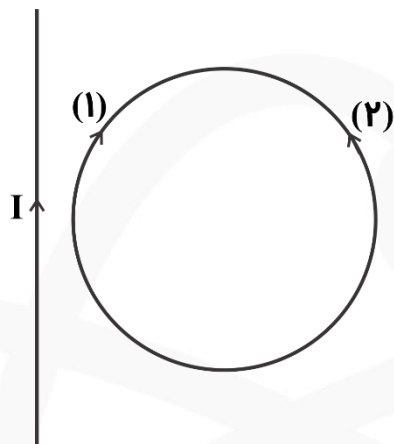
(۱) همواره (۱)

(۴) ابتدا (۲) سپس (۱)

(۳) ابتدا (۱) سپس (۲)

تست: در شکل مقابل جهت جریان سیم راست چه تغییری می‌کند تا جریان در حلقه ابتدا در جهت (۱) و سپس در

جهت (۲) ایجاد گردد.



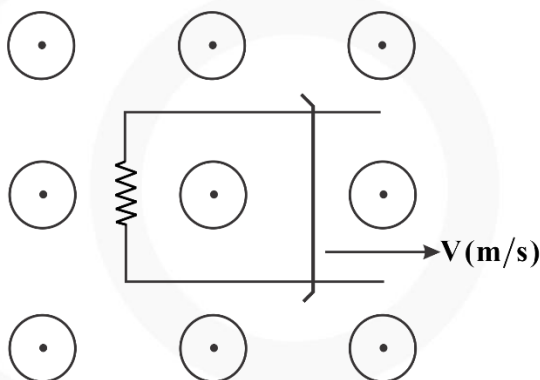
(۱) کاهش، افزایش

(۲) کاهش، کاهش

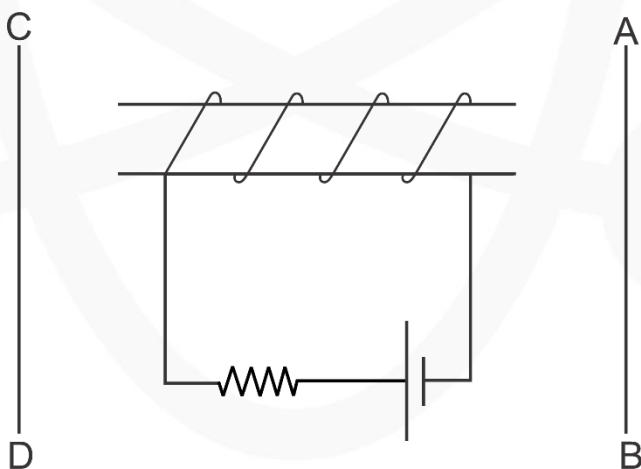
(۳) افزایش، افزایش

(۴) افزایش، کاهش

تمرین: در شکل مقابل با حرکت دادن میله به طرف راست جهت جریان القایی در مقاومت را مشخص کنید.



تست: میله‌های AB و CD را به موازات صفحه، از صفحه بیرون می‌آوریم. جریان در آن‌ها به ترتیب چگونه است؟



(۱) A به B - C به D

(۲) B به A - C به D

(۳) A به B - D به C

(۴) B به A - D به C

تست: یک حلقه‌ی مسی با سرعت ثابت از موقعیت (۱) تا موقعیت (۳) از یک میدان مغناطیسی یکنواخت مطابق

شکل مقابل عبور می‌کند. اگر جریان القا شده در حلقه در موقعیت (۱) تا (۳) به ترتیب I_1 ، I_2 ، I_3 باشد، کدامیک

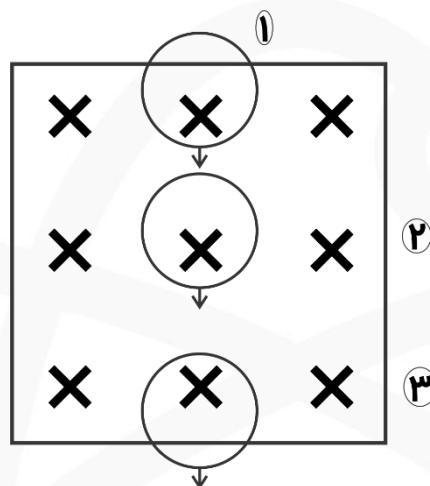
از موارد زیر درست است؟

(۱) $I_3, I_2 = 0$ ساعت‌گرد

(۲) $I_1, I_2 = 0$ ساعت‌گرد

(۳) I_1 ساعت‌گرد و I_3 ساعت‌گرد

(۴) I_1 ساعت‌گرد و I_3 پادساعت‌گرد

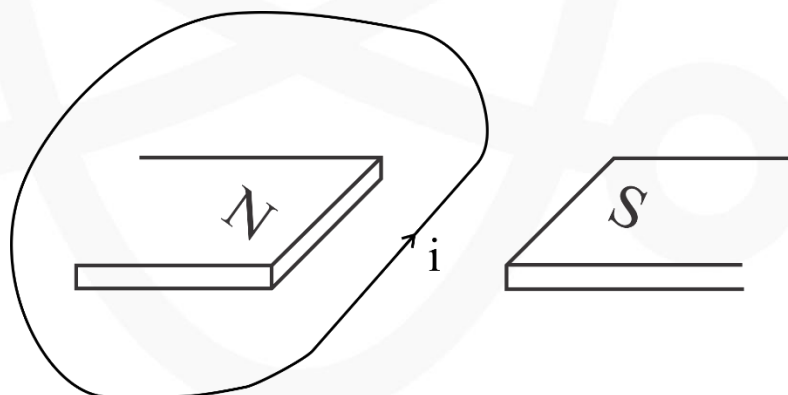


اثر دیامغناطیس

چرخش الکترون به دور هسته را می‌توان حلقه‌ای کوچک دانست که با وجود به میدان مغناطیسی و افزایش شار میدانی در خلاف میدان خارجی به وجود می‌آید. به این خاصیت اثر دیامغناطیس گویند. این پدیده در بیسموت، جیوه، نقره، سرب، مس و کربن (الماس) که فاقد دوقطبی مغناطیسی می‌باشند بیشتر نمایان می‌شود.

تست: در شکل مقابل سیم راست را در فضای بین دو قطب آهنربا به کدام طرف حرکت دهیم تا جریانی مطابق

شکل در آن به وجود آید؟



(۱) چپ (۲) راست

(۳) بالا (۴) پایین

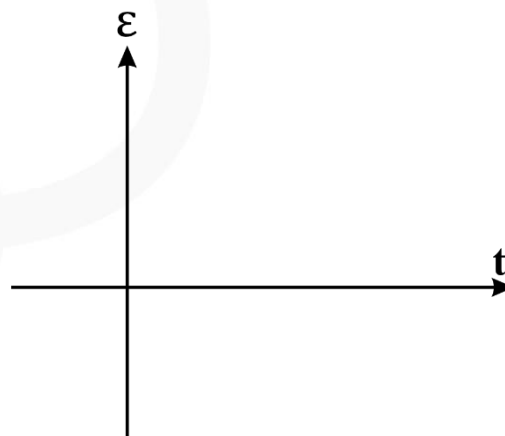
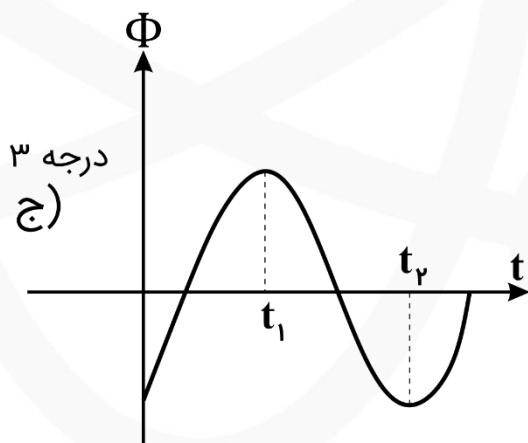
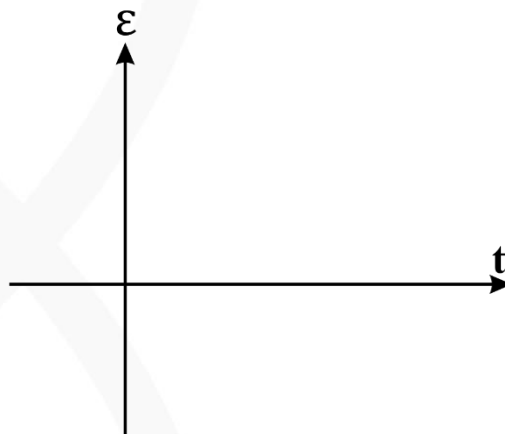
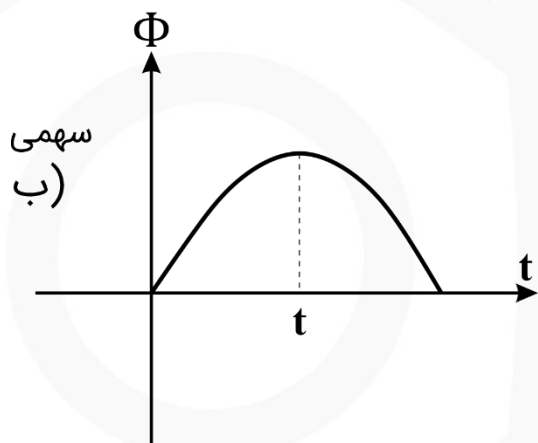
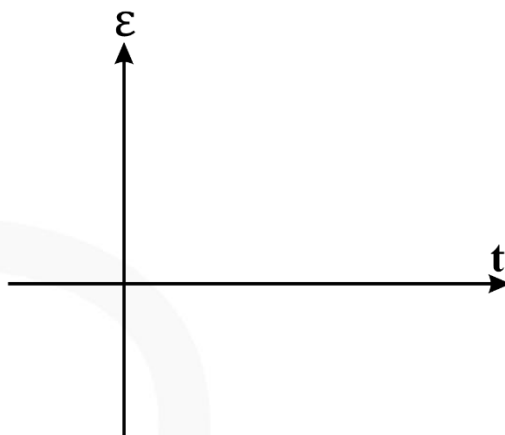
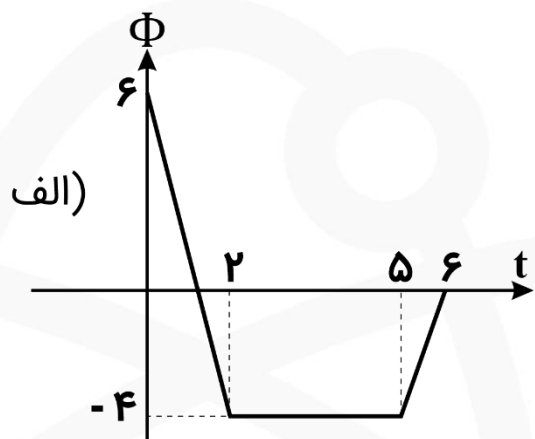
نکته‌ی بسیار مهم:

باتوجه به رابطه‌ی $\varepsilon = -\frac{d\varphi}{dt}$ به دو نکته‌ی ریز می‌رسیم:

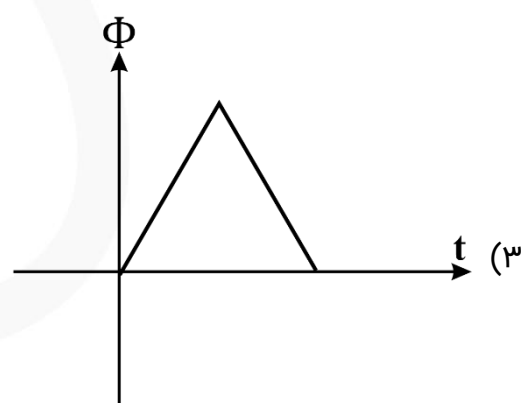
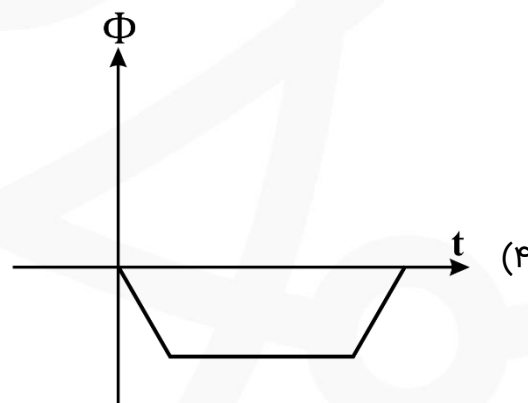
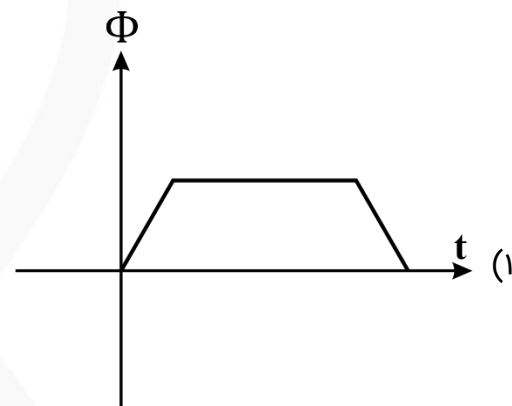
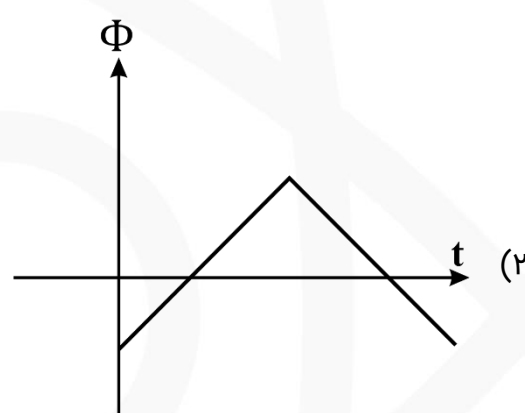
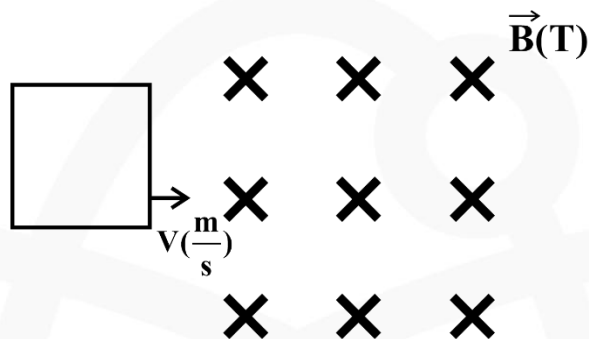
(۱) قرینه‌ی شیب نمودار « $\varphi - t$ » برابر با نیروی محرکه‌ی لحظه‌ای است.

(۲) قرینه‌ی مساحت زیر نمودار « $\varepsilon - t$ » برابر با تغییرات شار عبوری است.

تمرین: با توجه به نمودارهای $\phi - t$ زیر که مربوط به شار عبوری از پیچه‌ای می‌باشد، نمودار نیرو محرکه را برحسب زمان، برای آن پیچه رسم کنید.



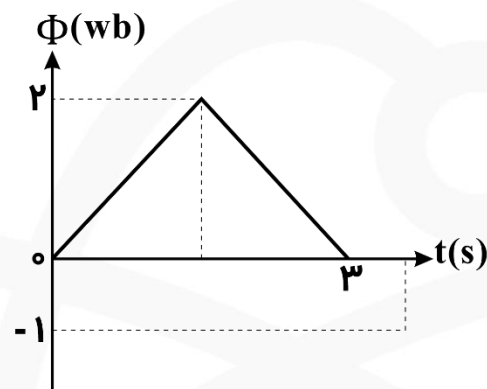
تست: مطابق شکل مقابل حلقه‌ی مستطیلی شکلی را با سرعت ثابت حرکت داده تا وارد میدان مغناطیسی
 یکنواخت شده و از آن خارج شود و نمودار تغییرات شار بر حسب زمان کدام نمی‌تواند باشد؟ (لحظه‌ی صفر را لحظه‌ی
 ورود حلقه به میدان در نظر بگیرید.)



تست: نمودار تغییرات شار مغناطیسی برحسب زمان که نزدیک یک حلقه‌ی فلزی به مقاومت الکتریکی 10Ω می-

گذرد، به صورت شکل مقابل است. جراین الکتریکی متوسط القا شده در حلقه‌ی از رابطه‌ی $t = 1s$ تا $t = 3s$ چند

آمپر است؟



$$\frac{1}{20} \text{ (۲)}$$

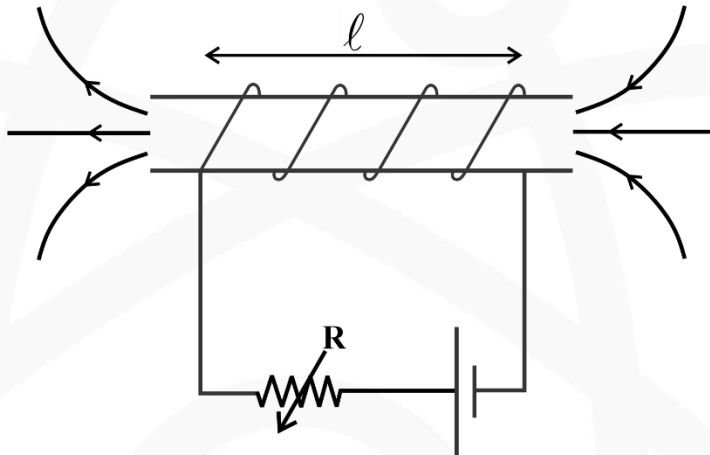
(۱) صفر

$$\frac{3}{20} \text{ (۴)}$$

$$\frac{1}{10} \text{ (۳)}$$

خود القا، القاگر

در سیملوله‌ی مقابل، قبل از تغییر مقاومت جریان ثابتی در مدار برقرار می‌باشد که باعث تولید یک میدان مغناطیسی ثابت درون سیملوله می‌گردد و این میدان مغناطیسی که تقریباً یکنواخت می‌باشد از رابطه‌ی مقابل بدست می‌آید:



$$B = \frac{\mu_0 N i}{l}$$

شار کل عبوری از حلقه‌های این سیملوله برابر است با:

$$\begin{aligned} \phi_{\text{یک حلقه}} &= AB \cos \theta = AB \\ \phi_{\text{کل}} &= N \phi_{\text{یک حلقه}} \end{aligned}$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \phi_{\text{یک حلقه}}}{\Delta t} = \frac{-\mu_0 N^2 A}{l} \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

با تغییر مقاومت و تغییر جریان عبوری از سیملوله، شار عبوری از سیملوله تغییر می‌کند و سیملوله طبق قانون لنز با این تغییر جریان مخالفت می‌کند و نیرو محرکه‌ای در القاگر به وجود می‌آید.

به این اثر «خود - القاوری» یا (خودالقایی) گویند.

$$\varepsilon = \frac{-\mu_0 N^2 A}{l} \left(\frac{\Delta I}{\Delta t} \right) = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ضریب القاوری: ویژگی‌های فیزیکی هر القاگر، توسط ضریب القاوری تعیین می‌شود و با «L» نشان داده می‌شود.

$$(H \text{ هانری}) L = \frac{\mu N^2 A}{\ell}$$

نکاتی راجع به ضریب خودالقایی (القوری):

(۱) واحد ضریب القوری «اهم . ثانیه» یا «هانری» می باشد.

(۲) هرچه ضریب القوری بیشتر باشد مخالفت با تغییر جریان بیشتر می شود.

(۳) اگر چیزی به درون سیملوله بچسبانیم ضریب القوری به صورت زیر نوشته می شود:

$$L = \frac{k\mu_0 N^2 A}{\ell}$$

(۴) اگر القوری را باز کرده و مجدداً با شعاع دیگری و در همان طول القاگر پیچیم، ضریب القوری است.

تست: سیملوله ای به ضریب القوری L را باز کرده و مجدداً با شعاع $\frac{1}{3}$ شعاع قبلی می پیچیم. اگر طول سیملوله

ثابت بماند. ضریب القوری سیملوله جدید کدام است؟

۸۱L (۴)

۹L (۳)

۳L (۲)

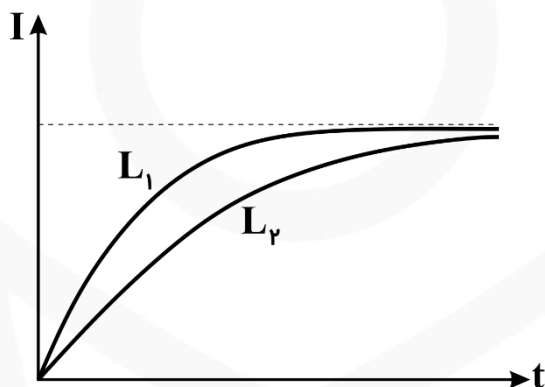
L (۱)

نکته: اوه، اوه، اوه...

القاگر با عبور جریان مخالفت نمی‌کند بلکه با تغییر جریان عبوری مخالفت می‌کند و هرچه نیروی محرکه‌ی القا‌یی بیشتر باشد...

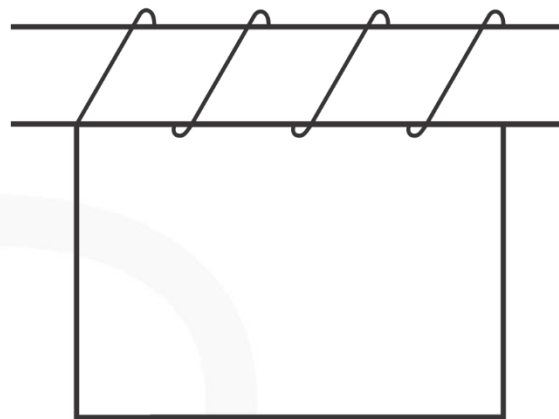
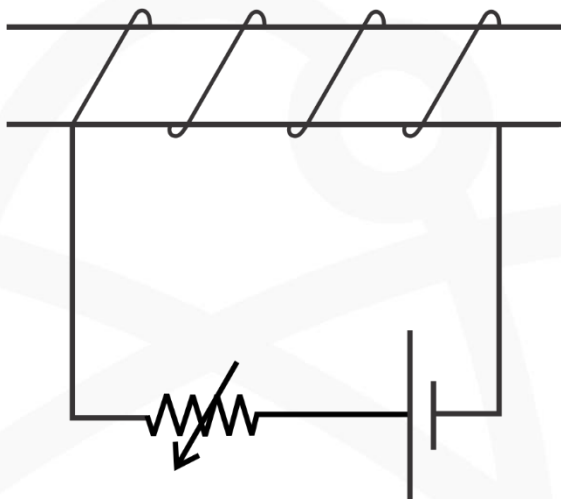
نکته: القاگرها با تغییرات سریع جریان در مدار مخالفت می‌کنند به طور مثال در لامپ فلوئورسان (مهتابی) جریان، با عبور از گاز رقیق و یونیده کردن، گاز را به پلاسما تبدیل کرده و چون یک رسانای غیراهمی است با افزایش یونیده شدن مقاومت آن کمتر شده و جریان افزایش می‌یابد. استفاده از القاگر مانع از افزایش زیاد جریان می‌شود. (به این القاگرها ترانس می‌گویند)

تمرین: نمودار جریان عبوری از دو القاگر بصورت مقابل می‌باشد. اگر زمان تغییر جریان برای هر دو یکسان باشد، ضریب خودالقای آن‌ها را باهم مقایسه نمایید.



القای متقابل: تغییرات جریان در سیملوله‌ی (۱)، جریانی در پیچ‌ه‌ی (۲) القا کرده و این تغییر جریان در پیچ‌ه (۲)

نیز جریانی را در پیچ‌ه‌ی (۱) القا می‌کند. به این ترتیب انرژی از یک پیچ‌ه به دیگری منتقل می‌شود.



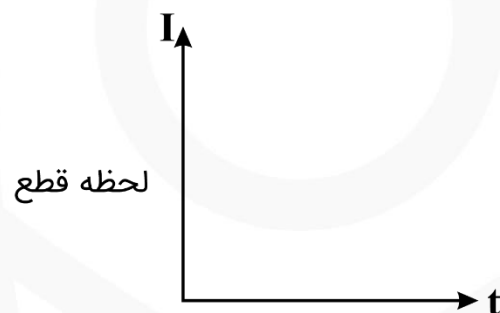
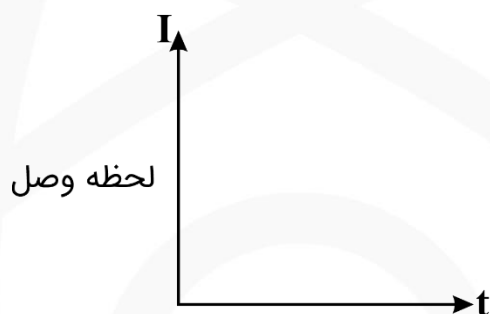
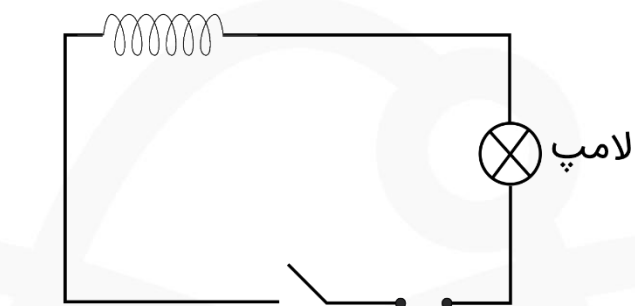
تمرین: جریان عبوری از القاگری به ضریب القاوری L به صورت $I = t^3 - 2t$ است. اگر نیروی محرکه‌ی متوسط

القاوری بین زمان‌های $t = 2s$ و $t = 3s$ برابر $3/4V$ باشد، ضریب القاوری چند هانری است؟

تمرین: در هنگامی که جریان عبوری از سیملوله‌ای از $4A$ به $9A$ می‌رسد. شار عبوری از آن از $6wb$ به

$8wb$ می‌رسد. اگر تعداد دورهای سیملوله 400 دور باشد ضریب القاوری چند هانری است؟

تمرین: مطابق شکل، القاگری در مداری به صورت متوالی بایک لامپ بسته شده است. نمودار جریان عبوری از لامپ (نور لامپ) را برحسب زمان در زمان‌های وصل و قطع کلید رسم نمایید.



در برخی موارد القای متقابل اثرات مزاحمی دارد، در این مواقع سیملوله‌ها را عمود بر هم در مدار استفاده می‌کنند. در برخی موارد هم القای متقابل بسیار سودمند است. به طور مثال در شمع خودرو، انرژی لازم برای جرقه زدن، از انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی پیچ‌های احتراق تأمین می‌شود.

انرژی القاگر:

به هنگام افزایش جریان عبوری از القاگر، انرژی الکتریکی به صورت انرژی مغناطیسی در آن ذخیره می‌شود که این مقدار انرژی به هنگام کاهش جریان مصرف می‌شود. انرژی ذخیره شده در القاگر از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$U = \frac{1}{2} L \bar{I}^2$$

تست: در سیملوله‌ای به ضریب القاوری $L = 0.2 \text{ H}$ جریان از 5 A به 6 A افزایش می‌یابد. در اثر این افزایش جریان چه مقدار انرژی در سیملوله ذخیره می‌شود؟

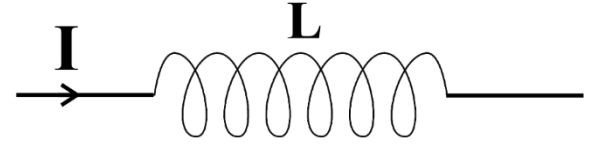
۳/۶ (۱)

۰/۱ (۲)

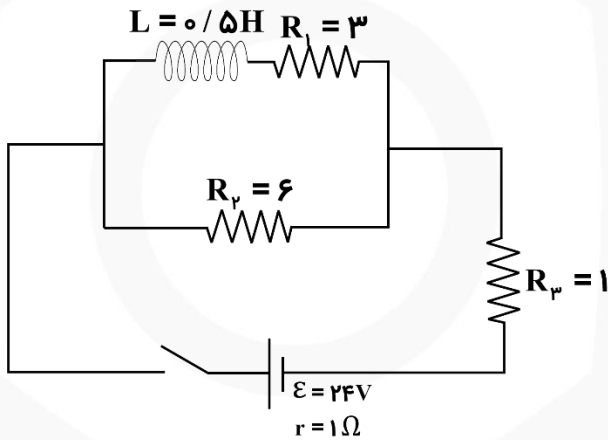
۱/۱ (۳)

۰/۲ (۴)

مقایسه‌ی مقاومت و القاگر



در مقاومت، چه جریان پایا و چه جریان متغیر داشته باشیم، انرژی به صورت گرمایی تلف می‌شود. اما در القاگر فقط به هنگام افزایش جریان انرژی به صورت میدان مغناطیسی در آن ذخیره می‌شود که در هنگام کاهش جریان این انرژی آزاد می‌شود.



تمرین: در تمامی مقاومت‌های مدار مقابل، جریان را در لحظه‌ی وصل کلید و پس از چند لحظه از وصل کلید بیابید. انرژی القاگر را نیز در این دو زمان محاسبه نمایید.

انرژی القاگر	I_{R_3}	I_{R_2}	I_{R_1}	
				در لحظه‌ی وصل کلید
				لحظاتی پس از وصل کلید

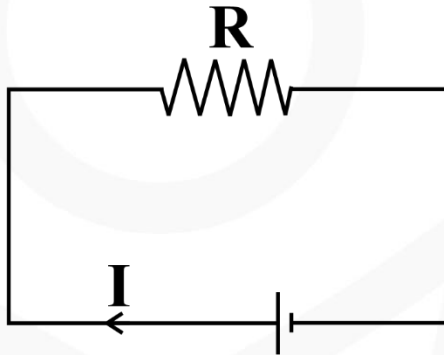
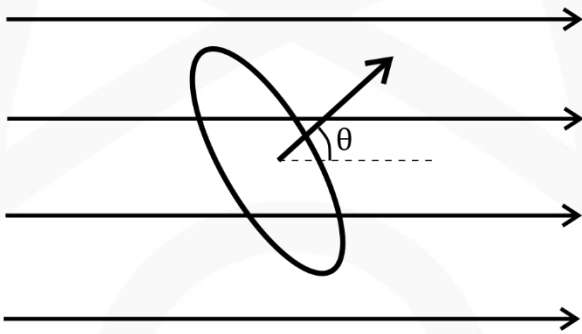
جریان متناوب

هرگاه یک سطح بسته، در میدان مغناطیسی با سرعت زاویه‌ای ω دوران کند به طوری که سطح، در لحظاتی بر خطوط میدان عمود و در لحظاتی نیز موازی آن گردد، شار عبوری از سطح بسته پیوسته با زمان تغییر می‌کند. با فرض اینکه N تعداد حلقه‌ها، A مساحت هر حلقه و B شدت میدان مغناطیس و θ زاویه‌ی هر لحظه نیم‌خط عمود بر سطح با خطوط میدان مغناطیسی باشد می‌توان رابطه‌ی شار عبوری از کل حلقه‌ها را برحسب زمان به صورت زیر

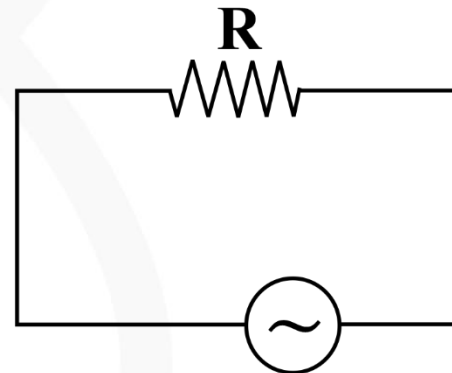
نوشت:

$$\Phi = AB \cos \theta$$

$$\theta = \omega t \Rightarrow \Phi = AB \cos \omega t$$



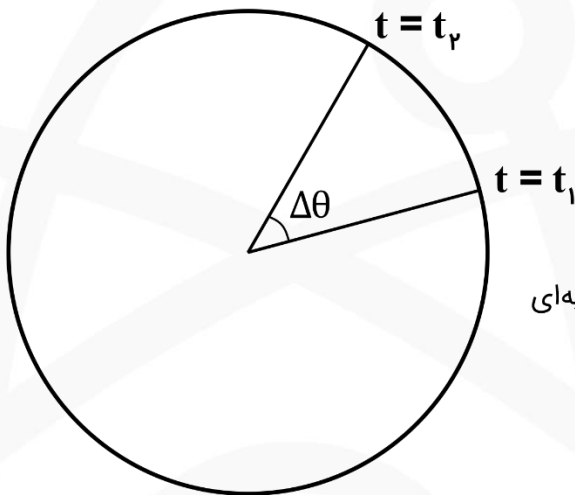
مدار ساده جریان مستقیم که جهت آن با گذشت زمان تغییر نمی‌کند



مدار ساده جریان متناوب که در آن ولتاژ و جریان با گذشت زمان به طور سینوسی تغییر می‌کنند.

یادآوری

سرعت زاویه‌ای: در حرکت دایره‌ای یکنواخت، نسبت تغییرات زاویه به زمان تغییرات سرعت زاویه‌ای نام دارد و آن را با ω نشان می‌دهند.



$$\omega = \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) = \frac{\Delta\theta (\text{rad})}{\Delta t (\text{s})}$$

سرعت زاویه‌ای

که باتوجه به تعارف دورهی متناوب (T) و فرکانس (f) می‌توان سرعت زاویه‌ای را به صورت زیر نیز بازنویسی کرد.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

هرگاه متحرک در لحظه‌ی شروع حرکت در زاویه‌ی صفر (فاز صفر) باشد، زاویه‌ای آن در هر لحظه از رابطه‌ی زیر

$$\theta = \omega t$$

بدست می‌آید:

بنابراین اگر فرض کنیم حلقه در ابتدا عمود بر خطوط میدان باشد، یعنی زاویه‌ی اولیه‌ی آن صفر باشد زاویه‌ی هر

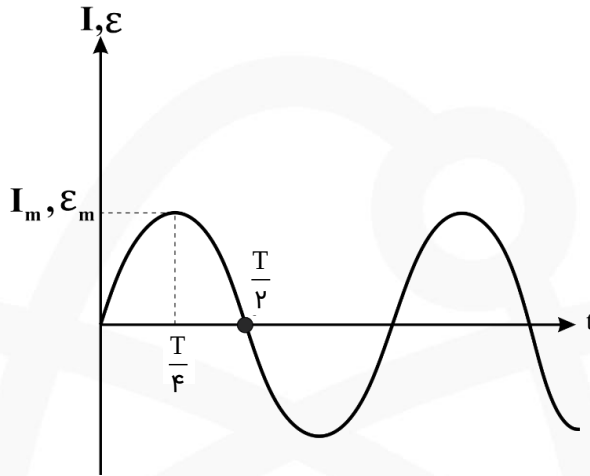
لحظه‌ی نیم‌خط عمود بر سطح با خطوط میدان برابر ωt است. در این صورت شار در هر لحظه از رابطه‌ی زیر

بدست می‌آید:

$$\varphi = AB \cos \omega t$$

با داشتن رابطه‌ی شار عبوری در هر لحظه به راحتی می‌توان نیروی محرکه‌ی القایی لحظه‌ای و جریان القایی در هر

لحظه را محاسبه نمود:



$$\varepsilon = NAB\omega \sin \omega t = \varepsilon_{\max} \sin \omega t$$

$$I = \frac{NAB\omega}{R} \sin \omega t = I_{\max} \sin \omega t$$

*** نکات ویژه:**

(۱) معادله‌ی شار عبوری از حلقه، کسینوسی و معادله‌ی نیروی محرکه و جریان به صورت سینوسی می‌باشد، این بدان معنی است که:

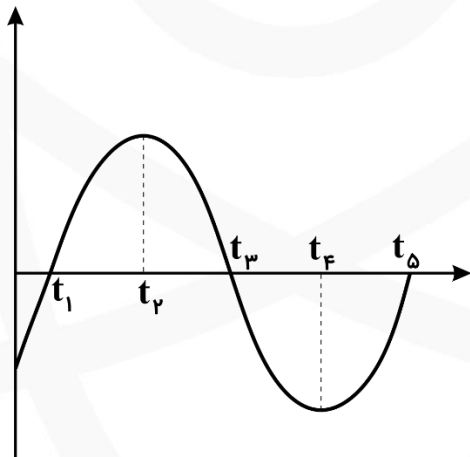
(۲) با استفاده از معادلات شار و نیروی محرکه می‌توان رابطه‌ی بسیار جالب زیر بدست آورد:

(۳) اعداد طلایی و خاص:

(۴) باتوجه به رابطه‌های فوق رابطه‌های زیر بین شار و نیروی محرکه و جریان بیشینه برقرار می‌باشد:

تست: نمودار مقابل، مربوط به تغییرات جریان القایی در یک پیچ‌های جریان متناوب است. در کدام لحظات سطح

حلقه موازی خطوط میان است؟



(۲) t_2 و t_4

(۱) صفر و t_5

(۴) فقط t_3

(۳) t_1 و t_3 و t_5

تست: معادله‌ی شار عبوری از یک حلقه‌ی پیچ‌ی مولد جریان متناوبی به صورت $\phi = 4 \cos\left(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{6}\right)$ است. اگر

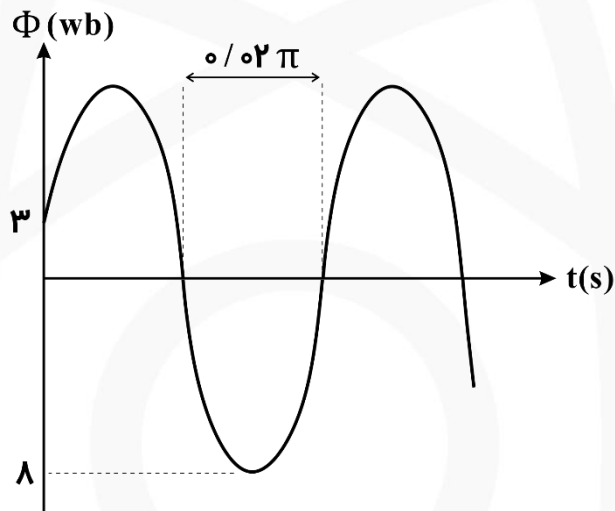
مقاومت این پیچه 5Ω و تعداد حلقه‌ها ۲۰۰ حلقه باشد، شدت جریان القایی بیشینه چند آمپر است؟

(۱) $\frac{\pi}{5}$

(۲) π

(۳) 20π

(۴) 40π



تمرین: نمودار مقابل، مربوط به تغییرات شار عبوری برحسب

زمان از یک پیچه‌ی مولد جریان متناوب است. در لحظه‌ای که

اندازه‌ی شار عبوری از پیچه برابر $4\sqrt{3}$ وبر است. نیرو محرکه‌ی

القایی چند ولت است؟

تست: نیروی محرکه‌ی القایی تولیدی در یک پیچه‌ی مولد جریان متناوب، با رابطه‌ی $\varepsilon = 5\pi \sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$

تغییر می‌کند. در صورتی که تعداد حلقه‌های این پیچه ۵۰۰ دور و مساحت هر حلقه 20cm^2 باشد، شدت میدان

مغناطیسی در SI چند است؟

(۱) ۲۰

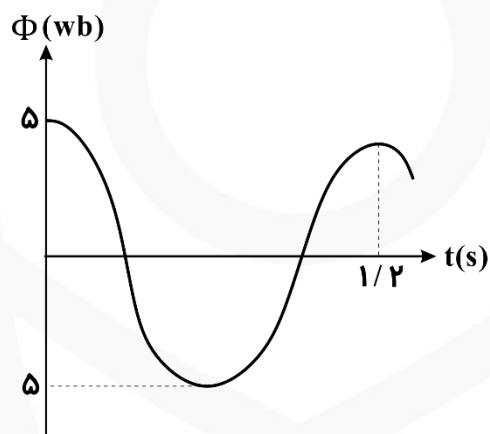
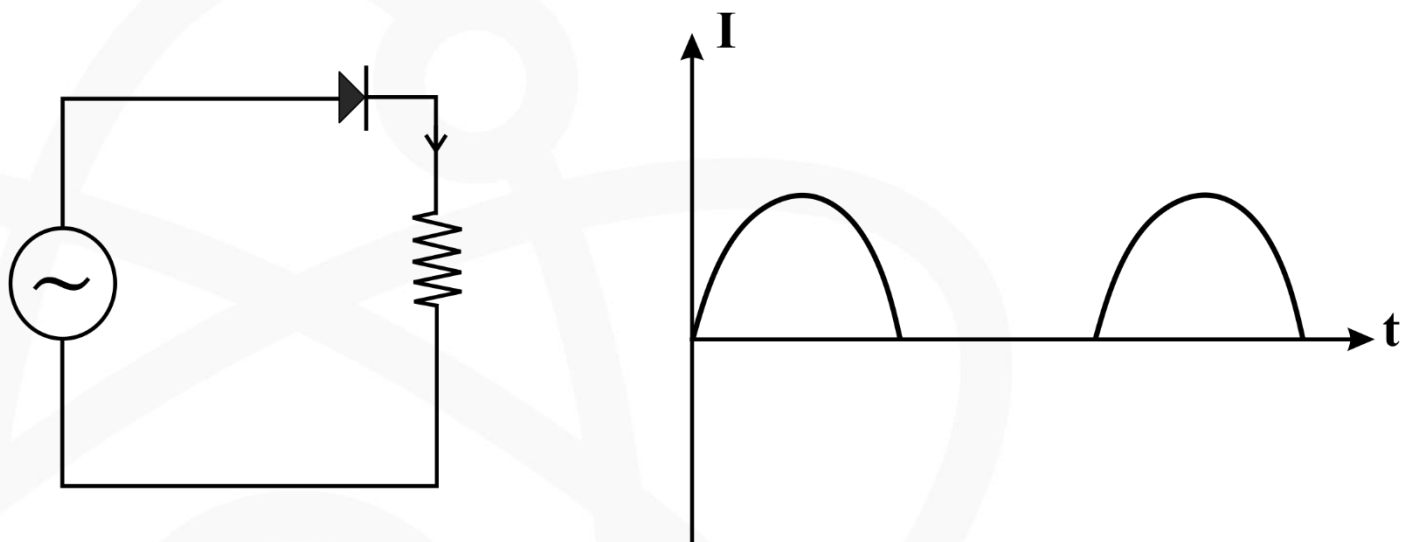
(۲) 0.8

(۳) $1/25$

(۴) ۲۰۰۰۰

دیود: وسیله‌ای است که در مدار استفاده شده و جریان را فقط از یک سو از خود عبور میدهد و آن را با نماد نشان

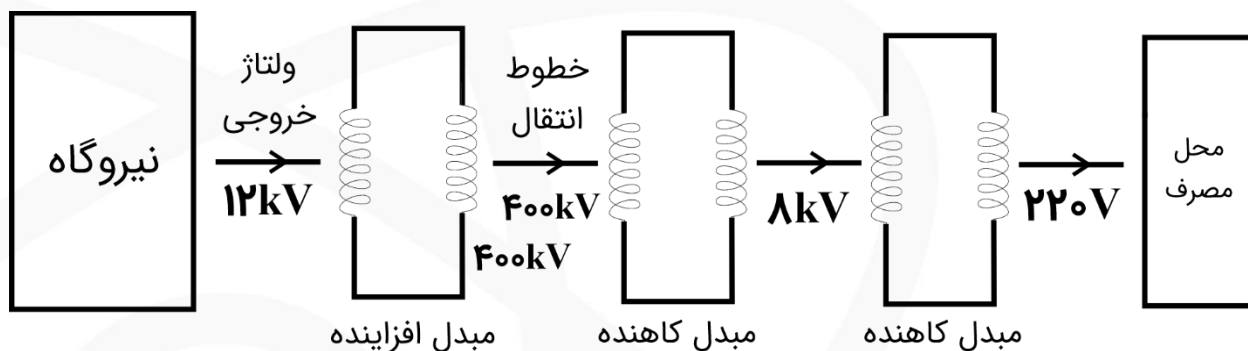
می‌دهند. نمودار جریان برحسب زمان مداری که دارای مولد متناوب و دیود می‌باشد به صورت زیر است.



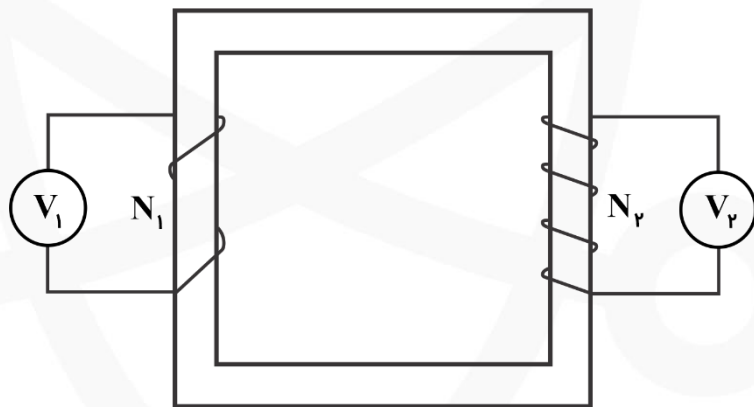
تمرین: نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک پیچه‌ی مولد جریان متناوب به صورت مقابل است. اگر مقاومت این پیچه برابر 40Ω باشد، در لحظه‌ی $t = 4\text{s}$ اندازه جریان القایی در این پیچه چند آمپر است؟

مبدل

یکی از مزیت‌های مهم توزیع توان AC بر DC آن است که افزایش و کاهش ولتاژ آن بسیار آسان است. «برای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور، باید از ولتاژهای بالا و جریان کم استفاده شود». این کار هم کاهش تلفات و هم ارکان استفاده از سیم‌های نازک‌تر را به همراه دارد.



مبدل شامل دو سیم‌لوله با دوره‌های متفاوت که دور یک هسته‌ی آهنی (فرومغناطیس نرم) پیچیده شده‌اند، می‌باشند. برای مبدل آرمانی که مقاومت پیچ‌های آن ناچیز است داریم:



$$\frac{V_r}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

تست: در محل یک نیروگاه برق ، ولتاژ $10000V$ توسط مبدل A به $400000V$ تبدیل می‌شود و پس از انتقال به یک

شهر، توسط مبدل B این ولتاژ به $5000V$ تبدیل می‌شود. اگر نسبت تعداد دور سیملوله ثانویه به اولیه در مبدل A

برابر k_A و در مبدل B برابر k_B باشد، $\frac{k_A}{k_B}$ کدام است؟

۳۲۰۰ (۴)

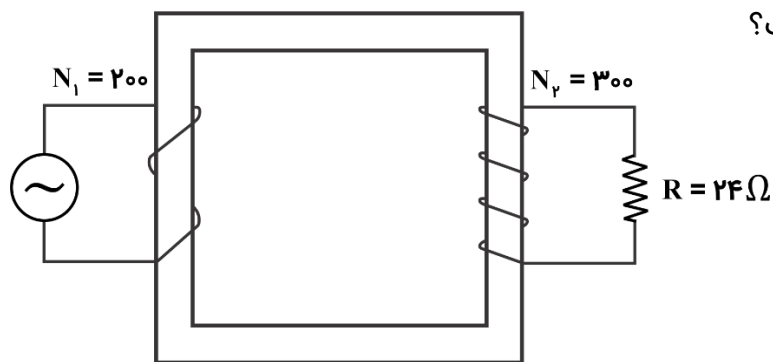
۱۲۰۰ (۳)

۸۰۰ (۲)

۲۰ (۱)

تست: در مدار شکل مقابل، ولتاژ دو سر مولد متناوب برحسب زمان در SI به شکل $V = 24 \sin 60\pi t$ است.

بیشینه‌ی جریان عبوری از مقاومت R چند آمپر است؟



۱ (۲)

۱/۵ (۱)

۳۶ (۴)

۲۴ (۳)

نکته: اگر از اتلاف انرژی درون مبدل چشم‌پوشی کنیم، در این صورت توان اولیه و ثانویه باهم برابر است و می‌توان

نتیجه گرفت:

$$P_1 = P_2 \Rightarrow V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$\Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2}$$