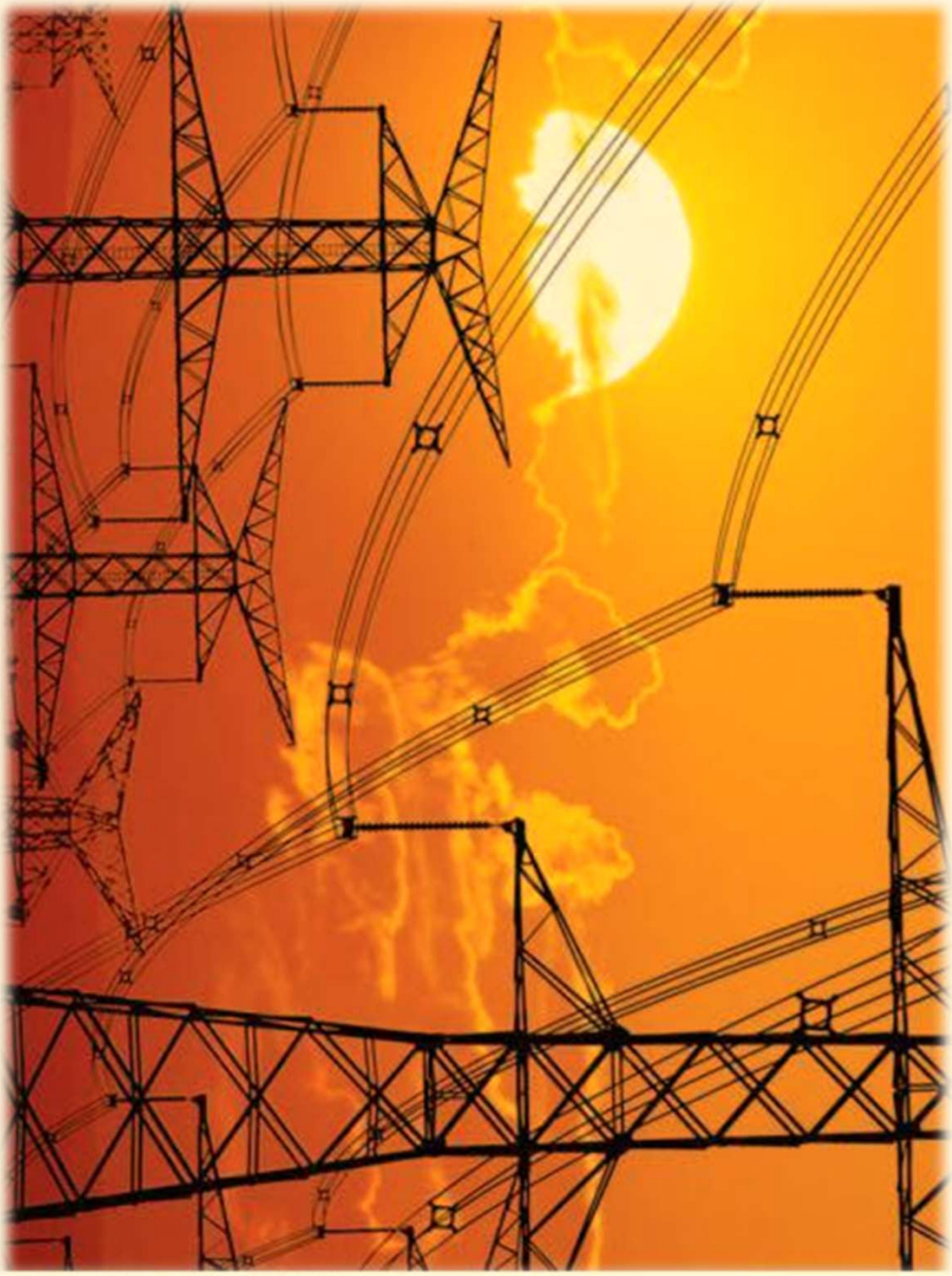
۲ جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم



مبانی ورود به این موضوعات

آشنایی با:

مولدها یا باتری

مدار

جریان الکتریکی

Ah,mAh

مقاومت الکتریکی

توان و ...

مبحث۱:

رساناها در بود و نبود میدان الکتریکی – شارش بار الکتریکی

امید برزوئی

تفاوت حرکت اکترونها در یک رسانا را با وجود و بدون وجود میدان الکتریکی

آیا هر حرکت الکترونها را می توانیم شارش بار بنامیم؟

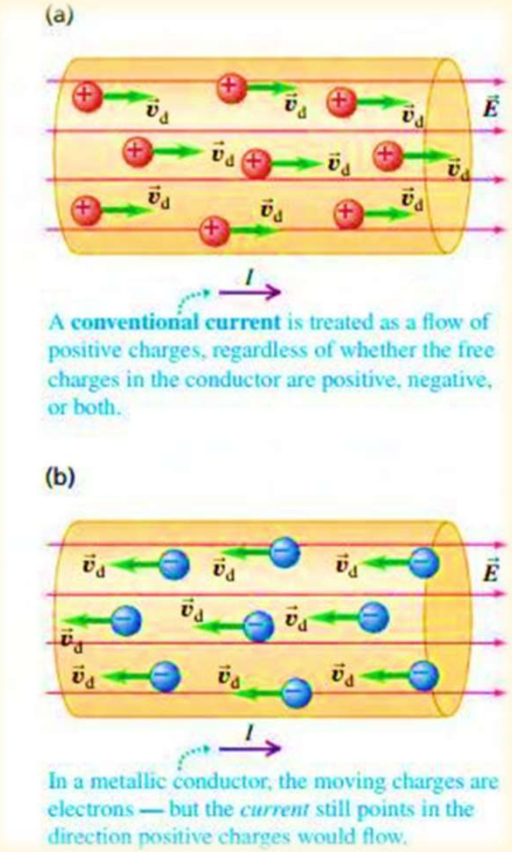
انیمیشن

در انیمیشن بالا((دو نکته دیگر))نیز قابل توجه است :

☜ اول اینکه گرچه با وصل مدار ، لامپ بلافاصله و در زمان کوتاهی روشن شد اما سرعتی که یک الکترون نوعی با آن جابجا می شود بسیار کم و از مرتبه ی mm/sاست.یعنی یک الکترون تا در مداری معمولی به طول چند متر یک دور کامل بزند چند هزار ثانیه ! در راه خواهد بود و این در حالیست که به یکدیگر با سرعتی از مرتبه ی $10^6 \frac{m}{s}$برخورد می کنند.

به سرعتِ کمِ جابجا شدن الکترونها در مدار ، سرعت سوق گفته می شود.

دوم اینکه جهت جریان الکتریکی که با i در انیمیشن نشان داده شده و به زودی آن را تعریف خواهیم کرد ، برعکس جهت شارش الکترونهاست!

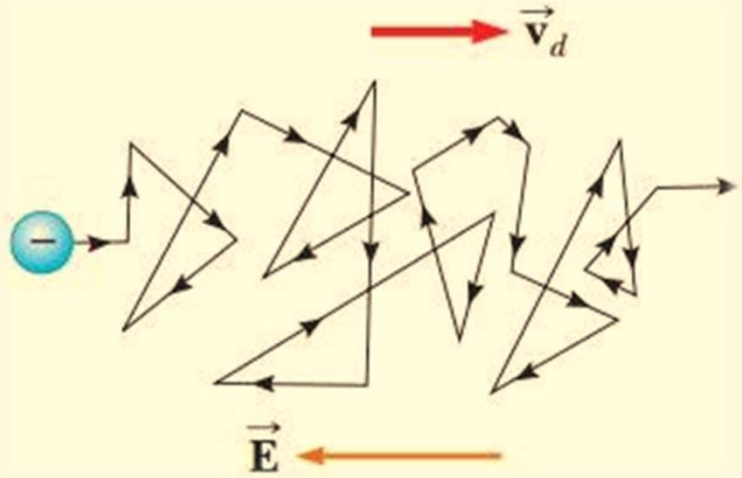


مبحث ۲:

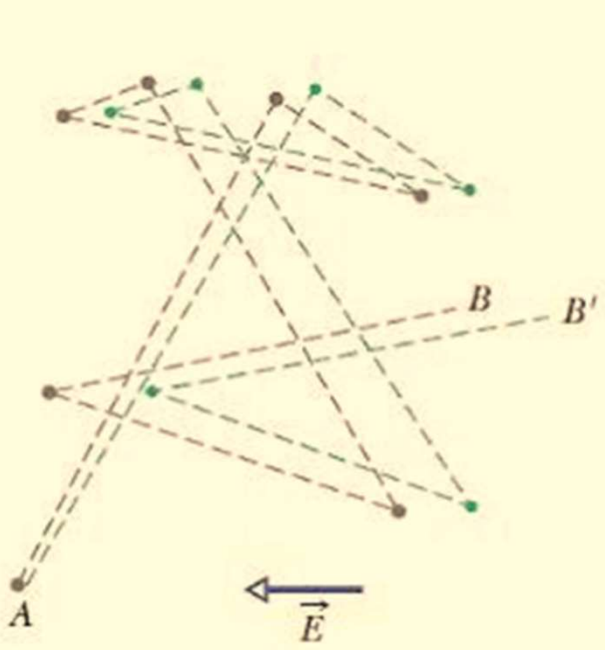
رساناها در بود و نبود میدان الکتریکی – شارش بار الکتریکی (ادامه)

امید برزوئی

علت این مطلب ،تاریخی است و بر می گردد به این که ابتدا می پنداشتند بارهای مثبت حرکت می کنند ! و تعاریف و اصول تحلیل ها را بر این مبنا بنیانگذاری کرده بودند ولی چون حرکت بار مثبت در یکسو با حرکت همان مقدار بار منفی در سوی مخالف نتیجه ی فیزیکی یکسانی دارد لذا به این تصور نادرست در فیزیک دست نزده و جهت جریان مدارهابرخلاف حرکت الکترونها انتخاب می شود. مانند آنکه ماشینهایی که در ترافیک جلو رفته و جای خالی بین خود را به پشت منتقل می کنند و چه بگوئیم ((ماشینها جلو می روند)) و چه بگوئیم ((فضای خالی بینشان عقب می رود)) هر دو صحیح و مترادف اند.



شکل ۲ـ۷ مسیر زیگزاگ یک الکترون آزاد در یک رسانای فلزی. در حضور میدان الکتریکی، این مسیر زیگزاگ در خلاف جهت میدان سوق یافته است[1].



شکل ۲۶-۱۱، خط چین خاکستری مسیر حرکت یک الکترون را نشان می دهد. خط چین سبز مسیر حرکت همان الکترون را در حضور میدان الکتریکی نشان می دهد.

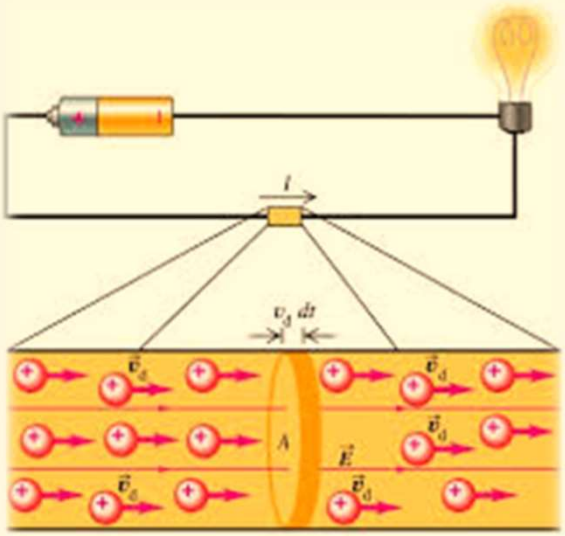
سرعت سوق الکترون‌های آزاد در یک رسانا می‌تواند به کندیِ سرعت حرکت یک حلزون باشد. اگر سرعت سوق الکترون‌ها این‌قدر کم است، پس چرا وقتی کلید برق را می‌زنیم چراغ‌های خانه به سرعت روشن می‌شوند؟ (*راهنمایی*: شیلنگ شفافی را در نظر بگیرید. وقتی شیر را باز می‌کنید، هنگامی که شیلنگ پر از آب است، آب بلافاصله از سر دیگر شیلنگ جاری می‌شود؛ ولی اگر لکه‌ای رنگی را درون آب چکانده باشیم، می‌بینیم این لکهٔ رنگی به آهستگی در آب حرکت می‌کند.)

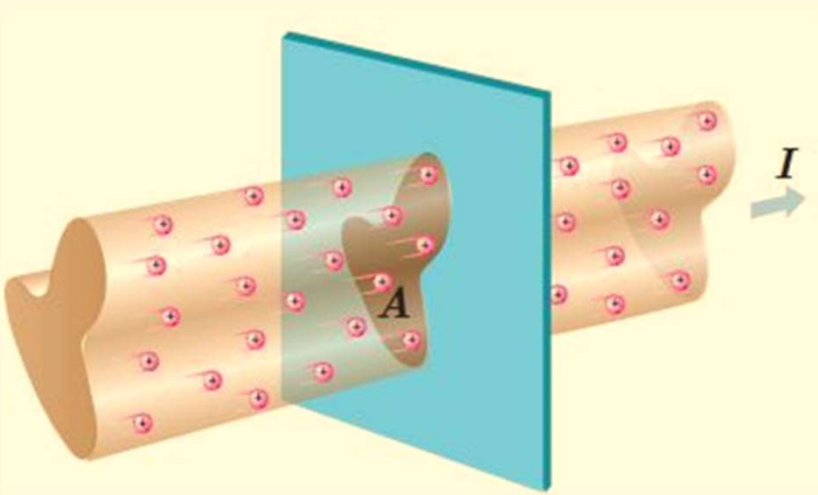
پاسخ:مملو از الکترونها بودن تمام مسیر

مبحث ۳:
شدت جریان الکتریکی متوسط

امید برزوئی

همانطور که دیدیم هر حرکتی از بارها لزوما شارش بار نیست بلکه باید بارها در حرکتی هدفمند و در جهتی مشخص باشند که شارش نامیده شود.





مقدار بار خالصی که از مقطع A می گذرد بار شارش یافته است

اکنون می‌خواهیم تعریفی برای جریان الکتریکی در یک رسانا ارائه کنیم. فرض کنید بار خالص Δq در بازهٔ زمانی Δt از مقطعی از رسانا می‌گذرد. نسبت $\Delta q/\Delta t$ را **جریان الکتریکی متوسط** می‌گویند. اگر این آهنگ ثابت باشد، جریان برابر است با

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \qquad (۱ـ۲)$$

در رابطهٔ ۲ـ۱ بار الکتریکی (Δq) برحسب کولن (C)، مدت زمان (Δt) برحسب ثانیه (s) و جریان (I) برحسب آمپر (A) است. برخی از مقادیر تقریبی جریان‌های متداول عبارت‌اند از ۱A برای لامپ حبابیِ ۲۰۰W، ۲۰۰A برای استارت خودرو، ۱mA برای تأمین انرژی نمایشگر گوشی همراه، ۱nA برای جریان نورون‌های مغزی، ۱۰kA در یک یورش آذرخش نوعی، و ۱GA در بادهای خورشیدی[۲].

در این فصل با جریان مستقیم[۳] سروکار داریم که در آن جهت جریان با زمان تغییر نمی‌کند و مقدار جریان ثابت می‌ماند.

مثال ولتاژ باتری یک نوع ماشین‌حساب ۳/۰V است. وقتی ماشین‌حساب روشن است، این باتری باعث عبور جریان ۰/۱۷mA در آن می‌شود. اگر این ماشین حساب یک ساعت روشن باشد :

الف) در این مدت چه مقدار بار از مدار می‌گذرد؟ ب) باتری چقدر انرژی به مدار ماشین‌حساب می‌دهد؟

پاسخ : الف) باری که در یک ساعت از مدار می‌گذرد، با استفاده از رابطهٔ ۲ــ۱ برابر است با

$$\Delta q = I(\Delta t) = (۰/۱۷ \times ۱۰^{-۳}\text{A})(۳/۶ \times ۱۰^{۳}\text{s}) = ۰/۶۱\text{C}$$

ب) انرژی‌ای که باتری به مدار می‌دهد، بنابه رابطهٔ ۱ــ۱۳ ($W_{\text{خارجی}} = q\Delta V$) چنین می‌شود :

$$\text{انرژی داده شده به مدار} = q\,\Delta V = (۰/۶۱\text{C})(۳/۰\text{ V}) = ۱/۸\text{J}$$

از سیمی شدت جریان ۰/۸ آمپر می‌گذرد. در مدت ۲۰ ثانیه چند الکترون از مقطع این سیم عبور می‌کند؟ (اندازهٔ بار الکتریکی الکترون $1/6 \times 10^{-19}$ کولن است.)

۱) 10^{20} ۲) 10^{19} ۳) 10^{18} ۴) 10^{17}

مبحث۴:
یکای آمپر–ساعت و نمودار I-t

امید برزوئی

یکایی به نام آمپرساعت

در باتری خودروها یا باتریهای تلفن های همراه و ... یکایی به نام Ah یا mAh دیده می شود که در واقع یکای بار الکتریکی است.

$$\Delta q = I\Delta t$$

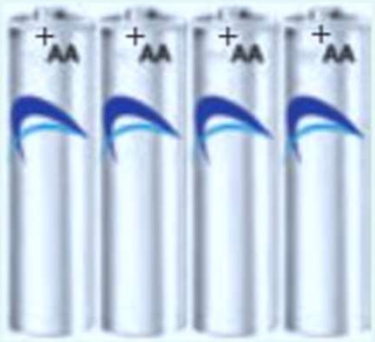
هر Ah برابر ۳۶۰۰ کولن بار است

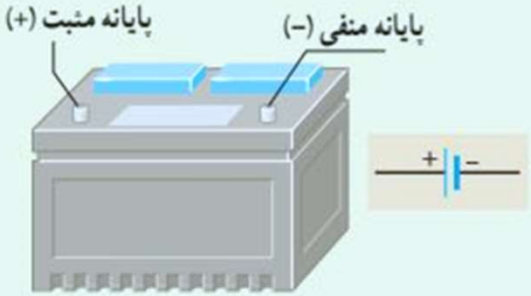
یکای آمپر– ساعت بیانگر آن است که ، از سامانه ای مانند یک باتری حداکثر چه مقدار بار الکتریکی و در چه مدتی می تواند به طور ایمن عبور کند و هر چه آمپر – ساعت یک باتری بیشتر باشد حداکثر باری که باتری می تواند از مدار عبور دهد تا بطور ایمن تخلیه شود بیشتر است.

مانند گذرگاهی خیالی و هوشمند که فقط تعداد معینی از افراد می توانند از روی آن عبور کنند و پس از آن گذرگاه مسدود یا ویران می گردد پس هرچه تعداد افراد با هجوم بیشتری از آن بگذرند این گذرگاه زودتر به حد نصاب برای بسته شدن می رسد و اگر افراد جدا جدا و در تعداد کم از این گذرگاه عبور کنند بدیهی است که دیرتر و در مدت طولانی تری به این حد نصاب خواهد رسید!

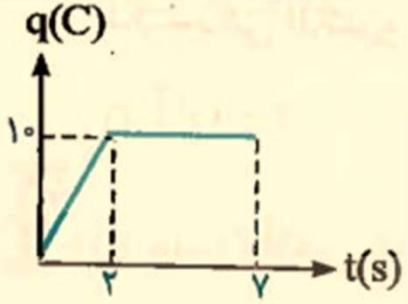
مثال الف) باتری استاندارد خودرویی، ۵۰Ah است. اگر این باتری جریان متوسط ۵/۰A را فراهم سازد، چقدر طول می‌کشد تا خالی شود؟

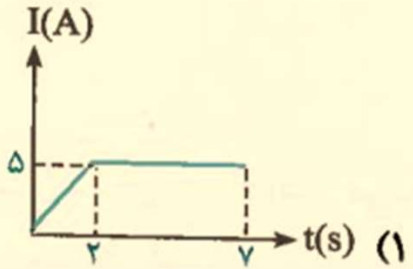
ب) روی یک باتری قلمی مقدار ۱۰۰۰mAh نوشته شده است. اگر این باتری جریان متوسط ۱۰۰μA را فراهم سازد، چه مدت طول می‌کشد تا خالی شود؟

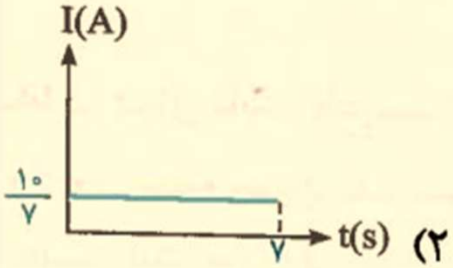


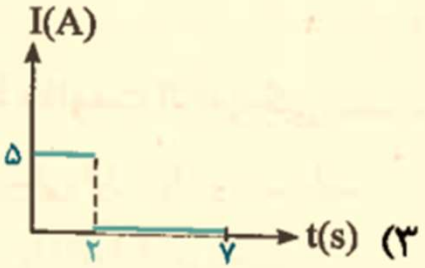


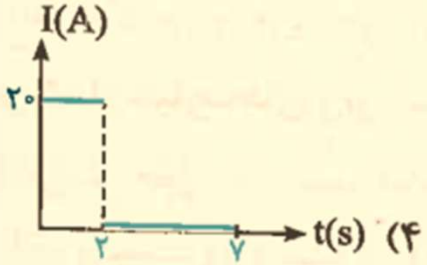
نمودار بار شارش‌شده در یک جسم رسانا برحسب زمان به‌صورت مقابل است. کدام‌یک از نمودارهای زیر شدت جریان گذرنده از این جسم را به‌درستی نشان می‌دهد؟



۱)


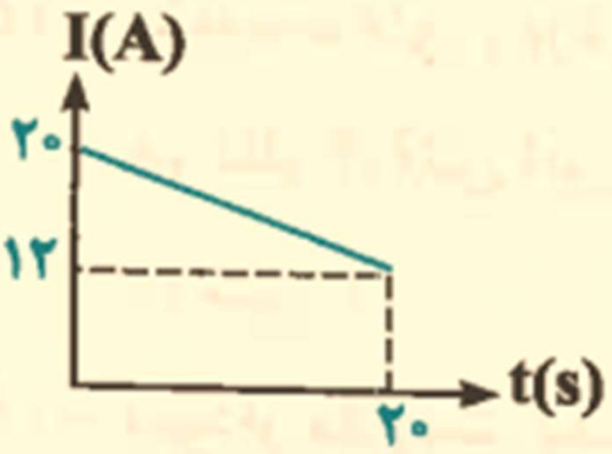
۲)


۳)


۴)


نمودار جریان عبوری از مقطع یک سیم برحسب زمان مطابق شکل است. در ۱۰ ثانیهٔ اول، چند آمپر ـ ساعت الکتریسیته از مقطع این سیم عبور کرده است؟ (سراسری تجربی ۸۳ خارج از کشور)

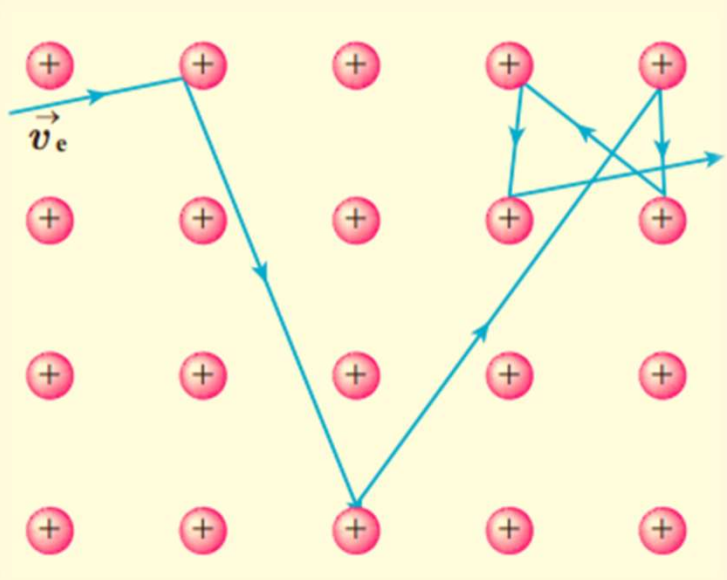
۱) ۰/۱ ۲) ۰/۰۵ ۳) ۳۶۰ ۴) ۱۸۰



مبحث۵:
مفهوم مقاومت الکتریکی و عوامل تقویت و تضعیف آن

امید برزوئی

از مزاحمتی که خود الکترونها برای حرکت یکدیگر و همچنین برخوردهایی که با اتم های رسانا در سر راهشان انجام می دهند و موجب کندی حرکت و کاهش شدت جریان عبوری می گردد به طور کیفی به عنوان مقاومت الکتریکی نام می بریم که البته باید به نحوی آن را به صورت کمی نیز درآوریم و اندازه گیری کرد.



شدت جریان ، شاخصی برای سنجیدن مقاومت رساناهای مختلف است.

سه عامل بر مقاومت ، موثرند یعنی سه عامل وجود دارند که شدت جریان عبوری از رسانا تغییر می دهند:

ابعاد رسانا(به معنی طول و سطح مقطع) چرا ؟ استدلال کنید

راهرو قطار و راهرو مدرسه

جنس رسانا چرا؟ استدلال کنید ...

دمای رسانا چرا؟ استدلال کنید

تاثیر دما بر مقاومت بخشی از مدار که سرد می شود و تغییر نور لامپ

مبحث ۶:

چرا $\frac{V}{I}$ را مقاومت نامیده ایم؟

امید برزوئی

قبل از ورود به این بحث

تکلیف F2-A:

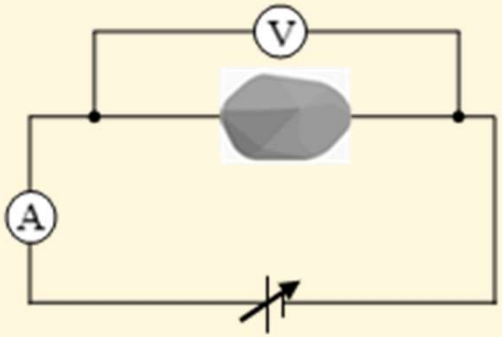
سوالات شماره ۱ تا ۲۱ از فایل کتاب کار فصل دوم بخش ۲-۱

توجه:

کلاس های ۲۱۱ و ۲۱۳ و ۲۱۵ شماره های فرد این بخش رو انجام بدن

کلاس های ۲۱۲ و ۲۱۴ شماره های زوج این بخش رو انجام بدن

اگر یک رسانا با ((ابعاد)) معین ، ((جنس)) مشخص و ((دما)) ی معلوم را در مدار ساده ای که آمپرسنجی شدت جریان گذرنده از آن را اندازه می گیرد و



ولت سنجی هم اختلاف پتانسیل دو سر آن را نشان می دهد ، قرار دهیم و در اندازه گیریهای مختلف ابعاد و جنس و دما را تغییر دهیم ، متوجه خواهیم شد که نسبت ولتاژ به جریان رسانا نیز فقط با تغییر همین سه عامل تغییر می کند یعنی همان عواملی که مقاومت به آنها وابسته بود ، نسبت V/I را نیز تغییر می دهند.

پس نسبت $\frac{V}{I}$ را مقاومت با نماد R می نامیم.یکای R ولت بر آمپر است که به افتخار کارهای سیمون اُهم ، اُهم نامیده شده و با نماد Ω نشان داده می شود.

آزمایشی را توضیح دهید که :

تاثیر سطح مقطع رسانا را بر مقاومتش نشان دهد.

تاثیر طول رسانا را بر مقاومتش نشان دهد.

تاثیر جنس رسانا را بر مقاومتش نشان دهد.

تاثیر دمای رسانا را بر مقاومتش نشان دهد.

جورج سیمون اُهم (۱۸۵۴ــ ۱۷۸۷م)

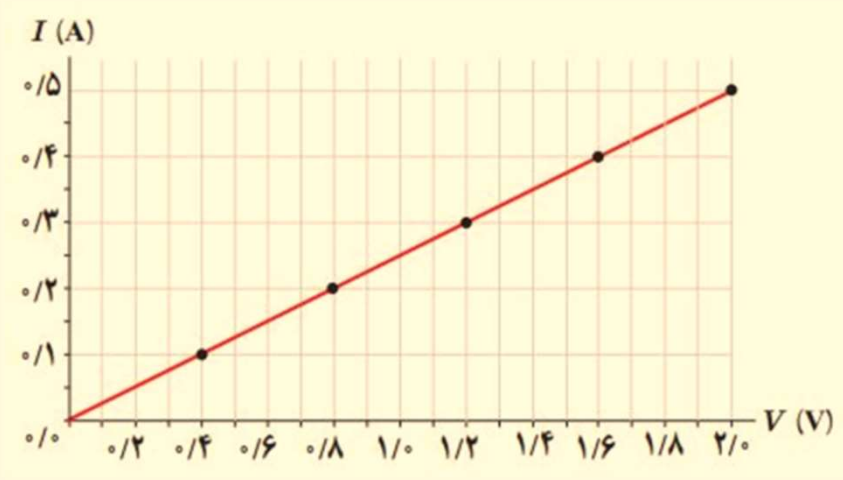
هرگاه در دمای ثابت نسبت $\frac{V}{I}$ برای یک رسانا ثابت بماند آن را رسانای اهمی می‌نامیم.(یعنی از قانون اهم پیروی می‌کند)

قانون اُهم: جریان عبوری از یک رسانا با اختلاف پتانسیل دو سر رسانا رابطه مستقیم دارد.(این قانون برای فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی برقرار است)

نمودار I-V برای رساناهای اهمی خطهایی گذرنده از مبدأ هستند:

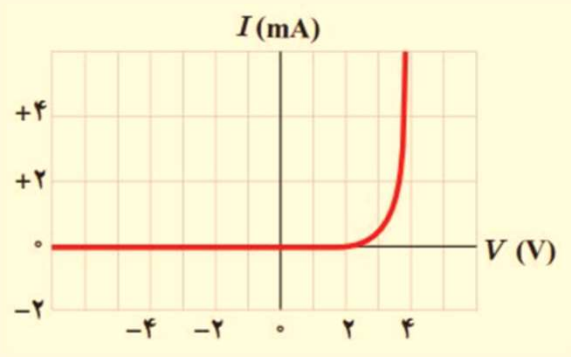
جدول ۲ــ۱ مقادیری نوعی برای یک رسانای اُهمی

V(V) اختلاف پتانسیل	I (A) جریان	R (Ω) مقاومت
۰/۴	۰/۱	۴
۰/۸	۰/۲	۴
۱/۲	۰/۳	۴
۱/۶	۰/۴	۴
۲/۰	۰/۵	۴



ولی رساناهای غیراهمی نمودار غیرخطی دارند:

مثلاً برای یک LED یا دیود نورگسیل جریان رابطه خطی با ولتاژ ندارد.



مبحث۷:
مثال و مرور قانون اُهم

امید برزوئی

مثال:رشته یک لامپ از قانون اهم پیروی می‌کند. هنگامی که باتری ۱/۵ ولتی به لامپ متصل است جریانی برابر ۰/۵ آمپر از این رشته می‌گذرد.

الف) مقاومت رشته لامپ چند اهم است؟

ب) اگر باتری پس از مدتی ولتاژش به ۱/۲ ولت برسد چه جریانی از لامپ عبور خواهد کرد؟

مرور:

جاهای خالی را تکمیل کنید:

الف) نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به شدت جریانی که از آن می‌گذرد، ..... رسانا نامیده می‌شود.

ب) یکای مقاومت الکتریکی ..... است که با نماد ..... نشان داده می شود.

پ) با اعمال اختلاف پتانسیل یکسان، سیم با مقاومت کمتر، جریان ..... از خود عبور می‌دهد.

ت) شیب نمودار جریان برحسب اختلاف پتانسیل برای یک رسانای اُهمی، بیانگر ..... است.

ث) دیود نوری یا LED یک رسانای.....است .

مرور:

ج) با دو برابر کردن اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانای اهمی، مقاومت آن ..... .

چ) در صورتی که یک وسیله رسانشی از قانون اهم پیروی کند مقاومت الکتریکی آن در دمای ثابت، ..... است.

ح) اگر مقاومت الکتریکی ثابت باشد جریان عبوری از مقاومت ، با اختلاف پتانسیل دو سر آن رابطه ..... دارد.

خ) با اعمال اختلاف‌پتانسیل یکسان، سیم با مقاومت بیشتر، جریان ..... از خود عبور می‌دهد

د) مقاومت الکتریکی را در مدارهای الکتریکی با نماد ..... نمایش می‌دهند.

ه) در نمودارهای I-V که برای رساناهای اهمی رسم می شوند خطی که به محور Vنزدیک تر است مربوط به مقاومت .....است.

تکلیف F2-B:

سوالات شماره ۱ تا ۲۶ از فایل کتاب کار فصل دوم بخش ۲-۲

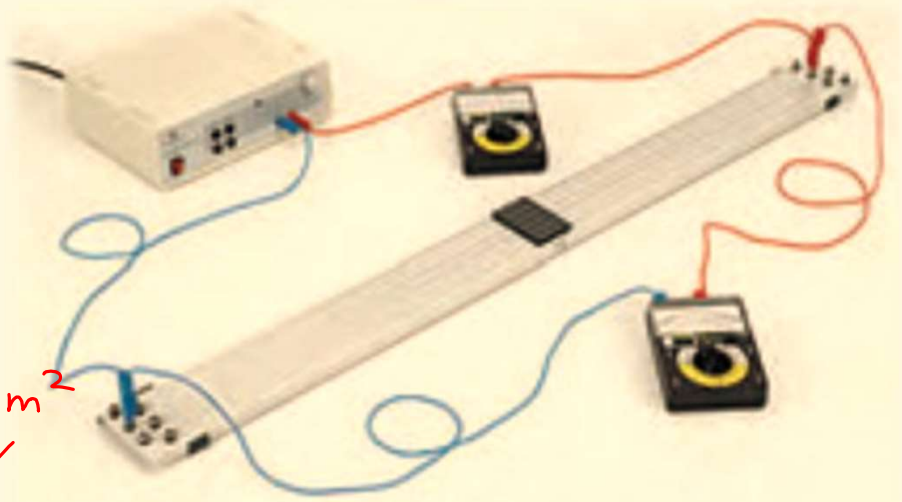
توجه:

کلاس های ۲۱۱ و ۲۱۳ و ۲۱۵ شماره های فرد این بخش رو انجام بدن

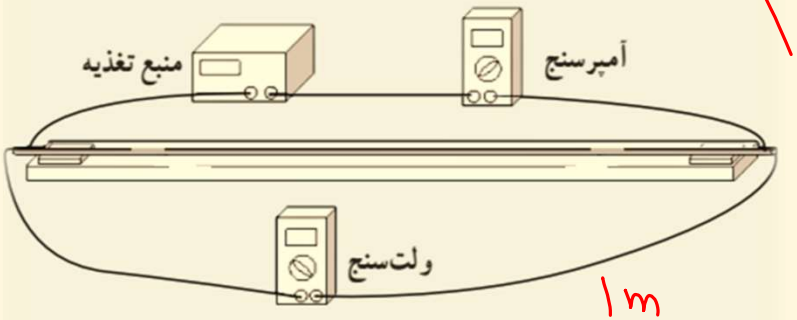
کلاس های ۲۱۲ و ۲۱۴ شماره های زوج این بخش رو انجام بدن

مبحث۸:
تعیین مقاومت از ویژگیهای خود رسانا

امید برزوئی

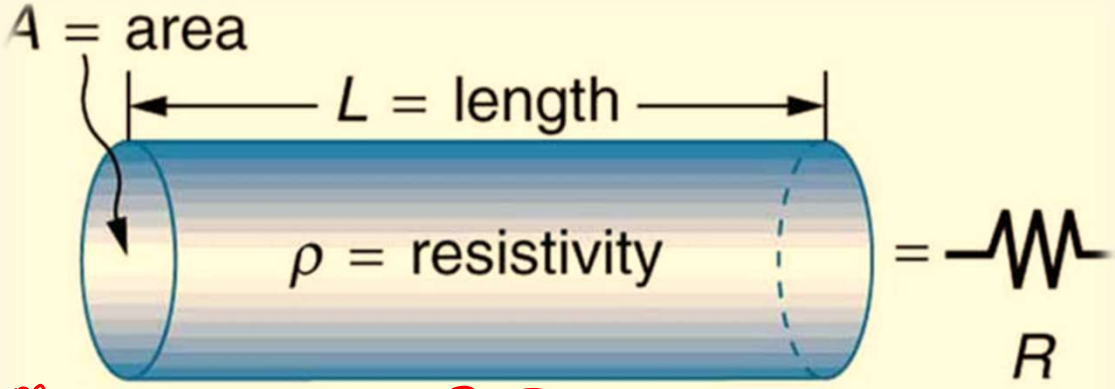


(الف) اسباب آزمایش اندازه‌گیری مقاومت یک سیم رسانا



(ب) طرحی از مدار این آزمایش

از بررسی های بیان شده به رابطه ی زیر می رسیم :



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

$\frac{1m}{1m^2}$

$\Omega = [\rho] \times \frac{m}{m^2} \Rightarrow [\rho] = \Omega.m$

در این رابطه L طول رسانا ، A سطح مقطع رسانا و ρ که نماینده جنس رساناست مقاومت ویژه نامیده می شود

مقاومت ویژه: مقاومت رسانایی به طول و سطح مقطع واحد مثلاً رسانایی به طول 1 cm و سطح مقطع 1cm2

ماده	مقاومت ویژه ρ ($\Omega.m$)	ضریب دمایی مقاومت ویژه α (K^{-1})
رسانای فلزی		
نقره	$1/6\times10^{-8}$	$4/1\times10^{-3}$
مس	$1/7\times10^{-8}$	$4/3\times10^{-3}$
طلا	$2/4\times10^{-8}$	$3/4\times10^{-3}$
آلومینیم	$2/8\times10^{-8}$	$4/4\times10^{-3}$
تنگستن	$5/5\times10^{-8}$	$4/5\times10^{-3}$
آهن	$9/7\times10^{-8}$	$6/5\times10^{-3}$
پلاتین	10×10^{-8}	$3/9\times10^{-3}$
سرب	22×10^{-8}	$4/3\times10^{-3}$
کُنستانتان[1]	44×10^{-8}	$2/0\times10^{-6}$
نیکروم[2]	100×10^{-8}	$4/0\times10^{-4}$

نیم‌رسانا		
گرافیت	$3/5\times10^{-5}$	-5×10^{-4}
ژرمانیم	$0/46$	-5×10^{-2}
سیلیسیم خالص	$2/5\times10^{3}$	-7×10^{-2}
عایق		
انواع شیشه	$10^{10}-10^{12}$	
لاستیک سخت	10^{13}	
کوارتز (ذوب شده)	10^{16}	

۱ــ ۶۰ درصد مس، ۴۰ درصد نیکل

۲ــ ۵۹ درصد نیکل، ۲۳ درصد مس، ۱۶ درصد کرم و ...

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

$1.6\times10^{-8}\ \Omega$

$1\ mm^2$

$1\ Cm$

4.3%

4.3%

$\frac{\Delta\rho}{\rho_0}\times100$

$\Delta\theta$

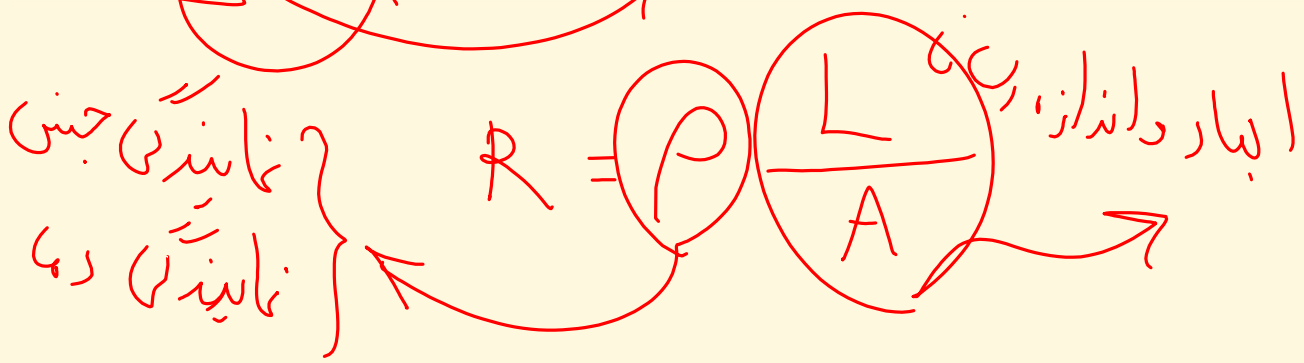
مثال سیم کشی خانه‌ها معمولاً با سیم‌های مسی نمرهٔ ۱۴ بر اساس استاندارد SWG صورت می‌گیرد که قطری برابر با ۲/۰۳۲ mm دارد. مقاومت ۱۰۰m از این سیم‌ها در دمای اتاق چقدر است؟

پاسخ : مساحت مقطع این سیم برابر است با

$$A=\pi r^2=\pi D^2/4=(3/14)(2/032\times10^{-3}\text{m})^2/4=3/24\times10^{-6}\text{m}^2$$

از طرفی مقاومت ویژهٔ سیم مسی در دمای ۲۰°C با استفاده از جدول ۲ـ۲، برابر $1/69\times10^{-8}\Omega.\text{m}$ و طول سیم مسی ۱۰۰m است. بنابراین، با استفاده از رابطهٔ $R=\rho L/A$ برای مقاومت سیم مسی خواهیم داشت :

$$R=\rho\frac{L}{A}=\frac{(1/69\times10^{-8}\Omega.\text{m})(100\text{m})}{(3/24\times10^{-6}\text{m}^2)}=0/522\Omega$$



مثال:

۴۵- طول یک سیم فلزی ۱۰ سانتی‌متر و قطر مقطع آن ۲mm است. اگر سیم را از ابزاری عبور دهیم تا بدون تغییر جرم، مقاومت الکتریکی آن ۱۶ برابر شود، طول آن چند سانتی‌متر می‌شود؟ (سراسری تجربی ۹۳)

۱) ۲/۵ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۶۰

۴۶- جرم دو سیم مسی A و B با هم برابر است، ولی قطر مقطع سیم A، $\sqrt{2}$ برابر قطر مقطع سیم B است. اگر مقاومت الکتریکی سیم B برابر ۱۰Ω باشد، مقاومت الکتریکی سیم A چند اهم است؟ (سراسری ریاضی ۹۰)

۱) ۲/۵ ۲) ۵ ۳) ۲۰ ۴) ۱۲/۵

$m_A = m_B$ ✓

$D_A = \sqrt{2} D_B \Rightarrow A_A = 2A_B$ ✓

تکلیف F2-C:

سوالات شماره ۱ تا ۲۱ از فایل کتاب کار فصل دوم بخش ۲-۱

$R = \rho \frac{L \times A}{A \times A} = \rho \times \frac{\frac{m}{\rho'}}{A^2} \Rightarrow \frac{\rho m}{\rho' A^2} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2$ ~~توجه~~ $\frac{R_A}{10} = \left(\frac{1}{2}\right)^2$

$R_A = 10 \times \frac{1}{4}$

$R_A = 2.5\ \Omega$

کلاس های ۲۱۱ و ۲۱۳ و ۲۱۵ شماره های زوج این بخش رو انجام بدن

کلاس های ۲۱۲ و ۲۱۴ شماره های فرد این بخش رو انجام بدن

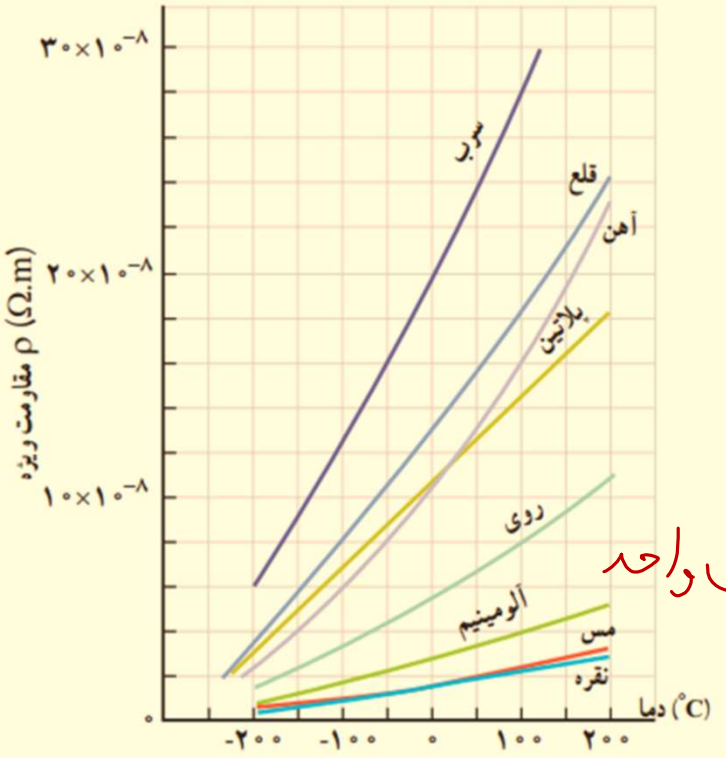
مبحث:
اثر دما بر مقاومت

امید برزوئی

اگر تغییرات مقاومت ویژه بر حسب دما را برای فلزات مختلف بررسی کنیم مشاهده می شود در محدوده ی نسبتا بزرگی از تغییر دما ، خطی است و به همین دلیل می توان از رابطه ای خطی به شکل زیر برای محاسبه ی تغییرات مقاومت ویژه استفاده کرد:

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

که در آن T_0 دمای مرجع و ρ_0 مقاومت ویژه در آن دماست (معمولاً T_0 را دمای اتاق $T_0 = 20^\circ C = 293K$ می‌گیرند) و α ثابتی موسوم به ضریب دمایی مقاومت ویژه و T دمای رسانا (برحسب $^\circ C$ یا K) است. یکای α در این رابطه K^{-1} (یا $1/^\circ C$) است.



شکل ۲ـ۱۴ نمودار مقاومت ویژهٔ چند فلز در یک گسترهٔ دمایی

$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta\theta)$

$\rho_{100} = \rho_{20}(1 + \alpha \times 80)$

ضریب دمایی مقاومت ویژه = تغییرات نسبی مقاومت ویژه به ازای تغییر یک واحد دما

$\frac{\frac{\Delta\rho}{\rho_0}}{\Delta\theta} = \alpha$

ضریب دمایی α در واقع نشان میدهدبه ازای هر درجه تغییر دما ، مقاومت ویژه در هر اهم چقدر تغییر می کند.

به عبارت ساده تر100α نشان می دهدبه ازای هر درجه تغییر دما ، مقاومت ویژه چند درصد تغییر می کند.

مثال: ضریب دمایی مقاومت ویژه برای مس برابر 4.3*10^-3 K^-1 است.این جمله به زبان ساده به چه معنی است؟

4.3×10^{-3}

$100\alpha = 0.43$

یعنی مس در هر درجه تغییر دما مقاومت ویژه اش ۰/۴۳ درصد(نه ۴۳ درصد!) تغییر می کند.

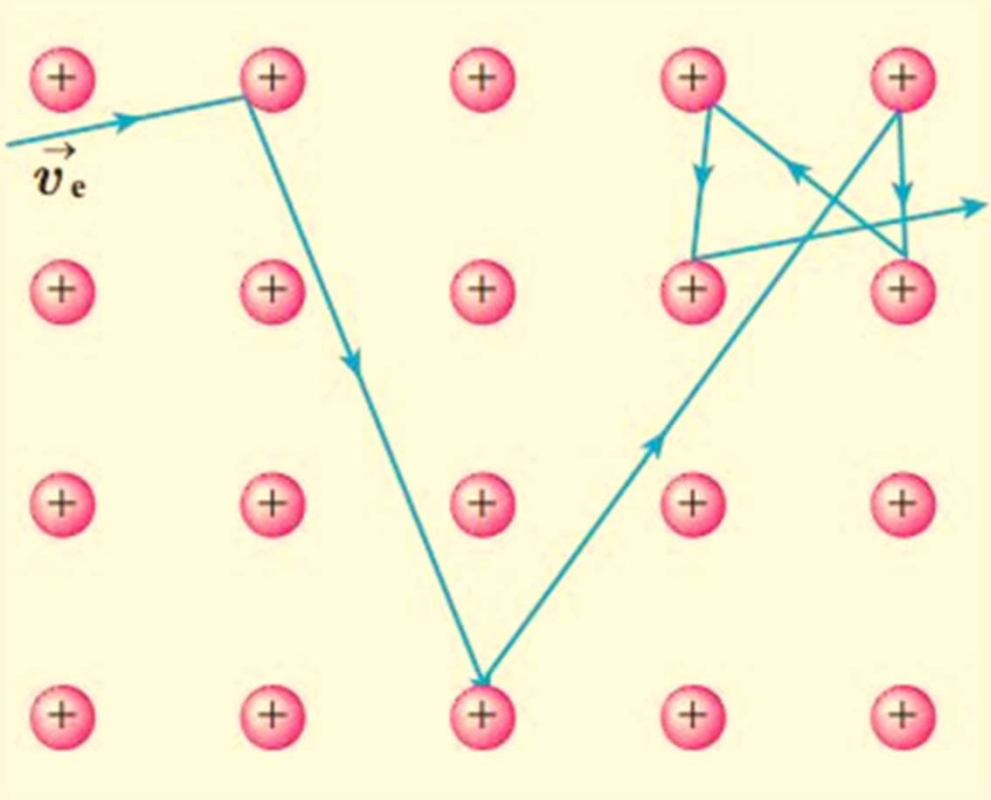
افزایش ⟵ افزایش

کاهش ⟵ کاهش

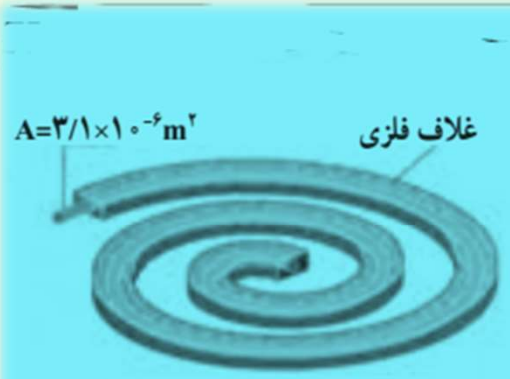
افزایش دما ← کاهش مقاومت ویژه

کاهش دما ← افزایش مقاومت ویژه

ضریب دمایی مقاومت ویژه ی نیمه رساناها منفی است !



مثال شکل روبه‌رو، المنت یک اجاق برقی را نشان می‌دهد. این المنت شامل سیمی به طول ۱/۱m و سطح مقطع $۳/۱\times۱۰^{-۶}m^۲$ است که داخل مادهٔ عایقی قرار گرفته است که خود، درون یک غلاف فلزی است. با عبور جریان، المنت داغ می‌شود. مقاومت ویژهٔ مادهٔ سازندهٔ سیم در دمای $T_۰ = ۳۲۰^\circ C$ برابر با $\rho_۰ = ۶/۸\times۱۰^{-۵}\Omega.m$ است و ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آن $\alpha = ۲/۰\times۱۰^{-۳}K^{-۱}$ است. مقاومت سیم در دمای $۴۲۰^\circ C$ چقدر است؟



یک اجاق برقی و طرحی از المنت آن

پاسخ : مقاومت ویژهٔ ρ را از رابطهٔ $\rho = \rho_۰[۱ + \alpha(T - T_۰)]$ حساب می‌کنیم :

$$\rho = \rho_۰[۱ + \alpha(T - T_۰)] = (۶/۸\times۱۰^{-۵}\Omega.m)[۱ + (۲/۰\times۱۰^{-۳}K^{-۱})(۱۰۰K)]$$
$$= ۸/۲\times۱۰^{-۵}\Omega.m$$

حال از رابطهٔ ۳ــ ۲ مقاومت سیم در دمای $۴۲۰^\circ C$ برابر است با

$$R = \rho\frac{L}{A} = (۸/۲\times۱۰^{-۵}\Omega.m)\frac{(۱/۱m)}{(۳/۱\times۱۰^{-۶}m^۲)} = ۲۹\Omega$$

مبحث:
تکمیل اثر دما بر مقاومت(برای تجربی حذف)

امید برزوئی

تصویری از یک دماسنج مقاومت پلاتینی

مثال همان‌طور که در کتاب فیزیک ۱ دیدید دماسنج مقاومت پلاتینی یکی از سه دماسنج معیار برای اندازه‌گیری دماست. از دماسنج مقاومت پلاتینی می‌توان برای اندازه‌گیری دقیق دما در گسترهٔ دمایی حدوداً از ۱۴K تا ۱۲۳۵K استفاده کرد. اساس کار دماسنج های مقاومت پلاتینی مبتنی بر تغییر مقاومت الکتریکی با دماست. در این دماسنج‌ها از پلاتین استفاده می‌کنند که تقریباً دچار خوردگی نمی‌شود و نقطهٔ ذوب بالایی دارد.

فرض کنید در دمای $20/0^\circ C$ مقاومت پلاتین یک دماسنج برابر با 164Ω باشد. وقتی این دماسنج در محلول خاصی قرار گیرد، مقاومت آن 187Ω می‌شود. دمای این محلول چقدر است؟ (مقدار دقیق α برای پلاتین برابر $3/92\times10^{-3}\,(^\circ C)^{-1}$ است.)

$R = R_0(1+\alpha\Delta\theta)$

$187 \quad 164 \quad (\theta - 20)$

پاسخ : چون مقاومت R رابطهٔ مستقیمی با مقاومت ویژهٔ ρ دارد $(R=\rho L/A)$، آن‌گاه از رابطهٔ ۲ـ۴ نتیجه می‌گیریم :

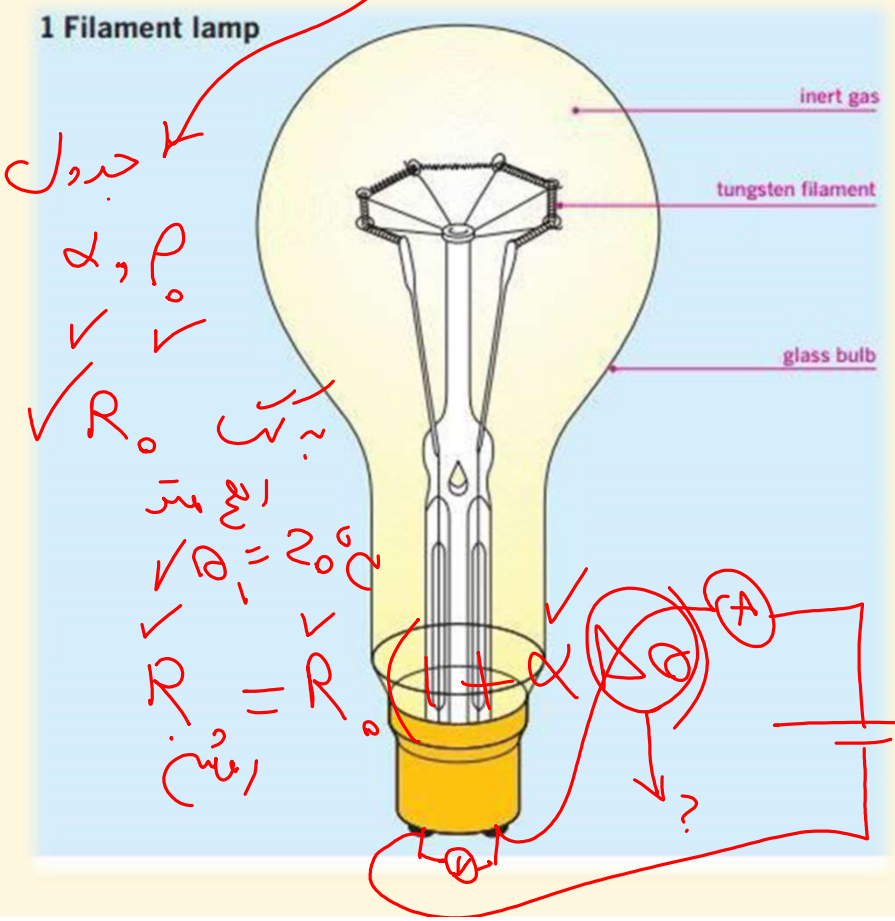
$$R = R_0[1+\alpha(T-T_0)]$$

$187 = 164[1+\alpha(\theta-20)] \longrightarrow \theta =$

که در آن $R_0 = \rho_0\frac{L}{A}$ مقاومت سیم در دمای $T_0=20/0^\circ C$ است. با جایگذاری مقادیر معلوم در معادلهٔ بالا خواهیم داشت :

$$187\Omega = (164\Omega)[1+(3/92\times10^{-3}\,(^\circ C)^{-1})(T-20/0^\circ C)] \Rightarrow T = 55/8^\circ C$$

مثال: به نظر شما چگونه می توان دمای رشته (فیلامان) تنگستن ملتهب یک لامپ روشن را اندازه گرفت؟



پاسخ:

با اهم متر در شرایط خاموش و دمای معلوم اتاق ، مقاومت آن را اندازه می گیریم سپس در شرایط روشن ، به کمک اندازه گیری V و I با توجه به نسبت V/I مقاومت حالت روشن را نیز به دست می آوریم و از رابطه ی

$$R=R_0[1+\alpha (T-T_0)]$$

می توان T را تعیین نمود.

مرور مطالب بیان شده:

❋ اگر مسیر عبور جریان از یک رسانا، طولانی‌تر شود برخوردهای الکترون و اتم‌ها نیز بیشتر و مقاومت، افزایش می‌یابد. پس مقاومت R بستگی به طول رسانا دارد.

❋ اگر مسیر عبور جریان عریض تر گردد عبور الکترون‌ها راحت‌تر شده که به معنی کاهش مقاومت است پس سطح مقطع رسانا (A) بستگی معکوس با مقاومت دارد.

❋ اگر مقاومت مربوط به طول و سطح مقطع $1m$ و $1m^2$ از رساناهای مختلف را در یک دمای معین مثلاً $20^\circ C$ مقایسه کنیم مشاهده می‌شود که در این شرایط ویژه هر کدام مقاومت کاملاً متفاوتی از دیگر جنس‌ها دارند. این اعداد را در جدولی ثبت و نام آنها را مقاومت ویژه یا مقاومت در شرایط ویژه رساناها انتخاب می‌کنیم که با ρ نشان داده می‌شوند و نماینده شایسته جنس رسانا در موضوع مقاومت هستند.

❋ مقاومت ویژه نقره $1/6\times10^{-8}\,\Omega.m$ است یعنی قطعه‌ای نقره ای به طول $1m$ وسطح مقطع $1m^2$ در دمای $20^\circ C$ مقاومت برابر $1/6\times10^{-8}\,\Omega$ را دارد.

❋ پس رسانایی به طول L و سطح مقطع A که مقاومت ویژه ρ دارد، مقاومتش در دمای $20^\circ C$ از $R=\rho\frac{L}{A}$ تعیین می‌شود. ($20^\circ C$ چون جدول کتاب در $20^\circ C$ تنظیم شده است وگرنه هر دمایی)

❋ در فرمول $R = \rho \frac{L}{A}$ ، $(\frac{L}{A})$ نماینده تأثیر ابعاد و اندازه و ρ نماینده جنس رسانا می‌باشد. البته چون ρ در دماهای مختلف نیز متفاوت است پس ρ علاوه بر نمایندگی جنس رسانا نمایندگی دمای رسانا را نیز دارد.

❋ تغییر نسبی مقاومت ویژه به ازای یک واحد تغییر دما یعنی $\frac{(\frac{\Delta\rho}{\rho_1})}{\Delta\theta}$ برای رساناهای مختلف مقادیر ثابتی است که مخصوص آن رسانا است. این نسبت را با α نشان داده و به نام «ضریب دمایی مقاومت ویژه» شناخته می‌شود.

$$\alpha = \frac{\Delta\rho / \rho_1}{\Delta\theta} \Rightarrow \Delta\rho = \rho_1 \times \Delta\theta$$

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

❋ ضریب دمایی مقاومت ویژه نقره $۴/۱\times۱۰^{-۳}\ K^{-1}$ + یعنی هر درجه افزایش دمای نقره موجب می‌شود در هر اهم مقاومت نقره $۴/۱\times۱۰^{-۳}\ \Omega$ افزایش یابد. به عبارت دیگر با هر درجه افزایش دمای نقره $۰/۴۱\%$ (یعنی $۱۰۰\times ۴/۱\times۱۰^{-۳}$) مقاومت نقره افزایش می‌یابد. (و با کاهش، کاهش می‌یابد.)

❋ نیم رسانا ها دارای α منفی هستند. یعنی با افزایش دما مقاومتشان کاهش می‌یابد.

❋ نیم رساناها همان‌طور که نامشان نشان می‌دهد در لبه مرز رسانایی و نارسانایی قرار دارند. در دماهای پایین تعداد حامل‌های بار چندان زیاد نیست که خصلت رسانایی بارزی را از خود نشان دهند. اما در اثر دریافت نور یا گرم شدن و بالا رفتن دما تعداد حامل‌های بار چنان افزایش می‌یابد که بر تأثیر دیگر گرما یعنی افزایش برخوردهای الکترون‌ها با شبکه اتمی غلبه یافته و در مجموع شارش بار فزونی می‌یابد. یعنی افزایش دما مقاومت آنها را کاهش می‌دهد.

مبحث۹:
چرا مقاومت می سازیم؟!انواع ؟

امید برزوئی

* از مقاومت ها برای کنترل جریان و ولتاژ در محدوده‌های دلخواه و موردنظر در مدارها استفاده می‌کنیم. بنابراین باید به ساخت مقاومت‌هایی که اهداف را تأمین می‌کند نیز بپردازیم. مقاومت‌هایی که می‌سازیم انواع مختلفی دارند:

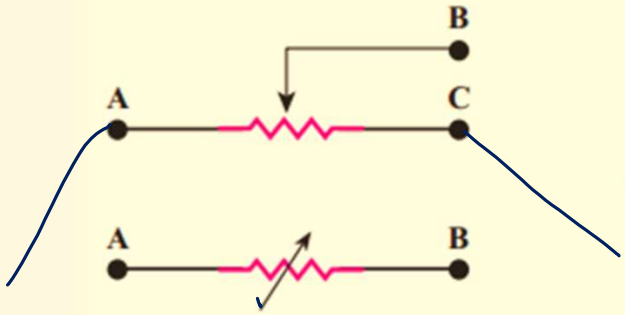
۱ – مقاومت‌های پیچه ای (در صنعت مقاومت آجری) که از سیمی با طول و مقطعی معین و جنس خاص (معمولاً نیکروم یا منگانین) به اندازه اهم مورد نظر در ابعاد و حجمی معین پیچیده می‌شوند.

الف) نمونه‌ای از ساختار یک مقاومت پیچه‌ای

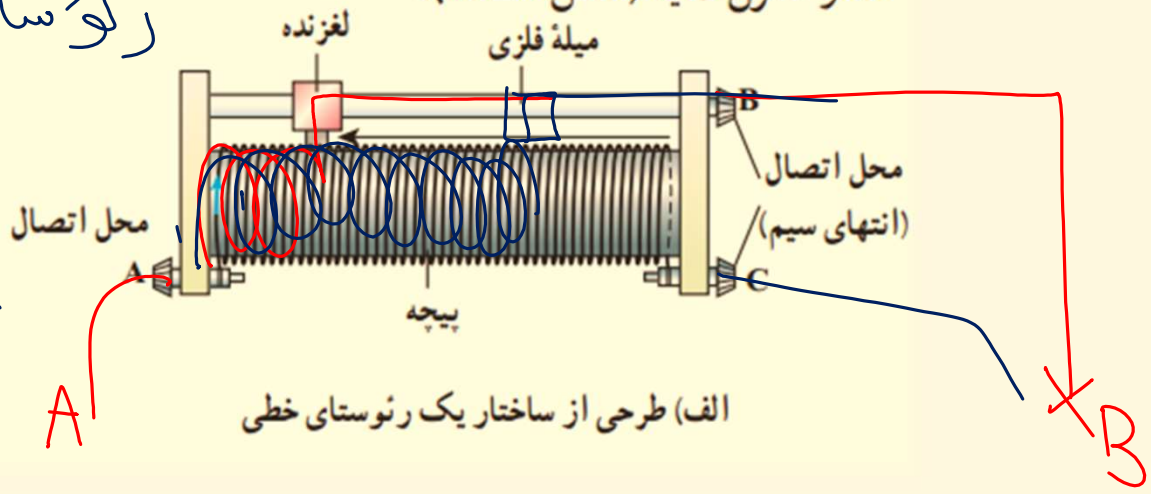
ب) تصویری از یک مقاومت پیچه‌ای

* از مقاومت‌های پیچیه ای برای به دست آوردن مقاومت‌های با اهم کم ولی دقیق و دارای توان بالا استفاده می‌شود و روی آنها حداکثر توان قابل تحمل را می‌نویسند. مثلاً :

یکی از انواع مشهور مقاومت‌های پیچه‌ای، رئوستا نام دارد که یک نوع مقاومت متغیر است. در مدارهای الکترونیکی وسیله‌ای به نام پتانسیومتر به نوعی همان نقش را انجام می‌دهد. این نوع مقاومت‌ها، متغیرند. یک رئوستا از سیمی با مقاومت ویژهٔ نسبتاً زیاد ساخته شده است. در یکی از انواع رئوستا (رئوستای خطی)، این سیم روی استوانه‌ای نارسانا پیچیده شده و با استفاده از دکمه‌ای 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 داده و جریان را در مدار کنترل نماید (شکل ۲ــ۱۶).

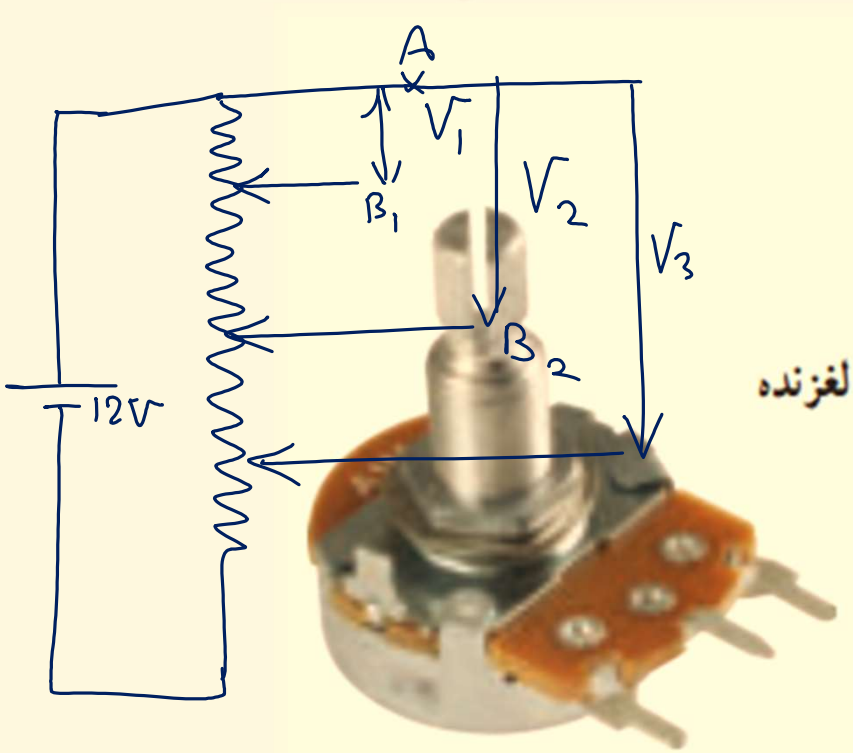


ب) نماد یک رئوستا یا پتانسیومتر در مدار الکتریکی

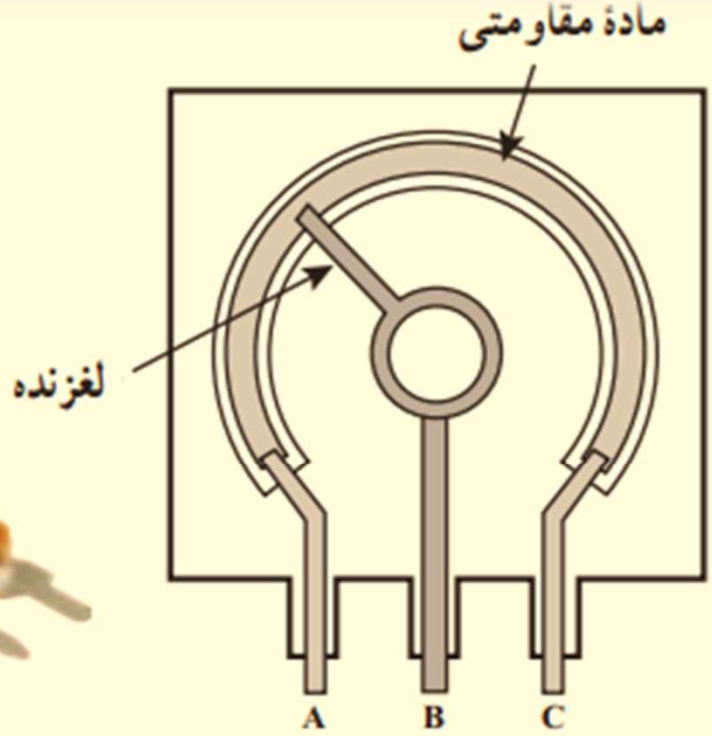


الف) طرحی از ساختار یک رئوستای خطی

پتانسومتر که وظیفه رئوستا را در مدارهای الکترونیکی انجام می دهد:



ث) تصویری واقعی از یک پتانسیومتر

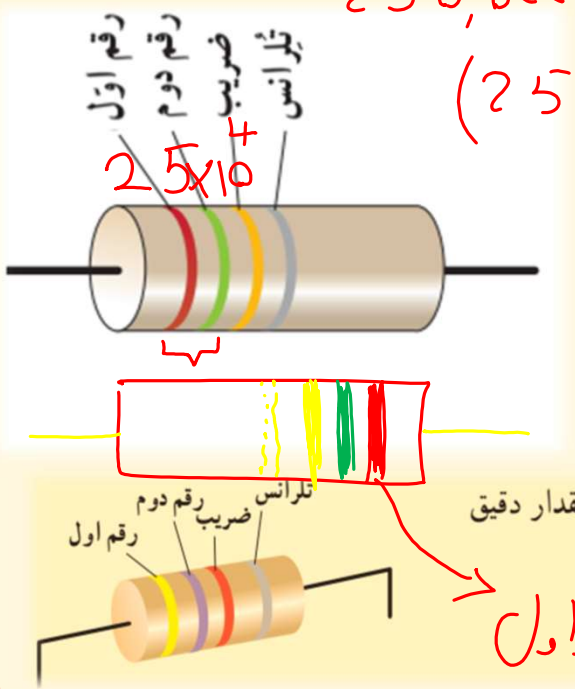


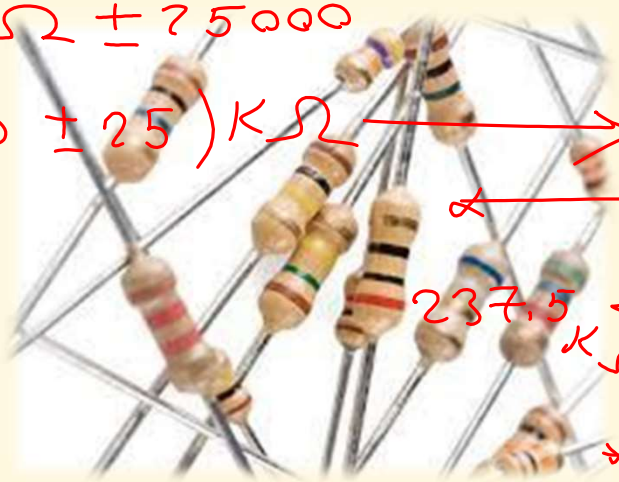
ت) طرحی از یک پتانسیومتر

۲–مقاومتهای_ترکیبی : این مقاومتها که به مقاومتهای کربنی نیز موسوم هستند، از کربن و برخی نیمرساناها و یا لایه های نازک فلزی با غلافی سرامیکی ساخته می شوند

جدول ۲ــ۳ــ کدرنگی مقاومت‌ها

رنگ	عدد	ضریب	تلرانس
سیاه	۰	۱	
قهوه‌ای	۱	10^1	
قرمز	۲	10^2	
نارنجی	۳	10^3	
زرد	۴	10^4	
سبز	۵	10^5	
آبی	۶	10^6	
بنفش	۷	10^7	
خاکستری	۸	10^8	
سفید	۹	10^9	
طلایی		10^{-1}	٪۵
نقره‌ای		10^{-2}	٪۱۰
بی‌رنگ			٪۲۰





مقدار مقاومت نشان داده شده در شکل، و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت، بر حسب اُهم چقدر است؟

تعیین مقدار مقاومتهای دارای حلقه های رنگی خارج از برنامه درسی رشته تجربی است

تکلیف F2-D:

سوالات تشریحی شماره ۱۷ تا ۲۴ از فایل کتاب کار فصل دوم بخش ۲-۳

بعلاوه

تست های فصل دوم فایل کتاب کار شماره های ۱۰۱ تا ۱۱۷

(شماره های ۱۰۳ و ۱۰۵ و ۱۰۷ و ۱۱۳ برای رشته تجربی حذف هستن)

توجه:

این سری نیز در هر دو مورد تشریحی و تستی ، کلاس های ۲۱۱ و ۲۱۳ و ۲۱۵ شماره های فرد و کلاس های ۲۱۲ و ۲۱۴ شماره های زوج رو انجام بدن

مبحث:
مقاومت های خاص (تابع)
ترمیستور و LDR

امید برزوئی

مقاومت‌های خاص (تابع): انواعی از مقاومت ها هستند که تابع دما یا تابع شدت نور بوده و به ترتیب از آنها به نام ترمیستور و LDR نام برده می‌شود.

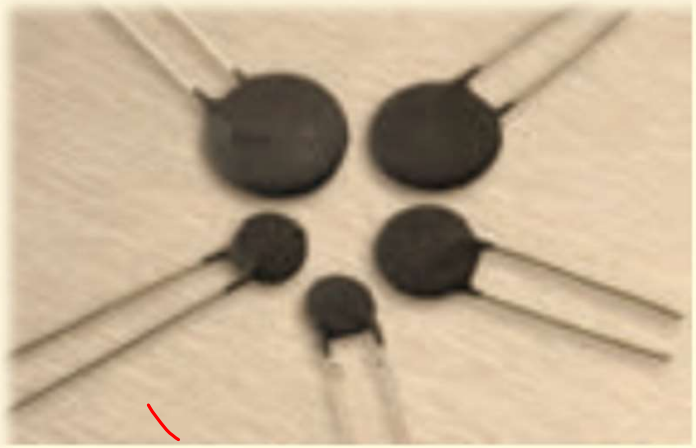
ترمیستور(Thermal Sensetive Resistor)

ترمیستورها مقاومتهایی هستند که مقاومتشان با دما به صورت غیرخطی تغییر کرده و برای درک تغییرات دما در مدارها و به عنوان سنسور یا حسگر مورد استفاده قرار می گیرند تا در شرایطی زنگهای هشدار و امثال آن را فعال نمایند.

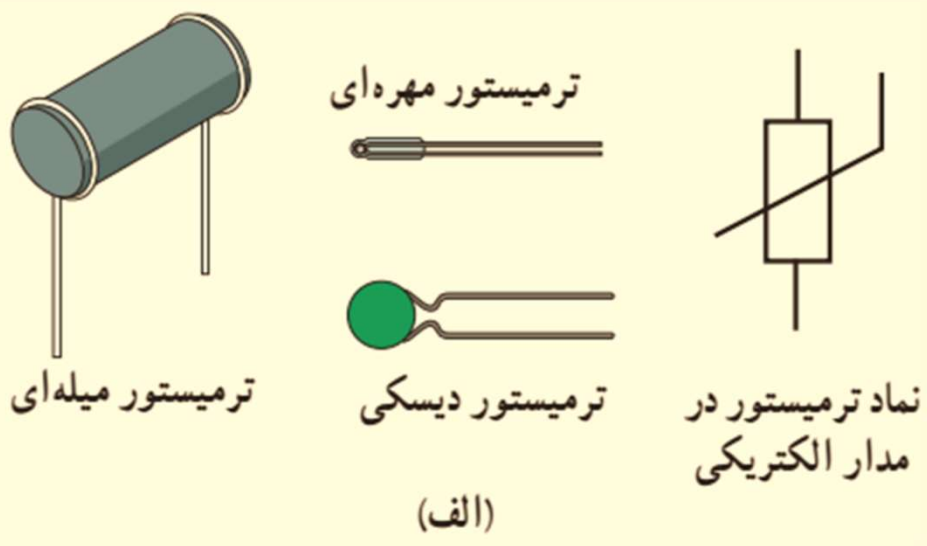
اغلب ترمیستورها که از نیمه رساناها ساخته می شوند ضریب دمایی مقاومت ویژه ی منفی دارند که به NTC موسوم اند اما گروه دیگری از آنها دارای ضریب دمایی مقاومت ویژه ی مثبت هستند که به نام PTC شناخته می شوند.

نماد ترمیستورها مستطیلی کوچک با خطی شکسته روی آن است که نشان از غیر خطی بودن بستگی مقاومت به دما در آنها دارد.

ترمیستورها به شکل میله ای ، دیسکی و مهره ای در مدارها دیده می شوند.



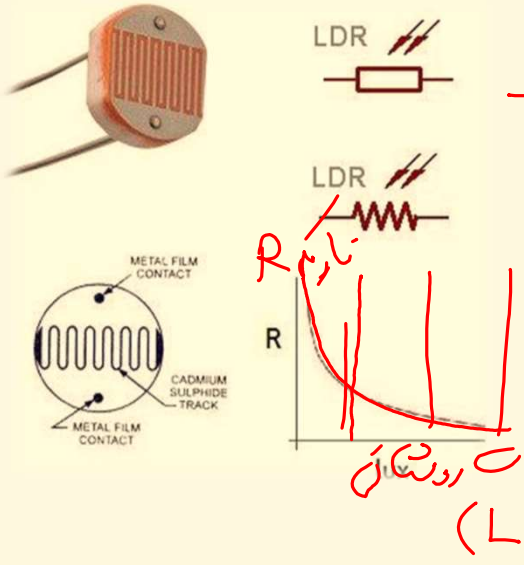
(ب)



(الف)

LDR (Light Dependent Resistor)

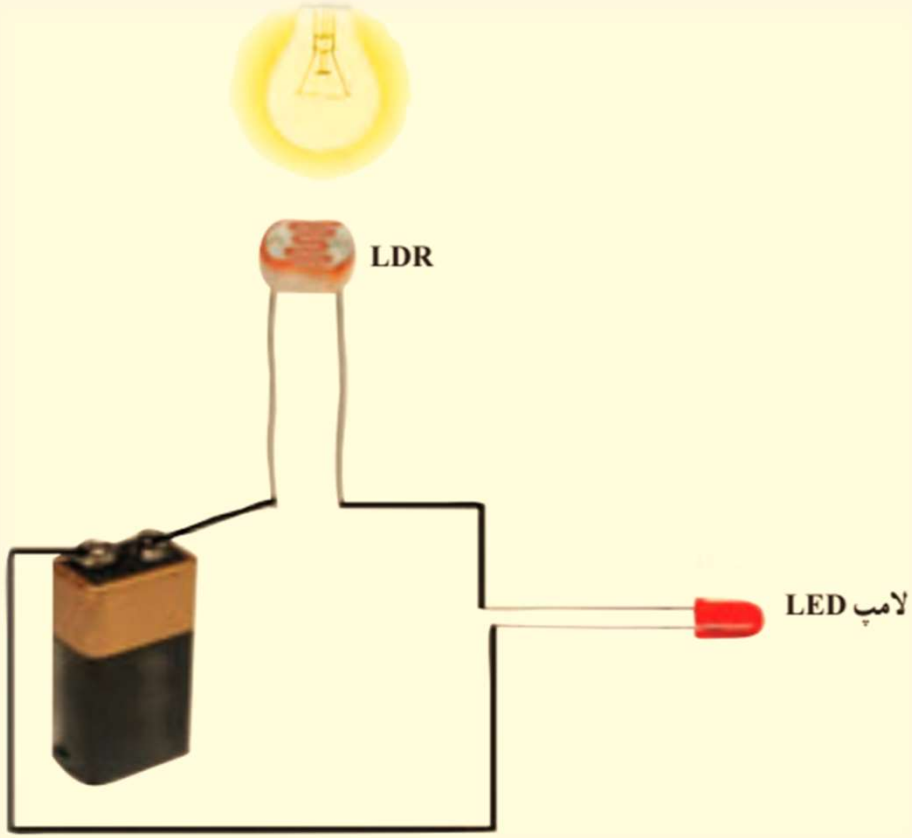
مقاومتهایی که مقدار مقاومتشان به شدت نور تابیده شده به آنها بستگی دارد و با افزایش شدت نور ، از مقاومتشان کاسته می شود LDRنامیده می شوند.



این مقاومتها **در نبود نور** مقاومتهایی از مرتبه ی **مگا اهم** هستند **اما با تابش نور** برآنها و افزایش شدت آن ممکن است **به چند صد اهم** ، کاهش مقاومت دهند.

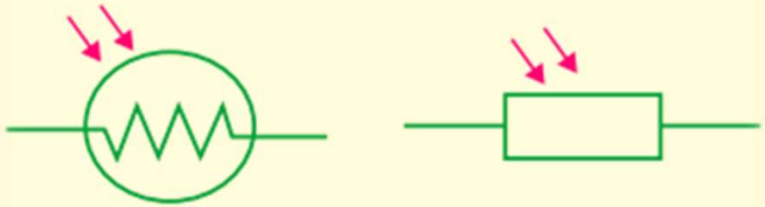
کاربرد LDR ها از روشنایی خودکار صفحات موبایل ها و تشخیص خودکار نور کافی برای عکاسی توسط دوربین ها و رباتهای تعقیب کننده ی نور تا کنترل اتوماتیک چراغهای روشنایی خیابانها و ...متغیر است

مداری با LDR



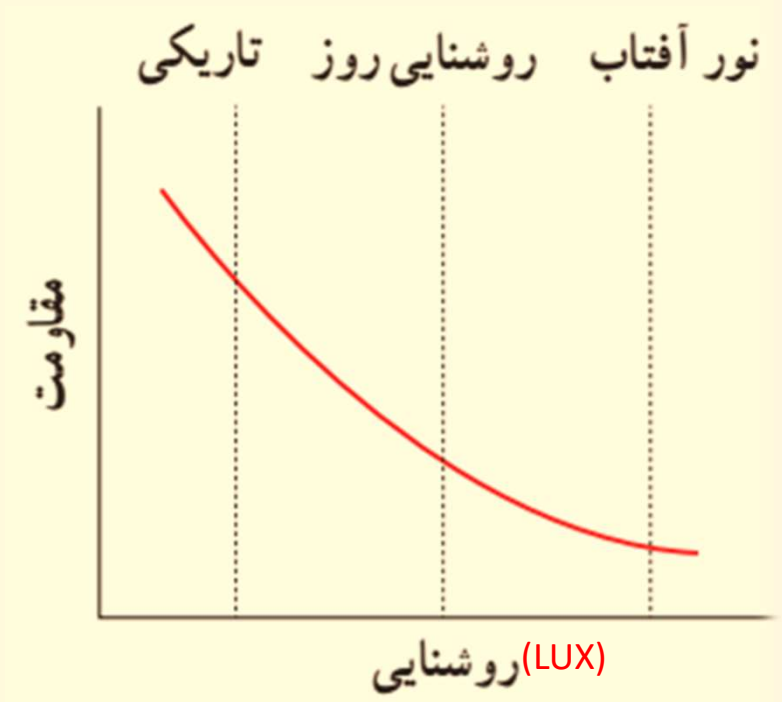
مدار معکوس مدار آزمایش قبل:
با روشن شدن لامپ ،مقاومت LDR
بسیار کم شده و جریان لازم برای
روشن شدن لامپLED تامین
می شود ولی با خاموش کردن لامپ
مقاومت LDR به مگا اهم رسیده
و جریان مدار بسیار کم و در حد
صفر می شود و LED خاموش
می شود.

(الف)



(ب)

شکل ۲ــ۲۱ الف) تصویری از چند LDR
ب) نماد LDR در دو استاندارد متفاوت



پویش علمی جهاد

فنّاوری و کاربرد

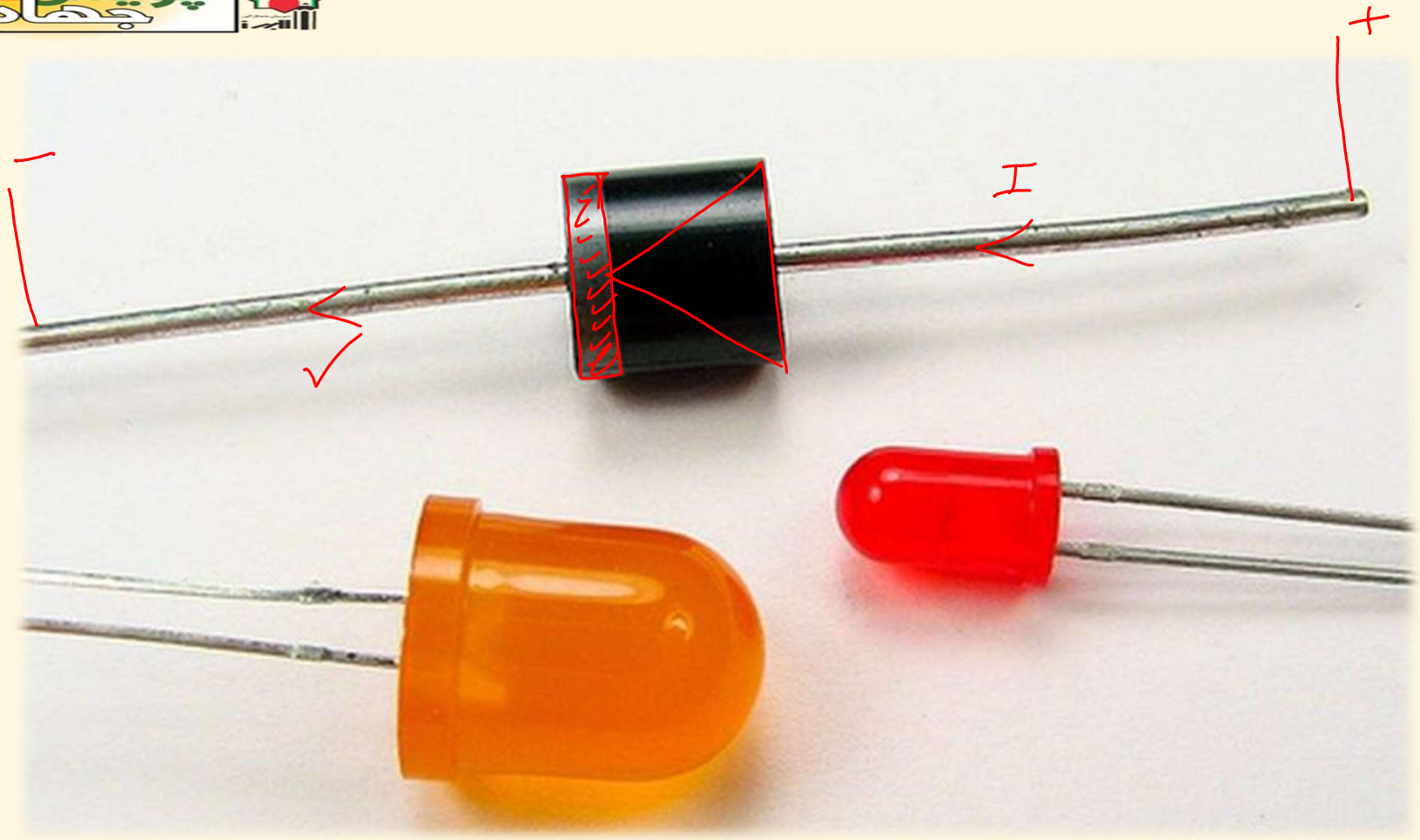
در یک نوع از چراغ‌های روشنایی، اساس کار به این ترتیب است که با تابش نور به LDR و ایجاد جریان در آن، یک گرم‌کن الکتریکی فعال شده و با استفاده از یک دماپا، اتصال لامپ‌های روشنایی به منبع اصلی جریان را قطع می‌کند. در شب که نوری به LDR برخورد نمی‌کند، گرم‌کن خاموش می‌ماند و بدین‌ترتیب، اتصال لامپ‌های روشنایی قطع نمی‌شود و لامپ‌ها روشن می‌مانند (شکل ۲ــ۲۳).

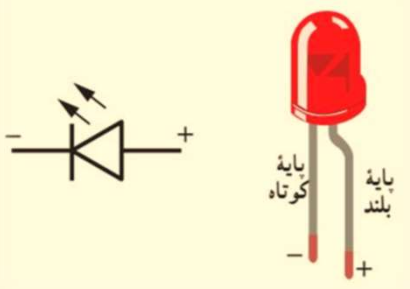
شکل ۲ــ۲۳ اجزای داخلی یک مدار کنترل‌کنندهٔ نوری، که در نوعی از چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها استفاده می‌شود.

مبحث:
ادامه مقاومت های خاص –دیود ها

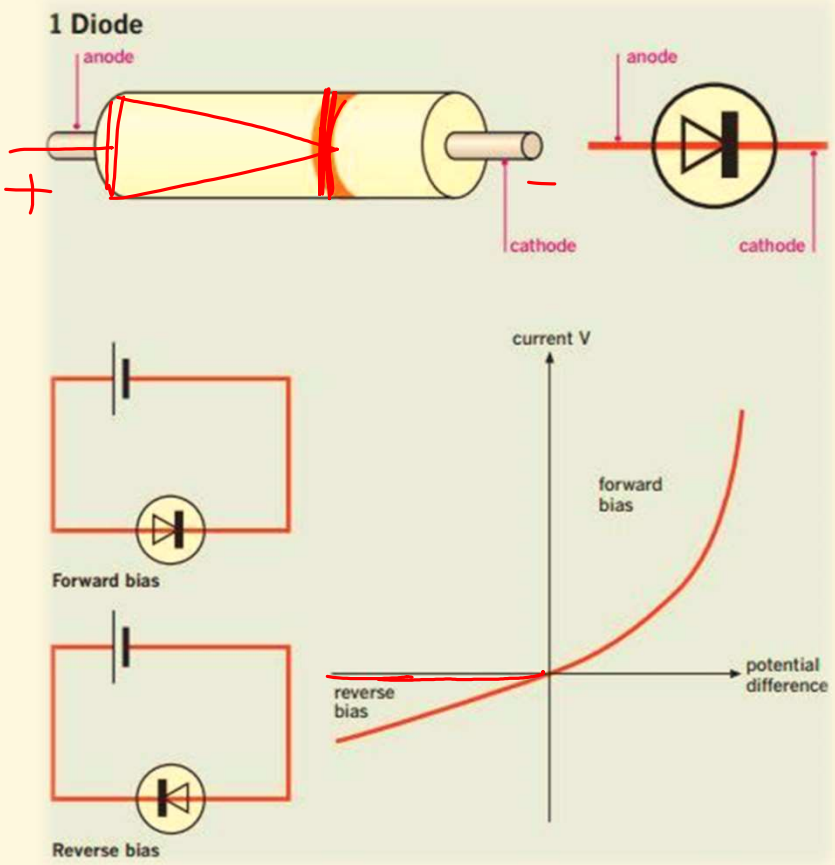
امید برزوئی

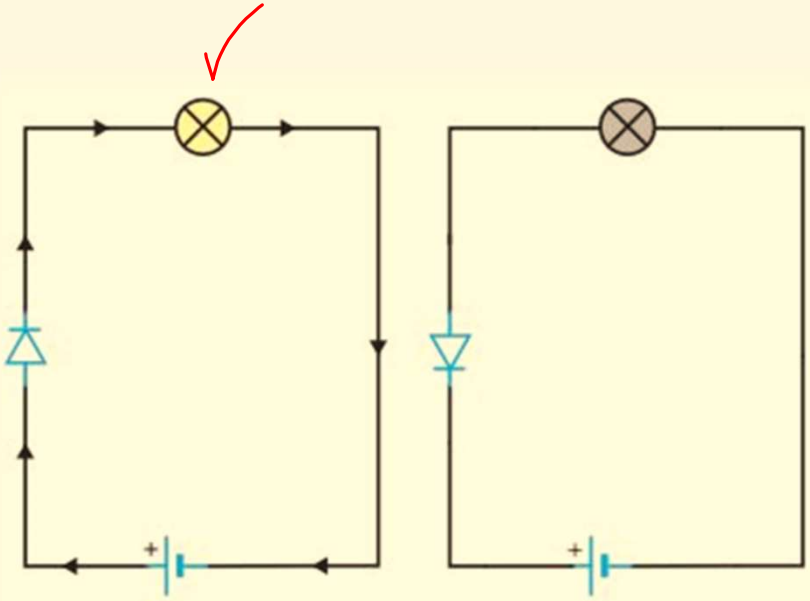
۳ــ دیودها[1] : دیود قطعه‌ای است که هرگاه در مداری قرار گیرد، جریان را تنها از یک سو عبور می‌دهد و مقاومت آن در برابر عبور جریان در این سو ناچیز است. به‌همین دلیل، دیود را اغلب به عنوان یک‌سو کنندهٔ جریان در نظر می‌گیرند و آن را با نماد ⊣▷⊢ در مدارهای الکتریکی نشان می‌دهند. پیکان در این نماد جهتی را نشان می‌دهد که جریان می‌تواند از دیود عبور کند. مثلاً مدارهای سادهٔ شکل ۲ــ۲۴ نشان می‌دهد که با تعویض جهت دیود، جریان از مدار عبور نمی‌کند و لامپ خاموش می‌شود. همچنین از دیود در مدارهای یک‌سوکننده برای تبدیل جریان‌های متناوب به جریان‌های مستقیم استفاده می‌شود که در فصل ۴ با آن آشنا می‌شوید.


+
I



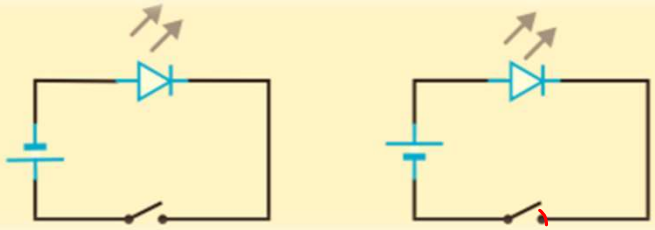
دیودها انواع متفاوتی دارند که یکی از معروف‌ترین آنها دیودهای نورگسیل یا LED است (شکل ۲ــ۲۵). شکل ۲ــ۲۶ تصویری واضح از یک LED و نماد آن در مدارهای الکتریکی را نشان می‌دهد. در این دیودها از نیم‌رساناهایی استفاده می‌شود که با عبور جریان از آنها LED از خود نورگسیل می‌کند و بنابراین، مقداری از انرژی الکتریکی به نور تبدیل می‌شود. بسته به نوع نیم‌رسانای به کاررفته، رنگ نورگسیل شده از LED می‌تواند از فروسرخ تا فرابنفش باشد. نخستین LEDهای ساخته‌شده، قرمز و زرد بودند. فنّاوری LED در دههٔ ۹۰ میلادی با تولید LEDهایی که قابلیت تولید نور آبی و سفید داشتند، دستخوش تحوّل بزرگی شد. LED در مقایسه با لامپ‌های روشنایی معمولی، توان الکتریکی کمی مصرف کرده و در عوض، نور قابل ملاحظه‌ای تولید می‌کند. به همین دلیل از آنها در چراغ خودروها، روشنایی منازل، تابلوهای تبلیغاتی، نمایشگرهای LED و ... استفاده می‌شود. LEDها در مقایسه با لامپ‌های رشته‌ای عمر طولانی‌تری دارند و به‌دلیل نداشتن رشته به هنگام تولید نور انرژی گرمایی زیادی تولید نمی‌کنند.



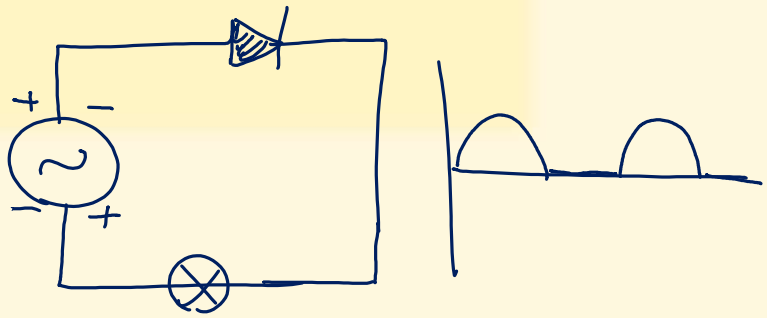


شکل ۲ـ۲۴ دیود در یک جهت جریان را عبور می‌دهد و در جهت مخالف مانع عبور جریان می‌شود.

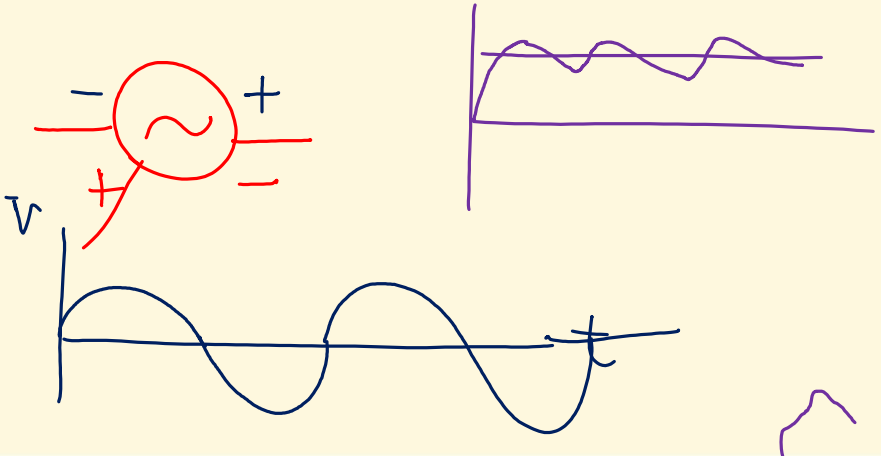
در کدام شکل با بستن کلید، LED روشن می‌شود؟

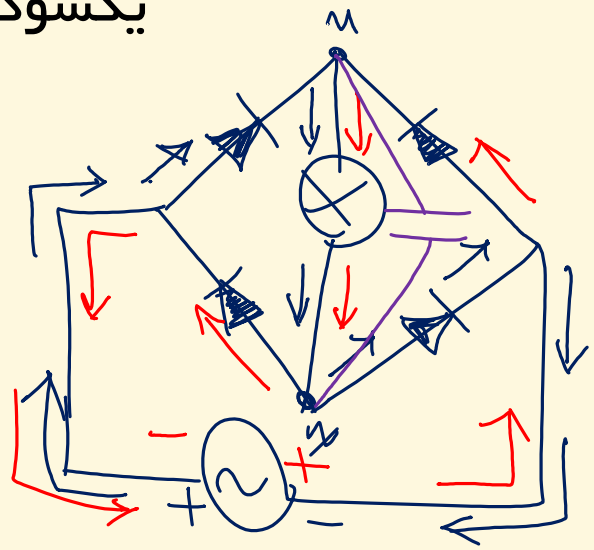


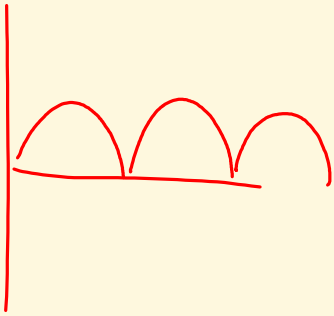
یکسوکننده نیم موج



یکسوکننده نیم موج و تمام موج







بررسی ساز و کار درونی دیودها که از دو نیمه هادی آلائیده شده تشکیل شده اند و در محل اتصال این دو نوع رویدادهایی به وقوع می پیوندد که موجب چنین رفتاری از دیودهاست موضوع کتاب درسی ما نبوده ولی علاقمندان می توانند از منابع مختلف و از جمله کانال @PHY2_TA پیگیر باشند....

مبحث۱۰:
نیروی محرکه الکتریکی و مدارها

امید برزوئی

* مولد: وسیله ای است که بارها را در مدار شارش می دهد

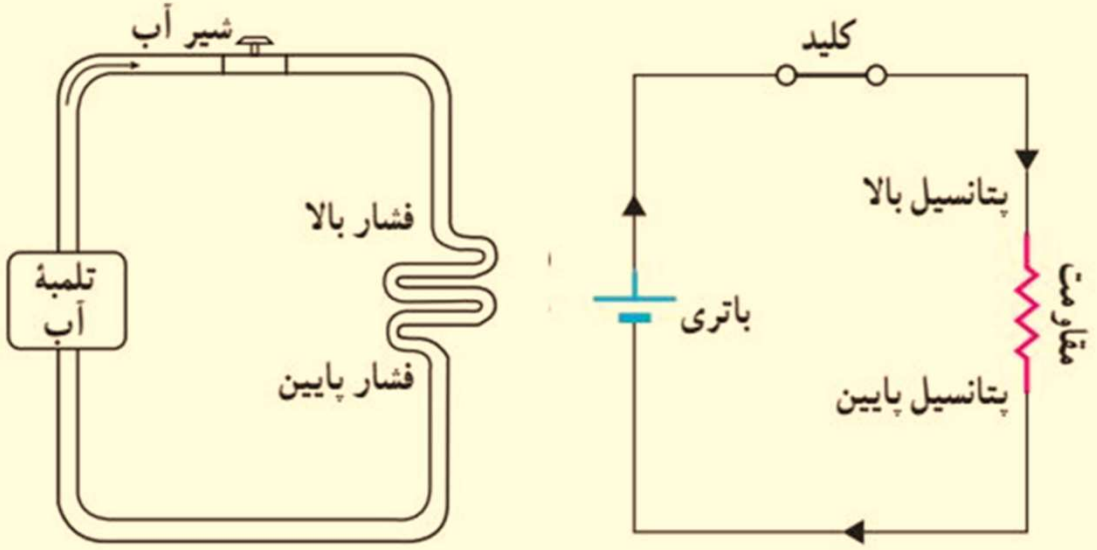
برای آنکه نقش مولد را در یک مدار مشخص کنیم به مثال زیر توجه کنید:

فرض کنید مقداری آب توسط یک کانال از ارتفاع ، به طرف پایین حرکت کند، در حین حرکت انرژی پتانسیل گرانشی آب کاهش می‌یابد، اگر بخواهیم آب به همان ارتفاع برگردد باید از پمپ استفاده کرد. پمپ به آب انرژی لازم را می‌دهد تا به ارتفاع برسد. بدین ترتیب انرژی پتانسیل گرانشی آب افزایش می‌یابد و امکان جاری‌شدن برای آب فراهم می‌شود.

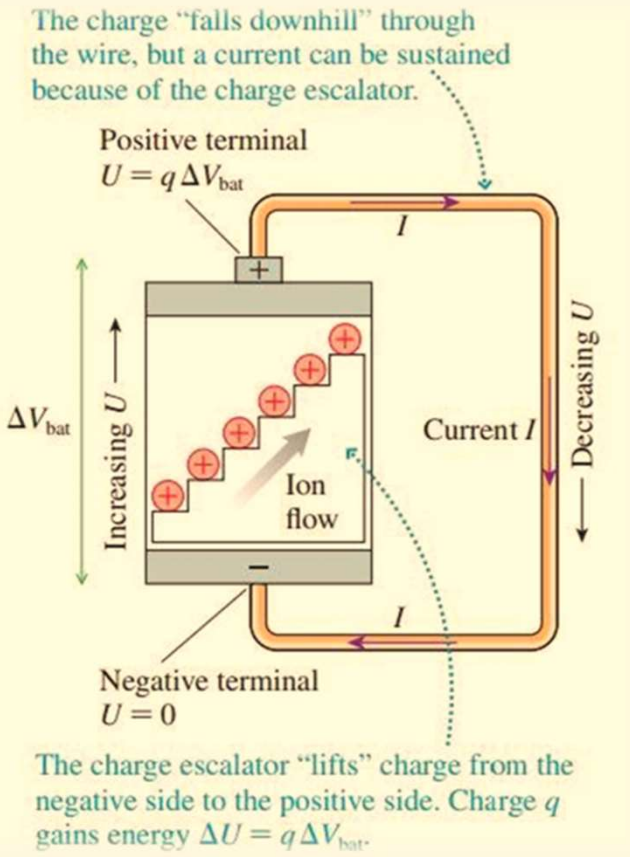
مولدها انرژی لازم را از روش‌های مختلفی به دست می‌آورند.

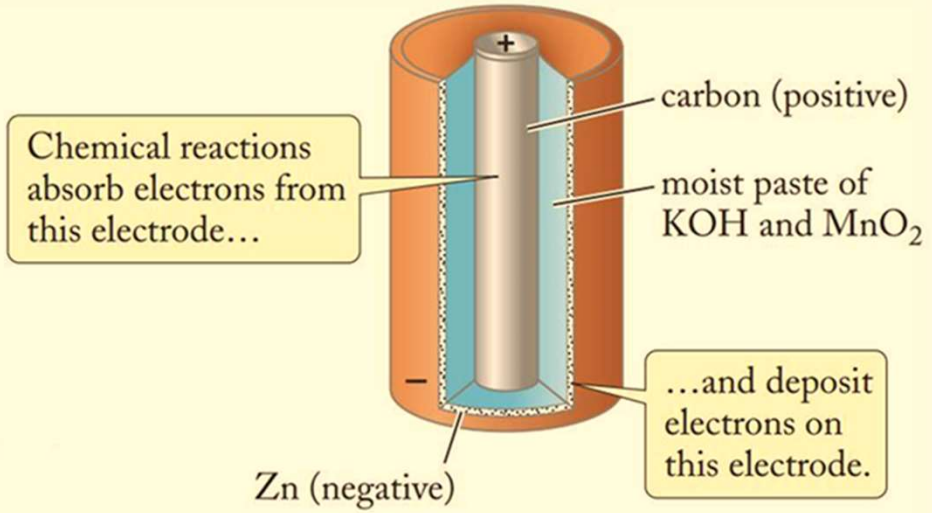
مانند انرژی آزاد شده از واکنش‌های شیمیایی در باتری‌ها یا از انرژی مکانیکی در ژنراتورها(فصل۳)

شکل ۲ــ ۲۷ یک سرسرهٔ آبی. در واقع یک تلمبه، آب را مدام به بالای سرسره پمپ می‌کند و موجب جریان یافتن آب و سُرخوردن شخص بر روی سرسره می‌شود.



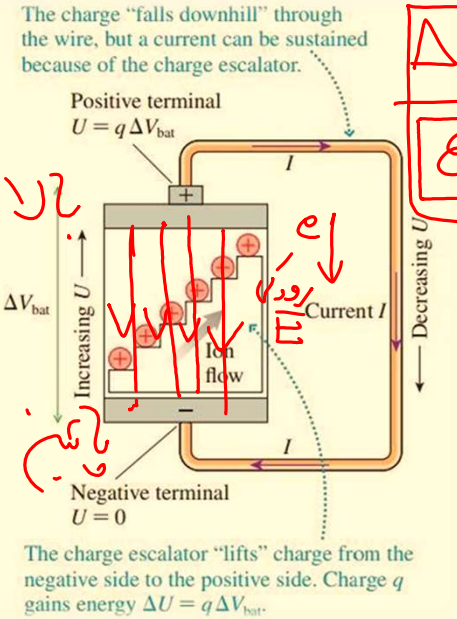
شکل ۲ــ ۲۸ همان‌طور که تلمبهٔ آب انرژی لازم برای شارش آب را فراهم می‌کند، باتری نیز انرژی لازم برای برقراری یک جریان را مهیا می‌سازد.


The charge "falls downhill" through the wire, but a current can be sustained because of the charge escalator.
Positive terminal
$U = q\Delta V_{bat}$
I
ΔV_{bat}
Increasing U
Ion flow
Current I
Decreasing U
I
Negative terminal
$U = 0$
The charge escalator "lifts" charge from the negative side to the positive side. Charge q gains energy $\Delta U = q\Delta V_{bat}$.


Chemical reactions absorb electrons from this electrode…
carbon (positive)
moist paste of KOH and MnO_2
…and deposit electrons on this electrode.
Zn (negative)

مولدها **باعث ایجاد اختلاف پتانسیل** در دو سر مدار می‌شوند، می‌دانیم وجود اختلاف پتانسیل دردو سر مدار **عامل شارش بار الکتریکی** است.

نیروی محرکه ی الکتریکی مولد: به کاری که مولد روی **واحد بار الکتریکی مثبت** انجام می‌دهد تا آن را از **پتانسیل کمتر** به پتانسیل بیشتر ببرد نیروی محرکه مولد گفته می‌شود. و با نماد ε نشان داده می‌شود. یکای ε در SI ژول بر کولن است که به آن ولت می‌گویند: $\varepsilon = \frac{\Delta w}{\Delta q}$



مثال: وقتی می‌گوییم نیروی محرکه یک مولد یا باتری ۱/۵ ولت است یعنی مولد روی هر کولن بار برای جابجایی بین دو پایانه اش(قطب) ۱/۵ ژول کار انجام می‌دهد.

*مولد با واکنشهای شیمیایی یا کار مکانیکی ***بارهای مثبت*** را **از** پتانسیل پائین(**قطب منفی**) **به** پتانسیل بالا(**قطب مثبت**) انتقال می دهد تا بتوانند در مدار ، با این اندوخته ، جاری شوند.

نیروی محرکه ی الکتریکی یک مولد ، استعداد بالقوه و نه بالفعل مولد در ایجاد ولتاژ در دوسر آن است بنابراین و به عبارت دیگر می توان گفت:

((*نیروی محرکه الکتریکی یک مولد حداکثر ولتاژی است که یک مولد می تواند در دوسرش ایجاد نماید*)).

⚠ یکای ε ژول بر کولن یا همان ولت است و از این رو به کار بردن کلمه ی نیرو چندان دقیق نیست اما متداول هست.

اینکه مولد نمی تواند تمام استعداد خود درایجاد ولتاژ به اندازه ی ε را به عمل درآورد ریشه اش مقاومتی است که در درون خود دارد و فقط زمانی اثر این مقاومت ، ناچیز و قابل اغماض خواهد شد که از مولد جریان کم و خیلی ناچیزی عبور کند و این هنگامی است که مولد به مقاومتی بسیار بزرگ مثلا یک ولت سنج ، بسته شده باشد و یا کلا دوسرش به مداری وصل نبوده و باز باشد که در حالت مولد دو سر باز ، ولتاژ دو سر آن ((دقیقا)) برابر ε و در حالت اتصال به مقاومت خیلی بزرگ (مانند ولت سنج) ولتاژ دو سرش بسیار به ε نزدیک خواهد بود.

تکلیف F2-E:

سوالات تشریحی شماره ۱۷ تا ۲۴ از فایل کتاب کار فصل دوم بخش ۲-۳

بعلاوه

تست های فصل دوم فایل کتاب کار شماره های ۱۰۱ تا ۱۱۷

(شماره های ۱۰۳ و ۱۰۵ و ۱۰۷ و ۱۱۳ برای رشته تجربی حذف هستن)

توجه:

این سری نیز در هر دو مورد تشریحی و تستی ، کلاس های ۲۱۱ و ۲۱۳ و ۲۱۵ شماره های زوج و کلاس های ۲۱۲ و ۲۱۴ شماره های فرد رو انجام بدن

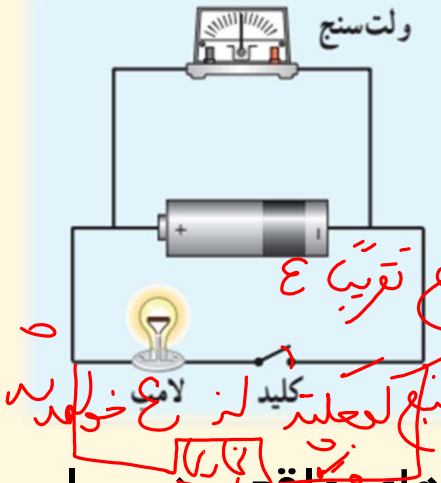
مبحث۱۱:
نیروی محرکه الکتریکی (ادامه)

امید برزوئی

☜ اساساً شیوه ی آزمایشگاهی اندازه گیری ε اتصال آن به ولت سنجی با مقاومت خیلی زیاد است.

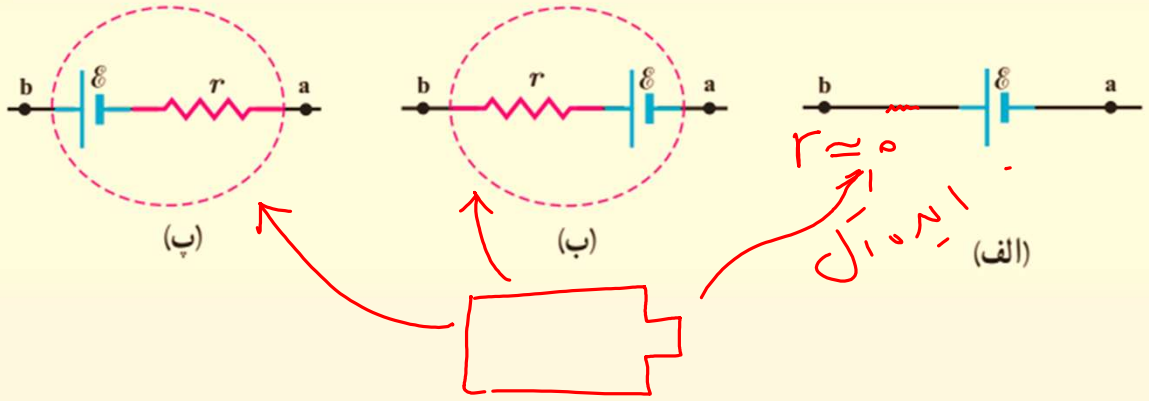
به کمک یک باتری، سیم‌های رابط، لامپ کوچک، ولت‌سنج و کلید، مداری همانند شکل روبه‌رو درست کنید. قبل از بستن کلید عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. سپس کلید را ببندید و دوباره عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. در کدام حالت ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد؟ چرا؟

در ادامه با علت تفاوت این دو عدد آشنا خواهید شد.



* مشخصه اصلی هر مولد، نیروی محرکه آن است. ولی مولدهای واقعی در برابر عبور جریان از خود مقاومت نشان می‌دهند که به آن مقاومت درونی مولد (r) می‌گویند. اگر مولدی مقاومت درونی نداشته باشد به آن مولد آرمانی گفته می‌شود. *در واقعیت مولد آرمانی وجود ندارد.*

مقاومت درونی مولد باعث افت بخشی از نیروی محرکه مولد می‌شود.



شکل ۲ــ۳۰ در مدارهای الکتریکی، منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی آرمانی را به‌صورت (الف) و منبع‌های واقعی را به صورت (ب) یا (پ) نمایش می‌دهند.

* اهمیتی ندارد که مقاومت در سمت چپ یا راست پیل رسم شود و این یک نماد است وگرنه مقاومت r و اجزای مولد در هم تنیده اند و جدایی ناپذیر

*با فرسوده شدن باتری ها مقاومت درونی افزایش می یابد و این به حدی می رسد که عملاً باتری دیگر کارایی سرویس دادن به مدار را نداشته باشد.

مرور:

۱ – جاهای خالی را تکمیل کنید:

الف) یکای نیروی محرکه الکتریکی ..... است.

ب) منابع نیروی محرکه الکتریکی با ایجاد ..... باعث شارش بارها در مدار می‌شوند.

پ) برای اینکه بارهای الکتریکی را از یک مقاومت الکتریکی عبور دهیم لازم است بین دو سر مقاومت ..... برقرار شود.

پ) وسیله‌هایی که با انجام ..... روی بار الکتریکی جریانی را در مدار ایجاد می‌کنند منبع ..... می‌گویند.

ت) منبع های نیرومحرکه الکتریکی ، بارهای ..... را در خلاف جهت میدان الکتریکی از پتانسیل ..... به پتانسیل ..... می‌برند.

ث) اختلاف پتانسیل میان دو پایانه یک منبع نیرو محرکه الکتریکی برای یک منبع آرمانی همواره برابر با ..... آن است.

ج) نیروی محرکه ی مولد واقعی وقتی مولد به مصرف کننده ای متصل..... با عدد ولت سنج متصل به دو سر آن برابر است.

۲- از داخل پرانتز عبارت صحیح را انتخاب کنید:

الف) در درون مولد ، بارهای الکتریکی (مثبت - منفی) را در خلاف جهت میدان الکتریکی از پتانسیل پایین‌تر به پتانسیل بالاتر می‌برند.

ب) یکای کمیت نیرومحرکه الکتریکی $(\frac{J}{c}-\frac{C}{J})$است.

پ) در درون منابع نیروی محرکه ، الکترونها از ناحیه ای با پتانسیل الکتریکی (پایین - بالا) به ناحیه ای با پتانسیل الکتریکی (پایین - بالا) حرکت می‌کند.

ت) حرکت بارهای مثبت در درون پیل در (جهت - خلاف جهت) میدان الکتریکی است

ث) با فرسوده شدن باتری خودرو نیروی محرکه الکتریکی (تغییر می‌کند - تغییر نمی‌کند).

ج) با فرسوده شدن باتری خودرو مقاومت درونی باتری (افزایش - کاهش) می‌یابد.

تکلیف F2-F:

سوالات شماره ۱ تا ۲۶ از فایل کتاب کار فصل دوم بخش ۲-۲

توجه:

کلاس های ۲۱۱ و ۲۱۳ و ۲۱۵ شماره های زوج این بخش رو انجام بدن

کلاس های ۲۱۲ و ۲۱۴ شماره های فرد این بخش رو انجام بدن

مبحث۱۱:
مدار الکتریکی و اجزا و عناصر آن

امید برزوئی

*مدارها ، مسیرهای ساده یا پیچیده ای هستند که برای عبور بارها از آنها طراحی می شوند. ساده مثل مدار یک چراغ قوه و پیچیده مثل یک کارت گرافیک

⚠ در کتاب یازدهم تنها به نوع ساده ای از مدارها که به تک حلقه معروف اند و یا آنها که قابل تبدیل به این نوع هستند ، می پردازیم.

*ساده یا پیچیده اصول تحلیل هر دو نوع ، یکسان است و قواعد و تحلیل ها بر پایستگی بار و پایستگی انرژی استوار هستند.

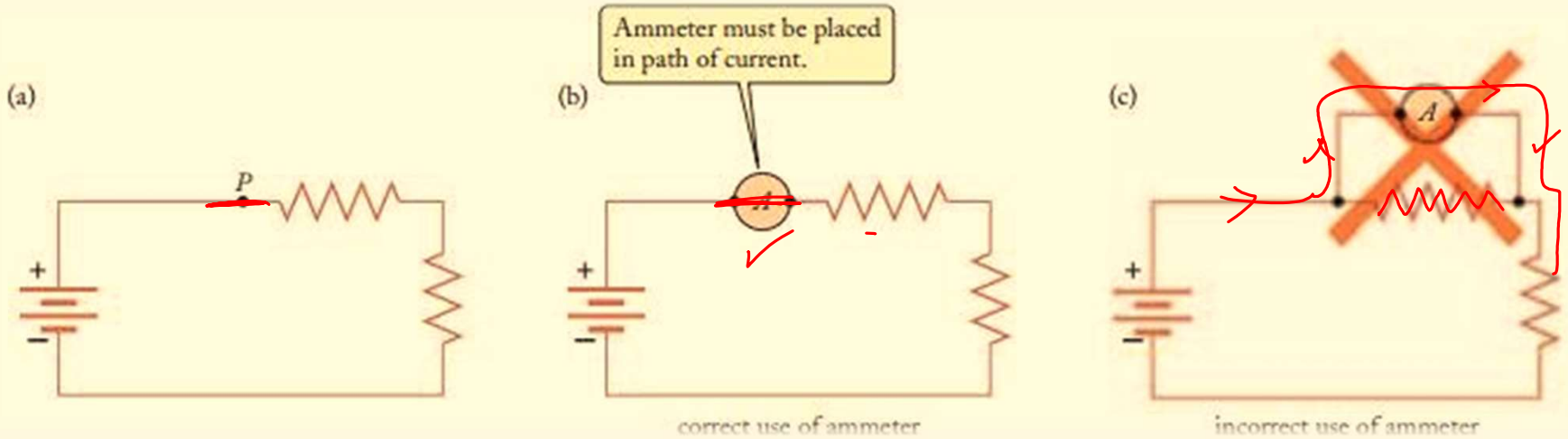
*مدارها شامل سیمهای رابط و عناصری مانند مولد ، کلید ، مقاومت ، خازن و القاگر و ...هستند و همچنین آمپرسنج و ولت سنج که البته اینها وسایل اندازه گیری و گزارش رویدادهای درون مدار هستند.

☜ ابزارهای اندازه گیری در مدار نباید مدار را دچار اختلال نمایند.

گرچه ((نفس اندازه گیری برای هر سامانه ای اختلال انگیز و آشفته کننده ی شرایط قبل از اندازه گیری است)) و از آن گریزی نیست اما می توان آن را به گونه ای انجام داد که حداقل اختلال را به سامانه ی مورد اندازه گیری تحمیل نماید.

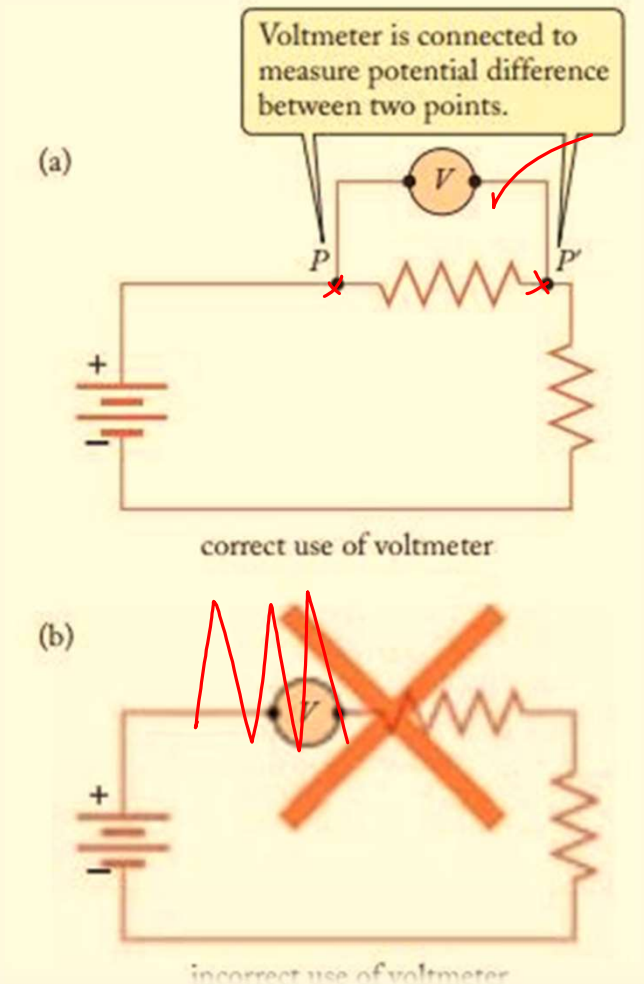
به همین دلیل آمپرسنج که قرار است جریان عبوری از یک مسیر را اندازه گیری کند (و به همین دلیل باید بر سر راه این جریان قرار گیرد) نباید مقاومت چندانی داشته باشد که بر جریان عبوری اثر قابل ملاحظه ای بگذارد و ولت سنج که قرار است ولتاژ دو نقطه را اندازه بگیرد و به ناچار باید با قطعه ای از مدار که بین آن دو نقطه اند موازی شود نباید جریان زیادی را به سوی خود بکشد پس باید مقاومت بسیار بزرگی داشته باشد تا حداقل اختلال در جریان عبوری از قطعه ای که با آن موازی شده را ایجاد نماید. 👇👇👇

قرار گرفتن درست و نادرست آمپرسنج در مدار:



در حالتهای غلط ، جریان گذرنده از مولد و مقاومتها به شدت با آنچه که قبل از آمپر متر بوده متفاوت می شود و این یعنی اختلال و آشفتگی مدار

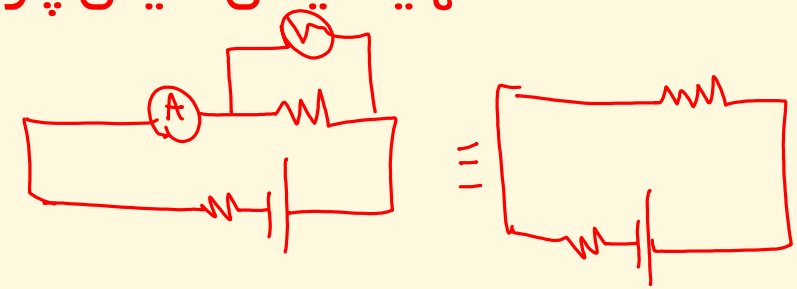
آمپرسنج ایده آل مانند قطعه ای سیم بدون مقاومت است



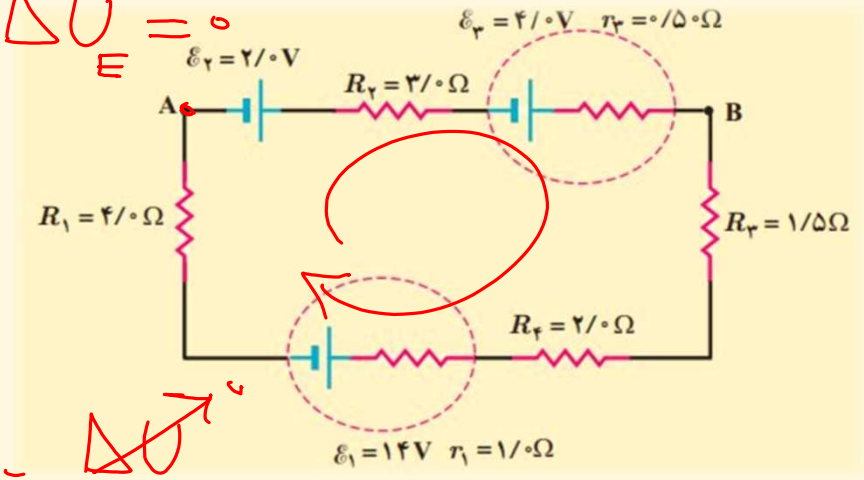
قرار گرفتن درست و نادرست ولت سنج در مدار:

درحالت غلط ، جریان گذرنده ازمولد و مقاومتها به شدت کم می شود و با آنچه که قبل از قرار گرفتن ولت سنج بوده بسیار متفاوت می شود و این یعنی اختلال در مدار !!!

ولت سنج ایده آل مانند مقاومتی بی نهایت یعنی سیمی پاره شده



* یک مدار الکتریکی **ساده** مداری **تک حلقه** است که از یک یا چند مولد و یک یا چند مقاومت تشکیل شده است که یکی پس از دیگری به کمک سیم‌های رابط (که بدون مقاومت فرض می‌شوند) به دنبال هم بسته شده‌اند و شدت جریان در تمام قسمت‌های مدار یکسان است:

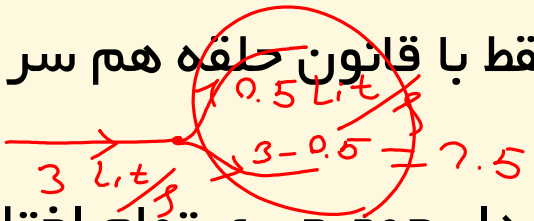


مبحث۱۲:
بررسی و تحلیل مدارهای تک حلقه

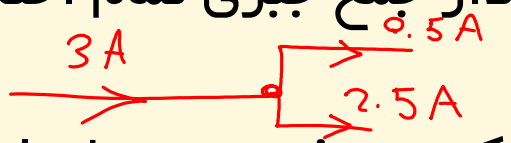
امید برزوئی

در یک مدار تک حلقه (و یا حتی چند حلقه) دو قانون کلی **پایستگی انرژی** و **پایستگی بار الکتریکی** برای تحلیل و بررسی به کار گرفته می شوند که در ادبیات مدارها به ترتیب به **قانون حلقه** و **قانون گره** معروف اند.

فعلاً چون فقط با مدارهای تک حلقه کار داریم پس فقط با قانون حلقه هم سر و کار خواهیم داشت.



این قانون بیان می کند در هر حلقه ی بسته از یک مدار جمع جبری تمام اختلاف پتانسیلها برابر صفر است.



یعنی اگر یک کولن بار در یک حلقه ی بسته از مدار یک دور بزند و به جای اولیه باز گردد مجموع جبری تمام تغییر انرژی پتانسیل ها و افزایش و کاهش ها برابر صفر می شوند.

در گرانش هم چنین است که شما پس از طی هر مسیری به جایگاه اولیه خود باز گردید تغییر انرژی پتانسیل گرانشی در کل صفر است یعنی تمام افزایش ها و کاهش ها در مسیر ، اثر یکدیگر را خنثی نموده و تغییرات کل در حلقه مسیر صفر است.

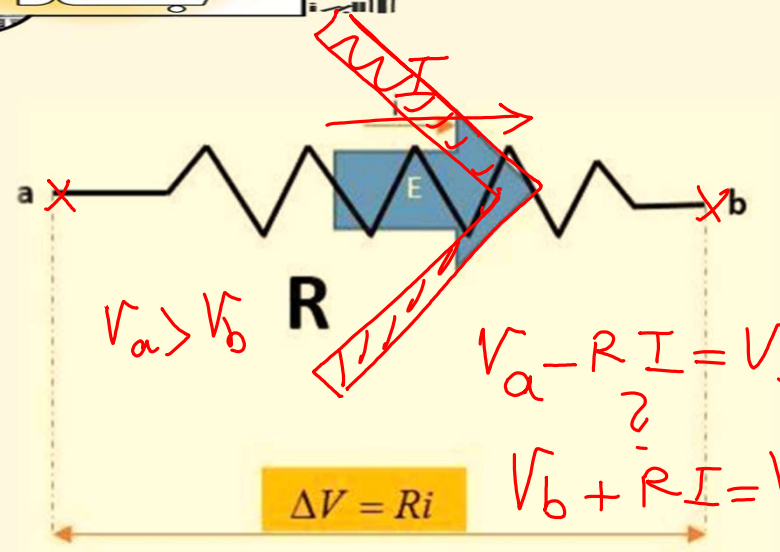
چگونه اختلاف پتانسیل ها را در هنگام استفاده از قانون حلقه بنویسیم؟

اجزای اصلی مدار تک حلقه :

الف- مقاومت ها

ب-مولدها

نوشتن اختلاف پتانسیل برای یک مقاومت



$V_a > V_b$

$V_a - RI = V_b$

?

$V_b + RI = V_a$

با توجه به جهت میدان الکتریکی در درون مقاومت که جهت جریان با آن در مقاومت مشخص می شود واضح است که:

$$V_a > V_b \Rightarrow V_a - Ri = V_b$$

or

$$V_b < V_a \Rightarrow V_b + Ri = V_a$$

به طور خلاصه می توان گفت در عبور از یک مقاومت ، همسوی جریانش باید به اندازه ی $-Ri$ و در خلاف جریانش باید به اندازه ی $+Ri$ تغییر پتانسیل الکتریکی در نظر گرفت(قاعده ی مقاومت)

@PHY2_TA
@PHY2_TA

هرگاه از یک مقاومت در جهت جریان عبور کنیم پتانسیل الکتریکی به اندازهٔ RI کاهش می‌یابد

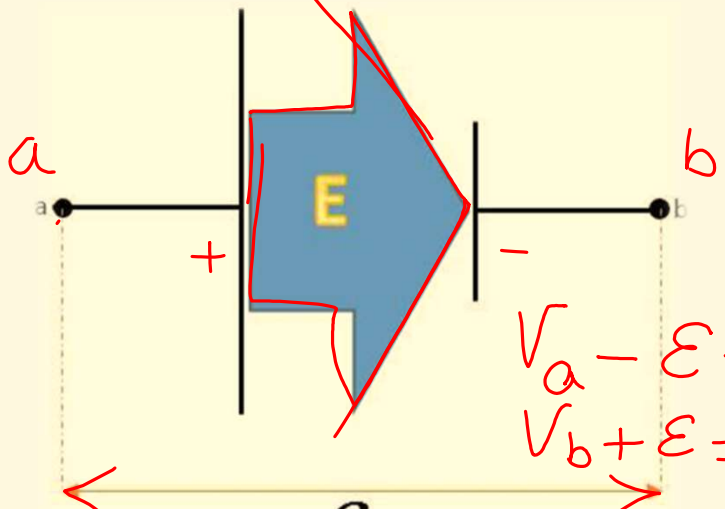
چگونه اختلاف پتانسیل ها را در هنگام استفاده از قانون حلقه بنویسیم؟

اجزای اصلی مدار تک حلقه :

الف- مقاومت ها

ب- مولدها

نوشتن اختلاف پتانسیل برای یک مولد



$V_a - \varepsilon = V_b$

$V_b + \varepsilon = V_a$

با توجه به جهت میدان الکتریکی در درون مولد واضح است که:

@PHY2_TA

$$V_a > V_b \Rightarrow V_a - \varepsilon = V_b$$

or

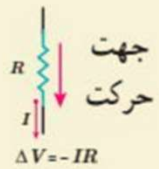
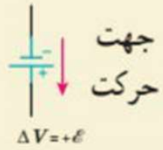
$$V_b < V_a \Rightarrow V_b + \varepsilon = V_a$$

@PHY2_TA

به طور خلاصه می توان گفت در عبور از یک مولد برای خروج از قطب + باید به اندازه ی $\varepsilon+$ و برای خروج از قطب − باید به اندازه ی $\varepsilon-$ تغییر پتانسیل الکتریکی در نظر گرفت(قاعده ی مولد)

هرگاه از یک مولد عبور کنیم اگر از قطب + آن خارج شویم پتانسیل به اندازه ε افزایش و اگر از قطب منفی خارج شویم به اندازه ε کاهش می‌یابد

جدول ۲ـ۴ جدول قرارداد تعیین علامت اختلاف پتانسیل‌ها در یک مدار تک‌حلقه‌ای، شامل مقاومت و منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی

عنصر مدار	جهت حرکت	تغییر پتانسیل	
مقاومت	در جهت جریان	$-IR$	
مقاومت	در خلاف جهت جریان	$+IR$	
منبع نیروی محرکه	از پایانهٔ منفی به پایانهٔ مثبت	$+\mathscr{E}$	
منبع نیروی محرکه	از پایانهٔ مثبت به پایانهٔ منفی	$-\mathscr{E}$	

تکلیف F2-G:

شماره های ۳ تا ۱۷ بخش ۲-۴ فایل کتاب کار فصل دوم

همه شماره ها و همه کلاس ها

مبحث ۱۳:
اختلاف پتانسیل مولدهای واقعی

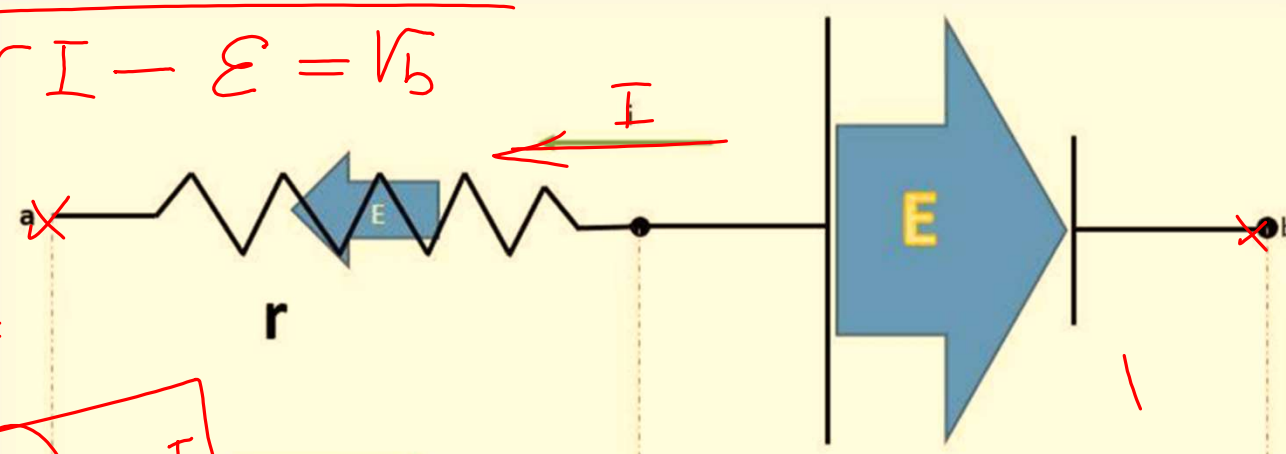
امید برزوئی

⚠ اگر مولدی به تنهایی در یک مدار باشد جریان الکتریکی ((از قطب مثبت مولد خارج و پس از گردش در مدار به قطب منفی مولد باز می گردد)) و این ((جهت جریان معمول برای یک مولد)) است و در چنین حالتی مولد واقعا در مدار نقش تولید کننده ی انرژی برای اجزای مدار را دارد.

⚠ اما گاهی از یک مولد((به خاطر وجود مولدهای قوی تر دیگر که با قطبیت برعکس بسته)) شده اند ، جریانی برعکس شرایط معمول ، گذرانده می شود یعنی از قطب منفی خارج و به قطب مثبت وارد می شود.در چنین حالتی مولد از مدار انرژی دریافت می کند که اگر شارژ پذیر باشد شارژ می شود و اگر نه فقط موجب اتلاف انرژی به شکل گرما می گردد.

☜در ادامه اختلاف پتانسیل دوسر یک مولد را در حالت عبور جریان معمول و غیر معمول به همراه نمودارهای مربوطه خواهد آمد

اختلاف پتانسیل برای یک مولد **در شرایط معمول**



$V_a + rI - \mathcal{E} = V_b$

$V_b - V_a =$

$V_{\text{مولد}} = \mathcal{E} - rI$

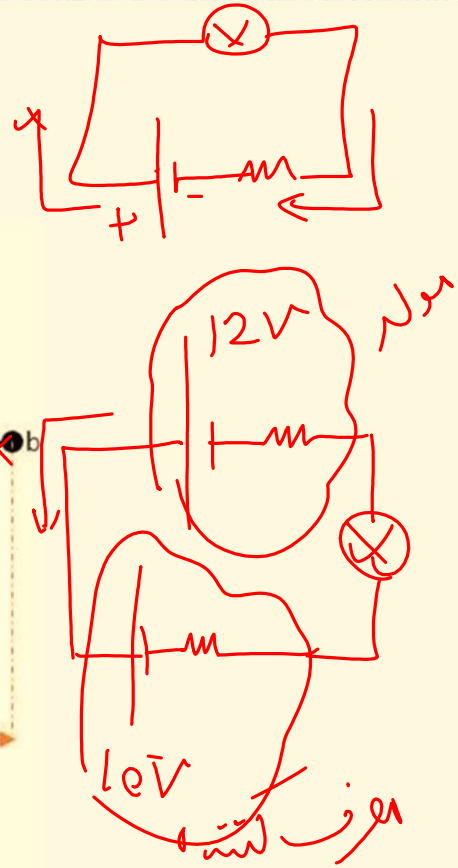
$\Delta V = Ri$

$\mathcal{E}$

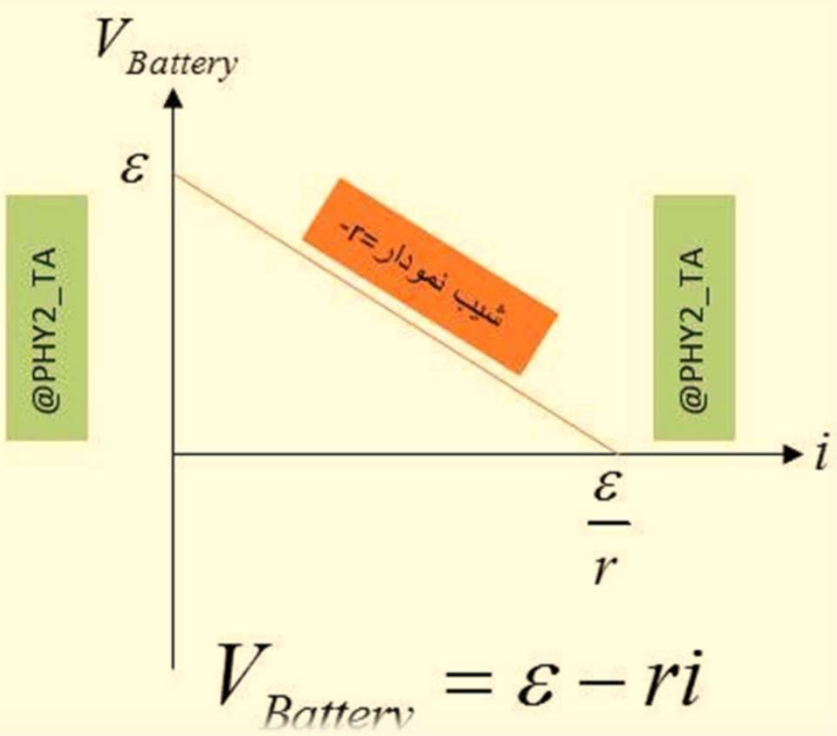
اگر از **a** یا **b** شروع و به طرف نقطه ی دیگر حرکت کنیم :

$$\left.\begin{array}{l} V_a + ri - \varepsilon = V_b \\ or \\ V_b + \varepsilon - ri = V_a \end{array}\right\} \Rightarrow V_a - V_b = \varepsilon - ri \Rightarrow V_{Battery} = \varepsilon - ri \le \varepsilon$$

@PHY2_TA
@PHY2_TA

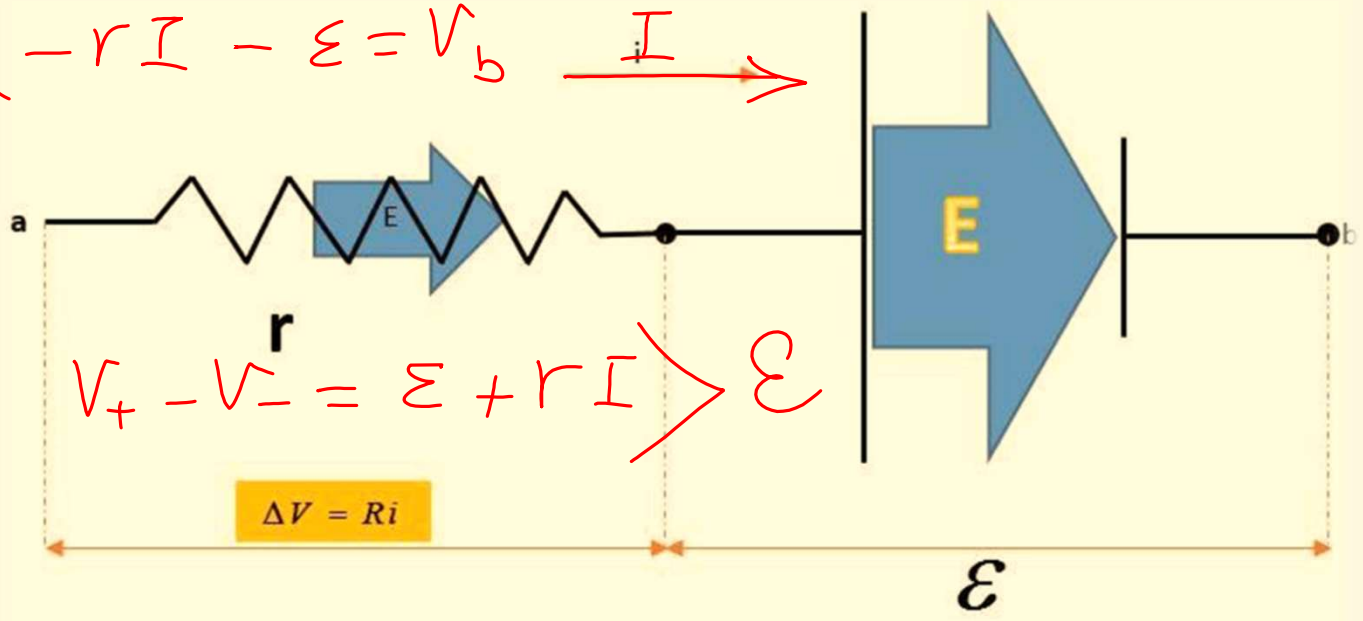


نمودار ولتاژ دو سر مولد واقعی در حالت معمول و مولدی



اختلاف پتانسیل برای یک مولد در شرایط غیر معمول

$V_a - rI - \varepsilon = V_b$ ، I ←



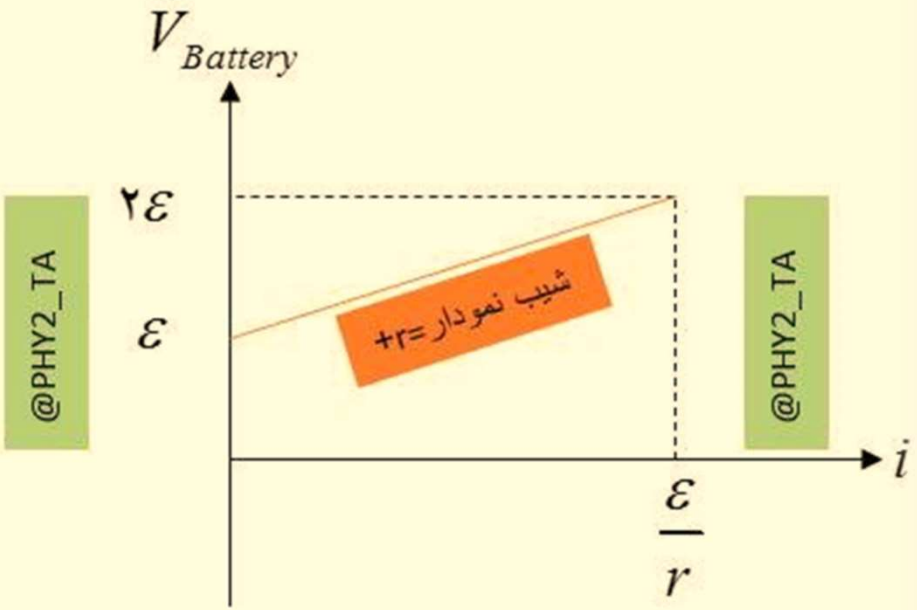
@PHY2_TA

اگر از **a** یا **b** شروع و به طرف نقطه ی دیگر حرکت کنیم :

$$\left.\begin{array}{l} V_a - ri - \varepsilon = V_b \\ or \\ V_b + \varepsilon + ri = V_a \end{array}\right\} \Rightarrow V_a - V_b = \varepsilon + ri \Rightarrow V_{Battery} = \varepsilon + ri \geq \varepsilon$$

@PHY2_TA

نمودار ولتاژ دو سر مولد واقعی در حالت غیر معمول و مصرف کنندگی



$$V_{Battery} = \varepsilon + ri$$

مساله نمونه:

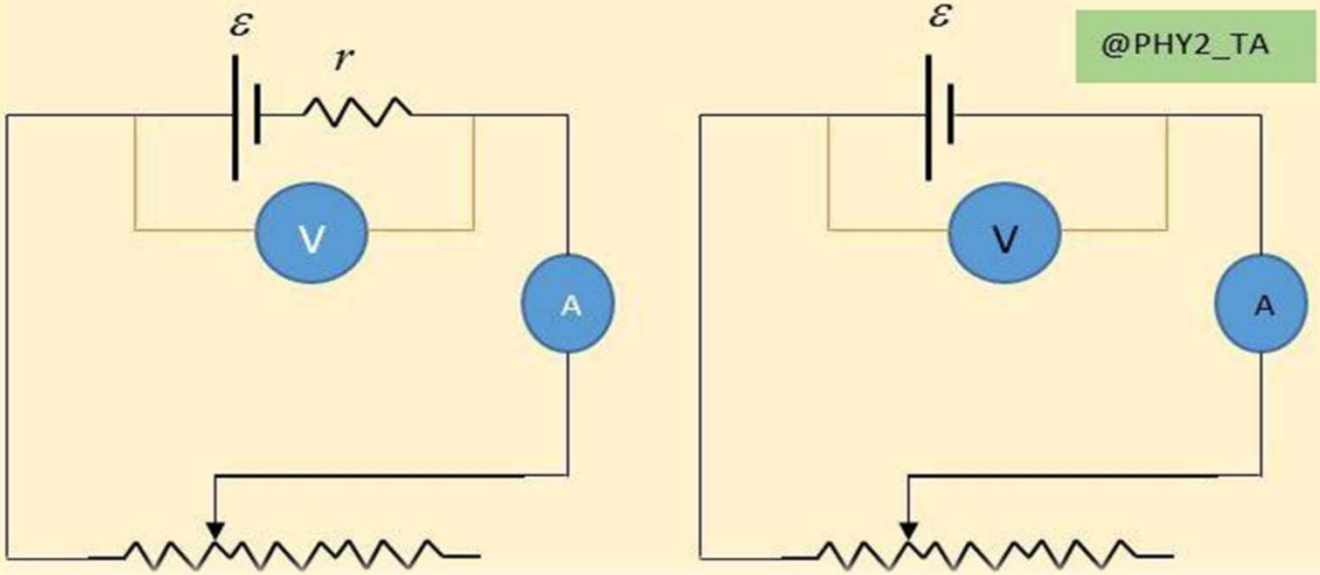
در هر یک از دو مدار زیر که مولد یکی ایده آل و مولد دیگری واقعی است به پرسشهای زیر پاسخ دهید:

الف-جریان مدار ساعتگرد است یا پادساعتگرد؟چرا؟

@PHY2_TA

ب- قرار دادن همین آمپرسنج در سمت چپ مدار ، بدون ایجاد هیچ تغییر دیگری در مدار ، چه تاثیری بر عدد آمپرسنج خواهد داشت؟چرا؟

پ- با حرکت دادن لغزنده ی رئوستا به طرف راست ،برای اعداد آمپرسنج و ولت سنج چه اتفاقی می افتد؟چرا؟



@PHY2_TA

پاسخ:

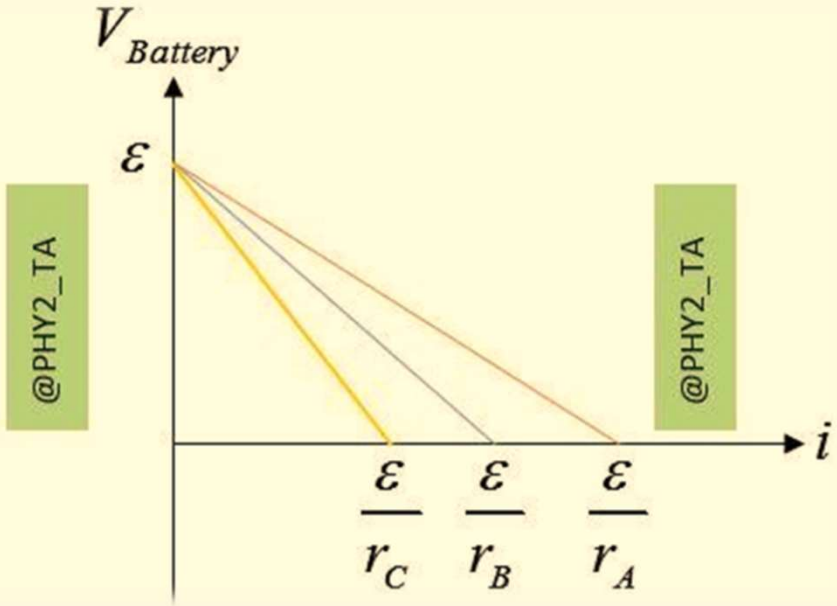
الف–پادساعتگرد زیرا همین یک مولد به تنهایی در مدار است و جریان با جهت معمول خود را در مدار جاری می کند.

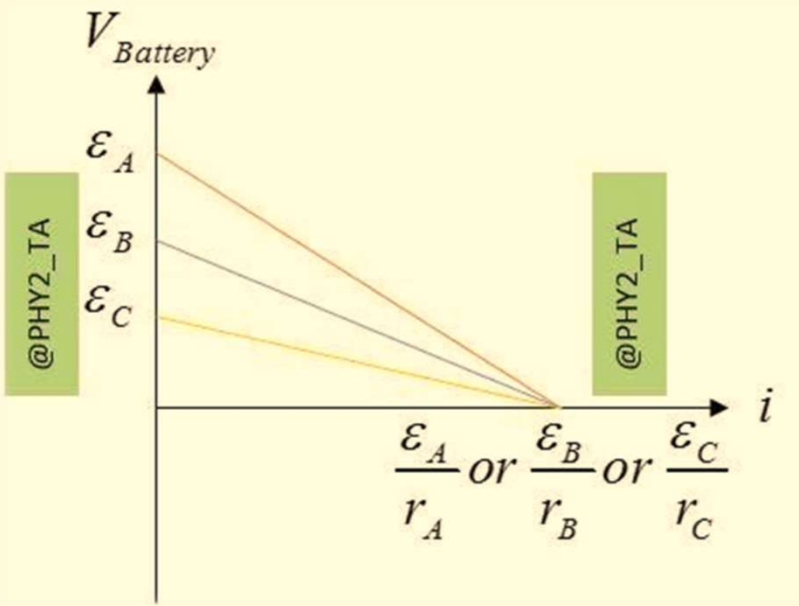
ب–تاثیری نداردزیرا بنا به پایستگی بار الکتریکی هر مقدار بار به هر مقطعی از مدار وارد می شود از مقطعی دیگر ، همان مقدار بار در همان زمان باید بگذرد چرا که قطعه رسانای مابین دو مقطع فرضی نه به بار ها می افزاید و نه از آنها می کاهد.

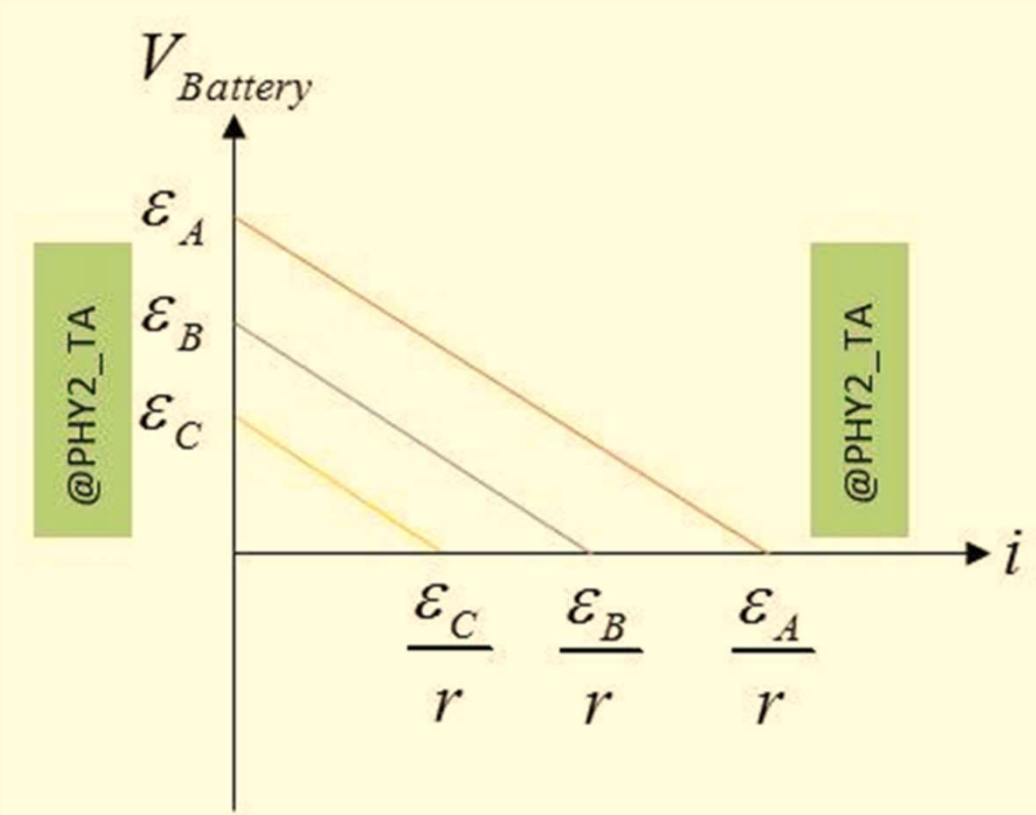
پ– با حرکت لغزنده ی رئوستا به طرف راست مقاومت رئوستا و البته مدار زیاد شده پس در هر دو مدار شدت جریان کاهش می یابد و آمپرسنج عددش کوچکتر خواهد شد.

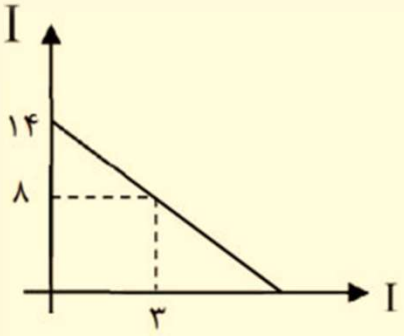
اما ولت متر دو سر مولد واقعی به علت اینکه $\varepsilon - ri$ را نشان می دهد و کاهش i جمله ی ri را کوچک کرده است ، از عددی که نشان می داد بیشتر نشان خواهد داد ولی مولد ایده آل یا آرمانی به خاطر نداشتن چنین جمله ای هیچ تغییری نخواهد کرد و همواره همان ε یعنی دقیقا نیروی محرکه را نشان می دهد.

مثال: در هر یک از نمودارهای داده شده ، مولدهای آن نمودار را مقایسه کنید:





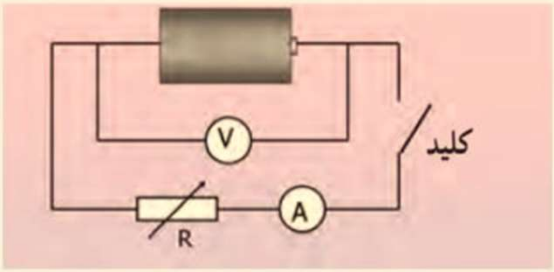

$V_{Battery}$
ε_A
ε_B
ε_C
@PHY2_TA
@PHY2_TA
i
$\frac{\varepsilon_C}{r}$
$\frac{\varepsilon_B}{r}$
$\frac{\varepsilon_A}{r}$



مثال: نمودار ولتاژ بر حسب جریان برای یک مولد مطابق شکل روبه رو است. مقاومت درونی این مولد چقدر است؟

.....

.....



تفاوت یک باتری نو و فرسوده عمدتاً در مقدار مقاومت داخلی آن است که می‌تواند کمتر از یک اُهم برای باتری نو تا چند هزار اُهم برای باتری فرسوده باشد. برای اندازه‌گیری مقاومت داخلی یک باتری مدار ساده‌ای متشکل از یک باتری، یک کلید قطع و وصل، و یک مقاومت یا لامپ کوچک را سوار کنید. نخست درحالی‌که کلید قطع است، ولتاژ دو سر باتری را با یک ولت‌سنج اندازه بگیرید و آن‌گاه پس از بستن کلید، دوباره ولتاژ دو سر باتری را اندازه بگیرید. همچنین در این حالت، جریان عبوری از مدار را نیز باید به کمک یک آمپرسنج اندازه بگیرید. اکنون با استفاده از رابطهٔ ۲ــ۷ مقاومت داخلی باتری را محاسبه کنید (البته در یک اندازه‌گیری دقیق‌تر معمولاً از یک مقاومت متغیر استفاده می‌شود و مقاومت داخلی پس از چندین اندازه‌گیری محاسبه می‌شود). آزمایش را یک بار برای باتری نو و یک بار برای باتری فرسوده انجام دهید.

مبحث۱۴:
بررسی کامل یک مدار تک حلقه

امید برزوئی

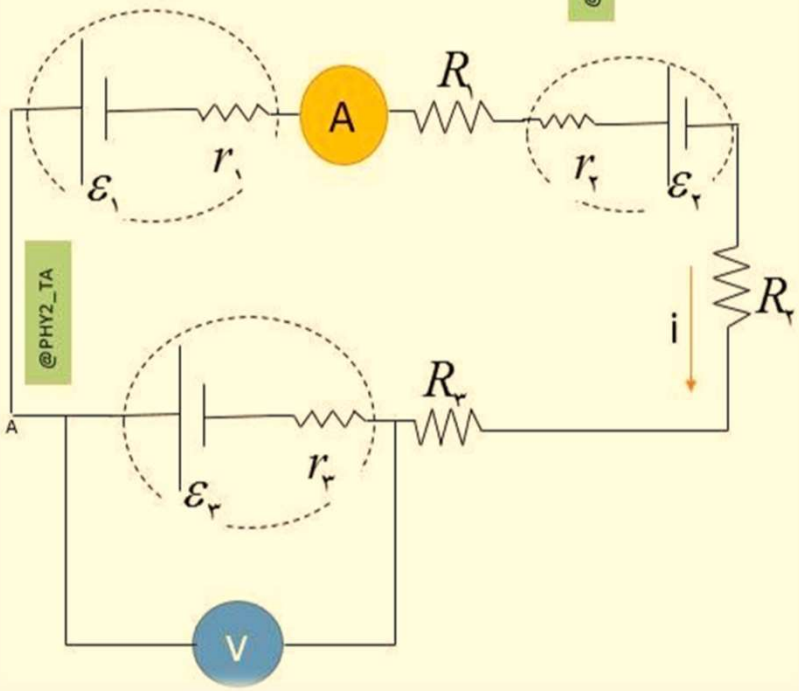
این مطلب را در قالب یک مثال
بررسی می کنیم

مثال:در مدار شکل روبه روآمپرسنج
و ولت سنج چه اعدادی را نشان
می دهند؟

پاسخ:

جهت جریان در صورت سوال داده
نشده و با توجه به بیشتر بودن
نیروی محرکه ی مولد شماره ۳ ،
جهت جریان را این مولد تعیین می کند.

$$2\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 20V, \varepsilon_3 = 46V$$
$$R_1 = 2R_2 = 20\Omega, R_3 = 15\Omega$$
$$r_1 = 3r_2 = \frac{r_3}{2} = 1/5\Omega$$



ادامه پاسخ:

پاسخ:

*توجه داریم که آمپرسنج و ولت متر با توجه به آنچه پیش تر درباره ی این دو وسیله بیان شد بر مدار تاثیر بسیار ناچیزی دارند.

با توجه به قانون حلقه ای که بیان شد و همچنین قاعده های عبور از مولد و مقاومت از نقطه ای دلخواه مانند **A** و در جهتِ دلخواه مثلا ساعتگرد روی مسیر مدار حرکت کرده و تغییرات پتانسیل را می نویسیم و به نقطه ی **A** بازمی گردیم:

$$V_A - \varepsilon_3 + r_3 i + R_3 i + R_2 i + \varepsilon_2 + r_2 i + R_1 i + r_1 i + \varepsilon_1 = V_A$$

$$i = \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2 - \varepsilon_1}{(R_1 + R_2 + R_3) + (r_1 + r_2 + r_3)} = \frac{16}{50} = 0/32A$$

@PHY2_TA

@PHY2_TA

ولت سنج چون دو سر مولدی که جریان معمول از آن می گذرد را نشان می دهد

$$V_3 = \varepsilon_3 - r_3 i = 46 - 3 \times 0/32 = 45/04V$$

بنا بر مثالی که دیدیم می توان گفت در یک مدار تک حلقه همواره

$i=(\Sigma\varepsilon-\Sigma\xi)/(\Sigma R+\Sigma r)$

و جهت جریان را مولد هایی تعیین می کنند که نیروی محرکه ی بیشتری دارند.

توجه: اگر جایی قادر به تشخیص جهت جریان نشدیم جهتی دلخواه انتخاب می کنیم و پیش می رویم.

اگر جریان به دست آمده مثبت باشد جهت انتخابی درست است و اگر جریان منفی به دست آید جهت جریان واقعی در مدار خلاف جهت انتخابی است.

ولی هیچ محاسبه ای را تکرار نمی کنیم و با همان علامت پیش می رویم

تکلیف F2-H:

سوالات تشریحی شماره های ۱۸ تا ۳۹ فایل کتاب کار در بخش ۲-۴

بعلاوه

تستهای ۱۱۹ تا ۱۳۵ از کتاب کار فصل دوم

توجه:در هر دو مورد

کلاس های ۲۱۱ و ۲۱۳ و ۲۱۵ شماره های فرد

کلاس های ۲۱۲ و ۲۱۴ شماره های زوج

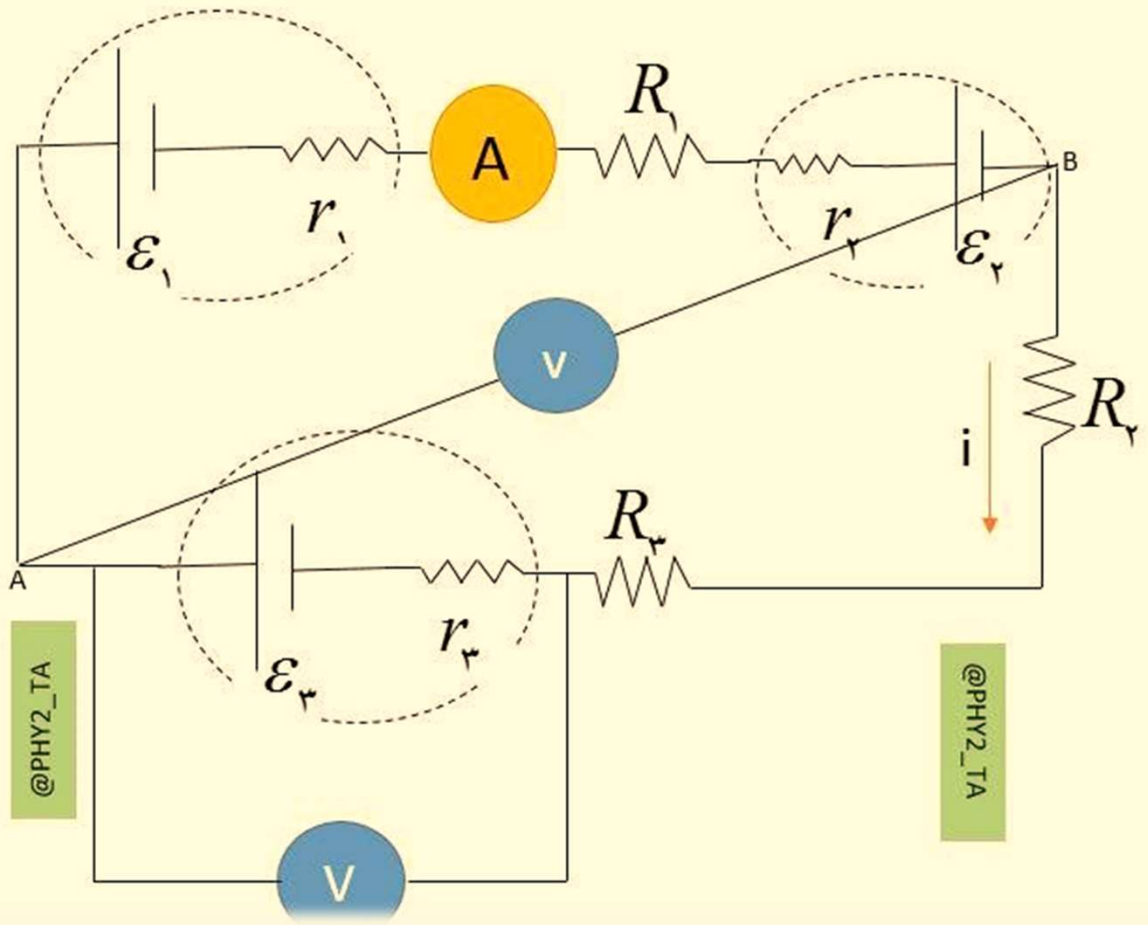
را پاسخ دهند

مبحث۱۵:
چند مثال تکمیلی از مدار تک حلقه

امید برزوئی

مثال:

در همان سوال قبل اگر ولت سنجی بین A و B ببندیم چه عددی نشان خواهد داد؟



پاسخ:

از یکی از نقاط دو سر ولت سنج مثلا **A** و در مسیری دلخواه مانند مسیر پائین که چهار عنصر مداری بر سر راه است روی مدار حرکت کرده و تغییرات پتانسیل را با همان قواعد بیان شده می نویسیم و به نقطه ی **B** آن را خاتمه می دهیم:

@PHY2_TA

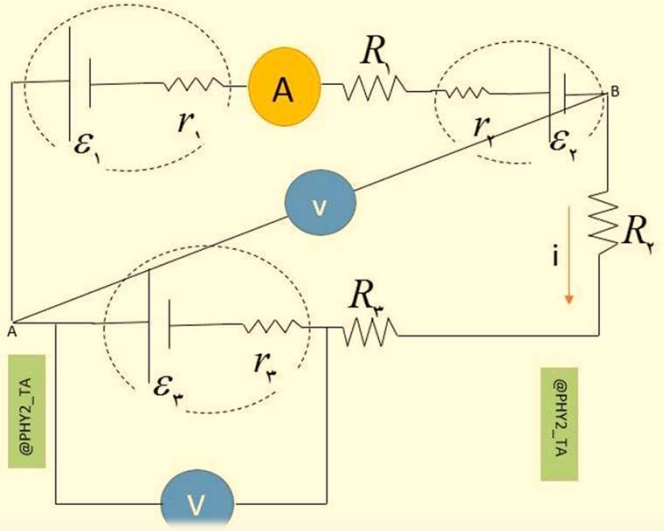
$$V_A - \varepsilon_3 + r_3 i + R_3 i + R_2 i = V_B$$

@PHY2_TA

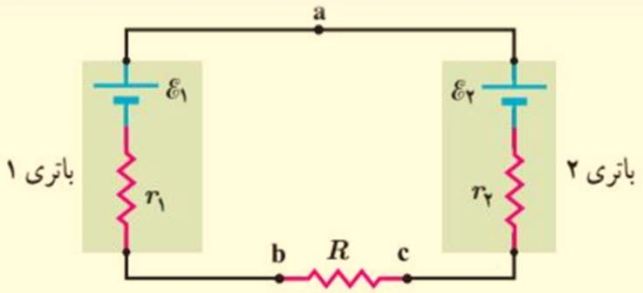
$$V_A - V_B = \varepsilon_3 - r_3 i - R_3 i - R_2 i = ۴۶ - ۰/۳۲(۳ + ۱۵ + ۱۰)$$

$$V_{AB} = ۳۷/۰۴\ \mathrm{V}$$

در همان سوال قبل اگر ولت سنجی بین **A** و **B** ببندیم چه عددی نشان خواهد داد؟



مثال:



مدار شکل روبه‌رو را درنظر بگیرید. مقادیر نیروهای محرکهٔ الکتریکی و مقاومت‌های مدار عبارت‌اند از :

$\mathscr{E}_1 = ۸/۰\,V$، $\mathscr{E}_2 = ۲/۰\,V$، $r_1 = ۲/۰\,\Omega$، $r_2 = ۱/۵\,\Omega$ و $R = ۸/۵\,\Omega$

الف) جهت جریان عبوری از مدار و مقدار آن را تعیین کنید.

ب) اختلاف پتانسیل دوسر باتری‌های ۱ و ۲ را محاسبه کنید.

الف:

$$V_a - \mathscr{E}_1 + Ir_1 + IR + Ir_2 + \mathscr{E}_2 = V_a$$

$$I = \frac{\mathscr{E}_1 - \mathscr{E}_2}{r_1 + R + r_2} = \frac{۸/۰\,V - ۲/۰\,V}{۲/۰\,\Omega + ۸/۵\,\Omega + ۱/۵\,\Omega} = ۰/۵۰\,A$$

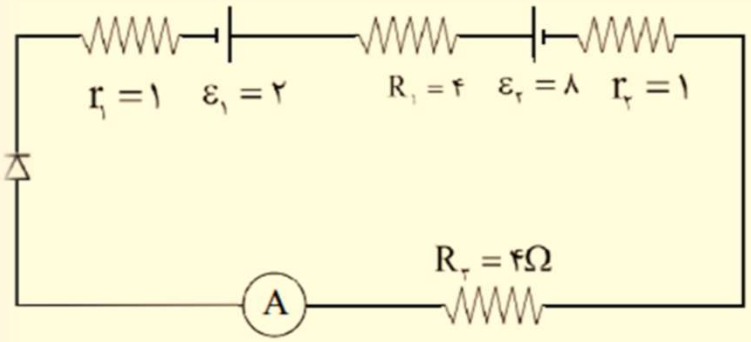
ب:

$$V_1 = \mathscr{E}_1 - Ir_1 = ۸/۰\,V - (۰/۵۰\,A)(۲/۰\,\Omega) = ۷/۰\,V$$

پ:

$$V_2 = \mathscr{E}_2 + Ir_2 = ۲/۰\,V + (۰/۵۰\,A)(۱/۵\,\Omega) = ۲/۸\,V$$

مثال:



در مدار مقابل آمپرسنج چند آمپر را نشان می‌دهد؟

.....

.....

.....

.....

.....

مبحث۱۶:
توان در مدارهای الکتریکی

امید برزوئی

از یک مدار، قطعه ای مانند **AB** که هر عنصری از مدارها را می تواند شامل باشد در نظر می گیریم:

بار q+ در مدت t از قطعه ی AB می گذرد و انرژی پتانسیل الکتریکی آن در این عبور به اندازه ی ΔU_{AB} تغییر می کند(افزایش یا کاهش می یابد)

@PHY2_TA

$$P_{AB} = \frac{W_{AB}}{t} = \frac{\Delta U_{AB}}{t} = \frac{q\Delta V_{AB}}{t} = \left(\frac{q}{t}\right) \times \Delta V_{AB} = i\left(V_B - V_A\right)$$

@PHY2_TA

واضح است که اگر پتانسیل نقطه ی B پائین تر از A باشد انرژی پتانسیل الکتریکی کاهشی بوده

که یعنی قطعه ی AB قطعه ای در کل ، مصرف کننده بوده است و اگر پتانسیل نقطه ی B بالاتر از A باشد

یعنی قطعه ی AB بر q هنگام عبور مقداری نیز افزوده است پس این قطعه باید تولیدکننده ی انرژی برای بخشهای دیگر مدارش بوده باشد.

@PHY2_TA

خلاصه ی این که:

@PHY2_TA

اگر $P_{AB} < 0$ باشد یعنی قطعه ی AB مصرف کنندگی می کند

اگر $P_{AB} > 0$ باشد یعنی قطعه ی AB در مدار مربوطه اش تولید انرژی می کند

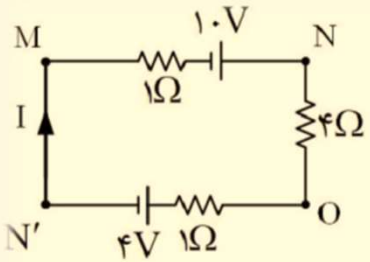
اگر بین A و B فقط و فقط مقاومت یا مقاومتهایی با مقدار کل R_{AB} وجود داشته باشد می توان فرمول کلی $P=Vi$ را به دو شکل زیر هم نوشت در غیر اینصورت دو رابطه ی زیر صحیح نمی باشند:

@PHY2_TA

$$P_{AB} = R_{AB} i_{AB}^{2} \;\&\; P_{AB} = \frac{V_{AB}^{2}}{R_{AB}}$$

@PHY2_TA

مثال: در مدار مقابل توان قطعه MNO را تعیین کنید.



پاسخ:

$$I = \frac{۱۰-۴}{۴+۱+۱} = \frac{۶}{۶} = ۱A$$

با نوشتن از M تا N و O پتانسیل‌ها:

$$V_M - ۱\times۱ + ۱۰ - ۴\times۱ = V_O$$

$$V_O - V_M = +۵V \Rightarrow P_{MNO} = ۵\times۱ = +۵W$$

$$P_{MNO} = (V_O - V_M)\times I$$

این قطعه به مدار انرژی می‌دهد.

مثال: در مثال قبل قطعه دیگر مدار چه توانی دارد؟

$$P_{OM} = (V_M - V_O)\times I = -۵\times۱ = -۵W$$

یعنی قطعه OM دقیقاً تولید و قطعه MNO مصرف می‌کند که بر طبق پایستگی انرژی عجیب نیست. (توجه شود که چون جریان از O به M است $V_M - V_O$ نوشته شده است)

مثال: در بخش AB از یک مدار، جریانی به شدت ۴A / ۰ برقرار است اگر این بخش در هر دقیقه، ۴۲۰J انرژی

الف) از بخش‌های دیگر مدار بگیرد.

ب) به بخش‌های دیگر مدار بدهد.

در هر کدام از این دو حالت پتانسیل نقطه A را تعیین کنید. (نقطه B به زمین متصل است)

پاسخ:

$$P_{AB} = \frac{۴۲۰J}{۶۰S} = ۷W$$

$$P_{AB} = V_{AB} \times I \Rightarrow ۷ = V_{AB} \times ۰/۴$$

$$V_{AB} = ۱۷/۵V$$

اگر AB مصرف‌کننده باشد (الف): $V_B - V_A = -۱۷/۵ \Rightarrow V_A = \pm ۱۷/۵V$

اگر AB تولید کننده باشد (ب): $V_B - V_A = +۱۷/۵V \Rightarrow V_A = -۱۷/۵V$

مبحث۱۷:
یکاهای دیگرانرژی و قانون ژول

امید برزوئی

یکای_کیلو_وات_ساعت(kw.h)

☜در مقیاس صنعتی و تجاری برای انرژی از یکای درشت تری از ژول استفاده می شود که kw.hاست.

یک kw.hانرژی مصرفی یا تولیدی یک مصرف کننده یا تولید کننده ی ۱۰۰۰ واتی در مدت یک ساعت یا ۳۶۰۰ ثانیه است بنابراین هر kw.hمعادل ۳۶۰۰۰۰۰ ژول است.

۱kw.h=3.6*10^6J

یکای_الکترون_ولت(eV)

☜در مقیاس های اتمی ژول نیز واحد بزرگی است و به همین دلیل از یکای دیگری به نام eVاستفاده می کنیم که تغییر انرژی یک الکترون در ولتاژی برابر یک ولت است بنابراین:

۱eV=1.6*10^-19*1=1.6*10^-19J

مثال:

وقتی دو سر یک بخاری برقی را به اختلاف پتانسیل ۲۲۰ V وصل کنیم، جریان ۱۰/۰ A از آن می‌گذرد. الف) توان این بخاری چقدر است؟ ب) اگر این بخاری به مدت ۳/۰۰ h در روز کار کند و قیمت برق مصرفی به ازای هر کیلووات ساعت ۵۰ تومان باشد، هزینهٔ یک ماه مصرف این بخاری چقدر می‌شود؟

پاسخ : الف) بنا به رابطهٔ ۲ــ۸ توان مورد نیاز بخاری چنین می‌شود :

$$P = I\Delta V = (10/0\,\mathrm{A})(220\,\mathrm{V}) = 2/20\times10^{3}\,\mathrm{W} = 2/20\,\mathrm{kW}$$

ب) انرژی مصرفی بخاری برابر Pt می‌شود که بر حسب یکاهای SI ، P بر حسب وات (W) ، t بر حسب ثانیه (s) است و انرژی مصرفی بر حسب ژول (J) می‌شود. اما برای محاسبهٔ مصرف برق، P را بر حسب کیلووات (kW) و t را بر حسب ساعت (h) می‌گیرند. بنابراین، انرژی الکتریکی مصرفی بر حسب کیلووات ساعت (kWh) می‌شود $(3/6\times10^{6}\,\mathrm{J})$ $(1\,\mathrm{kWh} = (1000\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}})(3600\,\mathrm{s}))$.

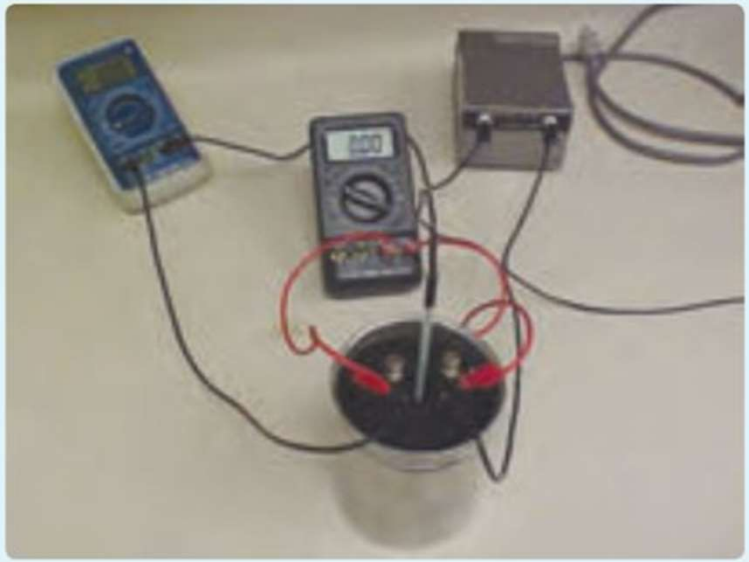
پس انرژی مصرفی بخاری در یک ماه، برابر است با

$$U = Pt = (2/20\,\mathrm{kW})(30\times3/00\,\mathrm{h}) = 198\,\mathrm{kWh}$$

در نتیجه بهای برق مصرفی این بخاری در یک ماه چنین می‌شود :

$$\text{بها} = (198\,\mathrm{kWh})(50\,\frac{\text{تومان}}{\mathrm{kWh}}) = 9900\,\text{تومان}$$

فعالیت ۲ـ۷



قانون ژول بیان می‌دارد گرمای تولید شده توسط جریان I ای عبوری از یک مقاومت R در مدت زمان t برابر با RI^2t است. این قانون را می‌توان به روش گرماسنجی با یک گرماسنج که در فیزیک دهم با آن آشنا شدید تحقیق کرد. اسباب این آزمایش در شکل نشان داده شده است. دربارهٔ چگونگی این آزمایش تحقیق کنید.

فعالیت ۲ــ ۸

الف) همانند شکل با یک اهم‌متر، مقاومت رشتهٔ سیم داخل لامپ ۱۰۰واتی را اندازه‌گیری کنید. سپس با استفاده از رابطهٔ ۲ــ۱۰ و با داشتن مشخصات روی لامپ، مقاومت آن را در حالت روشن محاسبه کنید. نتیجهٔ محاسبه را با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید و نتیجه را پس از گفت‌وگوی گروهی گزارش دهید.

ب) اکنون با استفاده از نتیجهٔ به‌دست آمده، دمای رشتهٔ سیم داخل لامپ را در حال روشن برآورد کنید (رشتهٔ سیم لامپ از جنس تنگستن و ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آن $۴/۵\times۱۰^{-۳}\,^{\circ}C^{-۱}$ است[۱]).

مبحث۱۸:
توان در مولدها

امید برزوئی

❋ اگر قطعه AB فقط یک مولد باشد که جریانی برابر I از آن می‌گذرد و توانی را تولید می کند و به مدار می دهد، برای این مولد می توان نوشت

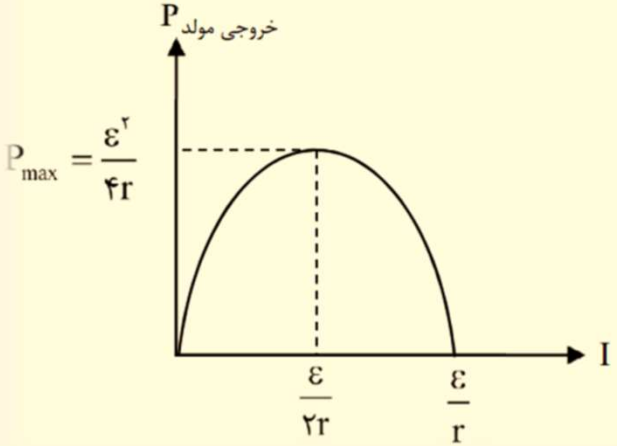
$$V_{\text{مولد}} = \varepsilon - rI \Rightarrow P_{\text{مولد}} = (\varepsilon - rI)I$$

$$P = \varepsilon I - rI^{2}$$

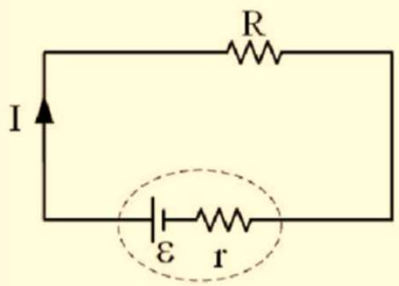
❋ بخش εI «توان تولیدی» و بخش rI^{2} «توان مصرفی در مقاومت درونی» گفته می‌شود.

❋ εI ها تمام استعدادی است که مولد در تولید توان و ارائه به مدار دارد، ولی r امکان خروج چنین توانی را از مولد می گیرد.

❋ نمودار $P = \varepsilon I - rI^{2}$ در مختصات $P - I$ به صورت سهمی زیر است که بیشترین توان خروجی یک مولد را هنگام عبور جریان $I = \frac{\varepsilon}{2r}$ نشان می‌دهد.

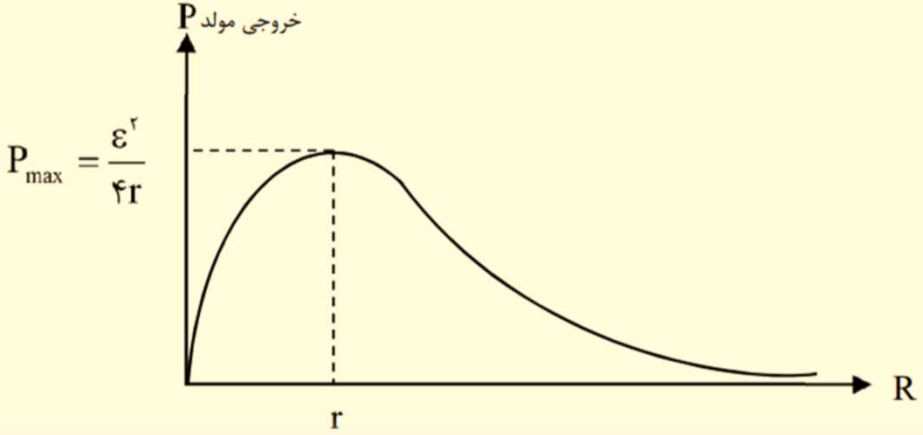


❋ اگر مولد به مقاومت خارجی R متصل باشد (مطابق شکل) می‌توان نوشت: $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$



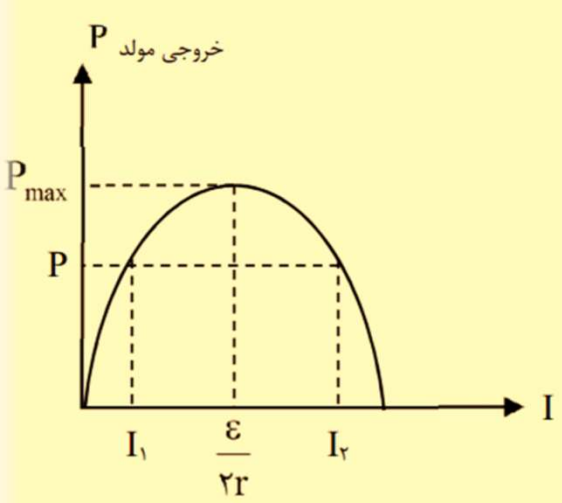
و با جایگذاری در $P_{مولد} = \varepsilon I - rI^2$

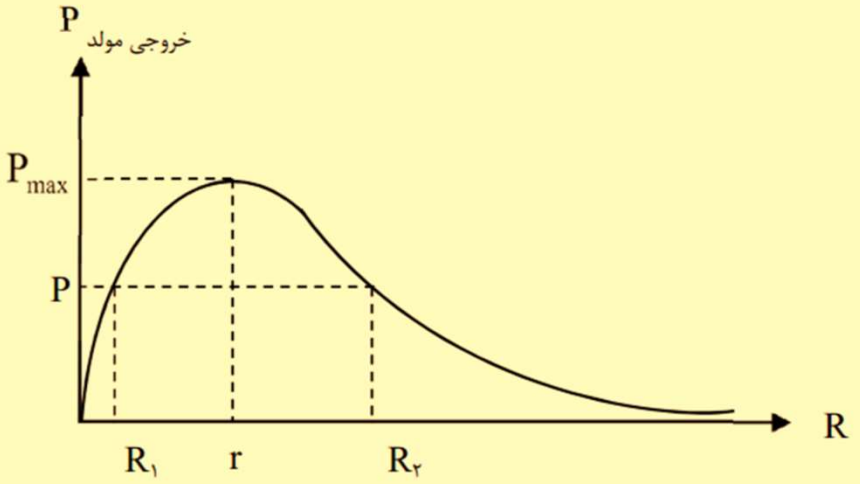
به رابطه $P_{مولد} = \frac{\varepsilon^2 R}{(R+r)^2}$ می‌رسیم که نموداری به شکل زیر دارد.



$P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$

❋ نمودارهای $P-I$ یا $P-r$ همچنین نشان می‌دهند همواره دو جریان یا دو مقاومت R وجود دارند که توان خروجی مولد در آنها یکسان است.



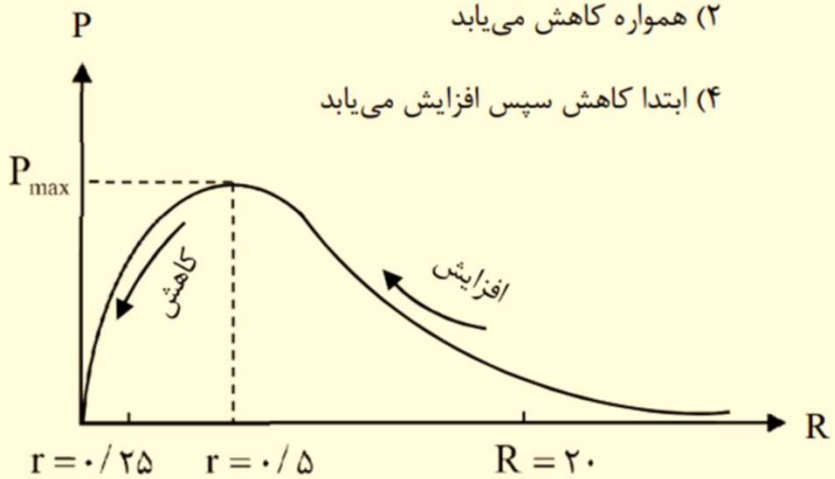


❋ می‌توان ثابت نمود (تلاش کنید) که $r=\sqrt{R_1R_2}$ یا $r=\dfrac{\varepsilon}{I_1+I_2}$

مثال: مولدی با مقاومت داخلی $0/5\Omega$ به یک مقاومت متغیر متصل است. مقدار مقاومت متغیر که در ابتدا برابر 20Ω است تا $0/25\Omega$ قابل تغییر است. تعیین کنید هنگامی که آن را در این گستره تغییر می‌دهیم توان خروجی مولد چگونه تغییر می‌کند؟

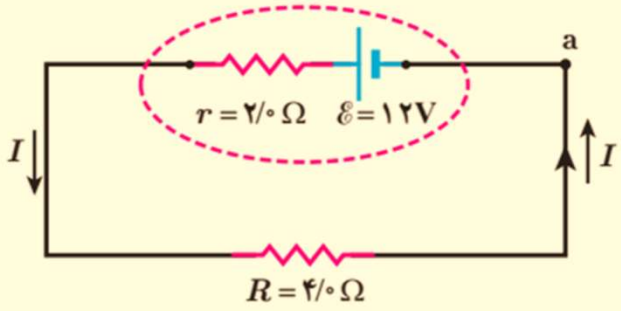
۱) همواره افزایش می‌یابد
۲) همواره کاهش می‌یابد
۳) ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد
۴) ابتدا کاهش سپس افزایش می‌یابد

پاسخ: اعداد این مسئله را روی نمودار $P-R$ بیان کنیم چنین می‌شود:



واضح است که با حرکت از 20Ω به طرف $0/25\Omega$ ابتدا شاهد افزایش توان تا P_{max} خواهیم بود و پس از $0/5$ اهم توان رو به کاهش می‌گذارد.

مثال:



برای مدار نشان داده شده در شکل : الف) توان خروجی باتری و ب) توان مصرفی در مقاومت را محاسبه کنید.

پاسخ : الف) نخست، جریان را با استفاده از قاعدهٔ حلقه به دست می‌آوریم :

$$V_a + \mathscr{E} - Ir - IR = V_a \Rightarrow I = \frac{\mathscr{E}}{R+r} = \frac{۱۲\text{V}}{۴/۰\Omega + ۲/۰\Omega} = ۲/۰\text{A}$$

اکنون توان الکتریکی خروجی از باتری با استفاده از رابطهٔ ۲ـ۱۱ چنین می‌شود :

$$P_{\text{خروجی}} = \mathscr{E}I - rI^۲ = (۱۲\text{V})(۲/۰\text{A}) - (۲/۰\Omega)(۲/۰\text{A})^۲ = ۱۶\text{W}$$

ب) با استفاده از پایستگی انرژی بدیهی است که توان الکتریکی مصرفی در مقاومت ۴ اهمی برابر با توان خروجی باتری، یعنی ۱۶W می‌شود. با این حال، این را می‌توانیم به‌طور مستقیم نیز نشان دهیم :

$$P_{\text{مصرفی}} = RI^۲ = (۴/۰\Omega)(۲/۰\text{A})^۲ = ۱۶\text{W}$$

تکلیف F2-I:

سوالات تشریحی کتاب کار فصل دوم بخش ۲-۵ شماره های ۱ تا ۳۲

توجه:

کلاس های ۲۱۱ و ۲۱۳ و ۲۱۵ شماره های فرد

کلاس های ۲۱۲ و ۲۱۴ شماره های زوج

مبحث۱۹:
به هم بستن مقاومتها–ترکیب متوالی یا سری

امید برزوئی

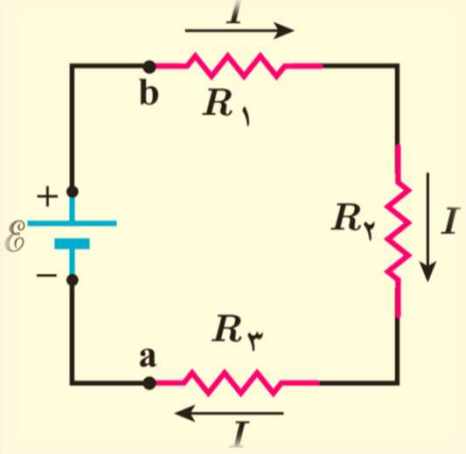
☜ برای ایجاد مقاومتهایی که مستقلاً وجود ندارند ولی به آنها در جهت رسیدن به اهدافمان نیاز داریم باید مقاومتهای در اختیار را به گونه ای به هم متصل نماییم که مجموعه ی آنها مقاومت مورد نظر ما یا Reqرا تامین نماید بنابراین اغلب به بستن مقاومتها به یکدیگر نیازمندیم.

☜ مقاومتها را به دو شیوه ی متوالی(سری) و موازی و البته ترکیبی از هردو به هم می بندیم.

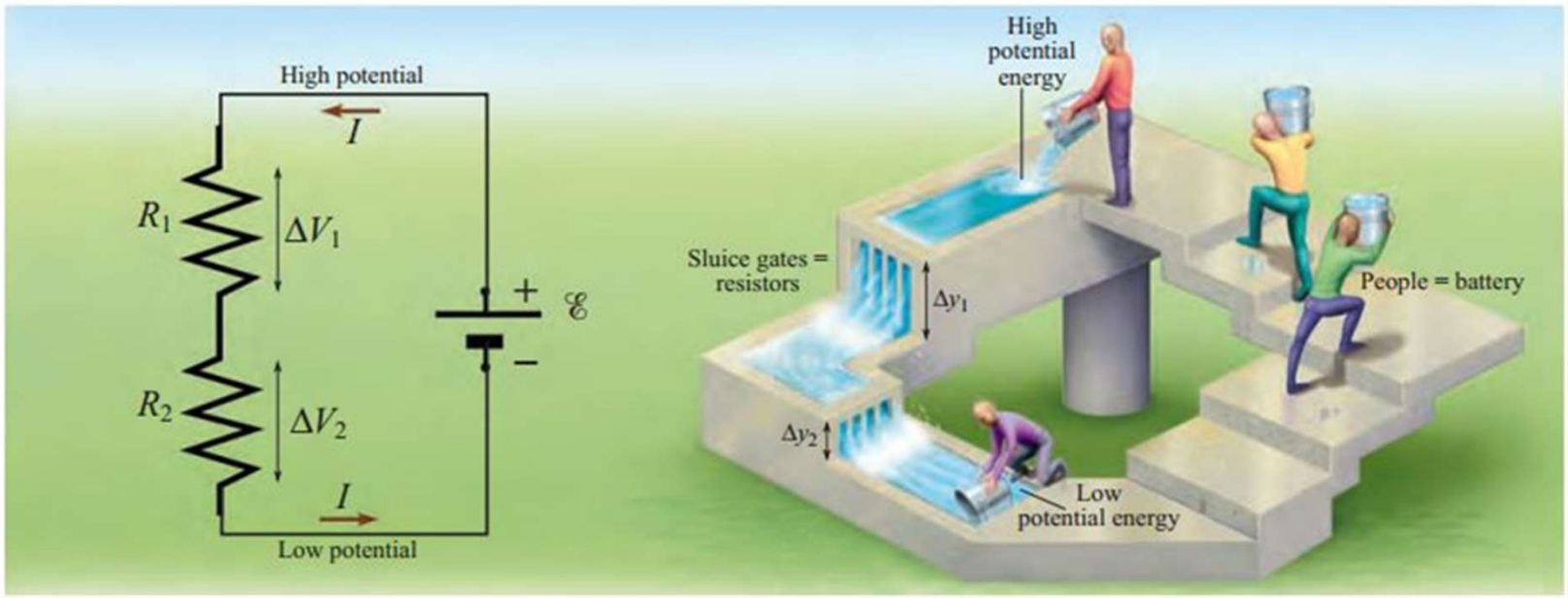
ترکیب_متوالی

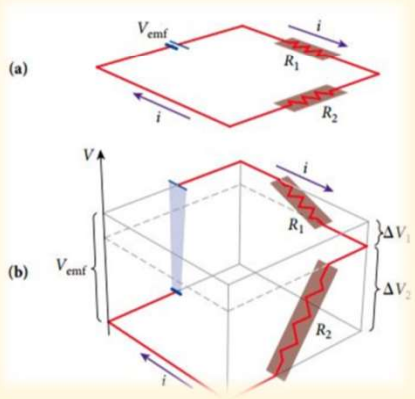
☜ هرگاه دو یا چند مقاومت به دنبال یکدیگر و بدون هیچ انشعابی مابینشان به هم متصل شده باشند آنها را متوالی یا سری می نامیم .

همانطور که دیده می شود چون فقط یک مسیر برای عبور جریان وجود دارد و آن همان تک مسیری است که مقاومتها در آن قرار دارند بنابراین شدت جریان الکتریکی از دو یا چند مقاومت متوالی یکسان است یعنی:



i1=i2=...=in=ieq


High potential
I
R_1
ΔV_1
+
$\mathscr{E}$
−
R_2
ΔV_2
I
Low potential
High potential energy
Sluice gates = resistors
Δy_1
Δy_2
People = battery
Low potential energy


(a)
V_{emf}
i
R_1
R_2
(b)
V
V_{emf}
ΔV_1
ΔV_2

اما ولتاژهای هر کدام از مقاومتها متفاوت است ولی همانطور که در شکل بالا دیده می شود و از قبل هم از قانون حلقه دیدیم کاهش ولتاژ ها توسط مولد جبران می شود یعنی:

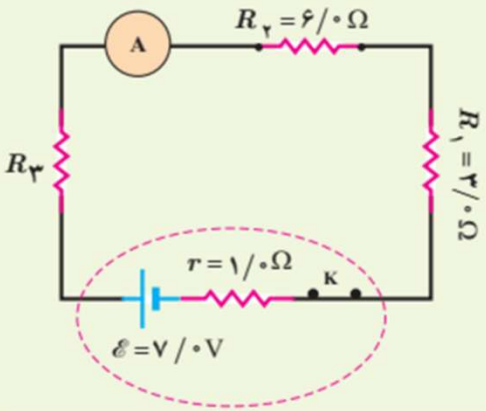
$$V1+V2+...+Vn=Veq$$

از این دو رابطه می توان نتیجه گرفت در مقاومتهای متوالی یا سری تک مقاومتی که می تواند به تنهایی جایگزین همه ی آنها شود و آن را Reqمی نامیم از رابطه ی زیر تعیین می شود :

$$Req=R1+R2+...+Rn$$

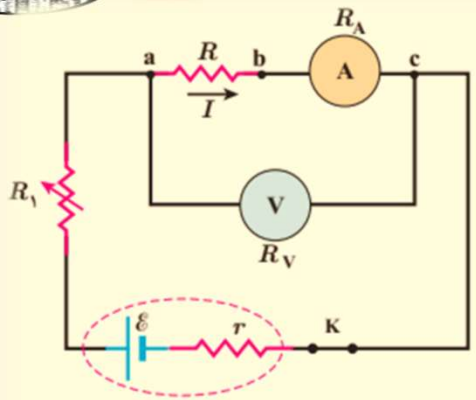
⚠ در مقاومتهای متوالی یا سری مقاومت معادل Reqاز بزرگترین مقاومتی که در مجموعه وجود دارد هم بزرگتر است پس ترکیب متوالی یا سری شیوه ای برای رسیدن به مقاومتی بزرگتر از همه مقاومتهایی است که در اختیار داریم.

تمرین ۲ــ۵



در شکل روبه‌رو، سه مقاومت به همراه یک آمپرسنج به‌صورت متوالی به یک باتری وصل شده‌اند و مقاومت آمپرسنج صفر است (آمپرسنج آرمانی). اگر مقاومت معادل مقاومت‌های $R_۱$، $R_۲$ و $R_۳$ برابر با $۱۳/۰\,\Omega$ باشد : الف) مقاومت $R_۳$ چقدر است؟ ب) جریانی را که آمپرسنج نشان می‌دهد به‌دست آورید. پ) نشان دهید توان خروجی باتری با مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های $R_۱$ ، $R_۲$ و $R_۳$ در مدار برابر است.

مثال:



شکل روبه‌رو مداری را برای اندازه‌گیری مقاومت مجهول R نشان می‌دهد. فرض کنید در این مدار ولت‌سنج $۲۴/۰\ V$ و آمپرسنج $۰/۲۰۰\ A$ را نشان دهد. مقاومت ولت‌سنج $R_V = ۱/۰۰\times۱۰^{۴}\Omega$ و مقاومت آمپرسنج $R_A = ۱/۰۰\Omega$ است. مقاومت R را به‌دست آورید.

پاسخ : مقاومت‌های R و R_A به‌طور متوالی به هم بسته شده‌اند و اختلاف پتانسیل دوسر آنها برابر با $۲۴/۰\ V$ است. با توجه به اینکه آمپرسنج جریان $۰/۲۰۰\ A$ را نشان می‌دهد و به‌طور متوالی به مقاومت R بسته شده است، جریان عبوری از این دو مقاومت نیز برابر $۰/۲۰۰\ A$ است :

$$R_{eq} = \frac{V}{I} = \frac{۲۴/۰\,V}{۰/۲۰۰\,A} = ۱۲۰\Omega$$

با توجه به اینکه $R_{eq} = R + R_A$ و $R_A = ۱/۰۰\Omega$ است مقاومت مجهول برابر با $R = ۱۱۹\Omega$ می‌شود.

مقاومت یک ولت‌سنج باید خیلی بزرگ باشد تا قرار گرفتن آن در مدار، ولتاژ اجزای مدار را به‌طور محسوسی تغییر ندهد. همچنین مقاومت یک آمپرسنج باید خیلی ناچیز باشد تا قرار گرفتن آن در مدار به‌طور محسوسی جریان اجزای مدار را تغییر ندهد. همان‌طور که در مثال بالا ملاحظه شد، مقاومت‌های آمپرسنج و ولت‌سنج این ویژگی‌ها را دارند.

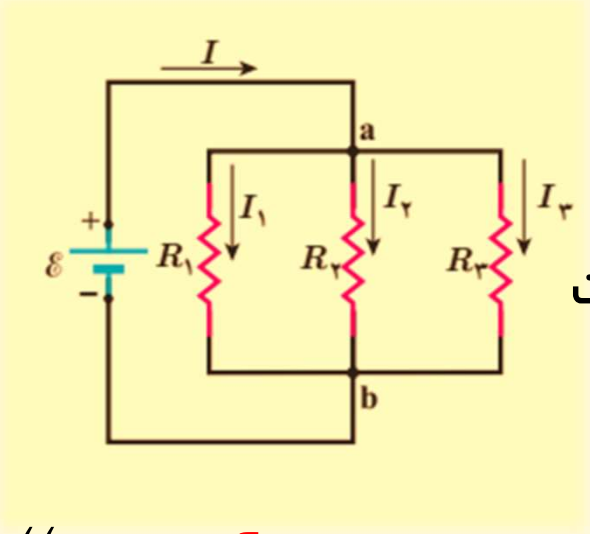
مبحث۲۰:
به هم بستن مقاومتها–ترکیب متوازی

امید برزوئی

ترکیب_موازی

☜ هرگاه دو یا چند مقاومت به گونه ای به هم متصل شده باشند که در هر دو سر مشترک باشند آنها را موازی می نامیم .

همانطور که از تصویر زیر هم دیده می شود چون بیش از یک مسیر برای عبور جریان وجود دارد ، بنابراین از هر مقاومت جریانی متفاوت می گذرد ولی مجموع این دو یا چند جریان الکتریکی همان شدت جریان کل مدار است یعنی:



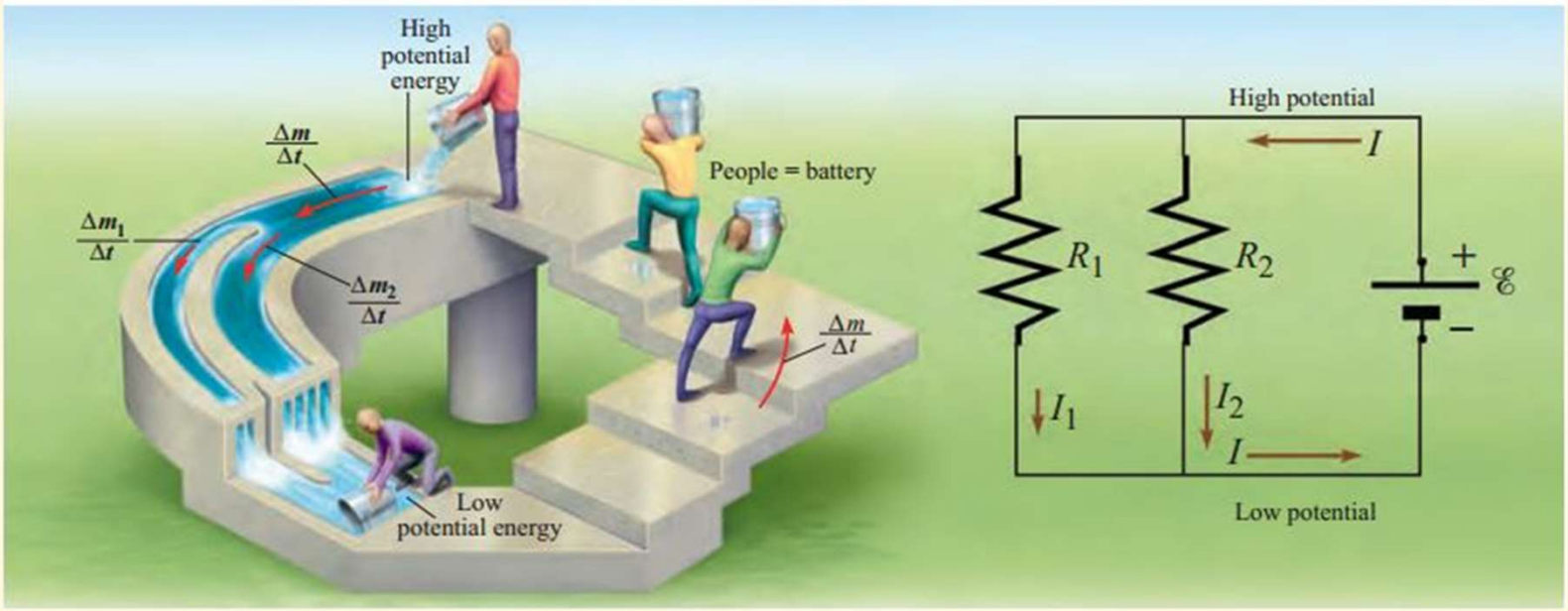
i1+i2+...+in=ieq

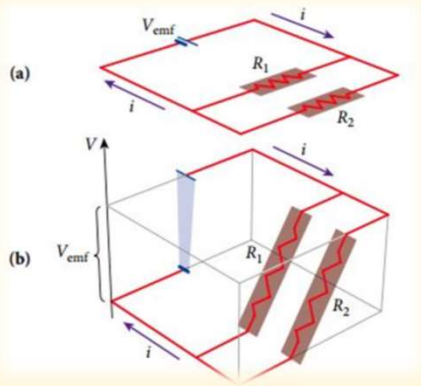
⚠ این رابطه ی بدیهی و ((مبتنی بر قانون پایستگی بار الکتریکی)) ،

در مدارها به قانون گره یا قاعده انشعابموسوم است

به این مضمون که :

((در هر گره یا نقطه ی انشعاب ، مجموع جریانهای ورودی با جریانهای خروجی از آن برابرند))


High potential energy
$\frac{\Delta m}{\Delta t}$
$\frac{\Delta m_1}{\Delta t}$
$\frac{\Delta m_2}{\Delta t}$
People = battery
$\frac{\Delta m}{\Delta t}$
Low potential energy
High potential
I
R_1
R_2
+
$\mathscr{E}$
−
I_1
I_2
I
Low potential


(a)
V_{emf}
i
R_1
R_2
(b)
V
V_{emf}
i
R_1
R_2

اما ولتاژهای هر کدام از مقاومتها چون از هر دو سر ،مشترک هستند یکسان است و این یعنی:

V1=V2=...+Vn=Veq

از این دو رابطه می توان نتیجه گرفت در مقاومتهای موازی تک مقاومتی که می تواند به تنهایی جایگزین همه ی آنها شود و آن را Reqمی نامیم از رابطه ی زیر تعیین می شود :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

⚠ در مقاومتهای موازی مقاومت معادل Req از کوچکترین مقاومتی که در مجموعه وجود دارد هم کوچکتر است پس ترکیب موازی شیوه ای برای رسیدن به مقاومتی کوچکتر از همه مقاومتهایی است که در اختیار داریم.

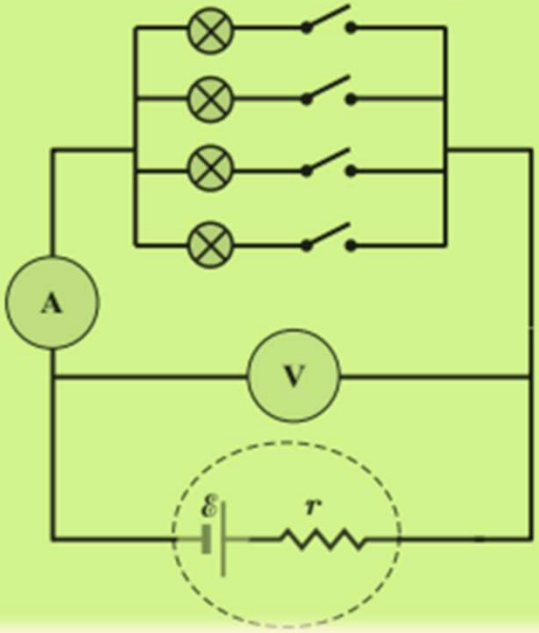
⚠ در حالت دو مقاومت موازی می توان نوشت :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

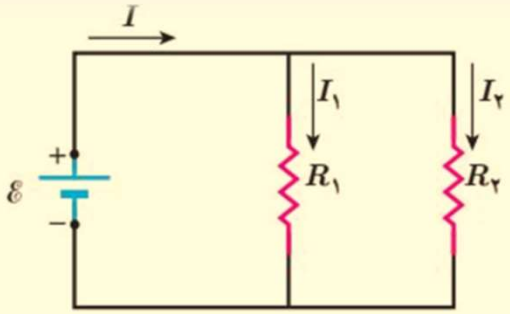
و می توان به خاطر سپرد ((فقط برای دو مقاومت موازی)) ، مقاومت معادل از حاصلضرب آنها به مجموعشان تعیین می شود.

مثال:

۲۴ در شکل زیر، تعدادی لامپ مشابه به طور موازی به هم متصل شده‌اند و هر لامپ با کلیدی همراه است. بررسی کنید که با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، عددهایی که آمپرسنج و ولت سنج نشان می‌دهند، چه تغییری می‌کند؟



مثال:



در شکل روبه‌رو، یک باتری آرمانی اختلاف پتانسیل $\mathscr{E}=12\,V$ را به دو سر مقاومت‌های $R_1=4/0\,\Omega$ و $R_2=6/0\,\Omega$ اعمال می‌کند. الف) جریان عبوری از هر مقاومت و ب) جریانی که از باتری می‌گذرد چقدر است؟

پاسخ : مطابق شکل جریان عبوری از باتری، مقاومت R_1، و مقاومت R_2 را به ترتیب با I، I_1 و I_2 نشان داده‌ایم.

الف) بدیهی است که اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 برابر با اختلاف پتانسیل باتری است. بنابراین داریم :

$$V_1=\mathscr{E}=I_1R_1\Rightarrow I_1=\frac{\mathscr{E}}{R_1}=\frac{12\,V}{4/0\,\Omega}=3/0\,A$$

$$V_2=\mathscr{E}=I_2R_2\Rightarrow I_2=\frac{\mathscr{E}}{R_2}=\frac{12\,V}{6/0\,\Omega}=2/0\,A$$

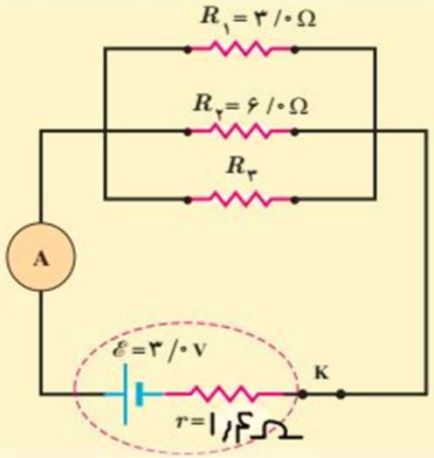
ب) اکنون با استفاده از قاعدهٔ انشعاب، جریان عبوری از باتری را می‌یابیم :

$$I=I_1+I_2=3/0\,A+2/0\,A=5/0\,A$$

مبحث ۲۲:
برخی مطالب و مثال هایی تکمیلی

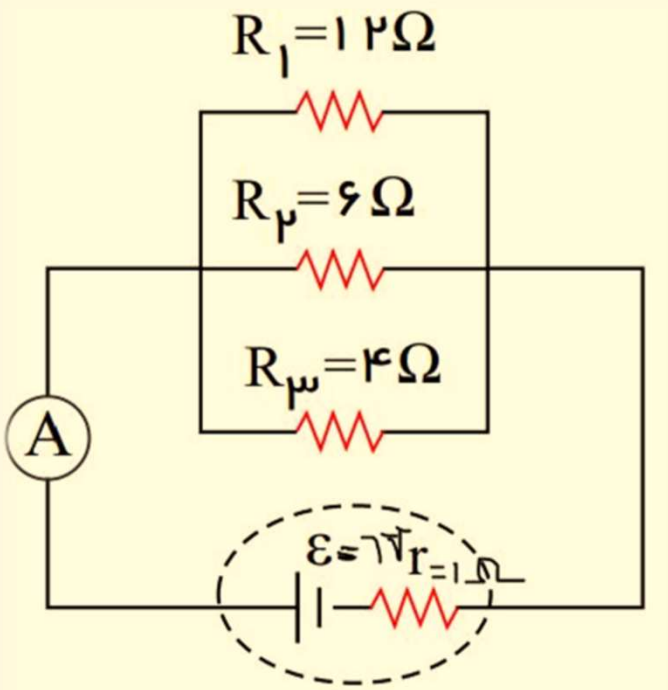
امید برزوئی

تبدیل برخی مدارهای چند حلقه ساده به مدار تک حلقه

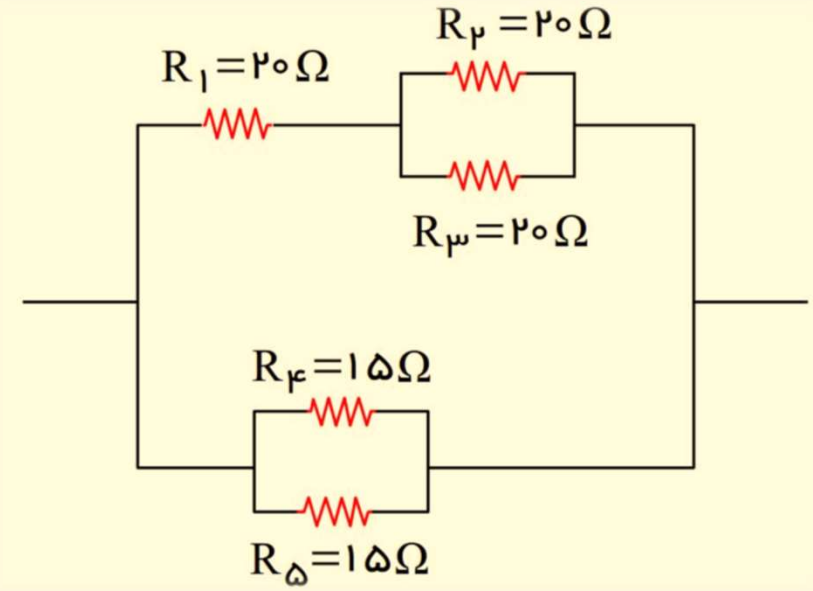


در شکل روبه‌رو سه مقاومت موازی به همراه یک آمپرسنج آرمانی به دو سر یک باتری وصل شده‌اند. اگر مقاومت معادل این ترکیب $۱/۶\Omega$ باشد، الف) مقاومت R_3 چقدر است؟ ب) جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد را به‌دست آورید. پ) توان خروجی باتری چقدر است؟

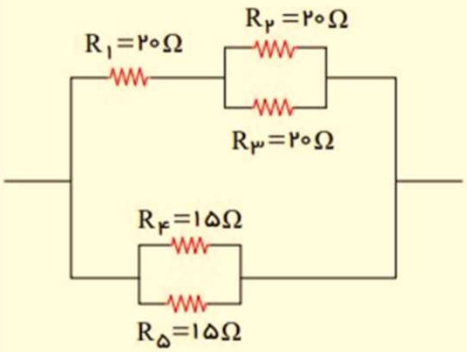
تعیین جریان در شاخه های موازی



تعیین مقاومت معادل:الف - شکلهای ساده



در شکل زیر، جریان عبوری از مقاومت $R_۴$ برابر $۲A$ است. جریان عبوری از مقاومت $R_۵$ چند آمپر است؟



۱) ۲

۲) ۸

۳) ۴

۴) ۱۶

مبحث ۲۳:
ادامه مطالب و نکات تکمیلی

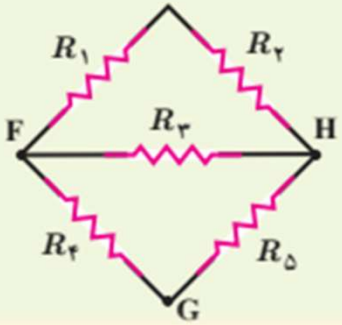
امید برزوئی

تمرین ۲ـ ۷

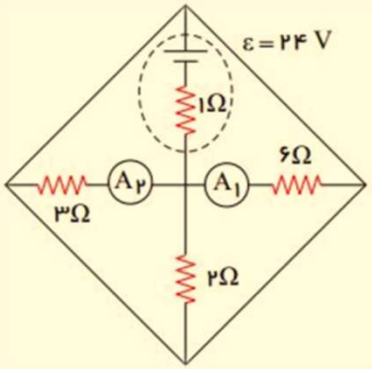
شکل روبه‌رو پنج مقاومت ۸/۰۰ اهمی را نشان می‌دهد.

الف) مقاومت معادل بین نقطه‌های F و H چقدر است؟

ب) مقاومت معادل بین نقطه‌های F و G چقدر است؟



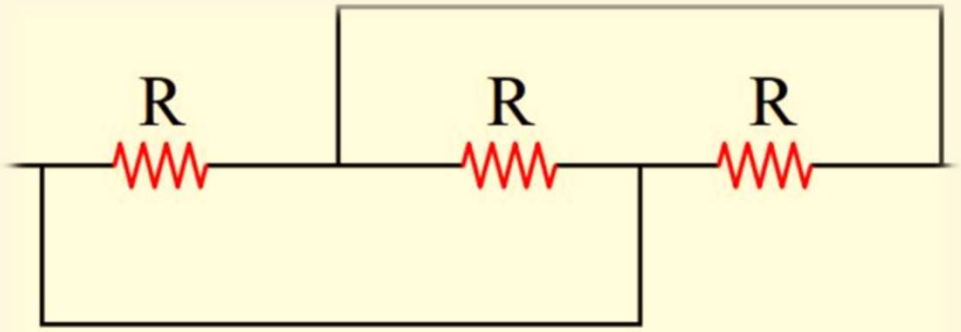
ساده سازی با نامگزاری یکسان نقاط هم پتانسیل



در مدار شکل زیر بزرگی اختلاف اعدادی که آمپرسنج‌های آرمانی A_1 و A_2 نشان می‌دهند، چند آمپر است؟

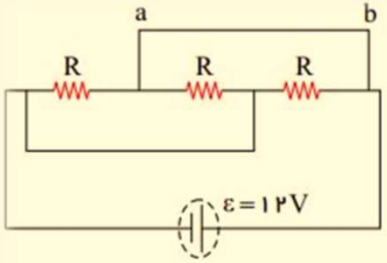
۱) ۲
۲) ۳
۳) ۴
۴) ۱

تعیین مقاومت معادل:ب- شکلهای پیچیده تر



مبحث ۲۴:
ادامه مطالب و نکات تکمیلی–۲

امید برزوئی



در مدار شکل زیر، اگر $R = ۴\Omega$ باشد، جریان عبوری از شاخهٔ ab چند آمپر و در کدام سو است؟

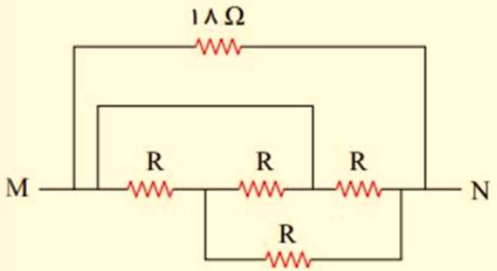
(۱) ۶، از b به a

(۲) ۴، از b به a

(۳) ۶، از a به b

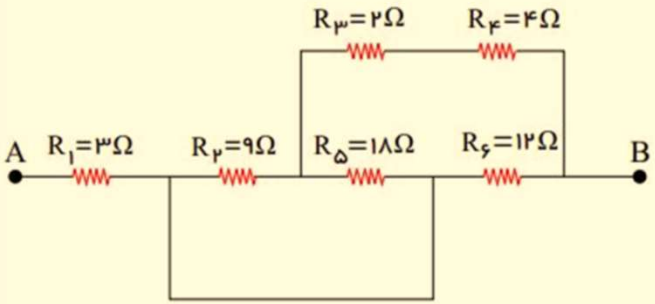
(۴) هیچ جریانی از شاخهٔ ab عبور نمی‌کند.

در مدار زیر، مقاومت معادل بین دو نقط M و N برابر $\frac{R}{۲}$ است. R چند اهم است؟



(۱) ۱۸
(۲) ۱۲
(۳) ۶
(۴) ۳

در شکل زیر، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اهم است؟



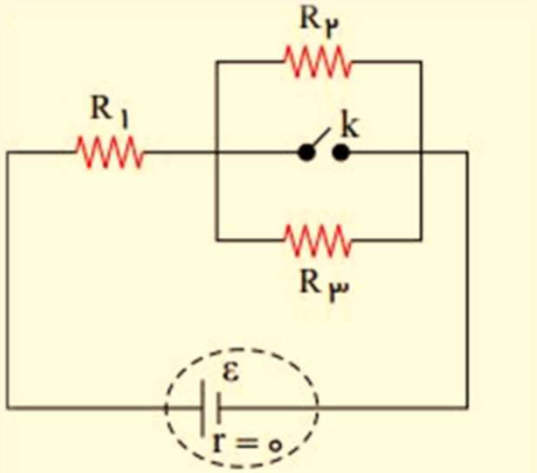
(۱) ۹

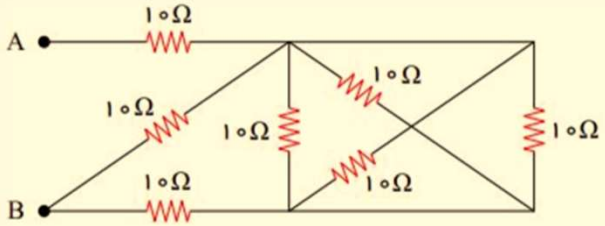
(۲) ۷٫۵

(۳) ۸

(۴) ۱۲

اتصال کوتاه

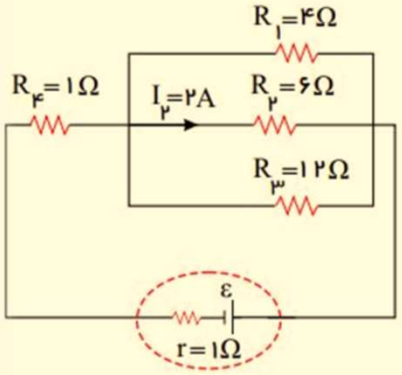




در مدار شکل زیر، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B برابر با چند اُهم است؟

(۱) ۵
(۲) ۱۰
(۳) ۱۵
(۴) ۲۰

در مدار شکل مقابل، نیروی محرکهٔ مولد چند ولت است؟



(۱) ۸

(۲) ۱۶

(۳) ۲۴

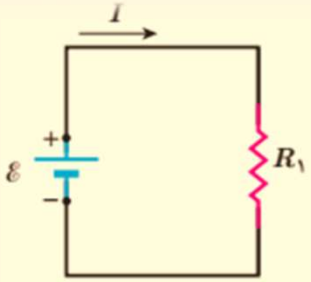
(۴) ۳۲

مبحث ؟:
مطالب و مثال های تکمیلی

امید برزوئی

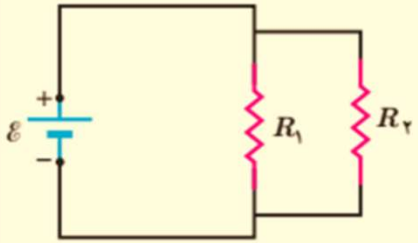
مثال:

مدار سادهٔ شکل روبه‌رو را که شامل یک منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی آرمانی با $\mathscr{E} = ۱۵۰\,V$ و یک مقاومت با $R_۱ = ۱۰۰\,k\Omega$ است، در نظر بگیرید.



الف) جریان عبوری از منبع را به‌دست آورید.

ب) اگر مقاومت $R_۲ = ۱۰/۰\,M\Omega$ به‌طور موازی به دو سر مقاومت $R_۱$ متصل شود، مقاومت معادل مدار چقدر می‌شود و چه جریانی از منبع می‌گذرد؟



پاسخ : الف) با استفاده از تعریف مقاومت داریم :

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R_۱} = \frac{۱۵۰\,V}{۱۰۰\times۱۰^{۳}\,\Omega} = ۱/۵۰\times۱۰^{-۳}\,A = ۱/۵۰\,mA$$

ب) با استفاده از رابطهٔ ۲ـ۱۳ داریم :

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲}$$

در نتیجه

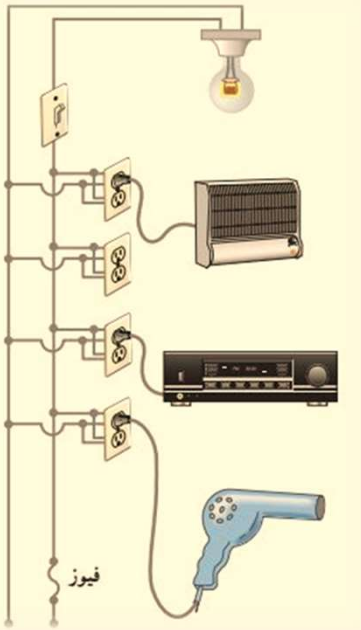
$$R_{eq} = \frac{R_۱R_۲}{R_۱ + R_۲} = \frac{(۱۰۰\times۱۰^{۳}\,\Omega)(۱۰/۰\times۱۰^{۶}\,\Omega)}{۱۰۰\times۱۰^{۳}\,\Omega + ۱۰/۰\times۱۰^{۶}\,\Omega} = ۹۹/۰\,k\Omega$$

و بنابراین، جریان عبوری از منبع برابر است با

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R_{eq}} = \frac{۱۵۰\,V}{۹/۹۰\times۱۰^{۴}\,\Omega} = ۱/۵۲\times۱۰^{-۳}\,A = ۱/۵۲\,mA$$

همان‌طور که می‌بینید، مقاومت معادل در این حالت که یکی از مقاومت‌ها خیلی بزرگ‌تر از مقاومت دیگر است ($R_۲ >> R_۱$) تقریباً برابر با مقاومت کوچک‌تر ($R_۱$) است.

مثال:



یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰W، یک بخاری برقی ۲۰۰۰W، یک دستگاه پخش صوت ۲۰۰W، و یک سشوار (موخشک‌کن) ۲۲۰۰W مطابق شکل به پریزهای یک مدار سیم‌کشی خانگی ۲۲۰V وصل شده است.

الف) اگر فیوز شکل ۱۵A باشد، یعنی حداکثر بتواند جریان ۱۵A را تحمل کند، آیا فیوز خواهد پرید؟

ب) نشان دهید توان الکتریکی مصرفی مقاومت معادل برابر با مجموع توان‌های الکتریکی مصرفی در هریک از آنهاست.

پاسخ : الف) همان‌طور که در شکل می‌بینیم در سیم کشی منازل همهٔ مصرف کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. بنابراین، جریان کل عبوری از فیوز برابر با مجموع جریان‌های عبوری از هریک از مصرف کننده‌هاست. با استفاده از رابطهٔ $I = P/V$ جریان عبوری از هریک از این چهار مصرف‌کننده را به‌دست می‌آوریم. بنابراین، به ترتیب داریم :

$$I_{\text{بخاری}} = \frac{P_{\text{بخاری}}}{V} = \frac{۲۰۰۰\text{W}}{۲۲۰\text{V}} = ۹/۰۹\,\text{A}$$

$$I_{\text{سشوار}} = \frac{P_{\text{سشوار}}}{V} = \frac{۲۲۰۰\text{W}}{۲۲۰\text{V}} = ۱۰/۰\,\text{A}$$

$$I_{\text{لامپ}} = \frac{P_{\text{لامپ}}}{V} = \frac{۱۰۰\text{W}}{۲۲۰\text{V}} = ۰/۴۵۵\,\text{A}$$

$$I_{\text{پخش}} = \frac{P_{\text{پخش}}}{V} = \frac{۲۰۰\text{W}}{۲۲۰\text{V}} = ۰/۹۰۹\,\text{A}$$

بنابراین، جریان کل عبوری از فیوز برابر است با :

$$I_{\text{فیوز}} = I_{\text{کل}} = I_{\text{لامپ}} + I_{\text{بخاری}} + I_{\text{پخش}} + I_{\text{سشوار}}$$

$$= ۰/۴۵۵\text{A} + ۹/۰۹\text{A} + ۰/۹۰۹\text{A} + ۱۰/۰\,\text{A} = ۲۰/۵\text{A}$$

چون فیوز ۱۵A است. بنابراین، فیوز خواهد پرید. در اغلب منازل چند مدار سیم کشی جداگانه داریم که هریک فیوز مربوط به خود را دارد. برای اینکه بتوانیم به‌طور هم‌زمان از چند وسیلهٔ برقی استفاده کنیم، باید وسایل برقی را به‌طور هم‌زمان به یک مدار وصل نکنیم و مدارهای دیگر را نیز به‌کار گیریم.

ب) دیدیم که همهٔ مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. بنابراین، مقاومت معادل مصرف‌کننده‌های شکل از رابطهٔ ۲ـ۱۳ به‌دست می‌آید. بنابراین، برای محاسبهٔ مقاومت لازم است مقاومت هریک از وسیله‌ها را به‌طور جداگانه محاسبه کنیم. مقاومت هر مصرف‌کننده با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ به‌دست می‌آید. بنابراین، به ترتیب داریم :

$$R_{\text{لامپ}}=\frac{V^2}{P_{\text{لامپ}}}=\frac{(220\,\text{V})^2}{100\,\text{W}}=484\,\Omega$$

$$R_{\text{بخاری}}=\frac{V^2}{P_{\text{بخاری}}}=\frac{(220\,\text{V})^2}{2000\,\text{W}}=24/2\,\Omega$$

$$R_{\text{پخش}}=\frac{V^2}{P_{\text{پخش}}}=\frac{(220\,\text{V})^2}{200\,\text{W}}=242\,\Omega$$

$$R_{\text{سشوار}}=\frac{V^2}{P_{\text{سشوار}}}=\frac{(220\,\text{V})^2}{2200\,\text{W}}=22/0\,\Omega$$

پس مقاومت معادل چنین محاسبه می‌شود :

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}}=\frac{1}{R_{\text{لامپ}}}+\frac{1}{R_{\text{بخاری}}}+\frac{1}{R_{\text{پخش}}}+\frac{1}{R_{\text{سشوار}}}=$$

$$=\frac{1}{484\,\Omega}+\frac{1}{24/2\,\Omega}+\frac{1}{242\,\Omega}+\frac{1}{22/0\,\Omega}=0/0930\,\Omega^{-1}$$

و در نتیجه $R_{eq} = ۱۰/۷۵\,\Omega \approx ۱۰/۸\,\Omega$. بنابراین، توان مصرفی مقاومت معادل چنین می‌شود :

$$P_{R_{eq}} = \frac{V^۲}{R_{eq}} = \frac{(۲۲۰\text{V})^۲}{۱۰/۷۵\,\Omega} = ۴/۵۰\,\text{kW}$$

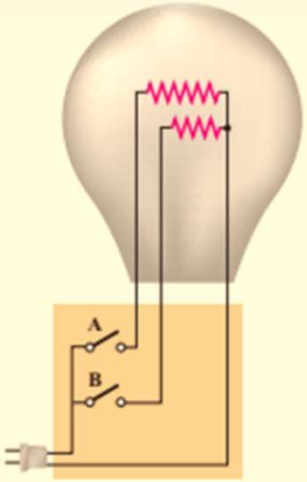
اکنون می‌خواهیم این نتیجه را با مجموع توان‌های هریک از مصرف‌کننده‌ها مقایسه کنیم.

مجموع توان مصرف‌کننده‌ها برابر است با :

$$P_{\text{کل}} = P_{\text{لامپ}} + P_{\text{بخاری}} + P_{\text{پخش}} + P_{\text{سشوار}} = ۱۰۰\text{W} + ۲۰۰۰\text{W} + ۲۰۰\text{W} + ۲۲۰۰\text{W} = ۴۵۰۰\text{W}$$

که همان توان مصرفی مقاومت معادل است.

مثال:



یک لامپ سه‌راههٔ ۲۲۰V که دو رشته دارد مطابق شکل برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است. کمترین و بیشترین توان مصرفی این لامپ به ترتیب ۵۰/۰W و ۱۵۰W است. مقاومت هریک از رشته‌ها را بیابید.

پاسخ : همان‌طور که می‌دانیم توان الکتریکی مصرفی از رابطهٔ $P = V^2/R$ به‌دست می‌آید. بنابراین، بیشترین توان مربوط به کمترین مقاومت و کمترین توان مربوط به بیشترین مقاومت است. در بستن موازی مقاومت‌ها دیدیم مقاومت معادل کوچک‌تر از هریک از مقاومت‌هاست. بنابراین، بیشترین توان مربوط به وقتی است که کلیدهای a و b هردو بسته‌اند؛ یعنی :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

که در آن R_1 و R_2 مقاومت‌های دو رشتهٔ لامپ‌اند. بنابراین، برای مقاومت معادل داریم :

$$R_{eq} = R_{min} = \frac{V^2}{P_{max}} = \frac{(220V)^2}{150W} = 323\Omega$$

از طرفی کمترین توان مربوط به وقتی است که کلید مربوط به رشتهٔ با مقاومت بیشتر بسته شده است. اگر این مقاومت را با R_1 نمایش دهیم، داریم :

$$R_1 = R_{max} = \frac{V^2}{P_{min}} = \frac{(220V)^2}{50/0W} = 968\Omega$$

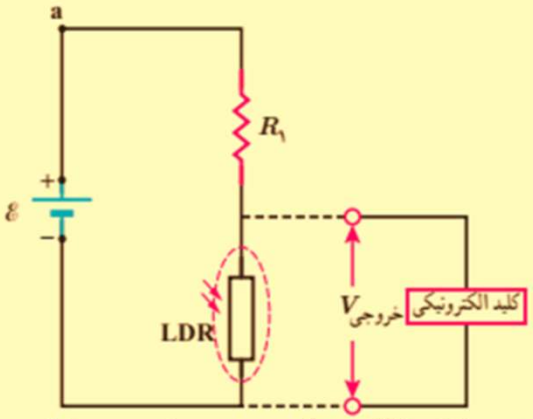
بنابراین، مقاومت مجهول R_2 از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_{eq}} - \frac{1}{R_1} = \frac{1}{323\Omega} - \frac{1}{968\Omega} = 2/06\times10^{-3}\Omega^{-1}$$

در نتیجه

$$R_2 = \frac{1}{2/06\times10^{-3}\Omega^{-1}} = 485\Omega$$

مثال:



در بسیاری از مدارهای الکتریکی از تغییر مقاومت برای تقسیم ولتاژ استفاده می‌کنند. از این ویژگی در برخی از تجهیزات الکتریکی به‌عنوان کلید الکترونیکی بهره‌برداری می‌شود. آژیر خطر، کلید خودکار روشن شدن چراغ‌ها و ... مثال‌هایی از این دست هستند. شکل روبه‌رو چنین مداری را که در چراغ روشنایی خودروها به‌کار می‌رود، نشان می‌دهد. در این مدار از دو مقاومت R_1 و مقاومت متغیر LDR استفاده شده است که به‌طور متوالی به هم وصل‌اند. همان‌طور که می‌دانیم وقتی تابش نور به LDR قطع می‌شود، مقاومت آن افزایش می‌یابد. در نتیجه ولتاژ خروجی ($V_{خروجی}$) زیاد می‌شود. این افزایش ولتاژ سبب فعال شدن کلید الکترونیکی می‌شود که به چراغ وصل است و بدین ترتیب چراغ روشن می‌شود. بنابراین تا زمانی که نور به اندازه کافی بتابد، کلید فعال نمی‌شود. فرض کنید در شکل بالا، منبع نیروی محرکه، آرمانی و ولتاژ آن ۱۲/۰V باشد و ولتاژ موردنیاز برای فعال شدن کلید الکترونیکی ۵/۰۰V باشد. وقتی مقاومت LDR به ۲۰۰kΩ می‌رسد، کلید الکترونیکی فعال می‌شود. مقاومت R_1 چقدر است؟ (مقاومت کلید الکترونیکی آنقدر زیاد است که جریان قابل ملاحظه‌ای از آن عبور نمی‌کند. بنابراین می‌توانیم R_1 و LDR را متوالی در نظر بگیریم.)

پاسخ : با استفاده از قاعدهٔ حلقه داریم :

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R_1 + R_{LDR}}$$

از طرفی بدیهی است

$$V_{\text{خروجی}} = R_{LDR} I$$

از ترکیب دو معادله بالا خواهیم داشت :

$$V_{\text{خروجی}} = R_{LDR} \frac{\mathscr{E}}{R_1 + R_{LDR}}$$

و از آنجا برای R_1 چنین به‌دست می‌آوریم :

$$R_1 = \frac{R_{LDR}(\mathscr{E} - V_{\text{خروجی}})}{V_{\text{خروجی}}} = \frac{(۲۰۰\text{k}\Omega)(۱۲/۰\text{V} - ۵/۰۰\text{V})}{۵/۰۰\text{V}} = ۲۸۰\text{k}\Omega$$

تکلیف F2-J:

تستهای فصل دوم کتاب کار از ۱۳۵ تا ۱۵۵ (کلیه کلاس ها و تمام شماره ها)

تکلیف F2-K:

تستهای فصل دوم کتاب کار از ۱۵۶ تا ۱۷۶ (کلیه کلاس ها و تمام شماره ها)

تکلیف F2-L:

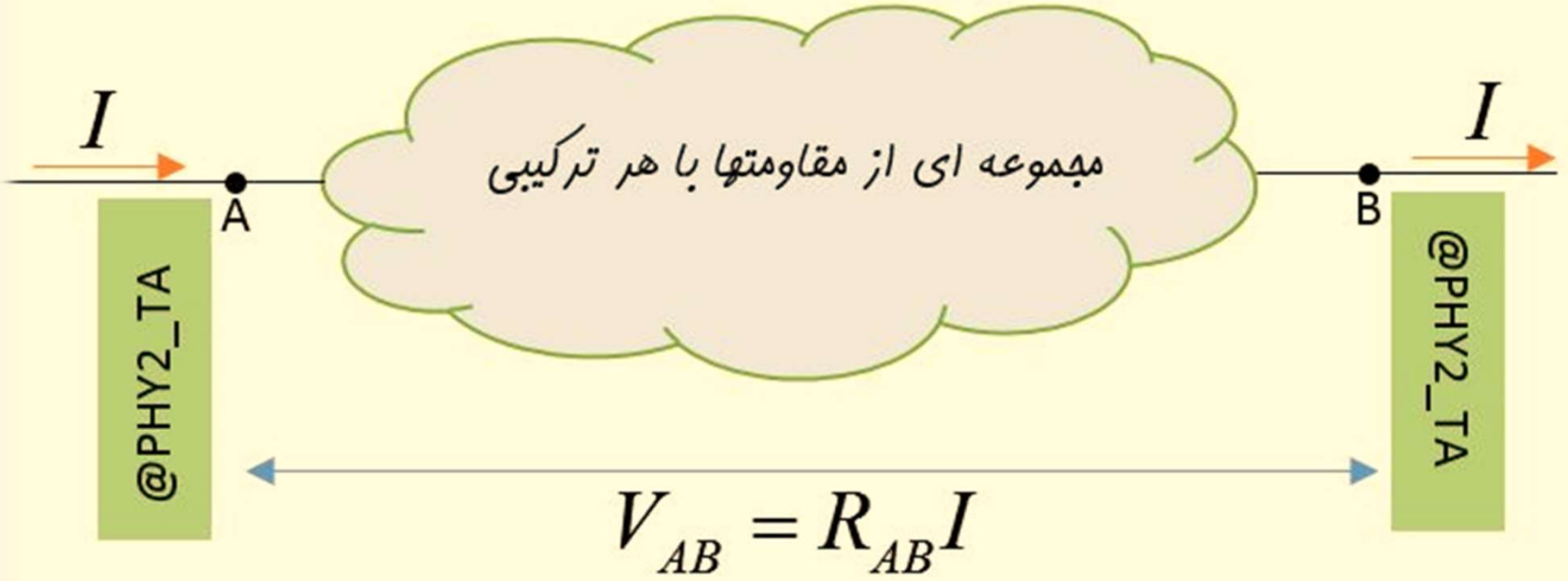
تستهای فصل دوم کتاب کار از ۱۷۷ تا ۱۹۷ (کلیه کلاس ها و تمام شماره ها)

تکلیف F2-M:

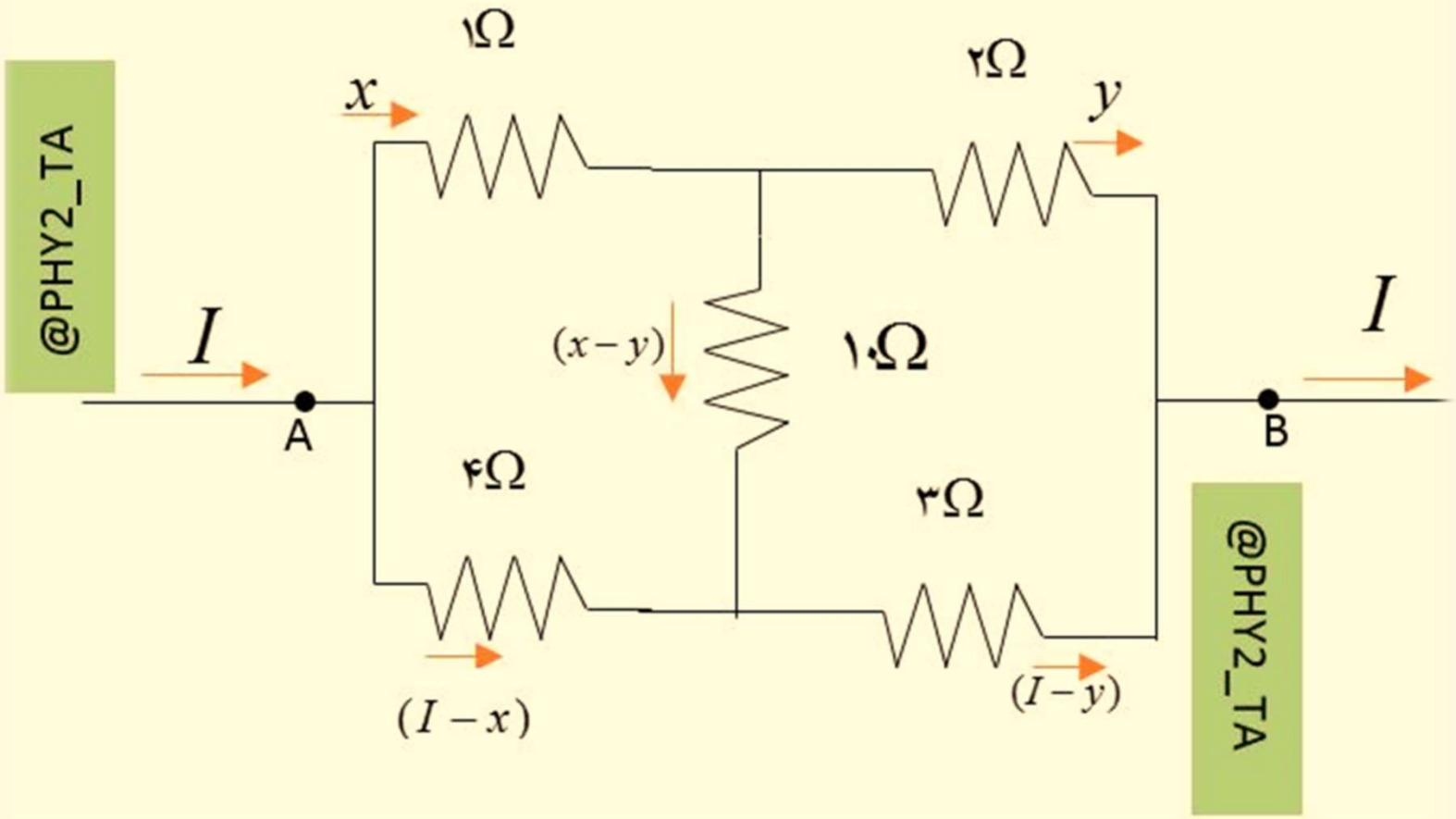
تستهای فصل دوم کتاب کار از ۱۹۸ تا ۲۲۰ (کلیه کلاس ها و تمام شماره ها)

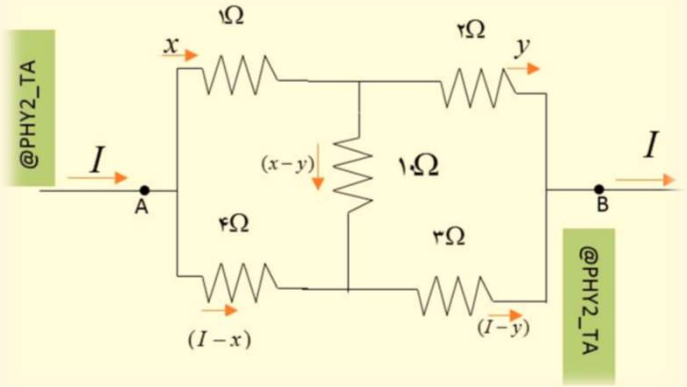
مبحث۲۵:
تعیین مقاومت معادل در حالت کلی

امید برزوئی


I
مجموعه ای از مقاومتها با هر ترکیبی
I
A
B
@PHY2_TA
@PHY2_TA
$V_{AB} = R_{AB} I$

مثال:





$$\begin{cases} x-۴(I-x)+۱۰(x-y)=۰ \\ ۲y-۱۰(x-y)-۳(I-y)=۰ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ۱۵x-۱۰y=۴I \\ -۱۰x+۱۵y=۳I \end{cases}$$

$$۱۲/۵x=۹I$$

$$x=۰/۷۲I, y=۰/۶۸I$$

$$V_A-۱\times x-۲\times y=V_B$$

$$V_A-V_B=x+۲y=۰/۷۲I+۱/۳۶I=۲/۰۸I \Rightarrow V_{AB}=۲/۰۸I$$

$$R_{AB}=\frac{V_{AB}}{I} \Rightarrow R_{AB}=۲/۰۸\Omega$$