

# کارنامه خرد

## جزوه فیزیک پایه یازدهم

استاد مهدی باباخانی





# الکتریسیته ساکن

مهندس مهدی باباخانی

سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴

کارنامه خرد

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

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



## دستورالعمل استفاده از کلاسها و جزوات

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

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



پی دی اف پاسخنامه ها در :

<https://karnamehkherad.com/homeworks>



### الکتریسته ساکن

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

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

### بار الکتریکی چیست و از کجا بوجود می‌آید

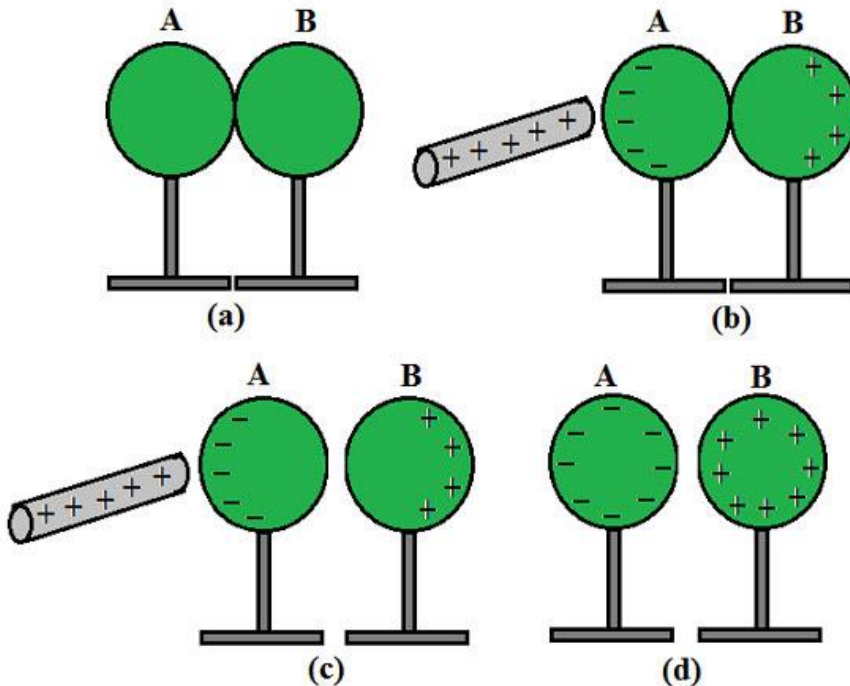
بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود و فقط از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. به این اصل، پایستگی بار الکتریکی گفته می‌شود.

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

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

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

**روش القا:** وقتی دو گوی خنثی را کنار هم بگذاریم و یک میله باردار (مثلاً بار مثبت) را با فاصله سمت یکی از گوی‌ها می‌گیریم سپس گوی‌ها را از هم دور می‌کنیم.





### نکته در مورد مالش

نوع باری که دو جسم مختلف بر اثر مالش پیدا میکنند، به جنس آنها بستگی دارد هنگام مالش دو جسم به یکدیگر برای آنکه متوجه شوم کدام یک دارای بار مثبت و کدام یک دارای بار منفی هستند باید به جدول (تریبو الکتریک) نگاه کنیم هر کدام از دو ماده که در جدول بالاتر از دیگری باشد دارای بار مثبت می شود و هر کدام که پایین تر باشد دارای بار منفی می شود.

مثلاً هنگامی که شیشه را با موی گربه مالش می دهیم در این صورت شیشه دارای بار مثبت و موی گربه دارای بار منفی می شود اما اگر همان شیشه را با موی انسان مالش دهیم اینبار موی انسان دارای بار مثبت و شیشه دارای بار منفی شود.

### انتهای مثبت سری

۱- موی انسان

۲- شیشه

۳- نایلون

۴- پشم

۵- موی گربه

۶- سرب

۷- ابریشم

۸- آلومینیوم

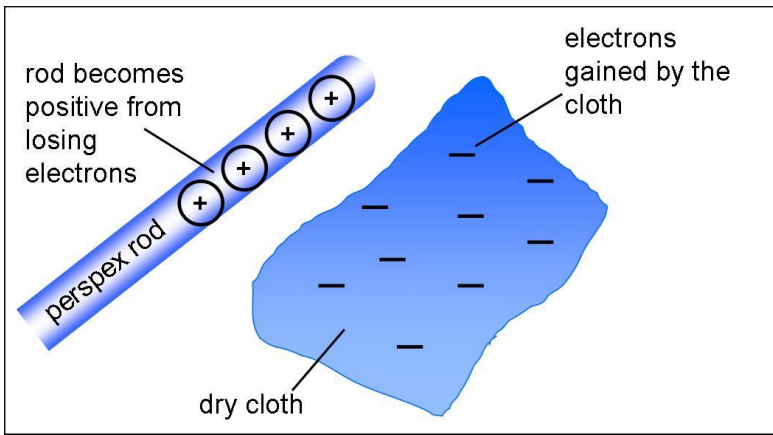
و ...

### انتهای منفی سری

### مثال:

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

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



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

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

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

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



تعریف بار برهم خوردن تساوی تعداد الکترونها و پروتونها

مالش  
تماس  
القا

روشهای باردار کردن اجسام

بار الکتریکی

شیشه و ابریشم ← شیشه + و ابریشم -

نوع بار در مالش

پلاستیک و پشم ← پلاستیک - و پشم +

$$q = \pm ne$$

مقدار بار



**تست:** یک خط کش پلاستیکی را با موی انسان مالش می دهیم به طوریکه در هر سانتی متر از این خط کش ۸

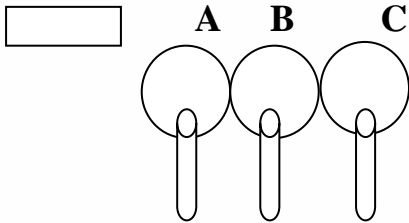
سانتیمتری تعداد  $10^{10}$  الکترون جا به جا می شود، بار الکتریکی خط کش چند کولن می شود؟

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

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

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

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



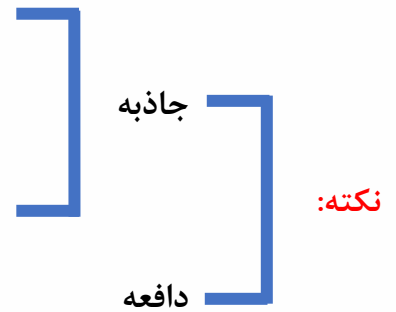
**تست:** سه جسم A, B, C را دو به دو به هم نزدیک می کنیم، وقتی A را به B نزدیک می کنیم همدیگر را با

نیروی الکتریکی جذب می کنند، و اگر B و C را به هم نزدیک کنیم همدیگر را دفع می کنند، کدام یک از گزینه

ها می تواند صحیح باشد؟

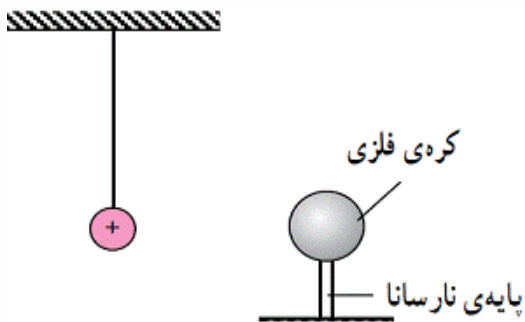
(۱) A و C بار همنام و هم اندازه دارند.      (۲) B و C بار غیرهمنام دارند.

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





**تست:** یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بار داری نزدیک می‌کنیم. کدام گزینه صحیح‌تر است؟



- (۱) آونگ جذب کره می‌شود و به آن می‌چسبید.
- (۲) به علت خنثی بودن کره، آونگ تکان نمی‌خورد.
- (۳) آونگ ابتدا جذب کره شده سپس از آن دور می‌شود.
- (۴) آونگ از کره با نیروی دافعه دور می‌شود.

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

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

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

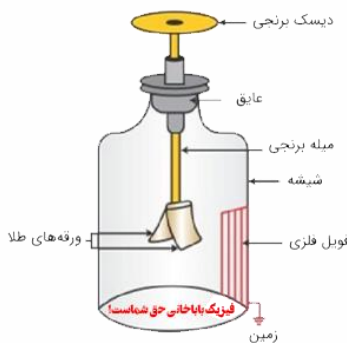
- (۱) صفر - صفر      (۲) صفر -  $3.2 \times 10^{-19}$       (۳)  $3.2 \times 10^{-19} - 9.6 \times 10^{-19}$       (۴) هیچکدام





## الکتروسکوپ

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



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

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

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

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



## خلاصه نکات الکتروسکوپ

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

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

الکتروسکوپ **خنثی**

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

الکتروسکوپ **باردار**

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

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

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

**تست:** میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپی خنثی تماس می‌دهیم بار کلاهک .... و بار ورقه‌ها ..

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

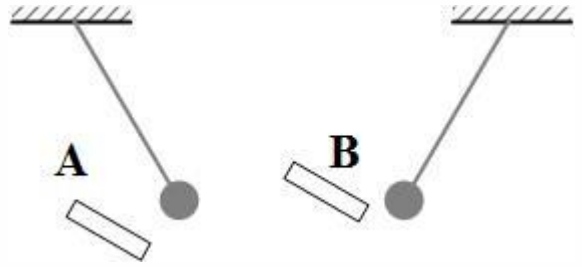
**تست:** میله‌ای با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپی نزدیک می‌کنیم مشاهده می‌شود که ورقه‌های الکتروسکوپ نخست بسته سپس از هم باز می‌شوند بار اولیه الکتروسکوپ .....

- |          |          |          |                  |
|----------|----------|----------|------------------|
| (۱) مثبت | (۲) منفی | (۳) خنثی | (۴) منفی یا خنثی |
|----------|----------|----------|------------------|





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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

۱) باری موافق با بار الکتروسکوپ دارد.

۲) باری مخالف با بار الکتروسکوپ دارد.

۳) بدون بار است.

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

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

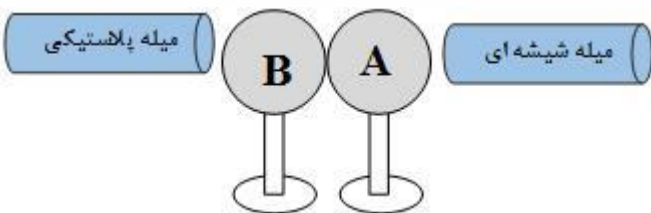
۱) بار A و D هم نام

۲) بار A و C نام هم نام

۳) B و C هر دو بدون بار الکتریکی

۴) بار B و D هم نام

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



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

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

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

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

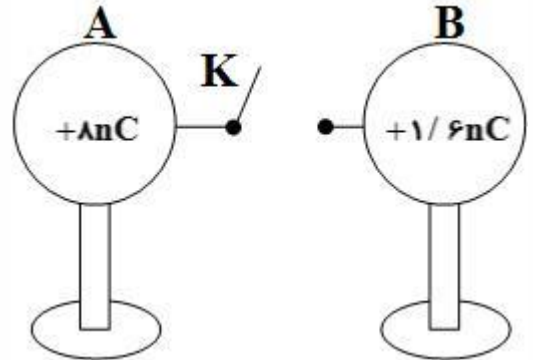
۱۴) کره‌ای رسانا دارای بار الکتریکی مثبت است. اگر  $5 \times 10^{13}$  الکترون به کره بدهیم، بار آن منفی و به اندازه  $\frac{2}{3}$  برابر اندازه بار اولیه اش می‌شود. با اتصال این کره به کره‌ای مشابه که دارای بار  $۱۹/۲ \mu C$  است، چند

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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

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



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

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



### قانون کولن

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

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

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

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

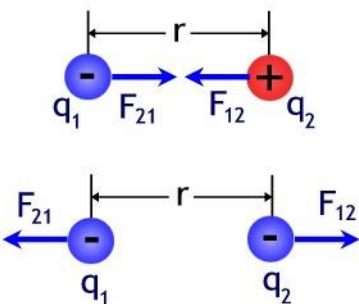
**نکته:** اگر فاصله برحسب سانتی و بار برحسب میکرو کولن باشد بدون هیچگونه تبدیل واحدی میتوانیم از فرمول

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

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

قانون کولن

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







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

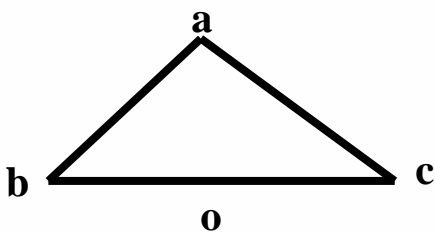
(۱)  $200 \times 10^{+12}$  جاذبه

(۲)  $200 \times 10^{-9}$  دافعه

(۳)  $200 \times 10^{-12}$  جاذبه

(۴) هیچکدام سوال غلط است.

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



(۲)  $90i + 90j$

(۱)  $90i - 90j$

(۴)  $45i - 45j$

(۳)  $90i - 45j$



**تست:** با توجه به شکل مقابل اگر بار  $q_a$  برابر مثبت یک میکروکولن باشد و در وسط خط واصل بین دو بار  $q_b$  و  $q_a$  باشد بردار برایندهای نیروهای وارد بر  $q_a$  چند نیوتن است؟

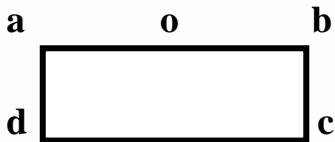
$$ad = 3\text{cm} \quad ab = 8\text{cm} \quad q_a = q_b = 3\mu\text{C} \quad q_d = q_c = -5\mu\text{C}$$

۱۸ (۴)

$18\sqrt{2}$  (۳)

21/6 (۲)

28/8 (۱)



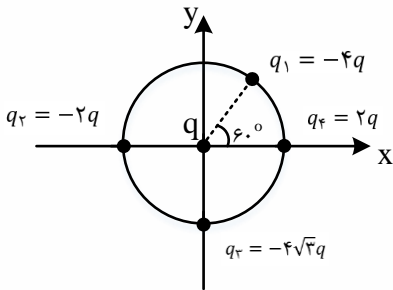
**تست:** مطابق شکل زیر، بارهای الکتریکی نقطه ای روی محیط و مرکز دایره ای به شعاع  $r$  قرار گرفته اند. اگر  $\frac{kq^2}{r^2} = 10N$  باشد، اندازه ی برایندهای نیروهای وارد بر بار  $q$  در مرکز دایره از طرف بارهای دیگر چند نیوتن است؟

20 (۴)

$20\sqrt{3}$  (۳)

40 (۲)

$40\sqrt{3}$  (۱)



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

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

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

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

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

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

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

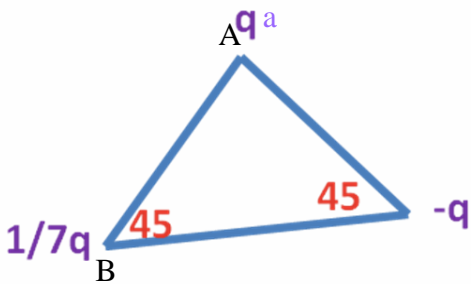
$$= (20\sqrt{3} - 40\sqrt{3})\vec{j} = (-20\sqrt{3})\vec{j} N$$

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



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

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



**تست:** دو ذره بار دار  $q$  در فاصله  $r$  از هم برهم نیروی  $F$  وارد می کنند چند درصد از یکی را برداشته و به

دیگری اضافه کنیم تا نیروی بین آنها در همان فاصله  $\frac{15}{16}$  برابر شود؟

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



## تماس دو کره فلزی باردار

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

$$q_{\text{جدید}} = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

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

$$q_1 \text{ جدید} = \frac{r_1 \times (q_1 + q_2)}{r_1 + r_2}$$

**تست:** دو کره فلزی مشابه که دارای بار الکتریکی  $+2q$  و  $-3q$  می‌باشند و از فاصله  $d$  برهم نیروی  $F$  وارد می‌کنند اگر دو کره را باهم تماس داده و سپس آنها را در همان فاصله قبلی قرار دهیم در اینصورت نیروی بین آنها چندبرابر حالت اول می‌شود؟

- (۱)  $\frac{1}{3}$       (۲)  $\frac{1}{24}$       (۳)  $\frac{1}{6}$       (۴)  $\frac{1}{12}$

(مطالعه نیمه آزاد)

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

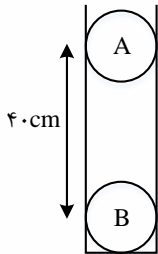
- (۱)  $\frac{25}{16}$       (۲)  $\frac{16}{25}$       (۳)  $\frac{75}{64}$       (۴)  $\frac{64}{75}$



**تست:** در شکل زیر دو گلوله ی مشابه هر کدام به جرم ۵۰ گرم و بارهای الکتریکی  $2\mu C$  و  $4\mu C$  در یک لوله نارسانای قائم در حال **تعادل** هستند. بزرگی نیروی اصطکاک بین گلوله ی A و سطح داخلی لوله چند

نیوتون است؟  $(g = 10 \frac{N}{kg}$  و  $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ )

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



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

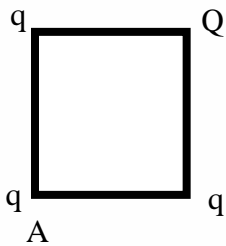
$$F = k \frac{|q_A||q_B|}{r^2}$$

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

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

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

- (۱) ۱/۴ (۲) ۲/۸ (۳) -۱/۴ (۴) -۲/۸

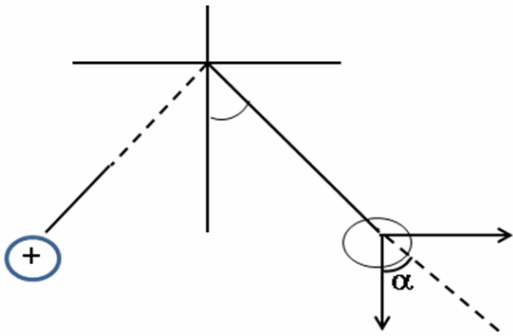


**پاسخ:** برایند q بر q ها باید با نیروی q بر Q برابرشود پس مختلف علامت هستند

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

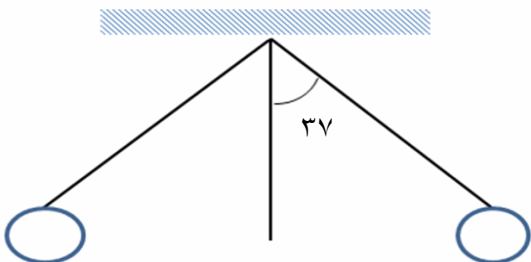


## قانون کولن و تعادل در آونگ ها:



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

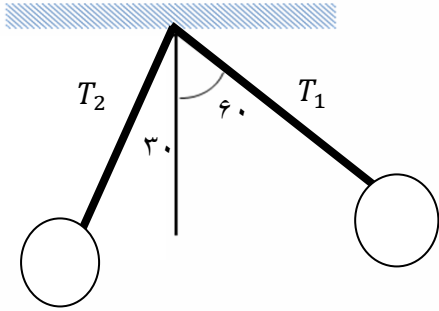
- (۱)  $0.025$       (۲)  $0.033$       (۳)  $0.5$       (۴) بسته به  $q$  دارد.





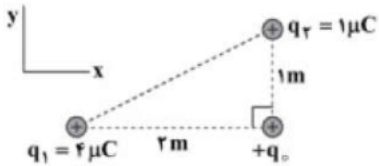
**تست:** در شکل زیر دو آونگ الکتریکی باردار و هم طول در حالت تعادل قرار دارند، کشش نخ  $T_1$  تقریباً چند برابر  $T_2$  است؟ (نخ ها عایق و با جرم ناچیز)

- (۱)  $0/5$
- (۲)  $2$
- (۳)  $1/7$
- (۴)  $\frac{\sqrt{3}}{3}$



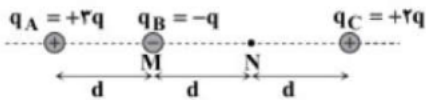
### Home work 2

۱) اگر در شکل مقابل، برابند نیروهای الکتریکی وارد بر بار نقطه‌ای  $+q$ ، از طرف بارهای  $q_1$  و  $q_2$ ، برابر  $\vec{F} = (8 \times 10^{-3} N) \vec{i} + b \vec{j}$  باشد،  $b$  کدام است؟



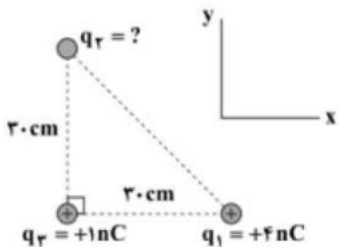
- $4 \times 10^{-3} N$  (۱)     
  $-4 \times 10^{-3} N$  (۲)     
  $8 \times 10^{-3} N$  (۳)     
  $-8 \times 10^{-3} N$  (۴)

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



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

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

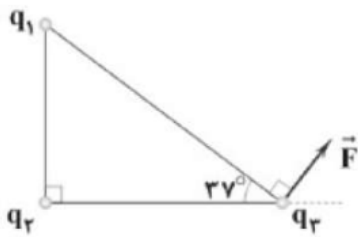


- $+5 nC$  (۱)     
  $-5 nC$  (۲)     
  $+2 nC$  (۳)     
  $-2 nC$  (۴)



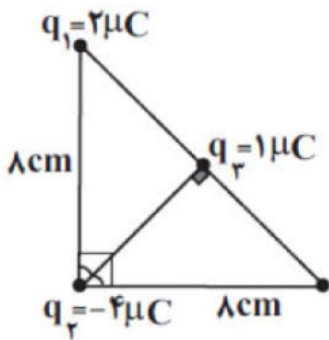


۹ در شکل زیر، سه بار نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  و  $q_3$  روی رأس‌های مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند و برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  بردار  $\vec{F}$  است. نسبت  $\frac{F_{23}}{F_{13}}$  کدام است؟  $(\sin 53^\circ = 4/5, \sin 37^\circ = 3/5)$



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

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

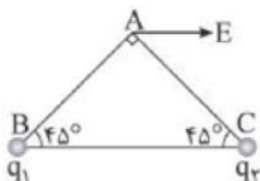


- ۱  $\frac{\sqrt{15}}{16} \times 10^5$       ۲  $\frac{90}{16} \sqrt{5}$       ۳  $\frac{90}{16}$       ۴  $\frac{\sqrt{5}}{32} \times 10^5$

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

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

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

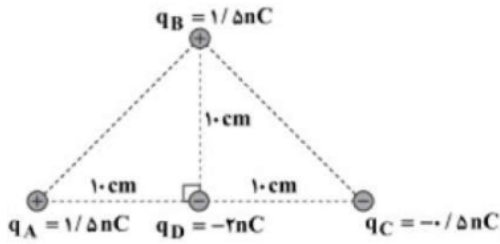


- ۱  $-\sqrt{2}$       ۲  $+\sqrt{2}$       ۳  $-1$       ۴  $+1$



۴ چهار بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل، در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. اندازه‌ی برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_D$  کدام است؟

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



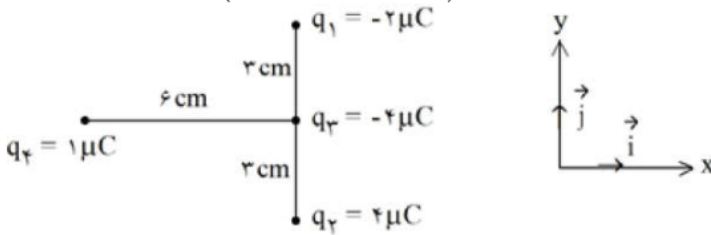
- ۱)  $0/9 \times 10^{-6} N$     ۲)  $4/5 \times 10^{-6} N$     ۳)  $6/3 \times 10^{-6} N$     ۴)  $8/1 \times 10^{-6} N$

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

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

۶ در شکل زیر، بردار برآیند نیروی خالص وارد بر بار  $q_3$  در SI کدام است؟

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



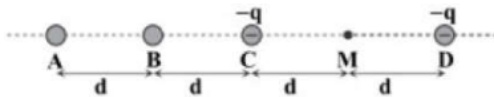
- ۱)  $-10 \vec{i} - 240 \vec{j}$     ۲)  $-10 \vec{i} - 80 \vec{j}$     ۳)  $-10 \vec{i} + 240 \vec{j}$     ۴)  $-10 \vec{i} + 80 \vec{j}$

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

حاصل  $\frac{x}{d}$  کدام است؟

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

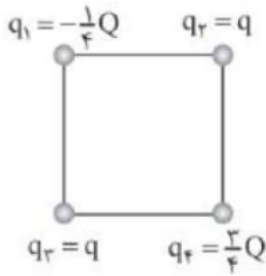
۸ مطابق شکل، چهار گوی باردار کوچک در اختیار داریم. اگر بار ذره‌ای  $+q$  را در نقطه‌ی  $M$  قرار دهیم، برآیند نیروهای وارد بر آن صفر می‌شود. کدامیک از گزینه‌های زیر درست است؟



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



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



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

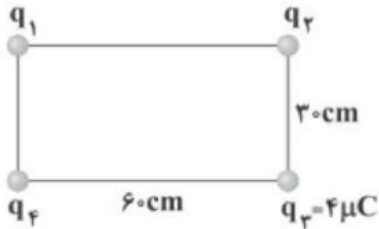
۱۴ در شکل زیر، برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر هر سه بار صفر است. بار  $q_2$  چند میکروکولن است؟



- ۱)  $-4$       ۲)  $+4$       ۳)  $-12$       ۴)  $+12$

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

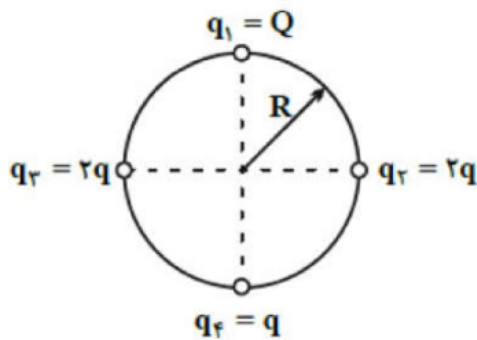
$$(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$



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

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

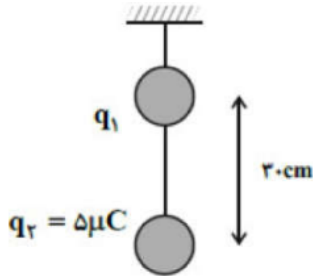
$q_4$  در حال تعادل باشد، نسبت  $\frac{Q}{q}$  کدام است؟



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



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



۵ (۴)

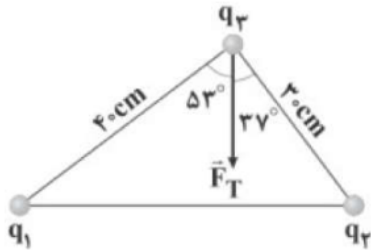
۴ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

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

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



$\frac{4}{5}$  (۴)

$\frac{5}{4}$  (۳)

$\frac{4}{3}$  (۲)

$\frac{3}{4}$  (۱)

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

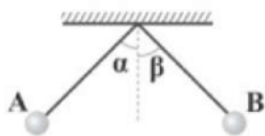
۵ - افزایش (۴)

۹۵ - افزایش (۳)

۹۵ - کاهش (۲)

۵ - کاهش (۱)

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



$\alpha < \beta$  (۲)

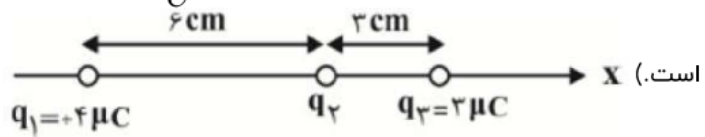
$\alpha > \beta$  (۱)

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

$\alpha = \beta$  (۳)

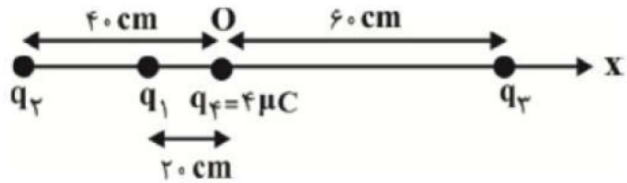


۲۱) مطابق شکل مقابل، اگر برآیند نیروهای وارد بر بار نقطه‌ای  $q_2$ ، چهار برابر برآیند نیروهای وارد بر بار نقطه‌ای  $q_3$  از طرف بارهای دیگر باشد،  $q_2$  چند میکروکولن است؟  $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$  و جهت برآیند نیروهای وارد بر  $q_3$  به سمت چپ است.



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

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



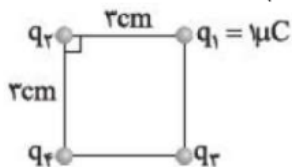
- ۱) -۹      ۲) ۹      ۳) -۱۸      ۴) ۱۸

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

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

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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

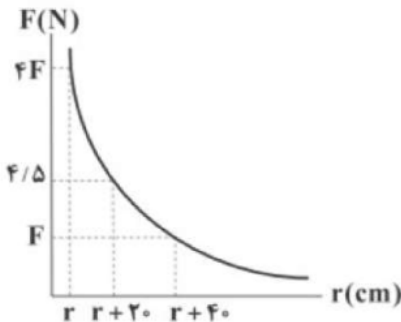
- ۱ ۱      ۲  $\frac{9}{16}$       ۳  $\frac{3}{4}$       ۴  $\frac{81}{256}$

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

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

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

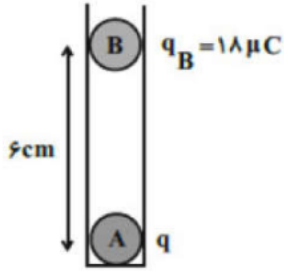
$$\left( k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$



- ۱ ۳      ۲ ۶      ۳ ۹      ۴ ۱۲



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



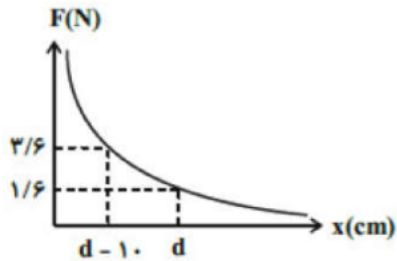
۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

۰/۵ (۱)

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



۰/۹ (۴)

۰/۸ (۳)

۱/۲ (۲)

۱ (۱)

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

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

۴ (۴)

۳ (۳)

۹ (۲)

۲ (۱)

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

۴۰ (۴)

۵۰ (۳)

۲۵ (۲)

۶۰ (۱)



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

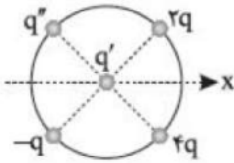
۱)  $-\frac{8q}{3}$  - خارج از فاصله بین دو بار و به فاصله  $\frac{L}{3}$  از بار کوچکتر

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

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

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

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



۴)  $-2$

۳)  $\frac{1}{2}$

۲)  $2$

۱)  $1$

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



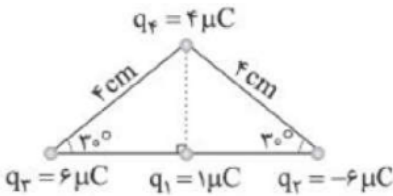
۴)  $\frac{2}{3}$

۳)  $3$

۲)  $4$

۱)  $\frac{4}{3}$

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



۴)  $30^\circ$  درجه

۳)  $53^\circ$  درجه

۲)  $45^\circ$  درجه

۱)  $37^\circ$  درجه

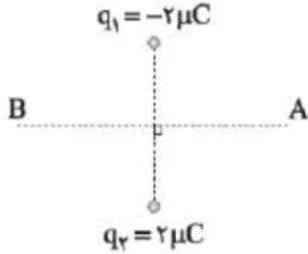




۳۸ دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2 = 5q_1$  در فاصله  $r$  از هم قرار دارند و به هم نیروی دافعه وارد می‌کنند. چند درصد از بار  $q_2$  را به  $q_1$  منتقل کنیم تا در همان فاصله نیروی دافعه بین بارهای الکتریکی بیشینه شود؟

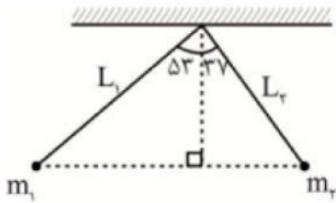
- ۱) ۱۵      ۲) ۲۵      ۳) ۴۰      ۴) ۵۰

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



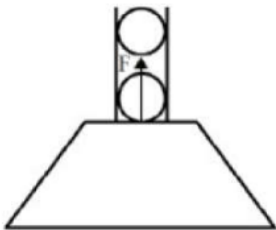
- ۱) پیوسته افزایش می‌یابد.      ۲) پیوسته کاهش می‌یابد.  
 ۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.      ۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

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



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

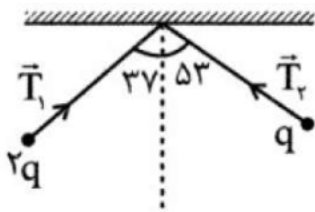
۴۱ مطابق شکل زیر دو گلوله کوچک مشابه با بارهای  $q = 5 \mu C$  به فاصله  $30 \text{ cm}$  از یکدیگر در یک لوله‌ی شیشه‌ای قائم با بدنه نارسانا و جرم  $5 \times 10^{-2} \text{ kg}$  در حال تعادل قرار دارند. چنانچه این مجموعه بر روی یک ترازو قرار گیرند، نیروی  $F$  چند نیوتون باشد، تا عدد نشان داده شده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



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



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



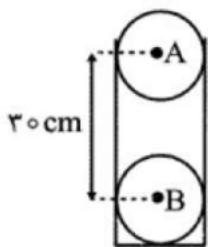
۲ (۴)

$\frac{1}{2}$  (۳)

$\frac{4}{3}$  (۲)

$\frac{3}{4}$  (۱)

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



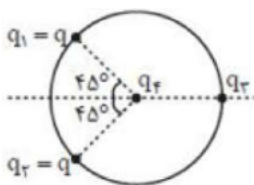
۲ (۴)

$0/2$  (۳)

۱ (۲)

$0/1$  (۱)

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



$\frac{\sqrt{2}}{2}$  (۴)

$\sqrt{2}$  (۳)

$\frac{\sqrt{3}}{3}$  (۲)

$\sqrt{3}$  (۱)

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

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

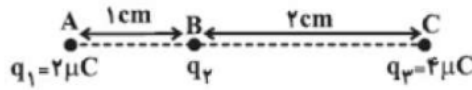
۱ به اندازه  $\frac{d}{9}$  کاهش یافته است.

۴ افزایش یافته است.

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



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



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

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

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

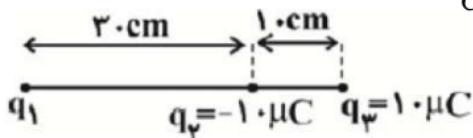
فاصله‌ی بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_3$  از دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  برابر با  $d$  و نیروی وارد بر هر یک از این بارها از طرف بار  $q_3$  در SI به صورت  $\vec{F}_{31} = 3\vec{i} + 4\vec{j}$  و  $\vec{F}_{32} = -6\vec{i} - 8\vec{j}$  می‌باشد. حاصل  $\frac{q_2}{q_1}$  کدام است؟ (دو بار  $q_1$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

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

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

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

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



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



## میدان الکتریکی :

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

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

برای محاسبه میدان الکتریکی، در نقطه مورد نظر یک بار فرضی + قرار می‌دهیم و به کمک آن جهت میدان را برای هر بار دلخواه مشخص می‌کنیم. در نهایت به کمک روشهای برداری، برآیند میدان الکتریکی را محاسبه مینماییم. خطوط میدان الکتریکی: برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام دارای بار، از خط‌های جهت‌داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. ویژگی این خطوط عبارتست از: جهت این خط‌ها برای بار مثبت روبه خارج و برای بار منفی رو به داخل است. میدان در هر نقطه، برداری است مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن خط میدان هم‌جهت است. واقع میدان در هر نقطه، برداری است مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن خط میدان هم‌جهت است. در هر ناحیه که میدان قوی‌تر باشد، خط‌های میدان به یکدیگر نزدیک‌تر و فشرده‌تر و خط‌های میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند؛ یعنی از هر نقطه فقط یک خط میدان می‌گذرد

تعریف کمی: نیرویی که بر واحد آزمون بار مثبت وارد می‌شود.

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

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

میدان الکتریکی

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

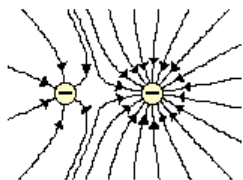
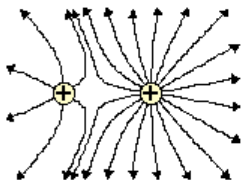
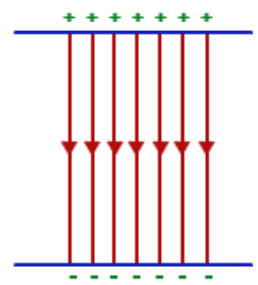
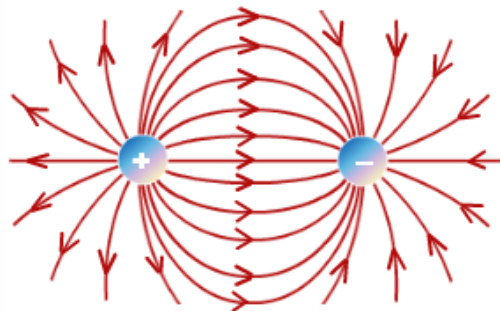
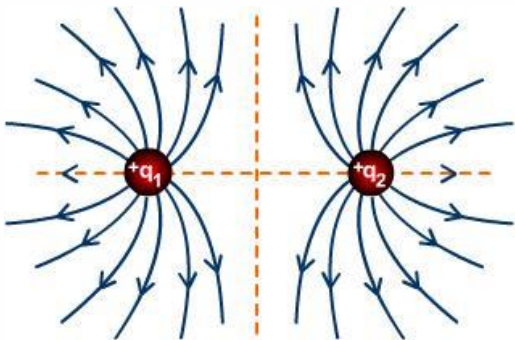
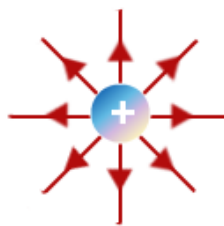
کجا برآیند میدان صفر می‌شود:  $E_1 = E_2$

بارها هم علامت: داخل و نزدیک به بار کوچکتر

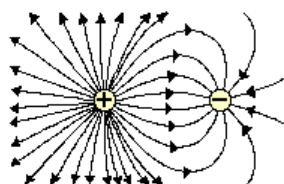
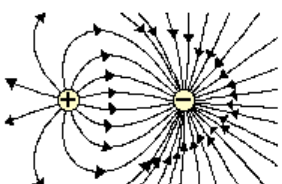
بارها مختلف‌العلامت: خارج و نزدیک به بار کوچکتر



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

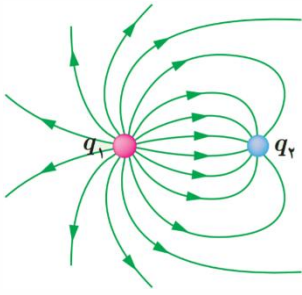


و در حالتی که بارها هم اندازه نباشند هرچه خطوط متراکمتر باشند، بار و میدان قوی تر است.





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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$+4q$        $-4q$

$-2q$        $+2q$

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



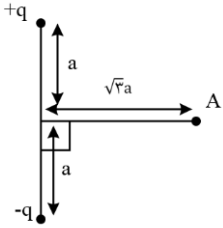
**تست:** در شکل مقابل، اندازه ی برآیند میدان های الکتریکی حاصل از دو قطبی الکتریکی در نقطه ی A برابر کدام است؟ (مشابه کنکور سراسری)

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

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

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

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



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

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

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

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

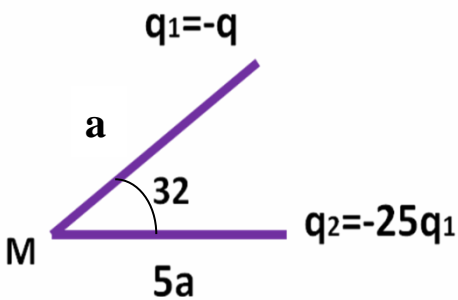
$$\text{در راستای } y: -E_2 \cos \alpha - E_1 \cos \alpha = -E_T$$

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

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

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

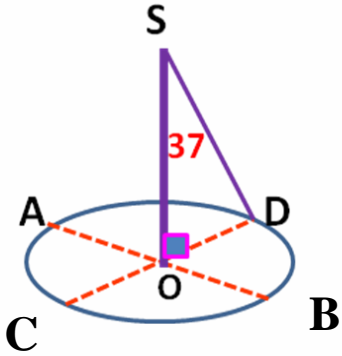
- (۱)  $1/4E$     (۲)  $0/118E$     (۳)  $0/56E$     (۴)  $0/28E$





**تست:** دو قطر عمود بر هم  $AB$  و  $CD$  از یک دایره افقی را در نظر گرفته و چهار بار الکتریکی نقطه ای مشابه در نقاط  $A$  و  $B$  و  $C$  و  $D$  قرار می دهیم، اگر میدان الکتریکی هر یک از بارها در نقطه  $O$  برابر  $50000$  واحد  $SI$  باشد، برآیند میدان الکتریکی در نقطه  $S$  چند  $SI$  است؟

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







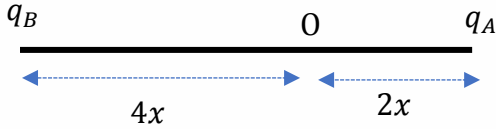
**تست :** مطابق شکل زیر دو بار الکتریکی در فاصله ی  $6x$  از یکدیگر قرار گرفته اند و میدان الکتریکی برابند در نقطه ی  $O$  برابر  $\vec{E}$  است. اگر بار الکتریکی  $q_B$  را خنثی کنیم، میدان الکتریکی برابند در نقطه ی  $O$ ،  $\frac{1}{3} \vec{E}$  می شود. نسبت  $\frac{q_B}{q_A}$  کدام است؟ (آزمون کانون)

-۴ (۴)

۴ (۳)

-۸ (۲)

۸ (۱)



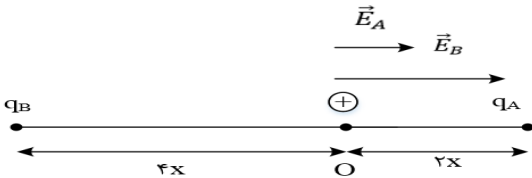
گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر بار الکتریکی  $q_B$  را خنثی کنیم، میدان الکتریکی باقی مانده در نقطه ی  $O$  تنها میدان الکتریکی  $q_A$  است، بنابراین می توانیم نتیجه بگیریم که  $E_A$  برابر  $\frac{1}{3} E$  است و داریم:

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

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

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

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



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



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

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

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

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

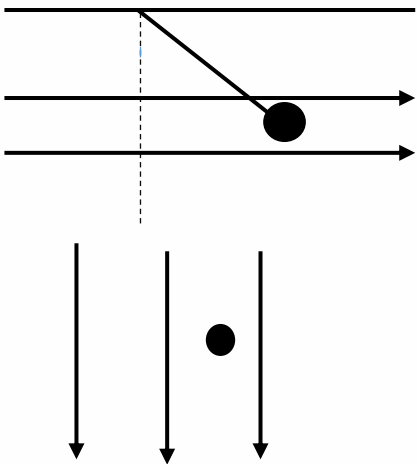
- ۵ (۱)      ۱۵ (۲)      ۱۰ (۳)      ۱۴ (۴)

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

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



نکات تکمیلی میدان الکتریکی:



$$T \sin \theta = Eq$$

$$T \cos \theta = Mg$$

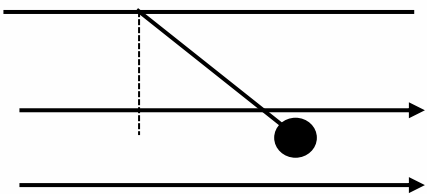
$$\tan \theta = \frac{Eq}{mg}$$

$$\sum F = \sum ma$$

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

بار در میدان

**تست:** یک ذره که دارای بار الکتریکی کولن  $20 \times 10^{-15}$  و جرم  $1 \times 10^{-5}$  گرم است به انتهای طناب سبکی آویخته شده در میدان الکتریکی یکنواخت  $5 \times 10^5$  بین دو صفحه افقی قرار گرفته است به ترتیب از راست به چپ نوع بار + است یا - ؟ آونگ چند درجه نسبت به حالت قائم منحرف می‌گردد؟ کشش طناب چه قدر است؟



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

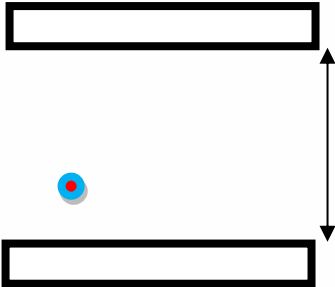
(۲) - و ۴۵ درجه و  $10^{-7}$

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

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



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

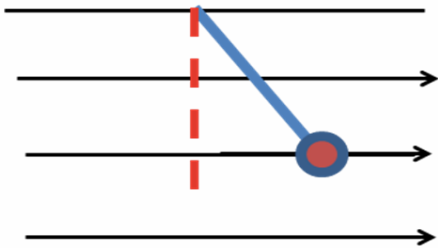


$5 \text{ cm}$

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

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

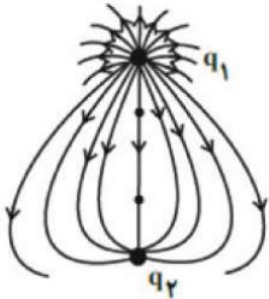
- (۱)  $20$  (۲)  $40$  (۳)  $10$  (۴)  $50$





### Home work 3

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



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

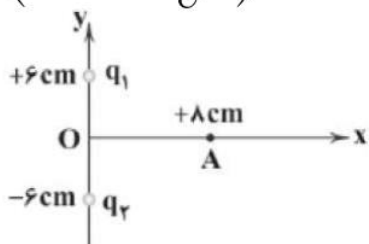
$|q_1| > |q_2|$  و  $q_2 > 0$  و  $q_1 < 0$   ۱

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

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

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

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



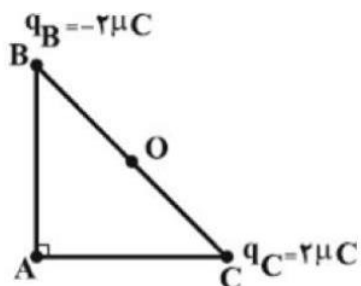
$-72 \times 10^5 \vec{j}$   ۴

$+72 \times 10^5 \vec{i}$   ۳

$-54 \times 10^5 \vec{j}$   ۲

$+54 \times 10^5 \vec{i}$   ۱

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



$\sqrt{2}$   ۴

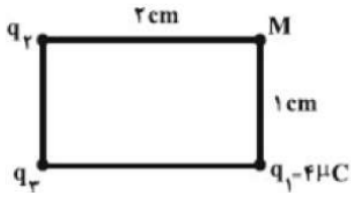
$\frac{\sqrt{2}}{4}$   ۳

$2\sqrt{2}$   ۲

$4\sqrt{2}$   ۱

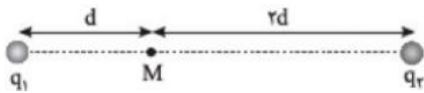


۴ مطابق شکل زیر، سه بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$ ،  $q_2$  و  $q_3$  در سه رأس مستطیلی ثابت شده‌اند. اگر برابند میدان‌های الکتریکی حاصل از این سه بار در نقطه  $M$  برابر با صفر باشد، چند میکروکولن است؟



- ۱ -۱۶  ۲ ۴  ۳ ۳۲  ۴ -۸

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



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

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

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

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

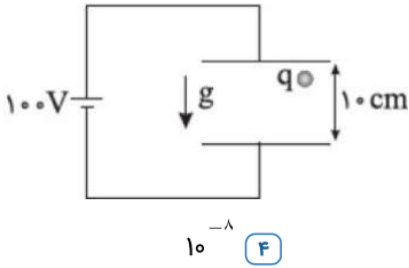
- ۱  $\frac{4}{3}$   ۲  $-\frac{4}{3}$   ۳  $\frac{1}{3}$   ۴  $-\frac{1}{3}$

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

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

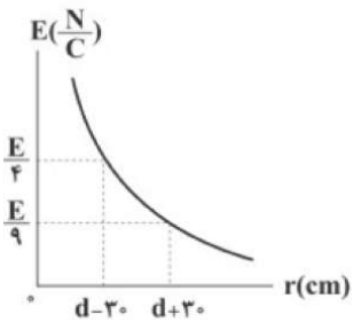


۹ در شکل مقابل ذره‌ای به جرم  $2\text{mg}$  و بار الکتریکی  $q$  را بین دو صفحه فلزی از حالت سکون رها می‌کنیم. ذره با شتاب  $\frac{m}{s^2}$  به طرف پایین شروع به حرکت می‌کند. بار  $q$  چند میکروکولن است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



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

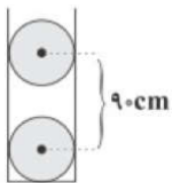
۱۰ نمودار تغییرات اندازه‌ی میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای  $q = +2\mu\text{C}$  برحسب فاصله از آن مطابق شکل است. به ترتیب (از راست به چپ)  $d$  چند سانتی‌متر و  $E$  چند نیوتون بر کولن است؟ ( $K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ )



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

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

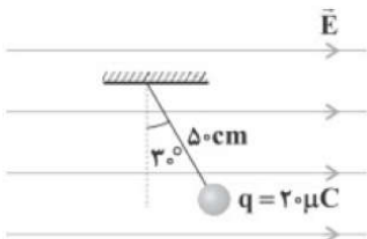
$$g = 10 \frac{m}{s^2} \text{ و } k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$



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



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



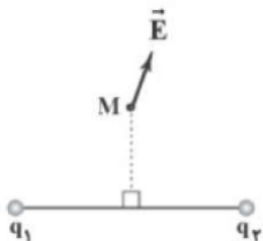
۱ (۴)

۲ (۳)

۲ (۲)  $\frac{2\sqrt{3}}{3}$

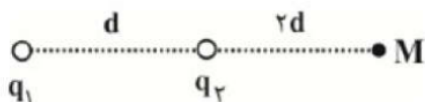
۱ (۱)  $2\sqrt{3}$

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



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

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



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

۲ (۴)  $\frac{2}{3}$

۸ (۳)  $\frac{8}{27}$

۲ (۲)  $-\frac{2}{3}$

۸ (۱)  $-\frac{8}{27}$

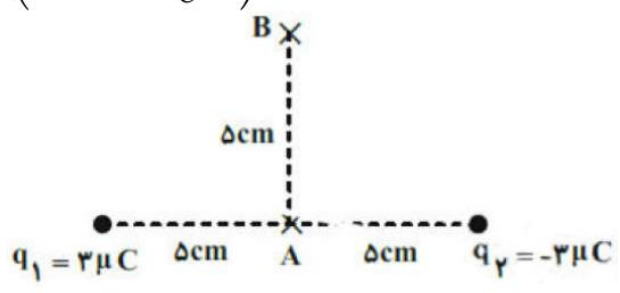




فیزیک باباخانی حق شماست!

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

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

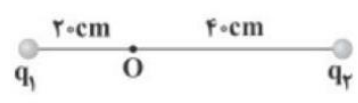


- ۱)  $\sqrt{2}$       ۲)  $2\sqrt{2}$       ۳) ۲      ۴) ۴

۱۶ به ذره‌ای به جرم ۲ mg بار الکتریکی  $30 \mu C$  می‌دهیم و آنرا در میدان الکتریکی با شدت  $2 \times 10^2 \frac{N}{C}$  رها می‌کنیم. اگر فقط نیروی الکتریکی بر ذره وارد شود، سرعت ذره، ۵ s پس از رها شدن چند متر بر ثانیه است؟

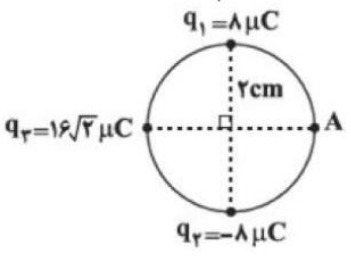
- ۱)  $5/1 \times 10^3$       ۲)  $5/7 \times 10^3$       ۳)  $7/5 \times 10^3$       ۴)  $15 \times 10^3$

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



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

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

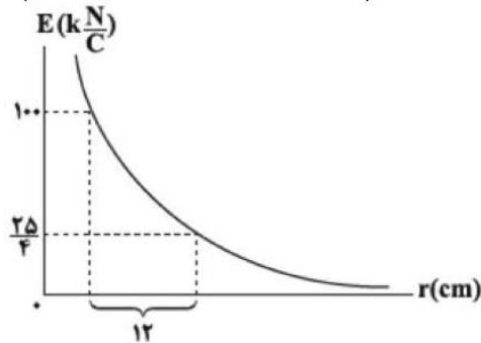


- ۱)  $18 \times 10^4$       ۲)  $18 \times 10^4$       ۳)  $18 \times 10^4$       ۴)  $18 \times 10^4$



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

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



۱۲۵۰ (۴)

۱۲۵ (۳)

۲۲۵۰ (۲)

۲۵۰۰ (۱)

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

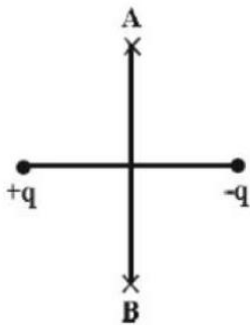
$\frac{20}{9}$  (۴)

$\frac{9}{20}$  (۳)

$\frac{13}{9}$  (۲)

$\frac{9}{13}$  (۱)

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



(۲) همواره کاهش می‌یابد.

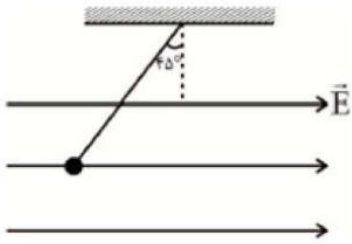
(۱) همواره افزایش می‌یابد.

(۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

(۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

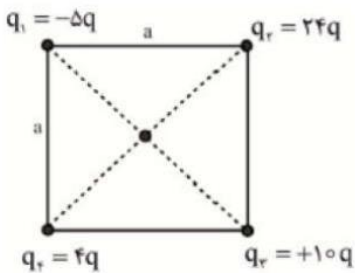


۲۲ ذره‌ای با بار الکتریکی  $q$  و جرم  $۸۰$  میلی‌گرم در یک میدان الکتریکی یک‌نواخت به بزرگی  $\frac{۳ N}{C} \times ۱۰^۲$  در حال تعادل است. بار  $q$  کدام است؟  $\left(g = ۱۰ \frac{m}{s^2}\right)$



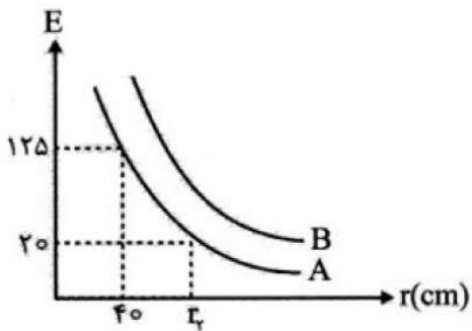
- ۱  $-۰/۴ \mu C$       ۲  $+۰/۴ \mu C$       ۳  $-۰/۴ mC$       ۴  $+۰/۴ mC$

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



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

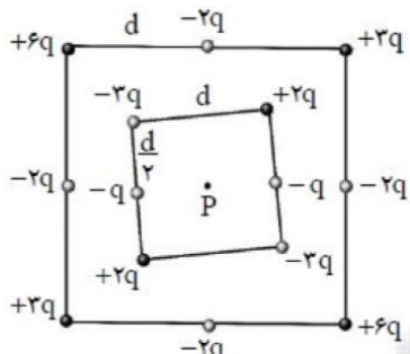
۲۴ نمودار تغییرات میدان برحسب فاصله از دو بار نقطه‌ای  $q_A$  و  $q_B$  به صورت مقابل است. در این صورت اندازه کدام بار بیشتر است و مقدار  $n$  برحسب سانتی‌متر کدام است؟



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



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

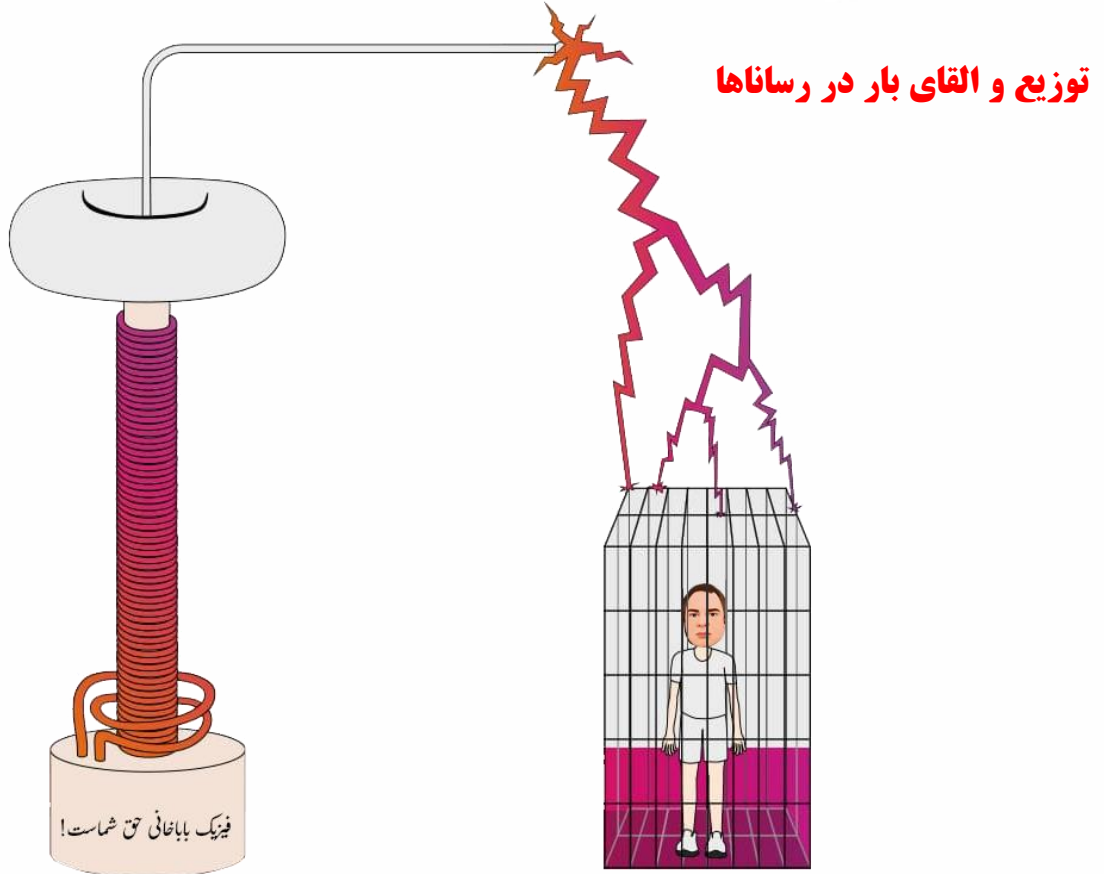


↙  $\frac{kg}{d^2}$  (۴)

↗  $\frac{^6kq}{d^2}$  (۳)

↗  $\frac{kq}{d^2}$  (۲)

(۱) صفر



## توزیع و القای بار در رساناها

جسم رسانایی را که توسط عایقی از محیط اطراف خود جدا شده است **رسانای منزوی** می‌گویند.

در یک رسانای منزوی اگر باری اضافی به این جسم رسانا داده شود، و یا آن جسم در یک میدان الکتریکی خارجی قرار گیرد پس از مدت زمان کوتاهی میدان الکتریکی داخل رسانا صفر می‌شود. در ادامه این دو وضعیت را بررسی می‌کنیم:

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

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

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



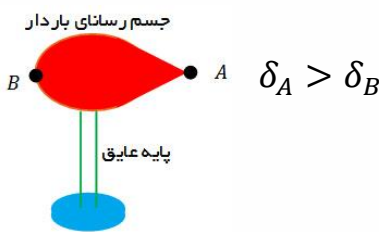
بر سطح رسانا خواهد داشت و این مؤلفه باعث حرکت الکترون های آزاد بر سطح رسانا می گردد که این در تناقض با شرط تعادل الکترواستاتیکی است.

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

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

### چگالی بار الکتریکی: (ویژه رشته ریاضی)

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



فرمول چگالی

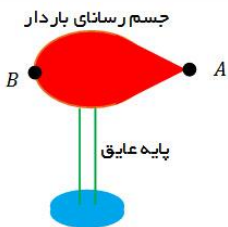
$$\delta = \frac{q}{A}$$

چگالی

فرمول مقایسه چگالی

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

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



$$\begin{aligned} V_A &= V_B, \delta_A > \delta_B \\ V_A &> V_B, \delta_A > \delta_B \\ V_A &< V_B, \delta_A < \delta_B \\ V_A &= V_B, \delta_A = \delta_B \end{aligned}$$

**تست:**

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

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

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

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

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



### کار میدان الکتریکی:

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

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

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

### کار انجام شده توسط نیروی خارجی:

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

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

### انرژی پتانسیل الکتریکی:

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

$$\Delta U = -W_{\text{میدان}}$$

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

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

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



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

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

$$\Delta U = -W_{\text{میدان}}$$

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

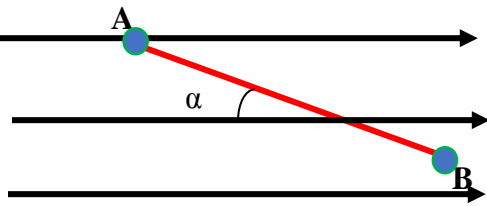
خلاصه نکات

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

ثابت جابه جا می کنیم. اگر  $AB = 4 \text{ m}$  و  $\alpha = 37^\circ$  باشد، کار میدان و کار نیروی خارجی و تغییر انرژی پتانسیل

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

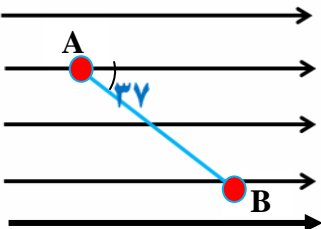
- |                                |  |                                  |                                |
|--------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------|
| 1) $W_E = -512 \times 10^{-4}$ | $W_{\text{خارجی}} = +512 \times 10^{-4}$ | $\Delta U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



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

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

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

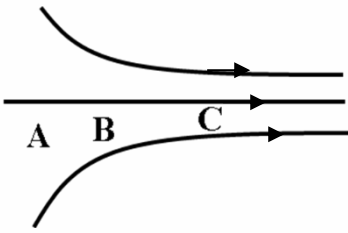






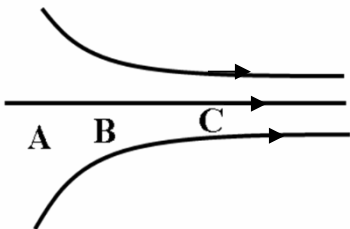
## مقایسه میدان و نیرو و پتانسیل و انرژی پتانسیل

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



$$E_C > E_B > E_A$$

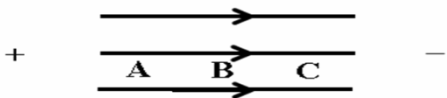
**نیرو:** هر جا که خطوط میدان به هم نزدیکتر باشند نیروی وارد بر بار قوی تر است.



$$F_C > F_B > F_A$$

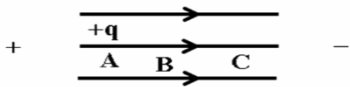
**پتانسیل الکتریکی:** هر چه در جهت میدان پیش رویم پتانسیل کاهش

می یابد (نوع بار اهمیتی ندارد)



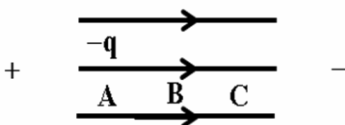
$$+q \quad -q \quad V_A > V_B > V_C$$

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



$$U_A > U_B > U_C$$

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



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

انرژی پتانسیل  
الکتریکی



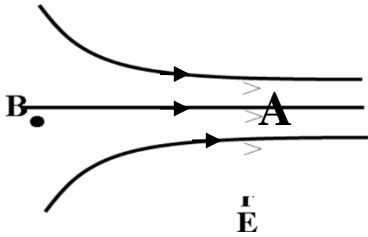
**تست:** در شکل مقابل، باری منفی از A به B جابجا می شود ، کدام رابطه درست است؟

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

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

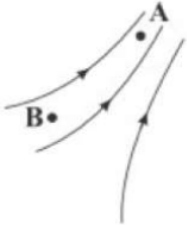
$$U_A < U_B, F_A = F_B, V_B < V_A, E_B < E_A \quad (3)$$

(4) هر سه گزینه غلط است.



### Home worke 4

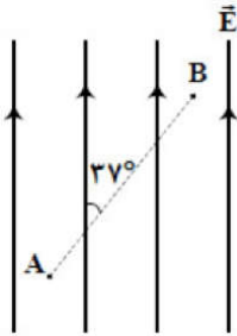
۱ در شکل زیر، خطوط میدان الکتریکی رسم شده است. کدام گزینه رابطه‌ی درستی را در ارتباط با شدت میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی در نقاط  $A$  و  $B$  نشان می‌دهد؟



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

۴  $E_A < E_B$  و  $V_A < V_B$

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



۴ -۲۰

۳ -۱۵

۲ ۲۰

۱ ۱۵

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

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

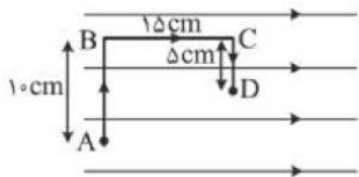
۳  $6 \times 10^{-5}$ ، افزایش می‌یابد.      ۴  $6 \times 10^{-5}$ ، کاهش می‌یابد.

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

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



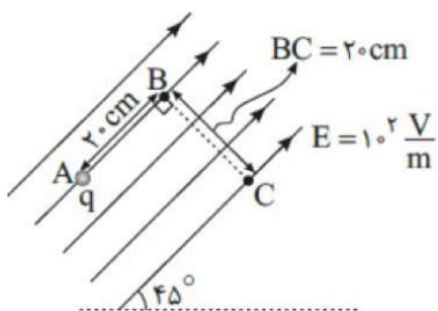
۵ در شکل زیر در میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 2 \times 10^5 \frac{N}{C}$ ، بار نقطه‌ای  $q = 1 \mu C$  از نقطه A به نقطه D در مسیر نشان داده شده منتقل شده است. در این انتقال انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره باردار چند ژول تغییر می‌کند؟



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

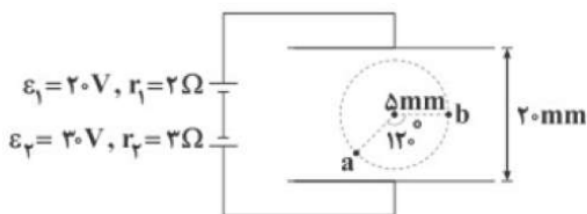
۶ در شکل مقابل به ذره‌ای خنثی تعداد  $10^{15}$  الکترون می‌دهیم و آن را در میدان الکتریکی  $100 \frac{V}{m}$  از نقطه‌ی A به B و سپس به C می‌بریم. انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در این جابه‌جایی چند میلی‌ژول تغییر می‌کند؟

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



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

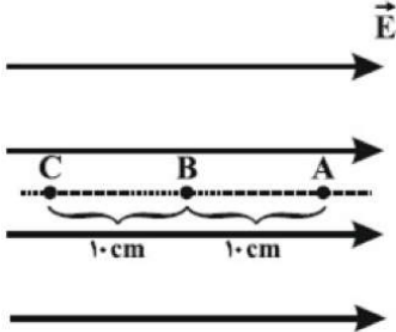
۷ در میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد شده بین دو صفحه‌ی موازی نشان داده‌شده، حاصل  $V_a - V_b$  در SI برابر کدام گزینه است؟



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



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

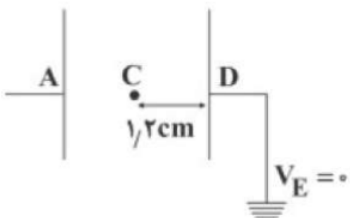


- ۱)  $0.84$       ۲)  $0.64$       ۳)  $0.44$       ۴)  $0.20$

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

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

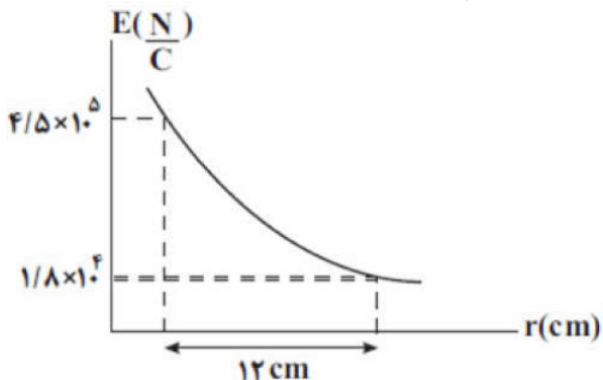
۱۰ در شکل مقابل، پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی A برابر با  $240\ \text{V}$  و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه‌ی C و D برابر با  $96\ \text{V}$  است. فاصله‌ی بین این دو صفحه‌ی رسانا چند سانتی‌متر است؟



- ۱) ۳      ۲) ۲      ۳) ۶      ۴) ۴

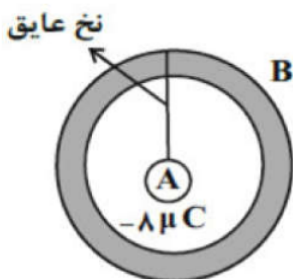


۱۱) نمودار بزرگی میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار  $q < 0$ ، مطابق شکل مقابل است. اگر این بار الکتریکی را هم جهت با خطوط یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $\frac{2}{5} M \frac{N}{C}$  به اندازه  $4 \text{ cm}$  جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی این بار چند میلی‌ژول و چگونه تغییر می‌کند؟  $\left(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



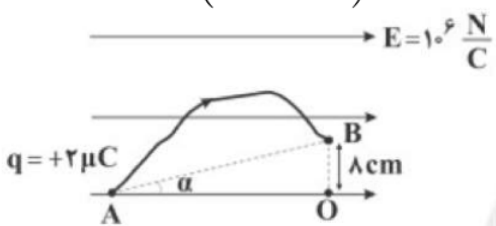
- ۱) افزایش می‌یابد.  $4/5$       ۲) کاهش می‌یابد.  $45$
- ۳) افزایش می‌یابد.  $45$       ۴) کاهش می‌یابد.  $4/5$

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



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

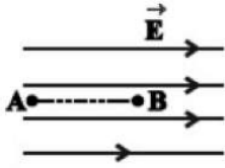
۱۳) مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار مثبت، با طی کردن مسیر نشان داده‌شده از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B جابه‌جا می‌شود. کار انجام‌شده توسط میدان الکتریکی روی این ذره در این جابه‌جایی چند ژول است؟  $\left( \tan \alpha = \frac{4}{5} \right)$



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

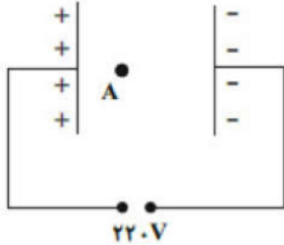


۱۴ در شکل مقابل و در میدان الکتریکی یک‌نواختی به بزرگی  $\frac{5}{C} N$ ، ذره‌ای با بار الکتریکی  $q = -5\mu C$  در نقطه‌ی B بدون تندی اولیه رها می‌شود. وقتی این ذره در مسیر مستقیم، ۲۰ سانتی‌متر جابه‌جا شده و به نقطه‌ی A می‌رسد، انرژی جنبشی آن چند ژول می‌شود؟ (از اثر گرانش و نیروهای مقاوم در مقابل حرکت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



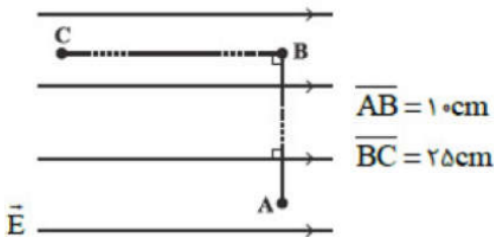
- ۱ / ۱ (۱)      ۰ / ۵ (۲)      ۰ / ۵۱ (۳)      ۰ / ۰۵ (۴)

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



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

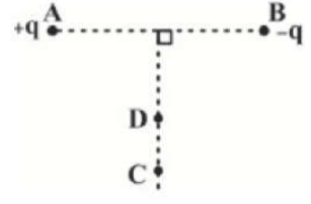
۱۶ مطابق شکل مقابل، بار الکتریکی نقطه‌ای q در میدان الکتریکی یک‌نواختی به بزرگی  $E = 1/6 \times 10^6 \frac{N}{C}$  از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B و سپس تا نقطه‌ی C جابه‌جا می‌شود. اگر کار نیروی میدان الکتریکی در این جابه‌جایی برابر با  $+8 mJ$  باشد، بار q چند نانوکولن است؟



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



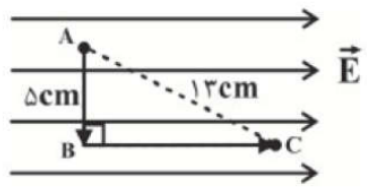
۱۷) مطابق شکل مقابل، دو بار الکتریکی نقطه‌ای و هم‌اندازه‌ی  $+q$  و  $-q$  در نقطه‌های A و B ثابت شده‌اند. اگر بار الکتریکی نقطه‌ای  $+2\mu C$  را روی عمودمنصف خط واصل دو بار از نقطه‌ی C تا D جابه‌جا کنیم، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن مطابق با کدام گزینه است؟



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

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

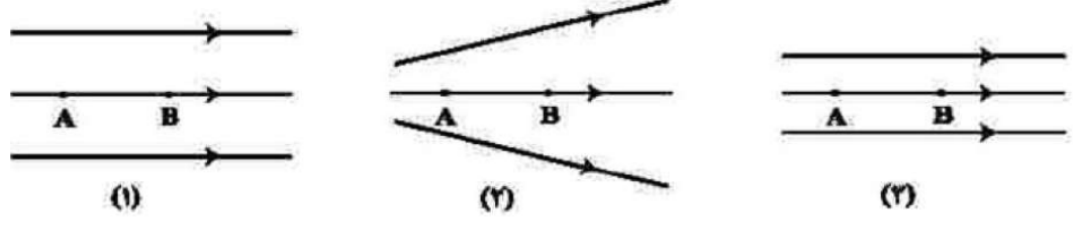
۱۸) مطابق شکل زیر، ذره‌ی بارداری با بار  $+5\mu C$  در میدان الکتریکی یک‌نواختی به بزرگی  $E = 10^5 \frac{N}{C}$  از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B و سپس تا نقطه‌ی C جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟



۱  $0.05$  ژول کاهش می‌یابد.      ۲  $0.05$  ژول افزایش می‌یابد.

۳  $0.07$  ژول افزایش می‌یابد.      ۴  $0.06$  ژول کاهش می‌یابد.

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



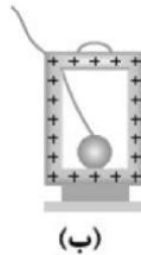
۱  $\Delta V_{(3)} > \Delta V_{(2)} > \Delta V_{(1)}$       ۲  $\Delta V_{(3)} = \Delta V_{(1)} > \Delta V_{(2)}$       ۳  $\Delta V_{(1)} > \Delta V_{(2)} > \Delta V_{(3)}$

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



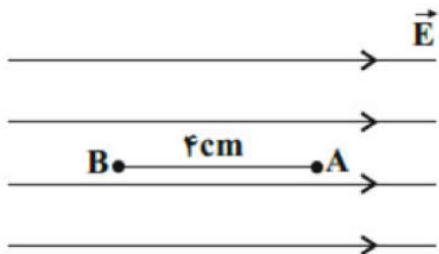


۲۰ در شکل زیر مراحل انجام آزمایش چگونگی توزیع بارهای الکتریکی در اجسام رسانا به صورت نامرتب نشان داده شده است. در کدام گزینه ترتیب این شکل‌ها از راست به چپ به درستی مشخص شده است؟



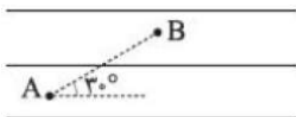
- ۱ - د - ب - ج - الف      ۲ - الف - ب - ج - د      ۳ - ج - ب - د - الف      ۴ - ج - الف - د - ب

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



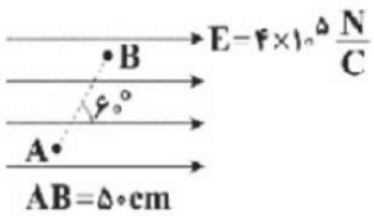
- ۱ - ۴۰      ۲ - ۸۰      ۳ -  $4\sqrt{2}$       ۴ -  $10\sqrt{10}$

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



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

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



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



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

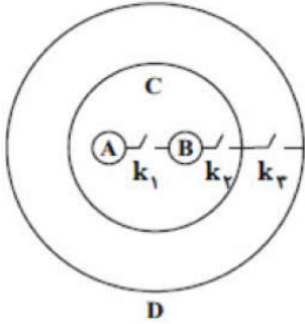
۴ ۷۵

۳ ۵۰

۲  $37/5$

۱ ۲۵

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



۴ صفر، صفر

۳ ۱، صفر

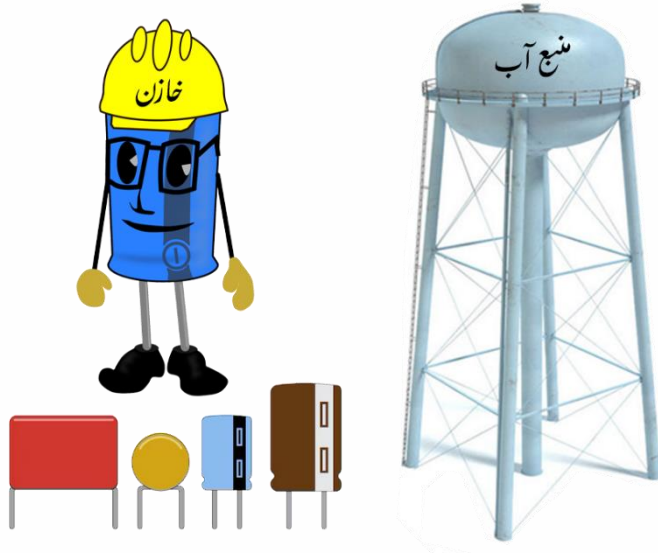
۲ صفر، ۱

۱ ۱، ۱



## خازن

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



### ظرفیت یک خازن

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

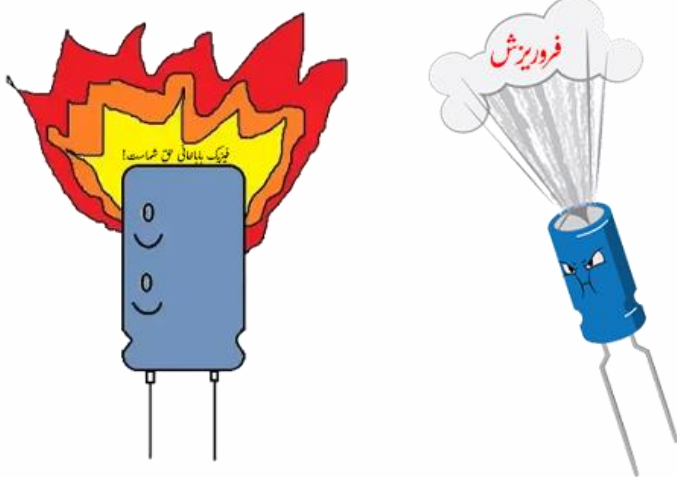
$$C = \frac{K \epsilon A}{d} \quad C = \frac{q}{V}$$

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



### فروریزش خازن

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



### قدرت (استقامت) دی الکتریک چیست؟

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

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

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

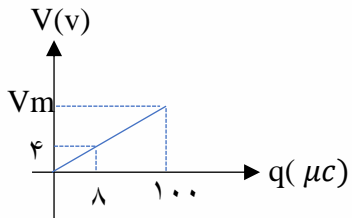
فرض کنید خازنی را نخست توسط یک باتری باردار و سپس از باتری جدا کرده ایم. اکنون فضای داخل این خازن را با یک دی الکتریک پر می‌کنیم. توجه کنید که دی الکتریک ها بر دو نوع اند: قطبی و غیرقطبی. وقتی یک دی الکتریک قطبی (مانند آب)، در میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن قرار می‌گیرد، سر منفی مولکول‌های دوقطبی به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



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

- (۱) ۵۲۰ درصد کاهش (۲) ۴۰۰ درصد افزایش (۳) ۴۲۰ درصد افزایش (۴) ۳۰۰ درصد افزایش

**تست:** نمودار زیر مربوط به خازنی است که فاصله بین صفحات آن 4mm می باشد. پتانسیل فروریزش چند ولت و قدرت و استقامت دی الکتریک (بیشینه میدان قابل تحمل خازن) چند  $\frac{V}{mm}$  است؟



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

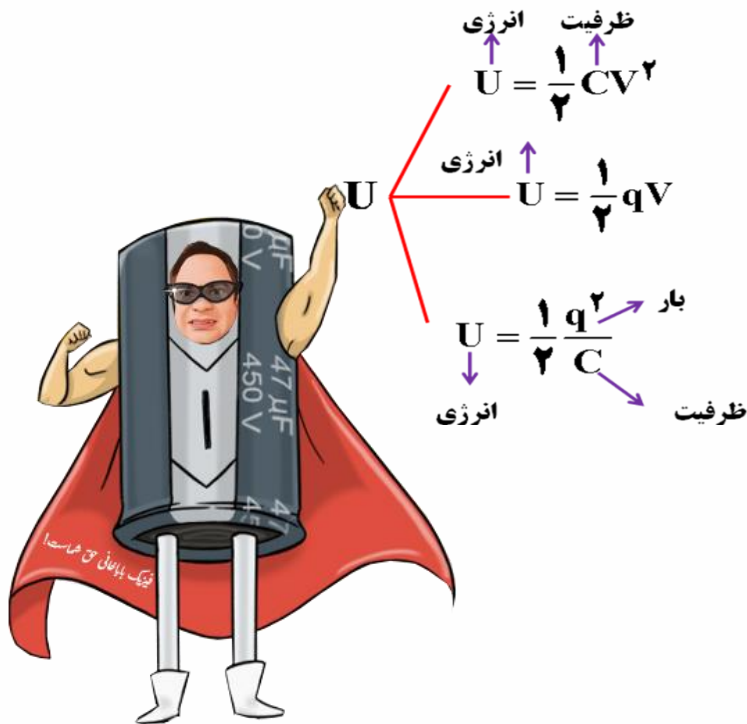
$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow C = \frac{8 \times 10^{-6}}{4} = 2 \times 10^{-6} F = 2 \mu F$$

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

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

### انرژی ذخیره شده در خازن ها

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



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

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

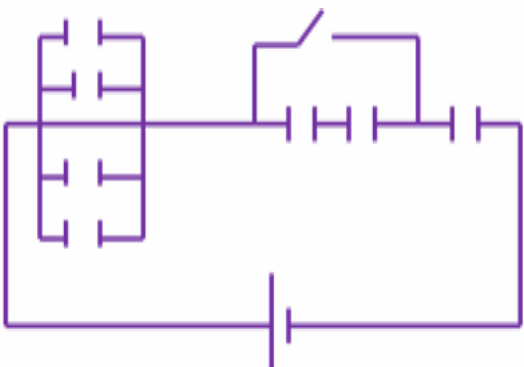
**تست:** در شکل مقابل در تمامی خازن ها فاصله دو صفحه از هم ۳ میلی متر و مساحت مشترک صفحات ۵ سانتیمتر مربع و  $\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12}$  و جنس دی الکتریک هوا باشد، پس از بستن کلید K انرژی ذخیره شده در کل مدار چند میلی ژول می شود؟ (باتری ۲۰ ولتی است)

(۱)  $3 \times 10^{-7}$

(۲)  $3 \times 10^{-10}$

(۳)  $3 \times 10^{-12}$

(۴) هیچکدام از گزینه ها صحیح نمی باشد.





**تست:** خازن تختی به ظرفیت  $2\mu F$  دارای بار الکتریکی می باشد. در حالی که این خازن به مولد متصل نیست بار  $-2\mu C$  را از صفحه ی مثبت جدا کرده و به صفحه ی منفی منتقل می کنیم در نتیجه انرژی ذخیره شده در خازن  $7\mu J$  افزایش می یابد. اختلاف پتانسیل دو سر خازن در حالت اول چند ولت است؟

۶ (۴)

۲ (۳)

۴ (۲)

۳ (۱)

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به این که  $-2\mu C$  بار از صفحه ی مثبت جدا شده و به صفحه ی منفی منتقل شده است، بار الکتریکی ذخیره شده در خازن به اندازه ی  $2\mu C$  افزایش می یابد.

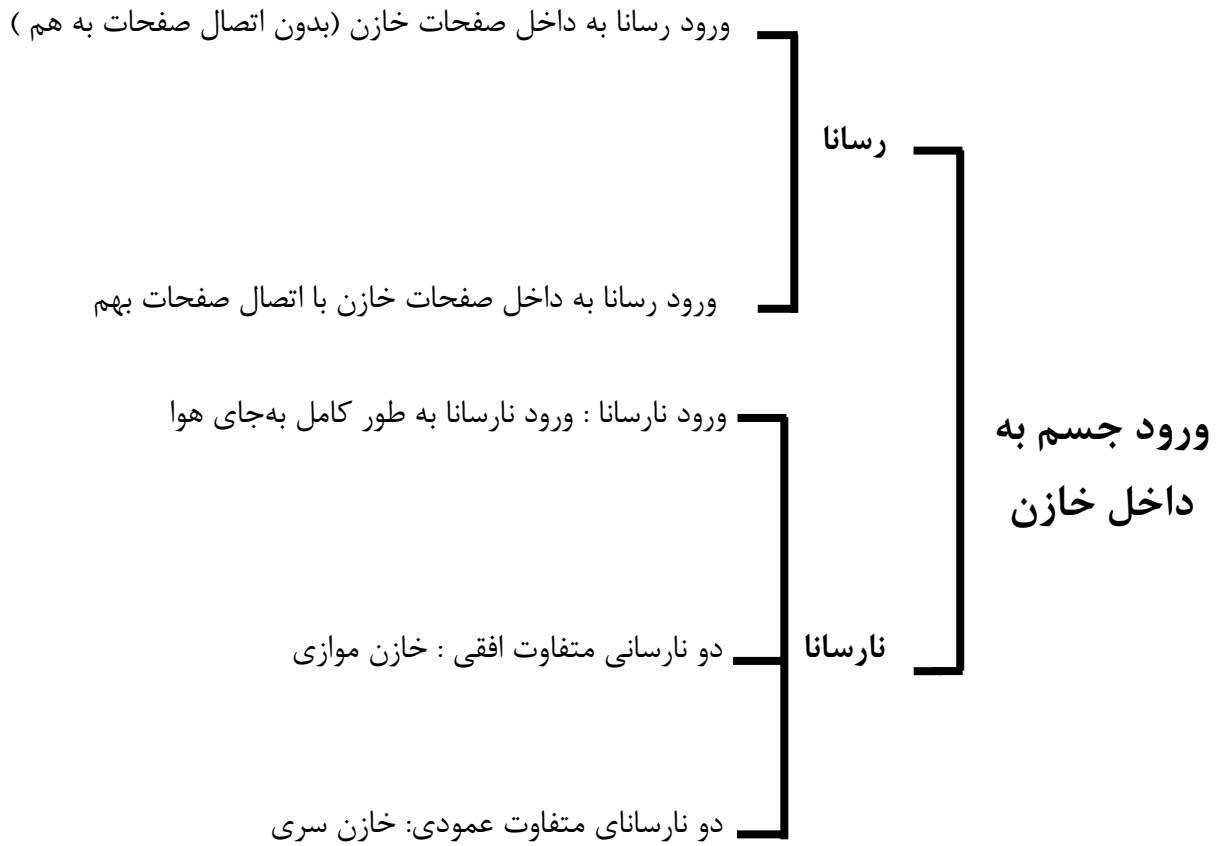
$$U_2 = U_1 + 7 \rightarrow \frac{1}{2} \frac{Q_2^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C} + 7 \xrightarrow{C=2\mu F, Q_2=Q_1+2\mu C} \frac{1}{2} \frac{(Q_1 + 2)^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{2} + 7$$

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

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



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







## نکات مربوط به تغییر ساختمان فیزیکی خازن ها

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

### نکات انگول کردن خازن!



$C \Rightarrow n$  برابر

$V \Rightarrow$  ثابت

$q \Rightarrow n$  برابر

$U \Rightarrow n$  برابر

حین اتصال به مولد

دستکاری صفحات

$C \Rightarrow n$  برابر

$V \Rightarrow \frac{1}{n}$  برابر

$q \Rightarrow$  ثابت

$U \Rightarrow \frac{1}{n}$  برابر

پس از جدا کردن از مولد

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

**مثال:** خازنی را از مولدش جدا می کنیم اگر مساحت را ۵ برابر و فاصله دو صفحه را نصف کنیم در این صورت، اختلاف پتانسیل، بار و انرژی ذخیره شده هر یک چند برابر می شود؟



**تست:** همچنان که خازن تختی به مولدش متصل است، مساحت مشترک آنها را  $1/6$  برابر و فاصله صفحات از هم را نصف می‌کنیم، ظرفیت خازن و انرژی ذخیره شده در آن به ترتیب از راست به چپ هر یک چند درصد تغییر می‌کنند؟

- (۱)  $220-220$       (۲) بدون تغییر  
 (۳)  $3/2 - 3/2$       (۴) هیچکدام

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

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



### Home work 5

۱) چه تعداد از موارد زیر درست است؟

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

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

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

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

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

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

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

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

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

۰/۸۱ (۴)

۲/۷ (۳)

۹ (۲)

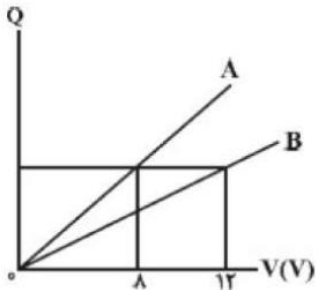
۰/۹ (۱)

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

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

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

یک در نظر بگیرید.)



$\frac{3}{2}$  (۴)

$\frac{3}{8}$  (۳)

$\frac{1}{2}$  (۲)

$\frac{2}{3}$  (۱)

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

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

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

$9 \times 10^6$  (۴)

$9 \times 10^4$  (۳)

$3 \times 10^6$  (۲)

$3 \times 10^4$  (۱)



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

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

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

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

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

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

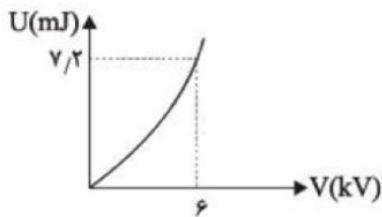
۸) ظرفیت خازنی  $10\mu\text{F}$  و بار الکتریکی ذخیره شده در آن  $12\text{mC}$  است. چند میلی‌کولن بار منفی از صفحه‌ی مثبت جدا کرده و به صفحه‌ی منفی منتقل کنیم تا انرژی ذخیره شده در خازن  $1250\text{mJ}$  افزایش یابد؟

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

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

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

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



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

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

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

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

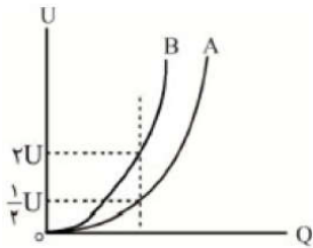
- ۱)  $4/5$       ۲)  $18$       ۳)  $4/5 \times 10^3$       ۴)  $18 \times 10^3$



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

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

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



- ۱ ۳ ۲ ۲۴ ۳ ۴۸ ۴ ۶

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

- ۱ ۶۴ ۲ ۳۶ ۳ ۱۸ ۴ ۸۲

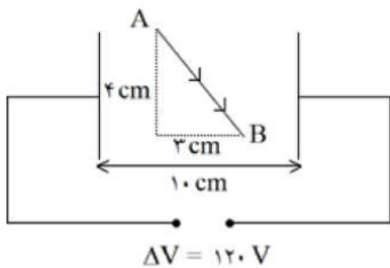
۱۶ ظرفیت خازنی  $12 \mu F$  و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه‌ی آن  $V_1$  است. اگر  $6 \mu C$  بار الکتریکی را از صفحه‌ی منفی آن به صفحه‌ی مثبت انتقال دهیم، انرژی ذخیره شده در آن  $28/5 \mu J$  کاهش می‌یابد.  $V_1$  چند ولت است؟

- ۱ ۵ ۲ ۱۰ ۳ ۱۵ ۴ ۲۰

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

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

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



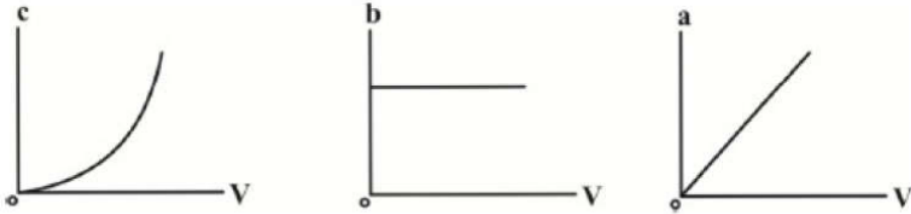


۱۹ ذره‌ی باردار  $q$  به جرم یک گرم در فضای بین دو صفحه‌ی رسانای افقی که فاصله‌ی آنها از هم  $2\text{ cm}$  و دارای بارهای الکتریکی مثبت و منفی با اندازه‌ی یکسان هستند، به حالت معلق قرار دارد. اگر جهت میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحه‌ها به سمت پایین و اندازه‌ی اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آنها برابر با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

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

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

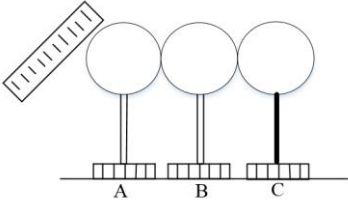
۲۰ تغییرات کمیت‌های  $a$ ،  $b$  و  $c$  مربوط به یک خازن برحسب اختلاف پتانسیل دو سر آن رسم شده است.  $a$ ،  $b$  و  $c$  به ترتیب از راست به چپ، چه کمیت‌هایی می‌توانند باشند؟ (ساختار خازن تغییری نمی‌کند.)



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

### Final Home work

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



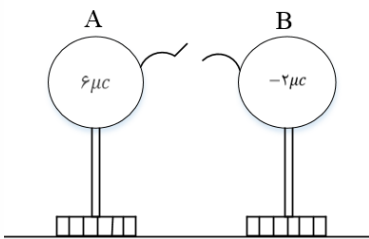
۱ (۱)

۱- (۲)

$\frac{1}{2}$  (۳)

$-\frac{1}{2}$  (۴)

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



۱ (۱) الکترون - A - B

۱ (۲) پروتون - B - A

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

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

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

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

۲ (۲)  $5 \times 10^{19}$

۱ (۱)  $5 \times 10^{13}$

۴ (۴)  $2/5 \times 10^{19}$

۳ (۳)  $2/5 \times 10^{13}$



۴- عدد اتمی لیتیوم برابر ۳ است. اگر دو الکترون از اتم این عنصر گرفته شود، تبدیل به یون دو بار مثبت می شود. مقدار بار الکتریکی هسته ی لیتیوم چند میکرو کولن بیش تر از مقدار بار الکتریکی این یون است؟  $(e = 1/6 \times 10^{-19} C)$

(۱)  $3/2 \times 10^{-19}$  (۲)  $3/2 \times 10^{-13}$

(۳)  $1/6 \times 10^{-19}$  (۴)  $1/6 \times 10^{-13}$

۵- یک میله شیشه ای را به پارچه ابریشمی مالش داده و سپس به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم. ورقه های الکتروسکوپ نخست بسته و سپس باز می شوند، بار الکتروسکوپ از چه نوع بوده است؟

جریان الکتریسیته مالشی
انتهای مثبت
شیشه
ابریشم
انتهای منفی

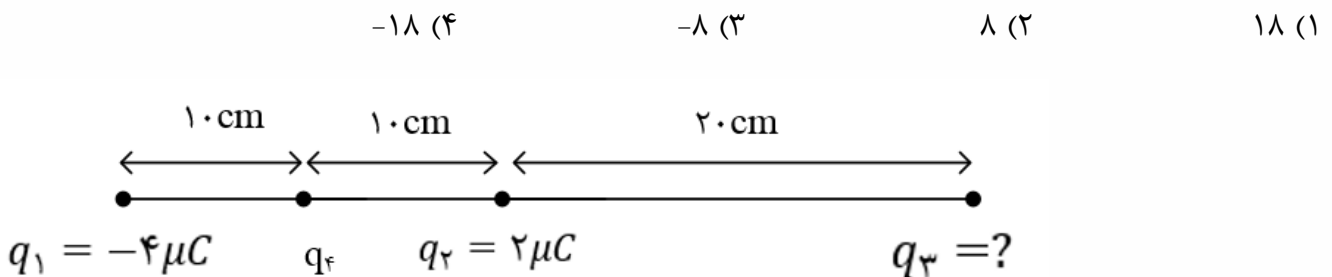
(۱) مثبت

(۲) خنثی یا مثبت

(۳) منفی

(۴) خنثی یا منفی

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

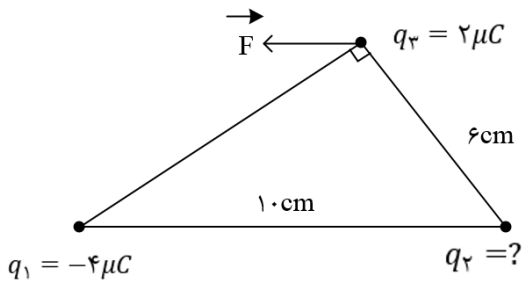






۷- سه بار نقطه ای مطابق شکل در جای خود ثابت شده اند. بر آیند نیروهایی که بارهای  $q_1$  و  $q_2$  بر بار  $q_3$  وارد می کنند (نیروی  $\vec{F}$  موازی با قاعده مثلث است. بار  $q_2$  چند میکروکولن است؟

- (۱) ۳      (۲) ۴      (۳)  $\frac{9}{4}$       (۴)  $\frac{27}{16}$



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

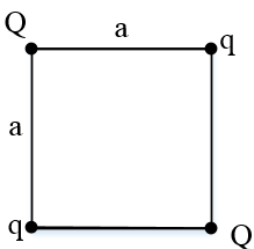
- (۱) ۱۲ و -۶      (۲) ۱۰ و -۴      (۳) ۹ و -۳      (۴) ۸ و -۲

۹- دو بار الکتریکی نقطه ای  $q_1$  و  $q_2 = 2q_1$  در فاصله ی  $r$  از هم قرار دارند و به هم نیروی دافعه وارد می کنند. چند درصد از بار  $q_2$  را به  $q_1$  منتقل کنیم تا در همان فاصله، نیروی دافعه ی بین بارهای الکتریکی بیشینه شود؟

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

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

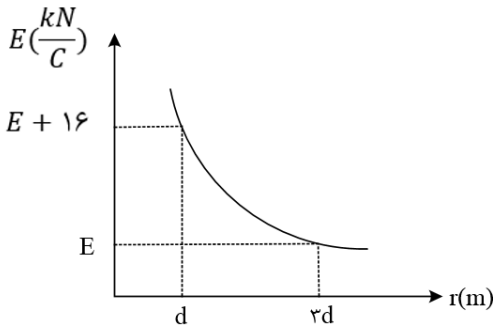
- (۱)  $2\sqrt{2}$       (۲)  $-2\sqrt{2}$       (۳)  $\sqrt{2}$       (۴)  $-\sqrt{2}$





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

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

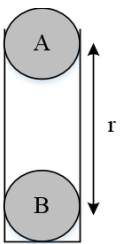


۱۲- دو ذره بارداری یکی به جرم  $M$  و بار الکتریکی  $+Q$  و دیگری به جرم  $\frac{M}{2}$  بار الکتریکی  $-2Q$  در میدان الکتریکی یکنواخت  $\vec{E}$  ثابت نگه داشته شده اند. فاصله ی دو بار از یک دیگر چه قدر باشد تا پس از رها شدن، در همان فاصله نسبی اولیه نسبت به هم باقی بمانند؟ (میدان الکتریکی در امتداد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

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

۱۳- در شکل زیر، دو گوی  $A$  و  $B$  به جرم های  $m_A = 0.2$  گرم و  $m_B = 0.4$  گرم در فاصله ی  $r$  از یکدیگر قرار گرفته اند. اگر  $q_A = 2\mu C$  و  $q_B = 4\mu C$  باشد و گوی  $A$  به حالت معلق بماند،  $r$  چند متر است؟

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



۱۴- دو بار الکتریکی  $q_1 = q$  و  $q_2 = 2q$  در فاصله ی  $r$  از هم نیرویی به بزرگی  $F$  به یک دیگر وارد می کنند، درصدی از بار  $q_2$  را برداشته و به بار  $q_1$  اضافه می کنیم تا اندازه ی نیروی الکتریکی وارد شده به آنها بیشینه شود، در این صورت اندازه ی نیروی الکتریکی که بارهای جدید در فاصله ی  $r$  از هم به یک دیگر وارد می کنند، چند برابر  $F$  می شود؟

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

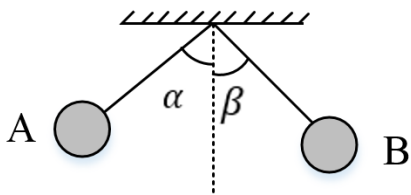


۱۵- در شکل مقابل، دو گلوله فلزی دارای بار الکتریکی هم نام بوده و در حالت تعادل قرار دارند. در این صورت کدام گزینه در مورد زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  صحیح می باشد؟ (گلوله ها در یک ارتفاع A p قرار دارند.)  
 (۱) در هر شرایطی  $\beta = \alpha$  است.

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

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

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



۱۶- در شکل زیر، فنر به طول عادی ۲۰cm نارسانا است و بار الکتریکی دو گلوله به ترتیب  $q_1 = +4\mu C$  و  $q_2 = +10\mu C$  است. اگر ثابت فنر  $40 \frac{N}{m}$  باشد، افزایش طول فنر چند سانتی متر می شود؟ ( $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ )

۴۰ (۴)

۲۰ (۳)

۱۰ (۲)

۵ (۱)

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

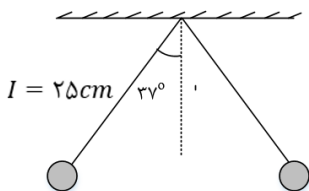
۱۷- در شکل زیر دو گلولهی هم جرم دارای بارهای برابر  $3\mu C$  در حال تعادل هستند، جرم گلوله ها چند گرم است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$  ,  $\sin 37^\circ = 0.6$  ,  $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ )

۵۷۶ (۴)

۱۲۰ (۳)

۳۲۰ (۲)

۱۶۰ (۱)

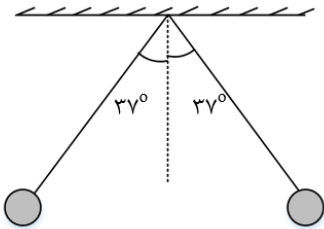




۱۸- در شکل زیر، دو گلوله ی کوچک مشابه به جرم ۴۰ گرم با بارهای الکتریکی  $+1\mu C$  و  $+3\mu C$  متصل به نخ های سبک، عایق و هم طولی در حال تعادل قرار دارند. طول هر کدام از نخها چند سانتی متر است؟

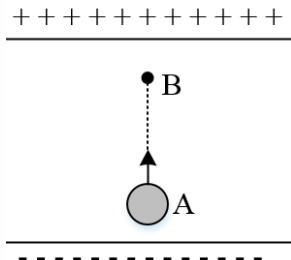
$$(g = 10 \frac{m}{s^2}, \sin 37^\circ = 0/6, \cos 37^\circ = 0/8, k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$$

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



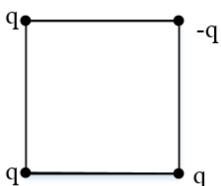
۱۹- مطابق شکل زیر ذره بارداری به جرم ۲۰g و بار الکتریکی  $0/5\mu C$  را در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی  $6 \times 10^5 \frac{N}{C}$  که راستای آن قائم است، با تندی  $2 \frac{m}{s}$  از نقطه A به سمت بالا پرتاب می کنیم. اگر جهت حرکت بار در نقطه B عوض شود، فاصله AB چند سانتی متر می باشد؟ (از مقاومت هوا صرف نظر کنید.)

- ۴۰ (۴)      ۸۰ (۳)      ۸ (۲)      ۴ (۱)



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

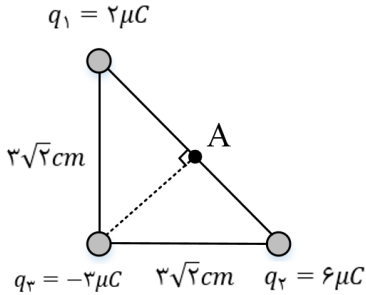
- $\frac{\sqrt{2}kq}{2a^2}$  (۴)       $\frac{2\sqrt{2}kq}{a^2}$  (۳)       $\frac{2kq}{a^2}$  (۲)       $\frac{kq}{a^2}$  (۱)





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

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

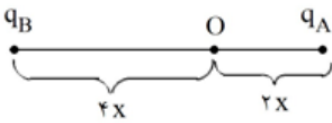


۲۲- یک قطره روغن به جرم  $2 \times 10^{-3} \text{ mg}$  و بار الکتریکی  $-4 \times 10^{-12} \text{ C}$  بین دو صفحه ی موازی باردار افقی قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه چند نیوتون بر کولن و جهت آن به کدام سمت باشد تا قطره ی روغن به حال تعادل قرار گیرد؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )

- (۱)  $5 \times 10^3$ ، بالا (۲)  $2 \times 10^4$ ، بالا  
(۳)  $5 \times 10^3$ ، پایین (۴)  $2 \times 10^4$ ، پایین

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

- (۱) ۸ (۲) -۸ (۳) ۴ (۴) -۴





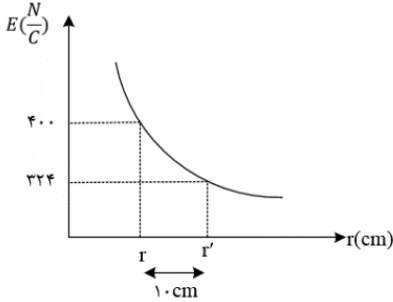
۲۴- در نمودار شکل زیر، اندازه ی میدان الکتریکی حاصل از ذره ی باردار  $q$  بر حسب فاصله از آن نشان داده شده است.  $r$  بر حسب سانتی متر و اندازه ی بار  $q$  بر حسب میکروکولون به ترتیب از راست به چپ چقدر است؟

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

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

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

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



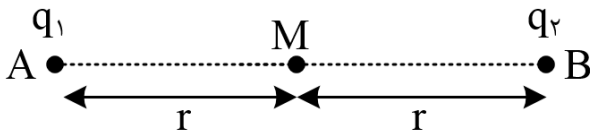
۲۵- دو بار الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  در نقاط A و B مطابق شکل قرار دارند. اندازه میدان الکتریکی در نقطه M وسط خط واصل دو بار،  $\vec{E}$  می باشد. اگر بار  $q_1$  را خنثی کنیم، اندازه میدان الکتریکی در همان نقطه  $-\frac{\vec{E}}{3}$  می شود، نسبت  $\frac{q_2}{q_1}$  کدام است؟

(۴)  $-\frac{1}{4}$

(۳)  $\frac{1}{4}$

(۲) ۴

(۱) -۴



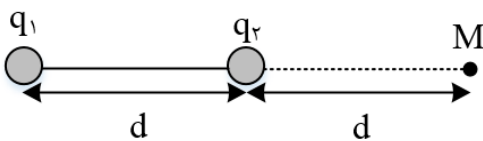
۲۶- در شکل زیر میدان الکتریکی حاصل از دو بار در نقطه M بردار  $\vec{E}$  است. اگر جای دو بار عوض شود، میدان در نقطه M بردار  $-2\vec{E}$  می شود.  $\frac{q_1}{q_2}$  چند است؟

(۴)  $-\frac{2}{3}$

(۳)  $\frac{2}{3}$

(۲)  $\frac{3}{2}$

(۱)  $-\frac{3}{2}$





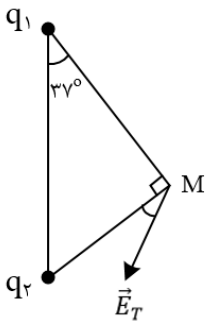
۲۷- میدان الکتریکی برآیند  $q_1$  و  $q_2$  در نقطه  $M$  مطابق شکل زیر است. نسبت  $\frac{q_1}{q_2}$  کدام است؟

(۴)  $-\frac{3}{4}$

(۳)  $-\frac{4}{3}$

(۲)  $-\frac{27}{64}$

(۱)  $-\frac{64}{27}$



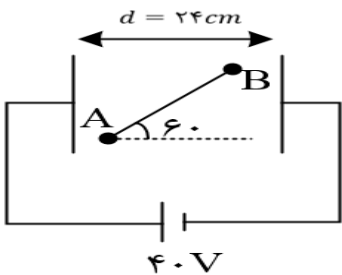
۲۸- در شکل مقابل  $(V_A - V_B)$  چند ولت است؟ ( $L_{AB} = 12\text{cm}$ )

(۴) ۲۰

(۳) ۱۰

(۲) ۳۰

(۱) ۴۰



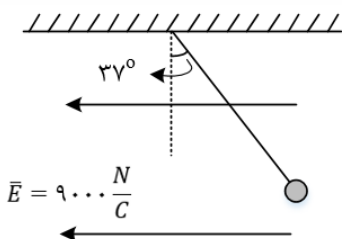
۲۹- مطابق شکل زیر، یک آونگ از نخ نارسانایی آویزان است و درون یک میدان الکتریکی یکنواخت در حالت تعادل قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی را چند نیوتون بر کولن و چگونه تغییر دهیم تا زاویه ی آونگ با راستای قائم  $۱۶$  درجه افزایش یابد؟

(۴)  $۷۰۰۰$  - کاهش

(۳)  $۷۰۰۰$  - افزایش

(۲)  $۶۰۰۰$  - کاهش

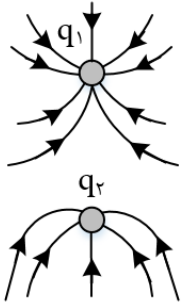
(۱)  $۶۰۰۰$  - افزایش





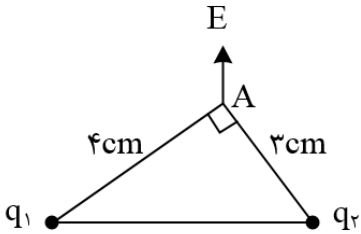
۳۰- خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار الکتریکی نقطه ی  $q_1$  و  $q_2$  مطابق شکل زیر رسم شده است. کدام گزینه در مورد بارهای الکتریکی درست است؟

- (۱) هر دو بار منفی و اندازه ی بار  $q_1$  بیش تر است.  
 (۲) هر دو بار منفی و اندازه ی بار  $q_2$  بیش تر است.  
 (۳) هر دو بار مثبت و اندازه ی بار  $q_1$  بیش تر است.  
 (۴) هر دو بار مثبت و اندازه ی بار  $q_2$  بیش تر است.



۳۱- در شکل زیر میدان برآیند نقطه A بر خط واصل بین دو بار  $q_1$  و  $q_2$  عمود است. نسبت  $\frac{q_2}{q_1}$  برابر کدام گزینه است؟

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



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

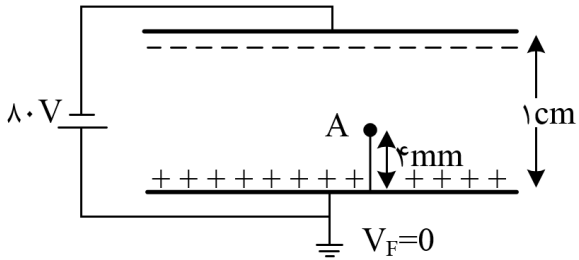
- (۱)  $150$       (۲)  $-150$       (۳)  $-200$       (۴)  $200$





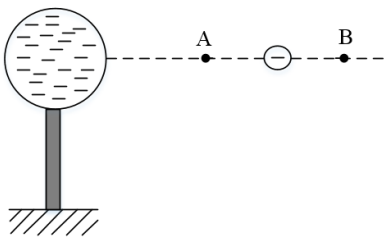
۳۳- دو صفحه رسانای موازی با ابعاد بزرگ را مطابق شکل زیر به یک باتری وصل کرده ایم، پتانسیل نقطه ی A چند ولت است؟

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



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

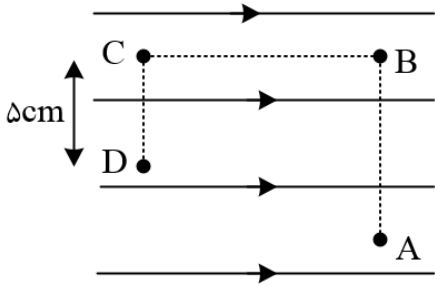
- (۱) بیش تر - کاهش      (۲) بیشتر - افزایش  
(۳) کم تر - کاهش      (۴) کم تر - افزایش





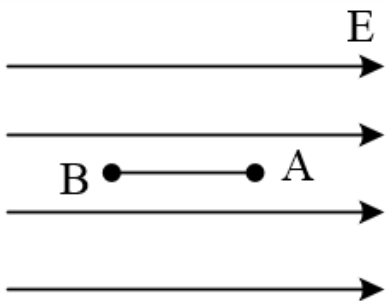
۳۵- مطابق شکل زیر بار  $-2nC$  در میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $1/28 \times 10^7 N/C$  از A تا نقطه B و سپس از B تا C و در نهایت از C تا D جابه جا می شود. اگر کار نیروی الکتریکی در این جابه جایی  $6/4mJ$  باشد، فاصله BC چند سانتی متر است؟ ( $AB = 10 cm, CD = 5cm$ )

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



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

- (۱) کار نیروی الکتریکی وارد بر ذره  $0.04$  ژول است.      (۲) انرژی جنبشی ذره  $0.04$  ژول افزایش می یابد.  
 (۳) کار برابند نیروهای وارد بر ذره منفی است.      (۴) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره  $0.04$  ژول کاهش می یابد.



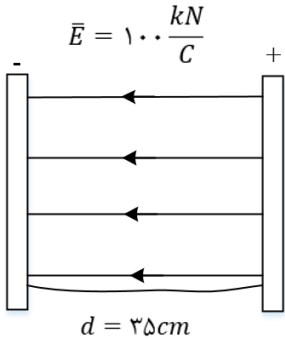
۳۷- اگر  $10\mu C$  بار الکتریکی از صفحه منفی یک خازن با پتانسیل  $V_1 = -12V$  به صفحه ی مثبت آن با پتانسیل  $V_2 = +12V$  منتقل شود، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار، چند ژول است؟

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



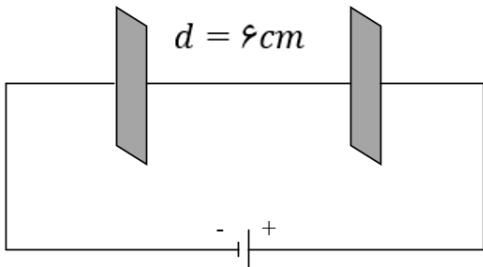
۳۸- در شکل زیر، اگر ذره ای با بار الکتریکی  $+10\mu\text{C}$  و جرم  $4$  گرم در میدان یکنواختی به بزرگی  $E = 100 \frac{\text{KN}}{\text{C}}$  با تندی  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  از صفحه ی منفی به سمت صفحه ی مثبت پرتاب شود، در چند سانتی متری صفحه مثبت، تندی ذره به حداقل می رسد؟

- (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴) ۲۵



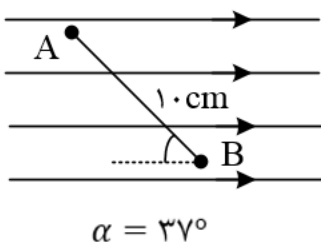
۳۹- مطابق شکل مقابل، در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $5 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$  پروتونی از مجاورت صفحه منفی با تندی اولیه  $V$  پرتاب می شود و در فاصله  $2$  سانتی متری صفحه مثبت متوقف می شود. تندی پرتاب پروتون چند متر بر ثانیه بوده است؟ (فرض کنید پروتون تنها تحت تأثیر نیروی الکتریکی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

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



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

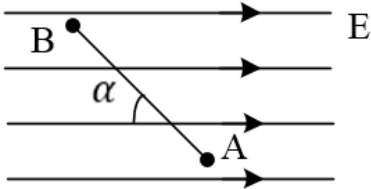
- (۱)  $-50$  (۲)  $+50$  (۳)  $-40$  (۴)  $+40$





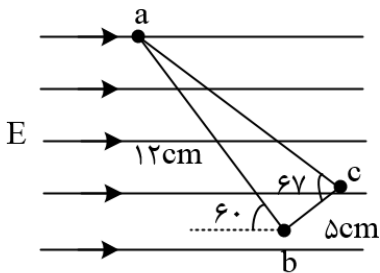
۴۱- مطابق شکل، بار  $q = -20\mu C$  را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 4 \times 10^5 \frac{N}{C}$  از نقطه  $A$  تا  $B$  جابه جا می کنیم. اگر  $AB = 4m$  و  $\alpha = 60^\circ$  باشد، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار  $q$  چند ژول است؟  $(\cos 120^\circ = -\frac{1}{2}, \cos 60^\circ = \frac{1}{2})$

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



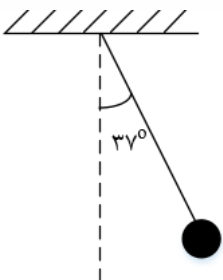
۴۲- در شکل زیر شدت میدان الکتریکی یکنواخت  $5000 \frac{N}{C}$  است. ابتدا از نقطه  $a$  به طرف  $b$  و سپس به نقطه  $c$  می رویم، طوری که امتداد  $ab$  و  $bc$  برهم عمود باشند، اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد شده در این جابه جایی چند ولت است؟  $(\sin 37^\circ = 0/6)$  (زاویه  $b$  داخل مثلث قائمه است)

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



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

- (۱) ۳۰۰      (۲) ۲۵۰      (۳) ۲۰۰      (۴) ۱۵۰





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

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

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

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

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

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

(۱) ۵ (۲) ۱۰ (۳) ۱۵ (۴) ۲۰

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

(۱) ۲۰۰ (۲) ۳۰۰ (۳) ۵۰۰ (۴) ۶۰۰

۴۷- کدام گزینه درباره ی خازن نادرست است؟

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

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

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

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



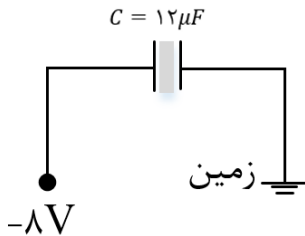
۴۸- در شکل روبه رو خازن را بین زمین و پتانسیل ۸- ولت ثابت وصل کرده ایم. اگر دی الکتریک میان صفحات خازن به ضریب  $K = \frac{4}{3}$  را برداریم، تعداد ..... الکترون از ..... به ..... منتقل می شوند

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

(۲)  $3 \times 10^{14}$  - خازن - زمین

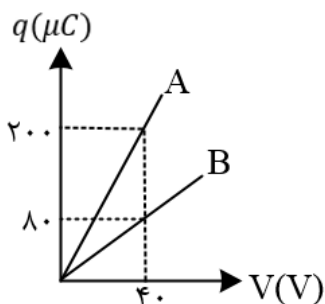
(۳)  $1/5 \times 10^{14}$  - زمین - خازن

(۴)  $3 \times 10^{14}$  - خازن - زمین



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

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



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

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



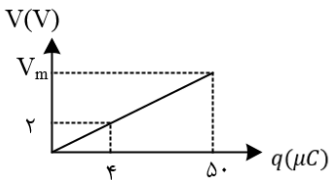
۵۱- خازن تخت بادی الکتریک هوا با ظرفیت  $5\mu F$  را با یک باتری  $20V$  پر می کنیم. آن را از باتری جدا کرده سپس بین صفحات را با عایقی با  $k = 4$  پر می کنیم. اکنون اگر از آن خازن برای روشن کردن فلاش یک دوربین استفاده کنیم و خازن در  $0.5ms$  تخلیه شود، توان تخلیه خازن چند وات می شود؟

- (۱) ۸ (۲) ۴ (۳)  $0.5$  (۴)  $0.25$

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

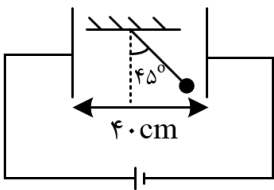
- (۱) ۱۰ (۲) ۳۰ (۳) ۵۰ (۴) ۷۰

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



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

- (۱)  $3\sqrt{2}$  (۲) ۳ (۳)  $6\sqrt{2}$  (۴) ۶



۵۵- خازنی با دو صفحه ی تخت و موازی به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابتی متصل است. اگر ابعاد صفحات خازن  $20\%$  افزایش یابد و هم چنین فاصله ی بین صفحات خازن را با یک دی الکتریک با ضریب ۲ برابر پر کنیم و فاصله ی بین صفحات خازن ۴ برابر شود، انرژی ذخیره شده در خازن و هم چنین بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند درصد و چگونه تغییر می کنند؟

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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





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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

و در نهایت اختلاف این دو مقدار برابر است با:

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



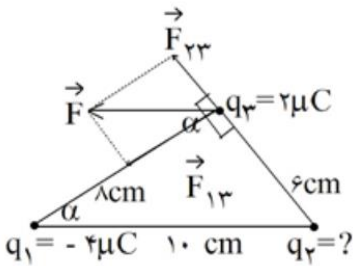
۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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

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

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

۷- گزینه ی ۴ پاسخ صحیح است.



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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

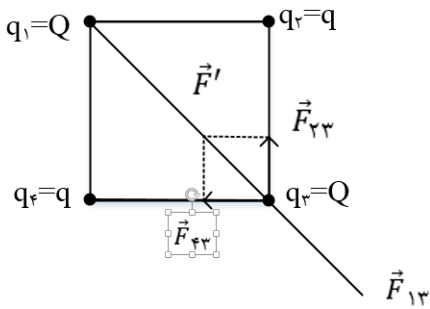
$$q_1' = q_2' = \frac{3q_1}{2}$$

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

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

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

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



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

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

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



۱۱- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

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

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

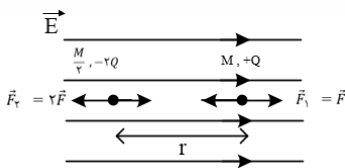
گام دوم: با توجه به گام قبل به این نتیجه رسیدیم که در فاصله  $d$  از بار الکتریکی مورد نظر بزرگی میدان الکتریکی  $18 \frac{kN}{C}$  می باشد. بنابراین در فاصله  $2d$  از بار  $q_1$  بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

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

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

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

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



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

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

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

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

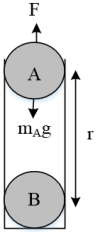
$$\begin{cases} a_1 = a_2 \rightarrow \frac{f - F}{M} = \frac{4F - 2f}{M} \rightarrow f - F = 4F - 2f \rightarrow 3f = 5F \\ f = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q \cdot 2Q}{r^2}, \quad F = EQ \end{cases}$$

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



۱۳- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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



$$F = m_A g$$

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

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

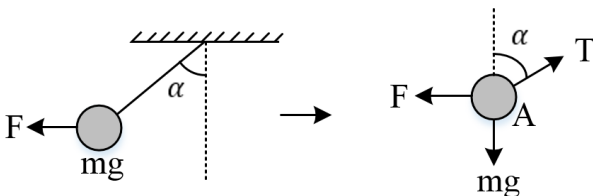
۱۴- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. همان طور که می دانید هنگامی که اندازه ی بارهای الکتریکی با یکدیگر برابر می شود، اندازه ی نیروی الکتریکی وارد شده به آنها بیشینه می شود، بنابراین اگر به اندازه ی  $\frac{1}{2}q$  از بار الکتریکی  $q_2$  کم کرده و به بار الکتریکی  $q_1$  اضافه کنیم، اندازه ی بارها یکسان شده و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

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

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

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

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



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

با توجه به این رابطه، مقدار بار گلوله ها نقشی در اندازه‌ی زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  ندارد.

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

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

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

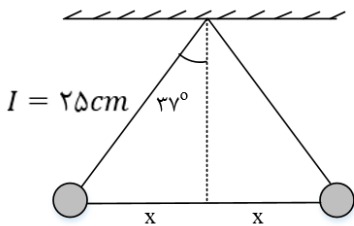
۱۶- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. نیروی الکتریکی بین دو گلوله باید نیروی فنر را خنثی کند:

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

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

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

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



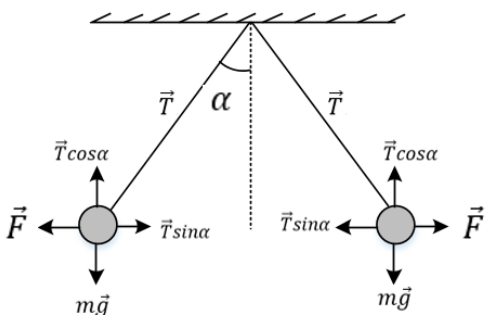
$$\sin 37 = \frac{x}{25} \rightarrow \frac{6}{10} = \frac{x}{25} \rightarrow \frac{3}{5} = \frac{x}{25} \rightarrow x = 15\text{ cm}$$

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

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

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

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



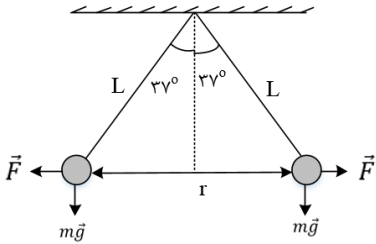


$$\begin{cases} T \sin \alpha = F \\ T \cos \alpha = mg \end{cases} \rightarrow \frac{T \sin \alpha}{T \cos \alpha} = \frac{F}{mg}$$

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

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

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



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

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

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

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

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

طول نخ برابر است با:

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

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

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

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

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



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

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

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

$E_1$  و  $E_2$  بر هم عمودند، بنابراین:

$$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2E^2 + 2E^2} = 2E = 2 \frac{kq}{2a} = \frac{kq}{a^2}$$

۲۱- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

بزرگی میدان حاصل از سه بار در نقطه A برابر است با:

$$E_1 = K \frac{q_1}{r^2} \rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = K \frac{q_2}{r^2} \rightarrow E_2 = 6 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$E_3 = K \frac{q_3}{r^2} \rightarrow E_3 = 3 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

میدان  $E_1$  و  $E_2$  خلاف جهت هم هستند:

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

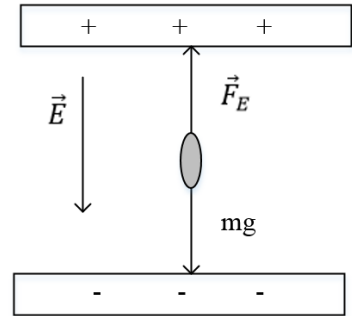
میدان های  $E_{1,2}$  و  $E_3$  بر هم عمودند:

$$E_T = \sqrt{E_{1,2}^2 + E_3^2} = 10^7 \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \times 10^7 \frac{N}{C} = 5 \times 10^7 \frac{N}{m}$$





۲۲- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. شرط تعادل ذره آن است که نیروی الکتریکی وارد بر ذره و نیروی وزن آن هم اندازه و در خلاف جهت یکدیگر باشند. همچنین، چون بار ذره منفی است، بنابراین میدان الکتریکی باید به سمت پایین باشد.



زیرا نیروی الکتریکی وارد بر ذره با بار منفی همواره در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

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

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

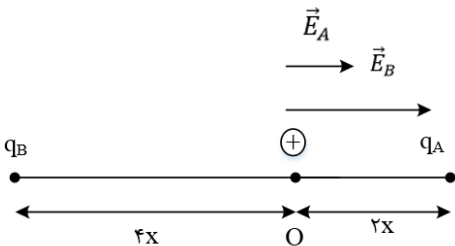
۲۳- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. اگر بار الکتریکی  $q_B$  را خنثی کنیم، میدان الکتریکی باقی مانده در نقطه ی O تنها میدان الکتریکی  $q_A$  است، بنابراین می توانیم نتیجه بگیریم که  $E_A$  برابر  $\frac{1}{3}E$  است و داریم:

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

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

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

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



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



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

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

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

$$r' = 100cm$$

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

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

۲۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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

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

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

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

۲۶- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

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

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

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

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

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

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



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

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

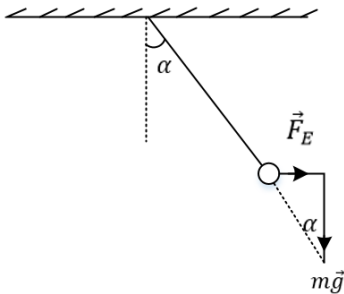
$$\frac{3}{4} = \left| \frac{q_1}{q_2} \right| \times \left( \frac{3}{4} \right)^2 \rightarrow \left| \frac{q_1}{q_2} \right| = \frac{4}{3} \rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -\frac{4}{3}$$

۲۸- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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

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

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



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

برای مقایسه ی دو حالت داریم:

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

در صورت سؤال تغییر بزرگی میدان الکتریکی خواسته شده است:

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

افزایش

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

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



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

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

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

همچنین در مثلث قائم الزاویه ABC می توان نوشت:

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

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

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

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

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

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

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

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

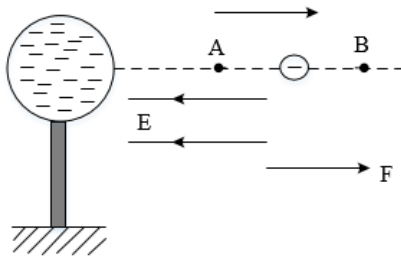
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-0/02}{100 \times 10^{-6}} = -0/02 \times 10^4 = -200V$$

۳۳- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

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



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



۳۵- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

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

کار نیروی الکتریکی در مسیر AB و CD صفر است:

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

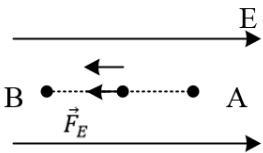
$$\rightarrow 1/28 \times 10^7 \times 2 \times 10^{-9} \times d_{BC} = 6/4 \times 10^{-2}$$

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

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

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

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

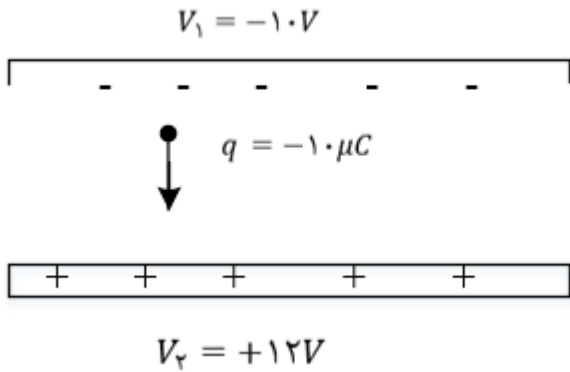


$$\Delta U_E = -W_E \rightarrow \Delta U_E = -0/04J$$

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



۳۷- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



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

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

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

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

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

حال قانون پایستگی انرژی را می نویسیم:

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

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

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

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

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

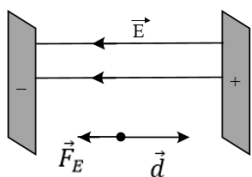
$$\Delta U = 0/2J \rightarrow d = 0/2m = 20cm$$

پس فاصله از صفحه ی مثبت برابر است با:

$$35 - 20 = 15cm$$



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



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

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

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

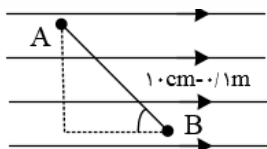
$$= 1/6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^3 \times 0/04 = 3/2 \times 10^{-17}\text{J}$$

از قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

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

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

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



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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

۴۳- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

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

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

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

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

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

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

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





۴۵- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

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

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

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

$$q_2 = 1/5f_1$$

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

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

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

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

۴۶- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

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

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

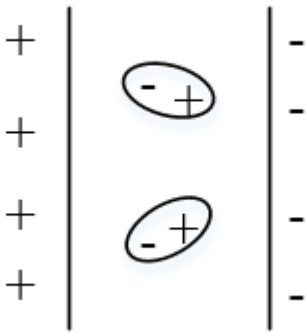
$$U_2 = 3U_1 \rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = 2U_1$$

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

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



۴۷- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



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

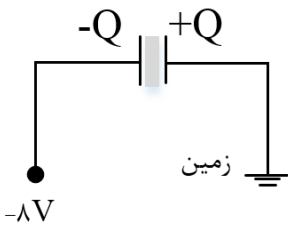
درستی گزینه ی «۲»: دی الکتریک ها ممکن است قطبی (آب،  $NH_3$ ،  $HCl$ ) یا غیر قطبی باشند.

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

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

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

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



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

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

پس بار نهایی خازن برابر می شود با:

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

اندازه تغییرات بار خازن برابر می شود با:

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



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

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

۴۹- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

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

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

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

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

۵۰- گزینه ۴

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

ظرفیت خازن بیش تر است.

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

$$\frac{k}{d_p} = 8 \text{ پلاستیک}$$

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

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

۵۱-

$$Q = cv = \frac{4}{10} = 100 \mu C$$

$$C' = KC = 4 \times 5 = 20 \mu F, Q' = Q = 100 \mu C$$

$$U' = \frac{1}{2} \frac{Q'^2}{C} = \frac{10^{-8}}{2 \times 20 \times 10^{-6}} = 0.25 \times 10^{-3} J$$

$$\bar{P} = \frac{U'}{\Delta t} = \frac{25 \times 10^{-5} J}{5 \times 10^{-4}} = 0.5 W$$



۵۲- گزینه ۳

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\Lambda_1}{\Lambda_2} \Rightarrow \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{r_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} r_1} \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left(\frac{r_1}{\frac{1}{\sqrt{2}} r_1}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{1}{\frac{1}{2}} \Rightarrow \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{100}{64}$$

$$\sigma_2 = 50 \frac{\mu C}{m^2}$$

۵۳- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به  $Q = 4 \times 10^{-6} C$  و  $V = 2V$  ظرفیت خازن را به دست می آوریم:

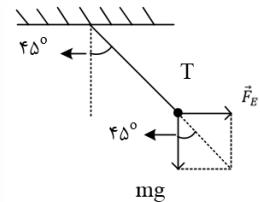
$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow C = \frac{4 \times 10^{-6}}{2} = 2 \times 10^{-6} F = 2 \mu F$$

حال بیشینه ولتاژ قابل تحمل خازن را به دست می آوریم.

$$C = \frac{Q_{max}}{V_{max}} \rightarrow 2 \mu F = \frac{50 \mu F}{V_{max}} \rightarrow V_{max} = 25V$$

$$E_{max} = \frac{V_{max}}{d} \rightarrow E_{max} = \frac{25V}{2mm} = 12/5 \frac{V}{mm}$$

۵۴- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. مطابق شکل زیر نیروهای وارد شده به آونگ مورد نظر را رسم می کنیم. با توجه به این که آونگ در حال تعادل است، باید برابری نیروهای  $F_E$  و  $mg$  در راستای نیروی کشش نخ قرار بگیرد. بدین ترتیب داریم:



$$tg 45^\circ = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{F_E}{mg} = \frac{Eq}{mg} \quad tg 45^\circ = 1$$

$$1 = \frac{E \times 6 \times 10^{-6}}{2 \times 10^3 \times 10^{-3} \times 10} \rightarrow E = \frac{10 N}{3 C}$$

حالا به کمک بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه ی خازن، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه را به دست می آوریم:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} \rightarrow |\Delta V| = E(d) = \frac{10}{3} \times \frac{3}{10} = 1V$$

و در نهایت، انرژی ذخیره شده در خازن به صورت زیر به دست می آید:



$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} (6)(1)^2 = 3\mu J$$

۵۵- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. اگر ابعاد صفحات خازن در حالت اولیه را در نظر بگیریم، زمانی که ۲۰٪ افزایش می یابد، ابعاد آن  $1/2a$  خواهد شد، بنابر این مساحت صفحات خازن  $1/44a^2$  خواهد شد.

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{1/44a^2}{a^2} = 1/44$$

حال محاسبه می کنیم ظرفیت خازن با این تغییرات چند برابر خواهد شد:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} = \frac{2}{1} \times 1/44 \times \frac{1}{4} = 0/72$$

می دانیم زمانی که اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت باشد، انرژی ذخیره شده در آن با ظرفیت خازن رابطه ی مستقیم دارد. در نتیجه:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = 0/72 \rightarrow \text{کاهش یافته } 28\%$$

حال با استفاده از رابطه ی  $Q = CV$  می توانیم درصد تغییرات بار الکتریکی ذخیره شده در خازن را به دست بیاوریم:

$$Q = CV \rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{C_2}{C_1} \rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{0}{72} \rightarrow \text{کاهش یافته } 28\%$$

۵۶- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. در حالت اول،  $V$  ثابت بوده و فاصله دو صفحه را  $\frac{4}{5}$  حالت اول نموده ایم، پس ظرفیت خازن،  $\frac{5}{4}$  حالت اول شده و طبق رابطه  $U = \frac{1}{2} CV^2$  می توان گفت:  $U_2 = \frac{5}{4} U_1$  در حالت دوم،  $Q$  ثابت بوده و فاصله دو صفحه از  $d$  به  $\frac{4}{5}d$  اولیه رسیده است یعنی فاصله صفحه  $\frac{5}{4}$  برابر شده، پس ظرفیت خازن  $\frac{4}{5}$  برابر شده است بنابراین طبق رابطه  $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$  می توان گفت:  $U_3 = \frac{5}{4} U_2$  در نتیجه:

$$U_3 = \frac{5}{4} \left( \frac{5}{4} U_1 \right) \rightarrow U_3 = \frac{25}{16} U_1 \rightarrow \frac{U_3}{U_1} = \frac{25}{16}$$

۵۷- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. انرژی ذخیره شده در خازن به اندازه ی ۸ ژول افزایش می یابد، بنابراین:

$$U_2 = U_1 + 8 \rightarrow U_2 - U_1 = 8J \rightarrow \frac{1}{2} \frac{Q_2^2}{C} - \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C} = 8 \rightarrow \frac{1}{2} \frac{(q + 3 \times 10^{-3})^2}{12 \times 10^{-6}} - \frac{1}{2} \frac{q^2}{12 \times 10^{-6}} = 8$$

$$\rightarrow (q^2 + 9 \times 10^{-6} + 6 \times 10^{-3} \times q) - q^2 = 192 \times 10^{-6} \rightarrow 6 \times 10^{-3} \times q = 183 \times 10^{-6}$$



$$\rightarrow q = \frac{183 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-3}} = 30/5 \times 10^{-3} C$$

۵۸- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. خازن موردنظر را از مولد جدا کرده ایم و بار ذخیره شده در آن ثابت می ماند. الف) اگر مساحت مشترک صفحات خازن را دو برابر کنیم، ظرفیت خازن نیز دو برابر می شود و طبق رابطه  $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$  با دو برابر شدن  $C$ ، انرژی ذخیره شده در خازن، نصف می شود و الف نادرست است.

ب) با نصف شدن فاصله ی صفحات، ظرفیت خازن دو برابر می شود و طبق رابطه ی  $V = \frac{Q}{C}$  اختلاف پتانسیل دو سر خازن، نصف خواهد شد و ب نیز نادرست است.

ج) با سه برابر شدن فاصله ی صفحات خازن، ظرفیت خازن تر برابر می شود و طبق رابطه ی  $V = \frac{Q}{C}$ ، اختلاف پتانسیل دو سر خازن سه برابر می شود و طبق رابطه ی  $E = \frac{V}{d}$ ، چون هم  $V$  و هم  $d$  سه برابر شده اند،  $E$  ثابت می ماند و ج نیز نادرست است.

۵۹- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به این که خازن موردنظر از مولد جدا شده است، بار الکتریکی ذخیره شده در آن ثابت است و طبق رابطه ی  $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ ، انرژی ذخیره شده در خازن با ظرفیت خازن رابطه ی عکس دارد. از طرف دیگر با توجه به اعداد مطرح شده در گزینه ها فاصله ی صفحات کاهش یافته و در نتیجه انرژی خازن کم می شود و داریم:

$$U_2 - U_1 - 6 = 12 - 6 = 6 \mu J$$

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \xrightarrow{\text{ثابت } Q} \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} \rightarrow \frac{6}{12} = \frac{C_1}{C_2} \rightarrow C_2 = 2C_1$$

$$C = \frac{K \epsilon \cdot A}{d} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{C_2=2C_1} 2 = \frac{d_1}{d_2} \rightarrow d_2 = \frac{1}{2} d_1$$

۶۰- گزینه ی ۱ پاسخ صحیح است.

$$U' = 25U \rightarrow \frac{1}{2} \frac{Q'^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \times 25$$

$$\rightarrow Q'^2 = 25Q^2 \rightarrow Q' = 5Q$$

$$\rightarrow Q + 20 \mu C = 5Q \rightarrow Q = 5 \mu C$$

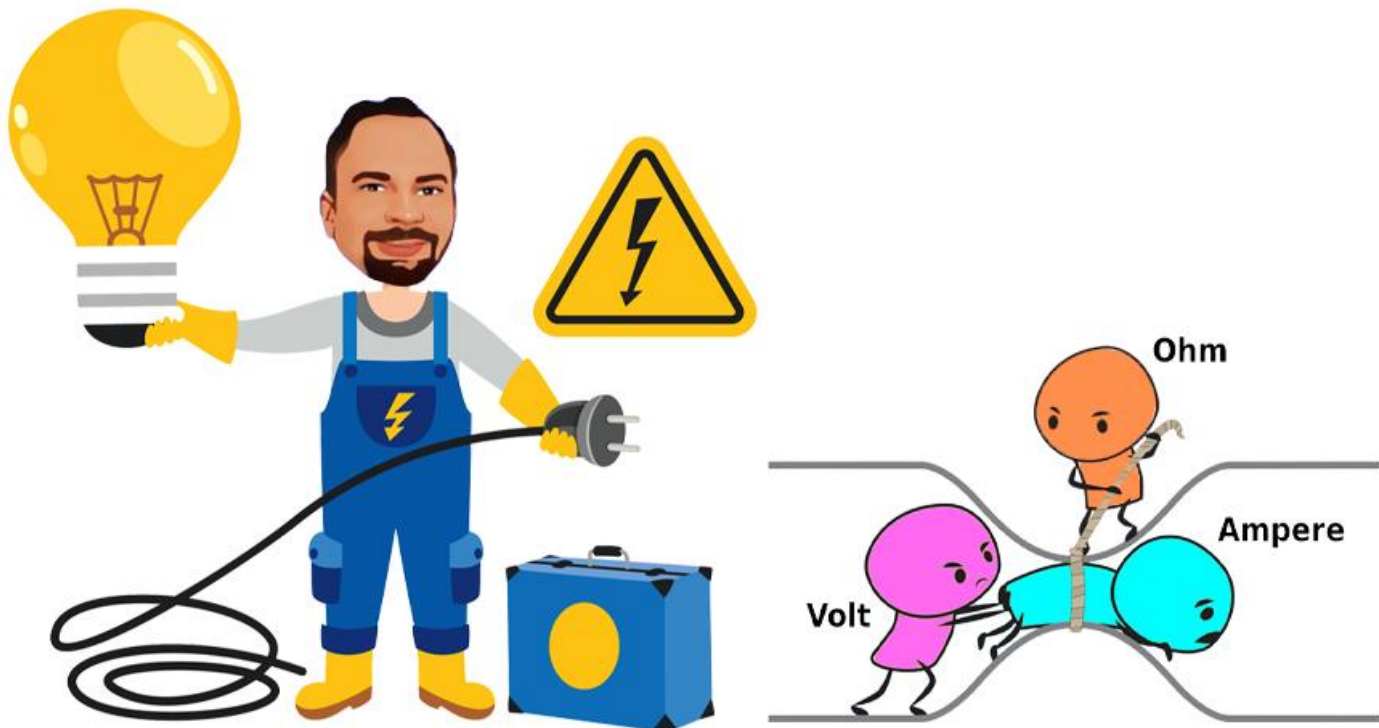
$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \times \frac{25}{10} = 1/25 \mu J$$

$$\Delta U = U' - U = 25U - U = 24U = 24 \times 1/25 = 30 \mu J$$

۶۱- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$q_2 = q_1 + \frac{1}{5} q_1 = \frac{6}{5} q_1$$

$$\Delta U = \frac{1}{2C} (q_2^2 - q_1^2) \rightarrow 16 = \frac{1}{2 \times 22} \left( \frac{36}{25} q_1^2 - q_1^2 \right) \rightarrow q_1 = 40 \mu C$$



# جریان الکتریکی و مدارهای جریان

مهندس مهدی باباخانی

سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴

کارنامه خرد

[www.karnamehkherad.com](http://www.karnamehkherad.com)

استفاده از این جزوات فقط برای دانش آموزانی که در کلاسهای آنلاین یا حضوری بنده در موسسه کارنامه خرد ثبت نام نموده اند.  
استفاده از این جزوه برای سایرین شرعا و اخلاقا حرام میباشد



## جریان الکتریکی و مدارهای جریان

(الکتریسیته جاری)

در فصل قبل (الکتریسیته ساکن) به بررسی برهم کنش‌های بارهای الکتریکی در حالت سکون پرداختیم. در این فصل به بررسی جریان‌های الکتریکی می‌پردازیم که با شارش بارهای الکتریکی از یک ناحیه به ناحیه دیگر به وجود می‌آید. در این فصل، دربارهٔ جریان‌های الکتریکی و مدارهای الکتریکی بحث می‌کنیم (حالت جاری بودن بار). در واقع اینکه جریان الکتریکی بوجود آید باید یک انتقال خالص بار از یک سطح معین رخ دهد که به این منظور نیاز به یک مولد الکتریکی از قبیل باتری داریم تا با ایجاد یک میدان الکتریکی، بارها را در راستای معینی به حرکت درآورد. سرعت سوق: اگر به دو سر سیم یک باتری وصل کنیم، یک اختلاف پتانسیل در دو سر سیم و میدانی الکتریکی درون آن ایجاد می‌شود و باعث حرکت الکترون‌های آزاد در سیم و ایجاد جریان می‌شود در واقع وقتی میدان الکتریکی را به فلز اعمال می‌کنیم، الکترون‌ها حرکت کاتوره ای خود را قدری تغییر می‌دهند و با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق (drift velocity) در خلاف جهت میدان به طور بسیار آهسته ای سوق پیدا می‌کنند که این موجب جریان الکتریکی در رسانا می‌شود.

جریان الکتریکی: اگر بار خالص  $\Delta q$  در بازهٔ زمانی  $\Delta t$  از مقطعی از رسانا می‌گذرد. نسبت  $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$  را جریان

الکتریکی متوسط می‌گوییم.

نکته ۱: همان‌طور که از فصل گذشته به یاد داریم، بار از رابطه  $q = \pm ne$  محاسبه می‌شود.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \cdot ne$$

لحظه ای  ~~$I = \frac{dq}{dt}$~~

متوسط  $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

نکته ۲: جریان الکتریکی از روابط روبرو محاسبه می‌شود

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$







**تست:** معادله بار شارش شده از هر مقطع یک رسانا بر حسب زمان در SI به صورت  $q = t^2 + t$  است.

جریان الکتریکی متوسط در ثانیه سوم چند برابر جریان الکتریکی متوسط در ۳ ثانیه اول است؟

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

ثانیه سوم:  $t=2 \Rightarrow q=2^2+2=6$  (۲)  $\frac{3}{2}$

ثانیه اول:  $t=3 \Rightarrow q=3^2+3=12$  (۳)  $\frac{7}{4}$

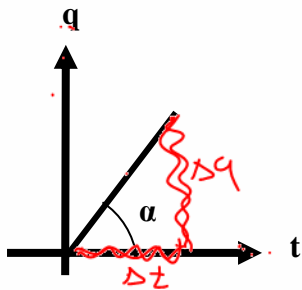
$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{12-6}{3-2} = 6$$

سه ثانیه اول:  $t=0 \Rightarrow q=0$

سه ثانیه اول:  $t=3 \Rightarrow q=12$

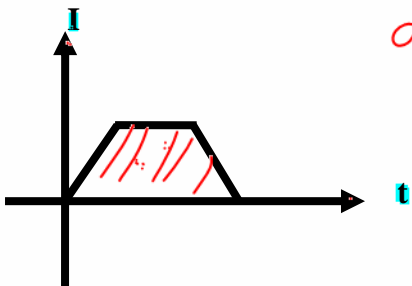
$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{12-0}{3-0} = 4$$

نکته ۳: اگر از معادله بار - زمان مشتق بگیریم به شدت جریان لحظه‌ای می‌رسیم، بدیهی است که انتگرال جریان - زمان بار را به ما می‌دهد و انتگرال همان مساحت زیر نمودار است.



$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I = \tan \alpha$$

نمودار q-t :



$$q = \int I dt$$

$$I = \frac{\text{مساحت}}{\Delta t}$$

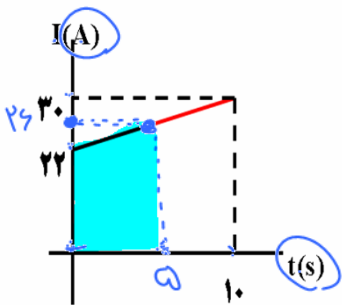
$$\text{مساحت} = \Delta q$$

نمودار I-t :

$$S = \frac{1}{2} \cdot h \cdot \text{طول}$$

**تست:** نمودار جریان الکتریکی عبوری از مقطع یک سیم رسانا بر حسب زمان مطابق شکل زیر است. در ۵

ثانیه اول چند آمپر - ساعت بار الکتریکی از مقطع این سیم عبور کرده است؟



$$\Delta q = \text{مساحت} \Rightarrow$$

$$\Delta q = \frac{22+30}{2} \times 5 = 120 \text{ A}\cdot\text{s}$$

(۱)  $\frac{13}{36}$

(۲) ۱۲۰

(۳)  $\frac{1}{30}$  ✓

(۴) ۱۳۰

$$120 \text{ A}\cdot\text{s} \rightarrow 120 \text{ A}\cdot\text{h}$$

$$\frac{120}{3600} = \frac{1}{30} \text{ A}\cdot\text{h}$$



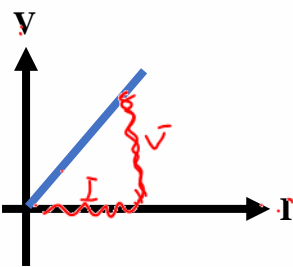
## نکات مربوط به مقاومت و قانون اهم

وقتی در مدار الکتریکی کلید را میبندیم، یک اختلاف پتانسیل در دو سر سیم ایجاد میشود و باعث حرکت الکترونهاي آزاد در سیم مدار میشود. این الکترونها با اتمهای رسانا که در حال نوسانند برخورد میکنند و این موضوع باعث گرم شدن رسانا میشود در واقع الکترونهاي آزاد هنگام حرکت در رسانا همیشه با نوعی مقاومت روبرو هستند. اصطلاحاً میگوییم رسانا دارای مقاومت الکتریکی است تحت یک اختلاف پتانسیل یکسان، دو سیم با مقاومت الکتریکی متفاوت، جریانهای مختلفی را از خود عبور میدهند؛ به طوری که سیم با مقاومت کمتر، جریان بیشتری از خود عبور میدهد و بالعکس

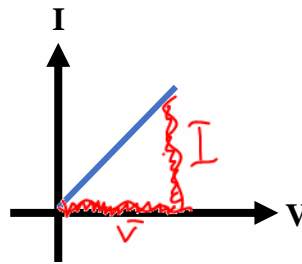
**قانون اهم:** نسبت اختلاف پتانسیل دوسر یک رسانا به جریان عبوری از آن مقدار ثابتی است که به آن مقاومت الکتریکی می گویند.



طبق **قانون اهم** مقاومت الکتریکی به صورت  $R = \frac{V}{I}$  تعریف می شود و در یک رسانای اهمی نمودارهای  $V$  و  $I$  به صورت های زیر است.



$R = \frac{V}{I} \rightarrow R = \tan \alpha = \text{شیب}$



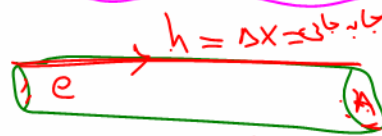
$R = \frac{V}{I} \rightarrow R = \cot \alpha = \frac{1}{\text{شیب}}$

دقت کنید که در رابطه قانون اهم، مقاومت الکتریکی ( $R$ ) و  $V$  بر حسب ولت و  $I$  بر حسب آمپر است و به پاس خدمات علمی آقای اهم این نام بر روی این قانون گذاشته و واحد اندازه گیری مقاومت نیز میباشد **توجه** نمایید که اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت،) مقدار ثابتی باشد، اصطلاحاً گفته میشود آن وسیله از قانون اهم پیروی میکند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای اهمی مینامند این قانون برای فلزات و بسیاری از رساناهای غیر فلزی در دمای ثابت برقرار است با این حال وسیله های زیادی نیز یافت میشود که از این قانون پیروی نمیکنند (همانند دیود نور گسیل LED)



**تست:** سیمی مسی به سطح مقطع ۴ میلیمتر مربع و مقاومت الکتریکی ۲ اهم موجود است. اگر از هر میلیمتر مکعب آن در مدت  $t$  ثانیه در اثر اعمال اختلاف پتانسیل ۲۰۰ ولتی جریان  $I$  (تعداد  $4 \times 10^{20}$ ) لکترون گذر کند، در اینصورت سرعت متوسط حرکت الکترونها در این مدت زمان تقریباً چند متر بر ثانیه بوده است؟

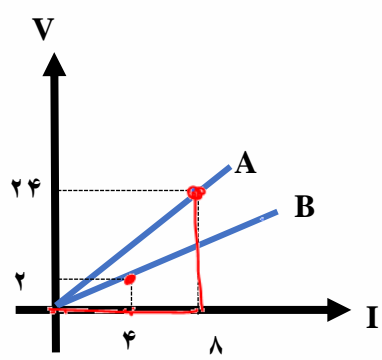
$R = \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{200}{2} = 100 \text{ A}$   
 $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow 100 = \frac{(4 \times 10^{20}) \cdot (1.6 \times 10^{-19})}{t} \Rightarrow t = \frac{64}{100}$



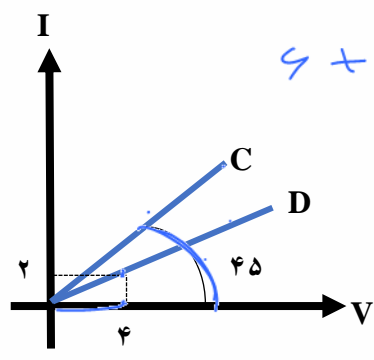
$V = Ah$   
 $1 \text{ mm}^3 = 1 \text{ mm}^2 \cdot h$   
 $h = \frac{1}{1} \text{ mm}$

**تست:** با توجه به نمودار زیر حاصل عبارت  $\frac{R_A}{R_B} + \frac{R_C}{R_D}$  کدامست؟  
 هیچکدام    ۲/۴    ۵/۵    ۶/۵

$\frac{100 \times 10^{-10}}{256} \approx 3.9 \times 10^{-10}$   
 $\frac{1}{1} + \frac{1}{1} = 2$



$R_A = \tan \alpha = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$   
 $R_B = \tan \alpha = \frac{1}{4}$



$R_C = \tan \alpha = \frac{4}{2} = 2$   
 $R_D = \tan \alpha = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$

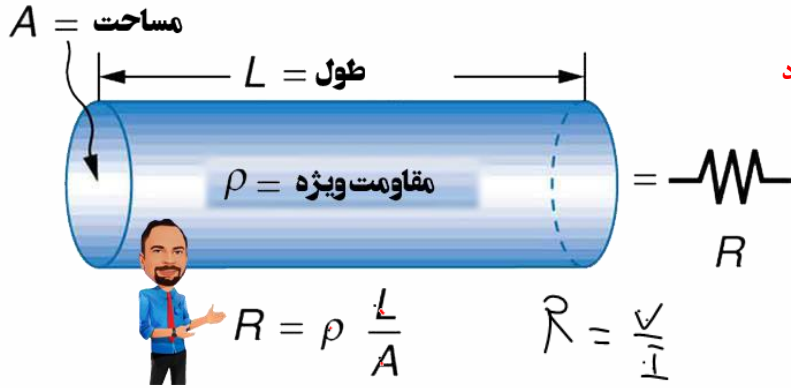


### عوامل موثر بر روی مقاومت الکتریکی اجسام:

مقاومت یک جسم اهمی، با تغییر  $V$  یا  $I$  تغییر نمی‌کنند و فقط زمانی تغییر می‌کند که جنس یا طول یا

مساحت سطح مقطع یا دمای جسم تغییر نماید و از رابطه  $R = \frac{\rho L}{A}$  محاسبه می‌شود در این فرمول  $L$  طول و  $A$  مساحت سطح مقطع و  $\rho$  کمیت ویژه که به آن مقاومت ویژه گفته می‌شود برحسب اهم‌متر بیان میشود عددی است که به جنس ماده بستگی دارد

مقاومت ویژه یک ماده به ساختار اتمی و دمای آن بستگی دارد



**تست:** ولتاژ دوسر یک رسانای  $A$  دو برابر می‌شود (در دمای ثابت) و در رسانای  $B$  سیم را به طور یکنواخت آنقدر می‌کشیم تا طولش ۲ برابر شود و در رسانای  $C$  سیمی را به طور یکنواخت آنقدر می‌کشیم تا قطر

سطح مقطع آن نصف شود، به ترتیب از راست به چپ مقاومت هر سیم چند برابر میشود؟  
یک برابر - چهار برابر - شانزده برابر

$A \Rightarrow R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow R_2 = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow R_2 = R_1$  (یک برابر) - دو برابر - چهار برابر - شانزده برابر  
 $B \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho \frac{L}{2}}{\frac{A}{4}} = 2R_1$  (دو برابر) - چهار برابر - چهار برابر - چهار برابر

$C \Rightarrow R_2 = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow R_2 = \frac{\rho L}{\frac{A}{4}} = 4R_1$  (چهار برابر) - دو برابر - چهار برابر - شانزده برابر  
 $R_2 = \frac{\rho L}{\frac{A}{4}} = 4R_1$  (چهار برابر)

**تست:** سیمی  $A$  را به طور یکنواخت آنقدر می‌کشیم تا طولش ۳ برابر شود و همزمان در دمای ثابت اختلاف پتانسیل دو سر آن را ۲ برابر می‌کنیم، همچنین در دمای ثابت سیم  $B$  را به طور یکنواخت آنقدر می‌کشیم تا قطر سطح مقطع آن یک سوم کاهش یابد. در اینصورت مقاومت سیم‌های  $A$  و  $B$  به ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شوند؟

$A \Rightarrow X^2 = (3)^2 = 9$   
 $\frac{11}{16} - 2$  (۴)  $\frac{11}{16} - 9$  (۳)  $18 - 9$  (۲)  $9 - 9$  (۱)

$B \Rightarrow R_2 = \frac{2}{3} R_1$   
 $(\frac{2}{3})^2 = \frac{11}{16}$



### اثر دما رو مقاومت

وقتی دمای یک رسانای فلزی افزایش می‌یابد، ارتعاشات کاتوره ای اتم‌ها و یون‌های آن نیز افزایش می‌یابد و موجب افزایش برخورد الکترون‌های آزاد با شبکه اتمی رسانای فلزی می‌شود و به این ترتیب، مقاومت رسانا در برابر عبور جریان زیاد می‌شود. ولی در اجسام نیم رسانا افزایش دما باعث کاهش مقاومت می‌شود.

مقاومت ثانویه بعد از تغییر دما از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\rho_2 = \rho_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

$$R_2 = R_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

که ضریب دمایی  $\alpha$  برای اجسام رسانا عددی مثبت و برای اجسام نیم رسانا عددی منفی است.

$$\left[ \begin{aligned} \text{درصد تغییر مقاومت} &= \frac{R_2 - R_1}{R_1} \times 100 \\ \text{درصد تغییر مقاومت} &= \alpha\Delta\theta \times 100 \end{aligned} \right.$$

### دماسنج مقاومتی چیست؟

دماسنج‌های مقاومتی می‌توانند در دماهای بسیار بالا یا بسیار پایین که دماسنج‌های معمولی کار نمی‌کنند، دما را اندازه بگیرند. در واقع از تغییر مقاومت الکتریکی با دما برای ساختن این دماسنج‌های دقیق استفاده می‌شود. معمولاً در این دماسنج‌ها از پلاتین استفاده می‌کنند. زیرا پلاتین تقریباً دچار خوردگی نمی‌شود و نقطه ذوب بالایی دارد.

**تست:** دمای سیمش A را از ۲۸۳ درجه کلونین به ۲۱۰ درجه سانتی گراد، میرسانیم در اثر این کار مقاومت به

اندازه ۰/۹ مقدار اولیه اش می‌شود، همچنین: سیم رسانا B به ضریب دمایی  $\alpha = 4 \times 10^{-3}$  موجود است، اگر

دمای آنرا از ۱۰ به ۶۰ درجه سانتی گراد برسانیم.

به ترتیب از راست به چپ ضریب دمایی و نوع جنس سیم A کدام است؟ و مقاومت سیم B چند درصد افزایش

A:

$$\theta_1 = 10 \Rightarrow \theta_2 = 210 \uparrow$$

(۲)  $+2000$  و رسانا و ۲۵ درصد

(۱) رسانا و ۲۰ درصد

(۴)  $-\frac{1}{2000}$  نیمرسانا و ۲۰ درصد

(۳) نیمرسانا و ۲۵ درصد

$\theta \uparrow \Rightarrow R \downarrow$  نیم رسانا

$$R_2 = R_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 1 + \alpha(200)$$

$$\frac{1}{10} = 1 + \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{-1}{200} = -\frac{1}{2000}$$

B:

$$R_2 = 100 \alpha \Delta\theta$$

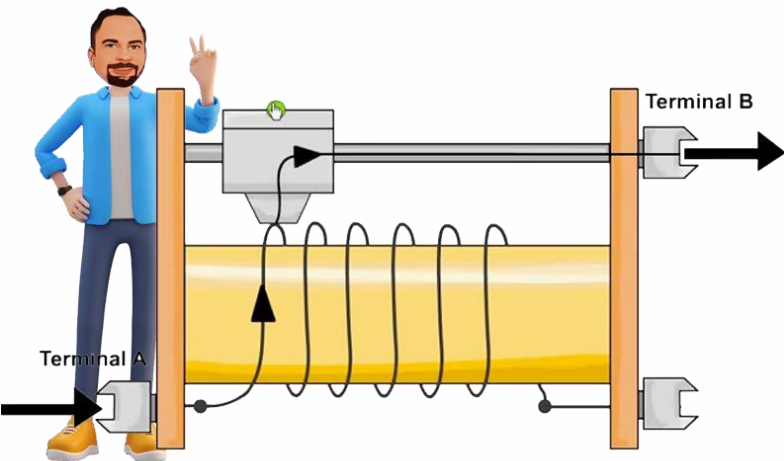
$$R_2 = 100 (4 \times 10^{-3}) 50 = 20\%$$

### انواع مقاومت‌ها و کدگذاری رنگی مقاومت‌های کربنی

#### ۱- مقاومت‌های پیچه ای

این مقاومت‌ها شامل پیچه ای از یک سیم نازک هستند که معمولاً جنس آنها آلیاژهایی مانند نیکروم ۲ (آلیاژ نیکل و کرم) یا آلیاژ مس نیکل منگنز (که به آن منگانیومی گویند) است. این پیچه‌ها عموماً به دور هسته ای از جنس سرامیک، پلاستیک یا شیشه پیچیده شده‌اند و در غلافی از جنس سرامیک قرار گرفته‌اند.

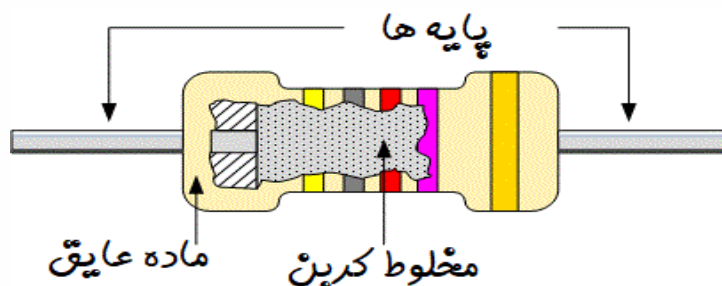
با وجود اینکه این مقاومت‌ها قدیمی ترین نوع مقاومت‌ها است، امروزه همچنان تولید می‌شوند زیرا می‌توانند برای حصول مقاومت‌های پایین بسیار دقیق و همچنین توان‌های بالا ساخته شوند. یکی از انواع مشهور این نوع از مقاومت‌ها، رئوستا نام دارد که در مدارهای الکترونیکی پتانسیومتر نامیده می‌شود. این نوع مقاومت‌ها، متغیر هستند. یک رئوستا از سیمی با مقاومت ویژه نسبتاً زیاد ساخته شده است. این سیم روی استوانه‌ای نارسانا پیچیده شده و با استفاده از دکمه ای لغزنده که روی ریلی در بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در تماس است می‌تواند قسمت دلخواهی از سیم را در مسیر جریان قرار دهد و بنابراین مقدار مقاومت را تغییر دهد و به این ترتیب جریان را در مدار تنظیم و کنترل کند



#### ۲- مقاومت‌های ترکیبی

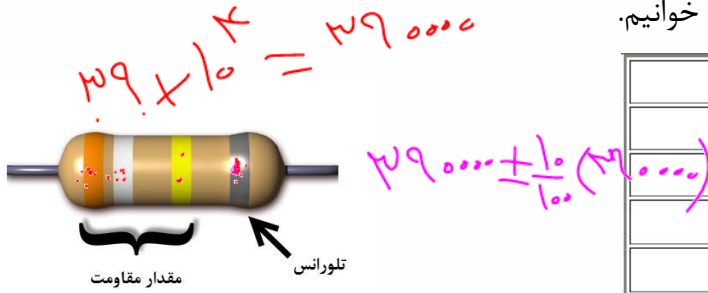
این مقاومت‌ها معمولاً از کربن یا برخی نیمرساناها، ساخته شده‌اند که در داخل پوششی عایق قرار گرفته‌اند. مقدار این مقاومت‌ها یا روی آنها نوشته می‌شود، یا عمدتاً به صورت کدی رنگی نشان داده می‌شود که با ۳ یا ۴ حلقه رنگی روی آنها مشخص می‌شود. دو حلقه اول دوم به ترتیب رقم اول و رقم دوم مقاومت را نشان می‌دهند رقم حلقه سوم ضریبی است به صورت  $10^n$  است که در ستون سوم جدول مشخص شده است

حلقه چهارم یک حلقه طلایی یا نقره ای است که تُلرانس (ضریب خطا) نامیده می‌شود و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت را بر حسب درصد مشخص می‌کند. درصد خطای نوار طلایی ۵ درصد و نوار نقره‌ای ۱۰ درصد و نبود نوار چهارم به معنای آن است که تُلرانس ۲۰ درصد است.





برای خواندن حلقه‌های رنگی، مقاومت را طوری به دست می‌گیریم که حلقه تلرانس در سمت راست قرار گیرد سپس بقیه حلقه‌ها را از سمت چپ به راست می‌خوانیم.

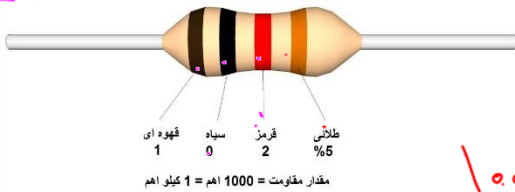


عدد مربوط به آن	رنگ حلقه
0	سیاه
1	قهوه‌ای
2	قرمز
3	نارنجی
4	زرد
5	سبز
6	آبی
7	بنفش
8	خاکستری
9	سفید

$$R = ab \times 10^n \pm \text{درصد خطا} (ab \times 10^n)$$

$$R = \overline{ab} \times 10^{\overline{n}} \pm \text{درصد خطا} (\overline{ab} \times 10^{\overline{n}})$$

$$R = 10 \times 10^2 = 1000$$



تست: مقاومت شکل مقابل کدام گزینه می‌تواند باشد؟

۹۰۰ (۲)

۹۸۰ (۱) ✓

۱۲۰۰ (۴)

۱۱۵۰ (۳)

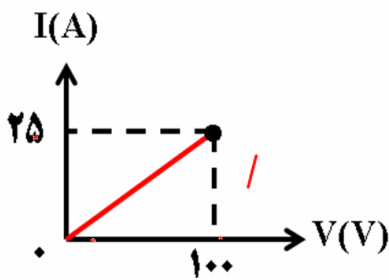
$$1000 \pm \frac{5}{100} (1000)$$

$$1000 \pm 5$$

$$950 \leq R \leq 1050$$

تست: نمودار V-I مقابل متعلق به کدام یک از مقاومت‌های کربنی زیر است؟

(دما ثابت است) (سیاه = ۰، قرمز = ۲، زرد = ۴ و سبز = ۵) (خطای نوار طلایی را صفر در نظر بگیرید)



$$R = \frac{V}{I} = \frac{100}{25} = 4$$

طلایی سیاه زرد سیاه



(۲) ✓

طلایی سیاه سبز قرمز



(۴)

طلایی سبز قرمز سیاه



(۱)

طلایی سیاه سیاه زرد



(۳)

### مقاومت‌های خاص و دیودها

#### ترمیستور

ترمیستور نوعی از مقاومت است که بستگی مقاومت الکتریکی آن به دما با مقاومت‌های الکتریکی معمولی تفاوت دارد. اغلب از ترمیستورها به عنوان حسگر دما در مدارهای حساس به دما مانند زنگ خطر آتش و دماپاها و نیز در دماسنجها استفاده میشود ترمیستورها در ابعاد کوچکی ساخته میشوند و شکلهای متفاوتی دارند که رایجترین آنها دیسکی، مهرهای و میله‌ای است



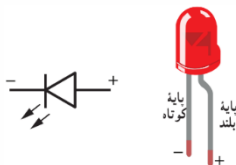
#### مقاومت‌های نوری یا LDR

نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده شده به آن بستگی دارد، به طوری که با افزایش شدت نور، از مقاومت آن کاسته میشود. مثلاً یک LDR در تاریکی مقاومتی چند مگا اهمی دارد، در حالیکه در یک نور مناسب، مقاومت آن به چند صد اهم میرسد. نوعی از این مقاومتها از جنس نیمرسانای خالص، مانند سیلیسیم هستند که با افزایش شدت نور تابیده شده، بر تعداد حاملهای بار الکتریکی آنها افزوده شده و در نتیجه از مقاومت آنها کاسته میشود



#### دیودها

دیود قطعه‌ای است که هرگاه در مداری قرار گیرد، جریان را تنها از یک سو عبور میدهد و مقاومت آن در برابر عبور جریان در این سو ناچیز است به همین دلیل، دیود را اغلب به عنوان یکسو کننده جریان در نظر میگیرند و آن را با نماد شبیه پیکان در مدارهای الکتریکی نشان میدهند. پیکان در این نماد جهتی را نشان میدهد که جریان میتواند از دیود عبور کند دیودها انواع متفاوتی دارند که یکی از معروفترین آنها دیودهای نورگسیل یا LED ها هستند در این دیودها از نیمرساناهایی استفاده میشود که با عبور جریان از آنها LED از خود نورگسیل میکند و بنابراین، مقداری از انرژی الکتریکی به نور تبدیل میشود. بسته به نوع نیمرسانای به کاررفته، رنگ وورگسیل شده از LED میتواند از فروسرخ تا فرابنفش باشد.



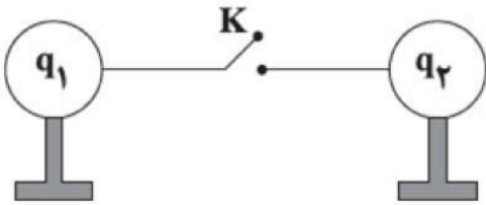


## Home Work 1

۱ در دمای ثابت و در هر ده ثانیه از سطح مقطع سیمی رسانا و همگن به طول  $L$  که به باتری وصل است، تعداد  $25 \times 10^{19}$  الکترون در یک جهت عبور می‌کند. اگر مقاومت ویژه این سیم  $\rho = 2/5 \times 10^{-7} \text{ } \Omega \cdot m$  و بزرگی میدان الکتریکی درون آن  $\frac{2}{5} \times 10^3 \frac{N}{C}$  باشد، سطح مقطع این سیم چند میکرومتر مربع است؟  $(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ } C)$

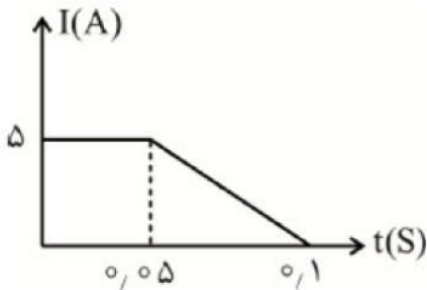
- ۴۰۰ (۱)      ۴ (۲)      ۶/۲۵ (۳)      ۰/۶۲۵ (۴)

۲ مطابق شکل مقابل، دو کره رسانای فلزی کاملاً مشابه، اولی دارای بار  $q_1$  و دومی دارای بار  $q_2 = -12 \mu C$ ، بر روی پایه‌های عایقی قرار دارند. اگر این دو کره را با بستن کلید  $K$ ، توسط سیم فلزی به یکدیگر وصل کنیم،  $0/0018$  طول می‌کشد تا هم‌پتانسیل شوند. در صورتی که در این مدت جریان الکتریکی متوسط ۴ میلی‌آمپر از سیم بگذرد، بار  $q_1$  چند میکروکولن می‌تواند باشد؟



- ۲۰ (۱)      ۱۶ (۲)      -۲۰ (۳)      -۱۶ (۴)

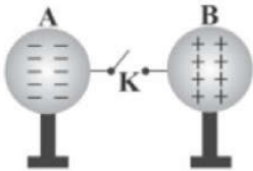
۳ نمودار جریان الکتریکی برحسب زمان عبوری از یک رسانا، در شکل مقابل داده شده است. متوسط جریان عبوری از رسانا تا  $t = 0/1 \text{ } s$  چند میلی‌آمپر است؟



- ۷۵/۳ (۱)      ۷۳/۵ (۲)      ۳۷/۵ (۳)      ۳۵/۷ (۴)



۴ مطابق شکل زیر، دو کره‌ی رسانای فلزی مشابه  $A$  و  $B$  که روی پایه‌های عایق قرار دارند، دارای بارهای الکتریکی  $q_B = +8\mu C$  و  $q_A = -10\mu C$  هستند. با بستن کلید  $K$ ، طول می‌کشد تا دو کره هم‌پتانسیل شوند. شدت جریان الکتریکی متوسط که در این مدت از سیم می‌گذرد، چند آمپر و در چه جهتی است؟



- ۱  $3/5 \times 10^{-3}$  از  $A$  به  $B$
- ۲  $3/5 \times 10^{-3}$  از  $B$  به  $A$
- ۳  $4/5 \times 10^{-3}$  از  $A$  به  $B$
- ۴  $4/5 \times 10^{-3}$  از  $B$  به  $A$

۵ به دو سر سیمی همگن به طول  $18\text{ cm}$  و قطر مقطع  $3\text{ mm}$  اختلاف پتانسیل  $16\text{ V}$  را اعمال می‌کنیم. در مدت یک دقیقه چه تعداد الکترون از مقطع سیم عبور می‌کند؟ ( $m = 9.1 \times 10^{-31}\text{ kg}$ ، مقاومت ویژه‌ی سیم،  $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$  و  $\pi = 3$ )

- ۱  $4/5 \times 10^{20}$
- ۲  $1/8 \times 10^{21}$
- ۳  $9 \times 10^{20}$
- ۴  $1/8 \times 10^{20}$

۶ باتری خودرویی که جریان متوسط  $5\text{ A}$  و اختلاف پتانسیل  $12\text{ V}$  را فراهم می‌سازد، پس از  $10$  ساعت کار مداوم به طول کامل تخلیه می‌شود. اگر این باتری در ابتدا پُر باشد و پس از آن به مدت  $8$  ساعت با جریان ثابت  $5\text{ A}$  کار کند، چند آمپر-ساعت بار درون باتری می‌ماند و در این مدت چه تعداد الکترون از آن خارج می‌شود؟

$$(e = 1.6 \times 10^{-19}\text{ C})$$

- ۱  $9 \times 10^{23}$ ،  $40$
- ۲  $9 \times 10^{23}$ ،  $10$
- ۳  $2/5 \times 10^{20}$ ،  $40$
- ۴  $2/5 \times 10^{20}$ ،  $10$

۷ معادله‌ی بار گذرنده برحسب زمان در SI به صورت  $q = t^2 - 4t + 3$  است. جریان متوسط در کدام بازه‌ی زمانی صفر است؟

- ۱  $1/75\text{ s}$  تا  $2/32\text{ s}$
- ۲  $1/79\text{ s}$  تا  $2/21\text{ s}$
- ۳  $1/68\text{ s}$  تا  $2/45\text{ s}$
- ۴  $1/22\text{ s}$  تا  $2/66\text{ s}$

۸ کدام گزینه صحیح نیست؟

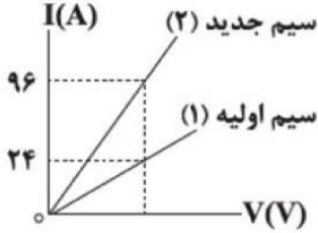
- ۱ جریان الکتریکی در یک رسانا ناشی از شارش بارهای متحرک آن است ولی هر بار متحرکی جریان ایجاد نمی‌کند.
- ۲ بزرگی سرعت حرکت کاتوره‌ای الکترون‌های آزاد در یک سیم مسی از مرتبه‌ی  $10^6 \frac{m}{s}$  است.
- ۳ چنانچه میدان الکتریکی به یک قطعه‌ی فلزی اعمال کنیم، حرکت کاتوره‌ای الکترون‌ها متوقف شده و الکترون‌ها با سرعت سوق حرکت می‌کنند که موجب جریان الکتریکی در رسانا می‌شود.
- ۴ سرعت سوق الکترون‌ها در یک رسانای فلزی، خلاف جهت میدان الکتریکی ایجاد شده است و مقدار آن معمولاً کم‌تر از  $1 \frac{mm}{s}$  می‌باشد.



۹) رسانایی به شکل استوانه‌ای توپر به قطر سطح مقطع  $D_1$  در اختیار داریم. با ذوب کردن این استوانه و ساختن استوانه‌ای توپر دیگری به قطر سطح مقطع  $D_2$ ، مقاومت الکتریکی این رسانا ۶۴ درصد کاهش می‌یابد. نسبت  $\frac{D_2}{D_1}$  برابر کدام گزینه است؟ (دمای رسانا را ثابت در نظر بگیرید.)

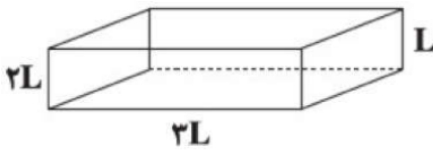
- ۱)  $\frac{\sqrt{15}}{2}$       ۲)  $\frac{\sqrt{60}}{3}$       ۳)  $\frac{\sqrt[3]{15}}{2}$       ۴)  $\frac{\sqrt{15}}{3}$

۱۰) سیم رسانایی را ذوب کرده و با آن سیم جدیدی درست می‌کنیم که طول آن  $n$  برابر طول سیم اولیه است. اگر در اثر ذوب کردن سیم، حجم آن تغییر نکرده باشد و نمودار  $I - V$  سیم‌ها به صورت شکل مقابل باشد،  $n$  کدام است؟



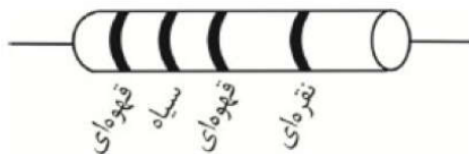
- ۱) ۴      ۲)  $\frac{1}{4}$       ۳) ۲      ۴)  $\frac{1}{2}$

۱۱) طرفین وجه‌های یک مکعب مستطیل فلزی با ابعاد  $L \times 2L \times 3L$  را به اختلاف پتانسیل  $V$  وصل می‌کنیم. نسبت بیش‌ترین جریان الکتریکی به کم‌ترین جریان الکتریکی کدام است؟



- ۱)  $\frac{3}{2}$       ۲) ۳      ۳)  $\frac{9}{4}$       ۴) ۹

۱۲) در مقاومت ترکیبی زیر، ماکزیم مقدار مقاومت چند اهم می‌تواند باشد؟ (سیاه =  $\infty$ ، قهوه‌ای = ۱)



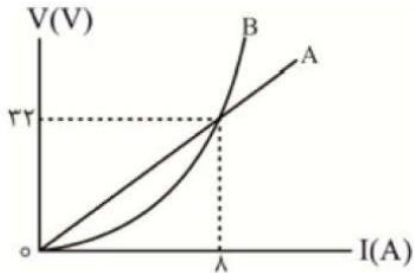
- ۱) ۱۰۰      ۲) ۱۱۰      ۳) ۱۰۵      ۴) ۹۰

۱۳) دو کابل رسانای هم‌طول و هم‌جنس  $A$  و  $B$  مفروض هستند. شعاع سطح مقطع کابل توپر  $A$  برابر با  $2 \text{ mm}$  و شعاع خارجی مقطع کابل توخالی  $B$  برابر با  $2 \text{ mm}$  و شعاع داخلی آن برابر با  $1 \text{ mm}$  است. مقاومت سیم  $B$  چند برابر مقاومت سیم  $A$  است؟

- ۱)  $\frac{1}{2}$       ۲) ۲      ۳)  $\frac{3}{4}$       ۴)  $\frac{4}{3}$



۱۴) نمودار تغییرات  $V - I$  دو مقاومت  $A$  و  $B$  به صورت مقابل است. نمودار مقاومت  $B$  یک سهمی است که رأس آن در  $I = 0$  قرار دارد. بدون تغییر دما، هنگامی که جریان  $I = 12A$  از دو مقاومت می‌گذرد، حاصل  $|R_B - R_A|$  بر حسب اهم کدام است؟



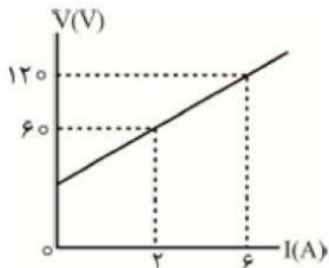
۴ (۴)

۲ (۳)

۸ (۲)

۶ (۱)

۱۵) در شکل مقابل نمودار تغییرات  $V - I$  یک مقاومت الکتریکی نشان داده شده است. این مقاومت از نوع ..... است و مقاومت الکتریکی آن هنگامی که جریان  $4A$  از آن عبور می‌کند برابر  $S$  ..... است.



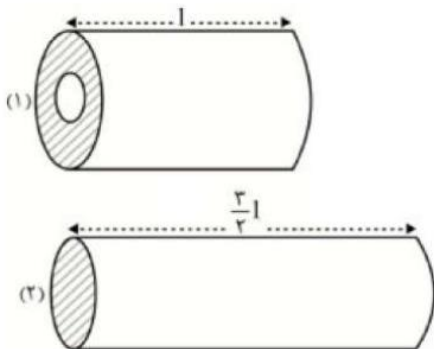
۲۲/۵، غیراهمی، (۴)

۱۵، غیراهمی، (۳)

۲۲/۵، اهمی، (۲)

۱۵، اهمی، (۱)

۱۶) دو رسانای مسی ۱ و ۲ مطابق شکل مقابل را به ترتیب به اختلاف پتانسیل‌های ثابت  $2V$  و  $3V$  وصل می‌کنیم. رسانای ۱، یک پوسته استوانه‌ای به شعاع‌های داخلی و خارجی ۲ و  $3r$  و رسانای ۲ یک استوانه توپر به شعاع  $2r$  است. اگر در مدت زمان یکسان، تعداد الکترون‌های آزاد عبوری از مقطع‌های این دو رسانا به ترتیب  $n_1$  و  $n_2$  باشد، نسبت  $\frac{n_1}{n_2}$  کدام است؟



۹/۴ (۴)

۲ (۳)

۱/۲ (۲)

۲ (۱)



۱۷) کدام عبارت درست است؟


- ۱) با اعمال میدان الکتریکی درون فلز، حرکت کاتوره‌های الکترون‌ها به میزان بسیار زیاد تغییر می‌کند.
- ۲) علت گرم شدن رسانا در هنگام عبور الکترون‌ها از آن، برخورد الکترون‌ها با اتم‌های ساکن مدار است.
- ۳) در نیم‌رساناها با افزایش دما، تعداد حامل‌های بار کاهش می‌یابد و به این علت مقاومت کاهش می‌یابد.
- ۴) مقاومت‌های پیچیده‌ای شامل سیم نازک و جنس آن معمولاً از آلیاژهایی مانند منگانه و نیکروم است.

۱۸) مقاومت یک لامپ که خاموش است، در دمای  $0^{\circ}C$  برابر  $400\ \Omega$  است. وقتی این لامپ با ولتاژ  $160$  ولت روشن می‌شود، دمای رشته لامپ به  $2000^{\circ}C$  می‌رسد، در این حالت جریان عبوری از لامپ چند میلی‌آمپر است؟

$$\left( \alpha = 3 \times 10^{-4} \frac{1}{^{\circ}C} \right)$$

- ۱) ۱۲۵      ۲) ۲۵۰      ۳) ۵۰۰      ۴) ۷۵۰

۱۹) کدام گزینه نادرست است؟

۱) نماد دیود  و نماد ترمیستور  است.

- ۲) ترمیستور نوعی مقاومت است که اساس کار آن تغییر دما است.
- ۳) در مقاومت‌های نوری (LDR) در اثر شدت تابش نور به آن، افزایش مقاومت نشان می‌دهند.
- ۴) در دیوهای LED هنگام عبور جریان، مقداری از انرژی الکتریکی به نور تبدیل می‌شود.

۲۰) چند مورد از عبارتهای زیر نادرست هستند؟

- الف) نخستین LEDهای ساخته شده آبی و سفید بودند.
- ب) نور LEDها به نیم‌رسانایی که در آنها استفاده شده بستگی دارد.
- پ) باتری گوشی‌ها با آمپر ساعت مشخص می‌شود.
- ت) مقاومت ویژه یک ماده به ساختار مولکولی دمای آن بستگی دارد.
- ث) با افزایش شدت نور تابیده به LDR، بر تعداد حامل‌های بار الکتریکی آن‌ها افزوده می‌شود.

- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴



## نیروی محرکه الکتریکی

اگر بخواهیم بارهای الکتریکی را از یک مقاومت الکتریکی عبور دهیم، باید بین دو سر مقاومت یک اختلاف پتانسیل برقرار کنیم.

در واقع برای این کار به یک پمپ یا تلمبه بار نیاز داریم تا جریانی ثابت از بارهای الکتریکی را برقرار کند و چنین وسیله ای که با انجام کار روی بار الکتریکی اختلاف پتانسیل را ثابت نگه می دارد منبع نیروی محرکه الکتریکی نامیده می شود.

**باتری ها، پیل های سوختی و مولدهای الکتریکی** از جمله منابع های نیروی محرکه الکتریکی هستند که در زندگی روزمره کاربرد فراوانی دارند. کار منبع نیروی محرکه الکتریکی مانند کار تلمبه ای است که آب را از سطح زمین یا عمق چاه به ارتفاع معین بالا می برد. به این ترتیب، آب انرژی پتانسیل لازم را برای جریان یافتن و انجام کاری معین کسب می کند.

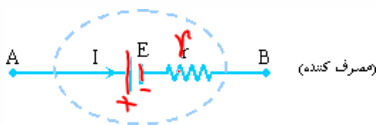
به عبارت دیگر، نیروی محرکه الکتریکی یک منبع نیروی محرکه الکتریکی عبارت از کاری است که روی واحد بار مثبت انجام می شود تا آن را از پایانه ای با پتانسیل کمتر به پایانه ای با پتانسیل بیشتر ببرد یکای کمیت نیروی محرکه الکتریکی همان یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی یعنی ولت است.

$$\varepsilon = \frac{\Delta w}{\Delta q}$$

اگر پایانه های مثبت و منفی یک منبع نیروی محرکه را به ترتیب با  $a$  و  $b$  نمایش دهیم، اختلاف پتانسیل میان این دو پایانه برای یک منبع آرمانی (بدون تلفات) برابر با نیروی محرکه الکتریکی آن وسیله است.

$$\varepsilon = V_a - V_b \text{ یعنی}$$

اما منبع آرمانی در واقعیت وجود ندارد و این منابع دارای مقاومتی داخلی (درونی) هستند. یعنی درون آنها مقاومتی در برابر حرکت داخلی بارها وجود دارد. بنابراین، وقتی جریان از این منابع بگذرد اختلاف پتانسیل بین پایانه های آنها برخلاف منابع آرمانی، متفاوت از نیروی محرکه الکتریکی خواهد شد. به این منابع نیروی محرکه، منبع نیروی محرکه واقعی می گویند و آنها را در مدارهای الکتریکی به صورت شکل زیر نشان می دهند که در آن  $I$  مقاومت داخلی منبع نیروی محرکه است

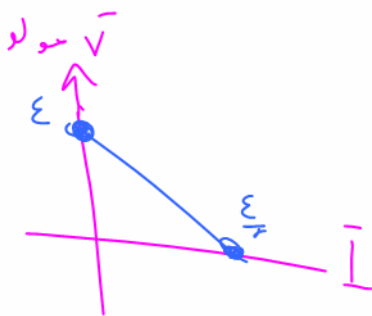


افتن پتانسیل مولد (بازن)

$$= I r = \frac{\varepsilon}{R+r} r$$

افتن پتانسیل مقاومت خارجی

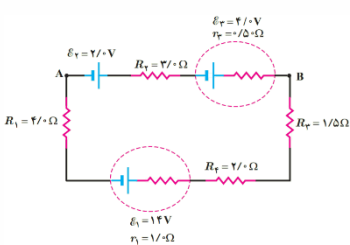
$$= I R = \frac{\varepsilon}{R+r} R$$





### مدار تک حلقه

در ساده‌ترین حالت، مدار تک حلقه ای شامل یک یا چند باتری، سیم رسانا و یک یا چند مقاومت می‌باشد. دقت کنید که در مدارها قسمت بزرگ‌تر باتری را قطب مثبت و قسمت کوچک‌تر آن قطب منفی در نظر می‌گیریم، در ضمن به طور قراردادی حرکت جریان را از سمت قطب مثبت باتری به سمت قطب منفی آن در نظر می‌گیریم.



$$I = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{R_{T1} + r_{T2}}$$

### روش حل مدار تک حلقه‌ای

ابتدا جهت جریان در مدار را مشخص می‌کنیم، سپس یک نقطه از مدار را علامت می‌زنیم و پتانسیل الکتریکی آن نقطه را  $Va$  در نظر می‌گیریم و شروع به حرکت در امتداد سیم می‌کنیم، اگر در طول حرکت در جهت جریان حرکت کنیم وقتی به یک مقاومت می‌رسیم پتانسیل الکتریکی به اندازه  $IR$  کاهش می‌یابد. و اگر در طول حرکت به یک باتری برسیم پتانسیل الکتریکی به اندازه  $\mathcal{E}$  تغییر خواهد کرد (با رسیدن به قطب مثبت مولد  $-\mathcal{E}$  می‌نویسیم و با رسیدن به قطب منفی مولد  $+\mathcal{E}$  می‌نویسیم)، حال زمانی که به نقطه مورد نظر برسیم آنجا را علامت زده و پتانسیل الکتریکی آن نقطه را  $Vb$  در نظر می‌گیریم. (اگر به نقطه ابتدای مسیر برسیم پتانسیل آن نقطه همان  $Va$  خواهد بود)

### قاعده حلقه در قانون ولتاژها

در هر دور زدن کامل حلقه ای از مدار، جمع جبری اختلاف پتانسیل های اجزای مدار صفر است

### قوانین چرخش به صورت خلاصه

اگر در جهت جریان حرکت کنیم با رسیدن به یک مقاومت،  $IR$  مینویسیم و با رسیدن به قطب مثبت مولد  $+\mathcal{E}$  می‌نویسیم و با رسیدن به قطب منفی مولد  $-\mathcal{E}$  می‌نویسیم.

### اگر جهت جریان مدار را در سوال ندادند، چگونه جهت جریان را پیدا کنیم

ابتدا جهت جریان مولدها را مشخص می‌کنیم (ساعتگرد یا پادساعتگرد)، هرگروهی که نیروی محرکه‌اش بیشتر باشد جریان به همان سمت خواهد شد

### اندازه شدت جریان را چگونه پیدا کنیم

برای پیدا کردن اندازه شدت جریان کافیست، جریانهای ساعتگرد و پادساعتگرد را از هم کم کنیم سپس بر مقاومت کلی مدار تقسیم نماییم

$$I = \frac{\mathcal{E}_{\text{گروه پادساعتگرد}} - \mathcal{E}_{\text{گروه ساعتگرد}}}{R_T + r_T}$$



فیزیک باغانی حق شاست!

$$V_B - 12(1) + 4 - 12(2) = V_A$$

$$V_B + 12 = V_A$$

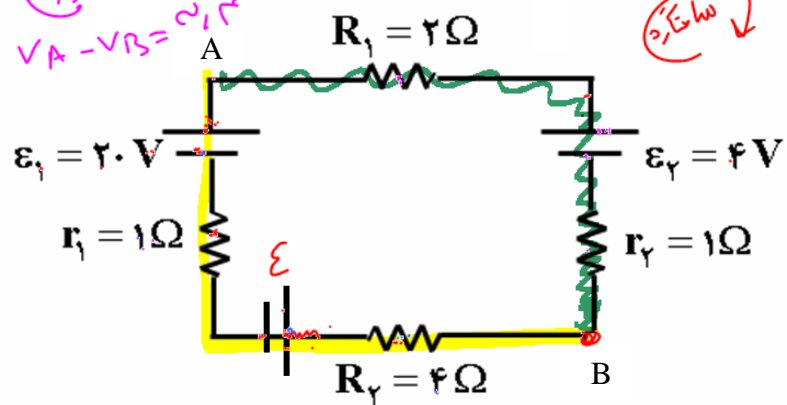
$$V_A - V_B = 24$$

یا  $12 + 4 = 22 \quad \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3$

یا ساعتگرد  $\mathcal{E}_1 = 20$

با توجه به مدار روبرو محاسبه کنید:

الف: جهت جریان در مدار؟



$\mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 > \mathcal{E}_1$

یا ساعتگرد

$$I = \frac{\mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_1}{R_{\text{total}} + r_{\text{total}}}$$

ب: شدت جریان؟

$$= \frac{22 - 20}{10} = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ A}$$

$I = 0.2 \text{ A}$

$\mathcal{E}_3 = 18 \text{ V}$   
 $r_3 = 2$

$$V_A - \mathcal{E}_1 - I r_1 + \mathcal{E}_2 - I r_2 - I R_3 = V_B$$

$$V_A - 20 - 12(1) + 4 - 12(1) - 12(2) = V_B$$

د: مقدار  $V_A - V_B$  چه قدر است؟

$$V_A - 2 - 12 = V_B$$

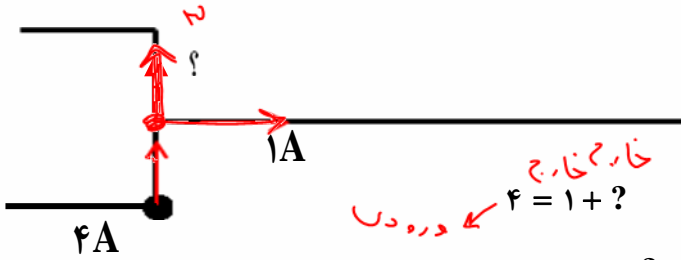
$$V_A - 14 = V_B \quad V_A - V_B = 14$$





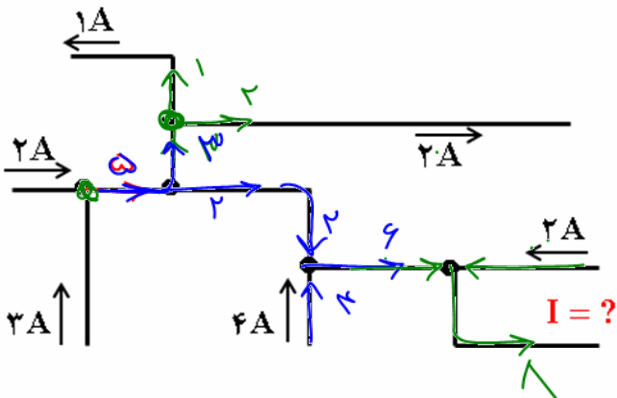
## تعیین جریان به کمک قانون گرهها

جمع جریان های ورودی به گره برابر با جمع جریان های خروجی از گره است.



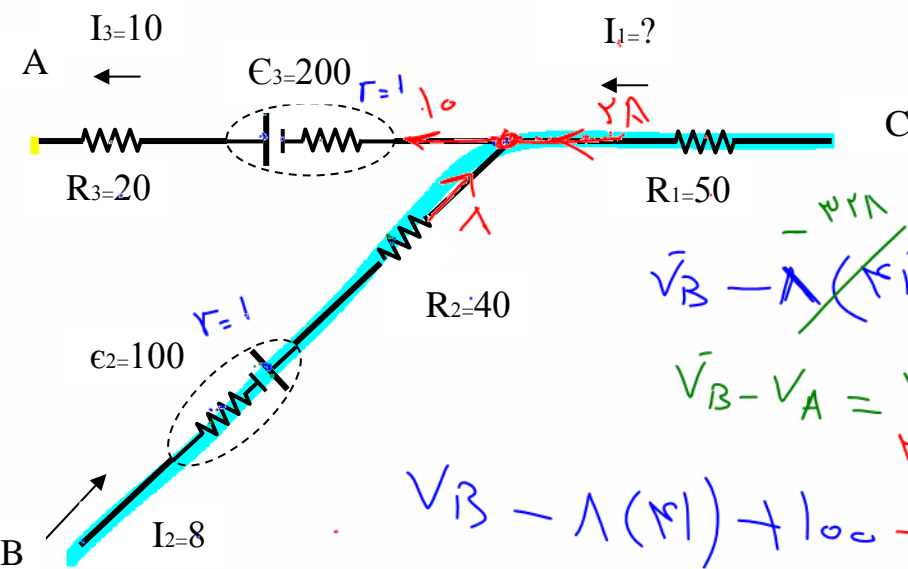
$$\Rightarrow ? = 3$$

تست: شکل زیر بخشی از یک مدار را نشان می دهد، بزرگی جریان I چند آمپر و جهت آن کدام است؟



- ۱ ✓
- ۱
- ۴
- ← ۴

تست: با توجه به شکل اگر مقاومت داخلی تمام مولدها یک اهم باشد، حاصل  $\frac{V_A - V_B}{V_B - V_C}$  کدام است؟



$$1/15 (1) \checkmark$$

$$5/2 (2)$$

$$1/5 (3)$$

(4) هیچکدام

$$\bar{V}_B - I(41) + 100 - 10(21) + 200 = \bar{V}_A$$

$$\bar{V}_B - \bar{V}_A = 231$$

$$\bar{V}_B - I(41) + 100 + IR_{20} = \bar{V}_C$$

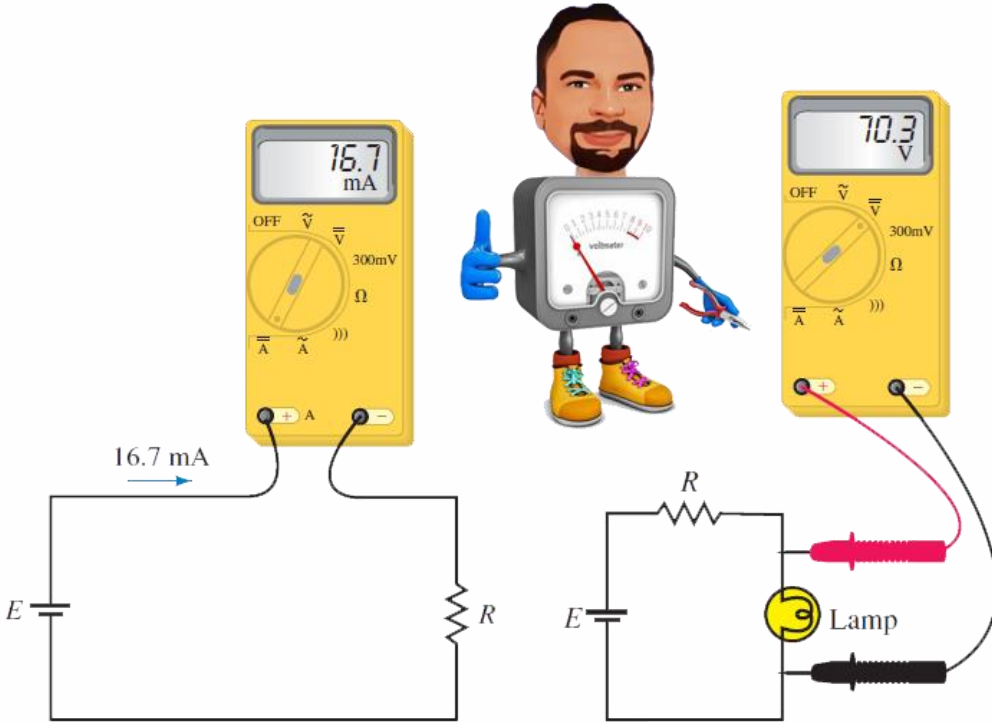
$$\bar{V}_B - \bar{V}_C = 128$$



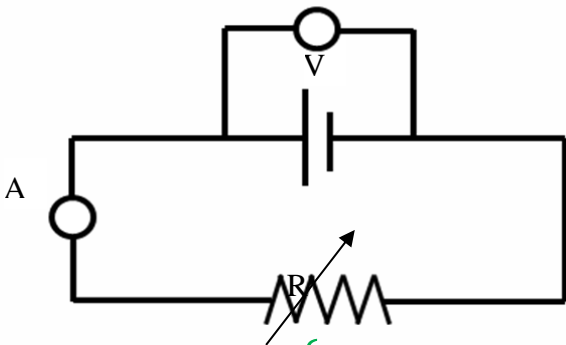
## خواندن اعداد ولت سنج و آمپرسنج در مدار با یک مولد

$I = \frac{\epsilon}{R+r}$  عددی که آمپرسنج نشان میدهد

$V = \epsilon - Ir$  عددی که ولت سنج نشان میدهد



**تست:** در شکل زیر ولت سنج ۴۰ ولت و آمپرسنج با مقاومت ناچیز ۴ آمپر را نشان می‌دهد. اگر مقاومت R را تغییر دهیم به طوری که ولت سنج ۳۶ ولت را نشان دهد، آمپرسنج چند آمپر را نشان می‌دهد؟

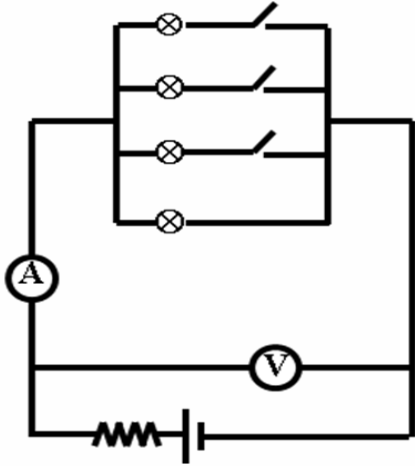


- ۶ (۱)
- ۴ (۲)
- ۸ (۳)
- ۲ (۴)

$$V = \epsilon - rI \Rightarrow \begin{cases} V_1 = \epsilon - rI_1 \xrightarrow{V_1=40V, I_1=4A, r=2\Omega} 40 = \epsilon - 4 \times 2 \Rightarrow \epsilon = 48 \\ V_2 = \epsilon - rI_2 \xrightarrow{V_2=36V, r=2\Omega} 36 = 48 - 2I_2 \Rightarrow 12 = 2I_2 \Rightarrow I_2 = 6 \end{cases}$$

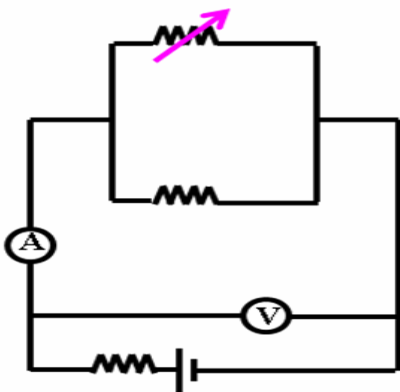


**تست:** مطابق شکل زیر، تعدادی لامپ مشابه به طور موازی به هم متصل شده‌اند و هر لامپ (به غیر از یکی) با کلیدی همراه است. با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، اعدادی که آمپرسنج و ولت سنج ایده آل نشان می دهند، به ترتیب از راست به چپ، چگونه تغییر می کنند؟



- (۱) افزایش می‌یابد - افزایش می‌یابد.
- (۲) کاهش می‌یابد - کاهش می‌یابد.
- (۳) افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد.
- (۴) کاهش می‌یابد - افزایش می‌یابد.

**تست:** مطابق شکل زیر اگر مقاومت متغیر را افزایش دهیم اعدادی که آمپرسنج و ولت سنج ایده آل نشان می دهند، به ترتیب از راست به چپ، چگونه تغییر می کنند؟



- (۱) افزایش می‌یابد - افزایش می‌یابد.
- (۲) کاهش می‌یابد - کاهش می‌یابد.
- (۳) افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد.
- (۴) کاهش می‌یابد - افزایش می‌یابد.

**نکته:**

## خواندن اعداد ولت سنج و آمپر سنج در مدار تک حلقه با چند مولد

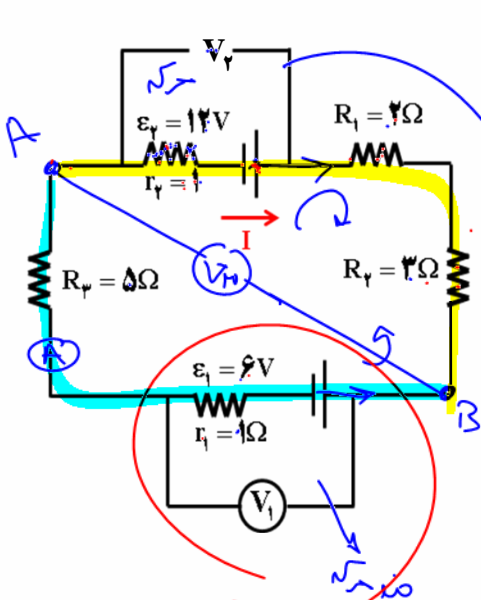
عدد آمپر سنج شاخه اصلی  $I = \frac{|\sum \varepsilon_{\text{ساعتگرد}} - \sum \varepsilon_{\text{پادساعتگرد}}|}{\sum R + \sum r}$

عدد ولت سنج برای مولد محرکه  $V = \varepsilon - Ir$

عدد ولت سنج برای مولد ضد محرکه  $V = \varepsilon + Ir$

قانون چرخش بنویس: عدد ولت سنج جای دلخواه

**تست:** در مدار تک حلقه ای مقابل، اعدادی که ولت سنج های ایده آل نمایش می دهند، چند ولت است؟



$$\begin{cases} V_1 = 6/5 & (1) \\ V_2 = 12/5 & (2) \\ V_3 = 5/5 & (3) \\ V_4 = 11/5 & (4) \end{cases}$$

$$I = \frac{|\sum \varepsilon - \sum \varepsilon|}{R_{\text{ت}} + r_{\text{ت}}} = \frac{12 - 6}{12} = 1/2$$

$$V_2 = \varepsilon - Ir$$

$$V_2 = 12 - 1/2(1) = 11/2$$

$$V_1 = \varepsilon + Ir = 6 + 1/2(1) = 6/5$$

$$V_A - 1/2(6) + 12 = V_B$$

$$V_A - 1 + 12 = V_B$$

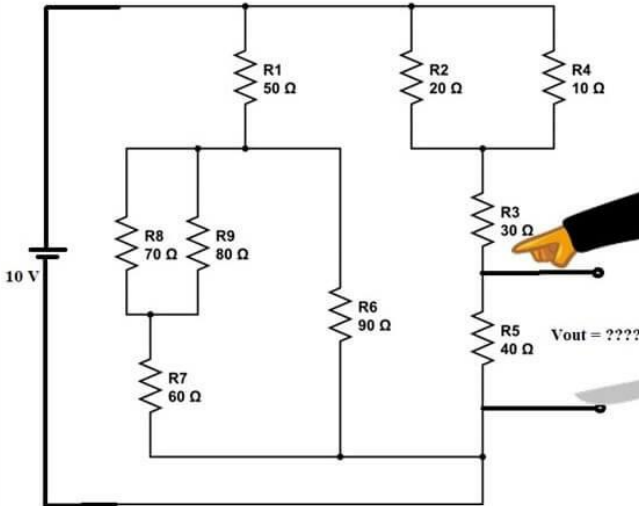
$$V_A + 9 = V_B$$

$$V_B - V_A = 9$$



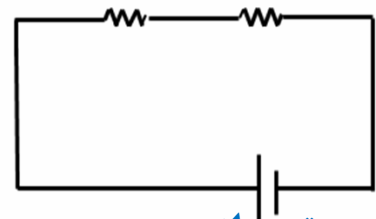
## به هم بستن مقاومت‌ها

تو نمیتونی  
دانش آموزهای باباخانی  
رو بترسونی!



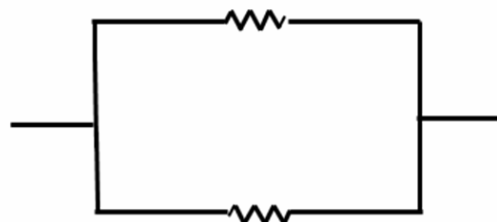
## به هم بستن سری (متوالی)

دقت نمایید که واژه متوالی ارتباطی به چگونگی رسم مقاومت‌ها و شکل فضایی مقاومت‌ها ندارد. به هم بستن سری (متوالی) به معنای بسته شدن مقاومت‌ها یکی پس از دیگری است به طوری که هیچ انشعابی بین آنها وجود نداشته باشد و مقاومتها از یک دست و بدون مزاحم (انشعاب) به هم متصل باشند. در مقاومت‌های متوالی (سری)، جریانها با هم برابرند اما اختلاف پتانسیل آنها باهم برابر نیست. وقتی مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند مقاومت معادل آنها بزرگ تر از مقاومت هریک از آنها است و نیز توان الکتریکی مصرفی مقاومت معادل با مجموع توان‌های الکتریکی مصرفی هریک از آنها برابر است.



## به هم بستن موازی

باز هم واژه موازی ارتباطی به چگونگی رسم مقاومت‌ها ندارد؛ بلکه به هم بستن به صورت موازی به معنای آنست که مقاومتها از دو دست به هم اشتراک داشته باشند. در این جا اختلاف پتانسلها برابرست ولی جریان کل برابر با مجموع جریانهاست.



$$R_T = R_1 + R_2$$

$$I_T = I_1 = I_2$$

$$V_T = V_1 + V_2$$

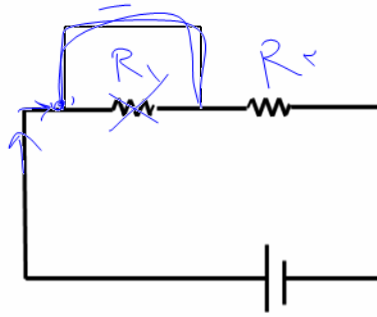
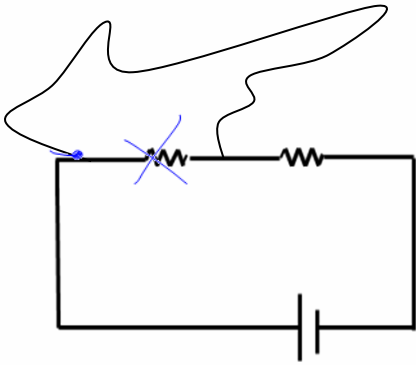
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$I_T = I_1 + I_2$$

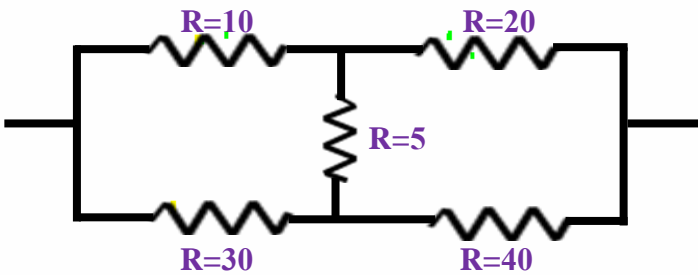


$$V_T = V_1 = V_2$$

نکته اتصال کوتاه:

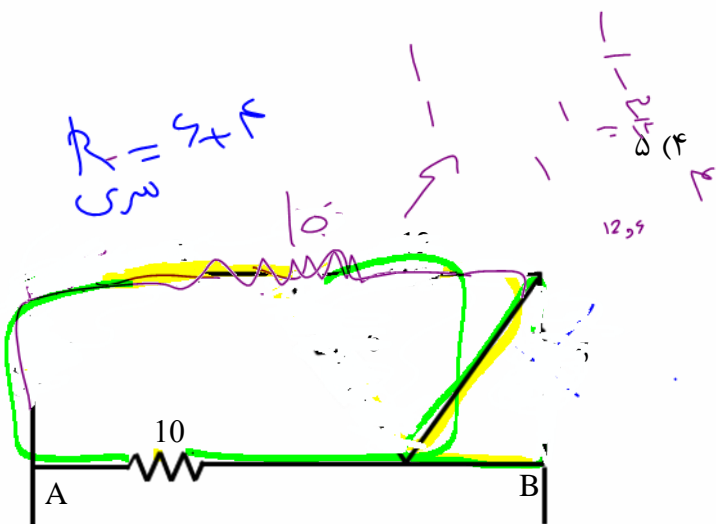


مثال: کدام یک از مقاومت‌های زیر سری و کدام یک موازیند؟



تست: مقاومت معادل بین A و B چند اهم است؟

- ۱۰ (۳)      ۱۵ (۲)      ۲۰ (۱)



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{10}$$

$$R = \frac{10}{2} = 5$$



### نکات تکمیلی:

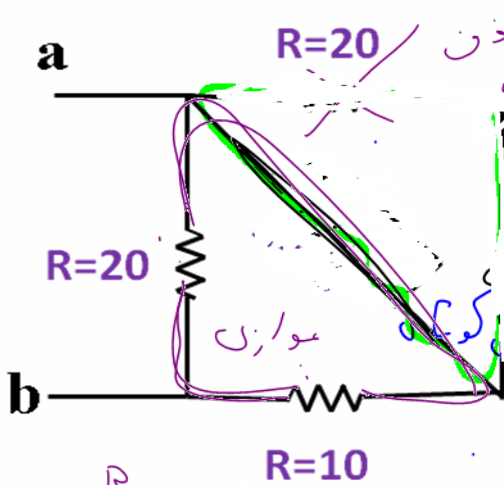
نکته: دو مقاومت  $3\Omega$  و  $6\Omega$  که به موازات هم باشند برابندشان  $2\Omega$  است.

نکته: اگر تعداد زیادی مقاومت موازی و مشابه داشته باشم برای محاسبه برابند کافیست، یکی را بر تعدادشان تقسیم کنیم

نکته: اگر تعداد زیادی مقاومت مشابه را در X ردیف Y تایی به هم ببندیم معادلشان برابر می شود با  $\frac{Y}{X}R$

در مقاومت های موازی، مقاومت معادل از همه مقاومت ها کوچکتر است ولی در سری ها مقاومت معادل از همه مقاومت ها بزرگ تر است.

**تست:** مقاومت معادل بین a و b پس از بستن کلید چند برابر می شود؟



Handwritten calculation:  $R_{\text{کلید بسته}} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{20 + 10}} = \frac{20 \cdot 30}{50} = \frac{120}{5} = 24$

Handwritten notes and calculations:

- حذف اتصالات کونا کونا
- هیچکدام (4)
- کلید باز  $R_T = 10$
- کلیه R بسته
- اضافه کلید

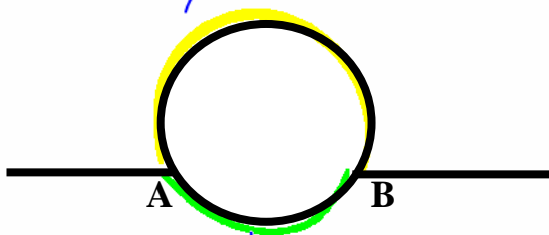
Handwritten calculation:  $\frac{R_{\text{کلید بسته}}}{R_{\text{کلید باز}}} = \frac{\frac{20}{\frac{1}{20} + \frac{1}{30}}}{10} = \frac{20}{10} = 2$

**تست:** سیمی به مقاومت 72 اهم را مطابق شکل مقابل بصورت یک حلقه دایره ای در می آوریم، مقاومت

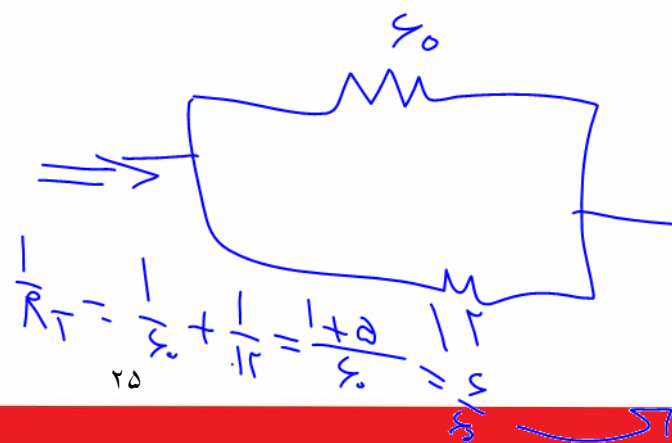
معادل بین نقاط A و B چند اهم می شود؟ (کمان AB کوچک 60 درجه است.)

Handwritten calculation:  $\frac{5}{6}(\sqrt{2}) = 40$

Handwritten calculation:  $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{25} + \frac{1}{12} = \frac{1+5}{6} = \frac{12}{6} = 2$



Handwritten calculation:  $\frac{1}{6}(\sqrt{2}) = 12$



Handwritten calculation:  $R_T = \frac{72}{2} = 36$



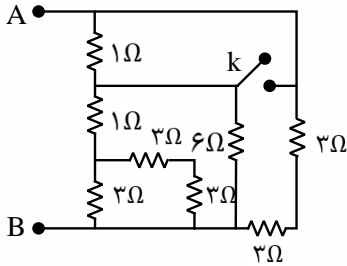
**تست:** در شکل زیر، ابتدا کلید k باز است. اگر کلید k بسته شود، مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B چند اهم تغییر می کند؟

۱/۲۵ (۴)

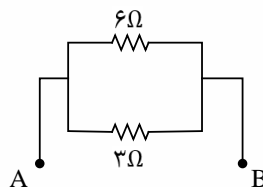
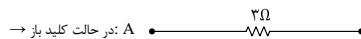
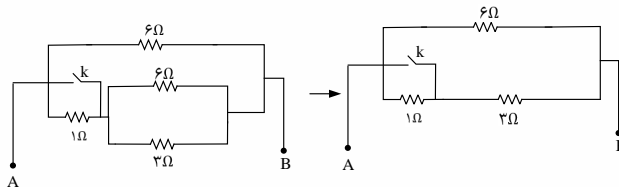
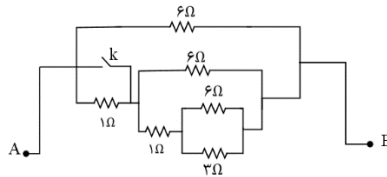
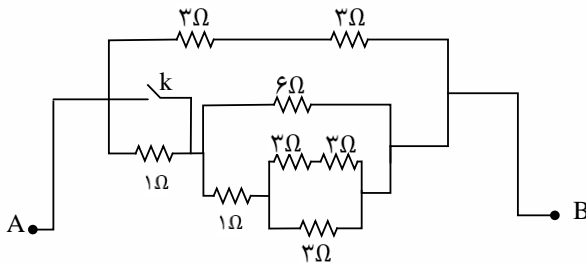
۰/۷۵ (۳)

۰/۱۵ (۲)

۰/۲۵ (۱)



مدار را بصورت زیر ساده می کنیم:



برای حالتی که کلید بسته می شود مقاومت  $1\Omega$  که بالا (مجاور نقطه ی A) قرار دارد. اتصال کوتاه می شود و داریم:

$$2 - 1/5 = 0/5\Omega \quad \text{تغییر مقاومت معادل} \quad R_t = \frac{6 \times 2}{6 + 2} = 1.5\Omega \quad \text{در حالت کلید بسته}$$



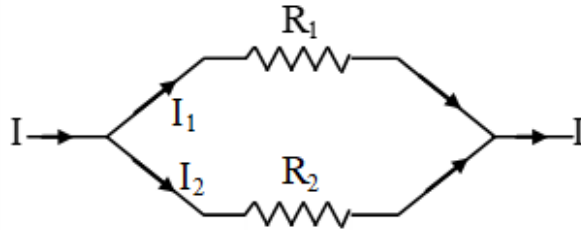
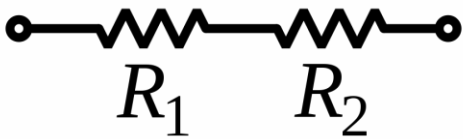


## نحوه پیدا کردن اختلاف پتانسیل و جریان در مدارهای سری و موازی

در دوسر مدارهای موازی یکسان است

اختلاف پتانسیل

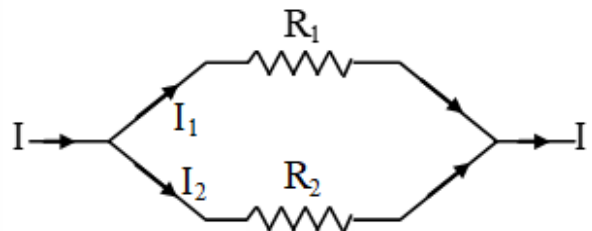
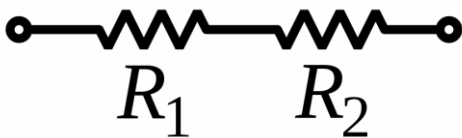
در مدارهای سری به نسبت مستقیم تقسیم میشود



در مدارهای موازی به نسبت معکوس تقسیم میشود

شدت جریان

در مدارهای سری با هم یکسان است





## نکات مربوط به انرژی و توان مقاومت

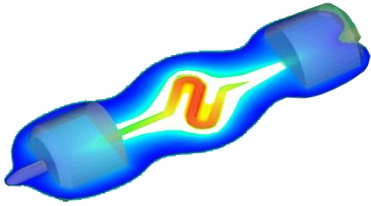
محاسبه میشود

$$U = RI^2t$$

$$U = \frac{V^2}{R}t$$

$$U = VI t$$

انرژی و گرمای تولید شده در یک مقاومت از روابط



محاسبه میشود

$$P = RI^2$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = VI$$

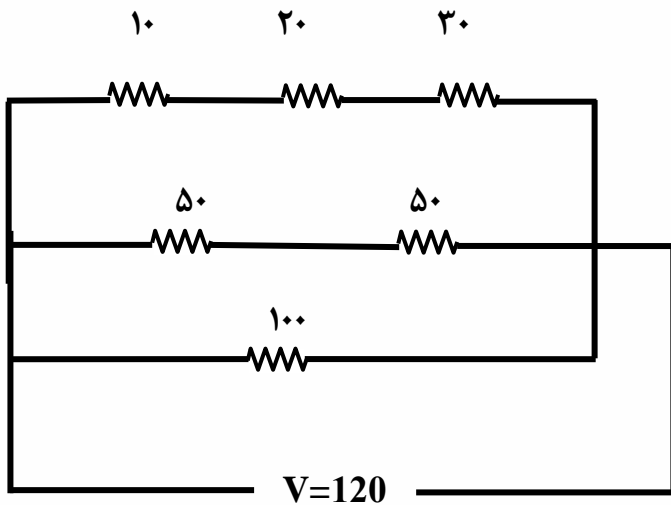
توان مصرفی در یک در یک مقاومت از روابط

**تمرین مهم:** با توجه به مدار مقابل:

الف: اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت؟

ب: توان مصرفی مقاومت  $R_3$

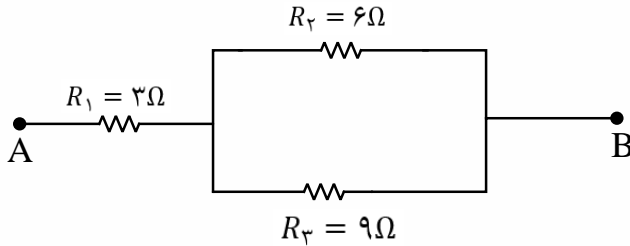
ج: گرمای تولید شده در مقاومت  $R_3$  در مدت زمان ۱۰ ثانیه؟





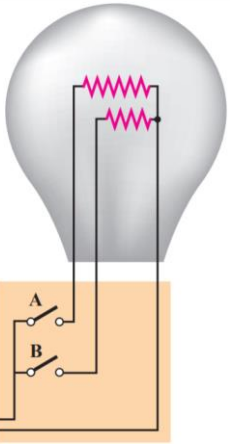
**تست:** در شکل زیر، اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مجموعه ی مقاومت ها، مقداری ثابت باشد، توان الکتریکی مصرفی در مقاومت  $R_1$  چند برابر توان الکتریکی مصرفی در مقاومت  $R_3$  است؟

- (۱)  $\frac{27}{13}$       (۲)  $\frac{25}{18}$       (۳) 25      (۴)  $\frac{25}{12}$



**تست:** یک لامپ سه راهه 220V که دو رشته (مقاومت) دارد مطابق شکل برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است ماکزیمم و مینیمم توان مصرفی این لامپ به ترتیب 150W و 50W است. مقاومت هر یک از این رشته ها چه قدر است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

- ۴۸۵-۹۶۸      ۳۲۳-۴۵۲      ۹۶۸-۳۲۳      ۳۲۳-۴۵۳



**پاسخ : گزینه ۱**

بیشترین توان مربوط به کمترین مقاومت و کمترین توان مربوط به بیشترین مقاومت است

کمترین توان مربوط به وقتی است که کلید مربوط به رشته با مقاومت بیشتر بسته شده است

$$P_{Min} = \frac{V^2}{R_{Max}} \quad 50 = \frac{220^2}{R_{Max}} \quad R_{Max} = 968$$

در بستن موازی مقاومتها دیدیم مقاومت معادل کوچکتر از هر یک از مقاومتهاست. بنابراین بیشترین توان مربوط به وقتی است که کلیدهای a و b هر دو بسته اند؛ یعنی:

$$P_{Max} = \frac{V^2}{R_{Min\text{ کلی}}} \quad 150 = \frac{220^2}{R_{Min\text{ کلی}}} \quad R_{Min\text{ کلی}} = 323$$

$$\frac{1}{R_{Min\text{ کلی}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \frac{1}{323} = \frac{1}{968} + \frac{1}{R_2} \quad R_2 = 485$$



## نکات تکمیلی مبحث توان

استفاده

$$P = RI^2$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = VI$$

در قسمت قبل خواندیم که **توان مصرفی در مقاومت‌ها** از روابط  
میشود

اما **توان مولدها** توان مولد‌ها از روابط زیر محاسبه میشود

مولد محرکه

$$P_{\text{کل یا تولیدی}} = \varepsilon I$$

$$P_{\text{تلف}} = rI^2$$

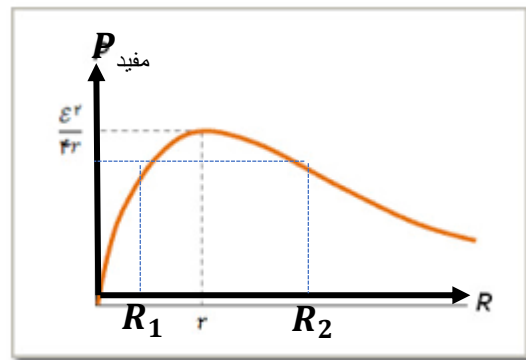
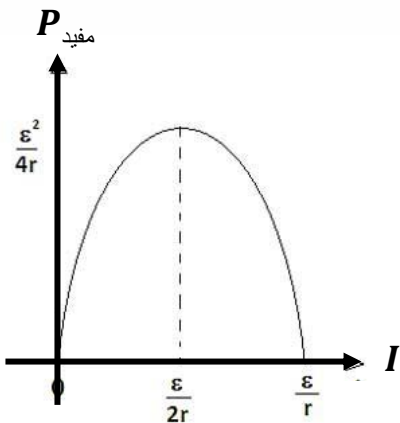
$$P_{\text{مفید یا خروجی}} = \varepsilon I - rI^2$$

$$P_{\text{مفید بیشینه}} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

مولد ضد محرکه

$$P_{\text{توان ورودی ضد محرکه}} = \varepsilon I + rI^2$$

## نمودارهای معروف توان:

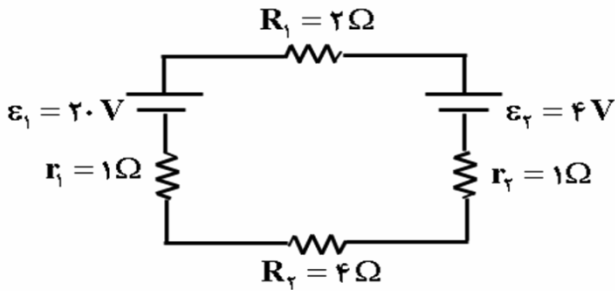


$$r = \sqrt{R_1 \times R_2}$$

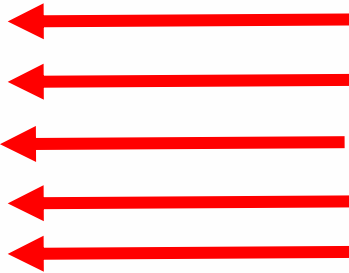


**تست:** با توجه به مدار شکل مقابل، توان خروجی (مفید) مولد محرکه و توان ورودی مولد ضد محرکه به ترتیب از راست به چپ چند وات است؟

- (۱) ۱۲ و ۳۶
- (۲) ۱۲ و ۴۴
- (۳) ۴ و ۴۴
- (۴) ۴ و ۳۶



**در سوال بالا محاسبه کنید:**



- توان تولیدی مولد محرکه؟
- توان مصرفی (تلف) مولد محرکه؟
- توان خروجی (مفید) مولد محرکه؟
- حداکثر توان مفید مولد محرکه؟
- توان ورودی به مولد ضد محرکه؟

**تست:** دو مقاومت ۶ و ۳ اهمی به یک مولد ۲۰ ولتی سری شده‌اند، اگر مقاومت داخلی یک اهم باشد، چند درصد از توان آن (تلف) می‌شود؟

- (۱) ۲۰
- (۲) ۱۵
- (۳) ۱۰
- (۴) ۵

**تست:** اگر دمای رشته درون یک لامپ را ۲۲۵۰ درجه سلسیوس افزایش دهیم، توان مصرفی آن با همان ولتاژ قبلی چگونه تغییر می‌کند؟ (ضریب دمایی مقاومت رشته درون لامپ برابر با است.)

(ویژه دانش آموزان ریاضی)

- (۱) ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.
- (۲) ۱۰ درصد افزایش می‌یابد.
- (۳) ۹۰ درصد کاهش می‌یابد.
- (۴) ۹۰ درصد افزایش می‌یابد.

$$R_2 = R_1(1 + \alpha \Delta\theta)$$

$$R_2 = R_1(1 + 4 \times 10^{-3} (2250))$$

$$R_2 = 10 R_1$$

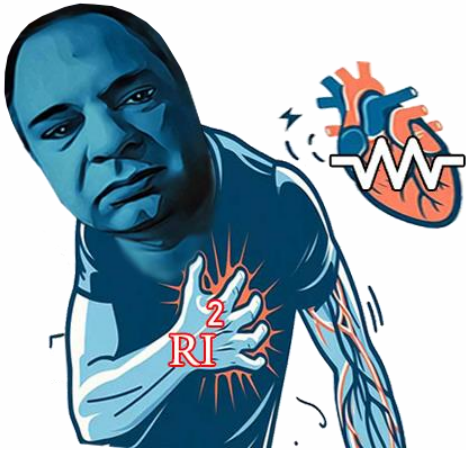
$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{V_2^2}{R_2}}{\frac{V_1^2}{R_1}} = \frac{1}{10}$$

برابر = درصد تغییر  $(-1) \times 100 = (0/1 - 1) \times 100 = -90$

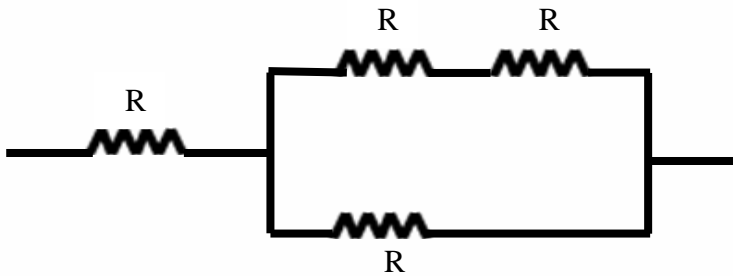


### حداکثر توان قابل تحمل

مراقب کسی باشید که بیشترین آر آی دو را دارد !!!!!!!

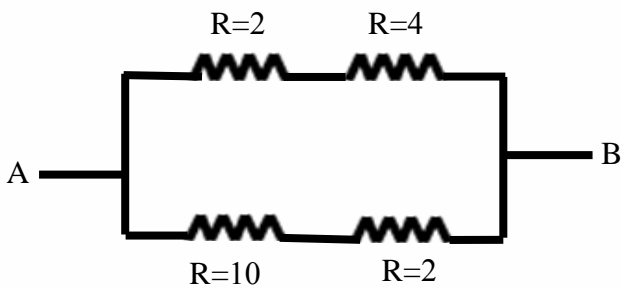


**تست:** بیشترین توان قابل تحمل هریک از مقاومت‌های یکسان شکل زیر ۹ وات است، بیشترین توانی که میتوان از این مدار گرفت تا هیچیک از مقاومتها آسیب نبینند چند وات است؟



- (۱) ۳
- (۲) ۶
- (۳) ۹
- (۴) ۱۵

**تست:** در شکل زیر بیشترین توانی که هر مقاومت بدون آسیب می‌تواند تحمل کند ۳۲ وات است، حداکثر توانی که بین دو نقطه A و B میتوان مصرف کرد بدون آنکه هیچیک از مقاومت‌های مدار آسیب ببینند چند وات است؟



- (۱) ۳۲
- (۲) ۴۸
- (۳) ۶۴
- (۴) ۷۲



## افت پتانسیل

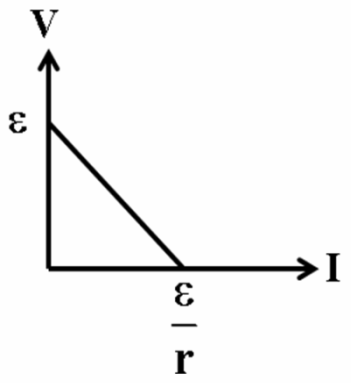
$$V' = Ir = \frac{\epsilon r}{R + r}$$

افت پتانسیل مولد:

$$V = IR = \frac{\epsilon R}{R + r}$$

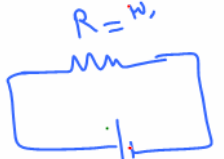
افت پتانسیل مقاومت خارجی:

یادآوری: در نمودار V-I یک مولد محرکه داریم:



$$V = \epsilon - Ir$$

تست: دو سر مولدی را یک بار به مقاومت ۴ اهمی و بار دیگر به مقاومت ۳۰ اهمی وصل می‌کنیم، اگر ولت سنجی را به دو سر این مقاومتها وصل کنیم، اگر افت پتانسیل مقاومت خارجی در حالت دوم ۱/۵ برابر حالت اول شود، در اینصورت مقاومت درونی مولد چند اهم بوده است؟



اول شود، در اینصورت مقاومت درونی مولد چند اهم بوده است؟

- ۱) ۵
- ۲) ۱/۵
- ۳) ۲
- ۴) ۱/۵

Handwritten solution for the test:

$$\frac{\epsilon}{R_1 + r} = \frac{\epsilon}{R_2 + r} \cdot \frac{1}{5}$$

$$\frac{\epsilon}{30 + r} = \frac{\epsilon}{4 + r} \cdot \frac{1}{5}$$

$$5(4 + r) = 30 + r$$

$$20 + 5r = 30 + r$$

$$4r = 10 \Rightarrow r = \frac{10}{4} = 2.5$$

تست: افت پتانسیل درون یک مولد ۲۰ درصد نیروی محرکه مولد است، نسبت مقاومت خارجی مدار به مقاومت درونی مولد کدام است؟

- ۱) ۲
- ۲) ۱/۲۵
- ۳) ۴
- ۴) ۱

Handwritten solution for the test:

$$\frac{IR}{R + r} = \frac{20}{100} \epsilon$$

$$\frac{IR}{R + r} = \frac{1}{5} \epsilon$$

$$\frac{IR}{R + r} = \frac{20}{100} \epsilon$$

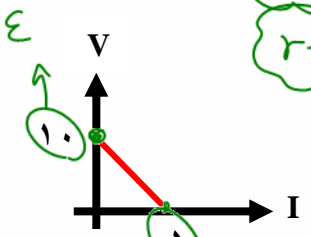
تست: نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک مولد بر حسب جریان گرفته شده از آن بصورت مقابل است، بیشترین توان مفید این مولد چند وات می‌شود؟

- ۱) ۱۰
- ۲) ۱۲/۵
- ۳) ۵۰
- ۴) ۲۵

Handwritten solution for the test:

$$P_{max} = \frac{\epsilon^2}{4r}$$

$$P_{max} = \frac{(10)^2}{4(2)} = \frac{100}{8} = 12.5$$





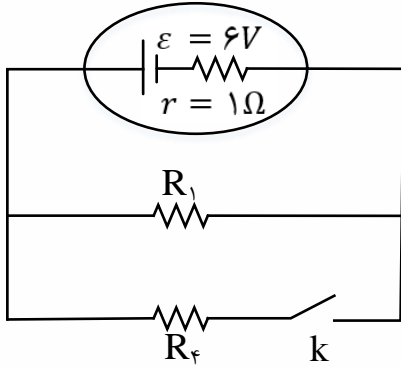
**تست:** در مدار شکل زیر، با بستن کلید K، توان مفید مولد به بیشینه ی مقدار خود می رسد. در این حالت شدت جریان الکتریکی عبوری از مولد چند آمپر است؟

۱ (۴)

۳ (۳)

۱/۵ (۲)

۲ (۱)



گزینه ۳

توان مفید مولد از رابطه ی  $P = \varepsilon I - rI^2$  به دست می آید که این رابطه یک تابع درجه ی دوم نسبت به متغیر  $I$  می باشد. مقدار بیشینه ی این تابع ( $P_{max}$ ) به ازای  $I = \frac{-b}{2a} = \frac{\varepsilon}{2r}$  به دست می آید. داریم:

$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{2r} \\ I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \end{cases} \rightarrow \frac{\varepsilon}{2r} = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \rightarrow R_T = r$$

$$\xrightarrow{r=1\Omega} R_T = 1\Omega \text{ و } I = \frac{6}{1+1} = 3A$$

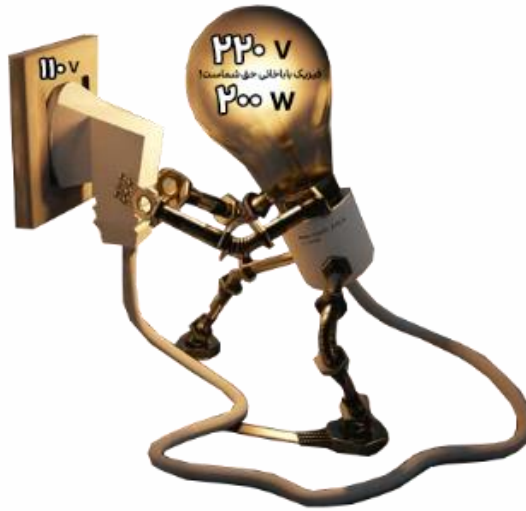




### ولتاژ و توان اسمی

بر روی هر وسیله ی برقی دو عدد نوشته می شود که یکی از آن ها اختلاف پتانسیل مناسب کار دستگاه است که به آن **ولتاژ اسمی** می گویند و عدد دوم توان کار دستگاه در صورت اتصال به ولتاژ اسمی است که به این توان، **توان اسمی** می شود  
به زبان ساده تر، به ولتاژ و توانی که کارخانه سازنده بر روی وسیله درج کرده، ولتاژ و توان اسمی میگوییم به ولتاژی که ما در دنیای واقعی به وسیله وصل میکنیم، ولتاژ واقعی میگوییم و این مقادیر را از فرمول زیر محاسبه نمایید

$$\frac{P_{\text{اسمی}}}{P_{\text{واقعی}}} = \frac{V_{\text{اسمی}}^2}{V_{\text{واقعی}}^2}$$



**تست:** دو سر یک لامپ را که بر روی آن اعداد ۲۰۰ وات و ۲۲۰ ولت نوشته شده است، آنرا به اختلاف پتانسیل ۱۱۰ وصل می کنیم. انرژی الکتریکی مصرف شده توسط لامپ در مدت ۱۲ ساعت برابر چند کیلووات ساعت است؟ (مقاومت لامپ را ثابت فرض کنید)

- (۱) ۲/۴  
(۲) ۱/۲  
(۳) ۰/۶  
(۴) ۰/۳

$$\frac{P_{\text{اسمی}}}{P_{\text{واقعی}}} = \frac{V_{\text{اسمی}}^2}{V_{\text{واقعی}}^2}$$

$$\frac{R_1 = 200W, V_1 = 220V}{R_r = ?, V_r = 110V} \rightarrow \frac{200}{P_r} = \left( \frac{220}{110} \right)^2 \rightarrow P_r = 50W$$

$$U = P \cdot t \xrightarrow{P=50W=50 \times 10^{-3} kW, t=12h} U = 50 \times 10^{-3} \times 12$$

$$\rightarrow U = 0.6 kWh$$



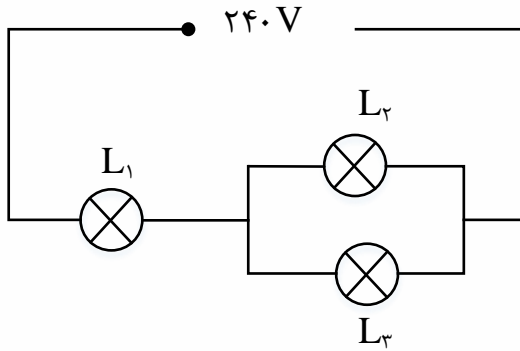
**تست:** در مدار شکل زیر، لامپ ها مشابه و روی هر یک اعداد (240V، 100W) درج شده است. در این مدار توان مصرفی لامپ  $L_1$  چند وات است؟ (مقاومت لامپ ها ثابت فرض شود).

(۴)  $\frac{400}{3}$

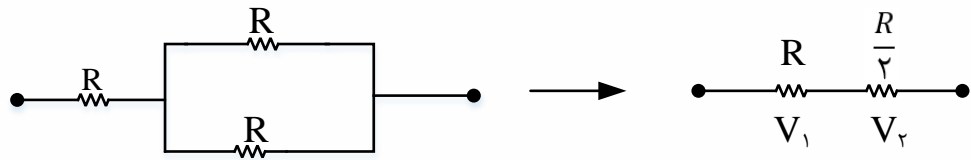
(۳)  $\frac{200}{3}$

(۲)  $\frac{200}{9}$

(۱)  $\frac{400}{9}$



لامپ ها مشابه و مقاومت الکتریکی هر یک را که ثابت است، برابر با  $R$  در نظر می گیریم؛ بنابراین:



اختلاف پتانسیل دو سر لامپ  $L_1$  برابر است با:

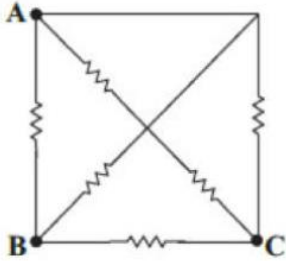
$$V_1 = R_1 I \xrightarrow{I = \frac{V}{R_T}} V_1 = \frac{R}{R + \frac{R}{2}} \times V = \frac{2}{3} \times 240 = 160V$$

حال با استفاده از مشخصات اسمی لامپ، توان مصرفی آن را در حالتی که به اختلاف پتانسیل 160V متصل است، حساب می کنیم:

$$\frac{P_1}{P'_1} = \left(\frac{V_1}{V'_1}\right)^2 \rightarrow \frac{P_1}{100} = \left(\frac{160}{240}\right)^2 \rightarrow P_1 = \frac{400}{9} W$$

### Home Work 2

۱ در مدار شکل زیر، تمام مقاومت‌ها مشابه‌اند. مقاومت معادل بین نقاط A و B چند برابر مقاومت معادل بین نقاط B و C است؟



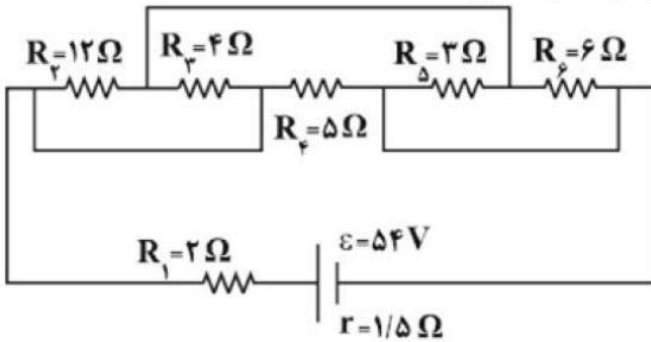
۴  $\frac{1}{4}$

۳  $\frac{2}{3}$

۲  $\frac{3}{4}$

۱ ۱

۲ در مدار شکل مقابل، جریانی که از مقاومت  $R_5$  عبور می‌کند، چند آمپر است؟



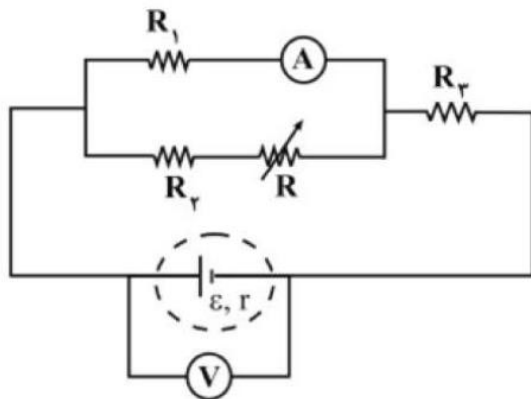
۴  $1/5$

۳ ۳

۲  $4/5$

۱ ۹

۳ در مدار شکل زیر، با افزایش مقاومت  $R$ ، مقادیری که آمپرسنج و ولتسنج آرمانی نشان می‌دهند، چگونه تغییر می‌کنند؟



۴ افزایش - افزایش

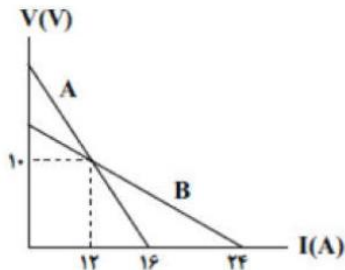
۳ افزایش - کاهش

۲ کاهش - افزایش

۱ کاهش - کاهش



۴ نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری‌های مجزای A و B برحسب جریان الکتریکی عبوری از آنها مطابق شکل مقابل است. در حالتی که جریان  $12A$  از دو باتری عبور می‌کند، به ترتیب از راست به چپ، نسبت توان تلف شده باتری A به B و نسبت توان خروجی باتری A به B کدام است؟



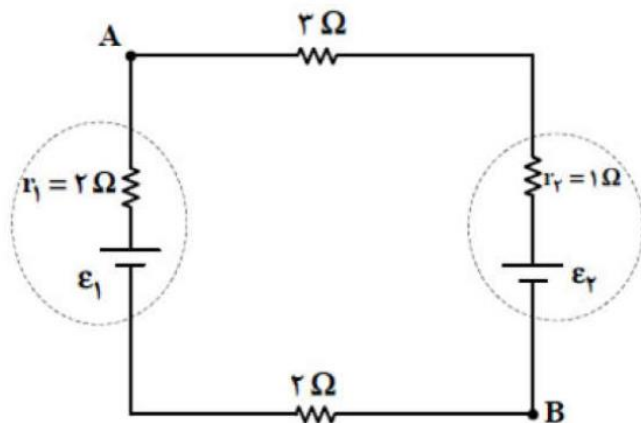
۱, ۲ (۴)

$\frac{5}{3}, 2$  (۳)

۱, ۳ (۲)

$\frac{5}{3}, 3$  (۱)

۵ در مدار مقابل، توان خروجی باتری  $\epsilon_1$  برابر  $\frac{4}{5}$  وات و توان ورودی به باتری  $\epsilon_2$  برابر  $\frac{3}{25}$  وات است.  $V_A - V_B$  چند ولت است؟



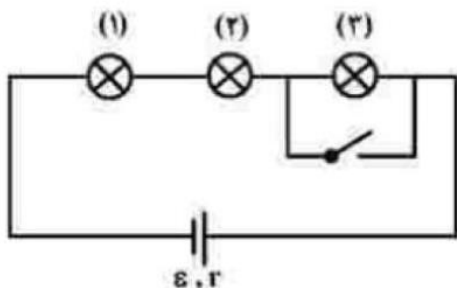
۱۲ (۴)

۱۰ (۳)

۸ (۲)

۴ (۱)

۶ در مدار زیر، همه لامپ‌ها مشابه‌اند. با بستن کلید، کدام موارد زیر، درست است؟  
 الف) اختلاف پتانسیل دو سر باتری کاهش می‌یابد.  
 ب) اختلاف پتانسیل دو سر لامپ‌های ۱ و ۲ کاهش می‌یابد.  
 پ) اختلاف پتانسیل دو سر لامپ‌های ۱ و ۲ افزایش می‌یابد.  
 ت) اختلاف پتانسیل دو سر باتری افزایش می‌یابد.



ب و ت (۴)

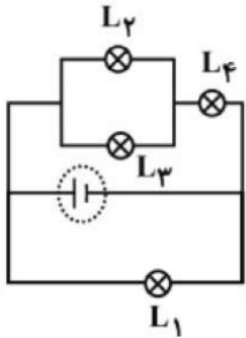
پ و ت (۳)

الف و ب (۲)

الف و پ (۱)



۷) چهار لامپ مشابه را مطابق شکل زیر در یک مدار به هم می‌بندیم اگر توان مصرفی کل لامپ‌ها برابر با  $270\text{ W}$  باشد، بیشترین توان مصرفی مربوط به کدام لامپ و چند وات است؟



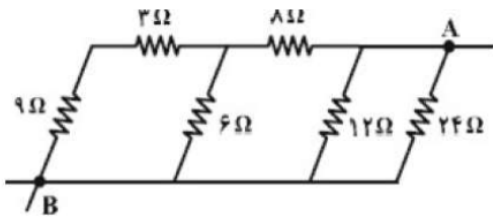
۴)  $L_4, 81$

۳)  $L_1, 81$

۲)  $L_4, 162$

۱)  $L_1, 162$

۸) در شکل مقابل، مقاومت معادل بین دو نقطه A و B چند اهم است؟



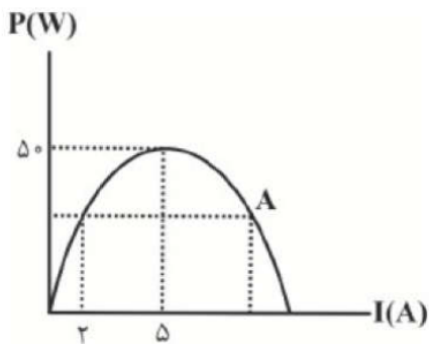
۴) ۳۰

۳) ۲۰

۲) ۱۲

۱) ۴/۸

۹) نمودار توان خروجی برحسب جریان عبوری از یک مولد مطابق شکل مقابل است. جریان عبوری و توان خروجی مولد در نقطه A برحسب یکاهای SI به ترتیب از راست به چپ، کدام است؟



۴) ۸ و ۳۲

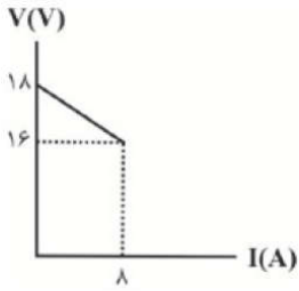
۳) ۸ و ۴۶

۲) ۸ و ۲۴

۱) ۱۰ و ۱۶

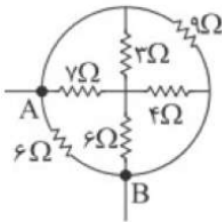


۱۰ نمودار تغییرات اختلاف پتانسیل دو سر مولدی برحسب جریان گذرنده از آن مطابق شکل مقابل است. اگر جریان  $10A$  از این مدار بگذرد، توان اتلافی مولد چند وات است؟



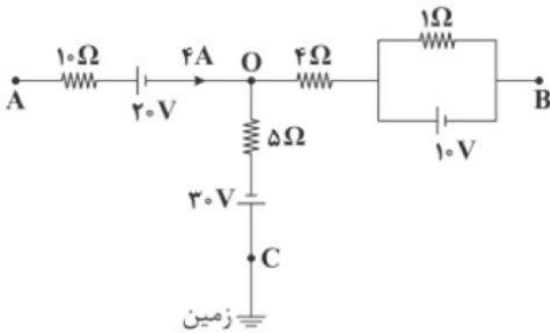
- ۱) ۱۰      ۲) ۱۵      ۳) ۲۵      ۴) ۳۰

۱۱ مقاومت معادل شکل زیر بین نقاط  $A$  و  $B$  چند اهم است؟



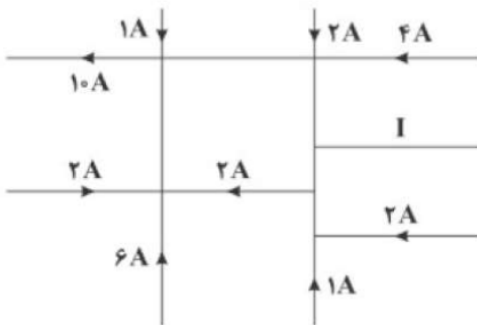
- ۱) ۳      ۲) ۲      ۳) ۴/۶۴      ۴) ۲/۷۶

۱۲ در شکل زیر اگر  $V_A - V_B = 60V$  باشد، پتانسیل الکتریکی نقطه  $A$  چند ولت است؟ (باتری‌ها را آرمانی در نظر بگیرید.)



- ۱) ۴۵      ۲) ۴۵/۵      ۳) ۶۲      ۴) ۶۲/۵

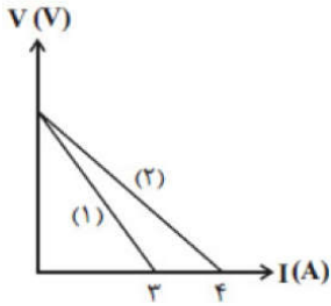
۱۳ شکل زیر بخشی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. بزرگی جریان  $I$  بر حسب آمپر و جهت آن به کدام سمت است؟



- ۱) ۸ - به سمت راست      ۲) ۸ - به سمت چپ      ۳) ۶ - به سمت راست      ۴) ۶ - به سمت چپ



۱۴ در شکل مقابل، نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک مولد برحسب جریان الکتریکی عبوری از آن نشان داده شده است. اگر جریان الکتریکی  $5A$  از این مولد گرفته شود، اختلاف پتانسیل دو سر آن چند ولت می‌شود؟

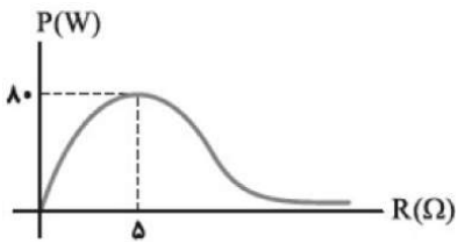


- ۱۳ (۱)      ۱۴ (۲)      ۱۵ (۳)      ۱۶ (۴)

۱۵ دو لامپ  $(40W, 80V)$  و  $(80V, 160V)$  را به طور متوالی به هم وصل می‌کنیم و دو سر مجموعه را به اختلاف پتانسیل  $240V$  می‌بندیم. توان مصرفی کل لامپ‌ها چند وات است؟

- ۱۸۰ (۱)      ۱۶۰ (۲)      ۱۲۰ (۳)      ۹۰ (۴)

۱۶ مقاومت متغیری را به دو سر یک مولد وصل می‌کنیم و نمودار توان خروجی مولد برحسب مقاومت متغیر مطابق شکل مقابل می‌شود. نیروی محرکه‌ی مولد چند ولت است؟

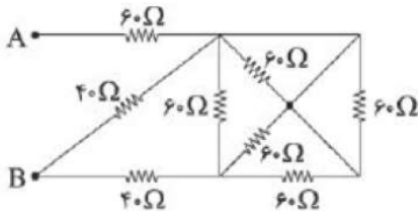


- ۵۰ (۱)      ۴۰ (۲)      ۱۶ (۳)      ۳۲ (۴)

۱۷ دو سر یک باتری با مقاومت داخلی  $r$  را با یک سیم به مقاومت خارجی  $R$  متصل می‌کنیم. اگر اختلاف پتانسیل دو سر مولد  $\frac{1}{3}$  نیروی محرکه باشد، نسبت  $\frac{R}{r}$  کدام گزینه است؟

- $\frac{1}{2}$  (۱)       $\frac{1}{3}$  (۲)       $\frac{1}{4}$  (۳)       $\frac{1}{6}$  (۴)

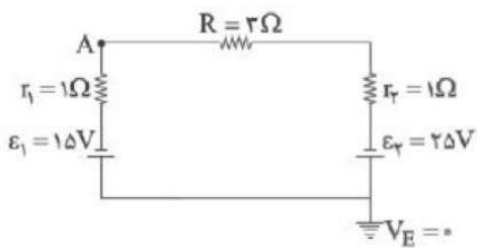
۱۸ در مدار شکل زیر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B برابر با چند اهم است؟



- $\frac{40}{3}$  (۱)      ۶۸ (۲)      ۷۵ (۳)      ۸۴ (۴)

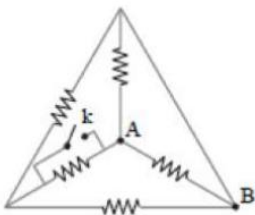


۱۹ در شکل زیر پتانسیل نقطه A چند ولت است؟



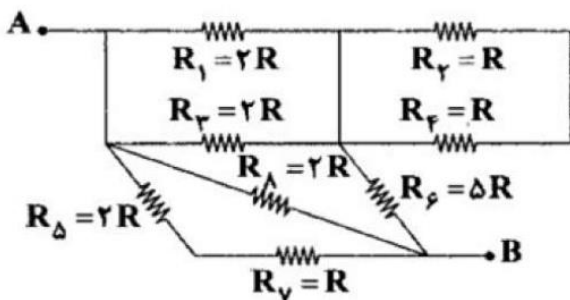
- ۱) ۱۳      ۲) -۱۳      ۳) -۱۷      ۴) ۱۷

۲۰ در مدار شکل زیر با بسته شدن کلید  $k$ ، مقاومت معادل بین A و B چند برابر می‌شود؟ (تمام مقاومت‌ها ۹ اهم هستند.)



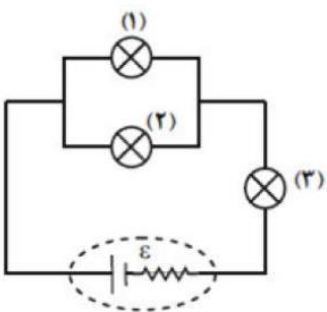
- ۱)  $\frac{3}{4}$       ۲)  $\frac{4}{3}$       ۳)  $\frac{2}{3}$       ۴)  $\frac{3}{2}$

۲۱ با توجه به مدار زیر، مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B برابر چند R است؟



- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۳/۵

۲۲ در مدار شکل مقابل سه لامپ مشابه قرار دارد. اگر پس از مدتی لامپ شماره ۱ بسوزد، نور لامپ‌های شماره ۲ و ۳ به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟

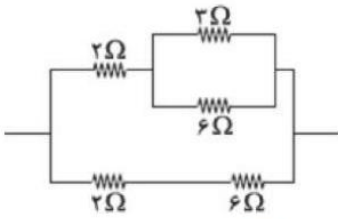


- ۱) خاموش می‌شود، خاموش می‌شود.      ۲) پرنورتر می‌شود، پرنورتر می‌شود.  
 ۳) کم‌نورتر می‌شود، پرنورتر می‌شود.      ۴) کم‌نورتر می‌شود، کم‌نورتر می‌شود.





۲۳ در مدار شکل مقابل، اگر حداکثر توان قابل تحمل هر مقاومت  $24\text{W}$  باشد، حداکثر توان کل مدار چند ولت می‌تواند باشد، تا هیچ‌یک از مقاومت‌ها آسیب نیبند؟



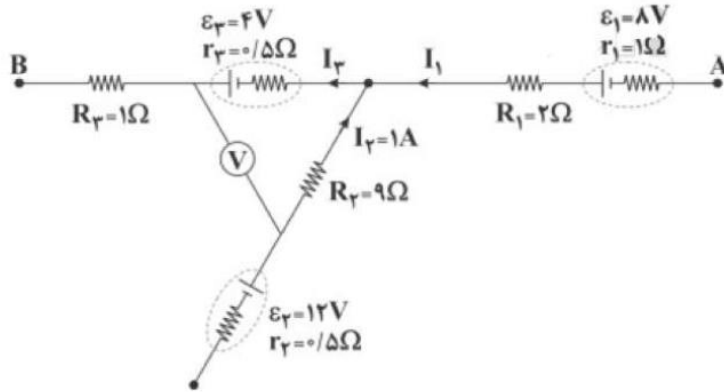
۲۲۸ (۴)

۱۰۸ (۳)

۹۶ (۲)

۷۲ (۱)

۲۴ در شکل زیر که قسمتی از یک مدار را نشان می‌دهد، اگر ولت‌سنج عدد ۷ ولت را نشان دهد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه‌ی  $A$  و  $B$ ،  $(V_A - V_B)$  چند ولت است؟ (ولت‌سنج را آرمانی در نظر بگیرید.)



۴/۵ (۴)

۶ (۳)

۳ (۲)

۱ (۱)



## مدارهای RC (مطالعه نیمه آزاد)

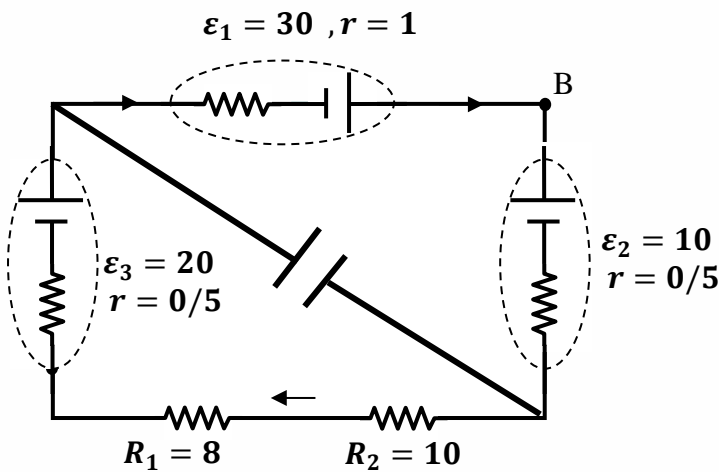
مدارهای RC یعنی مداری که در آن هم مقاومت (R) داریم و هم خازن (C)، دقت کنید که خازن ها در زمان کوتاهی کاملا پر میشوند و دیگر جریانی را از خود عبور نمیدهند در مدارهای RC سه حالت زیر وجود دارد:

- اگر خازن در شاخه اصلی باشد، جریان در شاخه اصلی صفر می‌شود.
- اگر خازن موازی با جزئی از مدار باشد ولتاژ دو سر خازن با آن جزء از مدار برابر می‌شود.
- اگر خازن سری با جزئی از مدار باشد، جریان فقط در آن شاخه صفر می‌شود.

خازن و مقاومت

**تست:** با توجه به شکل مقابل شدت جریان عبوری از مقاومت ۵ اهمی بر حسب آمپر و انرژی ذخیره شده در خازن (۲۰ میکروفارادی) بر حسب میکروژول به ترتیب از راست به چپ.....

(۱) ۲-۴۹۰      (۲) ۲-۲۸۹۰      (۳) ۱۰-۳۸۰۰      (۴) هیچکدام





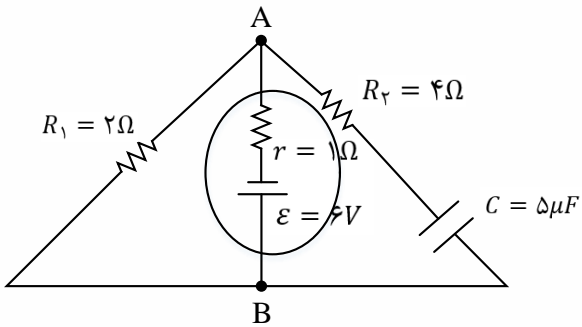
**تست:** در مدار شکل زیر، انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن C چند میکروژول است؟

۶۲/۵ (۴)

۵۷/۶ (۳)

۹۰ (۲)

۴۰ (۱)



گزینه ۱ : از آن جایی که مقاومت  $R_2$  در شاخه ای از مدار، شامل خازن C قرار گرفته است، جریان الکتریکی مستقیم از آن عبور نمی کند و بنابراین ولتاژ بین دو نقطه ی A و B همان ولتاژ دو سر خازن خواهد شد.

پس خواهیم داشت:

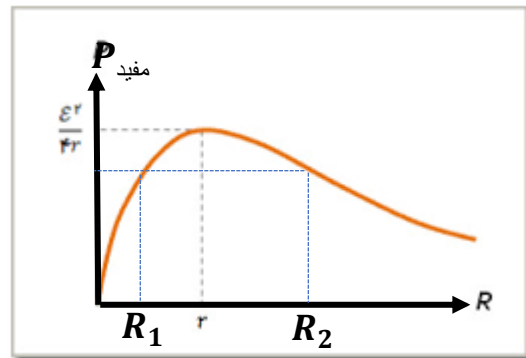
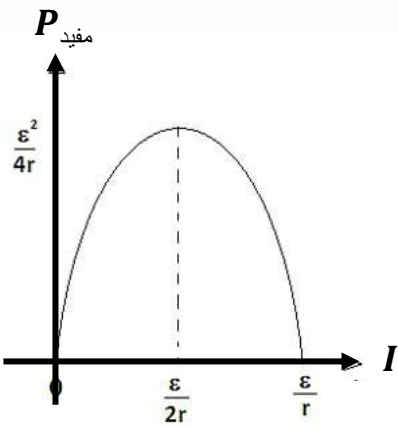
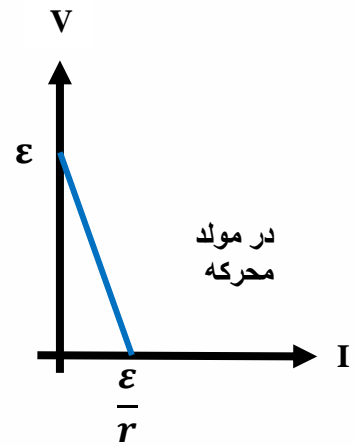
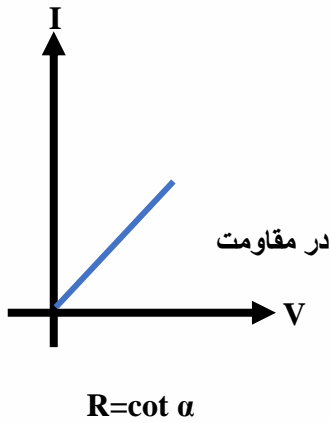
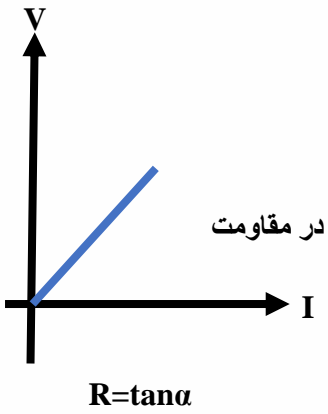
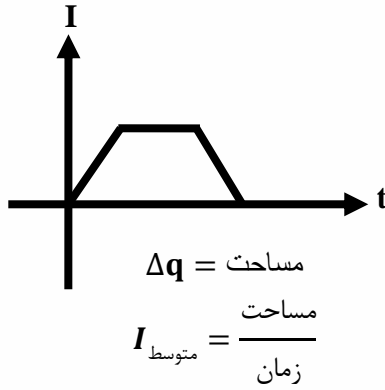
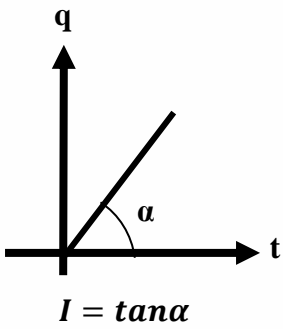
$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} \rightarrow I = \frac{6}{2 + 1} = 2A$$

$$V_{AB} = \varepsilon - Ir \rightarrow V = 6 - 2 \times 1 = 4V$$

$$\xrightarrow{U = \frac{1}{2}CV^2, C=5\mu F, V=4V} U = \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2 = 40\mu J$$



## جمع بندی نمودارهای فصل جریان



$$r = \sqrt{R_1 \times R_2}$$

## Final Home Work

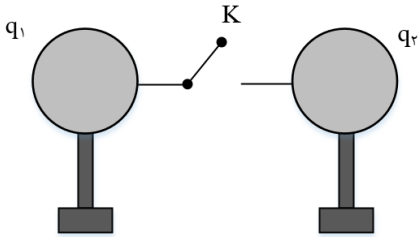
۱- مطابق شکل زیر، دو گوی فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی  $q_1 = 6\mu C$  و  $q_2 = -4\mu C$  می باشند و روی پایه های عایق در مجاورت یک دیگر قرار گرفته اند. اگر کلید K را وصل کنیم در مدت  $2ms$  این دو کره هم پتانسیل می شوند. بزرگی جریان متوسط عبوری از کلید در این مدت زمان چند میلی آمپر است؟

۵ (۴)

۲ (۳)

۲/۵ (۲)

۱ (۱)



۲- معادله ی بار الکتریکی عبوری از مقطع یک سیم رسانا در SI به صورت  $q = (4t^2 + 2t + 6)$  است. در کدام یک از بازه های زمانی زیر بزرگی جریان الکتریکی متوسط عبوری از این سیم بیش تر است؟

$t' = 1s$  تا  $t = 0$  (۲)

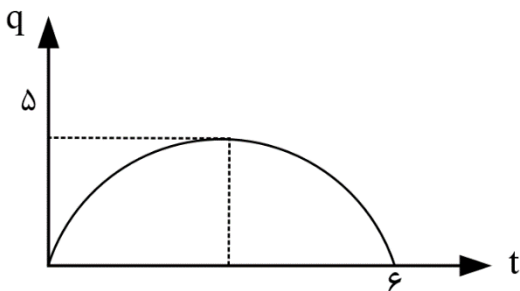
$t' = 2s$  تا  $t = 0$  (۱)

$t' = 3s$  تا  $t = 2s$  (۴)

$t' = 2s$  تا  $t = 1s$  (۳)

۳- نمودار بار گذرنده از سطح مقطع رسانا بر حسب زمان به صورت زیر سهم ی است. جریان متوسط در بازه

$2/1s$  تا  $3/9s$  چند آمپر است؟



(۱) صفر

(۱) ۲

(۳) ۱/۵

(۴) اطلاعات سؤال کافی نیست.



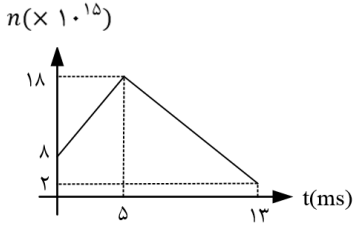
۴- نمودار تعداد الکترونهاى گذرنده از یک رسانای حامل جریان الکتریکی بر حسب زمان به صورت روبه رو است. جریان متوسط در دو ثانیه سوم حرکت برابر چند آمپر می باشد؟

۵/۱۲ (۴)

۲/۵۶ (۳)

۱/۲۸ (۲)

صفر (۱)



۵- دو سیم فلزی A و B دارای طول و مقاومت الکتریکی مساوی اند. اگر جریان سیم B،  $\frac{2}{3}$  جرم سیم A بوده و چگالی  $\frac{1}{3}$  آن چگالی سیم A باشد، مقاومت ویژه سیم B چند برابر مقاومت ویژه سیم A است؟

۲ (۴)

۳ (۳)

$\frac{1}{2}$  (۲)

$\frac{1}{3}$  (۱)

۶- سیمی به طول I و مقاومت R در اختیار داریم. سیم را از وسط نصف کرده و یک نیمه آن را کنار می گذاریم. نیمه باقی مانده سیم را در دمای ثابت کشیده تا طول سیم مجدد اشود. مقاومت این سیم چند R می شود؟

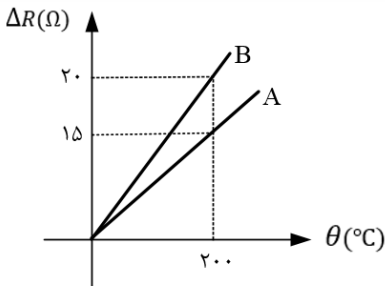
$\frac{1}{4}$  (۴)

$\frac{1}{2}$  (۳)

۴ (۲)

۲ (۱)

۷- نمودار زیر تغییرات مقاومت الکتریکی دو رسانای A و B را بر حسب دمای درجه سلسیوس نشان می دهد. اگر در دمای  $0^{\circ}C$   $R_B = 2R_A$  باشد، نسبت  $\frac{\alpha_A}{\alpha_B}$  کدام است؟



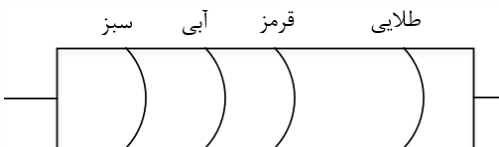
$\frac{2}{3}$  (۴)

$\frac{3}{2}$  (۳)

$\frac{1}{2}$  (۲)

۲ (۱)

۸- در شکل زیر بیشترین مقدار مقاومت شکل چند اهم می تواند باشد؟ (سبز: ۵، قرمز: ۲، آبی: ۶، طلایی: ۵)



۵۸۸۰ (۴)

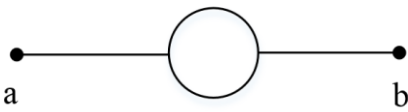
۵۳۲۰ (۳)

۵۶۰۰ (۲)

۵۶۰ (۱)



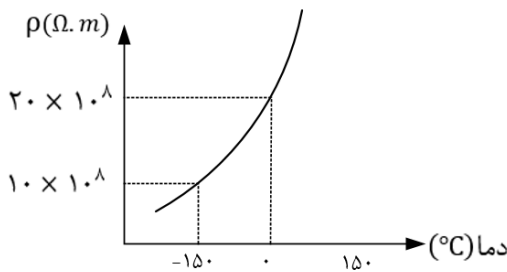
۹- سیم یکنواختی به مقاومت  $R$  به سه طول مساوی بریده و یکی از این سه را به شکل دایره در آورده و مطابق شکل به هم متصل می کنیم. مقاومت معادل بین  $a$  و  $b$  برابر کدام است؟



- (۱)  $\frac{3R}{4}$       (۲)  $R$       (۳)  $\frac{R}{4}$       (۴)  $\frac{4R}{5}$

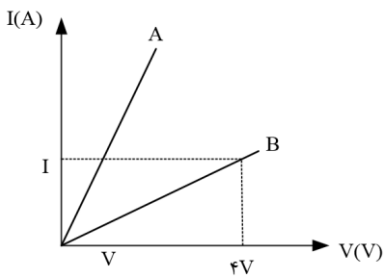
۱۰- نمودار مقاومت ویژه ی یک فلز بر حسب دما به شکل زیر است. ضریب دمایی مقاومت ویژه ی این فلز چند  $K^{-1}$  است؟

- (۱)  $\frac{1}{150}$       (۲)  $\frac{1}{75}$       (۳)  $-\frac{1}{150}$       (۴)  $-\frac{1}{75}$



۱۱- نمودار جریان بر حسب ولتاژ برای دو سیم مختلف با جرم های مساوی و چگالی های  $\rho_A = 8 \frac{g}{cm^3}$  و  $\rho_B = 2/4 \frac{g}{cm^3}$  مطابق شکل زیر است. اگر مقاومت ویژه ی سیم  $B$  در برابر مقاومت ویژه ی سیم  $A$  باشد، قطر سطح مقطع سیم  $A$  چند برابر قطر سطح مقطع سیم  $B$  است؟ (دما ثابت و یکسان است.)

- (۱)  $\sqrt{2}$       (۲)  $\frac{\sqrt{2}}{2}$       (۳)  $\sqrt{3}$       (۴)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

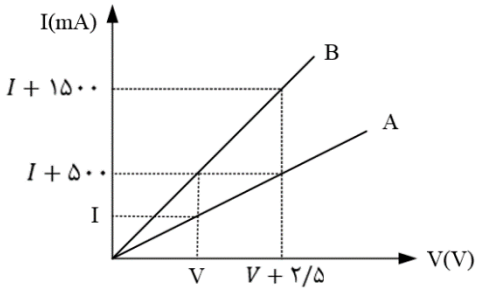


۱۲- یک مکعب فلزی مستطیل شکل به ابعاد  $8cm$ ،  $2cm$  و  $1cm$  را در راستای هر یک از اضلاع آن می توان در مداری که اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر این مکعب ثابت است، قرار داد. حداکثر جریان عبوری از این مکعب چند برابر حداقل جریان الکتریکی عبوری از آن است؟

- (۱)  $64$       (۲)  $\frac{1}{64}$       (۳)  $32$       (۴)  $\frac{1}{32}$



۱۳- نمودار شدت جریان الکتریکی عبوری از دو مقاومت A و B بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر آنها مطابق شکل است. حاصل  $R_A - R_B$  بر حسب اهم کدام است؟



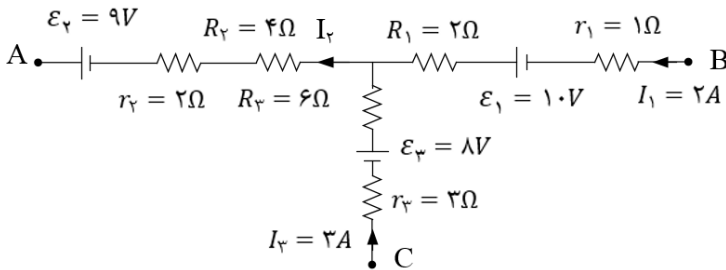
۱۰ (۱)

۵ (۲)

۲/۵ (۳)

۱/۲۵ (۴)

۱۴- در مدار شکل زیر، پتانسیل نقطه ی A چند ولت است؟



۴۰ (۱)

-۴۰ (۲)

۱۴ (۳)

-۱۴ (۴)

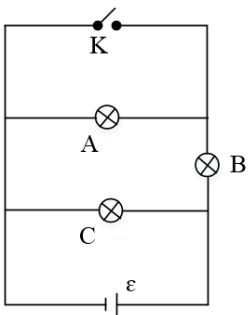
۱۵- مطابق شکل زیر سه لامپ A, B و C به یک باتری با مقاومت درونی ناچیز متصل شده اند. با بستن کلید K نور این لامپ ها چگونه تغییر می کند؟ (مقاومت لامپ ها را ثابت فرض کنید).

(۱) لامپ A خاموش شده و نور لامپ C افزایش می یابد.

(۲) نور لامپ های B و C افزایش می یابد.

(۳) نور لامپ B افزایش یافته و نور لامپ C ثابت می ماند.

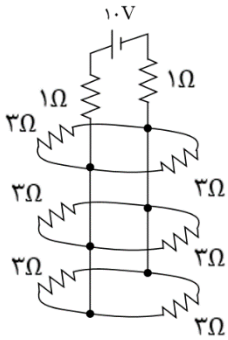
(۴) لامپ A خاموش شده و نور لامپ B کاهش می یابد.







۱۶- در مدار شکل زیر شدت جریانی که از منبع نیروی محرکه آرمانی و از مقاومت های ۳ اهمی می گذرد، به ترتیب و از راست به چپ چند آمپر است؟



(۱) ۳ و  $\frac{1}{2}$

(۲) ۴ و  $\frac{1}{2}$

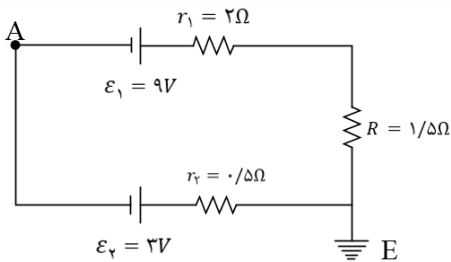
(۳) ۳ و  $\frac{2}{3}$

(۴) ۴ و  $\frac{2}{3}$

۱۷- افت پتانسیل در یک مولد در اتصال مقاومت R به آن  $\frac{1}{3}$  نیروی محرکه است. اگر در اثر فرسودگی مقاومت درونی آن ۵۰ درصد زیاد شود، افت پتانسیل در این مولد در اتصال به همان مقاومت R چند برابر نیروی محرکه می شود؟

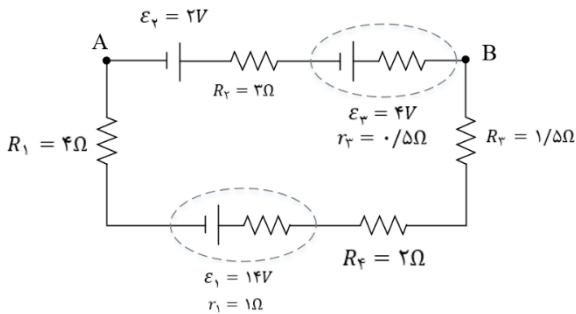
(۱)  $\frac{5}{70}$  (۲)  $\frac{3}{7}$  (۳)  $\frac{2}{7}$  (۴)  $\frac{1}{7}$

۱۸- در شکل زیر با فرض آن که نقطه E مبدا پتانسیل باشد ( $V_E = 0$ ). پتانسیل A چند ولت است؟



(۱)  $-\frac{3}{75}$  (۲)  $\frac{2}{25}$  (۳)  $\frac{3}{75}$  (۴)  $-\frac{2}{25}$

۱۹- در شکل اختلاف پتانسیل بین A و B ( $V_B - V_A$ ) چند V است؟



(۱)  $\frac{14}{3}$

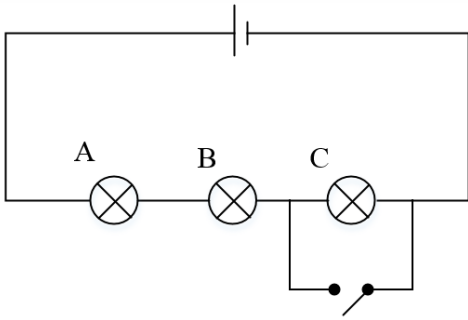
(۲) ۶

(۳)  $\frac{25}{3}$

(۴) ۱۲



۲۰- در شکل مقابل با بستن کلید کدام اتفاق می افتد؟ (A, B) و C لامپ هستند و مقاومت درونی باتری ناچیز است.



(۱) اختلاف پتانسیل دو سر A و B تغییر نمی کند.

(۲) اختلاف پتانسیل دو سر C نصف می شود.

(۳) اختلاف پتانسیل دو سر مولد کاهش می یابد.

(۴) اختلاف پتانسیل B به اندازه ۵۰ درصد افزایش می یابد

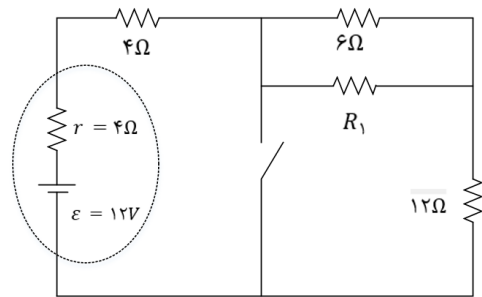
۲۱- در شکل زیر، با بستن کلید، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری ۴۰ درصد کاهش می یابد،  $R_1$  چند اهم است؟

(۴) ۱۸

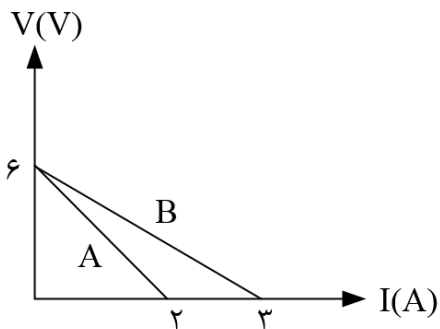
(۳) ۱۲

(۲) ۶

(۱) ۳



۲۲- اگر برای دو باتری A و B نمودار  $V - I$  مطابق شکل زیر باشد کدام گزینه در مورد این دو باتری درست است؟



(۱)  $r_B = 2\Omega, r_A = 3\Omega, \varepsilon_B = 3V, \varepsilon_A = 2V$

(۲)  $r_B = 3\Omega, r_A = 2\Omega, \varepsilon_B = 2V, \varepsilon_A = 3V$

(۳)  $r_B = 2\Omega, r_A = 3\Omega, \varepsilon_B = \varepsilon_A = 6V$

(۴)  $r_B = 3\Omega, r_A = 2\Omega, \varepsilon_B = \varepsilon_A = 6V$



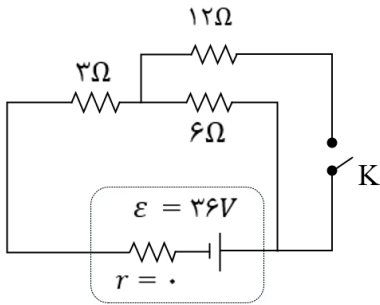
۲۳- با بستن کلید k، جریان عبوری از مقاومت ۶ اهمی چند برابر می شود؟

$\frac{7}{6}$  (۴)

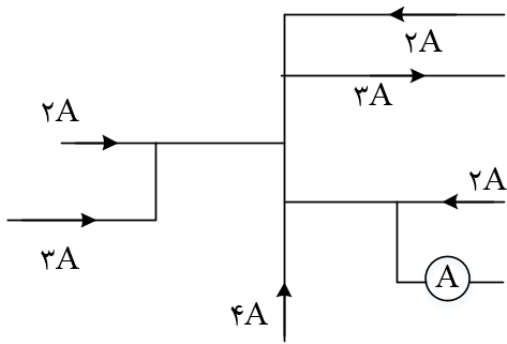
$\frac{6}{7}$  (۳)

$\frac{3}{7}$  (۲)

$\frac{7}{3}$  (۱)



۲۴- در مدار شکل زیر، آمپر سنج چند آمپر را نشان می دهد؟ (آمپر سنج ایده آل است.)



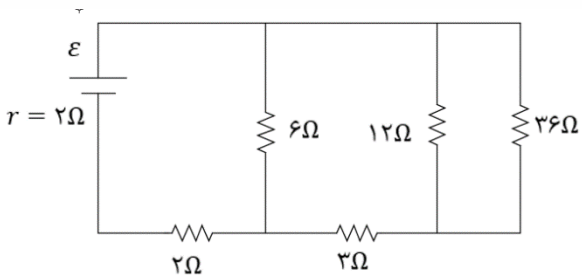
۱۰ (۱)

۱۲ (۲)

۴ (۳)

۶ (۴)

۲۵- در مدار زیر، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومتی که بیشترین توان در آن تلف می شود، ۱۲ ولت است. ε چند ولت است؟



۱۲ (۱)

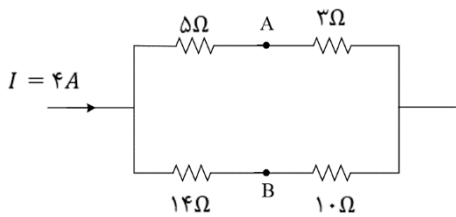
۱۸ (۲)

۲۰ (۳)

۲۴ (۴)



۲۶- در مدار شکل زیر، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه ی A و B،  $(V_A - V_B)$  چند ولت است؟



(۱) -۱

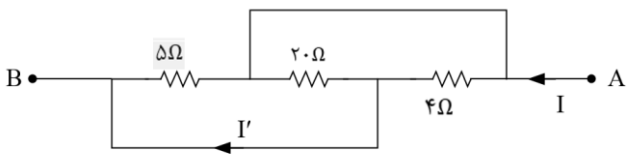
(۲) +۱

(۳) -۲۹

(۴) +۲۹

۲۷- در شکل زیر اگر  $V_A - V_B = 20V$  باشد، جریان  $I'$  چند آمپر است؟

(۱) ۱۰ (۲) ۸ (۳) ۶ (۴) ۴



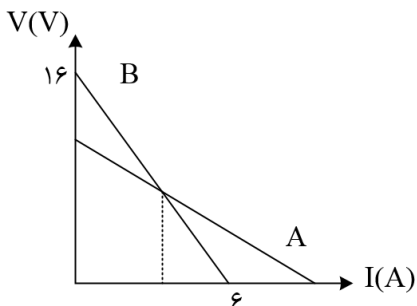
۲۸- منبعی با نیروی محرکه ی ۶ ولت را که مقاومت داخلی آن  $r$  است، به مقاومت  $R$  می بندیم و جریان الکتریکی

$\frac{1}{2}$  آمپر از آن عبور می کند. افت پتانسیل در مقاومت داخلی،  $\frac{1}{9}$  افت پتانسیل در مقاومت خارجی است. مقاومت  $R$  چند اهم است؟

(۱) ۳ (۲) ۲۷ (۳) ۲۴ (۴) ۳۰

۲۹- نمودار اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر دو باتری A و B بر حسب جریان الکتریکی عبوری از آنها به صورت زیر است. اگر مقاومت درونی باتری های A و B به ترتیب  $r_A = 1\Omega$  و  $r_B = 1/5\Omega$  باشد. نیروی محرکه ی باتری A چند ولت است؟

(۱) ۱۰ (۲) ۱۲ (۳) ۱۵ (۴) ۱۳

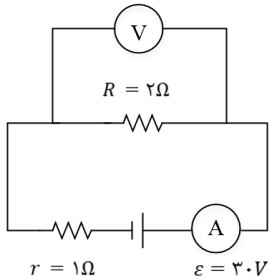




۳۰- اگر در مدار زیر مقاومت الکتریکی  $R$  را دو برابر کنیم، اعدادی که ولت سنج و آمپر سنج ایده آل نشان می دهند به ترتیب از راست به چپ چند برابر می شوند؟

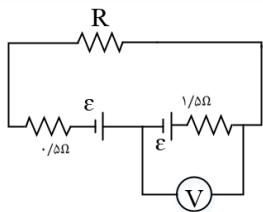
(۱)  $\frac{3}{5}, \frac{3}{5}$       (۲)  $\frac{6}{5}, \frac{6}{5}$

(۳)  $\frac{3}{5}, \frac{6}{5}$       (۴)  $\frac{6}{5}, \frac{3}{5}$



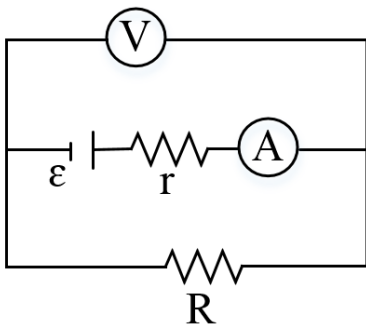
۳۱- در مدار شکل زیر، ولت سنج عدد صفر را نشان می دهد، مقاومت  $R$  چند اهم است؟

- (۱) ۱      (۲) ۲      (۳) ۳      (۴) ۵



۳۲- در مدار زیر اگر مقدار مقاومت  $R$  را افزایش دهیم، مقادیری که آمپر سنج و ولت سنج ایده آل نشان می دهند، به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می کند؟

- (۱) کاهش می یابد - کاهش می یابد      (۲) افزایش می یابد - افزایش می یابد  
 (۳) افزایش می یابد - کاهش می یابد      (۴) کاهش می یابد - افزایش می یابد





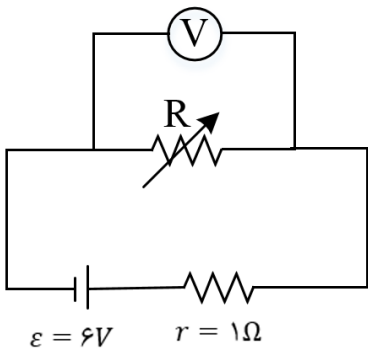
۳۳- در مدار زیر اگر مقاومت الکتریکی رئوستا دو برابر شود، عددی که ولت سنج ایده آل نشان می دهد، ۱۷ افزایش می یابد. مقدار اولیه ی مقاومت رئوستا چند اهم می تواند باشد؟

(۱) ۲/۵

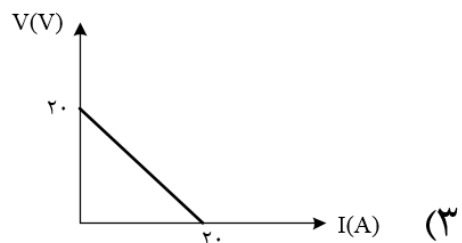
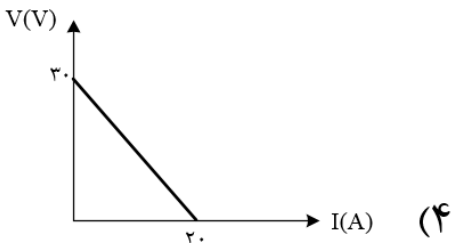
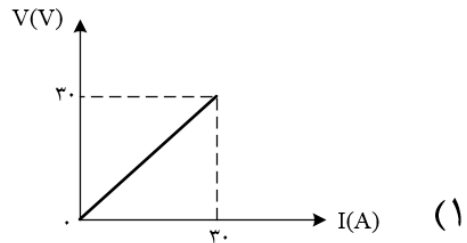
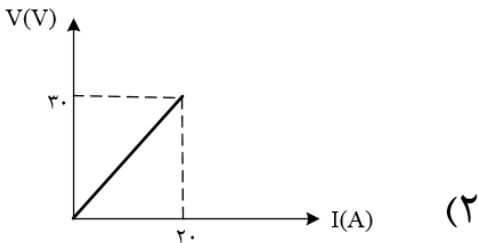
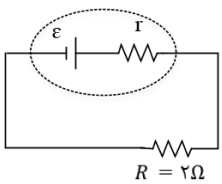
(۲) ۱/۵

(۳) ۲

(۴) ۱

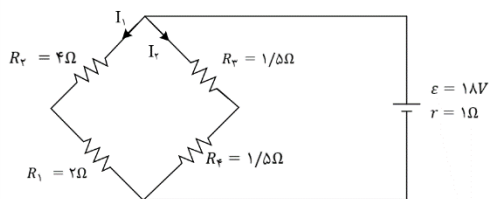


۳۴- در مدار زیر، اگر مقاومت الکتریکی R را دو برابر کنیم، جریان الکتریکی عبوری از مدار ۴۰ درصد کاهش می یابد. کدام نمودار می تواند نشان دهنده ی تغییرات اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری این مدار، بر حسب جریان الکتریکی عبوری از آن باشد؟





۳۵- با توجه به مدار زیر، افت پتانسیل مقاومت  $R_2$  چند برابر افت پتانسیل درون مولد است؟



(۱)  $\frac{2}{3}$

(۲)  $\frac{3}{2}$

(۳)  $\frac{4}{3}$

(۴)  $\frac{3}{4}$

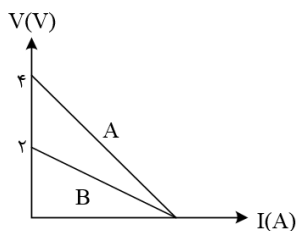
۳۶- نمودار ولتاژ دو سر مولدهای A و B بر حسب جریان های گذرنده از آنها مطابق شکل است. اگر از هر دو مولد جریان یکسانی بگذرد، توان تلف شده در مولد A چند برابر توان تلف شده در مولد B است؟

(۴) ۳

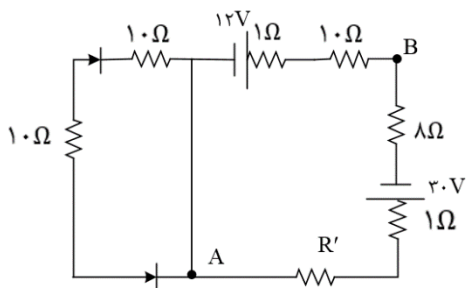
(۳) ۲

(۲) ۱/۵

(۱) ۰/۵



۳۷- در مدار روبه رو اگر  $V_A - V_B = 10V$  باشد، مقاومت  $R'$  چند اهم است؟



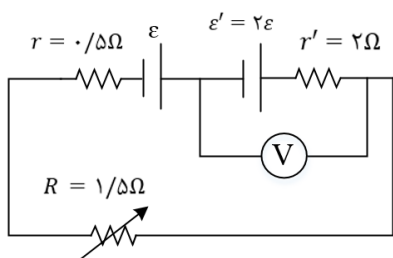
(۱) صفر

(۲) ۱

(۳) ۴

(۴) ۶

۳۸- در مدار رو به مقاومت متغیر را چند اهم و چگونه تغییر دهیم تا ولت سنج صفر و را نشان دهد؟



(۱) مقاومت متغیر را تغییر ندهیم.

(۲)  $1\Omega$  کاهش دهیم.

(۳)  $1\Omega$  افزایش دهیم.

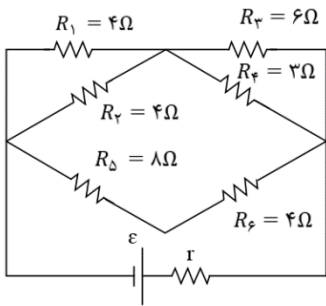
(۴)  $0/5\Omega$  کاهش دهیم.



۳۹- در سیم کشی منازل، همه مصرف کننده ها به طور موازی متصل می شوند. یک اتوی  $1100W$ ، یک نان برشته کن  $1800W$ ، پنج لامپ رشته ای  $100W$ ، یک بخاری  $1100W$  به پریزهای یک مدار سیم کشی خانگی  $200V$  وصل می شوند. در این مدار فیوز حداقل چند آمپری قرار دهیم تا فیوز نپرد؟

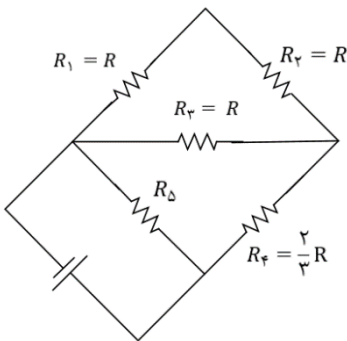
- ۱۰ (۱)      ۱۲ (۲)      ۱۵ (۳)      ۲۲/۵ (۴)

۴۰- در مدار شکل مقابل بیشینه توان مصرفی در کدام مقاومت مصرف می شود؟



- $R_4$  (۱)  
 $R_1$  (۲)  
 $R_5$  (۳)  
 $R_3$  (۴)

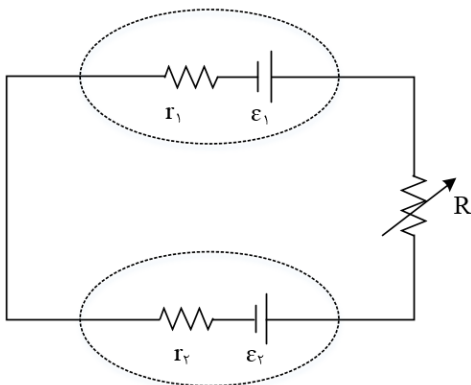
۴۱- در مدار زیر، توان مصرفی مقاومت  $R_3$ ،  $\frac{1}{3}$  توان مصرفی مقاومت  $R_5$  است. مقاومت معادل مدار چند برابر  $R$  است؟



- $\frac{4}{3}$  (۲)       $\frac{8}{3}$  (۱)  
 $\frac{1}{3}$  (۴)       $\frac{2}{3}$  (۳)

۴۲- در مدار زیر،  $\epsilon_2 < \epsilon_1$  است. در این مدار، با کاهش مقاومت  $R$  اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری ۱

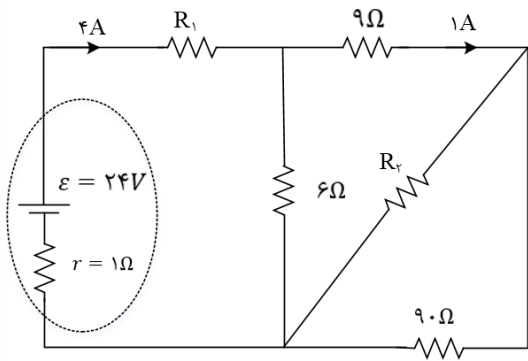
و توان ورودی باتری ۲ به ترتیب چگونه تغییر می کنند؟



- (۱) کاهش - افزایش  
 (۲) کاهش - کاهش  
 (۳) افزایش - افزایش  
 (۴) افزایش - کاهش



۴۳- در شکل روبه رو، توان الکتریکی مصرفی مقاومت  $R_2$  چند وات است؟



(۱)  $9/8$

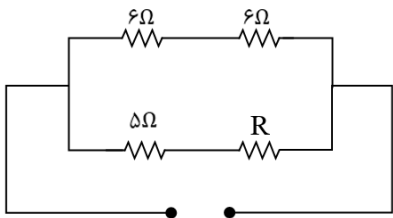
(۲)  $8/1$

(۳)  $7/2$

(۴)  $3/6$

۴۴- در مدار زیر بیشینه توان مصرفی مربوط به مقاومت  $R$  است. مقاومت  $R$  کدام یک از گزینه های زیر می تواند باشد؟

( $\sqrt{6} \cong 2/4$ )



(۱) ۷

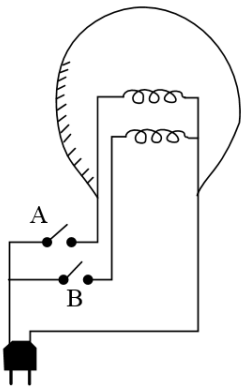
(۲) ۴

(۳) ۱۲

(۴) ۱۴

۴۵- مطابق شکل یک لامپ سه راهه ۲۲۰ ولتی که در رشته دارد برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است. کم

ترین و بیشترین توان مصرفی این لامپ به ترتیب  $50W$  و  $150W$  است. مقاومت هریک از رشته ها تقریباً چند اهم است؟



(۱)  $485 - 968$

(۲)  $658 - 968$

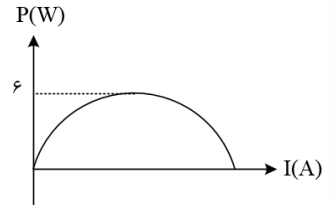
(۳)  $348 - 628$

(۴)  $286 - 584$



۴۶- نمودار شکل زیر تغییرات توان مفید یک مولد را برحسب جریان عبوری از آن نشان می دهد. اختلاف مقاومت های متغیر متصل به مولد برای آن که توان مولد  $5/76$  وات شود، چند برابر مقاومت داخلی مولد است؟

- ۳ (۱)      ۴ (۲)      ۵ (۳)      ۶ (۴)



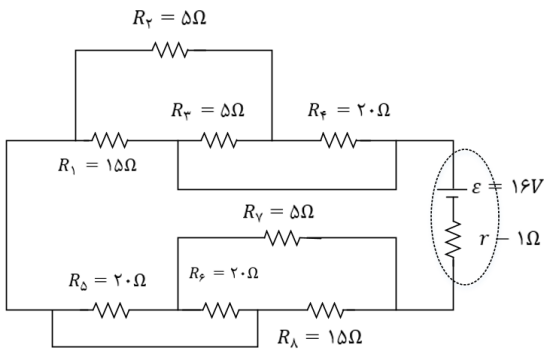
۴۷- دو مقاومت یکسان  $R$  را به طور متوالی به ولتاژ ثابتی می بندیم. توانی که در مجموعه ی دو مقاومت مصرف می شود،  $40\text{ W}$  است. اگر این دو مقاومت را به طور موازی به همان اختلاف پتانسیل ببندیم، توان مصرفی در مجموعه ی دو مقاومت در این حالت چند وات است؟

- ۱۰ (۱)      ۴۰ (۲)      ۸۰ (۳)      ۱۶۰ (۴)

۴۸- روی یک لامپ اعداد  $100$  وات و  $200$  ولت نوشته شده و با همان ولتاژ روشن است. اگر به علت افت ولتاژ توان مصرفی لامپ  $19$  درصد کاهش پیدا کند، افت ولتاژ چند ولت خواهد بود؟

- ۱۲ (۱)      ۱۹ (۲)      ۲۰ (۳)      ۸۸ (۴)

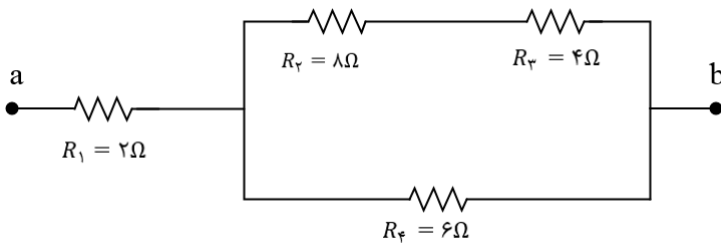
۴۹- با توجه به مدار مقابل، توان خروجی باتری در مدار چند وات است؟



- ۱۰ (۱)  
۱۵ (۲)  
۲۰ (۳)  
۳۰ (۴)



۵۰- در شکل زیر حداکثر توان قابل تحمل هر یک از مقاومت ها ۶۰ وات است. حداکثر توانی که می توان از مجموعه گرفت تا هیچ یک از مقاومت ها آسیب نبینند، چند وات است؟



۲۴۰ (۱)

۱۳۵ (۲)

۱۱۰ (۳)

۱۰۰ (۴)

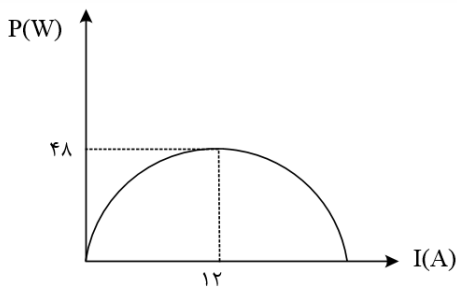
۵۱- با توجه به نمودار زیر که مربوط به توان خروجی بر حسب جریان برای یک باتری است. به ترتیب از راست به چپ، نیروی محرکه ی باتری و مقاومت درونی آن در واحد SI چقدر است؟

۳ و ۸ (۲)

۳ و ۴ (۱)

$\frac{1}{3}$  و ۸ (۴)

$\frac{1}{3}$  و ۴ (۳)



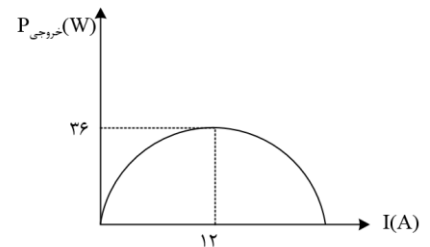
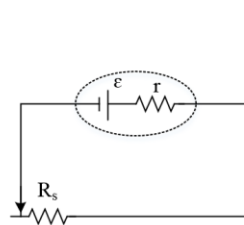
۵۲- در مدار شکل زیر، توان خروجی باتری بر حسب جریانی که از آن می گذرد، مطابق نمودار زیر است. مقاومت رئوستا چند اهم باشد تا توان خروجی باتری بیشینه شود؟

۱ (۴)

۰/۷۵ (۳)

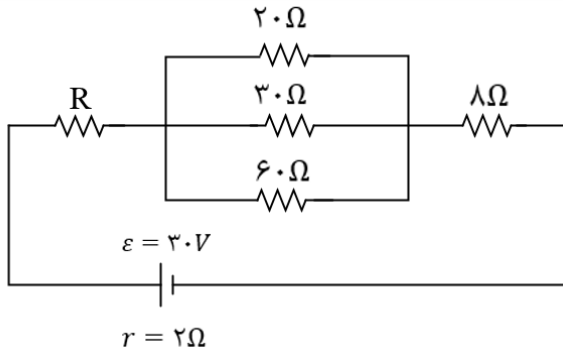
۰/۵ (۲)

۰/۲۵ (۱)



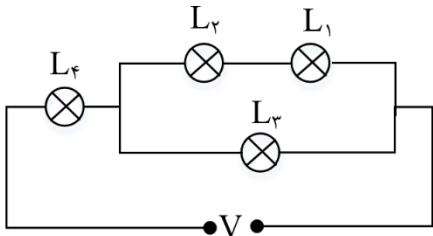


۵۳- در مدار شکل زیر، اندازه ی مقاومت  $R$  را بر حسب اهم کدام گزینه انتخاب کنیم، تا توان مصرفی در آن همواره از توان مصرفی در سایر مقاومت ها بیش تر باشد؟



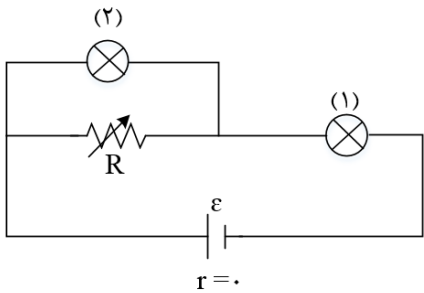
- (۱)  $3\Omega$
- (۲)  $6\Omega$
- (۳)  $8\Omega$
- (۴)  $9\Omega$

۵۴- در مدار زیر لامپ ها مشابه اند. اگر توان بیشینه ای که هر کدام از لامپ ها می تواند تحمل کند  $90W$  باشد بیشینه توان مصرفی مدار چند وات باشد تا هیچ یک از مقاومت ها آسیب نبینند؟



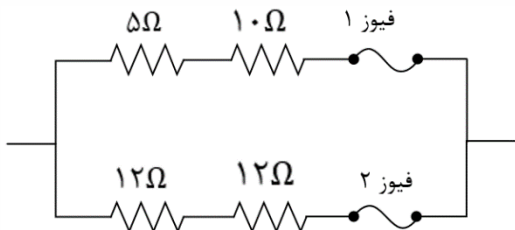
- (۱) ۱۱۰
- (۲) ۱۲۵
- (۳) ۱۳۰
- (۴) ۱۵۰

۵۵- در مدار شکل مقابل با افزایش مقاومت  $R$ ، نور لامپ ها چگونه تغییر می کند؟



- (۱) هر دو کم می شود.
- (۲) لامپ (۱) کم و لامپ (۲) زیاد می شود.
- (۳) هر دو زیاد می شود.
- (۴) لامپ (۱) زیاد و لامپ (۲) کم می شود.

۵۶- در مدار زیر توان کل مصرفی در مقاومت ها در یک لحظه برابر  $9000W$  است. اگر فیوزهای (۱) و (۲) هر دو یکسان و  $15A$  باشند، کدام گزینه درست است؟



- (۱) در این لحظه فیوز (۱) می پرد.
- (۲) در این لحظه فیوز (۲) می پرد.
- (۳) در این لحظه فیوز (۱) و (۲) هر دو می پرد.
- (۴) هیچ کدام از فیوزها نمی پرد.



۵۷- روی لامپی اعداد ۲۲۰ ولت و  $X$  وات نوشته شده است. اگر این لامپ را به اختلاف پتانسیل الکتریکی  $110V$  متصل کنیم، توان مصرفی آن  $90W$  کاهش می یابد.  $X$  کدام است؟ (مقاومت الکتریکی لامپ ثابت است.)

- (۱) ۶۰ (۲) ۱۲۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۸۰

۵۸- اختلاف پتانسیل  $17V$  به دو سر یک سیم مسی به طول  $30$  متر و شعاع مقطع  $1mm$  اعمال می شود. آهنگ تولید انرژی گرمایی در سیم چند وات است؟ ( $\rho = 1/7 \times 10^{-8} \Omega.m, \pi = 3$ )

- (۱) ۱۷۰۰ (۲) ۱۹۰۰ (۳) ۲۰۰۰ (۴) ۱۴۴۰

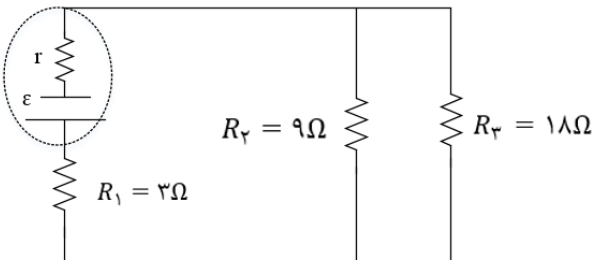
۵۹- روی یک بخاری برقی مشخصات آن به صورت  $1100W$  و  $220V$  ثبت شده است. اگر این بخاری را به مدت  $5$  ساعت به اختلاف پتانسیل  $110V$  وصل کنیم، بهای انرژی مصرفی آن چند تومان می شود؟ (مقاومت الکتریکی بخاری ثابت فرض شود و هزینه هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی  $80$  تومان است.)

- (۱) ۴۴۰ (۲) ۳۳۰ (۳) ۲۲۰ (۴) ۱۱۰

۶۰- شخصی دو لامپ معمولی  $220$  ولتی و  $100$  واتی خریده و آنها را به طور متوالی بسته و دو سر مجموعه را به برق  $220$  ولت وصل کرده است. با فرض ثابت ماندن مقاومت الکتریکی لامپ ها، توان مصرفی مجموعه در این حالت چند وات است؟

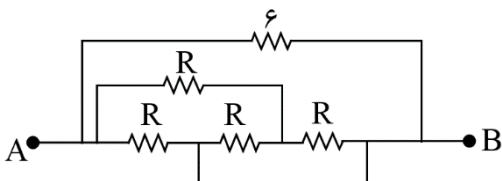
- (۱) ۲۵ (۲) ۵۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۲۰۰

۶۱- در مدار شکل مقابل، شدت جریان گذرنده از مقاومت  $R_7$  برابر با  $4$  آمپر است. توان مفید مولد چند وات است؟



- (۱) ۳۶  
(۲) ۵۴  
(۳) ۱۰۸  
(۴) ۳۲۴

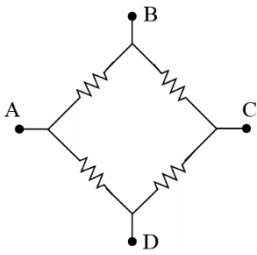
۶۲- در شکل زیر اگر مقاومت معادل بین نقاط  $A$  و  $B$  برابر با  $\frac{R}{3}$  باشد، مقدار  $R$  چند اهم است؟



- (۱) ۴  
(۲) ۸  
(۳) ۳  
(۴) ۶

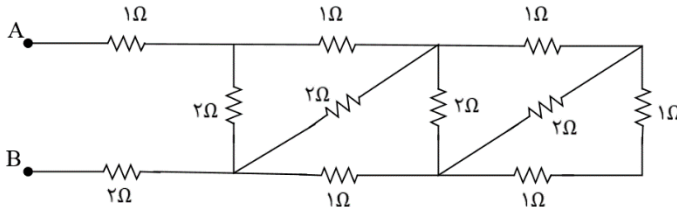


۶۳- در شکل مقابل نسبت مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و C به مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B کدام است؟



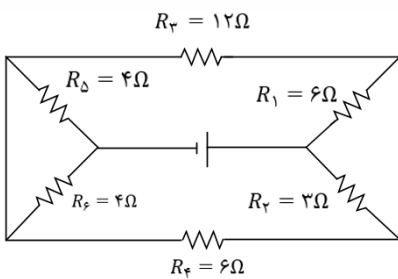
- (۱)  $\frac{4}{3}$   
 (۲)  $\frac{3}{4}$   
 (۳)  $\frac{8}{3}$   
 (۴)  $\frac{3}{8}$

۶۴- مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B در مدار شکل زیر چند اهم است؟



- (۱) ۱  
 (۲) ۲  
 (۳) ۳  
 (۴) ۴

۶۵- مقاومت معادل مدار زیر چند اهم است؟



- (۱) ۲  
 (۲) ۶  
 (۳) ۱۲  
 (۴) ۸

۶۶- چهار مقاومت ۴، ۵، ۸ و ۲۰ اهمی طوری به هم وصل شده اند که مقاومت معادل آنها  $4\Omega$  است. اگر دو سر مجموعه را به منبع برقی وصل کنیم و از مقاومت ۸ اهمی جریان  $5A$  عبور کند، از مقاومت ۲۰ اهمی جریان چند آمپر عبور می کند

- (۱) ۱  
 (۲)  $\frac{2}{5}$   
 (۳) ۴  
 (۴) ۵



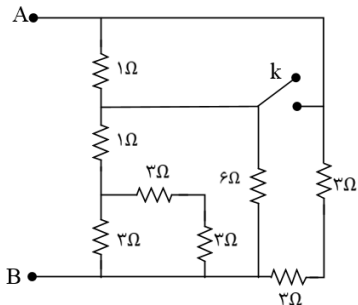
۶۷- در مدار روبه رو، ابتدا کلید باز است. اگر کلید بسته شود، مقاومت معادل بین دو نقطه ی A و B چند اهم تغییر می کند؟

۱/۲۵ (۴)

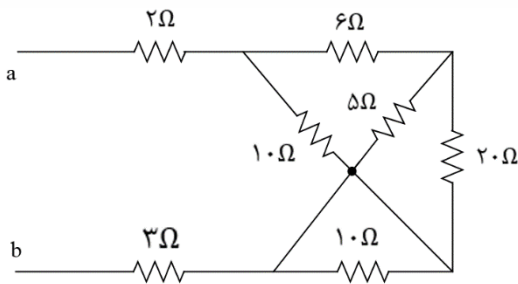
۰/۷۵ (۳)

۰/۵ (۲)

۰/۲۵ (۱)



۶۸- در شکل روبه رو که قسمتی از یک مدار الکتریکی است، از مقاومت ۲۰ اهمی شدت جریان ۰/۵ آمپر عبور می کند. از مقاومت ۲ اهمی شدت جریان چند آمپر عبور می کند؟



۱/۵ (۱)

۲ (۲)

۳/۵ (۳)

۵ (۴)

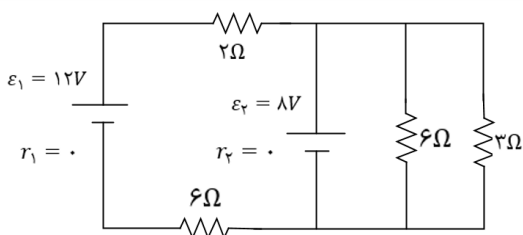
۶۹- در مدار روبه رو شدت جریانی که از مقاومت ۳ اهمی می گذرد، چند آمپر است؟

۴ (۴)

8/3 (۳)

4/3 (۲)

1/4 (۱)



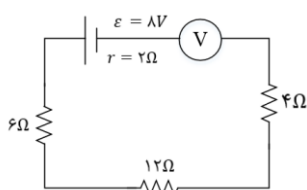
۷۰- در مدار روبه رو ولت سنج ایده آل، چند ولت را نشان می دهد؟

۷/۳ (۴)

۴ (۳)

صفر (۲)

۸ (۱)





## Answers of Home Work

۱- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا بار هریک از گویها را بعد از اتصال به یکدیگر به دست می آوریم:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 - q_2}{2} = \frac{6 - 4}{2} = 1\mu C$$

حالا تغییرات بار الکتریکی هر گوی را به دست می آوریم:

$$\Delta q_1 = q'_1 - q_1 = 1 - (6) = -5\mu C$$

$$\Delta q_2 = q'_2 - q_2 = 1 - (-4) = 5\mu C$$

بنابر این بار عبوری از کلید نیز به اندازه ی  $5\mu C$  است و داریم:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{5 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-3}} = 2/5 \times 10^{-3} A = 2/5 mA$$

۲- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. بار الکتریکی عبوری از سیم را در لحظات موردنظر گزینه ها حساب می کنیم:

$$q = (4t^2 + 2t + 6) \Rightarrow \begin{cases} t_0 = 0 \Rightarrow q_0 = 6C \\ t_1 = 1s \Rightarrow q_1 = 12C \\ t_2 = 2s \Rightarrow q_2 = 26C \\ t_3 = 3s \Rightarrow q_3 = 48C \end{cases}$$

حالا جریان الکتریکی متوسط را در هریک از بازه های زمانی مطرح شده در گزینه ها به دست می آوریم:

$$1) \bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q_1 - q_0}{2 - 0} = \frac{26 - 6}{2} = 10A$$

$$2) \bar{I} = \frac{q_1 - q_0}{1 - 0} = \frac{12 - 6}{1} = 6A$$

$$3) \bar{I} = \frac{q_2 - q_1}{2 - 1} = \frac{26 - 12}{1} = 14A$$

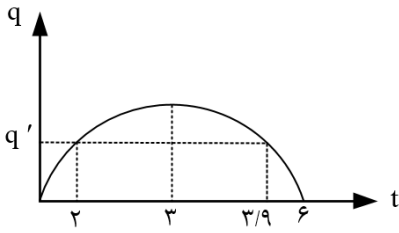
$$4) \bar{I} = \frac{q_3 - q_2}{3 - 2} = \frac{48 - 26}{1} = 22A$$

در بازه ی گزینه ی ۴ بیش ترین جریان الکتریکی متوسط از سیم عبور می کند.

۳- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. رأس سهمی برابر  $t = \frac{6+0}{2}$  راس است.  $2/1s$  به فاصله یکسان از رأس

قرار دارد.

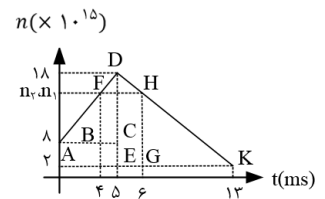




$$t_{\text{راس}} = \frac{2/1 + 3/9}{2} = 3s$$

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \bar{I} = \frac{0}{1/8} = 0$$

۴- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. دو ثانیه سوم یعنی بازه زمانی بین  $t = 4s$  و  $t = 6s$  اکنون به کمک تشابه مثلث در لحظه  $t = 4s$  و  $t = 6s$  تعداد الکترونهاى گذرنده را به دست می آوریم:



$$\Delta ABF \sim \Delta ACD$$

$$\Rightarrow \frac{DC}{FB} = \frac{CA}{BA} \Rightarrow \frac{18-8}{FB} = \frac{5}{4} \Rightarrow FB = 8$$

$$n_1 = (8 + 8) \times 10^{15} \Rightarrow n_1 = 16 \times 10^{15}$$

$$\Delta DEL \sim \Delta HGL \Rightarrow \frac{DE}{HG} = \frac{EK}{GH} = \frac{18-2}{13-6} = \frac{13-5}{HG} \Rightarrow HG = 14$$

$$n_2 = (2 + 14) \times 10^{15} = 16 \times 10^{15}$$

در این صورت:

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{n_2 e - n_1 e}{\Delta t} = 0$$

راه دوم: با توجه به یکسان بودن شیب خط های نمودار و این که 4s و 6s که به یک فاصله از  $t = 5s$  می باشد، می توان فهمید که n در 4s و 6s یکسان می باشد.

۵- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. چگالی را  $\rho'$  و مقاومت ویژه را  $\rho$  می نامیم.

$$m_B = \frac{2}{3} m_A \Rightarrow \rho'_B A_B L_B = \frac{2}{3} \rho'_A A_A L_B \Rightarrow \frac{1}{3} A_B = \frac{2}{3} A_A \Rightarrow A_B = 2A_A$$

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{L_B}{L_A} \times \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} \times 1 \times \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} = 2$$



۶- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

مقاومت اولیه سیم برابر است با:

طول سیم  $\frac{l}{2}$  بوده و آن را کشیده تا طولش مجدد 1 شود:

$$m' = \frac{1}{2} m \xrightarrow{\rho' = \rho} V' = \frac{1}{2} V \rightarrow A' L = \frac{1}{2} AL \rightarrow A'_2 = \frac{1}{2} A$$

$$R' = \rho \frac{l}{A'} \rightarrow \frac{l}{\frac{A}{2}} \rightarrow R' = 2\rho \frac{l}{A}$$

$$\frac{R}{R'} = \frac{2\rho \frac{l}{A}}{\rho \frac{l}{A}} = 2$$

۷- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به نمودار در بازه  $\theta = 0$  تا  $\theta = 200^\circ\text{C}$  می توان نوشت:

$$\frac{\Delta R_A}{\Delta R_B} = \frac{R_A \alpha_A \Delta \theta_A}{R_B \alpha_B \Delta \theta_B} \rightarrow \frac{15}{20} = \frac{R_A \alpha_A}{2 R_B \alpha_B} \rightarrow \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = 1/5$$

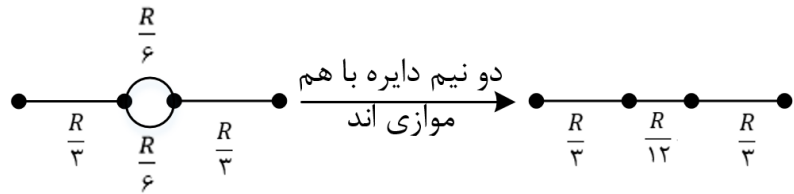
۸- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با رنگ های سبز و آبی عدد ۵۶ و با قرمز توان عدد ۱۰ به دست می آید، داریم:

$$R = 56 \times 10^2 = 5600\Omega$$

و با اعمال تفرانس (۵٪) برای آن که بیشترین مقاومت باشد:

$$R = 5600 \times \frac{105}{100} = 5880\Omega$$

۹- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. سیم را به سه طول تقسیم کردیم، پس هر طول مقاومت  $\frac{R}{3}$  دارد و نیم دایره بالایی مقاومت  $\frac{R}{6}$  و نیم دایره پایینی نیز مقاومت  $\frac{R}{6}$  خواهد داشت:



$$R_{eq} = \frac{R}{3} + \frac{R}{12} + \frac{R}{3} = \frac{9R}{12} = \frac{3R}{4}$$

۱۰- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$T_0 = -150^\circ\text{C} = 123K$$

$$T = 0^\circ\text{C} = 273K$$



با استفاده از رابطه ی  $\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$  داریم:

$$\frac{20 \times 10^{-8}}{\rho} = \frac{10 \times 10^{-8}}{\rho_0} \left[ 1 + \alpha \left( \frac{273}{T} - \frac{123}{T_0} \right) \right] \rightarrow 2 = 1 + 150\alpha$$

$$\rightarrow \alpha = \frac{1}{150} K^{-1}$$

۱۱- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا با توجه به نمودار صورت سؤال، نسبت مقاومت های A و B را با استفاده از قانون اهم به دست می آوریم:

$$R = \frac{V}{I} \rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{V_A}{V_B} \times \frac{I_B}{I_A} = \frac{V}{4V} \times \frac{I}{I} = \frac{1}{4} \rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{1}{4} \quad (1)$$

جرم دو سیم با هم برابر است. در نتیجه:

$$m = \rho V \xrightarrow{m_A=m_B} \rho_A V_A = \rho_B V_B$$

$$\rightarrow 8A_A L_A = 2/4 A_B L_B \rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \frac{2/4 A_B}{8 A_A} = 0/3 \frac{A_B}{A_A} \quad (2)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A}$$

$$(1)(2) \xrightarrow{\rho_B = \frac{3}{10}\rho_A} \frac{1}{4} = \frac{10}{3} \times (0/3 \frac{A_B}{A_A}) \times \frac{A_B}{A_A} \rightarrow \frac{A_B}{A_A} = \frac{1}{2}$$

$$\xrightarrow{A = \pi \frac{D^2}{4}} \left( \frac{D_B}{D_A} \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{D_B}{D_A} = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow D_A = \sqrt{2} D_B$$

نکته: دقت کنید که چگالی و مقاومت ویژه، هر دو با نماد  $\rho$  نشان داده می شود.

۱۲- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. طبق قانون اهم ( $R = \frac{V}{I}$ ) میدانیم که حداکثر جریان زمانی اتفاق می افتد که مقاومت الکتریکی رسانا حداقل و حداقل جریان زمانی اتفاق می افتد که مقاومت رسانا حداکثر باشد، بنابراین با استفاده از رابطه ی  $R = \rho \frac{L}{A}$  می توان نوشت:

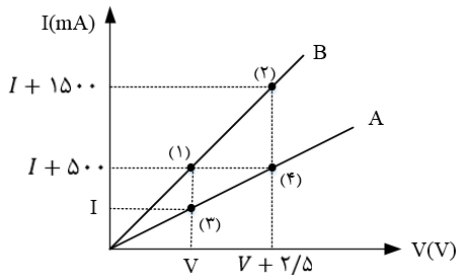
$$\frac{R_{min}}{R_{max}} = \frac{\rho \frac{L_{min}}{A_{max}}}{\rho \frac{L_{max}}{A_{min}}} = \frac{1}{\frac{16}{8}} = \frac{1}{16} \times \frac{2}{8} = \frac{1}{64}$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{R_{max}}{R_{min}} = 64$$



۱۳- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. برای حل کفایت از رابطه ی  $\Delta V = R\Delta I$  برای دو مقاومت استفاده کنیم. با توجه به این موضوع، داریم:



مقاومت A از روی نقاط 3 و 4 :  $\Delta V_A = R_A \times \Delta I_A$

$\rightarrow (2/5) = R_A \times (500 \times 10^{-3}) \rightarrow R_A = 5\Omega$

مقاومت B از روی نقاط 1 و 2 :  $\Delta V_B = R_B \times \Delta I_B$

$\rightarrow 2/5 = R_B \times (1000 \times 10^{-3}) \rightarrow R_B = 2/5\Omega$

$\rightarrow R_A - R_B = 2/5\Omega$  خواسته مسئله

۱۴- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا به کمک قاعده ی انشعاب، مقدار  $I_2$  را به دست می آوریم:

$I_1 + I_3 = I_2 \rightarrow I_2 = 2 + 3 = 5A$

حال از نقطه ی C شروع به حرکت می کنیم تا به نقطه ی A برسیم:

$V_C - I_3 r_3 + \varepsilon_3 - I_3 R_3 - I_2 R_2 - I_2 r_2 + \varepsilon_2 = V_A$

$0 - 3 \times 3 + 8 - 3 \times 6 - 5 \times 4 \times 5 \times 2 + 9 = V_A \rightarrow -9 + 8 - 18 - 20 - 10 + 9 = V_A$

$\rightarrow V_A = -40V$

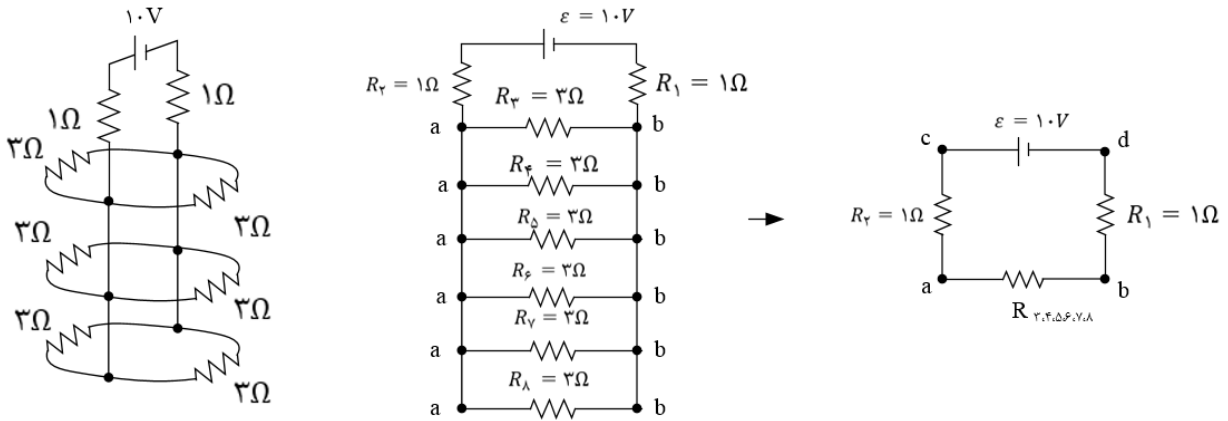
۱۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. اگر کمی به مدار دقت کنید، متوجه می شوید که لامپ های A و B به طور متوالی به یکدیگر متصل شده اند و مجموع آنها به طور موازی به لامپ C متصل شده و مجموعه به دو سر باتری وصل شده است.

با توجه به این که مقاومت درونی باتری ناچیز است، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن همواره برابر می باشد و با تغییرات مقاومت ها و جریان مدار اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری ثابت می ماند و تغییر نمی کند. بنابراین از آنجایی که دو سر لامپ C به طور مستقیم به دو سر باتری متصل شده است، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر لامپ C نیز ثابت می ماند و نور لامپ C تغییر نمی کند.



از طرف دیگر لامپ های A و B به طور متوالی به یکدیگر متصل شده و دو سر آنها به اختلاف پتانسیل 4 وصل شده است، بنابراین نیروی محرکه ی باتری بین این دو لامپ تقسیم می شود، با بستن کلید K لامپ A اتصال کوتاه شده و خاموش می شد، بنابراین اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر لامپ B افزایش یافته و پر نورتر می شود.

۱۶- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا مقاومت ها را نام گذاری کرده و شکل را به صورت ساده تر رسم می کنیم.



$$R_{3,4,5,6,7,8} = \frac{R}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} = 0.5\Omega \rightarrow R_{eq} = R_1 + R_2 + R_{3,\dots,8} = 1 + 1 + 0.5 = 2.5\Omega$$

$$\rightarrow R_{eq} = \frac{V}{I} = \frac{\varepsilon}{I} \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{10}{2.5} = 4A \text{ جریانی عبوری از منبع}$$

چون هر شش مقاومت موازی و مقدار آنها مساوی است، بنابراین جریان به نسبت مساوی بین آنها تقسیم می شود.

$$I' (\text{هر 3 اهمی}) = \frac{I}{6} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}A$$

۱۷- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$\text{در حالت اول} \rightarrow V_2 = rI \rightarrow \frac{1}{3}\varepsilon = r \times \frac{\varepsilon}{R+r} \rightarrow \begin{cases} R+r = 3r \\ R = 2r \end{cases}$$

$$\text{در حالت دوم} \rightarrow r' = 1/5r \rightarrow r' = 3r$$

$$V_r' = r'I = r' \times \frac{\varepsilon}{R+r} = 1/5r \times \frac{\varepsilon}{2r + 1/5r}$$

$$\rightarrow V_r' = \frac{1/5}{3/5} \times \varepsilon = \frac{15}{35} \varepsilon = \frac{3}{7} \varepsilon$$

۱۸- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا جریانی الکتریکی را به دست می آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{r_1 + r_2 + R} = \frac{9 - 3}{1/5 + 0.5 + 2} = \frac{3}{2}A$$



سپس از نقطه A به طور پادساعتگرد به E می‌رسیم:

$$V_A + 3 + 0/5 \times 1/5 = 0 \rightarrow V_A = -3/75V$$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\sum R} = \frac{14 - 6}{12} = \frac{2}{3}$$

$$V_B - r_3 I - \varepsilon_3 - R_2 I - \varepsilon_2 = V_A \rightarrow V_B - V_A = \frac{25}{3} V$$

۲۰- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به این که اختلاف پتانسیل دو سر مولد (دو سر مقاومت ها)  $V = \varepsilon - Ir$  و  $r = 0$  است. بنابر این اختلاف پتانسیل دو سر مولد تغییر نمی‌کند. با بستن کلید لامپ C از مدار خارج می‌شود و مقاومت کل مدار کاهش می‌یابد و در نتیجه اختلاف پتانسیل دو سر A و B افزایش می‌یابد. با توجه به این که ولتاژ هریک ابتدا  $\frac{\varepsilon}{3}$  بوده پس ولتاژ A و B افزایش می‌یابد و به  $\frac{\varepsilon}{2}$  می‌رسد، در نتیجه ولتاژ هریک از A و B، ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

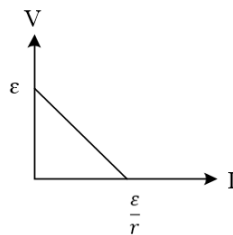
$$V = \frac{\varepsilon R_{eq}}{R_{eq} + r} \quad \text{21- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.}$$

$$V_2 = 0/6V_1 \rightarrow \frac{(R_{eq})_2}{(R_{eq})_2 + 4} = \frac{0/6(R_{eq})_1}{(R_{eq})_1 + 4}$$

$$R_{eq1} = \frac{6R_1}{R_1 + 6} + 12 + 4 \rightarrow R_1 = 12\Omega$$

چون مقاومت های ۱۲، R، ۶ اتصال کوتاه می‌شود.  $R_{eq2} = 4$

۲۲- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به نمودار داده شده و با استفاده از رابطه  $V = \varepsilon - rI$  داریم:

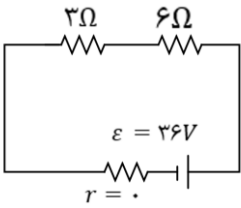


$$I = 0 \rightarrow V = \varepsilon \rightarrow \varepsilon_A = \varepsilon_B = 6V$$

$$V = 0 \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r} \rightarrow \begin{cases} \frac{\varepsilon_A}{r_A} = \frac{6}{r_A} = 2 \rightarrow r_A = 3\Omega \\ \frac{\varepsilon_A}{r_B} = \frac{6}{r_B} = 3 \rightarrow r_B = 2\Omega \end{cases}$$

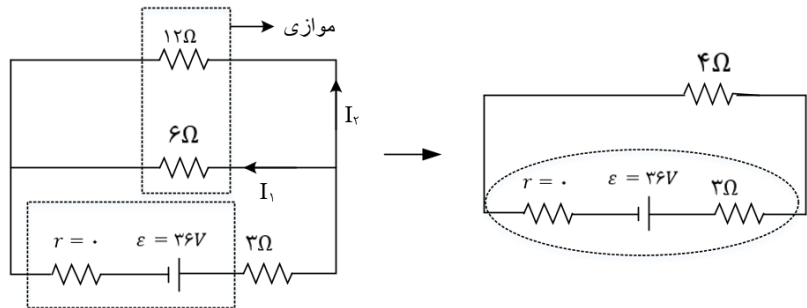


۲۳- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. زمانی که کلید K باز است، مقاومت ۱۲ اهمی از مدار خارج می شود و هیچ جریانی از آن عبور نمی کند و مقاومت ۳ اهمی و ۶ اهمی با یکدیگر متوالی می شوند، در نتیجه جریان در کل مدار به صورت زیر است:



$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{36}{9} = 4A$$

حال کلید K را می بندیم و مقاومت معادل را به صورت زیر با استفاده از روش نام گذاری محاسبه می کنیم:



$$\frac{12 \times 6}{12 + 6} = \frac{12 \times 6}{18} = 4\Omega \quad \text{و} \quad R_{eq} = 4 + 3 = 7\Omega \rightarrow I' = \frac{36}{7} A$$

حال جریان عبوری از مقاومت ۱۲ اهمی را  $I_2$  و از مقاومت ۶ اهمی را  $I_1$  در نظر می گیریم. با توجه به این که مقدار مقاومت با اندازه ی جریان رابطه ی عکس دارد، جریان عبوری از مقاومت ۶ اهمی ۲ برابر جریان عبوری از مقاومت ۱۲ اهمی است، در نتیجه:

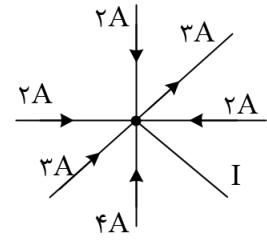
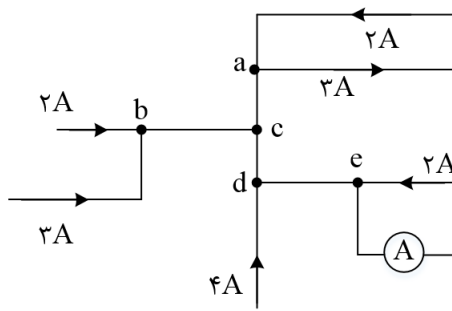
$$\begin{cases} I_1 = \frac{36}{7} \rightarrow 2I_2 + I_2 = \frac{36}{7} \rightarrow 3I_2 = \frac{36}{7} \\ I_1 = 2I_2 \end{cases}$$

$$\rightarrow I_2 = \frac{12}{7} \rightarrow I_1 = \frac{24}{7} A$$

$$\frac{I_1}{I} = \frac{\frac{24}{7}}{\frac{36}{7}} = \frac{2}{3}$$

حال نسبت  $\frac{I_1}{I}$  را محاسبه می کنیم:

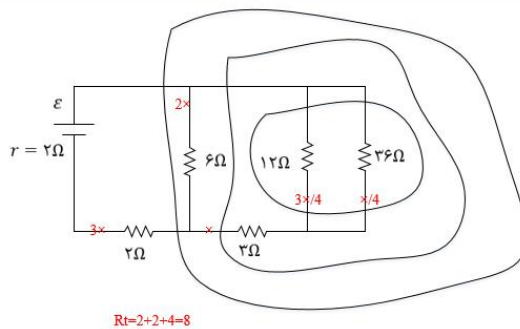
۲۴- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. می دانیم اگر چند سیم بدون مقاومت به یکدیگر متصل باشند، نقاط هم پتانسیل خواهند داشت. نقاط هم پتانسیل را می توان یک نقطه در نظر گرفت، بنابراین با توجه به شکل نقاط a, b, c, d و هم پتانسیل هستند، پس:



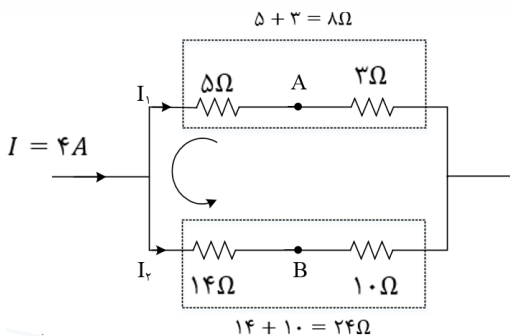
جمع جریان های ورودی و خروجی باید با یک دیگر برابر باشند:

$$\underbrace{3 + 2 + 2 + 2 + 4}_{\text{جریان ورودی}} = \underbrace{I + 3}_{\text{جریان های خروجی}} \rightarrow I = 10A$$

۲۵- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا مقاومت کل مدار را حساب می کنیم که برابر ۸ اهم می شود. با یک بررسی ساده مطابق شکل می بینیم که توان ۶ اهمی برابر شده  $24x^2 = 6 \times (2x)^2 = P = RI^2$  که از همه بیشتر است. بنابراین با توجه به این که ولتاژ ۶ اهمی برابر ۱۲ ولت است، جریان عبوری از آن طبق قانون اهم برابر ۲ آمپر است، مطابق شکل جریان عبوری از مقاومت ۳ اهمی، ۱ آمپر می شود. در مجموع جریان کل یا جریان عبوری از مقاومت ۲ اهمی، ۳ آمپر است. بنابر این نیروی محرکه برابر  $\mathcal{E} = R_t I_t = 8 \times 3 = 24V$  است.



۲۶- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. شاخه ی بالایی و پایینی با یک دیگر موازی هستند و در نتیجه ولتاژ آنها با هم برابر است:



بنابراین طبق قانون اهم داریم:

$$8I_1 = 24I_2 \rightarrow I_1 = 3I_2$$





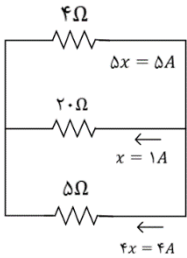
طبق قاعده ی انشعاب داریم:

$$I = I_1 + I_2 \rightarrow 4 = 3I_2 + I_2 \rightarrow I_2 = 1A, I_1 = 3A$$

حال طبق قاعده ی حلقه از A تا B داریم:

$$V_A + 5I_1 - 14I_2 = V_B \rightarrow V_A + (5 \times 3) - (14 \times 1) = V_B \rightarrow V_A - V_B = -1V$$

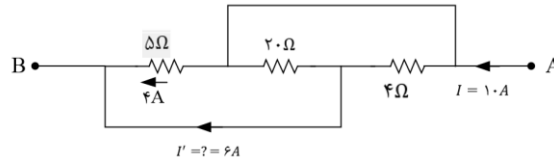
۲۷- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. سه مقاومت با هم موازیند، پس:



$$R_{eq} = 2$$

$$I = \frac{30}{2} = 15 = 10x \rightarrow x = 1$$

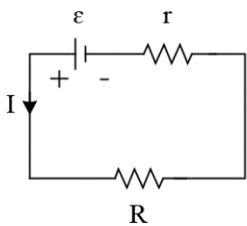
پس با توجه به شکل زیر ملاحظه می شود  $I' = 6A$  است.



۲۸- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$Ir = \frac{1}{9}IR \rightarrow r = \frac{R}{9}$$

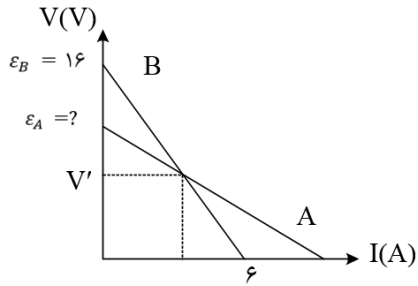
در یک مدار تک حلقه که شامل منبع با مقاومت داخلی و یک مقاومت خارجی است، جریان الکتریکی از رابطه زیر به دست می آید:



$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R + \frac{R}{9}} \rightarrow 0/2 = \frac{6}{\frac{10}{9}R}$$

$$\rightarrow \frac{2}{9}R = 6 \rightarrow R = \frac{54}{2} = 27\Omega$$

۲۹- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. همان طور که می دانید اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر یک مولد به کمک رابطه ی  $V = \varepsilon - rI$  به دست می آید. اگر این معادله را برای باتری B بنویسیم، می توانیم اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن را هنگامی که جریان ۶ آمپری از آن عبور می کند به دست آوریم:



$$V' = \varepsilon_B - r_B I = 16 - 1/5(6) = 7V$$

از طرف دیگر با توجه به نمودار رسم شده، اگر جریان الکتریکی ۶ آمپری از مولد A عبور کند، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن همان  $V'$  می شود. حالا معادله ی موردنظر را برای مولد A می نویسیم و داریم:

$$V' = \varepsilon_A - r_A I \rightarrow 7 = \varepsilon_A - 1(6) \rightarrow \varepsilon_A = 13V$$

۳۰- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. اعدادی که آمپر سنج و ولت سنج در حالت اول نشان می دهند به صورت زیر به دست می آیند:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} = \frac{30}{2 + 1} = 10A$$

$$V_1 = R_1 I_1 = 2(10) = 20V$$

حالا فرض می کنیم مقدار مقاومت R دو برابر شده و به  $4\Omega$  برسد. در این حالت اعدادی که آمپر سنج و ولت سنج نشان می دهند به صورت زیر به دست می آیند:

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r} = \frac{30}{4 + 1} = 6A$$

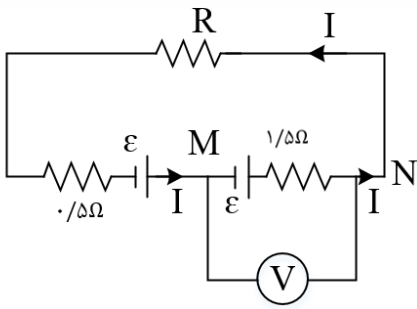
$$V_2 = R_2 I_2 = 4(6) = 24V$$

و در نهایت داریم:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{24}{20} = \frac{6}{5}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$$

۳۱- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به جهت مولدها جهت جریان پادساعتگرد است.



$$V_M + \varepsilon - 1/5I = V_N \rightarrow V_{NM} = \varepsilon - 1/5I = 0 \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{1/5}$$

هم چنین در این مدار تک حلقه داریم:

$$I = \frac{\varepsilon + \varepsilon}{R + r_1 + r_2} = \frac{2\varepsilon}{R + 1/5 + 0/5} = \frac{2\varepsilon}{R + 2}$$

$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{1/5} \\ I = \frac{2\varepsilon}{R + 2} \end{cases} \rightarrow \frac{2\varepsilon}{R + 2} = \frac{\varepsilon}{1/5} \rightarrow 3 = R + 2 \rightarrow R = 1\Omega$$

۳۲- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. طبق رابطه ی  $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$  با افزایش مقدار R، جریان الکتریکی عبوری از مدار کاهش می یابد و آمپر سنج عدد کمتری را نشان می دهد. از طرف دیگر طبق رابطه ی  $V = \varepsilon - rI$  با کاهش جریان الکتریکی اختلاف پتانسیل دو سر باتری افزایش می یابد و ولت سنج عدد بیشتری را نشان خواهد داد.

۳۳- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. در این مدار در شرایط کلی داریم:

$$\begin{cases} V = RI \\ I = \frac{\varepsilon}{R+r} \end{cases} \rightarrow V = \frac{R\varepsilon}{R+r} \rightarrow V_R = \frac{6R}{R+1}$$

با دو برابر کردن مقدار R، عدد نشان داده شده توسط ولت سنج 1V افزایش می یابد، بنابراین داریم:

$$V_{2R} = V_R + 1 \rightarrow \frac{6(2R)}{4R+1} = \frac{6R}{R+1} + 1 \rightarrow \frac{12R}{2R+1} = \frac{7R+1}{R+1}$$

$$12R^2 + 12R = 14R^2 + 9R + 1 \rightarrow 2R^2 - 3R + 1 = 0$$

$$\rightarrow R = 1\Omega \quad \text{یا} \quad R = \frac{1}{2}\Omega$$

با توجه به این که در صورت سؤال گفته شده است که مقدار  $R_1$  کدام می تواند باشد، جواب گزینه ی ۴ می تواند باشد.

۳۴- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا با نوشتن یک تناسب ساده مقدار r را به دست می آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+1} \quad I_2 = \frac{6}{10}I_1, \text{ ثابت } \frac{6}{10}I_1 = \frac{R_1+r}{R_2+r} \frac{R_1}{R_2} = \frac{2\Omega}{4\Omega} \rightarrow \frac{6}{10} = \frac{2+r}{4+r} \rightarrow r = 1\Omega$$



با توجه به رابطه ی  $V = \epsilon - rI$  باید شیب نمودار  $V - I$  منفی باشد و همان طور که می دانید شیب نمودار  $V - I$  بیانگر مقدار ( $r$ ) است. بنابراین این تنها نمودار رسم شده در گزینه ی ۳ می تواند مربوط به این باتری باشد.

۳۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به قرارگیری مقاومت ها در مدار، مقاومت های  $R_1, R_2$  و  $R_3, R_4$  متوالی و معادل آنها با یک دیگر موازی هستند، پس ابتدا جریان عبوری از مدار را به دست می آوریم:

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 6\Omega$$

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 1/5 + 1/5 = 3\Omega$$

$$R_{eq} = \frac{R_{12} \times R_{34}}{R_{12} + R_{34}} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$$

$$I = \frac{\sum \epsilon}{\sum R + r} = \frac{18}{2 + 1} = 6A$$

$$I_1 R_{12} = I_2 R_{34} \rightarrow I_1 \times 6 = I_2 \times 3 \rightarrow I_2 = 2I_1$$

$$I_1 + I_2 = 6 \rightarrow 3I_1 = 6 \rightarrow I_1 = 2A$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{R_2 I_1}{rI} = \frac{4 \times 2}{1 \times 6} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}$$

۳۶- گزینه ی ۳ پاسخ صحیح است. نمودار نشان می دهد که بین  $r_A$  و  $r_B$  (مقاومت درونی مولدها) چه رابطه ای برقرار

$$\frac{\epsilon_A}{r_A} = \frac{\epsilon_B}{r_B} \rightarrow \frac{4}{r_A} = \frac{2}{r_B} \rightarrow r_A = 2r_B$$

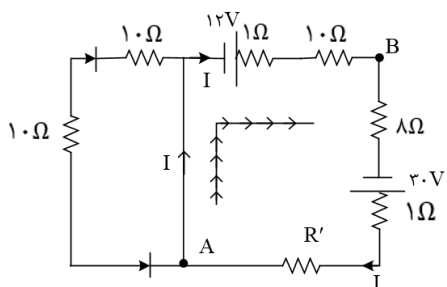
است. طول از مبدا این نمودار برابر  $\frac{\epsilon}{r}$  است:

برای محاسبه ی نسبت توان های تلف شده در مولدها به ازای یک جریان معین می توان نوشت:

$$\frac{P'_A}{P'_B} = \frac{r_A I^2}{r_B I^2} = 2$$

(۳۷) گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به جهت دیودها، مسیر عبور جریان به صورت زیر می باشد و از مقاومت های

$R_1 = 10\Omega$  و  $R_2 = 10\Omega$  جریانی نمی گذرد. حال در جهت نشان داده شده از A تا B می رویم.



$$V_A + 12 - 1 \times I - 10 \times I = V_B \rightarrow V_A - V_B + 12 = 11I$$

$$\xrightarrow{V_A - V_B = 10V} 22 = 11I \rightarrow I = 2A$$



از طرفی جریان در مدار برابر است با:

$$I = \frac{12 + 30}{10 + 1 + 8 + 1 + R'} = 2 \rightarrow 42 = 40 + 2R'$$

$$\rightarrow 2R' = 2\Omega \rightarrow R' = 1\Omega$$

۳۸- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. جریان عبوری در حالتی که ولت سنج صفر را نشان می دهد به دست می آوریم:

$$V = 2\varepsilon - 2I = 0 \rightarrow I_2 = \varepsilon$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon + 2\varepsilon}{2 + 0/5R'} = \varepsilon \rightarrow 3 = 2/5 + R' = 0/5\Omega$$

بنابر این مقاومت باید از  $R = 1/5\Omega$  به  $R = 0/5\Omega$  تغییر کند یعنی  $1\Omega$  باید مقاومت را کاهش دهیم.

۳۹- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

اختلاف پتانسیل دو سر تمام وسایل  $200V$  است. حال با توجه به توان مصرفی آنها، جریان عبوری آنها را به دست می آوریم:

$$\text{اتو: } P_1 = VI_1 \rightarrow 1100 = 200 \times I_1 \rightarrow I_1 = 5/5A$$

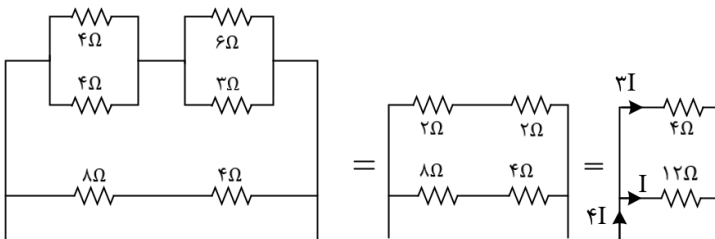
$$\text{تان برشته کن: } P_2 = VI_2 \rightarrow 1800 = 200 \times I_2 \rightarrow I_2 = 9A$$

$$\text{پنج لامپ: } P_3 = VI_3 \rightarrow 5 \times 100 = 200 \times I_3 \rightarrow I_3 = 2/5A$$

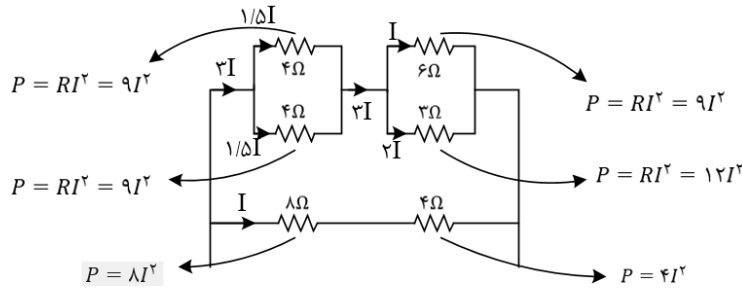
$$\text{بخاری: } P_4 = VI_4 \rightarrow 1100 = 200 \times I_4 \rightarrow I_4 = 5/5A$$

بنابراین باید فیوز  $I_{\text{ج}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 22/5A$  باشد.

۴۰- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل زیر که معادل مقاومت داده شده است و تقسیم جریان توان مصرفی هر مقاومت را به دست می آوریم.



بنابر این به مقاومت های  $4\Omega$  و  $8\Omega$  شاخه پایینی جریان می رسد.



بنابراین بیشینه توان مصرفی در مقاومت  $R_4$  مصرف می شود.

۴۱- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$\xrightarrow{\text{موازی با } R_3} \frac{2R}{3R} = \frac{2}{3}R$$

$$\xrightarrow{\text{متوالی با } R_4} \frac{2}{3}R = \frac{2}{3}R = \frac{4}{3}R$$

$$\xrightarrow{\text{متوالی با } R_5} V_5 = V_4 \rightarrow V_3 = \frac{V_5}{3}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow P_3 = \frac{1}{3}P_5 \rightarrow \frac{\left(\frac{V}{3}\right)^2}{R} = \frac{1}{3} \frac{V^2}{R_5} \rightarrow R_5 = \frac{4}{3}R$$

$$R_{eq} = \frac{R}{2} = \frac{4R}{3 \times 2} = \frac{2R}{3}$$

$$R \downarrow \Rightarrow I \uparrow \Rightarrow \Delta V_1 = \varepsilon_1 - r_1 I \uparrow \Rightarrow \Delta V_1 \downarrow$$

۴۲- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$Pin = \varepsilon_2 I + r_2 I^2 \rightarrow Pin \uparrow$$

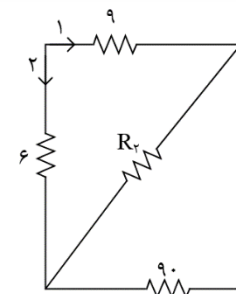
۴۳- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \rightarrow 4 = \frac{2}{R_{eq} + 1} \rightarrow R_{eq} = 5\Omega$$

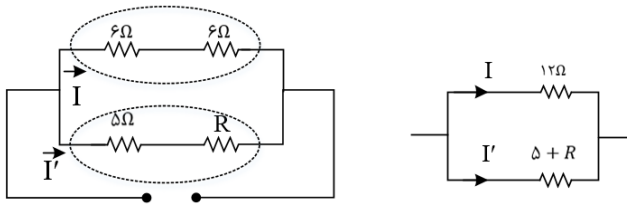
$$V_1 = V_2 \rightarrow 3 \times 6 = 9 + \frac{90R_2}{90 + R_2} \rightarrow R_2 = 10\Omega$$

$$I_{R_2} = \frac{90}{100} \times 1 = 0.9A$$

$$P_2 = R_2 I^2 = 10 \times (0.9)^2 = 8.1J$$



۴۴- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



در مقاومت های متوالی ۶ اهمی شاخه بالایی توان مصرفی یکسان و برابر  $P = 6I^2$  مدار است. در شاخه پایینی مقاومت  $R$  و مقاومت  $5\Omega$  متوالی هستند. با توجه به صورت مسئله، توان مقاومت  $R$  بیشترین مقدار است و در مقاومت های متوالی، مقاومت بزرگتر دارای توان مصرفی بیشتر است. بنابراین مقاومت  $R > 5\Omega$  است.

$$RI^2 > 5I'^2 \rightarrow R > 5 \quad (1)$$

با توجه به فرض مسئله توان مقاومت  $R$  از توان هر یک از مقاومت های  $6\Omega$  نیز بیشتر است یعنی:

$$P_R > P_{6\Omega} \rightarrow RI'^2 > 6I^2 \quad (I)$$

شاخه بالایی با مقاومت  $6 + 6 = 12\Omega$  و شاخه پایینی با مقاومت  $5 + R$  با هم موازی هستند و ولتاژ دو سر آن ها با هم برابر است:

$$V_{\text{بالایی}} = V_{\text{پایینی}} \rightarrow 12I = (5 + R)I' \rightarrow I = \frac{5 + R}{12} I' \quad (II)$$

از رابطه (II) در رابطه (I) جایگذاری می کنیم:

$$RI^2 > 6 \times \left(\frac{5 + R}{12}\right)^2 \times I'^2 \rightarrow R > 6 \times \left(\frac{25 + R^2 + 10R}{144}\right)$$

$$\frac{144R}{6} > R^2 + 10R + 25 \rightarrow R^2 - 14R + 25 < 0$$

$R$  باید بین ریشه های معادله  $R^2 - 14R + 25 = 0$  قرار بگیرد:

$$\frac{14 - \sqrt{96}}{2} < R < \frac{14 + \sqrt{96}}{2} \rightarrow \frac{14 - 4\sqrt{6}}{2} < R < \frac{14 + 4\sqrt{6}}{2} \rightarrow \frac{2}{2} < R < \frac{11}{8} \quad (2)$$

$$5 < R < 11/8$$

که با توجه به رابطه های (۱) و (۲) داریم:

۴۵- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

بیشترین توان مصرفی طبق  $P = \frac{V^2}{R}$  در ازای  $R_{min}$  است یعنی وقتی که هر دو کلید بسته شوند و دو مقاومت موازی باشند:

$$R_{min} = \frac{V^2}{P_{max}} = \frac{(220)^2}{150} = 323\Omega$$



کمترین توان مربوط به حالتی است که  $R_{max}$  وجود دارد یعنی مقاومت بزرگ تر به تنهایی در مدار عمل کند.

$$R_{max} = \frac{V^2}{P_{min}} = \frac{(220)^2}{50} = 968\Omega$$

در حالتی که دو مقاومت موازی هستند، مقاومت معادل آن ها ۳۲۳ اهم است.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \frac{1}{323} = \frac{1}{R} + \frac{1}{968} \rightarrow R = 485\Omega$$

۴۶- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل  $P_{max} = 6W$  است.

$$P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} = 6 \rightarrow \varepsilon^2 = 24r$$

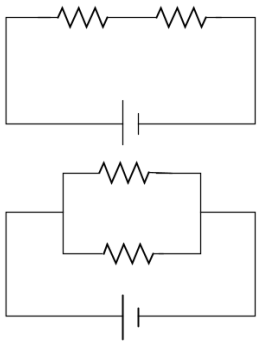
از طرفی توان مفید مولد از رابطه زیر به دست می آید.

$$P = \varepsilon I - rI^2 \xrightarrow{I = \frac{\varepsilon}{R+r}} P = \frac{R\varepsilon^2}{(R+r)^2} \rightarrow \frac{R \times 24r}{(R+r)^2} = 5/76 = \frac{144}{25} \rightarrow \frac{Rr}{(R+r)^2} = \frac{6}{25}$$

$$\rightarrow 25Rr = 6R^2 + 6r^2 + 12Rr \rightarrow 6R^2 - 13rR + 6r^2 = 0$$

$$\rightarrow R = \frac{13r \pm \sqrt{169r^2 - 144r^2}}{2} = \frac{13r \pm 5r}{2} \rightarrow \begin{cases} R_1 = 9r \\ R_2 = 4r \end{cases} \rightarrow R_1 - R_2 = 5r \rightarrow \frac{R_1 - R_2}{r} = 5$$

۴۷- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.



$$P = \frac{V^2}{2R}$$

$$P' = \frac{V^2}{\left(\frac{R}{2}\right)} \rightarrow \frac{P'}{P} = 4P' = (4)(40) = 160W$$

۴۸- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$P_1 = 100W, \quad V_1 = 200V$$

از آنجایی که مقاومت با تغییر  $V$  ثابت می ماند، می توان نوشت:

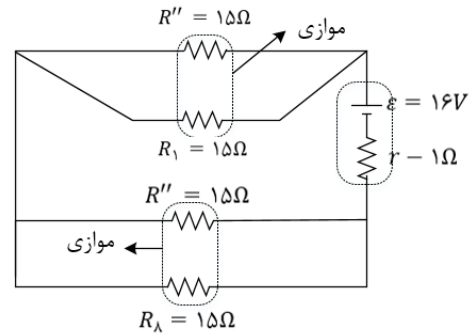
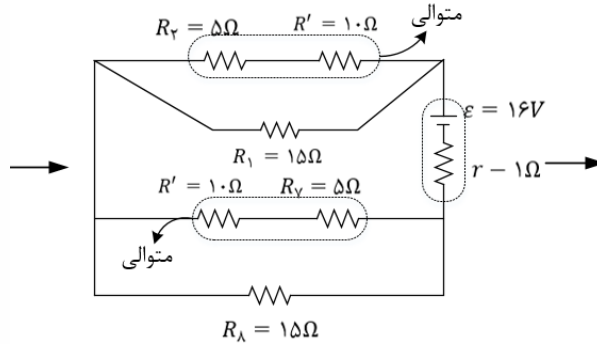
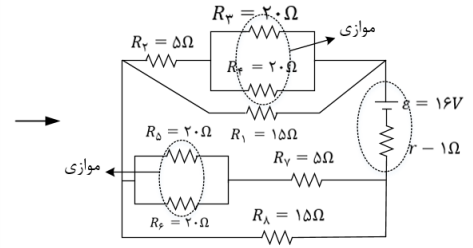
$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow R = \frac{V^2}{P} \rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$$

$$\rightarrow \frac{P_1 - 0/19P_1}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 0/9 \rightarrow \frac{V_2}{200} = 0/9 \rightarrow V_2 = 180v$$

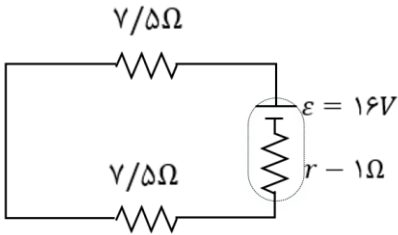
$$\rightarrow \text{افت ولتاژ} = V_1 - V_2 = 200 - 180 = 20V$$



۴۹- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا مدار را به صورت زیر ساده می‌کنیم:



بنابراین مدار به شکل زیر در خواهد آمد:

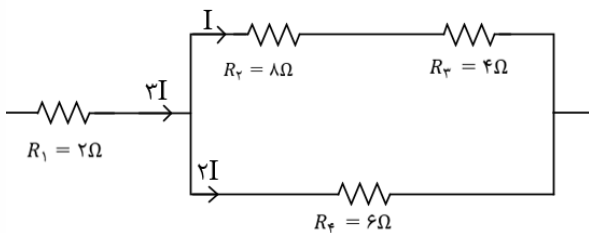


$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{16}{15 + 1} = 1A$$

بنابراین توان خروجی باتری برابر است با:

$$P_{خروجی} = R_{eq} I^2 = 15 \times 1 = 15W$$

۵۰- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا باید مقاومتی را تعیین کنیم که توان مصرفی آن از بقیه بیشتر است.



$$P_1 = 2(3I)^2 = 18I^2, \quad P_2 = 8I^2, \quad P_3 = 4I^2, \quad P_4 = 6(2I)^2 = 24I^2$$

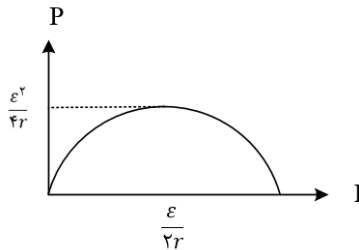


پس توان مصرفی در مقاومت  $R_4$  از بقیه بیش تر بوده و حداکثر توان را برای آن در نظر می گیریم، بنابراین:

$$P_4 = 60W \rightarrow 24I^2 = 60 \rightarrow I^2 = 2/5$$

$$P_T = R_{eq}I_T^2 = 6(3I)^2 = 6 \times 9I^2 = 6 \times 9 \times 2/5 = 135W$$

۵۱- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.



ابتدا باید حتما اطلاعات خودمان را درباره ی نمودار توان خروجی بر حسب جریان کامل کنیم

حال با استفاده از اطلاعات نمودار می توان فهمید که  $\frac{\epsilon^2}{4r} = 48$  ,  $\frac{\epsilon}{2r} = 12$  است، بنابراین :

$$\begin{cases} \frac{\epsilon^2}{4r} = 48 \\ \frac{\epsilon}{2r} = 12 \end{cases} \rightarrow \frac{\frac{\epsilon^2}{4r}}{\frac{\epsilon}{2r}} = \frac{48}{12} \rightarrow \frac{\epsilon}{2} = 4 \rightarrow \epsilon = 8V$$

$$\frac{\epsilon}{2r} = 12 \rightarrow \frac{8}{2r} = 12 \rightarrow \frac{4}{r} = 12 \rightarrow r = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}\Omega$$

بنابراین:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به نمودار  $\frac{\epsilon^2}{4r} = 36W$  و  $\frac{\epsilon}{2r} = 12A$  است. پس داریم:

$$\frac{\epsilon^2}{4r} = 36 \rightarrow \frac{\epsilon}{2r} \times \frac{\epsilon}{2} = 36 \xrightarrow{\frac{\epsilon}{2r}=12A} \frac{\epsilon}{2} \times 12 = 36 \rightarrow \epsilon = 6V$$

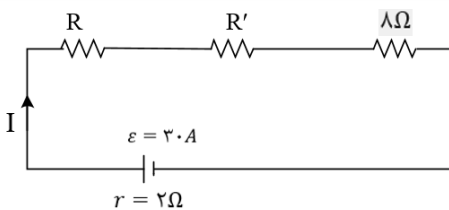
$$\frac{\epsilon}{2r} = 12 \rightarrow \frac{6}{2r} = 12 \rightarrow r = 0/25\Omega$$

حال برای این که توان خروجی باتری، بیشینه شود، باید مقاومت رنوستا برابر مقاومت داخلی باشد، پس  $r = R_S$  است و

$$R_S = 0/25\Omega$$

در نتیجه:

۵۳- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا مدار را به شکل زیر ساده می کنیم:





$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60} \rightarrow \frac{1}{R'} = \frac{3+2+1}{60} \rightarrow R' = 10\Omega$$

$$P' = R'I^2 = 10I^2$$

توان مصرفی در هر مقاومت برابر است با:

$$P'' = 8I^2, P = RI^2$$

واضح است که مقدار R باید از  $8\Omega$  بیش تر باشد تا توان مصرفی اش از  $P''$  بیش تر باشد. از طرف دیگر P از توان مصرفی در هر یک از مقاومت های  $20\Omega, 30\Omega, 60\Omega$  نیز بیشتر است (چرا؟).

۵۴- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. بیش ترین جریان مدار لامپ  $L_4$  می گذرد، بنابر این توان لامپ  $L_4$  را برابر  $90W$  در نظر می گیریم. هم چنین  $\frac{2}{3}$  جریان مدار از لامپ  $L_3$  و  $\frac{1}{3}$  جریان از لامپ های  $L_1$  و  $L_2$  می گذرد.

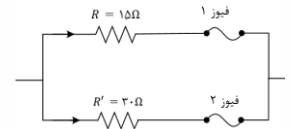
$$P_4 = RI^2 = 90W \rightarrow P_3 = R\left(\frac{2}{3}I\right)^2 = \frac{4}{9}RI^2 = 40W$$

$$P_1 = P_2 = R\left(\frac{1}{3}I\right)^2 = \frac{1}{9}RI^2 = 10W$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 10 + 10 + 40 + 90 = 150W$$

۵۵- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با افزایش R، مقاومت معادل زیاد شده و جریان کاهش می یابد، بنابر این توان و نور لامپ (۱) کم می شود. چون ولتاژ لامپ (۱) کم می شود و ولتاژ مولد ثابت است، ولتاژ لامپ (۲) زیاد شده و نور آن افزایش می یابد.

۵۶- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. مقاومت های  $5\Omega$  و  $10\Omega$  با هم متوالی و مقاومت های  $12\Omega$  و  $18\Omega$  نیز با هم متوالی هستند. در مقاومت های موازی توان به نسبت عکس مقاومت ها تقسیم می شود:



$$P_R = 2P_{R'}$$

$$P_R + P_{R'} = 9000W \rightarrow 3P_{R'} = 9000W$$

$$\rightarrow P_{R'} = 3000W, P_R = 6000W$$

$$P_R = RI^2 \rightarrow 6000 = 15I^2 \rightarrow I = 20A$$

$$P_{R'} = R'I'^2 \rightarrow 3000 = 30I'^2 \rightarrow I' = 10A$$

بنابراین جریان در شاخه بالا از تحمل فیوز بیشتر بوده و فیوز (۱) می پرد

۵۷- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. طبق رابطه ی  $P = \frac{V^2}{R}$  با توجه به این که مقاومت الکتریکی لامپ ثابت است، توان مصرفی لامپ متناسب با مجذور اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن است. بنابر این داریم:



$$P = \frac{V^2}{R} \xrightarrow{\text{ثابت } R} \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \frac{P_1 = X}{P_2 = X - 90} \rightarrow \frac{X - 90}{X} = \left(\frac{110}{220}\right)^2 \rightarrow 4X - 360 = X$$

$$\rightarrow 3X = 360 \rightarrow X = 120W$$

۵۸- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$R = D \frac{L}{A} = 1/7 \times 10^8 \times \frac{30}{3 \times 10^{-6}} = 0/17\pi$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{17 \times 17}{17 \times 10^{-2}} = 1700W$$

۵۹- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. مقاومت الکتریکی بخاری ثابت است، بنابراین در صورتی که ولتاژ آن تصف شود، توان مصرفی  $\frac{1}{4}$  برابر می شود:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \rightarrow \frac{P_2}{100} = \left(\frac{110}{220}\right)^2 \rightarrow P_2 = \frac{1100}{4} W$$

میزان انرژی مصرفی بر حسب کیلووات ساعت:

$$U = Pt = \frac{1100}{4} \times 5 = \frac{5500}{4} wh = \frac{5/5}{4} kwh$$

$$\frac{5/5}{4} \times 80 = 110 \text{ تومان} \quad \text{و هزینه برق مصرفی:}$$

۶۰- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. هنگامی که لامپ ها را به طور متوالی به هم می بندیم، مقاومت معادل مجموعه دو برابر مقاومت یک لامپ خواهد شد و با توجه به رابطه  $P = \frac{V^2}{R}$  با دو برابر شدن مقاومت، توان نصف خواهد شد.

۶۱- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت  $R_2$  برابر است با:

$$V_2 = I_2 R_2 = (4)(9) = 36V$$

و جریانی که از مقاومت  $R_3$  می گذرد نصف جریانی است که از مقاومت  $R_2$  می گذرد، پس  $I_3 = 2A$

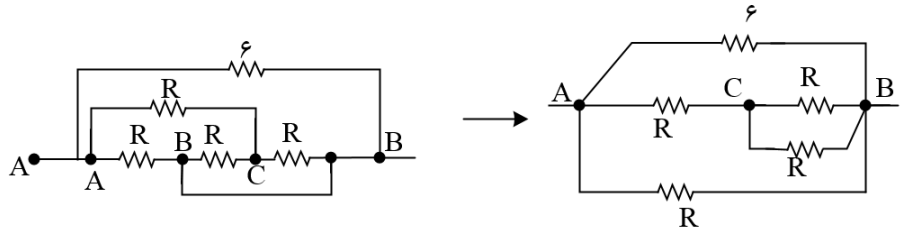
بنابراین جریانی که از مولد و مقاومت  $R_1$  می گذرد برابر است با:

$$I_1 = I_2 + I_3 = 4 + 2 = 6A$$

پس اختلاف پتانسیل دو سر باتری از رابطه  $y$  زیر به دست می آید:

$$(\varepsilon - I_1 r) - (3)(6) = 36 \rightarrow \varepsilon - I_1 r = 54V \rightarrow P \text{ مفید} = (\varepsilon - I_1 r) I_1 = (54)(6) = 324W$$

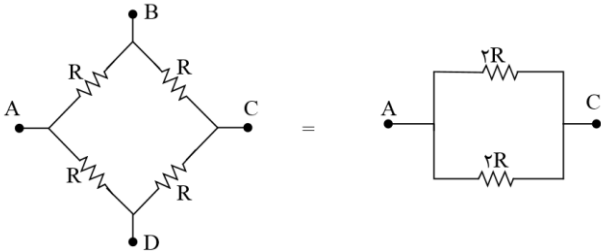
۶۲- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا مدار را به صورت ساده تری رسم می کنیم:



$$R_1 = \frac{R}{2} + R = \frac{3}{2}R \rightarrow \frac{1}{R_t} = \frac{1}{\frac{3R}{2}} + \frac{1}{R} + \frac{1}{6}$$

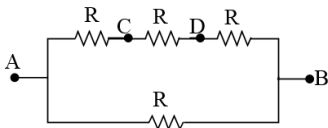
$$\rightarrow \frac{3}{R} = \frac{2}{3R} + \frac{1}{6} \rightarrow \frac{3}{R} - \frac{2}{3R} - \frac{1}{6} = \frac{1}{6} \rightarrow \frac{9-2-3}{3R} = \frac{1}{6} \rightarrow R = 8\Omega$$

۶۳- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. مقاومت معادل بین A و C:



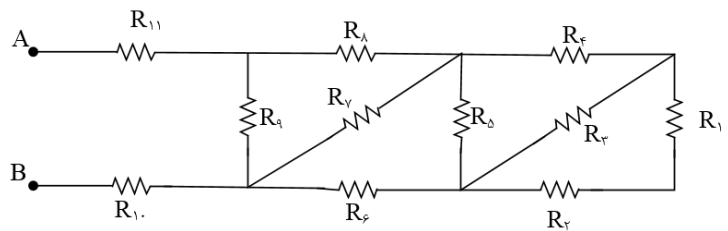
$$\rightarrow \frac{1}{R_{AC}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} \rightarrow R_{AC} = R$$

مقاومت معادل بین A و B:



$$\rightarrow \frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{3R} + \frac{1}{R} \rightarrow R_{AB} = \frac{3}{4}R \rightarrow \frac{R_{AC}}{R_{AB}} = \frac{R}{\frac{3}{4}R} = \frac{4}{3}$$

۶۴- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا مقاومت را شماره گذاری کرده و سپس از سمت راست به چپ مقاومت های معادل را محاسبه کرده و شکل را ساده سازی می کنیم:



$$R_2, R_1 \rightarrow R_{1,2} = R_1 + R_2 = 1 + 1 = 2\Omega$$

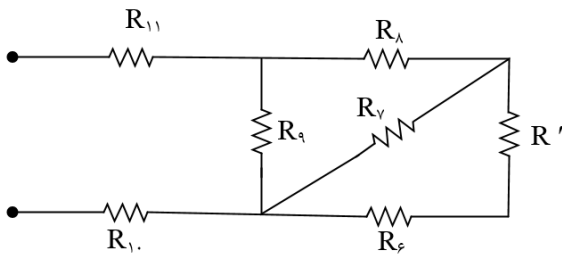


$$R_3, R_{1,2} \rightarrow R_{1,2,3} = \frac{R_{1,2}R_3}{R_{1,2} + R_3} = \frac{2 \times 2}{2 + 2} = \frac{4}{4} = 1\Omega$$

$$R_4, R_{1,2,3} \rightarrow R_{1,\dots,4} = R_{1,2,3} + R_4 = 1 + 1 = 2\Omega$$

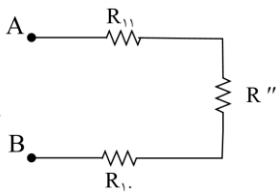
$$R_5 \text{ و } R_{1,\dots,4} \rightarrow R' = \frac{2 \times 2}{2 + 2} = 1\Omega$$

در مرحله ی اول مقاومت معادل  $R_1$  تا  $R_5$  را به دست آوردیم حالا مقاومت معادل  $R'$  تا  $R_9$  را به دست می آوریم که دقیقا مانند قسمت اول است.

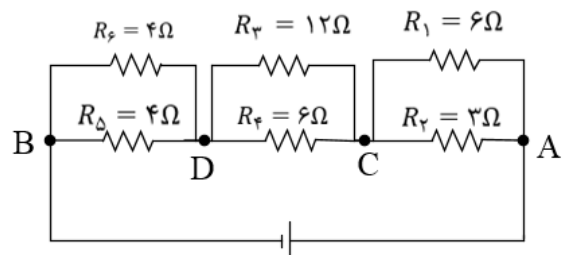
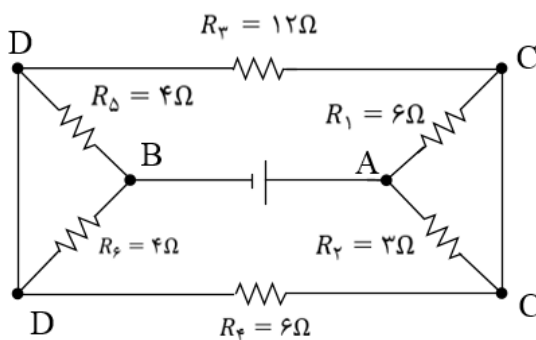


$$R' = 1\Omega$$

$$R_{eq} = R'' + R_{10} + R_{11} = 1 + 2 + 1 = 4\Omega$$



۶۵- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا مدار را به صورت زیر ساده می کنیم:



در ادامه مقاومت معادل مدار را به دست می آوریم:

$$R_1 \text{ موازی } R_2 \text{ است} \rightarrow R_{1,2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2\Omega$$

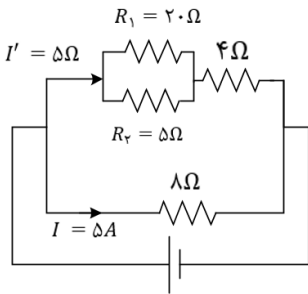
$$R_3 \text{ موازی } R_4 \text{ است} \rightarrow R_{3,4} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4\Omega$$



$$R_5 \text{ موازی } R_6 \text{ است} \rightarrow R_{5,6} = \frac{R}{2} = \frac{4}{2} = 2\Omega$$

$$R_{1,2}, R_{3,4}, R_{5,6} \text{ متوالی هستند} \rightarrow R_t = 2 + 4 + 2 = 8\Omega$$

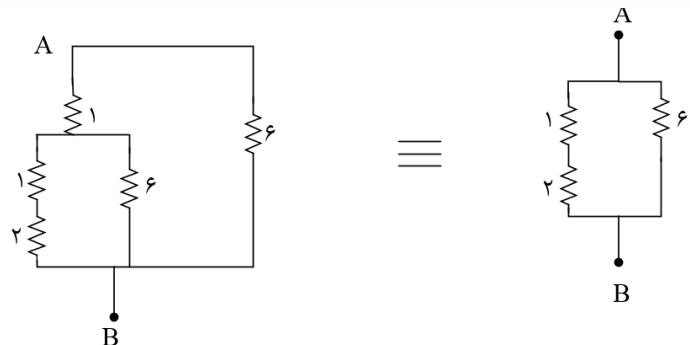
۶۶- گزینه ی ۱ پاسخ صحیح است.



$$V_1 = V_2 \rightarrow R_1 I_1 = R_2 I_2 \rightarrow 20 \times I_1 = 5 \times I_2$$

$$4I_1 = I_2, I_1 + I_2 = 5 \rightarrow I_1 = 1A$$

۶۷- گزینه ی ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا شکل ساده شده ی مدار را در حالتی که کلید k باز است، رسم می کنیم:

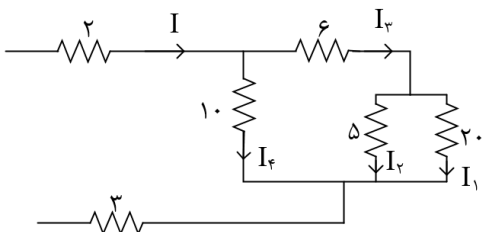


$$R = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2\Omega$$

حال شکل ساده شده ی مدار در حالتی که کلید k بسته است را رسم می کنیم: مقاومت یک نزدیک گرهی A، اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می شود.

$$R = 1/5\Omega \rightarrow \Delta R = 2 - 1/5 = 0/5\Omega$$

۶۸- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.





ابتدا مدار را ساده می کنیم. چون مقاومت ۲۰ و ۵ اهمی موازی هستند، اختلاف پتانسیل دو سر آنها با هم برابر است.

$$V = RI \rightarrow V_1 = V_2 = R_1 I_1 = R_2 I_2$$

$$20 \times 0/5 = 5 \times I_2 \rightarrow I_2 = 2A$$

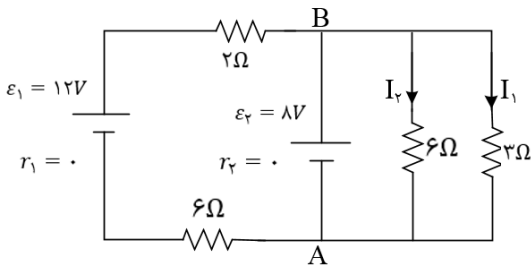
جریانی که از شاخه ی مقاومت ۶ اهمی می گذرد برابر جمع جریان شاخه ی ۲۰ اهمی و شاخه ی ۱۵ اهمی است.

$$I_3 = 2 + 0/5 = 2/5A$$

با توجه به این که معادل مقاومت های ۲۰ و ۵ و ۶ اهمی برابر ۱۰ اهم است، جریان  $I_4$  با جریان  $I_3$  برابر است و داریم:

$$I = I_4 + I_3 = 2I_3 = 5A$$

۶۹- گزینه ی ۳ پاسخ صحیح است. اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۳ اهمی برابر اختلاف پتانسیل دو نقطه ی A و B یعنی ۸V می باشد. در این صورت می توان نوشت:



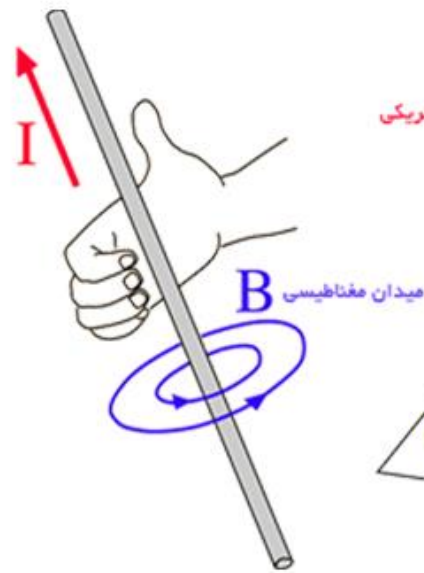
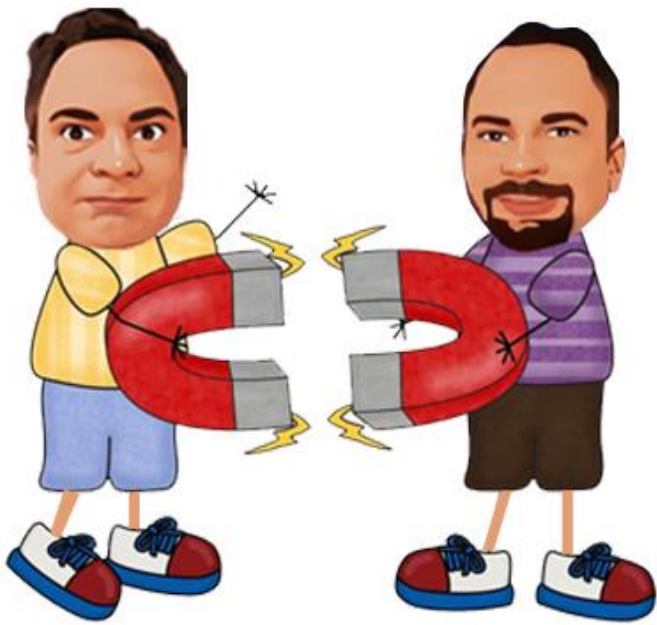
$$3I_1 = 8 \rightarrow I_1 = \frac{8}{3}A$$

$$\text{راه دوم: } V_A + 3I_1 - 8 = V_A \rightarrow 3I_1 = 8 \rightarrow I_1 = \frac{8}{3}A$$

۷۰- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ولت سنج به طور سری به مدار بسته شده است و چون مقاومتش بسیار زیاد است، جریان الکتریکی در مدار صفر و عدد نشان داده شده به وسیله ی ولت سنج، همان نیرو محرکه ی مولد است.

$$V = \varepsilon = 8V$$





# مغناطیس و القا

مهندس مهدی باباخانی

سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴

کارنامه خرد

[www.karnamehkherad.com](http://www.karnamehkherad.com)

استفاده از این جزوات فقط برای دانش آموزانی که در کلاسهای آنلاین یا حضوری بنده در موسسه کارنامه خرد ثبت نام نموده اند.  
استفاده از این جزوه برای سایرین شرعا و اخلاقا حرام میباشد



## مغناطیس و القا

**خاصیت مغناطیسی** اولین بار حدود 2500 سال پیش در تکه‌هایی از سنگ آهن مغناطیسی در نزدیکی شهر مگنسیا (مانیسا) (در غرب ترکیه) مشاهده شد.

میدان مغناطیسی خاصیتی است که در فضای اطراف یک آهنربا یا سیم حامل جریان (بار متحرک) و... وجود دارد. آنرا با نماد  $B$  نشان میدهند و واحدهای آن تسلا و گاوس می‌باشد. دقت کنید که میدان مغناطیسی کمیتی برداری است. همچنین بنا به تعریف، یک تسلا، بزرگی میدان مغناطیسی است که در آن، بر یک متر از سیمی که حامل جریان یک آمپر است و در راستای عمود بر بردار میدان قرار دارد نیرویی به بزرگی یک نیوتون وارد شود. همچنین تسلا یکای بزرگی است و در کاربردهای عملی از یکای کوچک تری به نام گاؤس استفاده می‌شود

**تبدیل گاوس به تسلا:**

$$G \times 10^{-4} = T$$

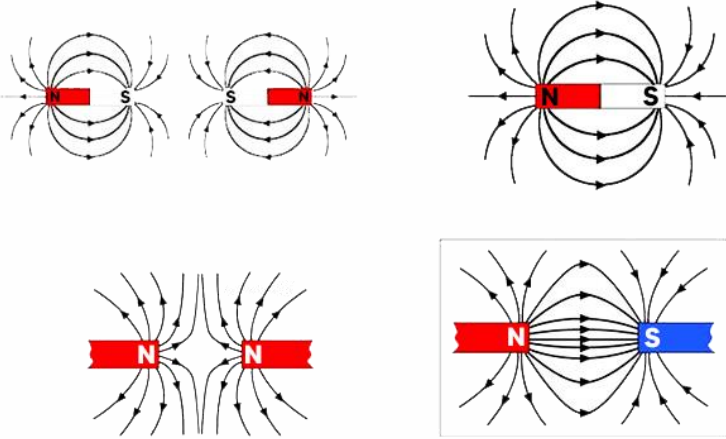
**نکته ۱:** آهنربای طبیعی به یکی از اکسیدهای آهن ( $Fe_3O_4$ ) به نام مگنتیت (Magnetite) گفته می‌شود که در برخی از معادن آهن یافت می‌شود

**نکته ۲:** دو ناحیه در یک آهنربا وجود دارد که خاصیت آهنربایی آن از سایر ناحیه‌ها بیشتر است. به این دو ناحیه قطبهای آهنربا می‌گویند و در ناحیه‌ی وسط بین دو قطب خاصیت مغناطیسی تقریباً صفر است. اگر یک آهنربای میله‌ای را از وسط و از یک نخ بیابویزیم مشاهده می‌شود که یک طرف آن به سمت شمال کره زمین و سمت دیگر طرف جنوب می‌ایستد. قطبی که به طرف شمال می‌ایستد را  $N$  و قطبی که سمت جنوب می‌ایستد را  $S$  مینامیم.

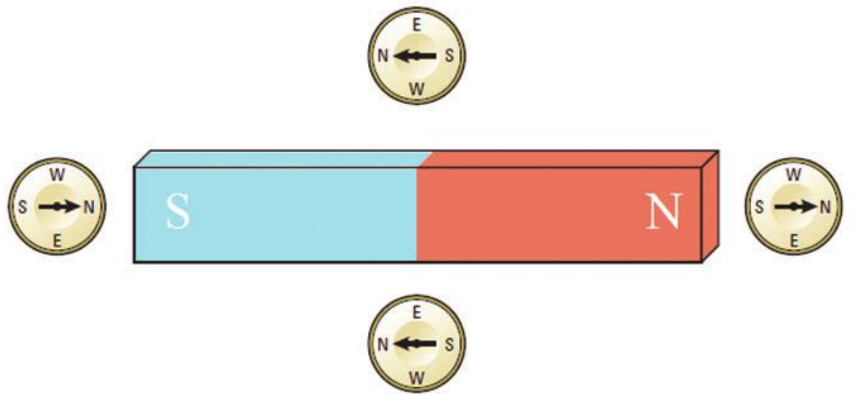
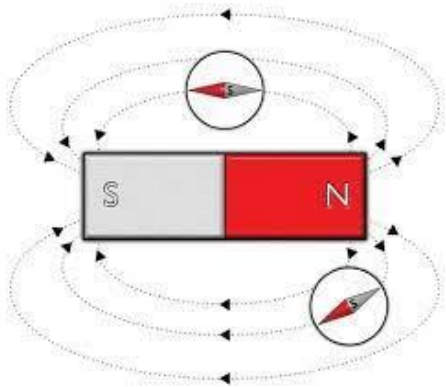
**تذکر:** جهت خطوط میدان مغناطیسی در خارج آهنربا از  $N$  به  $S$  و در داخل از  $S$  به  $N$  می‌باشد. بنا بر تعریف، بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضای پیرامون یک آهنربا در جهتی است که وقتی قطب  $N$  عقربه مغناطیسی در آن نقطه قرار می‌گیرد، آن جهت را نشان می‌دهد. همچنین هر جا تراکم خطوط بیشتر باشد (خطوط به هم نزدیکتر باشند) میدان در آنجا قویتر است. (در قطبها میدان قوی تر است)



خطوط میدان مغناطیسی :



عقربه مغناطیسی اطراف آهنربا:



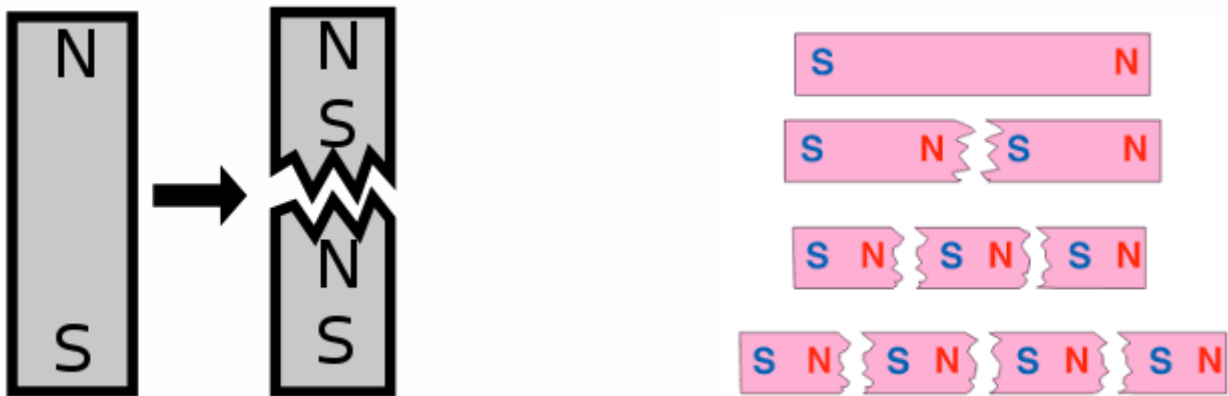


### القای مغناطیسی

شکل زیر آهنربایی را نشان می‌دهد که دو گیره آهنی کاغذ را جذب کرده است. این تجربه ساده نشان می‌دهد که ویژگی مغناطیسی درگیره‌های فلزی القا شده است و تا زمانی که گیره‌ها با آهنربا در تماس باشند، این ویژگی را در خود حفظ می‌کنند. این پدیده را القای مغناطیسی می‌نامند القای مغناطیسی تنها در آهن، نیکل، کبالت و آلیاژهایی از این عناصر تولید می‌شود.



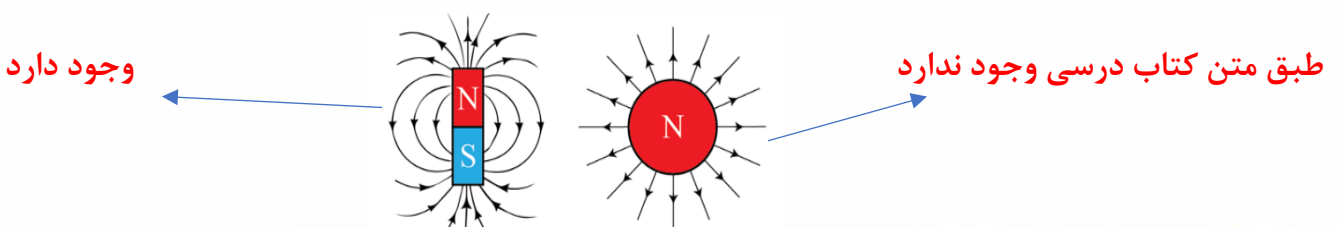
**نکته:** اگر یک آهنربا را بشکنیم یا ببریم هر کدام از تکه‌ها خود یک آهنربای مستقل می‌شوند که قطب N و S مجزا دارند. (حتی وقتی قطعه شما به اندازه یک اتم برسد، دو قطب دارد که نشان می‌دهد خود اتم نیز می‌تواند یک آهنربا باشد)



**نکته:** خطوط میدان مغناطیسی همدیگر را قطع نمی‌کنند. همچنین در دنیا تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد (برخلاف میدان الکتریکی که می‌تواند تک قطبی هم باشد!)

### بیشتر بدانید:

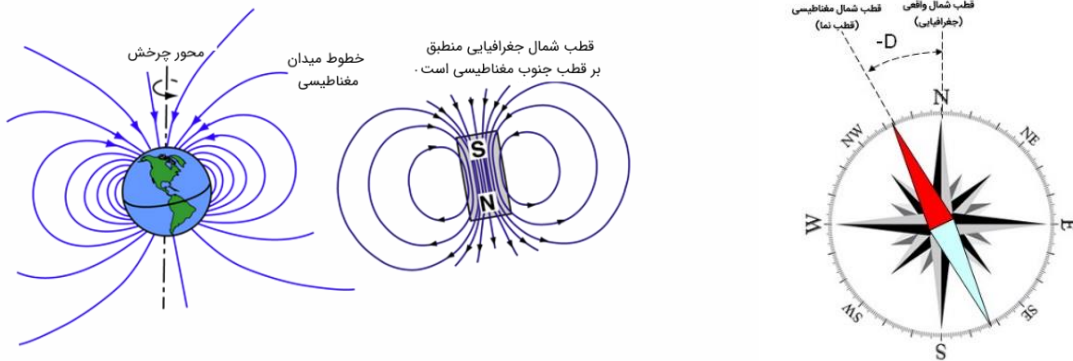
مطابق کتاب درسی برخلاف بار الکتریکی، بارهای مغناطیسی در طبیعت به صورت منفرد یافت نمی‌شوند. به عبارت دیگر تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد. مشابه ذرات باردار الکتریکی که منبع میدان الکتریکی هستند انتظار داریم که اگر تک قطبی مغناطیسی نیز وجود داشته باشد، میدان مغناطیسی تولید کند. در سال ۱۹۳۱ دبراک وجود چنین ذراتی را پیشنهاد کرد که به طور ذاتی منبع تولید میدان مغناطیسی بوده و آنها را تک قطبی مغناطیسی نام گذاشت. هر چند قبل از وی نیز بحث‌هایی در زمینه تک قطبی مغناطیسی به طور پراکنده مطرح بود. تک قطبی مغناطیسی، ذره‌ای شبیه به الکترون است، با این تفاوت که بار مغناطیسی آن بسیار بیشتر از بار الکتریکی است. در سال ۱۹۳۱ دبراک وجود ذراتی را پیشنهاد کرد که به طور ذاتی تولید میدان مغناطیسی می‌کنند از این رو نام آنها را تک قطبی مغناطیسی گذاشت. هر چند قبل از وی نیز، بحث‌هایی در زمینه تک قطبی مغناطیسی به طور پراکنده مطرح بود. از جمله، پوانکاره در سال ۱۸۹۶ حرکت یک بار الکتریکی را در میدان یک سیم پیچ مغناطیسی طویل و باریک که انتهای آن میدانی شبیه، به یک تک قطبی مغناطیسی تولید می‌کند، را بررسی کرد





### میدان مغناطیسی زمین

زمین نیز دارای نوعی میدان مغناطیسی است که جهت آن تقریباً از جنوب به شمال است. میدان مغناطیسی زمین بر قطب‌های جغرافیایی آن منطبق نیستند. در واقع، قطب‌های مغناطیسی و جغرافیایی زمین فاصله نسبتاً زیادی از یکدیگر دارند. مثلاً قطب جنوب مغناطیسی تقریباً در فاصله 18 کیلومتری قطب شمال جغرافیایی قرار دارد. این بدان معناست که عقربه مغناطیسی در جهت شمال واقعی جغرافیایی قرار نمی‌گیرد و تا حدودی از شمال جغرافیایی انحراف دارد. این انحراف وابسته به مکان را میل مغناطیسی می‌نامند (در هر نقطه از زمین زاویه‌ی بین محور مغناطیسی و محور زمین و محور مغناطیسی زمین باهم زاویه‌ای می‌سازند که به آن زاویه انحراف مغناطیسی می‌گویند).

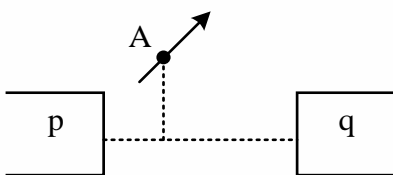


**تست:** یک میله آهنی و یک میله آهنربایی ضخیم و مشابه در اختیار داریم کدام گزینه صحیح است؟ (هیچ وسیله دیگری در اختیار نداریم).

- ۱) می‌توانیم آهن را از آهن ربا تشخیص دهیم و همچنین نوع قطب‌های آهنربا را
- ۲) نمی‌توانیم آهن را از آهن ربا تشخیص دهیم و همچنین نوع قطب‌های آهنربا را
- ۳) می‌توانیم آهن را از آهن ربا تشخیص دهیم ولی نوع قطب‌های آهنربا را خیر
- ۴) نمی‌توانیم آهن را از آهن ربا تشخیص دهیم ولی نوع قطب‌های آهنربا را می‌توانیم تشخیص دهیم.

**تست:** در شکل مقابل  $p$  و  $q$  قطب‌های دو آهن ربا میله‌ای قوی هستند. در نقطه  $A$  واقع بر عمود منصف خط واصل بین قطب‌ها، عقربه‌ی مغناطیسی مطابق شکل ایستاده است.  $p$  قطب ..... است و در مقایسه با  $q$  ..... است.

- ۱)  $N$  - قوی تر      ۲)  $S$  - ضعیف تر      ۳)  $N$  - ضعیف تر      ۴)  $S$  - قوی تر



پاسخ: گزینه ۱



### نیروی مغناطیسی وارد بر رسانای حامل جریان

هرگاه یک سیم راست به طول  $L$  حامل جریان  $i$  در میدان مغناطیسی  $B$  قرار گیرد از طرف میدان نیرویی بر سیم وارد می‌شود که اندازه آن از رابطه زیر محاسبه می‌گردد ولی جهت این نیرو از قانون دست راست تعیین می‌گردد. اورستد با انجام آزمایشی کشف نمود که نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر راستای سیم و نیز بر راستای میدان مغناطیسی عمود است.

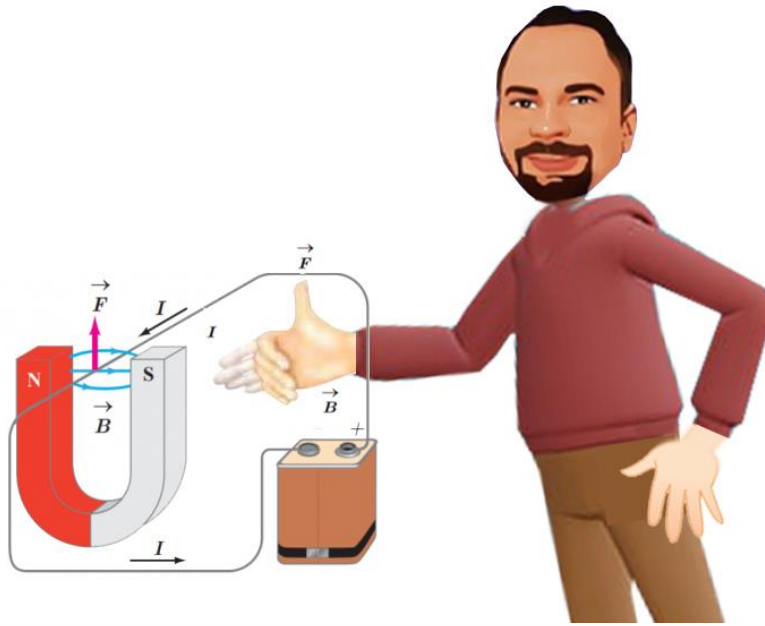
$$F = BiL \sin \alpha$$

$$F_{\text{بیشینه}} = BiL$$

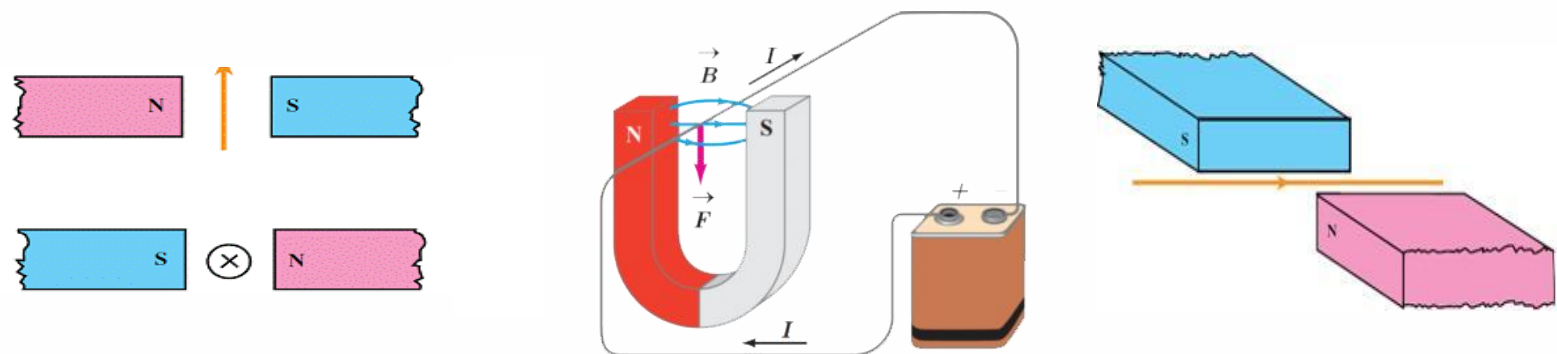
به کمک فرمول بالا، اندازه نیروی وارد بر سیم را محاسبه می‌کنیم ولی اگر جهت این نیرو را از ما بپرسند باید از قانونی به نام "قانون دست راست" استفاده کنیم.

**قانون دست راست:** جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی را می‌توان با استفاده از قاعده دست راست به این صورت تعیین کرد:

چهار انگشت دست راست را در جهت جریان سیم قرار می‌دهیم، به گونه ای که خم شدن بند انگشتان  $B$  را نشان دهد، اکنون انگشت شست جهت نیروی وارد بر سیم ( $F$ ) را نشان می‌دهد.



**مثال:** در هر یک از شکل‌های زیر جهت نیروی وارد بر سیم را مشخص نمایید؟





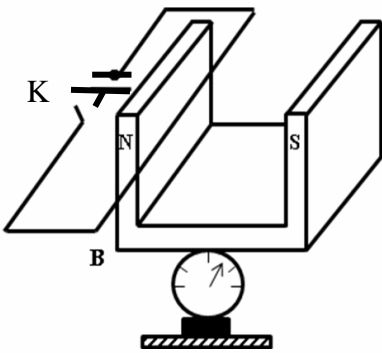
**تست:** جهت میدان مغناطیسی یکنواختی افقی و رو به سمت شمال و اندازه اش  $B = 5 \times 10^{-3}$  است. از یک سیم راست افقی جریانی ۲۰ آمپری و به سمت شرق عبور می‌کند. بر ۲ متر از این سیم چند نیوتن نیرو و در چه جهتی وارد می‌گردد؟

- (۱) ۰/۲ بالا (۲) ۰/۲ پایین (۳) ۰/۱ بالا (۴) ۰/۱ پایین

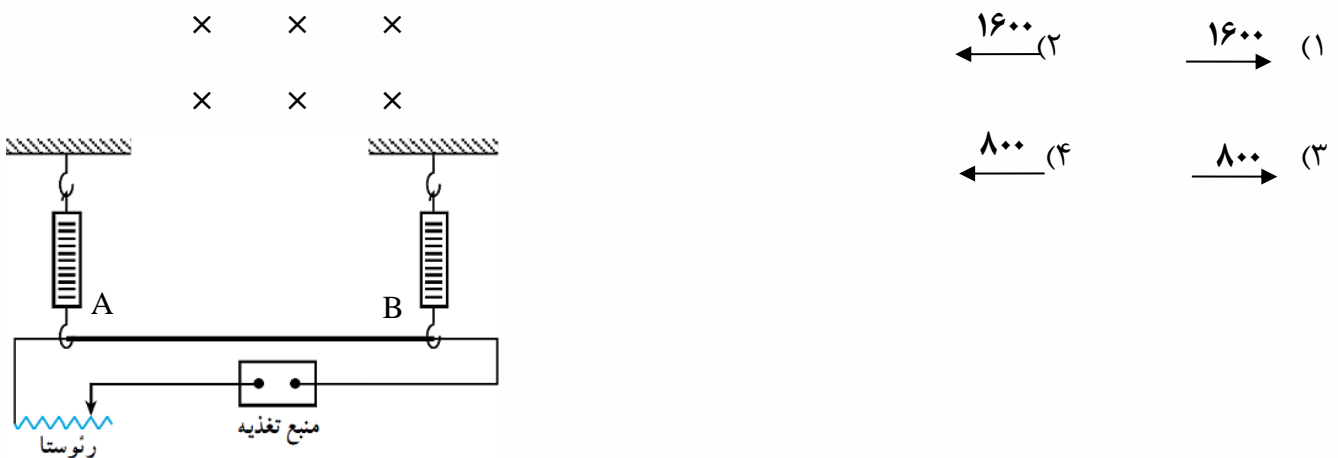
**تست:** در شکل مقابل سیم افقی AB در میدان مغناطیسی یکنواخت، بین دو قطب معلق است و قبل از بستن کلید K، ترازو عدد ۱۰ نیوتن را نشان می‌دهد. وقتی کلید K بسته شود، از سیم جریان ۲۰ آمپر می‌گذرد، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟

(طول سیم AB برابر ۱۰ سانتی‌متر باشد و اندازه میدان مغناطیسی یک تسلا است.)

- (۱) ۱۰ (۲) ۸ (۳) ۱۲ (۴) ۷



**تست:** مطابق شکل سیمی AB به طول ۱۰۰ سانتیمتر و به جرم ۸ گرم حامل جریان  $i$  می‌باشد. اندازه و جهت جریان چگونه باشد تا این سیم در حالت تعادل باشد؟ (میدان درون سو و اندازه آن ۰/۰۵ میلی تسلا)





**تست:** سیمی حامل جریان  $I$  در میدان مغناطیسی  $B$  قرار دارد به گونه ای که زاویه میدان با جریان  $37^\circ$  درجه است. اگر سیم را طوری بچرخانیم که بدون تغییر سایر شرایط زاویه میدان و جریان به  $74^\circ$  درجه برسد، نیروی وارد بر سیم چند درصد و چگونه تغییر می کند؟ ( $\sin 37 = 0.6$ )

- (۱) ۶۰ درصد افزایش  
 (۲) ۱۶۰ درصد افزایش  
 (۳) ۶۰ درصد کاهش  
 (۴) ۱۶۰ درصد کاهش

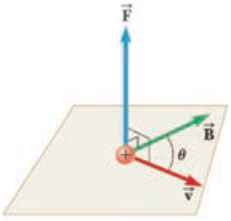




## نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

هرگاه بار الکتریکی  $q$  با سرعت  $v$  وارد میدان مغناطیسی  $B$  گردد بر آن نیروی  $F$  وارد می‌شود که اندازه آن از رابطه رو برو محاسبه می‌گردد ولی جهت آن از قاعده دست راست. (نیروی  $F$  بر  $v$  و  $B$  عمود است)

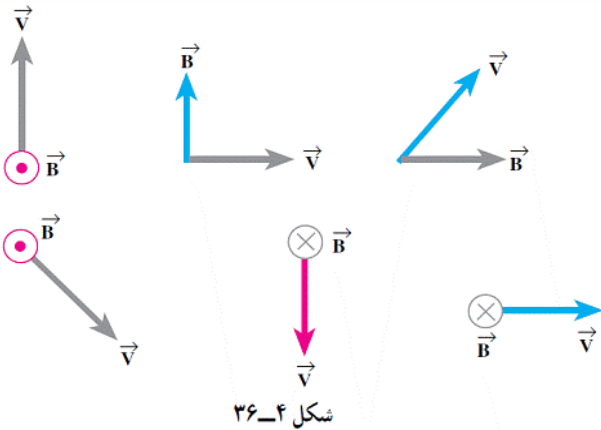
$$F = qvB \sin \alpha$$



قانون دست راست برای بارهای مثبت:

چهار انگشت دست راست را در جهت  $v$  قرار می‌دهیم، به گونه ای که خم شدن بند انگشتان  $B$  را نشان دهد، اکنون انگشت شست، جهت  $F$  را نشان می‌دهد (برای بارهای منفی همین کارها را با دست چپ انجام دهید!)

**مثال:** در هر کدام از شکل‌های زیر جهت نیروی وارد بر ذره بار دار  $+q$  را مشخص کنید؟



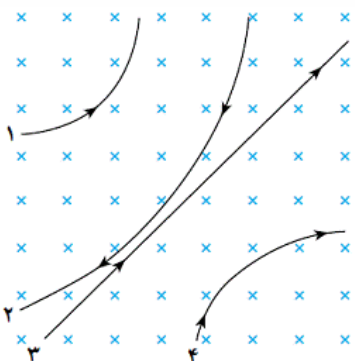
شکل ۴-۳۶

**تست:** در مکانی که میدان مغناطیسی  $0.8$  تسلا است ذره ای با بار منفی  $25$  میکروکولن با سرعت  $100$  متر بر ثانیه افقی به سمت غرب در حرکت است. اگر خطوط میدان افقی و به سمت شمال باشند نیروی وارد بر بار چند نیوتن و در کدام جهت است؟

(۱)  $2 \times 10^{-3}$  بالا (۲)  $2 \times 10^{-3}$  پایین

(۳)  $2 \times 10^{-4}$  بالا (۴)  $2 \times 10^{-4}$  پایین

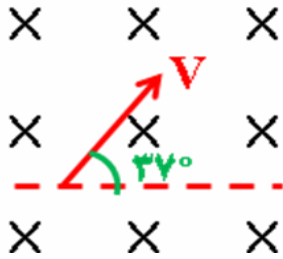
**تست:** با توجه به شکل زیر نوع بار هر کدام از ذرات زیر کدامست؟ (مثبت - منفی - خنثی)



- |     |   |   |    |        |     |
|-----|---|---|----|--------|-----|
| (۱) | + | ۱ | ۲  | ۳ خنثی | ۴ + |
| (۲) | + | ۱ | -۲ | ۳ خنثی | -۴  |
| (۳) | - | ۱ | -۲ | -۳     | -۴  |
| (۴) | + | ۱ | +۲ | ۳ خنثی | -۴  |



**تست:** پروتونی مطابق شکل نسبت به یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۲۰ میلی تسلا حرکت می کند و نیروی مغناطیسی  $1/28 \times 10^{-16} \text{ N}$  به آن وارد می شود. انرژی جنبشی پروتون چند الکترون ولت است و جهت نیروی وارد بر آن چگونه است؟



$(m_p = 1/7 \times 10^{-27} \text{ kg}, e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$

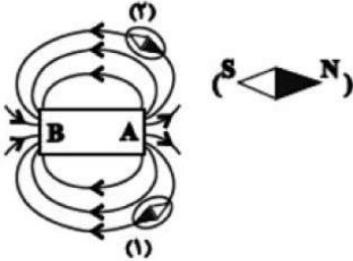
- ↘ ۲/۵ (۲)
- ↘ ۸/۵ (۴)
- ↗ ۲/۵ (۱)
- ↗ ۸/۵ (۳)

**تست:** ذره سبک بتای الکترونی از بالا به پایین حرکت می کنند و ذره ی سبک آلفا از شمال به جنوب شلیک می شوند که ناگهان وارد میدان مغناطیسی زمین می شوند، جهت انحراف آنها به ترتیب از راست به چپ؟

(۱) غرب-پایین    (۲) شرق-پایین    (۳) غرب-بدون انحراف    (۴) شرق-غرب

### Home work 1

۱ در شکل روبه‌رو، قطب‌های A و B به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند و کدام عقربه مغناطیسی درست نشان داده شده است؟



- ۱ S و N - ۱      ۲ S و N - ۲      ۳ S و N - ۱      ۴ S و N - ۲

۲ آهن‌ربای تیغ‌های زیر را به چهار قسمت مساوی تقسیم کرده‌ایم. ترتیب قطب‌های آهن‌ربا مطابق با کدام گزینه است؟



- ۱ S N S N S N S N      ۲ S N S N S N S N      ۳ S S N N S S N N      ۴ S S N N S S N N

۳ کدام تفاوت در مورد مقایسه بار الکتریکی و قطب مغناطیسی، درست است؟

- ۱ اجسام دارای بار الکتریکی مثبت، قطب مغناطیسی دارند و اجسام دارای بار الکتریکی منفی، قطب مغناطیسی ندارند.  
 ۲ در همه‌ی اجسام، قطب مغناطیسی وجود دارد ولی فقط برخی از اجسام، بار الکتریکی دارند.  
 ۳ بارهای الکتریکی مثبت و منفی مجزا وجود دارند، اما تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد.  
 ۴ قطب‌های مغناطیسی فقط یک نوع هستند، اما بارهای الکتریکی دو نوع هستند.

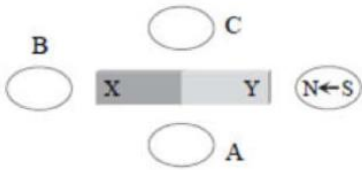
۴ کدام گزینه، درست است؟

- ۱ قطب شمال جغرافیایی در نزدیکی قطب جنوب مغناطیسی قرار دارد.  
 ۲ قطب‌های شمال و جنوب جغرافیایی به ترتیب منطبق بر قطب‌های جنوب و شمال مغناطیسی هستند.  
 ۳ قطب شمال جغرافیایی منطبق بر قطب جنوب مغناطیسی و قطب جنوب جغرافیایی در نزدیکی قطب شمال مغناطیسی است.  
 ۴ قطب جنوب جغرافیایی منطبق بر قطب شمال مغناطیسی و قطب شمال جغرافیایی در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی است.



۵ کدام گزینه نادرست است؟

- ۱ آهنربای طبیعی، اکسید آهن  $Fe_2O_3$  است.
- ۲ آهنربای میله‌ای را از وسط به کمک نخ آویزان می‌کنیم. زاویه‌ای که راستای این آهنربا با افق می‌سازد را شیب مغناطیسی می‌گویند.
- ۳ میدان مغناطیسی در ناحیه بین قطب‌های یک آهنربای C شکل و به دور از لبه‌های آن تقریباً یکنواخت است.
- ۴ نیروی مغناطیسی که از طرف میدان مغناطیسی بر سیم حاصل جریان وارد می‌شود، بر صفحه سیم و میدان عمود است.
- ۶ شکل زیر، یک آهنربای میله‌ای را نشان می‌دهد که در اطراف آن ۴ عقربه‌ی مغناطیسی قرار دارند. جهت قرار گرفتن عقربه‌های A، B و C به ترتیب کدام است؟



- ۱  $\rightarrow$  و  $\leftarrow$  و  $\rightarrow$  و  $\leftarrow$       ۲  $\leftarrow$  و  $\rightarrow$  و  $\leftarrow$  و  $\rightarrow$       ۳  $\rightarrow$  و  $\rightarrow$  و  $\rightarrow$  و  $\rightarrow$       ۴  $\leftarrow$  و  $\leftarrow$  و  $\leftarrow$  و  $\leftarrow$

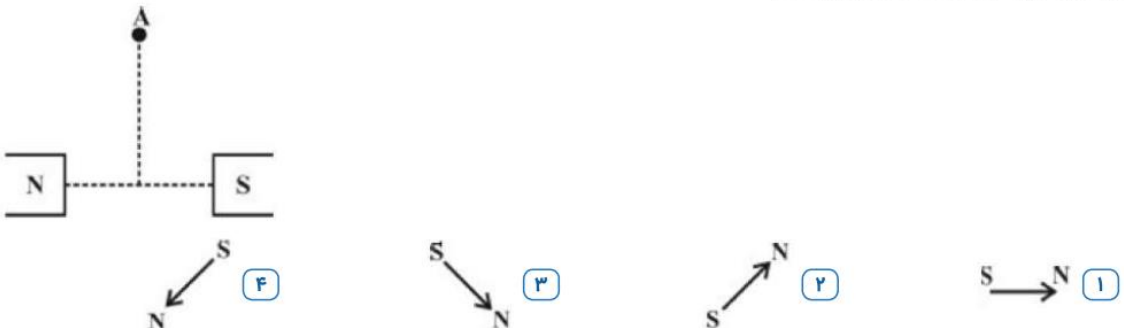
۷ کدام یک از موارد زیر یکای میدان مغناطیسی نیست؟

- ۱ تسلا
  - ۲ نیوتون  $\times$  ثانیه
  - ۳ نیوتون
  - ۴ آمپر  $\times$  نیوتون
- ۱ کولن  $\times$  متر      ۲ کولن  $\times$  متر      ۳ آمپر  $\times$  متر      ۴ ثانیه  $\times$  متر

۸ اگر کره زمین را یک آهنربای بزرگ فرض کنیم:

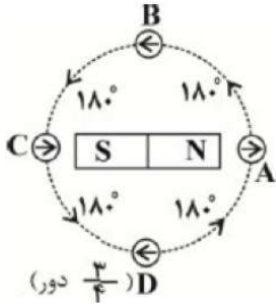
- ۱ قطب شمال مغناطیسی آن نزدیک به قطب جنوب جغرافیایی قرار دارد.
- ۲ قطب شمال مغناطیسی آن نزدیک به قطب شمال جغرافیایی قرار دارد.
- ۳ محور مغناطیسی آن عمود بر محور چرخش زمین است.
- ۴ محور مغناطیسی آن زاویه ۶۰ درجه با محور چرخش زمین می‌سازد.

۹ دو آهنربا مطابق شکل، روبه‌روی هم قرار دارند به طوری که قطب N قوی‌تر از قطب S است. چنانچه عقربه مغناطیسی را در نقطه A قرار دهیم، (نقطه A روی عمود منصف خط واصل دو آهنربا است)، کدام شکل جهت قرار گرفتن عقربه را درست نشان می‌دهد؟





۱۰ یک آهنربای میله‌ای مطابق شکل زیر، روی یک میز قرار دارد. یک عقربه مغناطیسی که می‌تواند آزادانه حول محور قائم بچرخد، روی مسیر دایره‌ای شکل به دور آهنربا  $\frac{3}{4}$  دور می‌چرخد. در این مسیر عقربه چند درجه دوران می‌کند؟



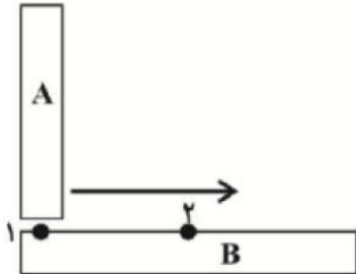
۵۴۰ (۴)

۳۶۰ (۳)

۲۷۰ (۲)

۱۸۰ (۱)

۱۱ مطابق شکل زیر، میله A را به صورت عمود، روی میله B می‌کشیم. در نقطه ۱ جاذبه میان دو میله زیاد بوده و با حرکت به سمت نقطه ۲، نیروی جاذبه میان دو میله کاهش می‌یابد، در این صورت الزاماً ..... .



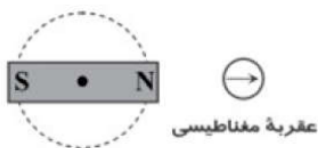
۱ میله A آهنربا است و میله B فلزی است.

۲ میله B آهنربا است و میله A فلزی است.

۳ هر دو میله آهنربا هستند.

۴ میله B آهنرباست ولی در مورد میله A نمی‌توان نظر داد.

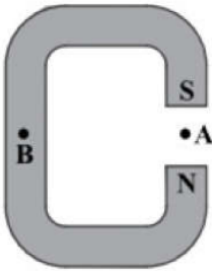
۱۲ در شکل مقابل، یک آهنربای میله‌ای روی سطح افقی میزی قرار دارد و یک عقربه مغناطیسی مقابل آن است. اگر آهنربا را حول نقطه وسط آن، روی میز یک دور کامل در جهت پادساعت‌گرد بچرخانیم، عقربه مغناطیسی چند دور و در چه جهتی می‌چرخد؟



۱ یک دور - پادساعت‌گرد (۱) دو دور - پادساعت‌گرد (۲) دو دور - ساعت‌گرد (۳) یک دور - ساعت‌گرد (۴) دو دور - ساعت‌گرد (۴)



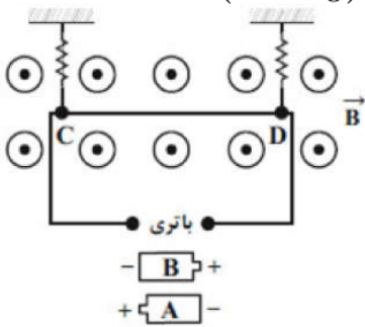
۱۳ تصویر مقابل، یک آهن‌ربای  $C$  شکل را نشان می‌دهد. کدام گزینه جهت میدان مغناطیسی را در نقاط  $A$  و  $B$  به ترتیب از راست به چپ درست نشان می‌دهد؟



- ۱ -  $\uparrow$  میدان در  $B$  صفر است.      ۲ -  $\downarrow$  میدان در  $B$  صفر است.  
 ۳ -  $\downarrow$  -  $\uparrow$       ۴ -  $\uparrow$  -  $\downarrow$

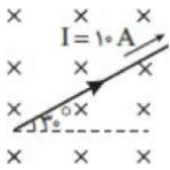
۱۴ در شکل مقابل، سیم  $CD$  به طول  $20\text{ cm}$ ، مقاومت  $5\ \Omega$  و جرم  $4g$  عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی یکنواخت و برون‌سویی با اندازه  $B = 0.5\text{ T}$  قرار گرفته است. کدام باتری و با چه اختلاف پتانسیلی بر حسب ولت در مدار قرار

گیرد تا سیم  $CD$  به حالت تعادل باقی بماند و بر نیروسنج‌ها نیرویی وارد نشود؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )



- ۱ باتری  $B$ ،  $0.4\ \text{V}$       ۲ باتری  $A$ ،  $0.4\ \text{V}$       ۳ باتری  $A$ ،  $4\ \text{V}$       ۴ باتری  $B$ ،  $4\ \text{V}$

۱۵ در شکل مقابل میدان مغناطیسی درون‌سو و اندازه‌ی آن  $0.2\ \text{T}$  است. بر  $50\text{ cm}$  از طول سیم که درون میدان مغناطیسی قرار دارد، چند نیوتون نیرو وارد می‌شود؟



- ۱  $0.5\sqrt{3}$       ۲  $0.5$       ۳  $0.5$       ۴  $0.1$

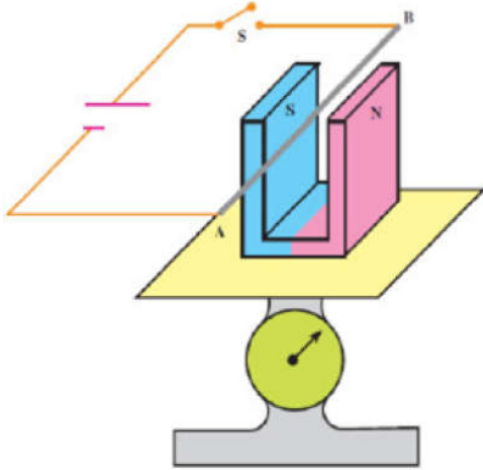
۱۶ سیم مستقیم حامل جریان  $4\text{ A}$  بین دو نقطه  $A$  و  $B$  کشیده شده است. میدان مغناطیسی

$\vec{B} = \frac{1}{14}\vec{i} + \frac{1}{14}\vec{j}$  نیروی چند نیوتون به این سیم وارد می‌کند؟ (تمام یکاها در SI هستند).

- ۱ صفر      ۲  $4$       ۳  $4\sqrt{2}$       ۴  $7\sqrt{2}$



۱۷ در شکل مقابل، سیم افقی AB در میدان مغناطیسی یکنواخت بین دو قطب معلق است و پیش از بستن کلید  $k$ ، ترازو عدد ۸ نیوتن را نشان می‌دهد. وقتی کلید S بسته شود، از سیم جریان ۵ آمپر عبور می‌کند. اگر شدت میدان مغناطیسی آهنربا در فضای بین دو قطب آن  $2T$  باشد، عدد ترازو پس از وصل کلید به چند نیوتن خواهد رسید؟ (طول سیم را  $20\text{ cm}$  فرض کنید.)



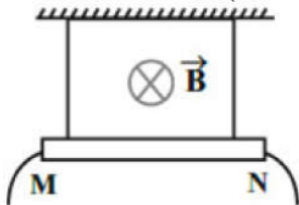
۴ (۴)

۶ (۳)

۱۰ (۲)

۱۲ (۱)

۱۸ مطابق شکل مقابل، سیم راست MN به طول  $1\text{ m}$  توسط دو نخ سبک از سقف آویزان شده است و در میدان مغناطیسی یکنواخت درون‌سویی به بزرگی  $1\text{ T}$  قرار دارد. اگر جرم هر متر سیم MN برابر با  $20\text{ g}$  باشد، جریان سیم، چند آمپر و سوی آن چگونه باشد تا نیروی کشش نخ‌ها برابر با صفر شود؟ ( $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )



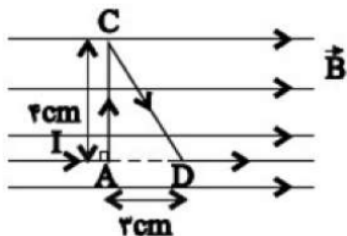
M به N از ۲ (۲)

M به N از ۰/۲ (۱)

N به M از ۲ (۴)

N به M از ۰/۲ (۳)

۱۹ مطابق شکل مقابل، سیم رسانای ACD، حامل جریان  $20\text{ A}$  است و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $5\text{ T}$  قرار دارد. اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر قطعه سیم AC، چند برابر اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر قطعه سیم CD است؟



$\frac{4}{3}$  (۴)

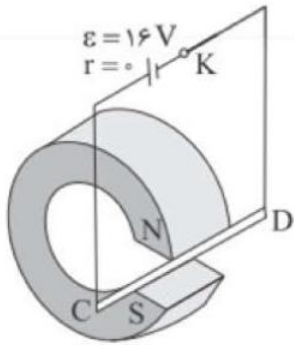
۱ (۳)

$\frac{5}{4}$  (۲)

$\frac{4}{5}$  (۱)

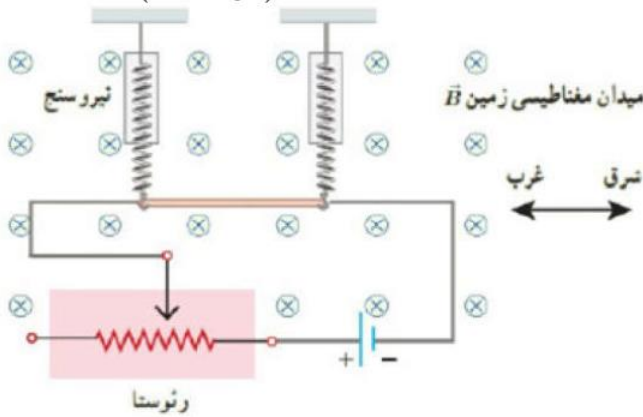


۲۰ سیم رسانای CD به طول  $2\text{ m}$  و مقاومت  $4\ \Omega$  بین دو قطب آهنربا قرار گرفته است. اگر میدان حاصل از آهنربا  $0.05\text{ T}$  باشد، به سیم نیروی چند نیوتونی وارد خواهد شد؟



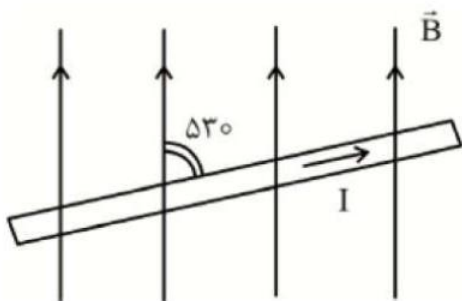
- ۱)  $0.2$       ۲)  $0.3$       ۳)  $0.4$       ۴)  $0.5$

۲۱ یک سیم به طول  $50\text{ cm}$  و به جرم  $10\text{ g}$  مطابق شکل با دو نیروسنج فنری که به دو انتهای آن بسته شده‌اند، به طور افقی و در راستای غرب - شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را یکنواخت، به طرف شمال و اندازه آن را  $0.4\text{ mT}$  بگیرد. اگر بخواهیم نیروسنج‌ها عدد صفر را نشان دهند، چه جریانی باید از سیم بگذرد؟ ( $g = 10\frac{m}{s^2}$ )



- ۱)  $5000$       ۲)  $2500$       ۳)  $2000$       ۴)  $200$

۲۲ در شکل مقابل، جریان عبوری از سیم  $15\text{ A}$  و شدت میدان مغناطیسی برابر B است. اگر نیروی وارد به سیم از طرف میدان مغناطیسی  $1/44 \times 10^{-2}\text{ N}$  نیوتن باشد و طول سیم در میدان مغناطیسی  $60\text{ cm}$  در نظر گرفته شود، اندازه‌ی میدان مغناطیسی چند گاوس است؟

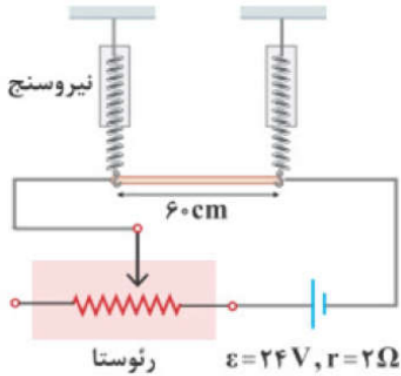


- ۱)  $120$       ۲)  $72$       ۳)  $48$       ۴)  $20$





۲۳ در شکل زیر، یک سیم رسانا به طول  $60\text{ cm}$  از دو نیروسنج فنری مشابه آویخته شده است. اگر مقاومت رثوستا برابر  $6\ \Omega$  باشد، نیروسنجها عدد صفر را نشان می‌دهند. مقاومت رثوستا را به چند اهم برسانیم تا هر یک از نیروسنجها با نیرویی به اندازه  $1/10$  میلی‌نیوتون کشیده شوند؟  
(میدان مغناطیسی در اطراف سیم، در راستای عمود بر صفحه و برابر  $2\text{ G}$  است.)



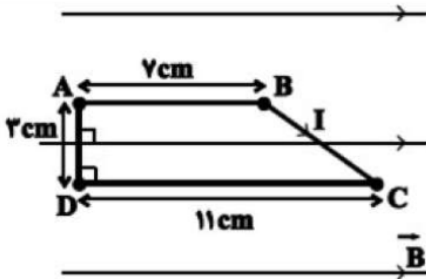
۱۲ (۴)

۱۰ (۳)

۱۸ (۲)

۱۶ (۱)

۲۴ مطابق شکل زیر، یک سیم مسی را به شکل یک دوزنقه درآورده‌ایم و آنرا به طور کامل درون میدان مغناطیسی یک‌نواختی به بزرگی  $0.05\text{ T}$  قرار می‌دهیم. اگر جریان الکتریکی عبوری از سیم برابر با  $2\text{ A}$  باشد، به ترتیب از راست به چپ اندازه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر قسمت BC و اندازه‌ی نیروی مغناطیسی خالص وارد بر کل سیم مسی، چند نیوتون می‌باشد؟



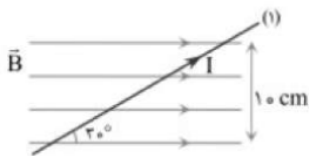
۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۳ (۴)

۰/۰۰۰۵ و ۰/۰۰۰۳ (۳)

۰/۰۰۳ و صفر (۲)

۰/۰۰۳ و صفر (۱)

۲۵ در شکل مقابل میدان مغناطیسی یکنواخت به پهنای  $10\text{ cm}$  و به بزرگی  $0.5\text{ T}$  تسلا موجود است که یک سیم راست بلند از آن عبور می‌کند به طوری که جریان  $2\text{ A}$  از آن می‌گذرد. اگر سیم از حالت ۱ به حالت ۲ برده شود به طوری که در صفحه‌ی کاغذ  $7$  درجه پادساعتگرد بچرخد، نیروی مغناطیسی وارد بر آن چند درصد تغییر کرده و مقدار ثانویه آن چند نیوتن می‌شود؟ ( $\sin 37^\circ = 0.6$ )



۰/۰۰۶، صفر درصد، (۲)

۱۰ درصد افزایش، ۰/۰۰۶ (۱)

صفر درصد، ۰/۰۱ (۴)

صفر درصد کاهش، ۰/۰۱ (۳)

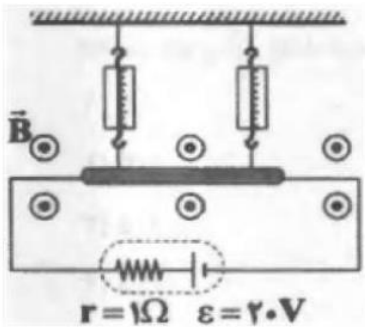


۲۶ مطابق شکل زیر، سیمی به طول  $0.2\text{ m}$  در راستای افقی شرقی - غربی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $0.2\text{ T}$  که جهت آن به طرف جنوب است، قرار گرفته و اندازه‌ی نیروی کشش هریک از ریسمان‌های عایق  $3\text{ N}$  است. جریان الکتریکی چند آمپری و به کدام سمت از سیم عبور دهیم تا نیروی کشش هریک از ریسمان‌ها  $0.2\text{ N}$  شود؟



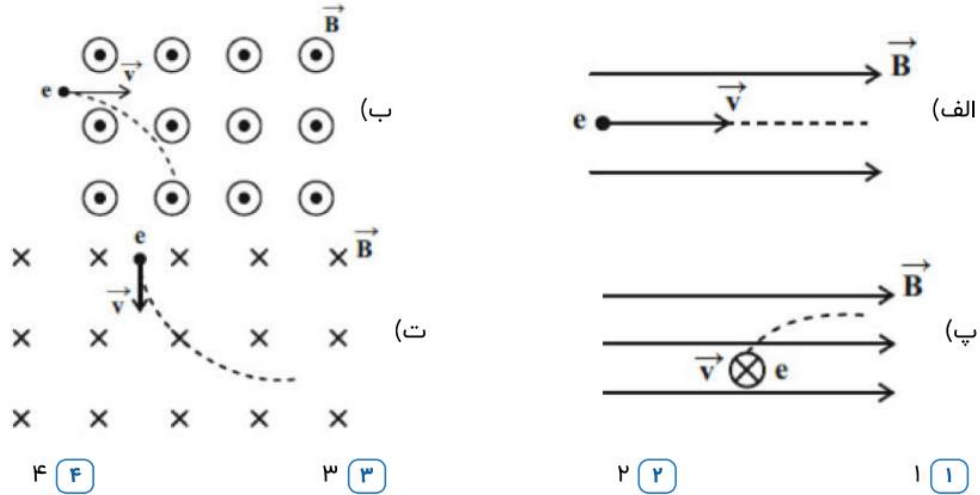
- ۱)  $2/5$ ، به سمت غرب    ۲)  $2/5$ ، به سمت شرق    ۳)  $5$ ، به سمت غرب    ۴)  $5$ ، به سمت شرق

۲۷ مطابق شکل زیر، سیمی به طول  $2\text{ m}$  و مقاومت الکتریکی  $4\ \Omega$  توسط سیم‌های رابط با مقاومت ناچیز به یک باتری متصل شده است و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $5\text{ G}$  قرار دارد. اگر جرم هر متر از این سیم  $2\text{ g}$  باشد، نیرویی که به هر یک از نیروسنج‌ها وارد می‌شود چند میلی نیوتون است؟ ( $g = 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )



- ۱)  $2$     ۲)  $22$     ۳)  $4$     ۴)  $44$

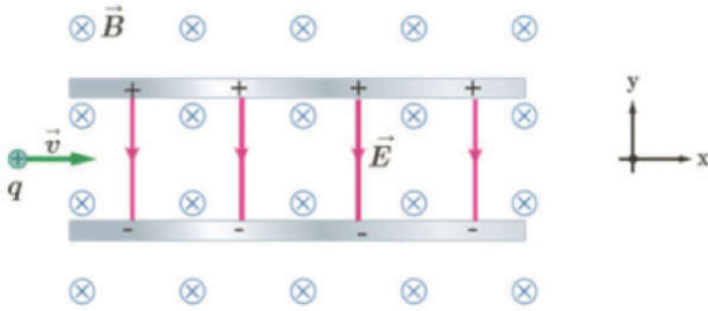
۲۸ در چه تعداد از شکل‌های زیر، مسیر حرکت الکترونی که با سرعت اولیه  $\vec{v}$  وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت شده است، درست رسم گردیده است؟ (فرض کنید هیچ نیروی دیگری بر الکترون وارد نمی‌شود.)



- ۱)  $1$     ۲)  $2$     ۳)  $3$     ۴)  $4$



۲۹ مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار الکتریکی  $q = 2\mu\text{C}$  به جرم ناچیز و با تندی  $V = 8 \times 10^4 \frac{m}{s}$  وارد میدان الکتریکی به بزرگی  $E = 1 \frac{\text{kN}}{C}$  و میدان مغناطیسی به بزرگی  $B = 0.4 \text{ T}$  و جهت‌های نشان داده در شکل می‌شود. بردار نیروی خالص وارد بر ذره چند نیوتون است؟

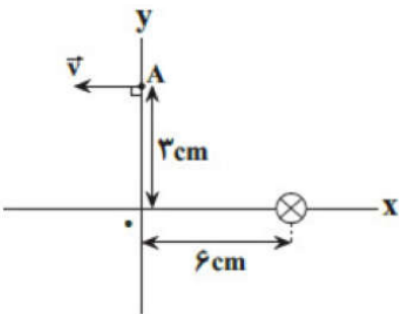


- ۱  $4/4 \times 10^{-3} \vec{j}$     ۲  $-4/4 \times 10^{-3} \vec{j}$     ۳  $8/4 \times 10^{-3} \vec{j}$     ۴  $-8/4 \times 10^{-3} \vec{j}$

۳۰ الکترونی با تندی  $2/4 \times 10^5 \frac{m}{s}$  درون میدان مغناطیسی یکنواخت در حال حرکت است. اندازه‌ی نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر این الکترون وارد می‌شود. هنگامی که الکترون به سمت شمال غربی در حال حرکت باشد، بیشینه است. اگر اندازه نیروی بیشینه وارد بر الکترون  $9/6 \times 10^{-12} \text{ N}$  و جهت آن رو به بالا باشد، اندازه میدان مغناطیسی بر حسب تسلا و جهت آن کدام است؟ ( $q = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

- ۱ - ۵۰۰ جنوب غربی    ۲ - ۵۰۰ شمال شرقی    ۳ - ۲۵۰ جنوب غربی    ۴ - ۲۵۰ شمال شرقی

۳۱ در شکل مقابل بار  $q = -15\mu\text{C}$  در مبدأ زمان در جهت نشان داده شده از نقطه  $A(0, 3 \text{ cm})$  با تندی  $25 \frac{m}{s}$  پرتاب می‌شود. اگر بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست و مستقیم عمود بر صفحه کاغذ که از نقطه  $(6 \text{ cm}, 0)$  عبور می‌کند، در نقطه A برابر ۲۰ گاوس باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر بار q در لحظه نشان داده شده چند میلی‌نیوتن است؟



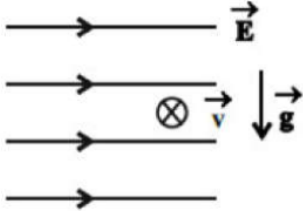
- ۱  $3\sqrt{5}$     ۲  $\frac{3\sqrt{5}}{2}$     ۳  $3\sqrt{5} \times 10^{-2}$     ۴  $\frac{3\sqrt{5}}{2} \times 10^{-2}$

۳۲ ذرات آلفا ( $\alpha$ ) و الکترون (e) به طور عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B}$ ، وارد آن فضا می‌شوند. اگر اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر آن‌ها از طرف میدان مغناطیسی با هم برابر باشد، کدام رابطه بین تندی این دو ذره برقرار است؟ (ذره آلفا =  ${}^4_2\text{He}^{2+}$ )

- ۱  $v_\alpha = 2v_e$     ۲  $v_\alpha = v_e$     ۳  $v_e = 2v_\alpha$     ۴  $v_\alpha < v_e < 2v_\alpha$

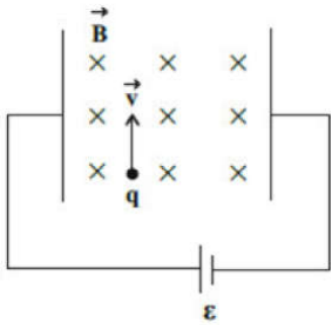


۳۳ مطابق شکل مقابل، ذره‌ای به جرم ۱۵ گرم و بار الکتریکی  $-5.0 \mu\text{C}$  وارد میدان الکتریکی افقی و یکنواخت  $\vec{E}$  به بزرگی  $3000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$  می‌شود. اگر این ذره با سرعت  $1/4 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  به صورت درون‌سو و عمود بر صفحه کاغذ وارد میدان الکتریکی شود، میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی چند تسلا و در چه جهتی می‌تواند مانع انحراف آن از مسیر مستقیم خود شود؟  $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \sqrt{2} = 1/4)$



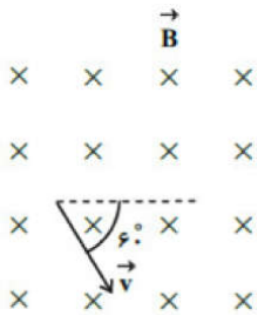
- ۱)  $0.03$  و  $\downarrow$       ۲)  $0.03$  و  $\searrow$       ۳)  $0.05$  و  $\searrow$       ۴)  $0.05$  و  $\nearrow$

۳۴ ذره‌ای با بار  $q = -25 \text{ nC}$  و جرم ۵ میلی‌گرم، با تندی  $2 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  وارد فضایی می‌شود که در آن میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم به بزرگی‌های  $E = 5 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$  و  $B = 1 \text{ T}$  وجود دارند. بزرگی شتاب ذره چند متر بر مجذور ثانیه خواهد شد؟ (از اثر نیروی وزن ذره چشم‌پوشی کنید.)



- ۱) ۹۰      ۲) ۹۰۰      ۳) ۴۱۰      ۴) ۴۱۰۰

۳۵ مطابق شکل مقابل، ذره‌ای با بار الکتریکی  $-5 \mu\text{C}$  با تندی  $10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  وارد میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $200 \text{ G}$  می‌شود. اندازه نیروی وارد بر این ذره چند نیوتون و در چه جهتی است؟



- ۱)  $10$  و  $\nearrow$       ۲)  $10$  و  $\swarrow$       ۳)  $10$  و  $\swarrow$       ۴)  $100$  و  $\nearrow$



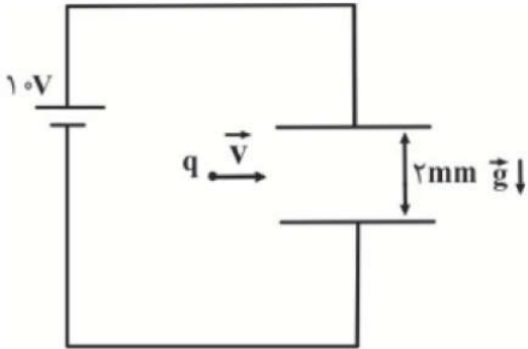
۳۶ مطابق شکل زیر، الکترونی از سمت چپ به راست در راستای افقی در حال حرکت است و از طرف یک میدان مغناطیسی یکنواخت، بیشینه مقدار ممکن نیروی مغناطیسی به بزرگی  $N = 10^{-14} / 6$  به سمت بالا به آن وارد می‌شود. اگر تندی حرکت الکترون برابر با  $\frac{m}{s} \times 10^5 \times 2$  باشد، به ترتیب از راست به چپ، بزرگی میدان مغناطیسی بر حسب تسلا و جهت آن کدام است؟

$$v = 2 \times 10^5 \frac{m}{s} \quad (e = 1.6 \times 10^{-19} C) \quad \text{و از اثر نیروی وزن صرف نظر شود.}$$



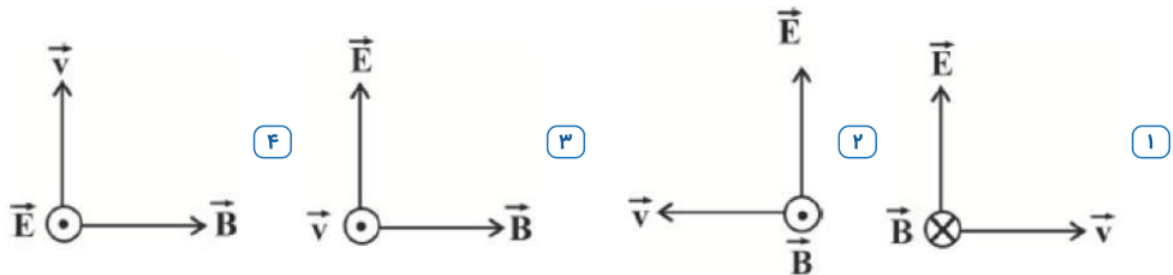
- ۱، درون سو      ۲، برون سو      ۳، درون سو      ۴، برون سو

۳۷ مطابق شکل مقابل، ذره باردار  $q = +20 \mu C$  به جرم  $10$  گرم با تندی ثابت  $\frac{m}{s} \times 100$  بین صفحات خازنی تخت به سمت راست پرتاب می‌شود. حداقل اندازه میدان مغناطیسی یکنواخت چند تسلا و در چه جهتی باشد تا بار متحرک بدون انحراف از فضای بین صفحات خازن بگذرد؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$  و از اثر نیروهای مقاوم حرکت صرف نظر شود.)



- ۱، برون سو      ۲، درون سو      ۳، برون سو      ۴، درون سو

۳۸ یک ذره باردار با بار مثبت در فضایی که میدان‌های یکنواخت  $\vec{E}$  و  $\vec{B}$  وجود دارند در حال حرکت است. اگر این ذره بدون تغییر جهت و انحراف در مسیر مستقیم حرکت خود را حفظ کند، وضعیت میدان‌های  $\vec{E}$  و  $\vec{B}$  و بردار  $\vec{v}$  در کدام گزینه برای این ذره باردار می‌تواند درست باشد؟

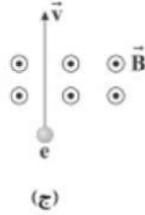


۳۹ به ذره‌ای به جرم  $5 \text{ mg}$  که دارای بار الکتریکی  $20 \mu C$  است، به طور عمود با سرعت  $\frac{m}{s} \times 10^5 \times 5$  وارد میدان مغناطیسی  $0.4 T$  می‌شود. از طرف میدان مغناطیسی شتاب  $a$  وارد می‌شود، اندازه‌ی شتاب چند متر بر مربع ثانیه است؟

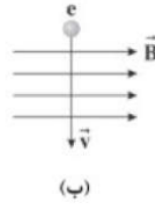
- ۱، ۲۵      ۲، ۴۵      ۳، ۶۰      ۴، ۸۰



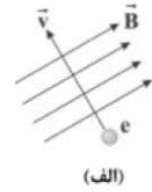
۴۰ در چه تعداد از شکل‌های زیر، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون، درونسو است؟



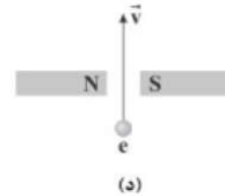
(ج)



(ب)



(الف)



(د)

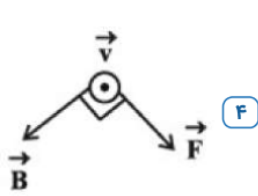
۱ (۴)

۲ (۳)

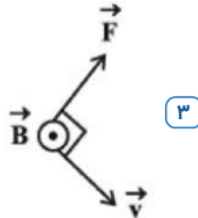
۳ (۲)

۴ (۱)

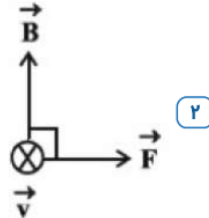
۴۱ کدام گزینه، جهت بردار نیروی مغناطیسی ( $\vec{F}$ ) وارد بر الکترونی متحرک در میدان مغناطیسی یک‌نواخت  $\vec{B}$  را به درستی نشان می‌دهد؟ ( $\vec{v}$  جهت سرعت الکترون را نشان می‌دهد.)



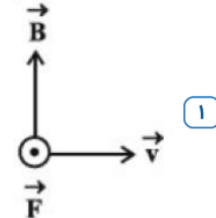
(۴)



(۳)



(۲)



(۱)

۴۲ ذره‌ای نقطه‌ای به جرم  $0.2$  گرم با بار الکتریکی  $-4 \mu\text{C}$  با سرعت  $200 \frac{m}{s}$  به سمت مغرب در مسیری افقی حرکت می‌کند. جهت و اندازه‌ی میدان مغناطیسی (برحسب تسلا) که قادر است مسیر ذره را در همان جهت و افقی نگه دارد، به ترتیب از راست به چپ، مطابق با کدام گزینه است؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )

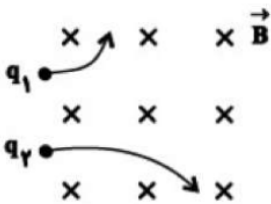
۴ مغرب،  $2/5$

۳ مشرق،  $2/5$

۲ جنوب،  $0/25$

۱ شمال،  $0/25$

۴۳ مطابق شکل مقابل، دو ذره‌ی باردار  $q_1$  و  $q_2$  با جرم و انرژی جنبشی برابر، وارد یک میدان مغناطیسی یک‌نواخت شده و تحت تأثیر نیروی مغناطیسی، مسیرهای زیر را می‌پیمایند. کدام‌یک از روابط زیر درست است؟



$q_1 > 0$  و  $q_2 < 0$ ،  $|q_1| > |q_2|$  (۲)

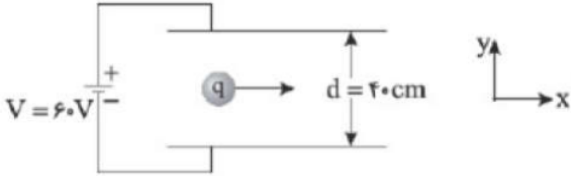
$q_1 < 0$  و  $q_2 > 0$ ،  $|q_1| > |q_2|$  (۱)

$q_1 < 0$  و  $q_2 > 0$ ،  $|q_1| < |q_2|$  (۴)

$q_1 > 0$  و  $q_2 < 0$ ،  $|q_1| < |q_2|$  (۳)



۴۴ یک گلوله‌ی باردار ۱۰۰ میلی گرمی با بار الکتریکی  $-5\mu C$  مطابق شکل مقابل با سرعت  $\vec{i} \left(100 \frac{m}{s}\right)$  میان صفحات خازن تخت شلیک می‌شود و با همین سرعت و بدون تغییر جهت از میان صفحات خازن عبور می‌کند. اندازه‌ی میدان مغناطیسی چند گاوس و در چه جهتی است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$  و مقاومت هوا ناچیز است)

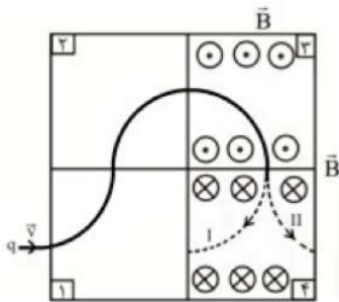


۱. ۱۰۰۰، درون سو  
 ۲. ۵۰۰۰، برون سو  
 ۳. ۲۵۰۰، برون سو  
 ۴. گزینه‌های ۱ و ۲ صحیح است.

۴۵ در منطقه‌ی استوا یک باریکه تشکیل شده از ذرات آلفا با سرعت  $3 \times 10^6 \frac{m}{s}$  به طور قائم به سمت زمین در حال حرکت است. نیروی وارد بر هر ذره  $\alpha$  از طرف میدان مغناطیسی زمین به بزرگی  $0.5G$ ، چند نیوتن و در چه جهتی است؟  
 (ذره  $\alpha$  از جنس  ${}^4_2\text{He}^{2+}$  است.  $(e = 1.6 \times 10^{-19} C)$ )

۱.  $2/4 \times 10^{-17}$  شرق  
 ۲.  $4/8 \times 10^{-17}$  شرق  
 ۳.  $2/4 \times 10^{-17}$  غرب  
 ۴.  $4/8 \times 10^{-17}$  غرب

۴۶ مطابق شکل یک بار الکتریکی از چهار قسمت از فضا که در آنها میدان مغناطیسی یکنواخت درون سو و برون سو برقرار است، عبور می‌کند. به ترتیب مسیر حرکت در قسمت (۴) کدام مسیر I یا II است و جهت میدان مغناطیسی در قسمت (۱) کدام است؟

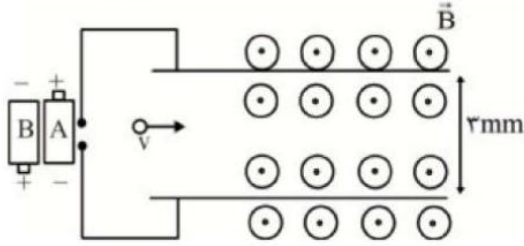


۱. I,  $\otimes$   
 ۲. I,  $\odot$   
 ۳. II,  $\otimes$   
 ۴. II,  $\odot$



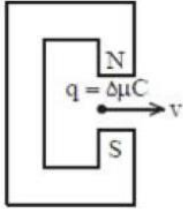
۴۷ در شکل زیر از کدام باتری آرمانی و با چه نیروی محرکه‌ای برحسب ولت استفاده کنیم، تا اگر ذره‌ای با بار الکتریکی  $-10\mu\text{C}$  و جرم  $1\text{ گرم}$  با تندی  $50 \frac{m}{s}$  و به صورت افقی در جهت نشان داده شده وارد میدان مغناطیسی یک‌نواختی به بزرگی  $3\text{ T}$  شود، بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد؟

$$\left(g = 10 \frac{m}{s^2}\right)$$



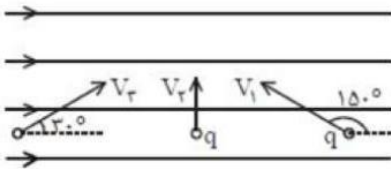
- ۱) باتری A،  $0/8$       ۲) باتری B،  $0/8$       ۳) باتری A،  $2/4$       ۴) باتری B،  $2/4$

۴۸ در شکل زیر یک ذره با بار مثبت و تندی  $2 \times 10^4 \frac{m}{s}$  در جهت نشان داده شده بین قطب‌های آهن‌ربای C شکل که میدان مغناطیسی در آن ناحیه  $400\text{ G}$  است، عمود بر خطوط میدان پرتاب می‌شود. اندازه نیرو بر حسب نیوتن و جهت نیروی وارد بر ذره کدام است؟



- ۱)  $4 \times 10^{-2}$  - درون سو      ۲)  $2 \times 10^{-3}$  - برون سو      ۳)  $40$  - درون سو      ۴)  $20$  - برون سو

۴۹ در شکل زیر اندازه نیروی وارده از طرف میدان به سه ذره هم‌بار نشان داده شده هم‌اندازه می‌باشند. کدام گزینه در مورد سرعت این ذرات درست می‌باشد؟



- ۱)  $V_1 = \sqrt{3} V_r = \frac{V_r}{\sqrt{3}}$       ۲)  $V_1 = \sqrt{3} V_r = 2 V_r$       ۳)  $V_1 = V_r = 2 V_r$       ۴)  $V_1 = V_r = \frac{V_r}{\sqrt{3}}$

۵۰ بردار سرعت یک ذره  $2\mu\text{C}$  در SI به صورت  $\vec{v} = 4\vec{i} - 3\vec{j}$  و بردار میدان مغناطیسی برابر  $\vec{B} = -2\vec{i} + \vec{j}$  می‌باشد. بزرگی نیروی وارد بر ذره چند نیوتن است؟

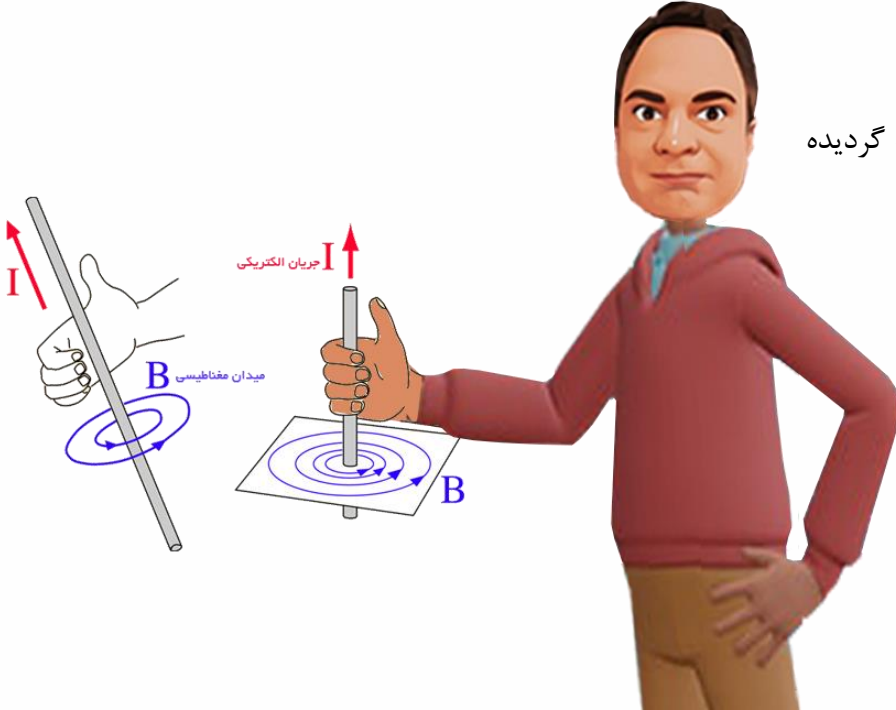
- ۱) صفر      ۲)  $12 \times 10^{-6}$       ۳)  $8 \times 10^{-6}$       ۴)  $4 \times 10^{-6}$



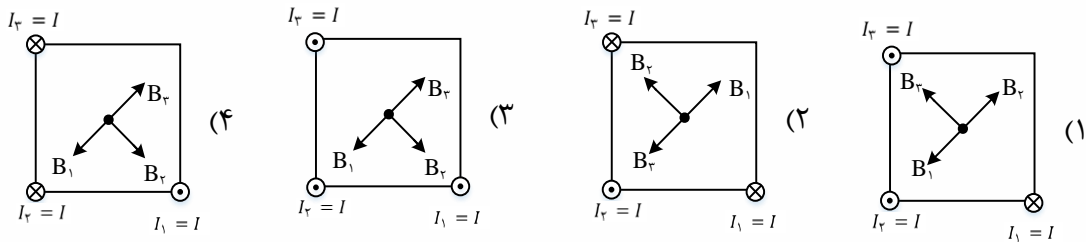
## میدان مغناطیسی در فضای اطراف سیم‌های حامل جریان

اندازه میدان مغناطیسی اطراف سیم راست از فرمول  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$  محاسبه میشود و برای محاسبه جهت این میدان: انگشت شست را در جهت جریان قرار می‌دهیم با چهار انگشت دست راست به نقطه مورد نظر سوال اشاره می‌کنیم سپس بند انگشتان را خم می‌کنیم. (در نقطه‌ها ۹۰ درجه خم کنید!!)

تذکر: فرمول اندازه، از در کتاب درسی حذف گردیده ولی جهت‌ها را باید یاد بگیرید!



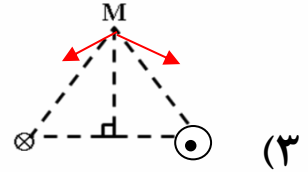
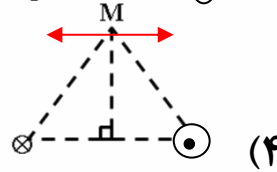
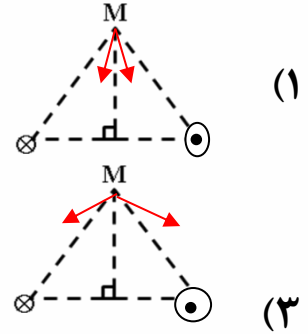
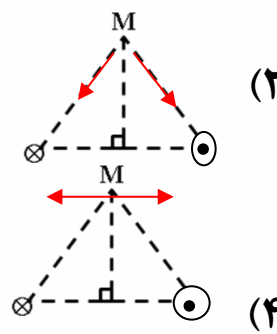
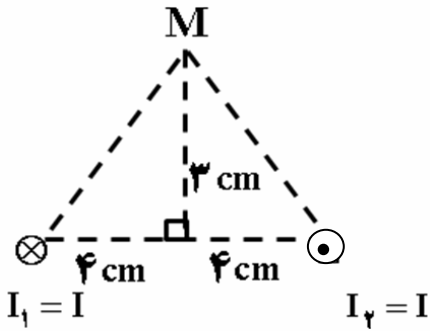
**تست:** مطابق شکل در سه رأس مربع، سیم‌های حامل جریان الکتریکی، عمود بر صفحه کاغذ قرار دارند. کدام یک از شکل‌های زیر میدان مغناطیسی در مرکز مربع را درست نشان می‌دهد؟



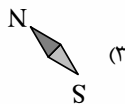
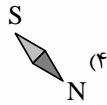
گزینه ۲



**تست:** دو سیم موازی بسیار بلند، حامل جریان مساوی، مطابق شکل زیر عمود بر صفحه قرار دارند. بردار میدان مغناطیسی هر یک از دو سیم در نقطه M در کدام شکل درست است؟

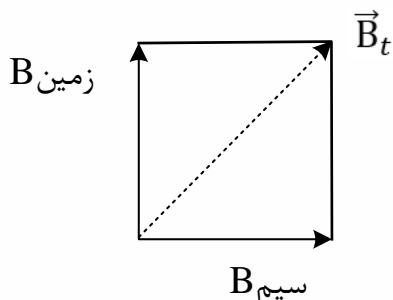


**تست:** یک سیم بلند مستقیم به صورت افقی در میدان مغناطیسی زمین قرار دارد و از آن جریان ثابتی به طرف جنوب می‌گذرد. یک قطب نما (عقربه ی مغناطیسی) درست زیر سیم قرار گرفته است. وضعیت عقربه قطب نما در کدام شکل درست نشان داده شده است؟ (بالای صفحه ی کاغذ را شمال در نظر بگیرید.)



گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

جهت میدان مغناطیسی زمین به طرف شمال است. وقتی از سیم جریان به طرف جنوب می‌گذرد در زیر آن جهت میدان به طرف شرق است. (قانون دست راست) تیغ‌های قطب نما در امتداد  $\vec{B}$  برآیند می‌ایستند به طوری که خط‌های میدان از سر S به آن وارد شوند.

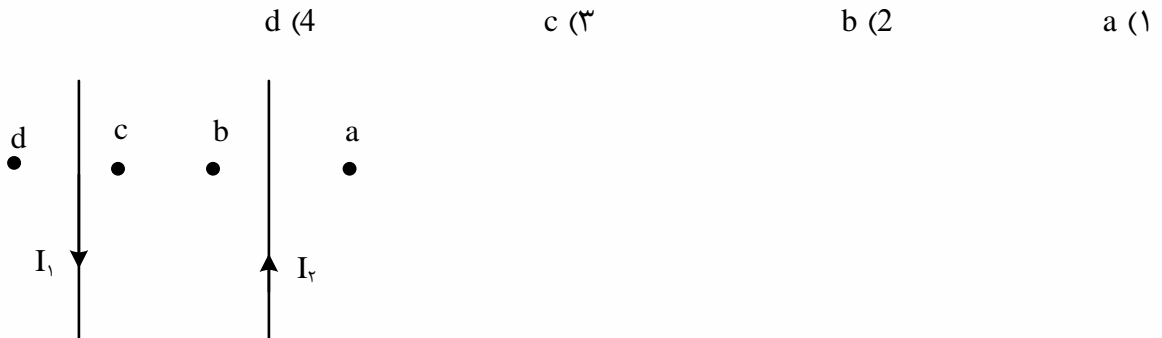




## صفر شدن میدان برآیند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیم موازی حامل جریان

اگر جریانها همجهت باشد میدان در نقطه ای بین دوسیم (نزدیک به جریان کوچکتر) صفر می شود ولی اگر جریانها مختلف الجهد باشد میدان در نقطه ای خارج از فاصله بین دوسیم (نزدیک به جریان کوچکتر) صفر می شود.

**تست:** شکل مقابل، دو سیم موازی جریان های نامساوی  $I_1$  و  $I_2$  را نشان می دهد. اگر  $I_1 > I_2$  باشد، میدان مغناطیسی برآیند (خالص) در کدام نقطه می تواند صفر باشد؟



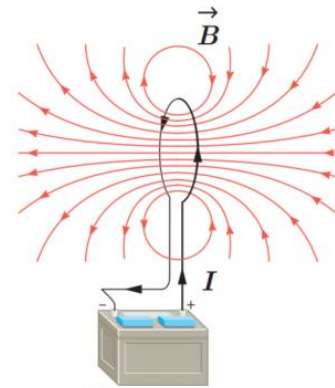
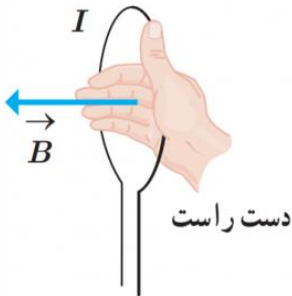


## میدان مغناطیسی حلقه‌ها و پیچه‌ها

اندازه میدان در حلقه کامل از فرمول  $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$  محاسبه میشود

اندازه میدان در حلقه ناقص از رابطه  $B = \frac{\alpha}{360} \frac{\mu_0 I}{2R}$  محاسبه میگردد

اندازه میدان در پیچه‌ها از رابطه  $B = N \frac{\mu_0 I}{2R}$  محاسبه میشود



**برای پیدا کردن جهت میدان در حلقه‌ها و پیچه‌ها کافیت** انگشت شست را در جهت جریان قرار می دهیم سپس با انگشت به مرکز حلقه (پیچه) اشاره می کنیم، اکنون خم شدن بند انگشتان به اندازه ۹۰ درجه ، جهت B را نشان می دهد

**نست:** مطابق شکل زیر، دو حلقه رسانا، هم اندازه و هم مرکز با شعاع‌های ۱۰ سانتیمتر در دو صفحه عمود بر هم قرار دارند و از هر یک جریان مساوی به شدت ۱۰۰ آمپر می گذرد. اندازه برآیند میدان‌های مغناطیسی دو حلقه در مرکز حلقه‌ها (نقطه O)، چند گاوس می باشد؟  $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A})$

- (۱)  $3\sqrt{2}$  (۲)  $6\sqrt{2}$  (۳) ۶ (۴) ۱۲





**تست:** سیمی به طول ۱۵۷cm را به صورت سیم پیچه مسطحی به شعاع ۵cm در می آوریم. اگر از این سیم

جریان ۲ آمپر بگذرد، میدان مغناطیسی در مرکز سیم پیچ مسطح چند تسلا است؟ ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$ )

- (۱)  $6/3 \times 10^{-7}$  (۲)  $12/5 \times 10^{-5}$  (۳)  $12/5 \times 10^{-7}$  (۴)  $6/3 \times 10^{-5}$

**تست:** سیمی به طول L را به صورت پیچه مسطحی به شعاع r در می آوریم و جریانی به شدت I را از آن عبور می دهیم. در این صورت اندازه میدان مغناطیسی در مرکز پیچه برابر با B است. اگر همین سیم را

به صورت پیچه مسطحی به شعاع  $\frac{r}{2}$  در آوریم و جریانی به شدت ۲I از آن عبور دهیم اندازه میدان

مغناطیسی در مرکز پیچه چند B خواهد بود؟

- (۱) ۱ (۲) ۴

- (۳) ۲ (۴) ۸

حل: در هر حالت، تعداد حلقه های پیچه برابر است با:  $N = \frac{L}{2\pi r}$

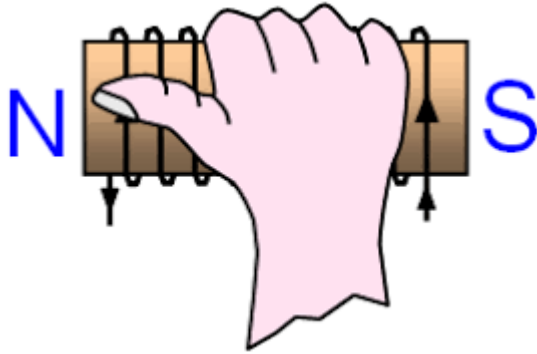
با استفاده از رابطه بزرگی میدان مغناطیسی در داخل یک پیچه، داریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2r} = \frac{\mu_0 \times \frac{L}{2\pi r} \times I}{2r} = \frac{\mu_0 LI}{4\pi r^2}$$

$$\Rightarrow \frac{B_2}{B_1} = \frac{\frac{\mu_0 L 2I}{4\pi (\frac{1}{2}r)^2}}{\frac{\mu_0 LI}{4\pi r^2}} = 8$$

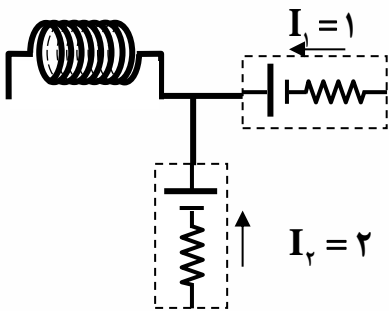
## میدان مغناطیسی سیملوله

در سیملوله ها اندازه میدان مغناطیسی از رابطه  $B = \frac{\mu_0 NI}{L}$  محاسبه میگردد و برای پیدا کردن جهت این میدان، اگر چهار انگشت دست راست را روی سیملوله و در جهت جریان قرار می دهیم، اکنون انگشت شست هم جهت قطب N و هم جهت میدان B را در داخل سیملوله نشان می دهد.



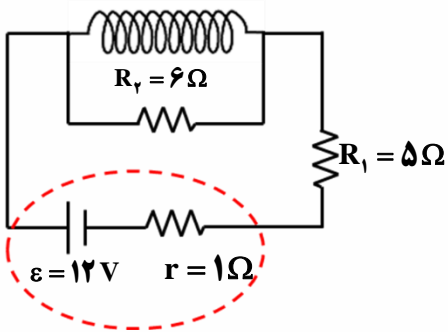
**تست:** در مدار روبرو طول سیملوله ۳۰ سانتیمتر و دارای ۵۰۰ حلقه است. میدان مغناطیسی در داخل سیملوله چند گاوس است؟

- (۱)  $20\pi$       (۲)  $2\pi$       (۳)  $2\pi \times 10^{-2}$       (۴)  $2\pi \times 10^{-3}$



**تست:** در مدار شکل زیر مقاومت سیملوله ناچیز است. اگر طول سیملوله ۱۰cm و تعداد دورهای آن ۵۰۰ باشد، بزرگی میدان مغناطیسی روی محور اصلی آن چند گاوس است؟ ( $\pi=3$ )

- (۱) ۱۲      (۲) ۶  
(۳) ۱۲۰      (۴) ۶۰





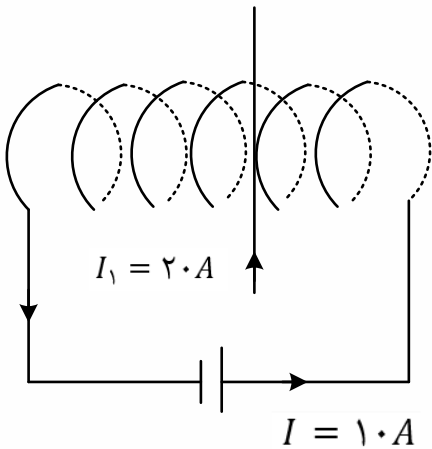
**تست:** در شکل زیر سیم راست از لابه لای حلقه های سیم لوله گذشته و عمود بر محور سیم لوله است و جریان ۲۰ آمپر دارد. اگر تعداد حلقه های سیم لوله در واحد طول ۲۰۰ عدد و شعاع حلقه ها ۵ سانتی متر باشد، بزرگی و جهت نیروی وارد بر سیم راست چند نیوتن و در کدام جهت است؟ ( $\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$ )

(۱)  $4/8 \times 10^{-3}$  نیوتن و عمود بر صفحه به طرف داخل

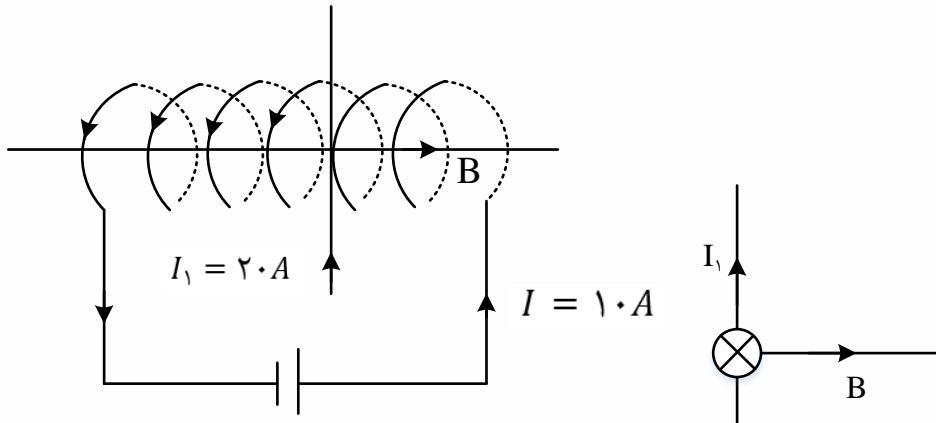
(۲)  $2/4 \times 10^{-3}$  نیوتن و عمود بر صفحه به طرف بیرون

(۳)  $4/8 \times 10^{-3}$  نیوتن و عمود بر صفحه به طرف بیرون

(۴)  $2/4 \times 10^{-3}$  نیوتن و عمود بر صفحه به طرف داخل



گزینه ی ۱ پاسخ صحیح است.



$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = 12 \times 10^{-7} \times 200 \times 10 = 24 \times 10^{-4} T$$

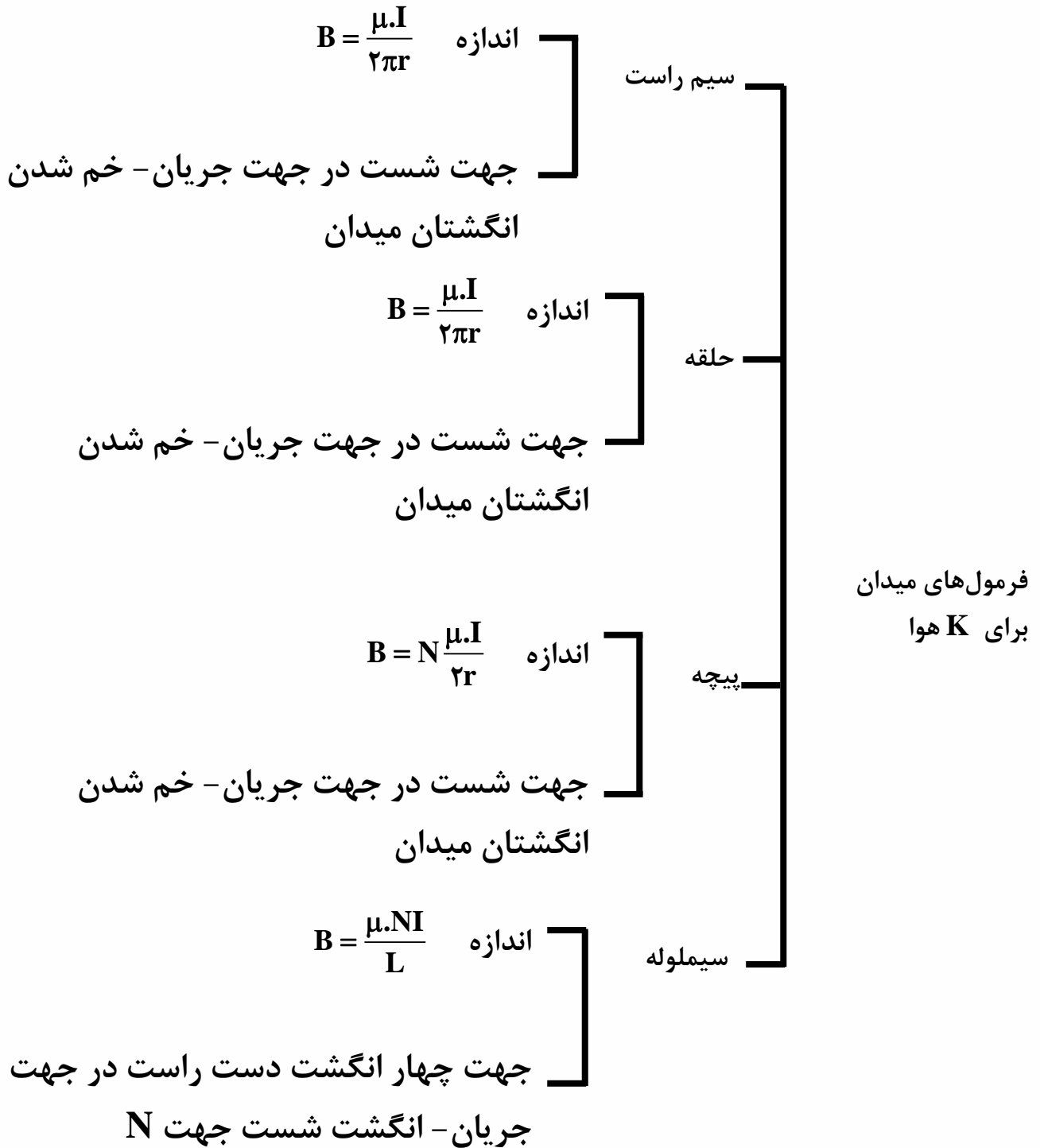
$$L = \text{طول سیم لوله} = \text{قطر سیم لوله} = 2 \times 5 \times 10^{-2} = 10^{-1} m$$

$$F = BIL \sin 90 = 20 \times 0/1 \times 24 \times 10^{-4} = 4/8 \times 10^{-3} N$$

طبق قاعده ی دست راست جهت نیرو عمود بر صفحه به طرف داخل است



## جمع‌بندی فرمول‌ها و دستورات محاسبه میدان مغناطیسی:





## آهنربای الکتریکی

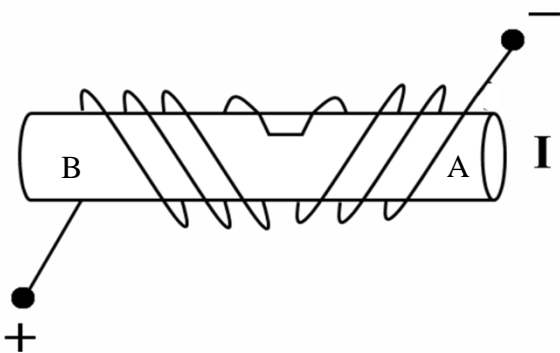
با قرار دادن یک میله آهنی در میدان مغناطیسی می‌توان ویژگی مغناطیسی در آن القا کرد. اگر میله آهنی در یک سیملوله حامل جریان که میدان در آنجا از هر جای دیگر در اطراف سیملوله قوی تر است قرار گیرد، آن را هسته سیملوله می‌نامند. پیش از آنکه جریانی از سیملوله عبور کند، سیملوله و هسته آهنی خاصیت مغناطیسی ندارند. اما وقتی جریانی در سیملوله برقرار شود، میدان مغناطیسی سیملوله خاصیت مغناطیسی در هسته آهنی القا می‌کند و هسته آهنی، آهنربا می‌شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می‌نامند چه تعداد دورهای سیملوله در واحد طول و جریانی که از آن می‌گذرد بیشتر باشد، آهنربای چه تعداد دورهای سیملوله در واحد طول و جریانی که از آن می‌گذرد بیشتر باشد، آهنربای الکتریکی قوی تر خواهد بود. وجود هسته آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می‌شود. میدان مغناطیسی سیملوله بدون هسته آهنی به قدری ضعیف است که در عمل کاربردهای کمی دارد.

برای تشخیص قطب S و N در آهنربای الکتریکی باید ۴ انگشت دست راست را در روی آهنربا و در جهت جریان قرار دهیم. اکنون انگشت شست قطب N را نشان می‌دهد.



**نست:** با توجه به شکل مقابل نقاط A و B به ترتیب از راست به چپ کدام قطب آهنربا هستند؟

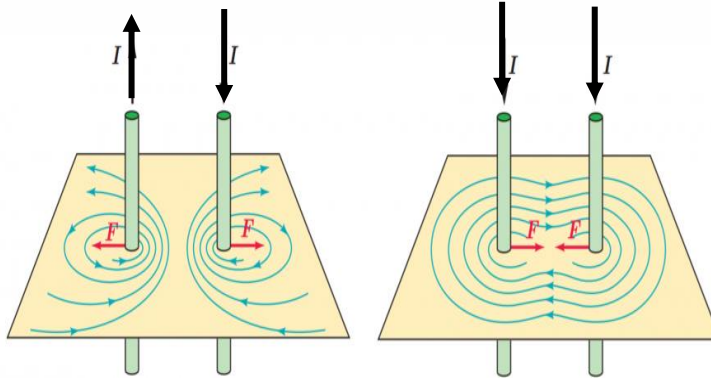
- |         |         |
|---------|---------|
| N-S (۲) | S-N (۱) |
| S-S (۴) | N-N (۳) |





## محاسبه نیرویی که دو سیم حامل جریان برهم وارد می کنند

دو سیم راست و موازی و حامل جریان برهم نیرو وارد میکنند، اگر جریان های دو سیم راست و موازی همجهت باشد نیرویی که دو سیم برهم وارد می کنند از نوع جاذبه است، اگر جریان های دو سیم راست و موازی مختلف الجهد باشد نیرویی که دو سیم برهم وارد می کنند از نوع دافعه است.

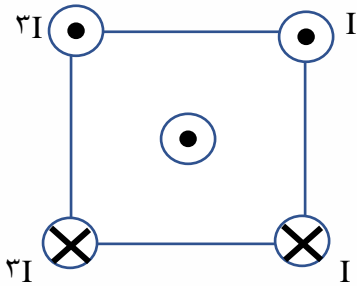


و در هر دو حالت اندازه این نیرو از رابطه روبرو محاسبه می گردد که این فرمول مطالعه آزاد است اما جهت ها را باید یاد بگیرید

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

مطالعه آزاد

**نست:** شکل رو به رو، سیم های بلند و موازی را نشان می دهد که بر صفحه کاغذ عمودند و جریان ها با جهت و اندازه مشخص شده از آنها می گذرد، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیمی که از مرکز مربع می گذرد،



کدام است؟

- |   |     |   |     |
|---|-----|---|-----|
| ↑ | (۲) | ← | (۱) |
| ↓ | (۴) | → | (۳) |



## خواص مغناطیسی مواد

مواد با توجه به ویژگی‌های مغناطیسی‌شان به دسته‌های مختلفی همچون فرومغناطیس، پارامغناطیس، دیامغناطیس، و .... تقسیم می‌شوند که هر یک کاربردهای مخصوص به خود را دارد اینجا در ادامه به تعریف برخی از این اصطلاحات می‌پردازیم

**مواد فرومغناطیس:** موادی هستند که حوزه‌های مغناطیسی همجهت دارد ولی سمت گیری هر حوزه با حوزه دیگر متفاوت است.

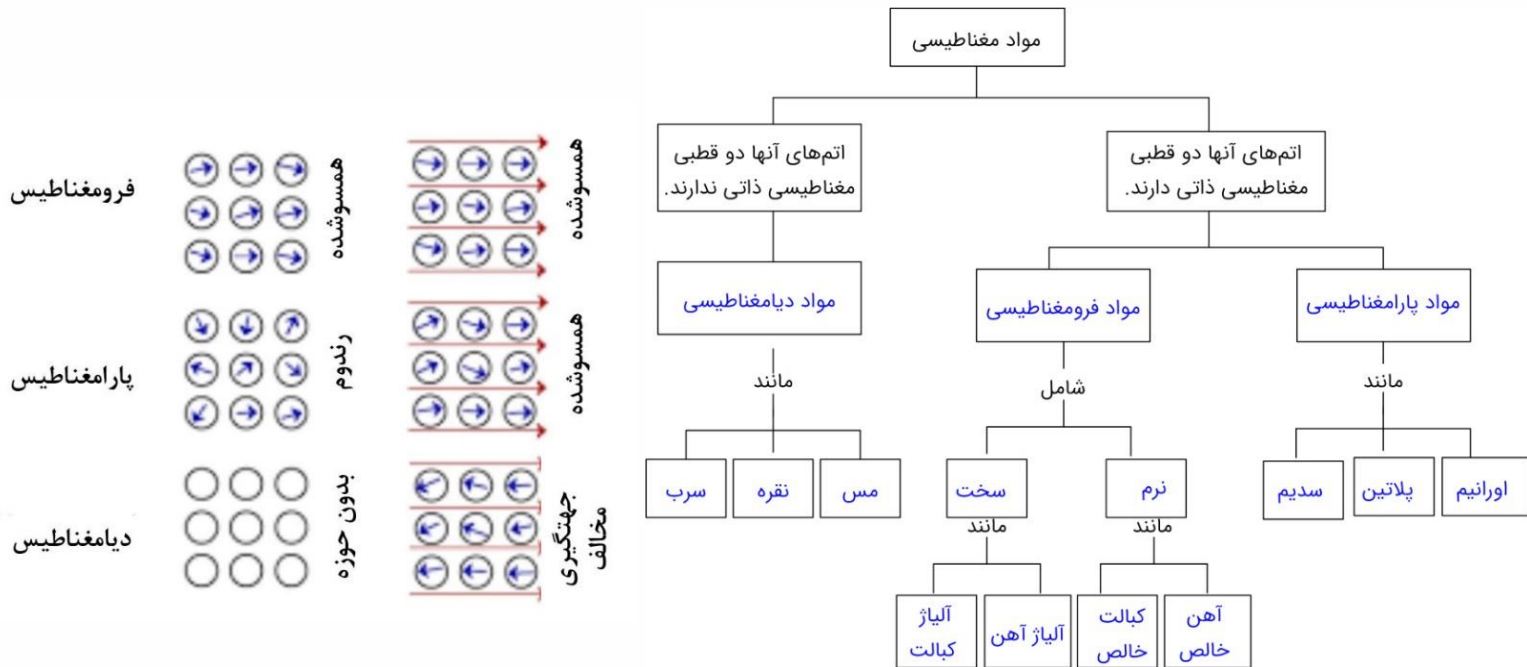
انواع مواد فرو مغناطیس:

**فرو مغناطیس نرم:** این مواد به آسانی آهنربا شده و به آسانی نیز این خاصیت را از دست می‌دهند. ( مثل آهن - نیکل - کبالت خالص و...)

**فرو مغناطیس سخت:** این مواد به سختی آهنربا شده و به سختی نیز این خاصیت را از دست می‌دهند. (مثل فولاد)  
**مواد پارامغناطیس:** در این مواد دوقطبی‌های مغناطیسی بصورت کاتوره‌ای و نامنظم توزیع شده‌اند. و فقط تحت تاثیر میدان‌های بسیار قوی موقتا خاصیت مغناطیسی بدست می‌آورند و به محض حذف میدان قوی آنها خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند.

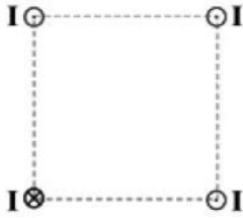
**مواد دیامغناطیس:** این مواد جلوی هر قطب آهنربا قرار گیرد با آن همنام می‌شود و دفع می‌شود. (مانند بیسموت)

## مشاهده مواد فرو، پارا و دیامغناطیس در حضور و عدم حضور میدان مغناطیسی



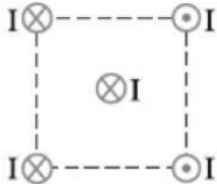
## Home work 2

۱ شکل، چهار سیم حامل جریان مساوی و عمود بر صفحه کاغذ در چهار رأس یک مربع را نشان می‌دهد. جهت میدان مغناطیسی برآیند در مرکز مربع کدام است؟



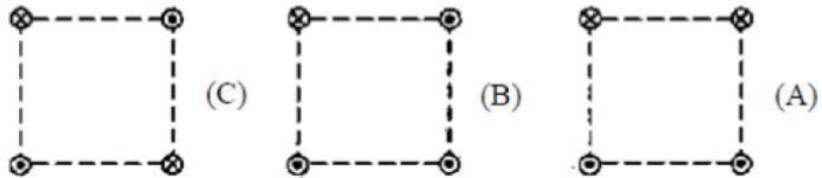
- ۱ ↑    
  ۲ ↓    
  ۳ ↘    
  ۴ ↙

۲ چهار سیم راست و بلند حامل جریان‌های مساوی و در جهتهای نشان داده شده، در رأس‌های یک مربع مطابق شکل زیر قرار دارند. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریانی که از مرکز مربع می‌گذرد، در کدام جهت است؟



- ۱ ←    
  ۲ →    
  ۳ ↓    
  ۴ ↑

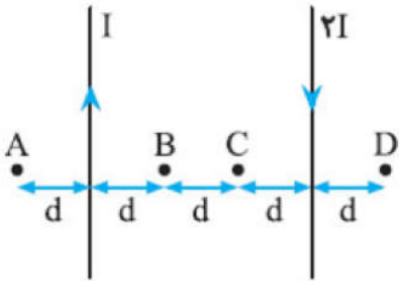
۳ شکل‌های زیر، سه ترکیب را نشان می‌دهند که در آن سیم‌های موازی حامل جریان  $I$ ، در گوشه‌های مربع‌های مشابه قرار گرفته‌اند و سیم‌ها بلند و همگی عمود بر صفحه‌اند. اندازه میدان برآیند در مرکز این سه مربع در کدام گزینه به درستی مقایسه شده است؟



- ۱  $B_A > B_B > B_C$     
  ۲  $B_A = B_B > B_C$     
  ۳  $B_A < B_B < B_C$     
  ۴  $B_A > B_B = B_C$

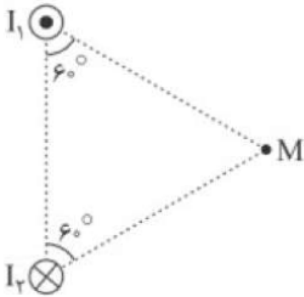


۴ مطابق شکل مقابل، دو سیم موازی و بسیار بلند و نازک حامل جریان در صفحه قرار دارند. در مقایسه بزرگی میدان مغناطیسی نقاط نشان داده شده، کدام رابطه درست است؟



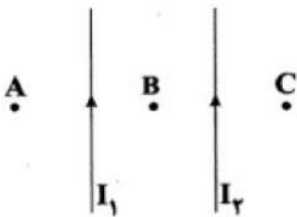
- ۱  $B_B = B_C < B_A = B_D$     
  ۲  $B_C < B_B < B_D < B_A$     
  ۳  $B_B = B_C > B_A = B_D$     
  ۴  $B_C > B_B > B_D > B_A$

۵ در شکل زیر جریان دو سیم با هم برابر است. زاویه بین میدان‌های مغناطیسی ناشی از دو سیم در نقطه‌ی  $M$  چند درجه است؟



- ۱ ۶۰    
  ۲ ۹۰    
  ۳ ۱۲۰    
  ۴ ۱۵۰

۶ در شکل زیر، دو سیم بلند و موازی حامل جریان‌های  $I_1$  و  $I_2$  در یک صفحه قرار دارند. به ترتیب از راست به چپ، در کدام نقطه یا نقاط برآیند میدان‌های مغناطیسی حاصل از دو سیم، می‌تواند صفر باشد و نیروی بین این دو سیم موازی دافعه است یا جاذبه؟



- ۱ A و C - جاذبه    
  ۲ B - جاذبه    
  ۳ A و C - دافعه    
  ۴ B - دافعه

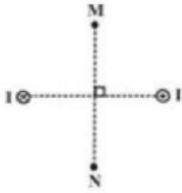
۷ یک بار منفی را مطابق شکل به موازات یک سیم نازک مستقیم طویل حامل جریان پرتاب می‌کنیم. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر آن کدام است؟



- ۱ →    
  ۲ ←    
  ۳ ↑    
  ۴ ↓

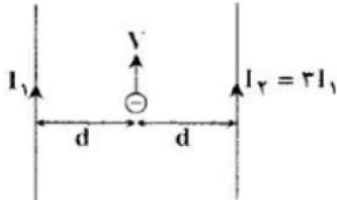


۸) مطابق شکل زیر، دو سیم راست و طویل، عمود بر صفحه‌ی کاغذ و حامل جریان‌های هم‌اندازه و ناهم‌سو هستند. اگر روی عمود منصف خط واصل دو سیم از نقطه‌ی M تا نقطه‌ی N حرکت کنیم، بزرگی برایند میدان‌های مغناطیسی ناشی از جریان سیم‌ها چگونه تغییر می‌کند؟



- ۱) پیوسته افزایش می‌یابد.      ۲) پیوسته کاهش می‌یابد.  
 ۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.      ۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۹) در شکل زیر دو سیم موازی طویل حامل جریان الکتریکی هستند و ذره‌ای با بار منفی مطابق شکل در همان صفحه دو سیم موازی آن‌ها پرتاب می‌شود. جهت برآیند نیروهای وارد بر ذره باردار از طرف دو سیم کدام است؟



- ۱)  $\odot$       ۲)  $\otimes$       ۳)  $\rightarrow$       ۴)  $\leftarrow$

۱۰) از پیچه‌ی مسطحی به شعاع ۱۰ سانتی‌متر که از ۲۵۰ دور سیم نازک درست شده است، جریان ۸ آمپر می‌گذرد. میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چند گاوس است؟  $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A})$

- ۱) ۰/۶      ۲) ۱/۲      ۳) ۶۰      ۴) ۱۲۰

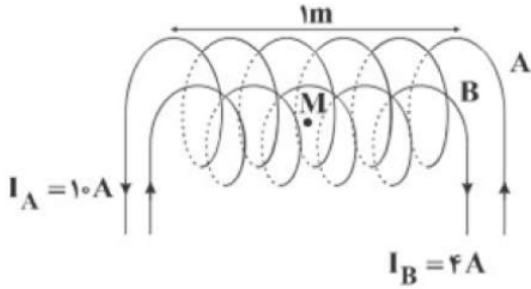
۱۱) از سیمی به طول ۱۵۷m پیچه‌ای به شعاع ۱۰cm می‌سازیم و از آن جریان ۵A عبور می‌دهیم. اندازه‌ی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چند تسلا است؟  $(\pi = 3/14, \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A})$

- ۱)  $8/75 \times 10^{-2}$       ۲)  $7/85 \times 10^{-2}$       ۳)  $5/78 \times 10^{-2}$       ۴)  $5/87 \times 10^{-2}$



۱۲ در شکل زیر، دو سیملوله‌ی آرمانی هم‌محور  $A$  و  $B$  دارای طول برابر هستند. اگر تعداد دور سیملوله‌ی  $A$  برابر با ۲۰۰ و تعداد دور سیملوله‌ی  $B$  برابر ۲۵۰ باشد، بزرگی برابند میدان‌های مغناطیسی دو سیملوله در نقطه‌ی  $M$  روی محور اصلی مشترک سیملوله‌ها چند گاوس و در چه جهتی است؟

$$\left( \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \right)$$



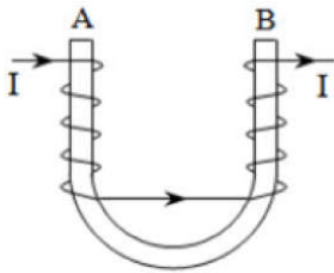
۴  $12\pi$  - راست

۳  $12\pi$  - چپ

۲  $4\pi$  - چپ

۱  $4\pi$  - راست

۱۳ مطابق شکل مقابل، به دور میله آهنی و U شکل، سیم روپوش‌دار پیچیده شده و جریانی از سیم می‌گذرانیم. در این صورت، دو سر  $A$  و  $B$  میله به ترتیب به کدام قطب‌ها تبدیل می‌شوند؟



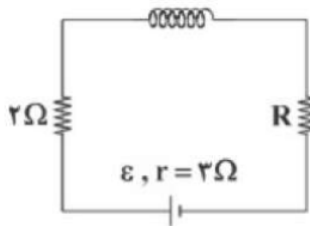
۴ S و S

۳ N و N

۲ N و S

۱ S و N

۱۴ در شکل مقابل، طول سیملوله  $40 \text{ cm}$  و بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملوله و روی محور اصلی آن  $48 \text{ G}$  است. اگر سیملوله دارای ۴۰۰ حلقه و مقاومت الکتریکی حلقه‌ها ناچیز و توان خروجی (مفید) باتری بیشینه باشد، نیروی محرکه‌ی باتری چند ولت است؟  $\left( \mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \right)$



۴ ۳۶

۳ ۲۴

۲ ۱۲

۱ ۶

۱۵ از سیمی به طول  $L$  یک سیملوله به طول  $15 \text{ cm}$  درست می‌کنیم که شعاع هر حلقه‌اش  $0.5 \text{ cm}$  باشد و از آن جریانی به شدت  $3 \text{ A}$  عبور می‌دهیم. بزرگی میدان مغناطیسی روی محور سیملوله، ۴ میلی‌تسلا می‌شود. طول اولیه‌ی سیم چند متر بوده است؟  $\left( \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \right)$  و سیملوله را آرمانی در نظر بگیرید.

۴ ۲۰

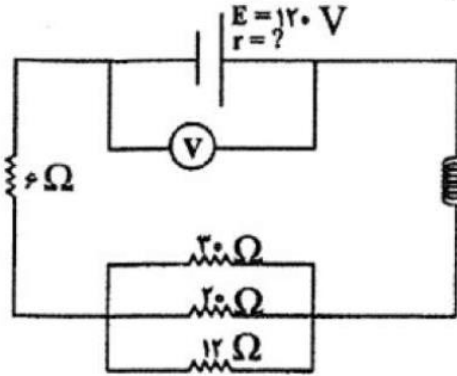
۳ ۱۵

۲ ۱۰

۱ ۵



۱۶ در شکل مقابل اندازه میدان مغناطیسی در سیملوله به طول  $۰/۵$  متر و تعداد حلقه‌های  $۱۰۰۰$  برابر  $۱۹۲$  گوس است. ولت‌سنج ایده‌آل چه عددی را نشان می‌دهد؟  
 $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A})$



۹۶ (۴)

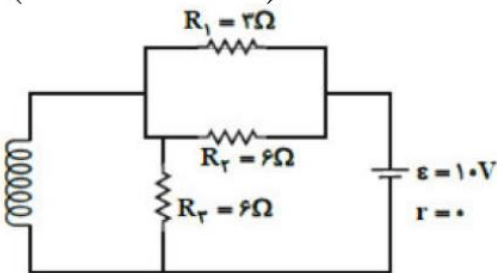
۱۱۶ (۳)

۱۱۲ (۲)

۱۰۸ (۱)

۱۷ مطابق شکل مقابل، سیملوله‌ای آرمانی و بدون مقاومت با  $۱۰۰$  دور در هر متر، داخل مداری قرار دارد. اندازه میدان مغناطیسی یکنواخت درون سیملوله چند گوس است؟

$$\left( \mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \right)$$



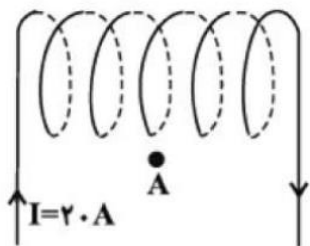
۱۲ (۴)

$12 \times 10^{-4}$  (۳)

$6 \times 10^{-4}$  (۲)

۶ (۱)

۱۸ تعداد دور در واحد طول سیملوله بدون هسته شکل مقابل برابر  $۲۰۰$  حلقه است. اندازه میدان مغناطیسی روی محور اصلی سیملوله چند گوس و جهت‌گیری عقربه مغناطیسی در نقطه A در پایین سیملوله چگونه است؟  
 $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A})$



(۲) و ۱۶ N S

(۱) و ۱۶ S N

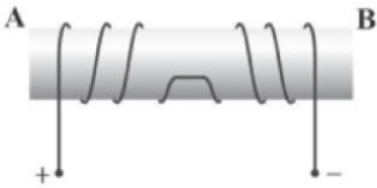
(۴) و ۴۸ N S

(۳) و ۴۸ S N





۱۹) مطابق شکل زیر، دور هسته‌ای فلزی، سیمی پیچیده شده است. به ترتیب از راست به چپ،  $A$  و  $B$  کدام قطب مغناطیسی برای این آهنربای الکتریکی می‌باشند؟

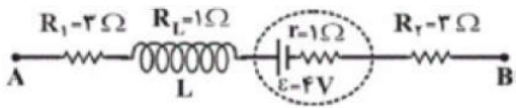


- ۱)  $S - N$     
  ۲)  $S - S$     
  ۳)  $N - S$     
  ۴)  $N - N$

۲۰) سیمی به قطر  $2\text{mm}$  و طول  $2\pi$  برحسب متر را که مقاومت ویژه‌ی آن  $5 \times 10^{-6} \text{m}$  است، به شکل سیملوله درآورده و آن را به یک باتری با نیروی محرکه  $30\text{V}$  و مقاومت درونی ناچیز می‌بندیم. اگر در هر متر از این سیملوله  $1000$  دور سیم بسته باشیم، میدان مغناطیسی در مرکز این سیملوله چند گaus است؟  $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}})$

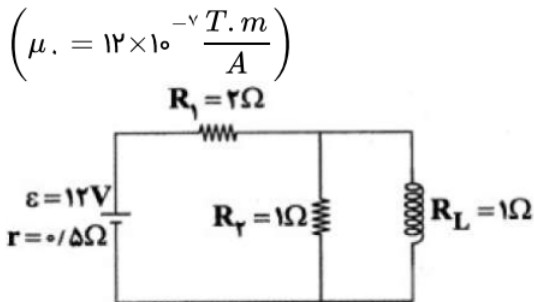
- ۱)  $6\pi$     
  ۲)  $60\pi$     
  ۳)  $120\pi$     
  ۴)  $12\pi$

۲۱) در شکل زیر که قسمتی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد،  $V_A - V_B = 12\text{V}$  است. اگر در هر سانتیمتر از سیملوله،  $5$  حلقه وجود داشته باشد، بزرگی میدان مغناطیسی داخل سیملوله چند گaus است؟  $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}})$



- ۱)  $2$     
  ۲)  $2\pi$     
  ۳)  $2 \times 10^{-4}$     
  ۴)  $2\pi \times 10^{-4}$

۲۲) در مدار شکل زیر، بزرگی میدان مغناطیسی در محور سیملوله به طول  $10\text{cm}$  و با  $20$  دور حلقه، چند گaus است؟  $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}})$

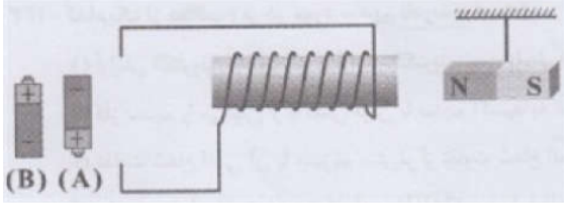


- ۱)  $0.96$     
  ۲)  $0.48$     
  ۳)  $9/6$     
  ۴)  $4/8$



۲۳ در مورد شکل زیر، چند مورد از عبارتهای زیر ندارست است؟

- الف) اگر باتری A در مدار قرار بگیرد، سمت راست سیم‌لوله قطب S شده و سیم‌لوله آهن‌ریا را جذب می‌کند.  
 ب) اگر باتری B در مدار قرار بگیرد، جهت میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله به سمت راست می‌باشد.  
 ج) اگر باتری B در مدار قرار بگیرد، سیم‌لوله آهن‌ریا را دفع می‌کند.



- ۱) صفر      ۲) ۱      ۳) ۲      ۴) ۳

۲۴ خاصیت مغناطیسی مواد ارائه شده در کدام گزینه، شباهت بیشتری با هم دارند؟

- ۱) آهن - نیکل - آلومینیم      ۲) کبالت - مس - نقره      ۳) پلاتین - نقره - کبالت      ۴) اورانیوم - پلاتین - سدیم

۲۵ کدام گزینه ویژگی مشترک مواد پارامغناطیسی و فرومغناطیسی است؟

- ۱) هر دو دارای حوزه‌ی مغناطیسی هستند.  
 ۲) هر دو دارای دو قطبی‌های مغناطیسی هستند.  
 ۳) هر دو تحت تأثیر میدان مغناطیسی خارجی با هر شدت دلخواه، به طور یکسان آهن‌ریا می‌شوند.  
 ۴) هر سه گزینه صحیح هستند.

۲۶ چه تعداد از عبارتهای زیر در مورد مواد مغناطیسی صحیح است؟

- الف) مواد فرومغناطیسی نرم با حذف میدان مغناطیسی خارجی به راحتی خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند.  
 ب) مواد پارامغناطیسی فقط در میدان‌های مغناطیسی خارجی قوی آهن‌ریا می‌شوند.  
 ج) مواد فرومغناطیسی سخت با حذف میدان مغناطیسی خارجی به سختی خاصیت آهن‌ریایی خود را از دست می‌دهند.  
 د) در مواد دیامغناطیسی به طور ذاتی دو قطبی مغناطیسی وجود ندارد.

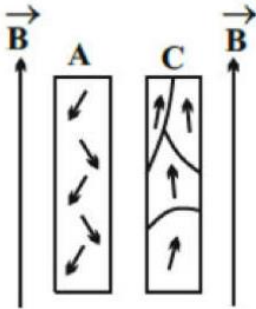
- ۱) ۳      ۲) ۱      ۳) ۲      ۴) ۴

۲۷ در کدام گزینه تمام موارد نام برده‌شده پارامغناطیسی هستند؟

- ۱) مس، نقره و بیسموت      ۲) اکسیژن، سدیم و سرب  
 ۳) اورانیوم، پلاتین و آلومینیم      ۴) کبالت، نیکل و آهن

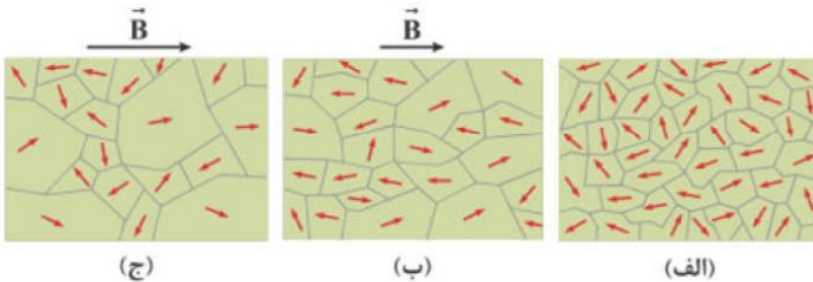


۲۸ در شکل مقابل و در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی یک‌نواخت، نحوه‌ی قرار گرفتن دو قطبی‌های مغناطیسی دو ماده‌ی A و C نشان داده شده است. با توجه به نحوه‌ی قرارگیری دو قطبی‌ها، ماده‌ی A، ..... و ماده‌ی C ..... است.



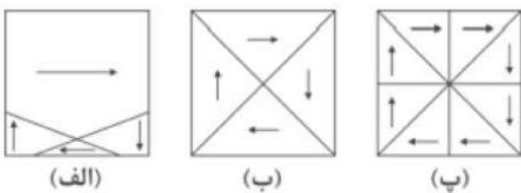
- ۱ فرومغناطیسی - فرومغناطیسی یا پارامغناطیسی  
 ۲ دیامغناطیسی - فرومغناطیسی  
 ۳ دیامغناطیسی - پارامغناطیسی یا فرومغناطیسی  
 ۴ پارامغناطیسی - دیامغناطیسی

۲۹ شکل‌های (الف)، (ب) و (ج) وضعیت قرارگیری دو قطبی‌های مغناطیسی در یک ماده را به ترتیب در شرایط عدم وجود میدان مغناطیسی خارجی، بلافاصله پس از ایجاد میدان مغناطیسی خارجی ضعیف و بلافاصله پس از ایجاد میدان مغناطیسی خارجی قوی نشان می‌دهد. کدام یک از عبارتهای زیر در مورد آن صحیح است؟  
 الف) این ماده می‌تواند کبالت خالص باشد.  
 ب) از این ماده می‌توان در ساخت آهنربای موقت استفاده کرد.  
 ج) این ماده می‌تواند فولاد باشد.



- ۱ فقط «الف»  
 ۲ فقط «ج»  
 ۳ «الف» و «ب»  
 ۴ «ب» و «ج»

۳۰ شکل‌های (الف)، (ب) و (پ) یک ماده‌ی فرومغناطیسی نرم را در سه وضعیت نشان می‌دهند. در کدام شکل، این ماده در میدان مغناطیسی خارجی قوی قرار دارد؟



- ۱ (الف)  
 ۲ (ب)  
 ۳ (پ)  
 ۴ نمی‌توان تعیین کرد.



## القای الکترومغناطیسی

شار مغناطیسی یعنی چه؟

شار یا فلو به مجموعه ی خطوط میدان مغناطیسی که از یک سطح بسته می گذرد گفته می شود.

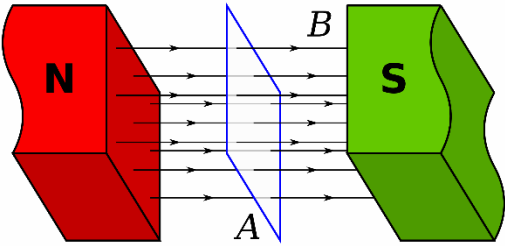
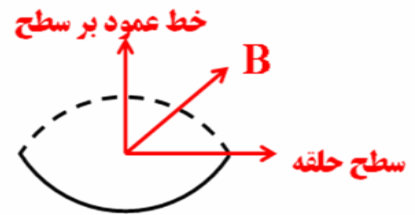
واحد آن در SI وبر (Wb) و واحد آن در CGS آن ماکسول است

نکته ۱: وبر  $10^{-8}$  = یک ماکسول

نکته ۲: CGS سرواژه Centimetre-Gram-Second (سانتیمتر-گرم-ثانیه) یکی از دستگاه‌های اندازه گیری است

شار از فرمول زیر محاسبه می گردد

$$\phi = AB \cos \alpha$$



**تست:** قاب مستطیل شکلی به ابعاد ۱۰ در ۴۰ سانتیمتر در میدان مغناطیسی یکنواخت ۰/۲ تسلائی قرار دارد

و خط‌های میدان با خط عمود بر سطح زاویه ۳۰ درجه میسازد. شار عبوری از آن چند وبر است؟

- (۱)  $4 \times 10^{-1}$     (۲)  $4 \times 10^{-3}$     (۳)  $4\sqrt{3} \times 10^{-1}$     (۴)  $4\sqrt{3} \times 10^{-3}$

**تست:** قاب مستطیل شکلی به ابعاد ۱۰ در ۴۰ سانتیمتر در میدان مغناطیسی یکنواخت ۰/۲ تسلائی قرار دارد

و خط‌های میدان با سطح قاب زاویه ۳۰ درجه میسازد. شار عبوری از آن چند وبر است؟

- (۱)  $4 \times 10^{-1}$     (۲)  $4 \times 10^{-3}$     (۳)  $4\sqrt{3} \times 10^{-1}$     (۴)  $4\sqrt{3} \times 10^{-3}$

**تست:** سیملوله ای به طول ۲۰ سانتی‌متر دارای ۱۰۰ حلقه است. حلقه‌ها به دور یک میله عایق به شعاع مقطع

۲ سانتیمتر به صورت منظم پیچیده شده‌اند. وقتی جریان ۰/۵ آمپری از سیملوله می گذرد، شار مغناطیسی

گذرنده از هر مقطع عمود بر میله، چند وبر است؟  $\pi^2 = 10$

- (۱)  $8 \times 10^{-7}$     (۲)  $12 \times 10^{-5}$

- (۳)  $4 \times 10^{-7}$     (۴)  $24 \times 10^{-7}$

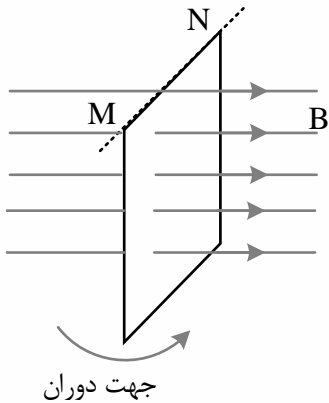


**تست:** اگر بردار میدان مغناطیسی یکنواختی در SI به صورت  $\vec{B} = 0/3\vec{i} + 0/4\vec{j}$  باشد و حلقه ای به مساحت  $200 \text{ cm}^2$  که سطح آن موازی محور  $x$  و عمود بر محور  $y$  است، در این میدان قرار داشته باشد، بزرگی میدان مغناطیسی در آن محیط و شار مغناطیسی عبوری از حلقه در SI از راست به چپ کدام اند؟

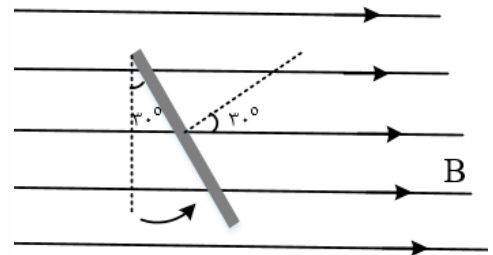
- (1) صفر، صفر (2)  $6 \times 10^{-3}, 0/5$  (3)  $8 \times 10^{-3}, 0/7$  (4)  $8 \times 10^{-3}, 0/5$

**تست:** سطح حلقه رسانایی عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد. اگر صفحه را حول ضلع MN به اندازه  $30^\circ$  بچرخانیم، شار مغناطیسی عبوری از سطح چند برابر می شود؟

- (1)  $\frac{1}{2}$  (2)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  (3) 2 (4)  $\frac{2\sqrt{3}}{3}$



گزینه 2 پاسخ صحیح است.



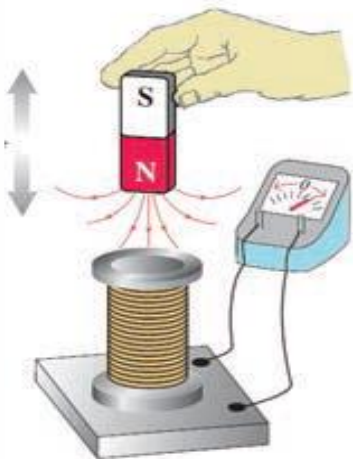
ابتدا عمود است و زاویه صفر ولی اگر سطح حلقه را  $30^\circ$  حول ضلع MN دوران دهیم، زاویه بین نیم خط عمود بر سطح

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{AB \cos 30}{AB \cos 0} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

حلقه و خطوط میدان نیز  $30^\circ$  می شود.

### القای الکترومغناطیسی

القای الکترومغناطیسی، اساس تولید انرژی الکتریکی در همه نیروگاه‌های برق است که جریان متناوب را تولید، منتقل و توزیع می‌کنند فارادی کشف کرد با حرکت آهنربا نسبت به پیچه، یک جریان الکتریکی در مدار القا می‌شود. این پدیده را القای الکترومغناطیسی و جریان تولید شده را جریان الکتریکی القایی می‌نامند. القای الکترومغناطیسی اساس کار مولد جریان متناوب، دینام، مبدل‌ها و بسیاری از وسیله‌های الکتریکی است. دور یا نزدیک شدن آهنربا به پیچه باعث تغییر میدان مغناطیسی در محل پیچه می‌شود و همین امر جریان الکتریکی را در پیچه القا می‌کند. پس می‌توان چنین نتیجه گرفت که تغییر اندازه میدان مغناطیسی در محل یک مدار بسته باعث القای جریان الکتریکی در آن مدار می‌شود آزمایش نشان می‌دهد که علاوه بر روش گفته شده، به روش‌های دیگر نیز می‌توان در یک پیچه جریان الکتریکی القا کرد اگر شکل پیچه را تغییر دهیم تا مساحت حلقه آن تغییر کند، خواهیم دید که در هنگام این کار نیز جریان الکتریکی در پیچه القا می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که: تغییر مساحت مدار بسته در میدان مغناطیسی نیز می‌تواند جریان القایی در مدار تولید کند. با چرخاندن پیچه در میدان مغناطیسی یکنواخت اندازه میدان مغناطیسی و مساحت حلقه مدار تغییر نمی‌کند، ولی زاویه بین میدان مغناطیسی و سطح پیچه تغییر می‌کند. از این می‌توان نتیجه گرفت که: تغییر زاویه بین پیچه و راستای میدان مغناطیسی نیز سبب برقراری جریان الکتریکی القایی می‌شود.



$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

نیروی محرکه القایی متوسط:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt}$$

نیروی محرکه القایی لحظه‌ای:

(مطالعه آزاد)

خلاصه قانون القای فارادی: هرگاه شار عبوری از دوسر مدار بسته‌ای تغییر کند نیروی محرکه‌ای (برق!) در آن بوجود می‌آید که از روابط بالا محاسبه می‌شود



تمرین : پیچه‌ای شامل ۱۰ حلقه است. معادله شار عبوری از آن بصورت  $\Phi = t^3 + 5t + 10$  است:

الف: نیروی محرکه القایی در ۲ ثانیه اول؟

ب: نیروی محرکه القایی در ثانیه دوم؟

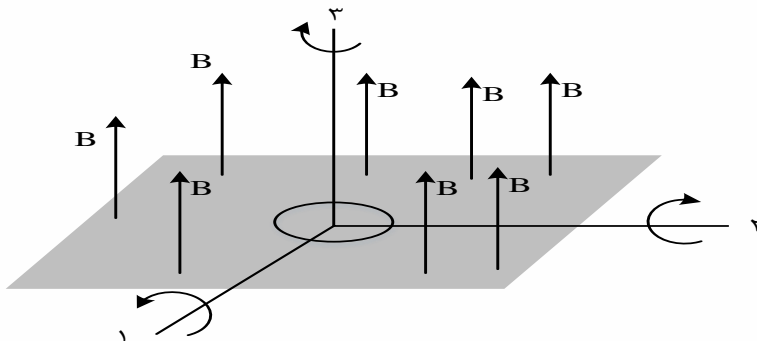
ج: نیروی محرکه القایی در لحظه  $t=2$ ؟

**تست:** پیچه ای دارای ۵۰ حلقه است و شار مغناطیسی  $0.4$  وبر از آن می گذرد. این شار مغناطیسی به طور منظم کاهش پیدا کرده و در مدت  $\Delta t$  به صفر می رسد. اگر مقاومت الکتریکی این مدار ۵ اهم باشد، چند کولن الکتریسیته القایی در این مدت در مدار شارش پیدا می کند؟

- |         |          |
|---------|----------|
| ۰/۴ (۲) | ۰/۰۲ (۱) |
| ۴ (۴)   | ۲ (۳)    |

**تست:** حلقه ای فلزی درون میدان مغناطیسی یکنواختی مطابق شکل قرار دارد. حلقه را  $180^\circ$  درجه حول هر کدام از محورهای نشان داده شده می چرخانیم، در کدام مورد یا موارد، پدیده القای الکترومغناطیسی رخ می دهد؟ (تست آزمون سنجش)

- |           |               |               |                    |
|-----------|---------------|---------------|--------------------|
| (۱) فقط ۳ | (۲) فقط ۱ و ۲ | (۳) همه موارد | (۴) هیچیک از موارد |
|-----------|---------------|---------------|--------------------|





## بسط قانون فارادی

ما میتوانیم فرمول فارادی را باز کنیم و سه فرمول زیر را از آن استخراج نماییم

### بسط قانون فارادی :

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \begin{cases} \varepsilon = \frac{N \Delta A B \cos \alpha}{\Delta t} \\ \varepsilon = -\frac{N A \Delta B \cos \alpha}{\Delta t} \\ \varepsilon = -\frac{N A B (\cos \alpha_f - \cos \alpha_i)}{\Delta t} \end{cases}$$

**تست:** حلقه‌ای به مساحت ۵۰۰ سانتیمتر مربع عمود بر میدان مغناطیسی ۰/۰۲ تسلائی است. اگر در مدت زمان

۰/۰۱ ثانیه میدان مغناطیسی به صفر برسد اندازه نیروی محرکه القایی متوسط چند ولت می‌شود؟

- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)      ۳۰

**تست:** حلقه‌ای به مساحت ۰/۲ مترمربع عمود بر میدان مغناطیسی ۰/۵ تسلائی است. اگر در مدت ۰/۱ ثانیه به

وضعی درآید که خطوط میدان با سطح حلقه زاویه ۳۰ بسازند بزرگی نیروی محرکه القایی چند ولت می‌شود؟

- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)      ۰/۱

**تست:** حلقه‌ای به مساحت ۰/۵ متر مربع عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. که با آهنگ ۲۰ واحد SI تغییر

می‌کند. اگر مقاومت این حلقه ۴۰ اهم باشد اندازه شدت جریان القایی چند آمپر می‌شود و پس از

$128 \times 10^{-20}$  ثانیه چه تعداد الکترون القا می‌گردد؟

- ۱ (۱) - ۰/۲۵      ۲ (۲) - ۴۰۰      ۳ (۳) - ۰/۲۵      ۴ (۴) - ۰/۲۵      ۸





**تست:** حلقه ای به شعاع ۲ سانتی متر، عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار دارد. این حلقه از سیمی مسی شعاع مقطع ۲mm و مقاومت  $1/7 \times 10^{-8} \Omega m$  ویژه تشکیل شده است. میدان مغناطیسی با چه آهنگی در SI تغییر کند تا جریانی برابر 0/2 آمپر در حلقه القا شود؟

- (۱) ۰/۰۲۸  
(۲) ۰/۲۸  
(۳) ۰/۰۸۲  
(۴) ۰/۸۲

$$L = 2\pi r = 2 \times (\pi) 2 = 12 \text{ cm} = 0/2$$

$$A = \pi r^2 \xrightarrow{r=2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}} A = \pi \times (2 \times 10^{-3})^2 = 12 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

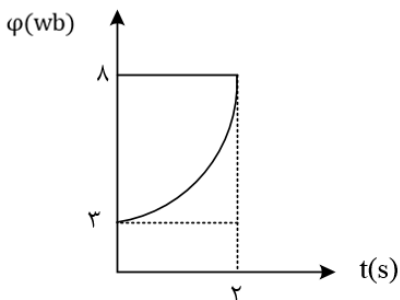
$$R = \rho \frac{L}{A} = \frac{1/7 \times 10^{-8} \times 12 \times 10^{-2}}{12 \times 10^{-6}} = 1/7 \times 10^{-4} \Omega$$

$$\varepsilon = RI = 1/7 \times 10^{-4} \times 0/2 = 34 \times 10^{-6} \text{ V}$$

$$\bar{\varepsilon} = -NA \frac{\Delta B \cos \phi}{\Delta t} \xrightarrow{A = \pi r^2 = \pi \times (2 \times 10^{-3})^2 = 12 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$34 \times 10^{-6} = -12 \times 10^{-6} \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = \frac{34 \times 10^{-6}}{12 \times 10^{-6}} = 2/8 \times 10^{-2} = 0/28 \frac{\text{T}}{\text{s}}$$

**تست:** نمودار شار - زمان که از یک مدار بسته شامل یک حلقه می گذرد، به صورت سهمی زیر است. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در ثانیه دوم چند ولت است؟



- (۱) ۴/۵  
(۲) ۱۲  
(۳) ۷/۵  
(۴) ۳/۷۵

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ابتدا معادله سهمی را به دست می آوریم:

$$\varphi = At^2 + Bt + C$$

چون در  $t = 0$  شیب خط مماس صفر است،  $B = 0$  خواهد شد.

$$t = 1 \rightarrow \varphi_1 = \frac{17}{4} \text{ (wb)} \rightarrow \varepsilon = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \rightarrow \varepsilon = \frac{15}{2-1} = -\frac{15}{4} \text{ V} = -3/75 \text{ (V)}$$

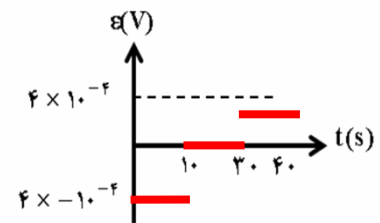
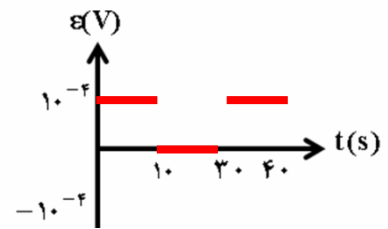
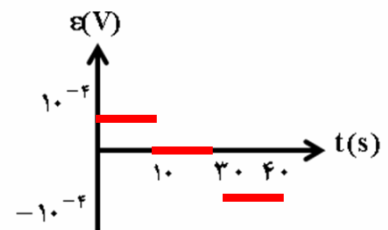
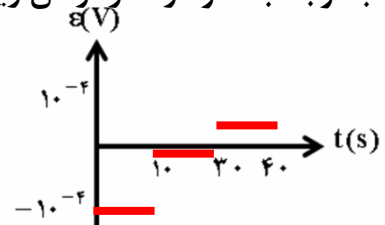
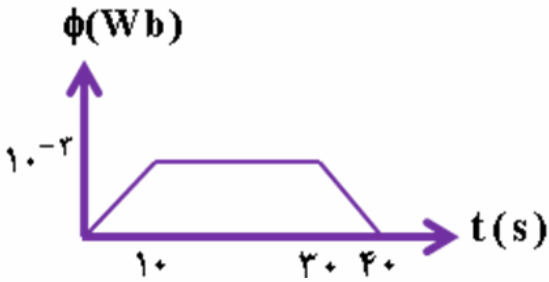
$$t = 2 \rightarrow \varphi_2 = 8 \text{ (wb)}$$



## رسم نمودار $\epsilon - t$ از روی نمودار $\phi - t$

برای رسم نمودار  $\epsilon - t$  از روی نمودار  $\phi - t$  کافیست فرمول القای فارادی را برای هر مرحله بنویسیم. البته از روی شیب و حذف گزینه هم ممکن است برخی از سوالات را بتوانیم بررسی نماییم.

**تست:** با توجه به نمودار شار-زمان زیر نمودار نیرو محرکه بر حسب زمان کدامست؟ ( $N=1$ )





## قانون لنز

پس از آنکه فارادی روش ایجاد جریان مغناطیسی را کشف کرد یک دانشمند روسی به نام لنز قاعده‌ای برای تعیین جهت جریان در یک مدار بسته بدست آورد.

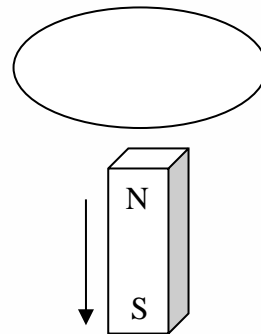
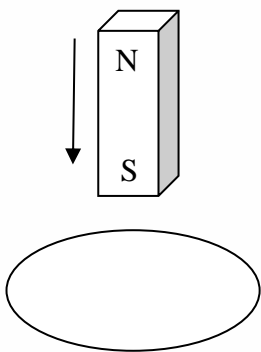
بنا بر قانون لنز جهت جریان القایی به گونه ای است که با عامل بوجود آورنده خود مخالفت می‌کند.  
دستور عمل قانون لنز (روش اصلی)

قدم اول:  $B$  اصلی را رسم کنید.

قدم دوم:

- اگر  $B$  اصلی افزایش یابد مخالف  $B'$  مخالف  $B$  اصلی می‌شود. ←
- اگر  $B$  اصلی کاهش یابد  $B'$  هم‌جهت  $B$  اصلی می‌شود. ←

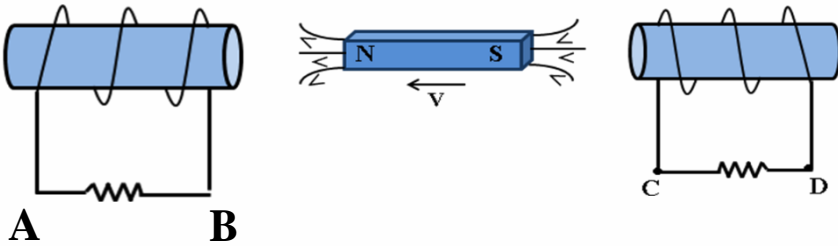
تمرین: یک آهنربای میله‌ای را از ارتفاع معینی رها می‌کنیم. و در مسیر از داخل حلقه ای رسانا عبور می‌کند. جهت جریان القایی هنگام ورود و هنگام خروج آهنربا چگونه می‌شود؟



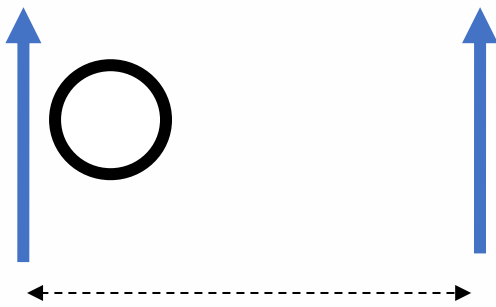


**تست:** در شکل زیر سیملوله‌ها ثابت اند آهنربا به سمت چپ در حرکت است. جهت جریان القایی در مقاومت‌ها کدام است؟

- (۱) از A به B و از C به D  
 (۲) از B به A و از D به C  
 (۳) از A به B و از D به C  
 (۴) از B به A و از C به D



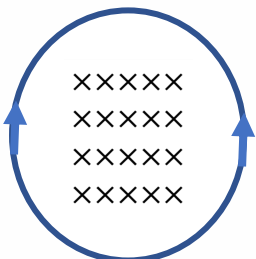
**تست:** دو سیم طویل و موازی حامل جریانهای مساوی I هستند اگر حلقه را مطابق شکل از چپ به راست و به نزدیکی سیم دیگر حرکت دهیم، جهت جریان القایی در هر حلقه چگونه است؟



- (۱) ساعتگرد-ساعتگرد  
 (۲) ساعتگرد-پاد ساعتگرد  
 (۳) پاد ساعتگرد- ساعتگرد  
 (۴) پاد ساعتگرد- پاد ساعتگرد

**تست:** در شکل مقابل حلقه‌ای در میدان درونسوی B- قرار دارد، اگر میدان به B+ تبدیل شود، جهت جریان القایی کدامست؟

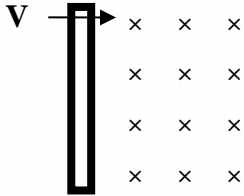
- (۱) ابتدا ساعتگرد سپس پادساعتگرد  
 (۲) ابتدا پادساعتگرد سپس ساعتگرد  
 (۳) همواره ساعتگرد  
 (۴) همواره پادساعتگرد





## حرکت میله با سرعت $v$ در میدان $B$

هرگاه میله‌ای به طول  $L$  با سرعت  $v$  وارد یک میدان مغناطیسی به شدت  $B$  گردد نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌گردد که از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.



$$\epsilon = -B v L \sin \alpha$$

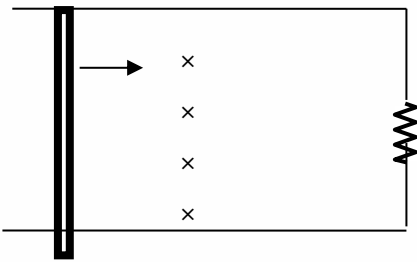
**تذکر:** آلفا زاویه‌ی بین  $B$  و  $v$  است.

**تذکر:** منظور از  $L$  ضلعی از قاب است که بر راستای حرکت عمود است. قانون دست راست برای پیدا کردن جهت جریان در شکل بالا:

**تمرین:** در شکل مقابل اگر مقاومت  $0/4$  اهم و میدان درون سوی آن  $0/5$  تسلا و سرعت حرکت میله  $10$  متر بر ثانیه به سمت راست باشد و طول میله  $20$  سانتیمتر باشد:

الف: اندازه جریان القایی

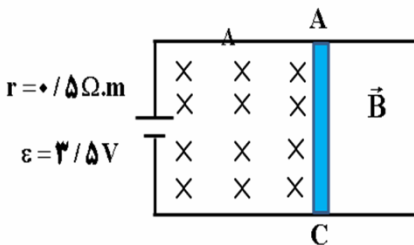
ب: جهت جریان ساعتگرد است یا پاد ساعتگرد؟



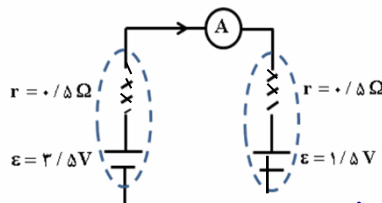
**تست:** در شکل زیر، طول میله رسانای  $AC$  برابر با  $60\text{cm}$  و مقاومت الکتریکی آن برابر با  $0/5$  اهم است.

اگر بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت درون سو برابر  $5000\text{G}$  باشد و میله  $AC$  را با سرعت ثابت  $5$  به سمت راست حرکت دهیم، آمپرسنج ایده آل چند میلی آمپر را نشان می‌دهد؟

- ۲ (۱)    ۲۰۰۰ (۲)    ۵ (۳)    ۰/۰۰۲ (۴)



حل: میله متحرک را همانند یک باطری در نظر می‌گیریم:

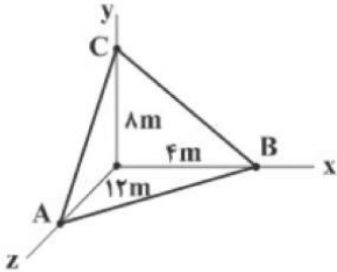


$$\epsilon' = B l v = 5000 \times 10^{-4} \times 60 \times 10^{-2} \times 5 = 1/5 \text{V}$$

$$I = \frac{\epsilon - \epsilon'}{R_T + \Sigma r} = \frac{3/5 - 1/5}{0/5 + 0/5} = 2 \text{A} = 2000 \text{mA}$$

### Home work 3

۱ در شکل مقابل، صفحه‌ی  $ABC$  در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $4\text{T}$  که در امتداد محور  $x$  ها است، قرار دارد. شار مغناطیسی گذرنده از سطح  $ABC$  چند وبر است؟



۹۶ (۴)

۱۹۲ (۳)

۴۸ (۲)

۶۴ (۱)

۲ معادله‌ی شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه‌ی رسانا برحسب زمان در SI به صورت  $\Phi = (-t^2 + 4t - 4) \times 10^{-3}$  است. بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در این حلقه در بازه‌ی زمانی داده‌شده در کدام گزینه بزرگ‌تر از سایر گزینه‌ها است؟

$t_2 = 4\text{s}$  تا  $t_1 = 2\text{s}$  (۲)

$t_2 = 5/5\text{s}$  تا  $t_1 = 1/5\text{s}$  (۱)

$t_2 = 5\text{s}$  تا  $t_1 = 4\text{s}$  (۴)

$t_2 = 5\text{s}$  تا  $t_1 = 3\text{s}$  (۳)

۳ سطح حلقه‌ای رسانا به مساحت  $200\text{cm}^2$  که دارای مقاومت  $2\Omega$  است با خطوط میدان مغناطیسی، زاویه‌ی  $30^\circ$  می‌سازد. اگر در مدت‌زمان  $9\text{s}$  اندازه‌ی میدان مغناطیسی از  $0.8\text{T}$  به  $0.4\text{T}$  تسلا در خلاف جهت اولیه تغییر کند، مقدار بار شارش‌شده در حلقه، چند میلی‌کولن می‌شود؟

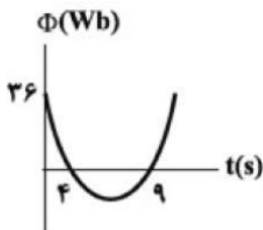
۱۲ (۴)

۱/۲ (۳)

۶ (۲)

۰/۶ (۱)

۴ نمودار شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان مطابق سهمی شکل مقابل است. بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در ثانیه سوم چند ولت است؟



۳۰ (۴)

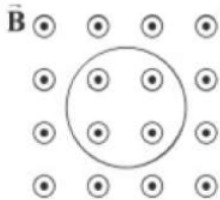
۱۴ (۳)

۸ (۲)

۱۰ (۱)

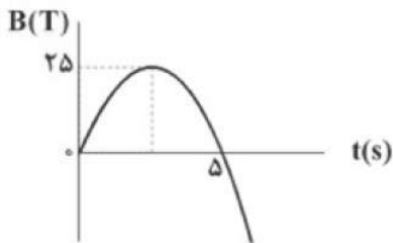


۵) مطابق شکل زیر، سطح حلقه‌ای رسانا به مساحت  $50 \text{ cm}^2$  و مقاومت الکتریکی  $10 \Omega$  بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت برون‌سوی  $\vec{B}$  عمود است. اگر بزرگی میدان مغناطیسی بدون تغییر جهت در مدت‌زمان  $0.01 \text{ s}$  از  $1 \text{ T}$  به  $3/5 \text{ T}$  برسد، اندازه‌ی جریان القایی متوسط در حلقه چند میلی‌آمپر و در چه جهتی است؟



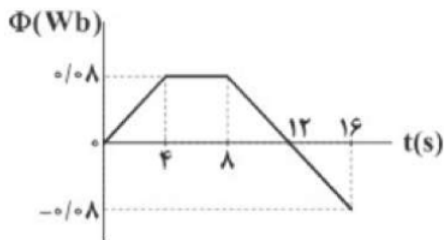
- ۱)  $12/5$  - ساعتگرد      ۲)  $12/5$  - پادساعتگرد      ۳)  $125$  - ساعتگرد      ۴)  $125$  - پادساعتگرد

۶) نمودار تغییرات یک میدان مغناطیسی برحسب زمان که خط‌های آن بر سطح یک قاب مستطیلی‌شکل به مساحت  $400 \text{ cm}^2$  عمود است. مطابق شکل زیر است. اگر مقاومت این قاب  $10$  اهم باشد، توان الکتریکی مصرفی آن در بازه‌ی زمانی  $t_1 = 1 \text{ s}$  تا  $t_2 = 2 \text{ s}$  تقریباً چند وات است؟



- ۱)  $0.032$       ۲)  $0.01$       ۳)  $8$       ۴)  $0.32$

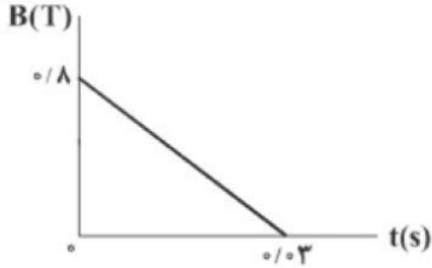
۷) نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه‌ی رسانا برحسب زمان، مطابق شکل است. بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در حلقه در بازه‌ی زمانی  $t_1 = 8 \text{ s}$  تا  $t_2 = 16 \text{ s}$  چند میلی‌ولت است؟



- ۱)  $0.02$       ۲)  $10$       ۳)  $20$       ۴)  $0.01$



۸ سیمی با مقاومت الکتریکی  $0/2$  اهم و طول  $2/4$  متر به شکل پیچهای مربعی شکل به ضلع  $20\text{ cm}$  درآورده شده است. سطح این پیچه عمود بر خطوط میدان مغناطیسی است که شدت آن برحسب زمان، مطابق نمودار زیر تغییر می‌کند. اندازه‌ی جریان القایی متوسط در این پیچه در بازه‌ی زمانی  $t_1 = 0$  تا  $t_2 = 0/01\text{ S}$  چند آمپر است؟



$\frac{40}{3}$  (۴)

$\frac{80}{3}$  (۳)

۱۶ (۲)

۳۲ (۱)

۹ مساحت یک حلقه‌ی مسی،  $400$  سانتی‌متر مربع و مقاومت الکتریکی آن  $0/5$  اهم است. این حلقه در یک میدان مغناطیسی به صورتی قرار گرفته است که سطح حلقه با خطوط میدان، زاویه‌ی  $30^\circ$  درجه می‌سازد. اگر در مدت‌زمان  $0/1$  ثانیه، بزرگی میدان مغناطیسی، بدون تغییر جهت از  $1/2\text{ T}$  به  $0/6\text{ T}$  کاهش یابد، جریان القایی متوسط در حلقه در این مدت‌زمان چند آمپر است؟

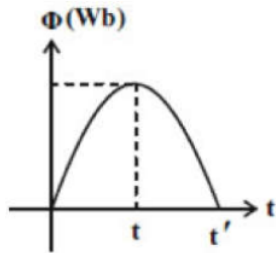
$0/12$  (۴)

$1/2$  (۳)

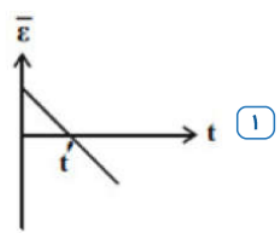
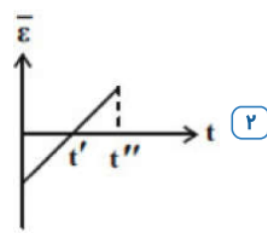
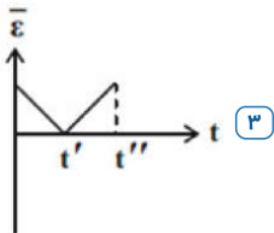
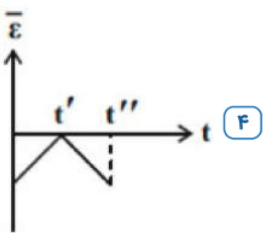
$2/4$  (۲)

$0/24$  (۱)

۱۰ نمودار شار - زمان عبوری از یک پیچه مسطح مطابق سهمی نشان داده شده زیر است. نمودار نیروی محرکه القایی



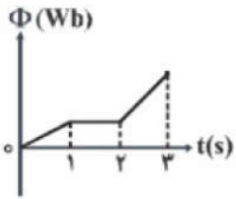
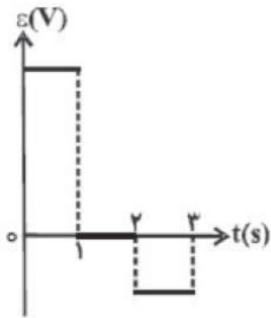
برحسب زمان در کدام گزینه صحیح رسم شده است؟



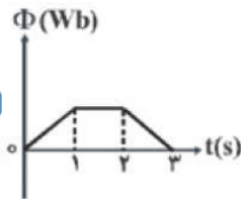




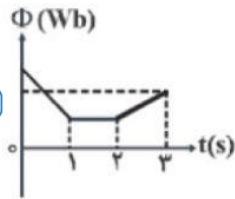
۱۱) نمودار تغییرات نیروی محرکه القایی در یک حلقه بر حسب زمان، به صورت شکل مقابل است. کدام یک از گزینه‌های زیر، می‌تواند نمودار تغییرات شار مغناطیسی گذرنده از این حلقه بر حسب زمان باشد؟



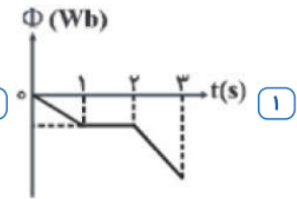
۴



۳

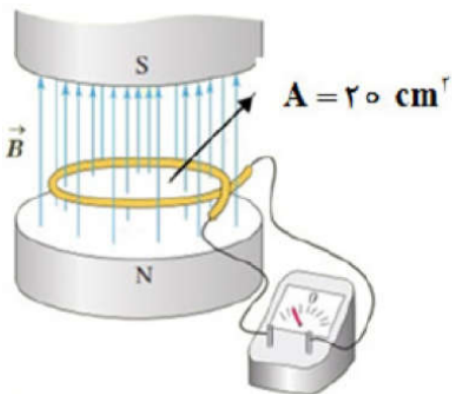


۲



۱

۱۲) میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهنربای الکتریکی شکل مقابل که بر سطح حلقه عمود است، با زمان تغییر می‌کند و در مدت  $0.2\text{ s}$  از  $0.4\text{ T}$  رو به بالا، به  $0.1\text{ T}$  رو به پایین می‌رسد. اگر مقاومت حلقه  $10\ \Omega$  باشد، جریان القایی متوسط در حلقه چند میلی‌آمپر خواهد بود؟



۳ ۴

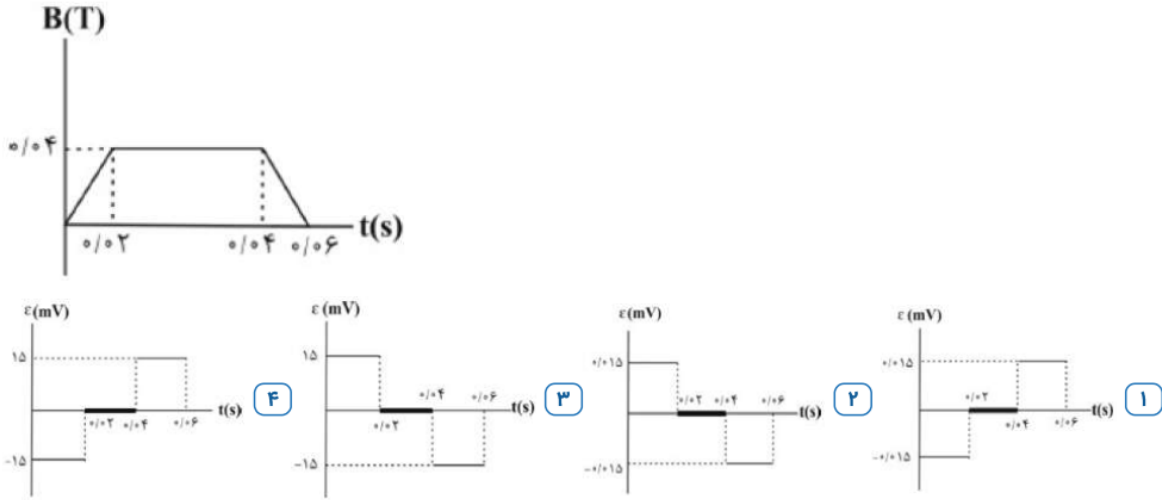
۵ ۳

۰/۳ ۲

۰/۵ ۱



۱۳ نمودار اندازه‌ی میدان مغناطیسی گذرنده از حلقه‌ای به شعاع ۵ cm که سطح آن عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی قرار دارد، برحسب زمان به صورت شکل مقابل است. نمودار نیروی محرکه‌ی القا شده در این حلقه برحسب زمان کدام است؟ ( $\pi = 3$ )

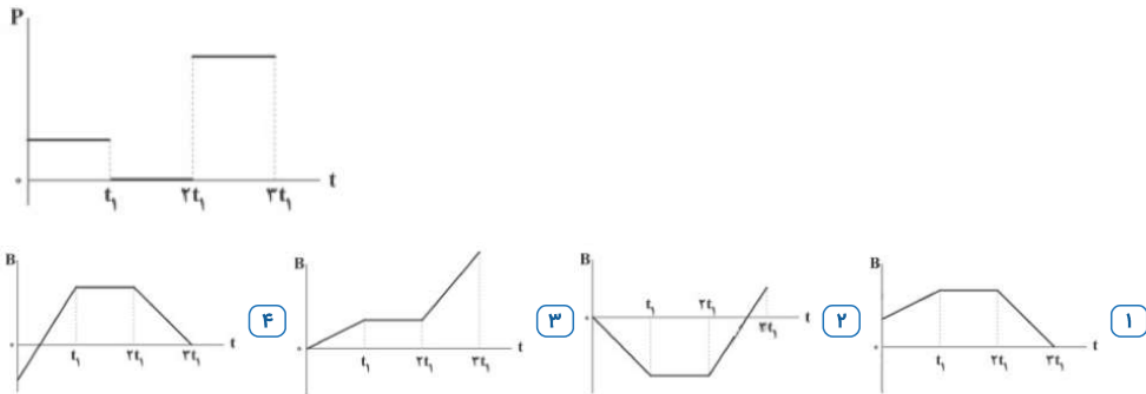


۱۴ معادله‌ی شار مغناطیسی گذرنده از سطح یک حلقه در SI به صورت  $\Phi = 0.05 \cos(40\pi t)$  است. به ترتیب از راست به چپ، دومین بار در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه مقدار جریان به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد و در هر دقیقه چند بار جهت جریان عوض می‌شود؟

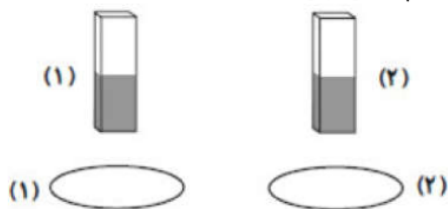
- ۱  $1200$  و  $\frac{1}{6}$       ۲  $1200$  و  $\frac{3}{80}$       ۳  $2400$  و  $\frac{1}{6}$       ۴  $2400$  و  $\frac{3}{80}$



۱۵) حلقه‌ای رسانا عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد که شدت آن میدان با گذشت زمان تغییر می‌کند. اگر نمودار آهنگ تولید انرژی گرمایی برحسب زمان در این حلقه مطابق شکل باشد، نمودار تغییرات میدان مغناطیسی برحسب زمان به کدام صورت نمی‌تواند باشد؟



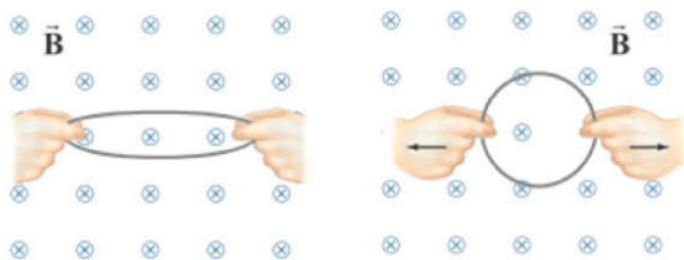
۱۶) دو آهنربا مطابق شکل، در امتداد محور دو حلقه آهنی قرار دارند و از یک ارتفاع رها می‌شود. حلقه ۱ در دمای معمولی و دیگری در دمای بسیار بالا است. در مورد تندی برخورد به زمین برای آهنرباها چه می‌توان گفت؟



۱) هر دو آهنربا با یک سرعت به زمین می‌رسند. ۲) آهنربای ۱ با تندی بیشتری به زمین می‌رسد.

۳) تندی آهنربای ۲ هنگام رسیدن به زمین بیشتر است. ۴) نمی‌توان اظهار نظر دقیقی کرد.

۱۷) مطابق شکل، یک حلقه‌ی رسانای دایره‌ای شکل به شعاع  $10\text{cm}$  که عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B}$  به بزرگی  $0.02\text{T}$  قرار دارد را از دو طرف می‌کشیم تا مساحت آن در مدت زمان  $0.1\text{s}$  به اندازه‌ی ۲۰ درصد تغییر کند. نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در این حلقه چند ولت است و جهت جریان القایی در آن چگونه است؟



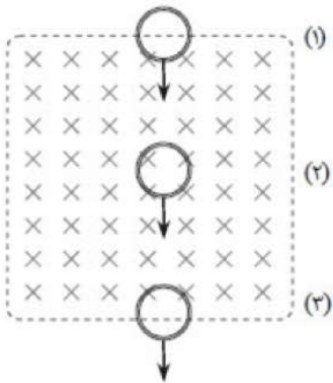
۱)  $0.004$  - ساعتگرد ۲)  $0.004$  - پادساعتگرد ۳)  $0.004\pi$  - ساعتگرد ۴)  $0.004\pi$  - پادساعتگرد



۱۸ پیچهی مسطحی با ۱۰۰ حلقه و مقاومت الکتریکی ۵ اهم، دارای مساحت ۲۰ سانتی‌متر مربع بوده و سطح آن، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت است. میدان مغناطیسی با آهنک چند گاوس بر ثانیه تغییر کند تا جریان دو میلی‌آمپر در پیچه القا شود؟

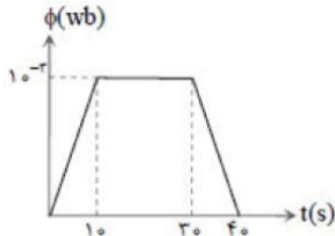
- ۱) ۲۰      ۲)  $\frac{1}{20}$       ۳) ۵۰۰      ۴)  $5 \times 10^5$

۱۹ یک حلقه‌ی مسی با سرعت ثابت از موقعیت ۱ تا موقعیت ۳ از یک میدان مغناطیسی یکنواخت مطابق شکل زیر عبور می‌کند. اگر جریان القاء شده در حلقه در موقعیت ۱ تا ۳ به ترتیب  $I_1$ ،  $I_2$  و  $I_3$  باشد، کدام‌یک از موارد زیر درست است؟



- ۱)  $I_2$  و  $I_3 = 0$  ساعت‌گرد      ۲)  $I_1$  و  $I_2 = 0$  ساعت‌گرد  
 ۳)  $I_1$  ساعت‌گرد و  $I_3$  پادساعت‌گرد      ۴)  $I_1$  ساعت‌گرد و  $I_3$  پادساعت‌گرد

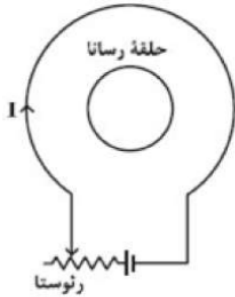
۲۰ تغییرات شار مغناطیسی که از یک حلقه می‌گذرد برحسب زمان در نمودار رسم شده است. نمودار نیروی محرکه‌ی القایی کدام می‌تواند باشد؟



- ۱)      ۲)      ۳)      ۴)

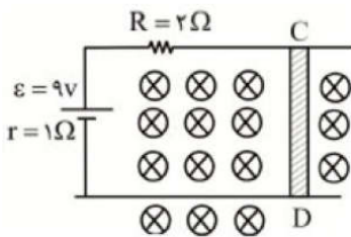


۲۱ در مدار نشان داده شده در شکل زیر، وقتی لغزنده‌ی رئوستا را به طرف چپ حرکت دهیم، بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز حلقه‌ی رسانا در  $0.3/0$  ثانیه از  $40G$  به  $22G$  می‌رسد. اگر شعاع حلقه‌ی رسانا  $20$  سانتی‌متر باشد، بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط چند میلی‌ولت و جهت جریان القایی ناشی از آن چگونه است؟ ( $\pi = 3$ )



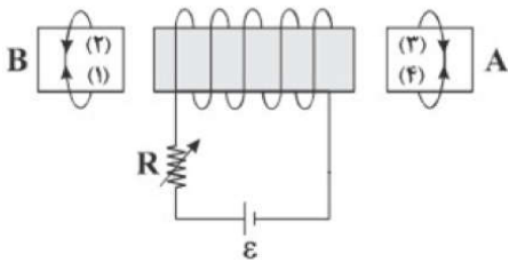
- ۱ ۷۲، ساعتگرد  
 ۲  $7/2$ ، ساعتگرد  
 ۳ ۳۶، پادساعتگرد  
 ۴  $3/6$ ، پادساعتگرد

۲۲ در شکل زیر میله رسانای CD به طول  $10$  cm در میدان مغناطیسی یک‌نواخت  $B$  به بزرگی  $5T$  که عمود بر صفحه کاغذ است، با چه سرعتی برحسب متر بر ثانیه و در چه جهتی حرکت کند، تا در مدار جریان  $4A$  ایجاد شود؟



- ۱ ا، راست  
 ۲ ا، چپ  
 ۳ ۱۰، راست  
 ۴ ۱۰، چپ

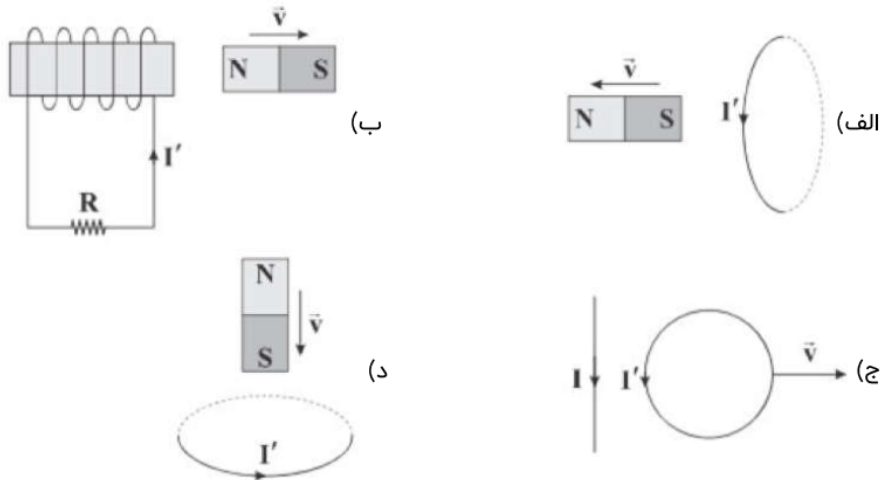
۲۳ در شکل، اندازه‌ی مقاومت  $R$  را به تدریج افزایش می‌دهیم. در هنگام افزایش مقاومت الکتریکی، جریان‌های القایی در حلقه‌های A و B به ترتیب از راست به چپ در کدام جهت خواهند بود؟



- ۱ ۲ و ۳  
 ۲ ۱ و ۳  
 ۳ ۱ و ۴  
 ۴ ۲ و ۴

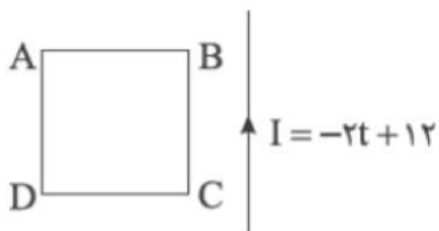


۲۴ در چند مورد، جهت جریان القایی در حلقه و سیمولوها درست رسم شده است؟



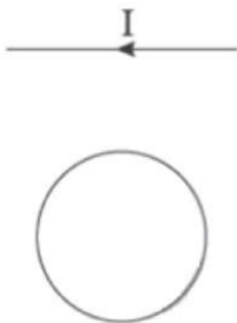
- ۱ (۳)      ۲ (۴)      ۳ (۱)      ۴ (۲)

۲۵ مطابق شکل، حلقه‌ی رسانای ABCD، مجاور سیم راست حامل جریان متغیر و بلند که معادله‌ی آن در SI به صورت  $I = -2t + 12$  است، قرار دارد و سیم و حلقه در یک صفحه‌اند. در لحظه‌ی  $t = 0$  جریان در سیم راست به سمت بالا است. در بازه‌ی  $2s$  تا  $8s$  جهت جریان القایی در حلقه کدام است؟



- ۱ ابتدا ساعتگرد و سپس پادساعتگرد      ۲ ابتدا پادساعتگرد و سپس ساعتگرد  
۳ همواره ساعتگرد      ۴ همواره پادساعتگرد

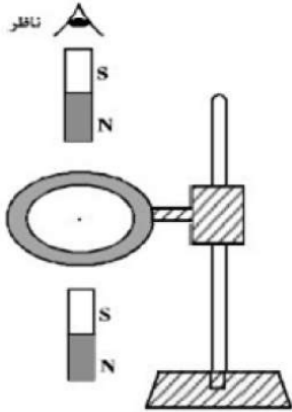
۲۶ مطابق شکل زیر، یک حلقه‌ی رسانا در مجاورت یک سیم حامل جریان در صفحه‌ی کاغذ قرار گرفته است، با ایجاد کدام تغییرات جهت جریان القایی در حلقه ساعتگرد خواهد بود؟



- ۱ دور کردن حلقه از سیم با کاهش جریان سیم      ۲ نزدیک کردن حلقه به سیم یا کاهش جریان سیم  
۳ دور کردن حلقه از سیم یا افزایش جریان سیم      ۴ نزدیک کردن حلقه به سیم یا افزایش جریان سیم

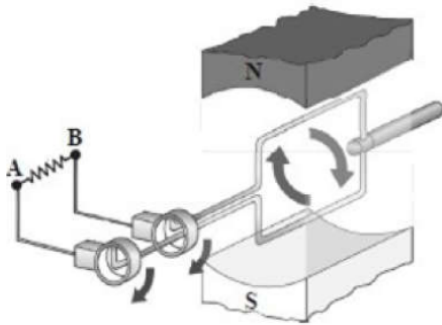


۲۷ یک حلقه‌ی مسی به صورت افقی، توسط گیره‌ای عایق به یک میله‌ی قائم بسته شده است. اگر یک آهن‌ربا را مطابق شکل زیر از بالای حلقه رها کنیم، جهت جریان القاء شده در حلقه‌ی مسی قبل از ورود به حلقه و پس از عبور از آن از دید ناظری که از بالا نگاه می‌کند، کدام است؟



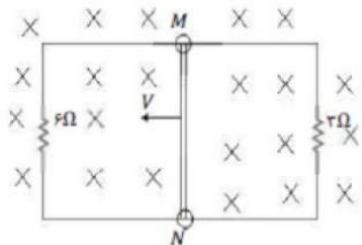
- ۱ ساعت‌گرد - ساعت‌گرد  
 ۲ ساعت‌گرد - پادساعت‌گرد  
 ۳ پادساعت‌گرد - ساعت‌گرد  
 ۴ پادساعت‌گرد - پادساعت‌گرد

۲۸ مطابق شکل، یک حلقه‌ی مربعی بین قطب‌های  $N$  و  $S$  قرار دارد و حلقه در جهت نشان‌داده شده  $180^\circ$  دوران می‌کند. کدام گزینه جهت جریان عبوری از مقاومت را به درستی بیان می‌کند؟



- ۱ از  $A$  به  $B$   
 ۲ از  $B$  به  $A$   
 ۳ ابتدا از  $A$  به  $B$  و سپس از  $B$  به  $A$   
 ۴ ابتدا از  $B$  به  $A$  و سپس از  $A$  به  $B$

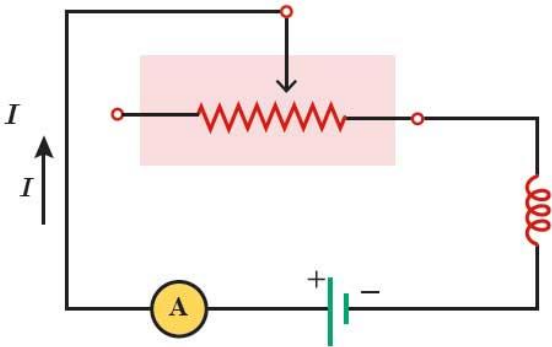
۲۹ مطابق شکل، میله‌ی رسانای لغزنده‌ی  $MN$  به طول  $1/5\text{m}$  با سرعت  $v = 4 \frac{m}{s}$  درون میدان مغناطیسی یکنواخت درونسوی  $3/5$  تسلائی در حال حرکت است. اندازه و جهت جریان القایی در میله‌ی  $MN$  کدام است؟ (میدان مغناطیسی کاملاً عمود بر صفحه‌ی شکل است و مقاومت الکتریکی سیم‌های رابط و میله‌ی  $MN$  صفر است)



- ۱ از  $M$  به  $N$ ،  $2/5\text{ A}$   
 ۲ از  $N$  به  $M$ ،  $2/5\text{ A}$   
 ۳ از  $N$  به  $M$ ،  $7/5\text{ A}$   
 ۴ از  $M$  به  $N$ ،  $7/5\text{ A}$

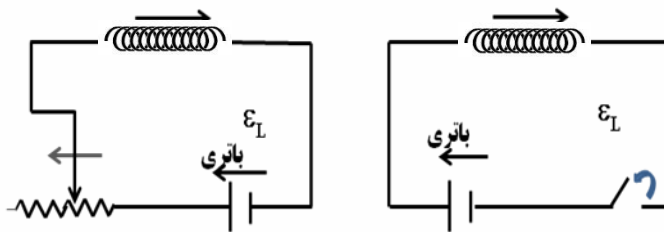
### پدیده خودالقایی

اگر در مدار یک سیملوله قرار داشته باشد و جریان گذرنده از مدار تغییر کند در دوسر سیملوله نیروی محرکه‌ای توسط خود سیملوله القا می‌شود که بر روی جریان مدار اثر میگذارد. این پدیده را خودالقایی می‌نامیم. مثلاً در مدار شکل روبرو، بنابه قانون لنز جهت نیروی محرکه خودالقایی چنان است که می‌خواهد مانع تغییر شار مغناطیسی‌ای شود که مولد ایجاد می‌کند.

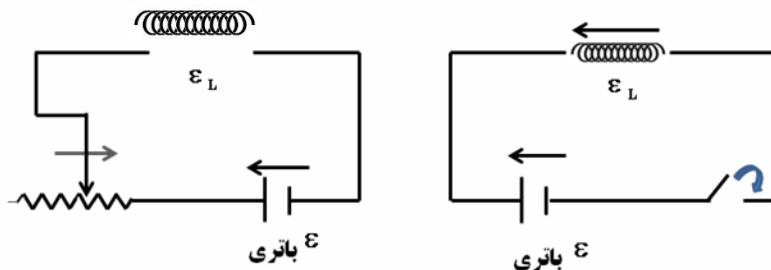


برای مثال، اگر مقاومت رئوستا کاهش یابد، جریان و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری از القاگر می‌خواهد افزایش یابد. در نتیجه نیروی محرکه خودالقایی در جهتی ایجاد می‌شود که با افزایش شار مخالفت می‌کند. به عبارت دیگر در این حالت نیروی محرکه خودالقایی معادل نیروی محرکه باتری‌ای عمل می‌کند که در جهت مخالف مولد در مدار قرار گرفته باشد.

### پدیده خود القایی



لحظه قطع کلید یا افزایش مقاومت (کاهش شدت جریان)



لحظه وصل کلید یا کاهش مقاومت (افزایش شدت جریان)





### انرژی سیملوله

انرژی ذخیره شده در سیملوله از رابطه زیر محاسبه میگردد

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

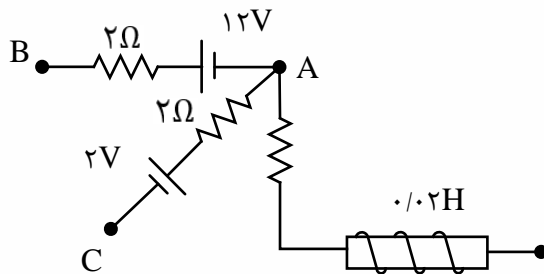
در فرمول بالا  $L$  ضریب خودالقاوری (هائری) است. در سوالات رشته تجربی طراحان آنرا به ما میدهند! ولی در رشته ریاضی ممکن است ندهند و باید خودمان آنرا از رابطه زیر محاسبه کنیم:  
(فقط دانش آموزان رشته ریاضی فرمول زیر را حفظ نمایند و  $L$  را به تجربی ها حاضر و آماده میدهند!)

$$L = \frac{K\mu \cdot N^2 \cdot A}{l}$$

**تعریف هائری:** یک هائری ضریب خودالقایی القاگری است که اگر جریان عبوری از آن با آهنگ یک آمپر بر ثانیه  $A/s$  تغییر کند، نیروی محرکه خودالقایی برابر یک ولت در آن القا می شود.

**تست:** شکل مقابل قسمتی از یک مدار الکتریکی است. اگر  $V_B - V_A = 20V$  و  $V_C - V_A = -6V$  باشد، انرژی ذخیره شده در سیم لوله چند ژول است؟

- (۱) ۰/۰۳      (۲) ۰/۰۴      (۳) ۰/۰۸      (۴) ۰/۰۶



گزینه ی ۲ پاسخ صحیح است. جهت  $I_1$  از نقطه ی B به سمت نقطه ی A است و داریم:

$$V_B - 2I_1 - 12 = V_A \rightarrow 2I_1 + 12 = 20 \rightarrow I_1 = 4A$$

جهت ما را از نقطه ی A به سمت نقطه ی C فرض می شود و داریم:

$$V_C = 2 + 2I_2 = V_A \rightarrow 2 + 2I_2 = 6 \rightarrow I_2 = 2A$$

$$A \text{ کره ی } I_1 - I_2 - I_3 = 0 \rightarrow I_3 = 4 - 2 = 2A \rightarrow U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \times 0/02 \times 2^2 = 0/04J$$



**تست:** سیملوله‌ای دارای هسته مغناطیسی ۴۰۰ و تعداد دورهای ۲۰۰ و سطح مقطع ۴ سانتیمتر مربع و طول ۶۲/۸ سانتیمتر است. اگر جریان عبوری از آن ۵ آمپر باشد انرژی ذخیره شده در آن چند ژول می‌شود؟

- (۱) ۰/۱۶ (۲) ۱/۶ (۳) ۱۶ (۴) ۱۶۰

**تست:** با سیم روکش داری به طول یک متر و قطر مقطع ۱mm ، سیملوله ای بدون هسته ساخته ایم که مساحت هر حلقه آن  $\pi \times 10^{-6} \text{ m}^2$  می‌باشد و حلقه‌ها در یک لایه کنار هم پیچیده شده‌اند. ضریب القاوری

این سیملوله چند هانری است؟  $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}})$

(۱)  $5\pi \times 10^{-6}$  (۲)  $2\pi \times 10^{-6}$

(۳)  $5\pi \times 10^{-3}$  (۴)  $2\pi \times 10^{-3}$

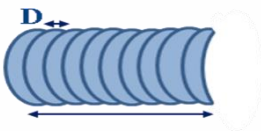
حل: در ابتدا تعداد حلقه‌های سیملوله را محاسبه می‌کنیم:

$$A = \pi R^2 \Rightarrow \pi \times 10^{-6} = \pi \times R^2 \Rightarrow R = 10^{-3} \text{ m}$$

$$= 2\pi R = 2\pi \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$N = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط یک حلقه}} = \frac{1}{2\pi \times 10^{-3}} \Rightarrow N = \frac{50}{\pi}$$

حال برای تعیین طول سیملوله ای با N حلقه سیم روکش دار به قطر D داریم:



$$l = ND = \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} \text{ m}$$

اکنون برای تعیین ضریب خود القایی داریم:

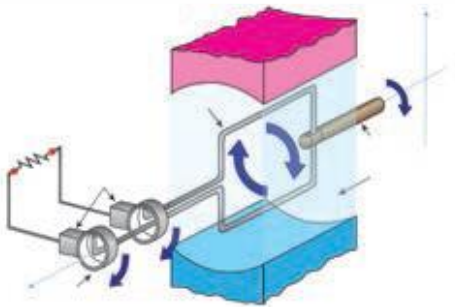
$$L = \frac{k\mu_0 N^2 A}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times (\frac{50}{\pi})^2 \times \pi \times 10^{-6}}{\frac{50}{\pi} \times 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow L = 2\pi \times 10^{-9} \text{ H}$$



### شدت جریان متناوب

یکی از کاربردهای مهم القای الکترومغناطیسی، تولید جریان متناوب است. دیدیم که برای تولید نیروی محرکه القایی باید شار عبوری از مدار تغییر کند، و شار مغناطیسی که از یک پیچه می گذرد از رابطه  $\Phi = AB \cos \alpha$  محاسبه می شود که در آن  $\alpha$  زاویه بین نیم خط عمود بر سطح پیچه و میدان مغناطیسی است ساده ترین راه برای تغییر شار، تغییر زاویه  $\alpha$  است. به همین دلیل متداول ترین روش تولید جریان القایی، تغییر زاویه  $\alpha$  است شکل زیر پیچه ای را نشان می دهد که می تواند در میدان مغناطیسی یکنواخت دور محور X بچرخد حرکت مکانیکی از طریق میل گردان، سبب چرخیدن پیچه در میدان مغناطیسی می شود و جریان متناوبی را در مدار به وجود می آورد.



چند تعریف مقدماتی و پیش نیاز:

دوره تناوب: به زمان یک دور کامل می گوئیم T

بسامد: تعداد دورهای زده شده در واحد زمان f

بسامد زاویه ای:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = 2\pi f$$

اگر شار مغناطیسی که  $\Phi = AB \cos \alpha$  در لحظه t از پیچه عبور می کند برابر است با:

$$\alpha = \omega t \quad \Phi = AB \cos \omega t$$

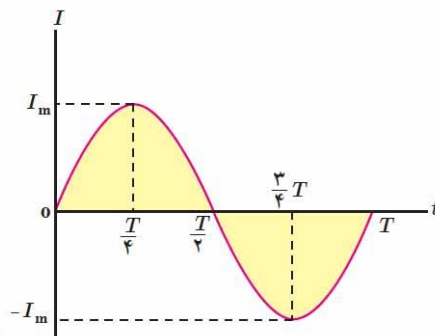
نیروی محرکه القا شده در پیچه با توجه به قانون فارادی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = NAB\omega \sin \omega t \rightarrow \varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t$$

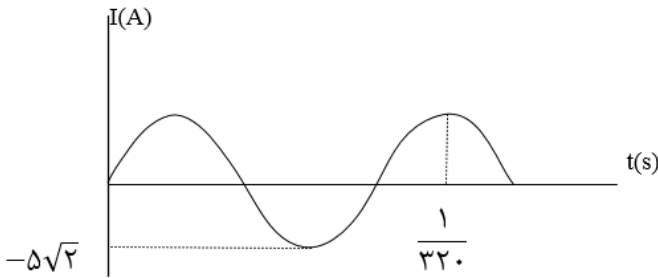
همچنین با تقسیم رابطه بالا بر مقاومت R معادله شدت جریان به دست می آید:

$$I = \frac{NAB\omega \sin \omega t}{R} \rightarrow I = I_m \sin \omega t$$





**تست:** نمودار تغییرات یک جریان متناوب سینوسی به صورت شکل زیر است، اندازه جریان در لحظه  $\frac{1}{3200}$  سر ثانیه چند آمپر است؟



(۱)  $\frac{2}{5}$

(۲)  $2/5\sqrt{2}$

(۳) 5

(۴)  $5\sqrt{2}$

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. طبق نمودار:

$$\frac{5T}{4} = \frac{1}{3200} \rightarrow T = \frac{1}{4000} \text{ s}$$

همچنین مقدار بیشینه ی جریان الکتریکی  $5\sqrt{2}A$  است.

$$I = I_{max} \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) = 5\sqrt{2} \sin\left(\frac{2\pi}{\frac{1}{4000}} \times \frac{1}{3200}\right) = 5\sqrt{2} \sin \frac{\pi}{4} = 5\sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 5A$$

**تست:** نیروی محرکه متناوبی که بیشینه آن ۱۰ ولت است و دوره آن  $0.02$  ثانیه است از یک رسانای ۵ اهمی می گذرد در چه لحظه ای شدت جریان برای ۳۱ امین بار بیشینه خواهد بود؟

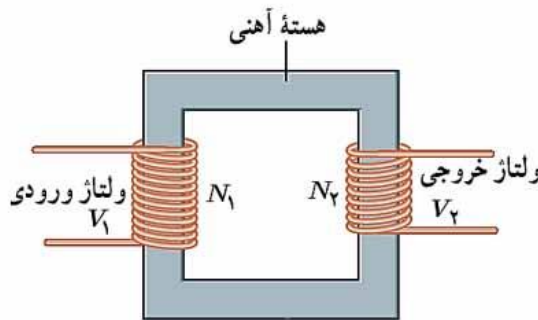
(۱)  $\frac{61}{200}$  (۲)  $\frac{63}{200}$  (۳)  $\frac{63}{100}$  (۴) هیچکدام



### مبدل‌ها

یکی از امتیازهای مهم توزیع توان الکتریکی ac بر dc آن است که افزایش و کاهش ولتاژ ac، بسیار آسان تر از dc است. در انتقال توان در فاصله‌های دور می‌خواهیم تا حد امکان از ولتاژ هرچه بالاتر و جریان هرچه کمتری استفاده کنیم، این کار اتلاف  $RI^2$  را در خط‌های انتقال کم می‌کند و می‌توان از سیم‌های نازک تری استفاده و در مصرف مواد اولیه صرفه جویی کرد. خط‌های انتقال توان الکتریکی به طور معمول از ولتاژهای در حدود ۴۰۰ کیلوولت استفاده می‌کنند از طرف دیگر، ملاحظات ایمنی و الزامات عایق بندی در ساخت وسایل خانگی و صنعتی، ولتاژهای به نسبت پایین تری را ضروری می‌کند. ولتاژ استاندارد برای سیم کشی خانگی در ایران و بسیاری از کشورهای دیگر 220 است. تبدیل ولتاژ مورد نیاز با استفاده از مبدل‌ها صورت می‌گیرد.

شکل زیر مبدلی شامل دو پیچه با تعداد دورهای متفاوت را نشان می‌دهد که به دور یک هسته آهنی (فرومغناطیس نرم) پیچیده شده‌اند در عمل پیچه اولیه با  $N_1$  دور به یک مولد جریان متناوب بسته شده است که ولتاژ آن  $V_1$  است. پیچه ثانویه با  $N_2$  دور به مصرف کننده ای وصل شده است که ولتاژ  $V_2$  را تأمین کند. برای یک مبدل آرمانی که مقاومت پیچه‌های آن ناچیز است، رابطه زیر برقرار است:



(ولتاژ ورودی  $V_1$  و  $N_1$  دور)

(ولتاژ خروجی  $V_2$  و  $N_2$  دور)

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

**تست:** مبدل آرمانی زیر توسط مولد جریان متناوب با تابع  $\varepsilon = 4 \sin(100\pi t)$  تغذیه می‌شود. بیشینه ولتاژ دو

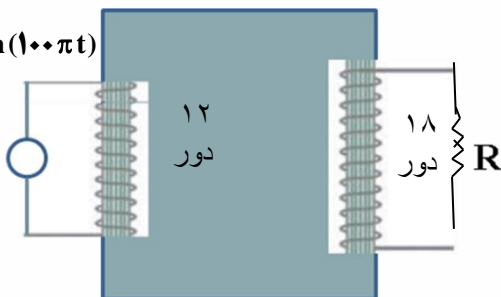
سر مقاومت  $R$  چند ولت است؟

(۱) ۶ - کاهنده

(۲) ۲۴ - افزایشنده

(۳) ۶ - افزایشنده

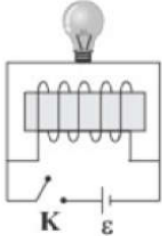
(۴) ۷۲ - افزایشنده



$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \xrightarrow{N_2=18, N_1=12, V_1=4V} \frac{V_2}{4} = \frac{18}{12} \rightarrow V_2 = 6V$$

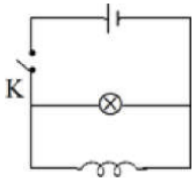
### Home work 4

۱ در شکل زیر، با اتصال کلید  $K$ ، لامپ ..... و پس از مدتی با قطع کلید  $K$ ، لامپ ..... (مقاومت الکتریکی القاگر، ناچیز است.)



- ۱ فوراً روشن می‌شود و با گذشت زمان نور آن تغییری نمی‌کند - به مرور زمان خاموش می‌شود.  
 ۲ فوراً روشن می‌شود و با گذشت زمان خاموش می‌شود - به مرور زمان خاموش می‌شود.  
 ۳ فوراً روشن می‌شود و با گذشت زمان نور آن تغییری نمی‌کند - فوراً خاموش می‌شود.  
 ۴ فوراً روشن و با گذشت زمان خاموش می‌شود - فوراً خاموش می‌شود.

۲ در مدار شکل زیر، هنگام بستن کلید، نور لامپ در ابتدا ..... و سپس ..... می‌شود. (مقاومت اهمی القاگر صفر است.)



- ۱ کم - زیاد      ۲ کم - خاموش      ۳ زیاد - خاموش      ۴ زیاد - کم

۳ ضریب القاوری یک سیم‌لوله بدون هسته  $10^{-7}$  میکروهانری است و جریان  $2/0$  آمپر از آن عبور می‌کند. انرژی ذخیره‌شده در این سیم‌لوله چند میلی‌ژول است؟  $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A})$

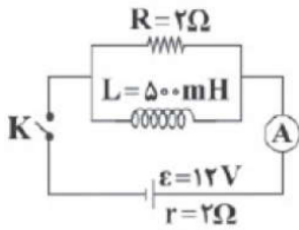
- ۱  $2 \times 10^{-4}$       ۲  $2 \times 10^{-7}$       ۳  $0/02$       ۴  $20$

۴ از سیم‌لوله‌ای آرمانی به طول  $62/8$  cm و سطح مقطع  $10$  cm<sup>۲</sup>، جریان  $10$  A عبور می‌کند. اگر انرژی ذخیره شده در آن برابر با  $4$  mJ باشد، تعداد حلقه‌های سیم‌لوله کدام است؟  $(\pi = 3/14$  و  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A})$

- ۱  $200$       ۲  $40$       ۳  $2000$       ۴  $4000$



۵ در مدار شکل زیر، به ترتیب از راست به چپ عدد آمپرسنج در لحظه‌ی بستن کلید  $K$  چند آمپر و انرژی ذخیره شده در سیم‌لوله مدتی پس از بستن کلید  $K$ ، چند ژول است؟ (مقاومت الکتریکی سیم‌لوله ناچیز فرض شود).



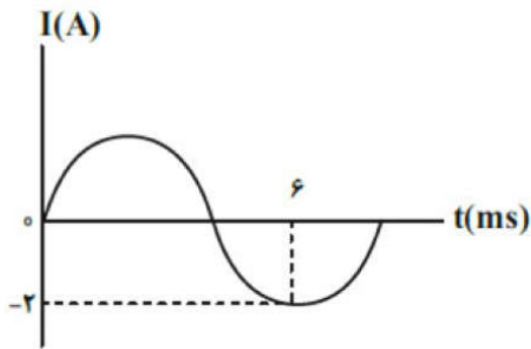
$\frac{9}{4}, 3$  (۴)

۹, ۳ (۳)

$\frac{9}{4}, 6$  (۲)

۹, ۶ (۱)

۶ اگر نمودار یک جریان متناوب مطابق شکل مقابل باشد، مقدار جریان در لحظه  $t = \frac{1}{4} s$  برابر با چند آمپر است؟



-۲ (۴)

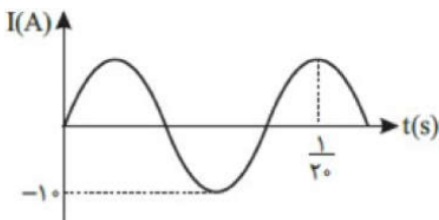
۲ (۳)

$-\sqrt{2}$  (۲)

$\sqrt{2}$  (۱)

۷ نمودار جریان متناوبی برحسب زمان به صورت سینوسی شکل مقابل است. اگر مقاومت مدار  $5\Omega$  باشد، در لحظه‌ی

$t = \frac{5}{1000} s$  اختلاف پتانسیل مدار چند ولت است؟



$25\sqrt{3}$  (۴)

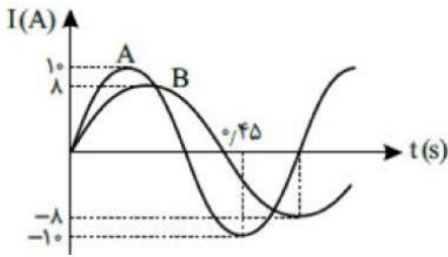
$5\sqrt{3}$  (۳)

$25\sqrt{2}$  (۲)

$5\sqrt{2}$  (۱)

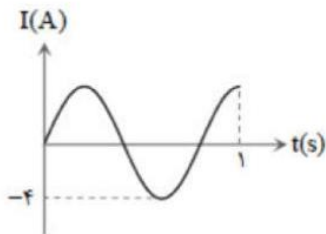


۸ شکل مقابل نمودار جریان - زمان دو مولد جریان متناوب  $A$  و  $B$  را نشان می‌دهد. جریان  $B$  در لحظه  $t = 0/1s$  چند آمپر است؟



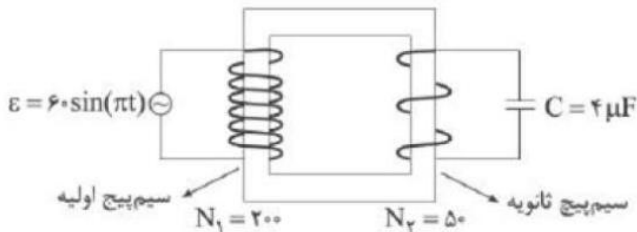
- ۱ صفر      ۲  $2\sqrt{2}$       ۳  $4\sqrt{2}$       ۴ ۸

۹ در شکل روبه‌رو نمودار جریان متناوب سینوسی توسط یک مولد جریان متناوب رسم شده است. معادله جریان برحسب زمان کدام است؟



- ۱  $I = 4 \sin 2/5 \pi t$       ۲  $I = 4 \sin 2 \pi t$       ۳  $I = -4 \sin 5 \pi t$       ۴  $I = 4 \sin 5 \pi t$

۱۰ در مبدل زیر اگر معادله ولتاژ اولیه در SI به صورت  $\epsilon = 60 \sin(\pi t)$  باشد، کدام گزینه دربارهٔ مبدل و بیشینه انرژی ذخیره شده در خازن درست است؟

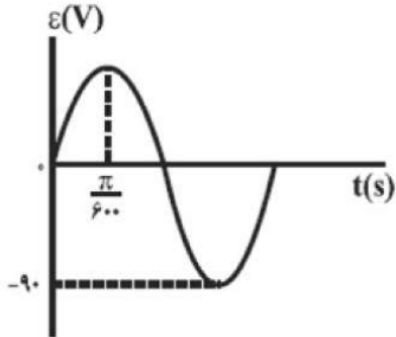


- ۱ افزایشنده،  $450 \mu J$       ۲ کاهشنده،  $450 \mu J$       ۳ افزایشنده،  $900 \mu J$       ۴ کاهشنده،  $900 \mu J$





۱۱) نمودار تغییرات ولتاژ دو سر یک مولد تولید جریان متناوب بر حسب زمان به صورت شکل زیر است. این مولد را به پیچ‌های ورودی یک مبدل می‌بندیم. اگر تعداد دورهای پیچ‌های ثانویه در این مبدل ۴۰٪ بیش‌تر از تعداد دورهای پیچ‌های اولیه باشد، ولتاژ خروجی مبدل در لحظه‌ی  $t = \frac{\pi}{36}$  s چند ولت است؟



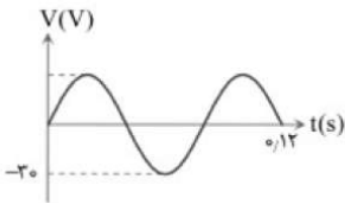
۶۳ (۲)

$63\sqrt{3}$  (۱)

۱۲۶ (۴)

$126\sqrt{3}$  (۳)

۱۲) شکل مقابل نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت ۱۰ اهمی را نشان می‌دهد. معادله شدت جریان الکتریکی مقاومت در SI بر حسب زمان کدام است؟



$I = 3 \sin(25\pi t)$  (۳)

$I = 30 \sin\left(\frac{50\pi}{3} t\right)$  (۲)

$I = 30 \sin(25\pi t)$  (۱)

$I = 3 \sin\left(\frac{50\pi}{3} t\right)$  (۴)



## Final Home work

۱- کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) عقربه مغناطیسی جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه را نشان می دهد.
- (۲) اگر آهن ربا را از وسط آن آویزان کنیم، در بیشتر نقاط زمین، به طور افقی قرار نمی گیرد و امتداد آن با سطح افقی زمین زاویه می سازد که به آن شیب مغناطیسی گفته می شود.
- (۳) هنگامی که چند مقاومت را با هم موازی میبندیم، مقاومت معادل از کوچک ترین مقاومت بزرگ تر و از بزرگترین مقاومت کوچک تر است.
- (۴) رابطه توان  $P = VI$  هم برای نیروی محرکه و هم برای وسایل مصرف کننده و یا ... در مدار استفاده می شود.

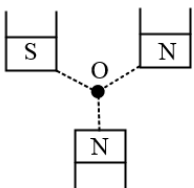
۲- چند مورد از عبارات زیر نادرست است؟

- (الف) قطب جنوب مغناطیسی زمین در فاصله ی نسبتاً زیادی از قطب شمال جغرافیایی قرار دارد.
- (ب) قطب شمال جغرافیایی زمین در نزدیکی قطب شمال مغناطیسی زمین است.
- (ج) در نقاط مختلف میدان مغناطیسی یکنواخت، جهت و اندازه ی میدان مغناطیسی یکسان است.
- (د) خط های میدان های مغناطیسی در نزدیکی قطب های مغناطیسی یک آهن ربا میله ای به یکدیگر نزدیک تر هستند.

(۱) صفر (۲) ۱ (۳) ۲ (۴) ۳

۳- سه آهنربای مشابه مطابق شکل قرار گرفته و نقطه O از هر سه قطب به یک فاصله است. جهت برآیند میدان

مغناطیسی حاصل از سه آهن ربا در نقطه O به کدام سو خواهد بود؟



(۱) ↖

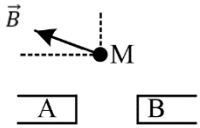
(۲) ↙

(۳) ↘

(۴) ↗



۴- با توجه به شکل مقابل اگر  $\vec{B}$  برآیند میدان های حاصل از آهن ربای A و B باشد، کدام گزینه درست است؟ (M بر روی عمود منصف خط واصل دو آهن ربا قرار دارد.)



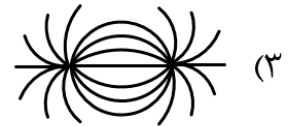
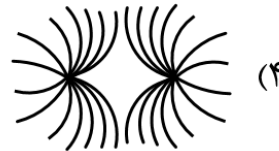
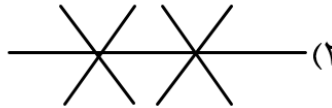
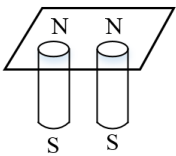
(۱) هر دو قطب A و B قوی تر است.

(۲) هر دو قطب N هستند و A قوی تر است.

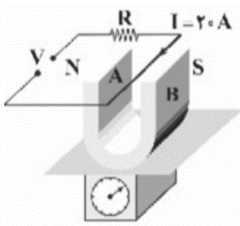
(۳) A قطب S، B قطب N و B قوی تر است.

(۴) A قطب S، B قطب N و A قوی تر است.

۵- دو آهن ربای میله ای را مطابق شکل، زیر یک صفحه ی کاغذ قرار داده و روی صفحه براده های آهن می پاشیم، خطوط میدان مغناطیسی به صورت کدام یک از شکل های زیر در می آید؟



۶- مطابق شکل مقابل، یک آهنربای نعلی شکل به جرم  $50\text{g}$  بر روی کفه ی ترازوی حساسی قرار دارد. میدان مغناطیسی ایجادشده توسط دو قطب آهنربا برابر با  $\vec{B}$  است. اگر  $10\text{cm}$  از سیم در فضای میدان مغناطیسی آهنربا باشد و ترازو عدد صفر را نشان دهد. میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  گاوس و در چه جهتی است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



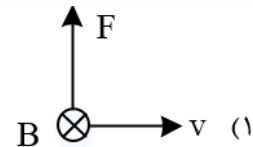
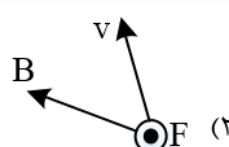
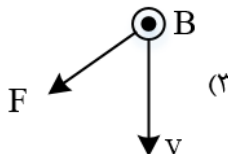
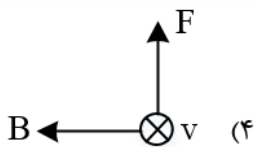
(۲) A به B،  $2500$

(۱) A به B،  $250$

(۴) B به A،  $2500$

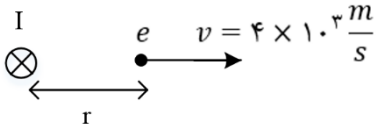
(۳) B به A،  $250$

۷- کدام گزینه نیروی وارد بر پروتون متحرک در یک میدان مغناطیسی را نادرست نشان می دهد؟





۸- در شکل زیر یک سیم حامل جریان  $I$  یک الکترون در فاصله  $r$  از سیم نشان داده شده است. اندازه میدان مغناطیسی سیم در فاصله  $r$  برابر  $50G$  است. اگر در این لحظه تندی الکترون  $v = 4 \times 10^2 \frac{m}{s}$  باشد، نیروی وارد بر الکترون در این لحظه چند نیوتن و در چه جهتی است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19}$ )



(۱)  $-3/2 \times 10^{-18}$  درونسو

(۲)  $-1/6 \times 10^{-18}$  درونسو

(۳)  $3/2 \times 10^{-18}$  برونسو

(۴)  $-1/6 \times 10^{-18}$  برونسو

۹- ذره بارداری به جرم  $5g$  و بار  $20\mu C$  تحت زاویه  $30^\circ$  با افق، در راستای شرق-غرب با تندی  $7/5 \frac{km}{s}$  و در حال حرکت است و وارد ناحیه ای می شود که در آن میدان مغناطیسی  $1000G$  از شمال به جنوب ایجاد شده است. شتاب حاصل از نیروی مغناطیسی چند  $\frac{m}{s^2}$  است؟

(۴) ۴۰

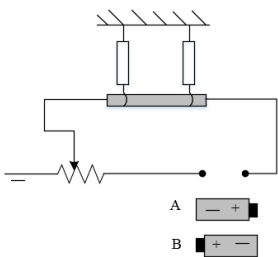
(۳) ۳۰

(۲) ۲۰

(۱) ۱۰

۱۰- یک سیم حامل جریان  $I$  مطابق شکل زیر با دو نیروسنج فنی متصل به سقف که به دو انتهای آن بسته شده اند، به طور افقی در راستای غرب به شرق قرار دارد. اگر بخواهیم نیروسنج ها عدد صفر را نشان دهند کدام باتری را در مدار قرار دهیم و جریان چند آمپر از سیم عبور کند؟ (میدان مغناطیسی زمین یکنواخت به طرف شمال و

$5mT$  و جرم هر متر از سیم  $8/0$  گرم و  $g = 10 \frac{N}{kg}$  است.)



(۱) A-۱۶

(۲) B-۱۶

(۳) A-8

(۴) B-8

۱۱- پروتونی تحت زاویه  $90^\circ$  نسبت به یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $20mT$  حرکت می کند و نیروی مغناطیسی  $3/2 \times 10^{-16}N$  به آن وارد می شود، انرژی جنبشی الکترون تقریباً چند الکترون ولت است؟ ( $m_p = 1/7 \times 10^{-27}kg$  و  $e = 1/6 \times 10^{-19}$ )

(۴) ۲۴

(۳) ۳۳

(۲) ۱۸

(۱) ۵۳



۱۲- ذره ای به بار  $-2\mu C$  با تندی  $2 \times 10^5 \frac{m}{s}$  در امتداد قائم از بالا به پایین درون میدان مغناطیسی یکنواخت  $200G$  به سمت شمال شرق در حرکت است. برای آن که راستای حرکت ذره تغییر نکند باید میدان الکتریکی به بزرگی ..... در جهت ..... ایجاد کنیم.

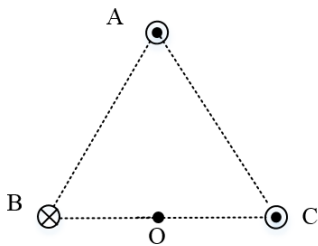
(۱)  $2000 \frac{N}{C}$  - جنوب شرقی

(۲)  $4000 \frac{N}{C}$  - جنوب شرقی

(۳)  $2000 \frac{N}{C}$  - شمال غربی

(۴)  $4000 \frac{N}{C}$  - شمال غربی

۱۳- مطابق شکل زیر، سه سیم حامل جریان های مساوی، در سه رأس یک مثلث متساوی الاضلاع قرار دارند. اگر یک عقربه مغناطیسی را در نقطه O وسط ضلع BC قرار دهیم، کدام گزینه جهت گیری عقربه را به درستی نشان می دهد؟



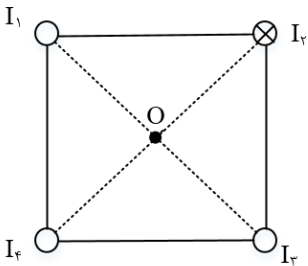
(۱) ↓

(۲) ↙

(۳) ↘

(۴) ←

۱۴- مطابق شکل زیر، از چهار سیم بلند و مستقیم که در رئوس مربعی قرار گرفته اند، جریان های یکسانی عمود بر صفحه کاغذ عبور می کنند. اگر سیم  $I_3$  سیم های  $I_2$  و  $I_3$  را جذب و سیم  $I_4$  را دفع کند، بر این میدان مغناطیسی حاصل از چهار سیم در نقطه O در چه جهتی است؟



(۱) →

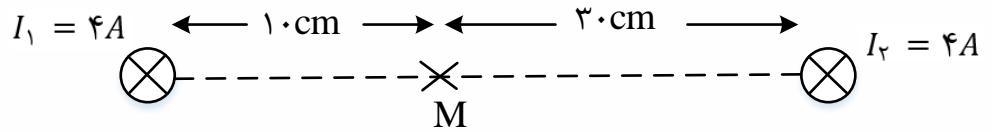
(۲) ←

(۳) ↙

(۴) ↘



۱۵- در شکل روبه رو، از دو سیم بلند موازی که عمود بر صفحه اند، در جهت نشان داده شده، جریان های  $I_1$  و  $I_2$  می گذرد. جهت میدان مغناطیسی برآیند در نقطه  $M$  کدام است؟



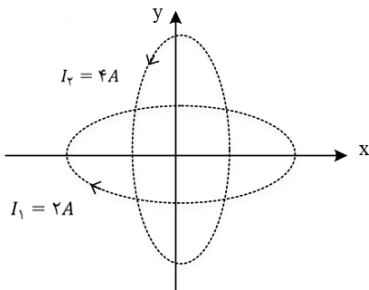
(۱) ↑

(۲) ↓

(۳) ⊗

(۴) ⊙

۱۶- مطابق شکل دو حلقه دایره ای به شعاع  $\pi$  و  $\frac{3\pi}{2}$  که محور اولی منطبق بر محور  $x$ ها و محور دومی منطبق بر محور  $y$ ها است و جریان  $I_1 = 2A$  و  $I_3 = 3A$  به ترتیب در جهت های نشان داده شده در شکل از آنها می گذرد. میدان در مرکز حلقه ها که بر مبدأ مختصات منطبق است، کدام گزینه است؟ ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$ )



(۱)  $4 \times 10^{-5}i - 3 \times 10^{-5}j$

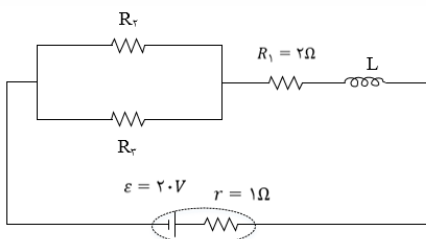
(۲)  $4 \times 10^{-5}i - 4 \times 10^{-5}j$

(۳)  $-4 \times 10^{-5}i - 3 \times 10^{-5}j$

(۴)  $-4 \times 10^{-5}i - 4 \times 10^{-5}j$

۱۷- سیم لوله ای آرمانی به طول ۲۰cm و ۱۰۰ دور حلقه با مقاومت الکتریکی ناچیز در مداری مطابق شکل زیر قرار گرفته است. اگر بزرگی میدان مغناطیسی روی محور سیم لوله ۱۸G باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت  $R_2$  چند ولت بیشتر از اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت  $R_1$  است؟

( $\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$ )



(۴) ۱۱

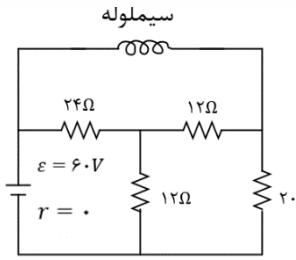
(۳) ۸

(۲) ۶

(۱) ۵



۱۸- سیم لوله ای بدون هسته به طول ۴cm با ۵۰۰ حلقه که مقاومت الکتریکی ندارد در مدار شکل زیر قرار دارد. اندازه میدان مغناطیسی در داخل سیم لوله چند گاوس است؟ ( $\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$ )



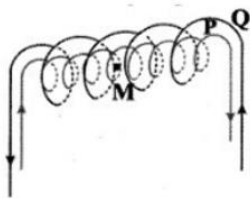
(۱) ۲۵

(۲) ۵۰۰

(۳) ۷۵۰

(۴) ۱۰۰۰

۱۹- در شکل زیر، دو سیملوله ی P و Q هم محورند و طول برابر دارند. تعداد دور سیملوله ی P برابر ۱۵۰ و تعداد دور سیملوله ی Q برابر ۲۵۰ است. اگر جریان 3A از سیملوله ی Q عبور کند، از سیملوله ی P چه جریانی باید عبور کند تا برابری میدان مغناطیسی ناشی از دو سیملوله در نقطه ی M (روی محور دو سیملوله) صفر شود؟



(۱) ۱/۵

(۲) ۳

(۳) ۵

(۴) ۴/۵

۲۰- کدام یک از موارد زیر در مورد مواد پارامغناطیس درست است؟

(۱) مواد پارامغناطیس پس از آهن ربا شدن در صورتی که در میدان مغناطیسی نباشند برای مدت طولانی خاصیت آهن ربایی خود را حفظ می کنند.

(۲) مواد پارامغناطیس فقط در میدان های مغناطیسی قوی آهن ربا می شوند.

(۳) مواد پارامغناطیس دارای حوزه های مغناطیسی نامنظمی هستند.

(۴) آهن و کبالت ناخالص از مواد پارامغناطیس هستند.

۲۱- پیچه ای به مقاومت دو اهم از ۵۰ حلقه هر یک به مساحت  $100cm^2$  تشکیل شده است. سطح این قاب عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت یک گاوس قرار دارد. اگر قاب را به اندازه ۱۸۰ بچرخانیم تا دوباره عمود بر خطوط میدان شود، بار الکتریکی متوسط عبوری از یک مقطع از پیچه چند  $\mu C$  است؟

(۴) ۱۰

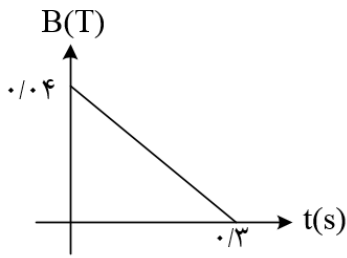
(۳) ۵۰

(۲) ۱۰۰

(۱) صفر



۲۲- حلقه ای به شعاع  $10\text{ cm}$  و مقاومت  $5\Omega$  عمود بر میدان مغناطیسی که مطابق شکل تغییر می کند، قرار دارد. جریان القایی حلقه در لحظه  $t = 0/2\text{ s}$  چند میلی آمپر است؟ ( $\pi = 3$ )



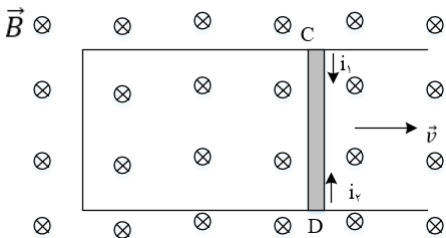
(۱)  $0/6$

(۲)  $8/0$

(۳)  $1$

(۴)  $4$

۲۳- مطابق شکل زیر، میله ی فلزی CD به طول  $20\text{ cm}$  با سرعت ثابت  $5\frac{\text{cm}}{\text{s}}$  روی قاب رسانایی که عمود بر خطوط یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $4\text{ mT}$  قرار دارد. در حال حرکت به سمت راست شکل است. بزرگی نیروی محرکه ی القایی متوسط در میله ی CD چند ولت است و جهت جریان القایی در آن به کدام سمت است؟



(۱)  $i_1, 4 \times 10^{-3}$

(۲)  $i_2, 4 \times 10^{-5}$

(۳)  $i_2, 4 \times 10^{-3}$

(۴)  $i_1, 4 \times 10^{-5}$

۲۴- حلقه ای به شعاع  $0/5\text{ m}$  عمود بر محور x ها قرار دارد. میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B} = -0/3\vec{i} + 0/4\vec{j}$  برقرار است. اگر در  $0/1\text{ s}$  با ثابت ماندن اندازه میدان مغناطیسی، جهت میدان کاملاً در خلاف جهت اولیه شود، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط چند ولت می شود؟ ( $\pi = 3$ )

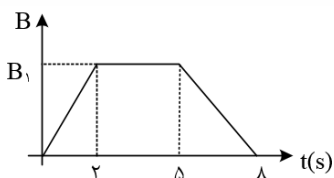
(۴)  $8$

(۳)  $5$

(۲)  $0/45$

(۱)  $4/5$

۲۵- نمودار تغییرات میدان مغناطیسی گذرنده از یک مدار بسته در مدت  $8$  ثانیه به صورت شکل زیر است. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در  $0/5\text{ s}$  اول چند برابر  $2\text{ s}$  آخر است؟



(۱)  $\frac{3}{2}$

(۲)  $\frac{2}{3}$

(۳)  $4$

(۴)  $\frac{1}{4}$

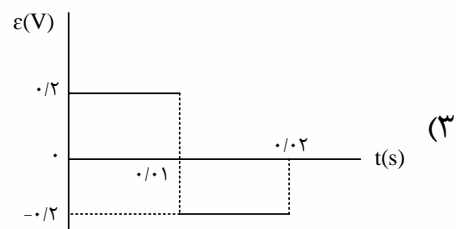
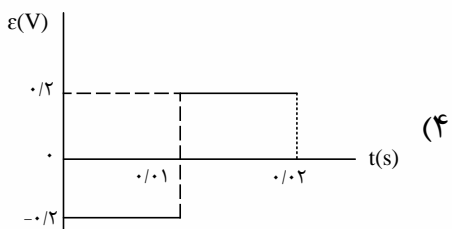
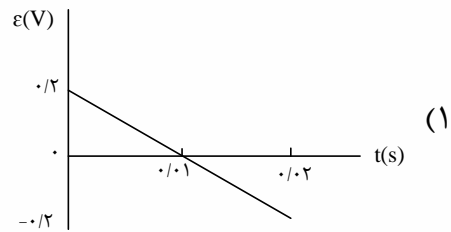
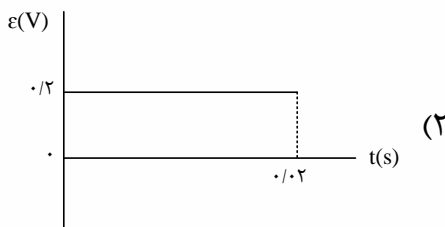
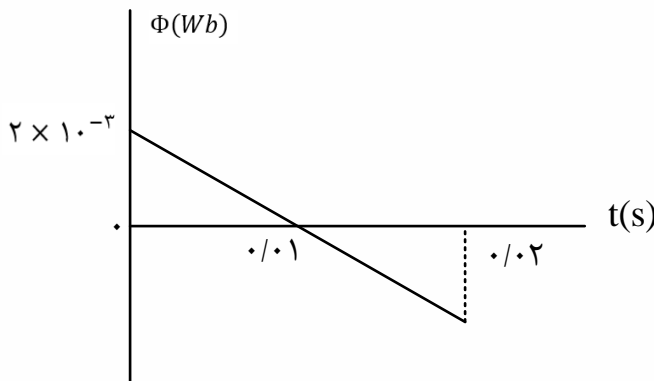




۲۶- حلقه ای رسانا به شعاع ۴cm، عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار دارد. این حلقه از سیمی به شعاع مقطع ۴mm و مقاومت ویژه  $2 \times 10^{-8} \Omega m$  تشکیل شده است. میدان مغناطیسی با چه آهنگی در SI تغییر کند تا جریان برابر  $0/2$  آمپر در حلقه القا شود؟ ( $\pi = 3$ )

- (۱)  $\frac{1}{240}$       (۲)  $\frac{1}{480}$       (۳)  $\frac{1}{120}$       (۴)  $\frac{1}{360}$

۲۷- نمودار شار مغناطیسی که از یک حلقه می گذرد، در شکل زیر، نشان داده شده است. نمودار نیروی محرکه ی القایی در این مدت کدام است؟

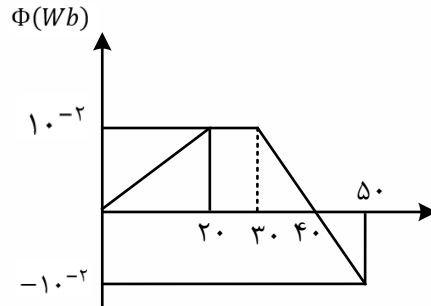


۲۸- شاری که از یک پیچه ی ۲۰ حلقه ای می گذرد،  $0/2$  وبر تغییر می کند. اگر مقاومت پیچه  $4\Omega$  باشد، چند کولن بار الکتریکی در پیچه جریان یافته است؟

- (۱)  $0/1$       (۲)  $0/2$       (۳)  $1$       (۴)  $2$



۲۹- نمودار تغییرات شار مغناطیسی که از یک حلقه می گذرد بر حسب زمان مطابق شکل مقابل است. اندازه نیروی محرکه القایی در لحظات  $t_1 = 10s$  و  $t_2 = 40s$  به ترتیب از راست به چپ چند ولت است؟



(1)  $5 \times 10^{-4}V$ , صفر

(۲)  $2/5 \times 10^{-4}V$ , صفر

(۳)  $5 \times 10^{-4}V$ ,  $10^{-3}V$

(4)  $2/5 \times 10^{-4}V$ ,  $10^{-3}V$

۳۰- سیملوله ای به شعاع مقطع  $2\text{cm}$  و با  $300$  حلقه در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $200\text{G}$  به گونه ای قرار گرفته است که خطوط میدان عمود بر سطح حلقه های سیم لوله است. اگر میدان مغناطیسی مورد نظر با آهنگ  $200 \frac{G}{s}$  تغییر کند، جریان به شدت  $4\text{mA}$  در این سیملوله القا می شود. مقاومت الکتریکی هر حلقه ی سیملوله چند میلی اهم است؟ ( $\pi = 3$ )

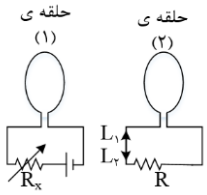
(1)  $180$  (۲)  $1/8$  (۳)  $6$  (۴)  $60$

۳۱- یک قاب مستطیلی شکل به ابعاد  $20\text{cm} \times 10\text{cm}$  و مقاومت  $0/1\Omega$  عمود بر خطوط یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $3T$  قرار دارد. در یک بازه ی زمانی معین اندازه ی میدان مغناطیسی  $3T$  افزایش یافته و جهت خطوط میدان  $180$  تغییر می کند. در این بازه ی زمانی چند کولن بار الکتریکی در قاب جریان یافته است؟

(1)  $0/6$  (۲)  $6$  (۳)  $1/8$  (۴)  $18$



۳۲- در شکل مقابل، مقاومت  $R_x$  را به تدریج کاهش می دهیم. جهت جریان القایی در حلقه ی (۲) در جهت ..... بوده و دو حلقه یکدیگر را ..... می کنند.



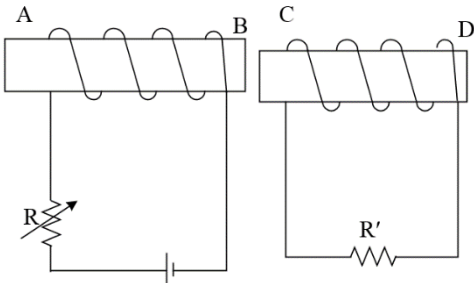
(۱)  $I_2$  - جذب

(۲)  $I_2$  - دفع

(۳)  $I_1$  - دفع

(۴)  $I_2$  - جذب

۳۳- در شکل مقابل اگر مقاومت  $R$  را افزایش دهیم، جهت جریان خودالقایی در سیم لوله ی چپ و جهت جریان القایی در سیم لوله ی راست به ترتیب از راست به چپ کدام خواهد بود؟



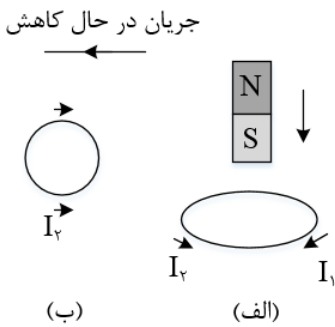
(۱) از A به B - از C به D

(۲) از A به B - از D به C

(۳) از B به A - از C به D

(۴) از B به A - از D به C

۳۴- در شکل های الف و ب جهت جریان القایی در حلقه به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



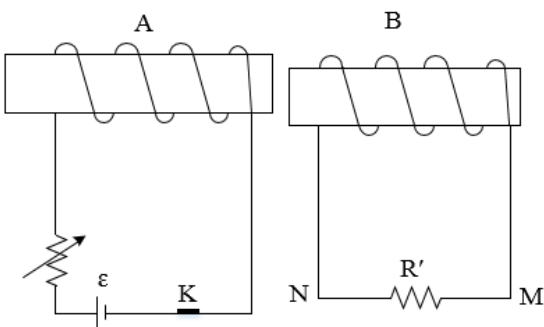
(۱)  $I_2, I_1$

(۲)  $I_1, I_1$

(۳)  $I_1, I_2$

(۴)  $I_2, I_2$

۳۵- در کدام حالت، جریان القایی در  $R'$ ، از N به M است؟



(۱) لحظه ی قطع کلید k

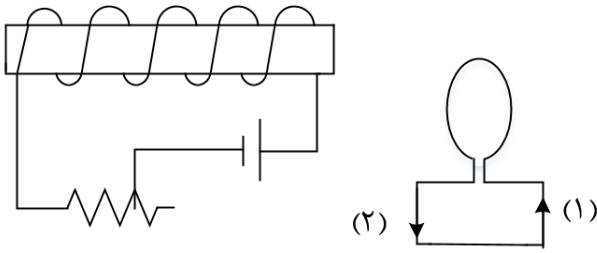
(۲) وقتی مقاومت رئوستا در حال افزایش است.

(۳) وقتی سیملوله ی B به سمت راست حرکت می کند.

(۴) وقتی سیملوله ی A به سمت راست حرکت می کند.



۳۶- در مدار روبه رو، مقاومت رئوستا در حال افزایش است، جهت جریان القایی در حلقه در جهت ..... است و نیروی محرکه ی خودالقایی در سیملوله در ..... نیروی محرکه ی مولد عمل می کند.



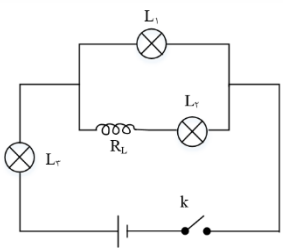
(۱) (۱)، جهت

(۲) (۲)، جهت

(۳) (۱)، خلاف جهت

(۴) (۲)، خلاف جهت

۳۷- در مدار مقابل با بستن کلید چند گزینه درباره ی تغییر نور لامپ ها که مشابه هستند درست است؟



الف)  $L_2$  ابتدا خاموش است و به تدریج پرنور می شود.

ب) را ابتدا پرنور است و سپس کم نور می شود.

پ) نور  $L_3$  رفته رفته بیشتر می شود. تا در نهایت نور ما بیشتر از او را هم بیشتر از  $L_2$  است.

۳۸- اگر جریان الکتریکی عبوری از یک سیم لوله  $0/2A$  کاهش یابد و مقدار انرژی آن از  $40\mu J$  به  $10\mu J$  کاهش یابد. ضریب القایی در این القاگر چند میلی هانری است؟

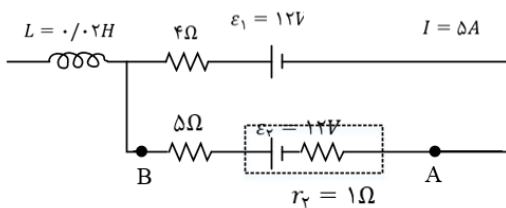
(۴)  $0/005$

(۳)  $0/05$

(۲)  $50$

(۱)  $0/5$

۳۹- شکل روبه رو قسمتی از یک مدار الکتریکی است. اگر  $V_A - V_B = 6V$  باشد، انرژی ذخیره شده در سیملوله چند ژول است؟



(۱)  $0/32$

(۲)  $0/5$

(۳)  $0/64$

(۴)  $0/72$



۴۰- در میدان آرمانی زیر اگر معادله ولتاژ دو سر مولد در SI به صورت  $v = 240 \sin 100\pi t$  باشد معادله شدت جریان در مقاومت R کدام است؟

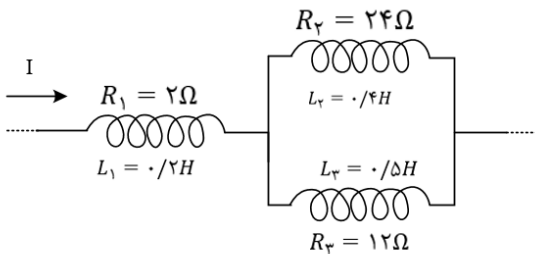
(۱)  $I = 4 \sin(20\pi t)$

(۲)  $I = 4 \sin(100\pi t)$

(۳)  $I = 10 \sin(100\pi t)$

(۴)  $I = 10 \sin(20\pi t)$

۴۱- در شکل زیر سیم لوله ها دارای مقاومت الکتریکی هستند. اگر انرژی ذخیره شده در سیم لوله (۳) برابر با  $0/09J$  باشد در سیم لوله (۱) چند میلی ژول انرژی ذخیره می شود؟



(۱)  $0/064$

(۲)  $0/081$

(۳)  $81$

(۴)  $64$

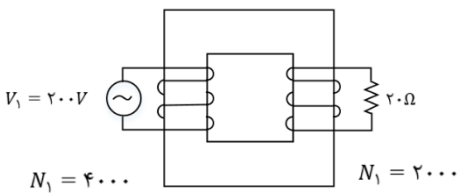
۴۲- شکل زیر یک مبدل جریان متناوب را نشان می دهد. اگر یک سر مبدل به یک مقاومت  $20\Omega$  وصل شود، جریان عبوری از مقاومت  $20\Omega$  چند آمپر است؟

(۱)  $2/5$

(۲)  $10$

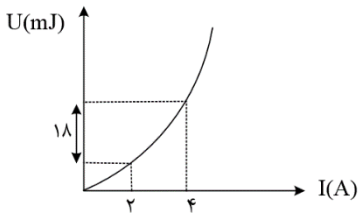
(۳)  $5$

(۴)  $7/5$





۴۳- نمودار انرژی ذخیره شده در سیملوله‌ای آرمانی بر حسب جریان گذرنده از آن به صورت مقابل است. ضریب القاوری سیملوله چند هانری است؟



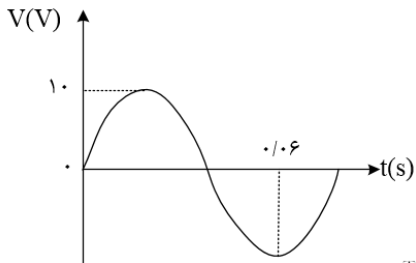
(۱) ۳

(۲) ۹

(۳)  $3 \times 10^{-3}$

(۴)  $9 \times 10^{-3}$

۴۴- معادله ی جریان در یک مولد جریان متناوب در SI به صورت  $I = 0.6 \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$  است. اگر نمودار اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر این مولد به صورت زیر باشد، در لحظه ی  $t = \frac{1}{150}S$  جریان عبوری از مولد چند آمپر است؟



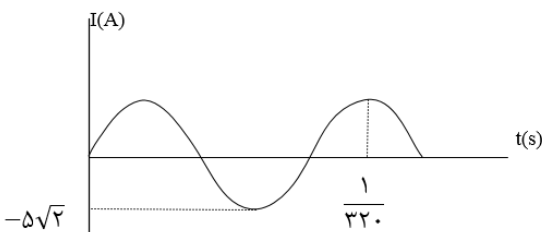
(۱) صفر

(۲) ۰/۲

(۳) ۰/۳

(۴) ۰/۶

۴۵- نمودار تغییرات یک جریان متناوب سینوسی به صورت شکل زیر است، اندازه جریان در لحظه ی  $\frac{1}{3200}$  سر ثانیه چند آمپر است؟



(۱) ۲/۵

(۲)  $2/5\sqrt{2}$

(۳) 5

(۴)  $5\sqrt{2}$

۴۶- در یک منبع تولید جریان متناوب سینوسی که در لحظه  $t = 0$  جریان صفر است. در مدت  $0.09S$ ، ۵ بار قدرمطلق جریان بیشینه می شود. اگر قدر مطلق جریان بیشینه  $4A$  باشد، معادله جریان متناوب کدام گزینه است؟

(۱)  $I = 4 \sin \frac{50\pi}{3} t$

(۲)  $I = 4 \sin 50\pi t$

(۳)  $I = 4 \sin \frac{25\pi}{3} t$

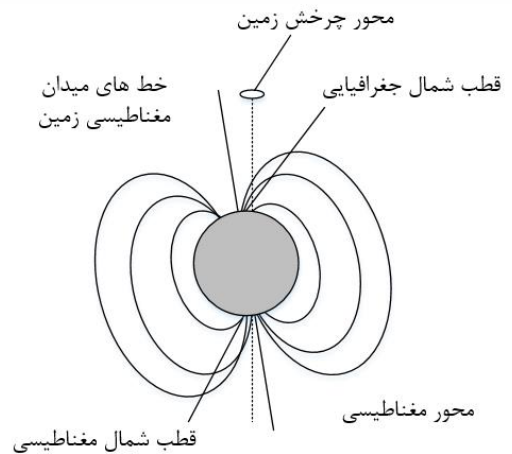
(۴)  $I = 4 \sin 25\pi t$



## Answers of Home work

۱- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. در مقاومت های موازی، مقاومت معادل از تک تک مقاومت ها کوچک تر است.

۲) گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در شکل زیر قطب های مغناطیسی و جغرافیایی کره ی زمین مشخص شده است. همان طور که در این شکل می بینید، قطب شمال جغرافیایی زمین در نزدیکی قطب جنوب مغناطیسی زمین قرار گرفته است، بنابراین عبارت (ب) نادرست است. بقیه ی عبارت های مطرح شده درست می باشند.



۳- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

خطوط میدان آهن ربا در خارج آهن ربا همواره از قطب N خارج و به قطب S وارد می شود:

۴- گزینه ی ۳ پاسخ صحیح است.

۵) گزینه ی ۴ پاسخ صحیح است. چون دو قطب مماس بر صفحه ی کاغذ، قطب همنام هستند (قطب N) بنابراین خطوط تشکیل شده از براده های آهن که همان خطوط مغناطیسی هستند، به همدیگر برخورد نمی کنند (گزینه های ۱ و ۴) و چون باید یکدیگر را دفع کنند، بنابراین شکل خط های میدان در گزینه ی (۴) به درستی میدان مغناطیسی ناشی از این دو آهن ربا را نشان می دهد.

۶- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. برای آن که ترازو عدد صفر را نشان بدهد باید نیروی وزن آهن ربا توسط نیرویی که از طرف سیم بر آهن ربا وارد می شود، خنثی شود، بنابراین می توان نوشت:

$$F = mg \rightarrow IlB \sin 90^\circ = mg$$

$$\rightarrow B = \frac{mg}{Il} = \frac{0.05 \times 10}{20 \times 0.1} = 0.25T = 2500G$$

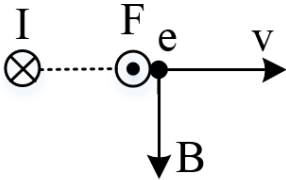
جهت میدان باید از B به طرف A باشد.



۷- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

نیروی  $F$  همواره بر  $v$  و  $B$  عمود است.

۸- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



میدان مغناطیسی سیم  $I$  در نقطه نشان داده شده، رو به پایین است و نیروی وارد بر الکترون در این لحظه برونسو است و مقدار آن برابر است با:

$$F = qvB \rightarrow F = 1/6 \times 10^{-19} \times 4 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-4} \rightarrow F = 3/2 \times 10^{-18} N$$

۹- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

مسیر حرکت ذره با افق زاویه  $30^\circ$  می سازد در حالی که بر میدان مغناطیسی عمود است.

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow F = qvB \sin 90^\circ = ma$$

$$\rightarrow 2 \times 10^{-5} \times 7500 \times 0/1 = 5 \times 10^{-4} \times a \rightarrow a = \frac{1500 \times 10^{-15}}{5 \times 10^{-4}} \rightarrow a = 30 \frac{m}{s^2}$$

۱۰- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

برای آن که بر نیروسنج ها نیرو وارد نشود باید نیروی مغناطیسی رو به بالا و هم اندازه نیروی وزن به آن وارد شود:

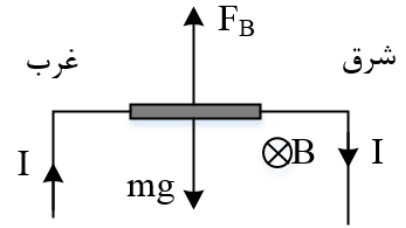
$$Bil = mg \rightarrow 0/5 \times 10^{-3} \times I \times l = m \times 10 \rightarrow 0/5 \times 10^{-4} \times I = \frac{m}{l}$$

با توجه به این که جرم واحد طول  $0/8 \frac{g}{m}$  است، پس باید به جای  $\frac{m}{l}$ ، عدد  $8 \times 10^{-4} \frac{kg}{m}$  قرار دهیم:

$$0/5 \times 10^{-4} \times I = 8 \times 10^{-4} \rightarrow I = \frac{8}{0/5} \rightarrow I = 16A$$

با توجه به قاعده دست راست، جهت جریان به سمت راست است و باید باتری  $B$  را انتخاب کنیم.





۱۱- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$F = qvB \sin \theta = (1/6 \times 10^{-19})(v)(20 \times 10^{-3})$$

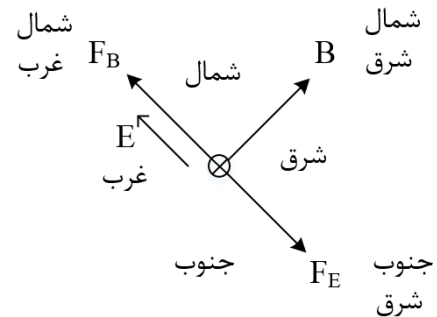
$$F = 3/2 \times 10^{-16} \rightarrow v = 10^5 \text{ m/s}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(1/7 \times 10^{-27})(10)^{10} \text{ J} = (0/85)(10) - 17 \text{ J} = 8/5 \times 10^{-18} \text{ J}$$

هر الکترون ولت معادل  $1/6 \times 10^{-19} \text{ J}$  است.

$$\frac{8/5 \times 10^{-18}}{1/6 \times 10^{-19}} = 53/125 = 53 \text{ eV}$$

۱۲- گزینه ۴ پاسخ صحیح است.



ابتدا یک نقشه جغرافیایی می کشیم تا در حل سؤال به ما کمک کند، در این نقشه جهت پایین درون سو است. با توجه به قاعده دست راست و منفی بودن جهت نیروی مغناطیسی را به دست می آوریم. (نیروی مغناطیسی هم به خطوط میدان و هم به راستای حرکت عمود است).

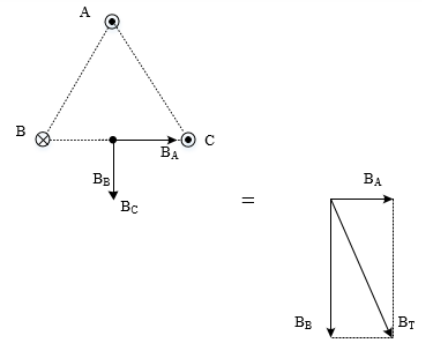
پس نیروی مغناطیسی به سمت شمال غرب بوده و چون نمی خواهیم جهت حرکت ذره تغییر کند، باید نیروی الکتریکی به سمت جنوب شرق به ذره وارد شود و ذره دارای بار منفی بوده (میدان الکتریکی و نیروی الکتریکی خلاف جهت هم هستند)، بنابر این میدان الکتریکی به سمت شمال غرب می شود:

$$|F_E| = |F_B| \rightarrow E|q| = |q|VB$$

$$\rightarrow E \times 2 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 \times 200 \times 10^{-4} \rightarrow E = 4000 \frac{N}{C}$$



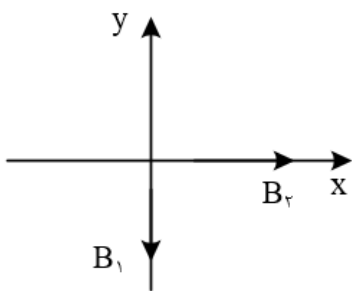
۱۳- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با استفاده از قاعده دست راست، انگشت شست دست را در جهت جریان قرار می دهیم و چرخش چهار انگشت دیگر جهت میدان مغناطیسی را نشان می دهد که مطابق شکل زیر خواهد بود.



۱۴- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. همان طور که می دانید اگر جریان عبوری از سیم های موازی هم سو باشند، دو سیم یکدیگر را جذب کرده و اگر جریان عبوری از آنها ناهمسو باشند، دو سیم یکدیگر را دفع می کنند. با توجه به این که سیم  $I_2$ ، سیم های  $I_3$  و  $I_2$  را جذب می کند، پس جریان هر سه سیم، همسو بوده و درون سو می باشد و سیم  $L_4$  حاوی جریان برون سو خواهد بود. در شکل زیر جهت جریان عبوری از سیم ها معین شده است و به کمک قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی ناشی از هر سیم و برآیند آنها در نقطه O مشخص شده است.

۱۵- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. طبق قاعدهی دست راست، جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم  $I_2$  رو به بالا است و جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم  $I_1$  رو به پایین است و به دلیل نزدیک تر بودن سیم  $I_1$  به نقطه ی M، شدت میدان به وجود آمده از آن قوی تر است.

۱۶- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به قاعده دست راست، جهت میدان ها را به دست آورده و اندازه آنها را محاسبه می کنیم:



$$\vec{B} = B_2 i - B_1 j$$

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2} \times \frac{NI}{R} = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{2}{\pi \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5} T$$

$$B_2 = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{3}{\frac{3\pi}{2} \times 10^{-2}} = 4 \times 10^{-5}$$



$$\vec{B} = 4 \times 10^{-5}i - 4 \times 10^{-5}j$$

۱۷- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. گام اول: جریان الکتریکی عبوری از سیم لوله را به دست می آوریم:

$$B = \frac{\mu \cdot NI}{L} \rightarrow 18 \times 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 100 \times I}{0.2} \rightarrow I = 3A$$

گام دوم: از آنجایی که مقاومت  $R_1$  با سیم لوله متوالی است، جریان الکتریکی عبوری از آن نیز برابر  $3A$  می شود و اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن برابر خواهد بود با:

$$V_1 = R_1 I = 2(3) = 6V$$

گام سوم: اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری را به دست می آوریم:

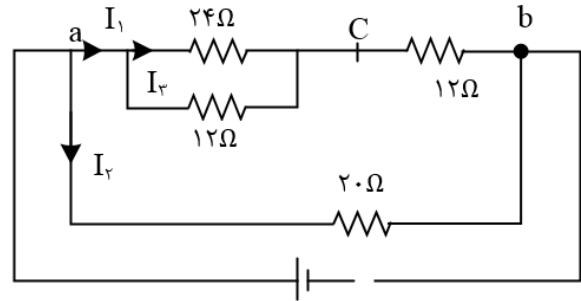
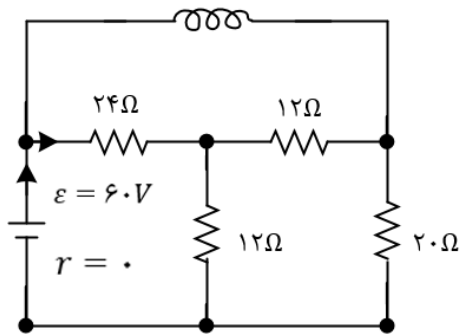
$$V = \varepsilon - rl = 20 - 1(3) = 17V$$

گام چهارم: مقاومت های  $R_2$  و  $R_3$  موازی هستند و اختلاف پتانسیل یکسانی دارند و داریم:

$$V_{2,3} + V_1 = V \rightarrow V_{2,3} + 6 = 17 \rightarrow V_{2,3} = 11V$$

بنابر این اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت  $R_1$  برابر  $6V$  و اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت  $R_2$  برابر  $11V$  است و تفاضل آنها برابر  $5V$  می باشد.

۱۸- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



$$R_1, R_2 \text{ موازیند} \rightarrow R_a = \frac{12 \times 24}{36} = 8\Omega$$

$$R_a, R_3 \text{ متوالی} \rightarrow R_b = 12 + 8 = 20\Omega$$

$$R_4, R_b \text{ موازی} \rightarrow R_{eq} = \frac{20 \times 20}{20 + 20} = 10\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{60}{10} = 6A$$

$$I_1 = I_2 = \frac{6}{2} = 3A$$

$$I_3 = \frac{1}{3} I_1 = 1A$$



$$\rightarrow \text{جریان سیملوله } I_L = 6 - 1 = 5A$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 500 \times 5}{4 \times 10^{-2}} \rightarrow 75 \times 10^{-3}(T) = 750(G)$$

۱۹- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. برای این که میدان در نقطه ی  $M$  صفر شود، میدان مغناطیسی حاصل از دو سیملوله باید برابر هم و در جهت مخالف باشند. با توجه به شکل صورت سؤال، جهت آنها مخالف است، پس کافی است که مقدار آنها با هم برابر باشند:

$$B_P = B_Q \rightarrow \frac{\mu_0 N_P I_P}{I_P} = \frac{\mu_0 N_Q I_Q}{I_Q} \xrightarrow{I_P=I_Q} N_P I_P = N_Q I_Q$$

$$\rightarrow 150 \times I_P = 250 \times 3 \rightarrow I_P = 5A$$

۲۰- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

۲۱- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$\theta_1 = 0, \theta_2 = 180$$

$$\bar{I} = \frac{\bar{\epsilon}}{R} = \frac{-N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}}{R} = -\frac{N \Delta(BA \cos\theta)}{R \Delta t} \rightarrow \bar{I} = -\frac{N}{R} BA \frac{\cos\theta_2 - \cos\theta_1}{\Delta t}$$

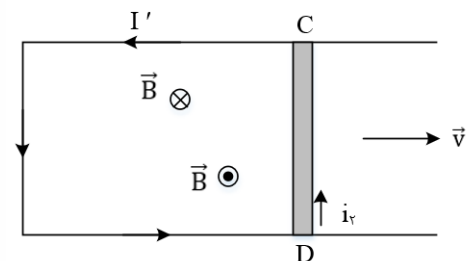
$$\Delta q = \bar{I} \Delta t \rightarrow \Delta q = -\frac{N}{R} BA (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$$

$$\rightarrow \Delta q = -\frac{50}{2} \times 1 \times 10^{-4} \times 100 \times 10^{-4} \times (\cos 180 - \cos 0) \rightarrow \Delta q = 50 \times 10^{-6} C = 50 \mu C$$

۲۲- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$I = \frac{N}{R} \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| = \frac{N A |\Delta B|}{R \Delta t} = \frac{N \pi r^2 |\Delta B|}{R \Delta t} \rightarrow I = \frac{1 \times 3 \times (0/1)^2 \times 0/04}{5 \times 0/3} = 8 \times 10^{-4} A = 0/8 mA$$

۲۳- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. برای محاسبه ی بزرگی نیروی محرکه ی القا شده در میله ی CD می توان نوشت:

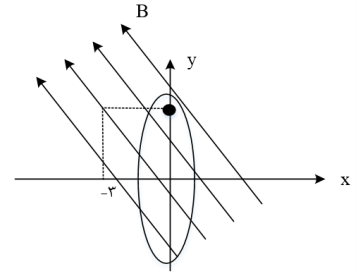


$$|\bar{\epsilon}| = Blv \cos\theta \rightarrow |\bar{\epsilon}| = 4 \times 10^{-2} \times 0/2 \times 5 \times 10^{-2} \times \cos 0^\circ = 4 \times 10^{-5} V$$



با حرکت میله به سمت راست شکل، مساحت سطح مؤثر حلقه افزایش می یابد، بنابراین طبق قانون لنز، جهت جریان القایی در قاب به گونه ای است که جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی در خلاف جهت  $\vec{B}$  است. به کمک قاعده ی دست راست، جهت جریان القایی در جهت جریان  $i_2$  است.

۲۴- گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



$$\vec{B}_1 = -0/3\vec{i} + 0/4\vec{j}$$

$$\vec{B}_2 = 0/3\vec{i} - 0/4\vec{j}$$

چون مؤلفه افقی میدان از داخل حلقه می گذرد، تغییرات شار مربوط به این مؤلفه خواهد بود.

$$\Delta B = \Delta B_x = 0/6T$$

$$\Delta \phi = A \Delta B_x = \pi t^2 \Delta B = \pi \times 0/5^2 \times 0/6 \xrightarrow{\pi=3} \Delta \phi = 0/45Wb$$

$$\varepsilon - N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = - \frac{0/45}{0/1} = -4/5V$$

۲۵- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. شیب خط در 0/5s اول برابر با شیب خط در 2s اول است و به همین ترتیب شیب خط در ۲s آخر نیز برابر با شیب در ۳s آخر است.

$$\varepsilon = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \rightarrow \frac{|\varepsilon_1|}{|\varepsilon_2|} = \frac{\left| \left( \frac{\Delta B}{\Delta t} \right)_1 \right|}{\left| \left( \frac{\Delta B}{\Delta t} \right)_2 \right|} = \frac{\left| \frac{B_1}{2} \right|}{\left| \frac{-B_1}{3} \right|} = \frac{3}{2}$$

۲۶- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. طول سیم برابر است با:

$$l = \pi R = 2 \times 3 \times \frac{4}{100} = 0/24m$$

سطح مقطع سیم رسانا خواهد شد:

$$A = \pi R^2 = 3 \times (4 \times 10^{-3})^2 = 48 \times 10^{-6}m^2$$

مقاومت سیم را حساب می کنیم:



$$R = \rho \frac{l}{A} = 2 \times 10^{-8} \times \frac{24 \times 10^{-2}}{48 \times 10^{-6}} \rightarrow R = 10^{-4} \Omega$$

نیروی محرکه القایی خواهد شد:

$$\varepsilon = IR = 0/2 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-5} V$$

$$\varepsilon = N \frac{\Delta B}{\Delta t} \rightarrow 2 \times 10^{-5} = (\pi \times 16 \times 10^{-4}) \frac{\Delta B}{\Delta t} \rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{1}{240} T$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

۲۰-۲۷- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. قرینه شب خط در نمودار شار برابر:

نیروی محرکه القایی می باشد ← شیب نمودار شار منفی است پس در زمان داده شده نیرو محرکه القایی مثبت است.

۲۸- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. از رابطه‌ی جریان القایی داریم:

$$I = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \rightarrow \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \rightarrow I = \frac{-N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}}{R} \quad (I)$$

از طرفی:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \Delta q = I \Delta t \rightarrow \Delta q = \frac{-N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}}{R} \Delta t \rightarrow |\Delta q| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{R} \right| = \left| \frac{-20 \times 0/2}{4} \right| = 1 C$$

۲۹- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. تغییرات شار در بازه‌های صفر تا ۲۰s و ۳۰s تا ۵۰s خطی است. در نتیجه مقدار لحظه‌ای آهنگ تغییر شمار با مقدار متوسط آن برابر است، لذا نیروی محرکه القایی هریک از لحظات این بازه‌ها با نیروی محرکه القایی متوسط در آن بازه برابر است:

$$E_{t=10s} = \bar{E}_{20s \text{ صفر تا } 20s} = \frac{10^{-2} - 0}{20 - 0} = 5 \times 10^{-4} V$$

$$|E_{t=40s}| = \left| \bar{E}_{20s \text{ تا } 30s} \right| = \left| \frac{0 - 10^{-2}}{40 - 30} \right| = 10^{-3} V$$

۳۰- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا مساحت حلقه‌های سیم لوله را به دست می آوریم:

$$A = \pi r^2 = 3(2)^2 \times 10^{-4} = 12 \times 10^{-4} m^2$$

در ادامه اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی را در بازه‌ی زمانی مورد نظر به دست می آوریم:

$$|\varepsilon| = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\Phi = BAC \cos \theta} |\varepsilon| = NAC \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\rightarrow |\varepsilon| = 300 \times 12 \times 10^{-4} \times (1) \times 200 \times 10^{-4} = 72 \times 10^{-4} V$$

به کمک قانون اهم، مقاومت الکتریکی سیم‌لوله را به دست می آوریم:



$$R = \frac{\varepsilon}{I} = \frac{72 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-3}} = 1/8 \Omega$$

و در نهایت مقاومت هر حلقه برابر است با:

$$R_{\text{هر حلقه}} = \frac{R}{N} = \frac{1/8}{300} = 6 \times 10^{-3} \Omega = 6m\Omega$$

۳۱- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا اندازه ی تغییرات شار عبوری از حلقه را در بازه ی زمانی مورد نظر به دست می آوریم:

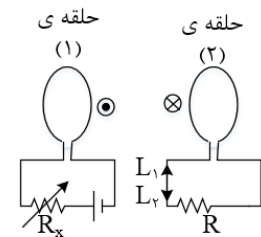
$$\Phi \Delta = (AB)ACos \theta \xrightarrow{B_1=3T, B_2=-6T, Cos\theta=1}$$

$$|\Phi \Delta| = |(-9) \times 200 \times 10^{-4}| = 0/18Wb$$

در ادامه به کمک رابطه ای که در زیر اثبات شده است، بار الکتریکی عبوری از قاب را به دست می آوریم

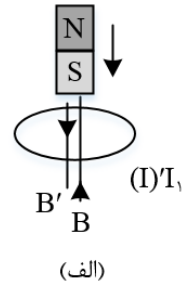
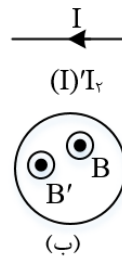
$$\begin{cases} |\varepsilon| = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ |\varepsilon| = RI = R \frac{\Delta q}{\Delta t} \end{cases} \rightarrow N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = R \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \Delta q = \frac{N \Delta \Phi}{R} \rightarrow \Delta q = \frac{1(0/18)}{0/1} = 1/8C$$

۳۲- گزینه ی ۲ پاسخ صحیح است. با کاهش مقاومت  $R_x$  شدت جریان در حلقه ی (۱) افزایش می یابد که باعث ایجاد میدان برون سو می شود در نتیجه جریان در حلقه ی (۲) به گونه ای القا می شود که با عامل ایجاد کننده ی خود مقابله کند (بنابر قانون لنز) پس باید میدان درون سو ایجاد کند، بنابر این جریان ایجاد شده به شکل پل است و دو حلقه به علت به وجود آمدن قطب های موافق یکدیگر را دفع می کنند.



۳۳- گزینه ی ۱ پاسخ صحیح است. در اثر افزایش مقدار R جریان در سیم لوله ی چپ کاهش می یابد که این پدیده باعث ایجاد جریان خود القایی در جهت جریان اصلی سیم لوله ی چپ می شود و بنابر قانون لنز جریان در سیم لوله ی راست از C به D است.

۳۴- گزینه ی ۱ پاسخ صحیح است.



در شکل (الف) با نزدیک شدن آهنربا به حلقه، شار گذرنده از حلقه افزایش می یابد. با توجه به قانون لنز در حلقه جریان القایی در جهتی شارش می کند که میدان ناشی از آن ( $B'$ ) با میدان آهنربا ( $B$ ) مخالفت می کند.

اگر جریان در شکل (ب) کاهش یابد، شار و میدان مغناطیسی گذرنده از حلقه نیز کاهش می یابد. بنابر این جریان القایی در حلقه (۱) در جهتی است که میدان ناشی از آن ( $B'$ ) هم جهت با  $B$  است.

۳۵- گزینه ی ۴ پاسخ صحیح است.

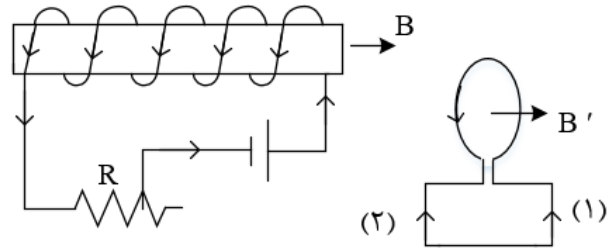
(۱) اگر کلید  $k$  قطع شود جریان در سیم لوله  $A$  از  $I$  به صفر می رسد یعنی جریان کم می شود در نتیجه جهت جریان در دو سیم لوله باید در یک جهت باشند.

(۲) مقاومت زیاد شود جریان در مدار  $A$  کم می شود در نتیجه جهت جریان در دو سیم لوله باید هم جهت باشند.

(۳) اگر سیم لوله  $A$  به سمت راست حرکت نماید یعنی میدان در سیم لوله  $B$  زیاد می شود در نتیجه جریان در دو سیم لوله باید مخالف یکدیگر باشند.

۳۶- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. وقتی رئوستا در حالت معینی قرار دارد، جریان  $I$  در سیم لوله در جهتی که نشان داده شده است می گذرد و در حلقه جریانی وجود ندارد. با ازدیاد مقاومت رئوستا جریان  $I$  کم شده و خط های میدان مغناطیسی عبوری از حلقه گم می شود، بنا به قانون لنز باید جریان القایی در حلقه در جهتی به وجود بیاید که با عامل مولدش مخالفت کند و به عبارت دیگر، آن تغییر را جبران کند، پس در این حالت در حلقه، جریان در جهت (۱) (که هم جهت با جریان  $I$  است) به وجود می آید، تا تغییر شار مربوط به کم شدن  $I$  را جبران کند از طرفی نیروی محرکه ی خود القایی در سیم لوله ( $\mathcal{E}_L$ ) طبق قانون لنز در جهتی است که می خواهد مانع کاهش شار مغناطیسی ای شود که منبع تغذیه ایجاد می کند به همین دلیل در جهت نیروی محرکه ی منبع تغذیه عمل می کند.





۳۷- گزینه ۴ پاسخ صحیح است. القاگر در مسیر لامپ  $L_2$  با تغییر جریان مخالفت می کند لذا ابتدا جریانی از  $L_2$  عبور نمی کند و تمام جریان از را عبور می کند.

وقتی کلید بسته می شود القاگر مانند یک مقاومت بسیار بزرگ عمل می کند و مقاومت مدار شامل مقاومت های  $L_1$  و  $L_3$  می شود. ولی پس از آن که جریان ثابت شد مقاومت القاگر در حد معمول  $R_L$  می ماند. بنابر این مقاومت اولیه  $2R$  و مقاومت ثانویه  $R = \frac{R(R+R_L)}{R+(R+R_L)}$  است یعنی مقاومت کل کاهش می یابد و جریان کل مدار که تعیین کننده ی نور  $L_3$  است، افزایش می یابد.

۳۸- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. می دانیم انرژی ذخیره شده در یک القاگر به صورت  $U = \frac{1}{2}LI^2$  است:

$$U_1 = \frac{1}{2}LI_1^2 = 40\mu J \rightarrow U_2 = \frac{1}{2}LI_2^2 \xrightarrow{L_2=L_1=0/2} U_2 = \frac{1}{2}L(I_1 - 0/2)^2 = 10\mu J$$

$$\rightarrow \frac{10\mu J}{40\mu J} = \frac{\frac{1}{2}L(I_1 - 0/2)^2}{\frac{1}{2}LI_1^2} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{I_1 - 0/2}{I_1} = 2I_1 - \frac{0}{4} \rightarrow I_1 = 0/4A$$

$$\rightarrow L_1 = \frac{2 \times 40 \times 10^{-6}}{16 \times 10^{-2}} = 0/5 \times 10^{-3}H = 0/5mH$$

۳۹- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. جریان را در شاخه ی پایینی از A به B گرفته و آن را با مینامیم.

$$V_A + \varepsilon_2 - r_2I_2 - 5I_2 = V_B \rightarrow V_A - V_B = -12 + I_2 + 5I_2$$

$$\rightarrow 6 = -12 + 6I_2 \rightarrow I_2 = 3A$$

در نتیجه جریان گذرنده از سیملوله برابر است با:

$$I + I_2 = 5 + 3 = 8A$$

از رابطه ی انرژی ذخیره شده در القاگر داریم:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 0/02 \times (8)^2 = 0/64J$$

۴۰- گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \rightarrow \frac{V_2}{220} = \frac{20}{100} \rightarrow V_2 = 44V$$

$$V_2 = RI_m \rightarrow 44 = 11I_m \rightarrow I_m = 4A$$

$$I = I_m \sin \omega t \rightarrow I = 4 \sin 100\pi t$$

۴۱- گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$U_3 = \frac{1}{2} L_3 I_3^2 \rightarrow \frac{9}{100} = \frac{1}{2} \times \frac{5}{10} I_3^2 \rightarrow I_3^2 = 0/36 \rightarrow I_3 = 0/6A$$

سیم لوله های (۲) و (۳) با هم موازی هستند.

$$R_2 I_2 = R_3 I_3 \rightarrow 24 I_2 = 12 I_3 \rightarrow I_2 = \frac{12 \times 0/6}{24} = 0/3A$$

$$I = I_2 + I_3 = 0/9A$$

$$U_1 = \frac{1}{2} L_1 I^2 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{10} \times \frac{81}{100} = 81mJ$$

۴۲- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا باید ولتاژ ایجاد شده توسط مبدل را در دو سر مقاومت  $20\Omega$  بیابیم:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} \rightarrow \frac{2000}{4000} = \frac{V_2}{200} \rightarrow V_2 = 100(v)$$

$$\text{قانون اهم: } R = \frac{V}{I} \rightarrow 20 = \frac{100}{I} \rightarrow I = 5(A)$$

۴۳- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. گام اول: به کمک نمودار رسم شده، دوره را به دست می آوریم:

$$3 \left( \frac{T}{4} \right) = 0/06 \rightarrow T = 0/08s$$

گام دوم: معادله ی جریان متناوب عبوری از مولد را نوشته و مقدار  $t = \frac{1}{150} s$  را در آن جایگذاری می کنیم:

$$I = I_m \sin \left( \frac{2\pi}{T} t \right) = 0/6 \sin \left( \frac{2\pi}{0/08} t \right)$$

$$\rightarrow I = \frac{0}{6 \sin \left( \frac{200\pi}{8} \times \frac{1}{150} \right)} = 0/6 \sin \left( \frac{\pi}{6} \right) = 0/3A$$

۴۵- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. طبق نمودار:

$$\frac{5T}{4} = \frac{1}{320} \rightarrow T = \frac{1}{400} s$$

همچنین مقدار بیشینه ی جریان الکتریکی  $5\sqrt{2}A$  است.

$$I = I_{max} \sin \left( \frac{2\pi}{T} t \right) = 5\sqrt{2} \sin \left( \frac{2\pi}{\frac{1}{400}} \times \frac{1}{3200} \right) = 5\sqrt{2} \sin \frac{\pi}{4} = 5\sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 5A$$



۴۶- گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در مدت یک ثانیه، ۵ بار قدر مطلق جریان پیشینه شده است.

$$T + T + \frac{T}{4} = 0/09 \rightarrow \frac{9T}{4} = 0/09 \rightarrow T = 0/04s$$

معادله جریان خواهد شد:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}\right)t \rightarrow I = 4 \sin \frac{2\pi}{0/04}t \rightarrow I = 4 \sin 50\pi t$$