



به نام خدا



مبانی فیزیک ۲

دانشگاه علمی – کاربردی شرکت تولیدی لاستیک دنا

مدرس:

زهرا اسدی

zahra.asadi6640@yahoo.com

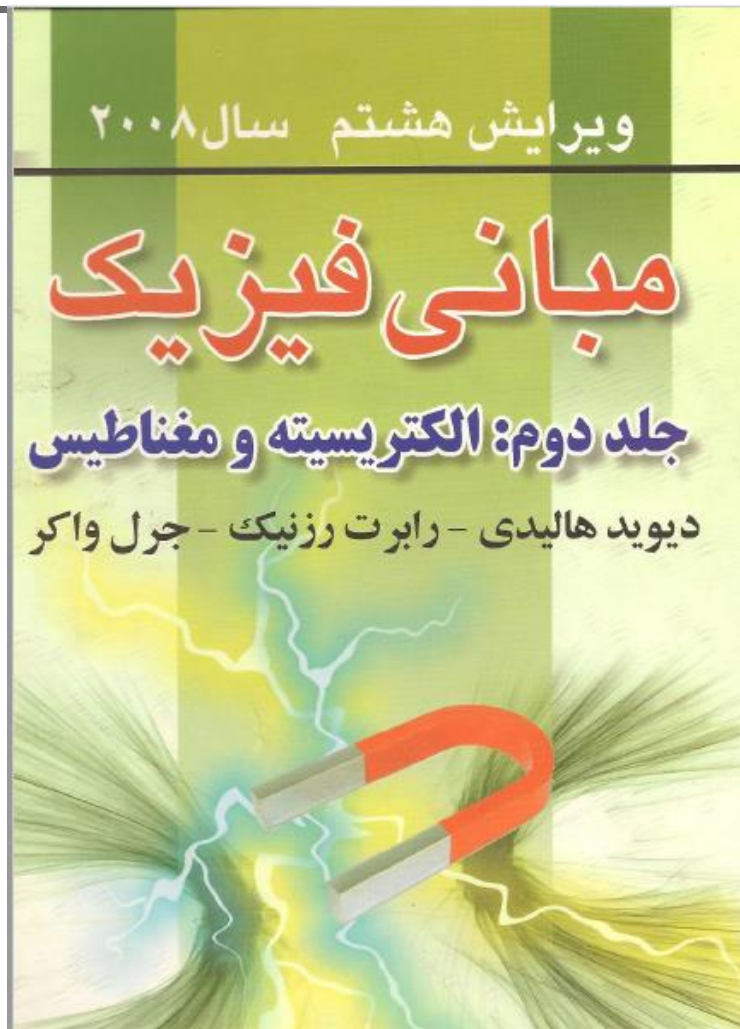
معرفی کتاب

ویرایش هشتم سال ۲۰۰۸

مبانی فیزیک

جلد دوم: الکتریسیته و مغناطیس

دیوید هالیدی - رابرت رزنیک - جرج واکر



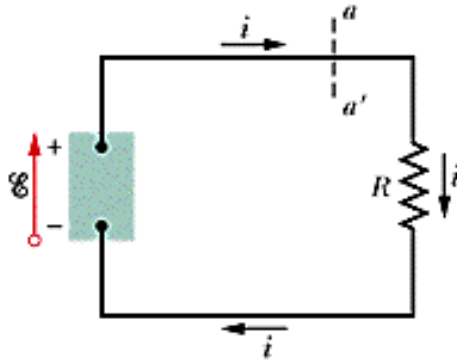


فصل هفتم: مدارها

- نیروی محرکه
- محاسبه جریان
- مدارهای چند حلقه ای
- اندازه گیری جریان و اختلاف پتانسیل
- مدارهای RC

نیروی محرکه

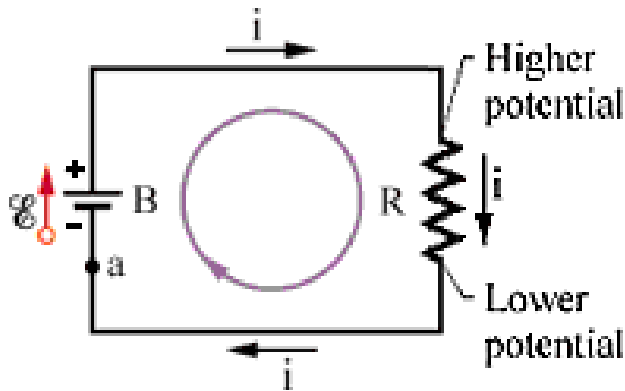
- وسایلی چون باتری ها منبع نیروی محرکه الکتریکی \mathcal{E} هستند و قادرند میان هر دو قطعه اختلاف پتانسیل و جریان برقرار کنند.



- واحد \mathcal{E} ژول بر کولن یا همان ولت است.
- منبع نیروی محرکه الکتریکی ایده آل فاقد مقاومت داخلی است

نیروی محرکه

- منبع نیروی محرکه الکتریکی روی حاملهای بار کار انجام می دهد و بار های مثبت را از نقطه با پتانسیل پایین به پتانسیل بالا منتقل می کند.



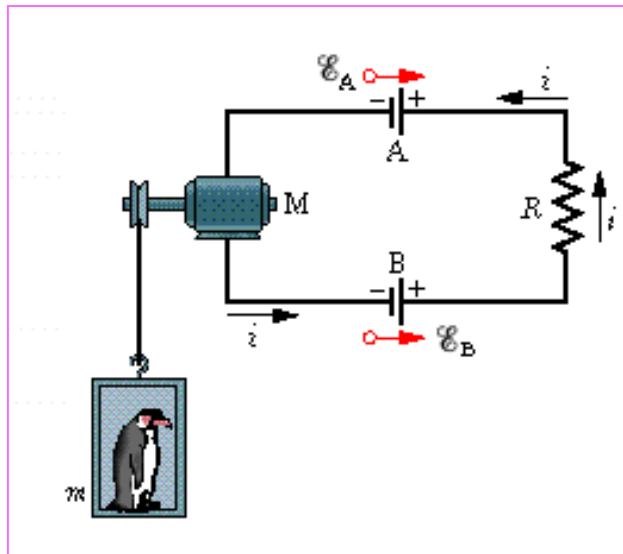
- اگر در انتقال بار dq از سر منفی به مثبت منبع کار dw انجام دهد نیروی

$$\mathcal{E} = \frac{dW}{dq}$$

محرکه :

نیروی محرکه

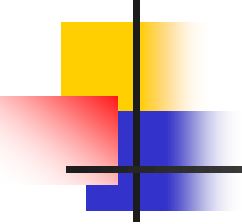
- در شکل زیر انرژی شیمیایی گرفته از باتری B باعث بلند کردن وزنه - ذخیره انرژی شیمیایی در باتری A و گرمای تولید شده در مقاومت و افزایش انرژی پتانسیل گرانشی جرم می شود





محاسبه جریان

- قوانین کیر شیف برای محاسبه جریان :
- الف) قانون حلقه : جمع جبری تغییرات پتانسیل در طی یک دوره کامل در هر مدار صفر است .
- قانون حلقه همان قانون بقاء انرژی است .
- ب) قانون گره : جمع جبری جریانهای وارد شده به هر گره صفر است.
- قانون گره همان قانون بقاء بار الکتریکی است.



محاسبه جریان

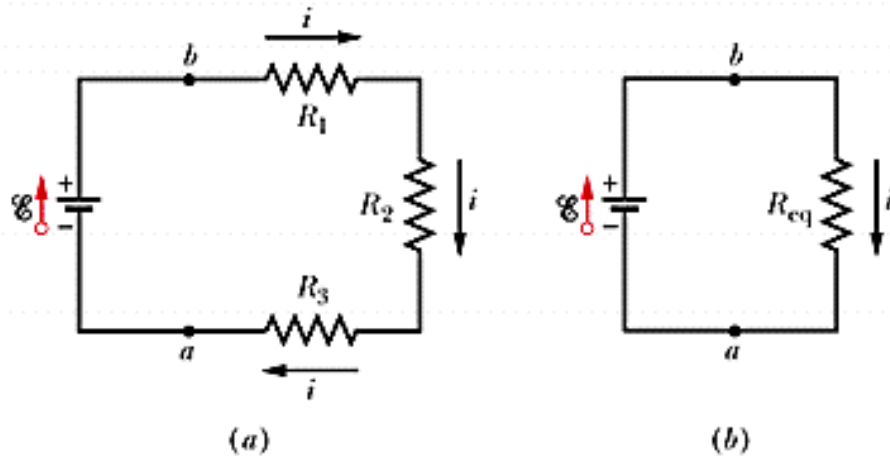
۱- هر گاه مقاومتی در جهت جریان طی شود و تغییر پتانسیل آن $-iR$ و در جهت مخالف $+iR$ است.

۲- اگر یک منبع نیروی محرکه در جهت نیروی محرکه طی شود تغییر پتانسیل آن $+E$ و در جهت مخالف $-E$ است.

۳- اگر یک خازن در جهت از صفحه منفی به مثبت طی شود تغییر پتانسیل $+q/c$ و بالعکس $-q/c$ است.

محاسبه جریان

- مثال : به هم بستن مقاومتها بطور متوالی ، مقاومت هم از بین دو سر a, b را بدست آورید



محاسبه جریان

■ حل :

$$\mathcal{E} - iR_1 - iR_2 - iR_3 = 0$$

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq}}.$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3.$$

محاسبه جریان

■ اگر n مقاومت به صورت **سری** بسته شوند **مقاومت معادل**:

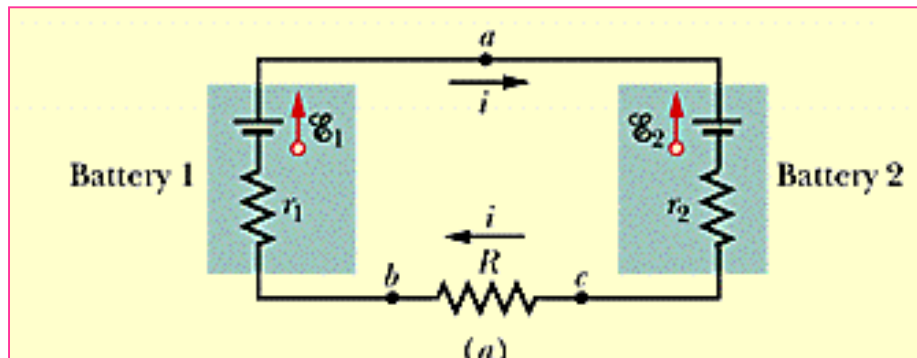
$$R_{eq} = \sum_{j=1}^n R_j$$

■ در حالت **سری** جریان مقاومتها یکسان و پتانسیل کل دو سر آنها جمع پتانسیل هر یک از مقاومتها است.

محاسبه جریان

- مثال: الف) جریان مدار شکل زیر را بدست آورید ب) اختلاف پتانسیل دو سر a, b را محاسبه کنید.

$$\mathcal{E}_1 = 4.4 \text{ V}, \quad \mathcal{E}_2 = 2.1 \text{ V},$$
$$r_1 = 2.3 \, \Omega, \quad r_2 = 1.8 \, \Omega, \quad R = 5.5 \, \Omega.$$



محاسبه جریان

$$- \mathcal{E}_1 + ir_1 + iR + ir_2 + \mathcal{E}_2 = 0.$$

$$i = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{R + r_1 + r_2} = \frac{4.4 \text{ V} - 2.1 \text{ V}}{5.5 \Omega + 2.3 \Omega + 1.8 \Omega} \\ = 0.2396 \text{ A} \approx 240 \text{ mA}.$$

$$V_b - ir_1 + \mathcal{E}_1 = V_a$$

$$V_a - V_b = -ir_1 + \mathcal{E}_1 \\ = -(0.2396 \text{ A})(2.3 \Omega) + 4.4 \text{ V} \\ = +3.84 \text{ V} \approx 3.8 \text{ V}.$$

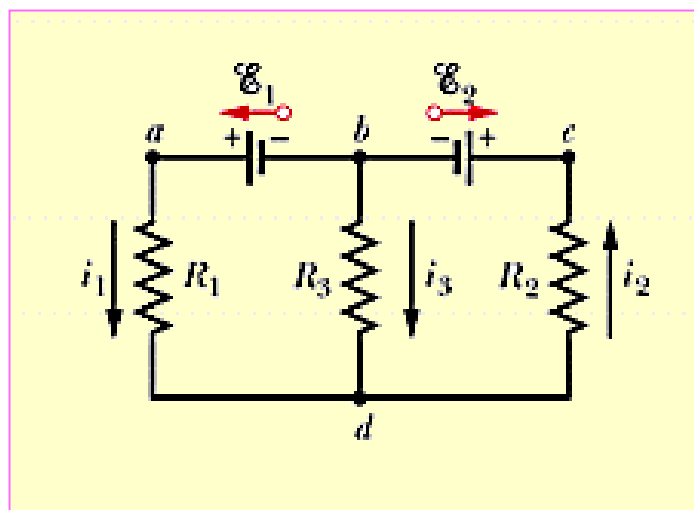


مدارهای چند حلقه ای

- در مدارهای چند حلقه ای برای محاسبه جریان در هر شاخه باید هم از قانون حلقه و هم گره استفاده کرد.
- جهت جریانش در هر شاخه از قبل معلوم نیست.
- یک جهت فرضی برای جریان در نظر می گیریم پس از حل مسئله اگر مقدار آن مثبت بود جهت فرضی جهت واقعی جریان است و اگر منفی بود جهت واقعی در خلاف جهت فرضی است.

مدارهای چند حلقه ای

■ مثال: در شکل زیر جریان هر شاخه را بدست آورید.





مدارهای چند حلقه ای

■ حل: از حل سه معادله زیر جریانهها به دست می آید:

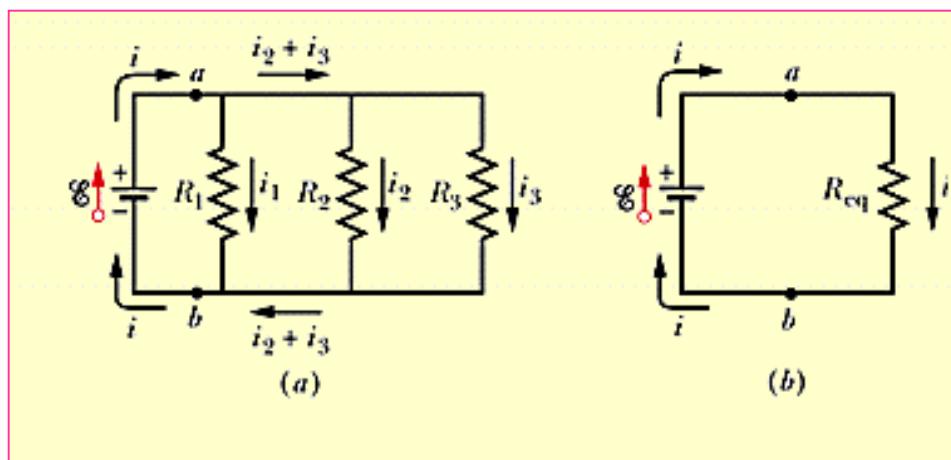
$$i_1 + i_3 = i_2.$$

$$-i_3 R_3 - i_2 R_2 - \mathcal{E}_2 = 0.$$

$$\mathcal{E}_1 - i_1 R_1 - i_2 R_2 - \mathcal{E}_2 = 0.$$

مدارهای چند حلقه ای

- مثال: مقاومت‌هایی که به دو سر آنها اختلاف پتانسیل یکسان اعمال شود موازی خوانده می‌شوند. مقاومت هم ارز R ترکیب موازی شکل زیر را بدست آورید.



مدارهای چند حلقه ای

■ حل:

$$i_1 = \frac{V}{R_1}, \quad i_2 = \frac{V}{R_2}, \quad \text{and} \quad i_3 = \frac{V}{R_3},$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right).$$

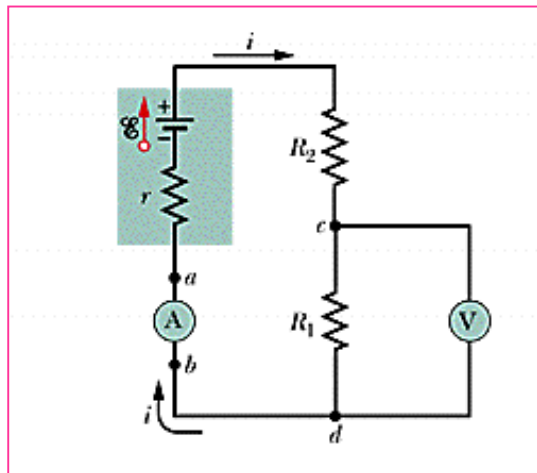
$$i = \frac{V}{R_{eq}}.$$

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

اندازه گیری جریان و اختلاف پتانسیل

□ آمپر سنج برای اندازه گیری **جریان** و **ولت سنج** برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل بکار می رود.

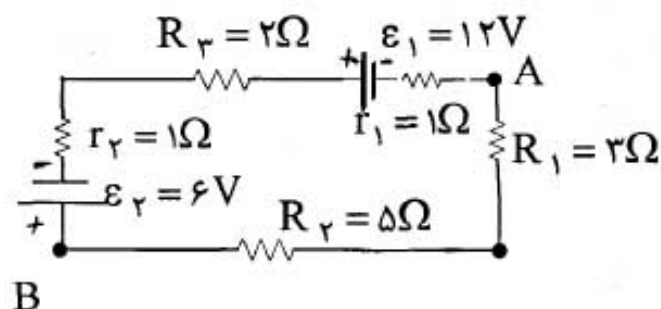
□ مقاومت داخلی یک آمپر سنج باید بسیار کم و ولت سنج بسیار زیاد باشد.



□ آمپر سنج به صورت **سری** و ولت سنج به صورت موازی در مدار قرار می گیرد.

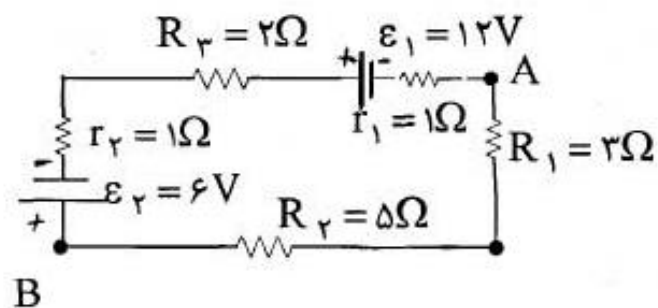
مثال

مثال ۱: در مدار شکل زیر



الف) شدت جریان در مدار را حساب کنید و بگویید جهت آن ساعتگرد است یا پادساعتگرد؟

ب) اختلاف پتانسیل $(V_A - V_B)$ را بدست آورید.



$$V_A - Ir_1 + \varepsilon_1 - IR_3 - Ir_2 + \varepsilon_2 - IR_2 - IR_1 = V_A$$

$$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2}$$

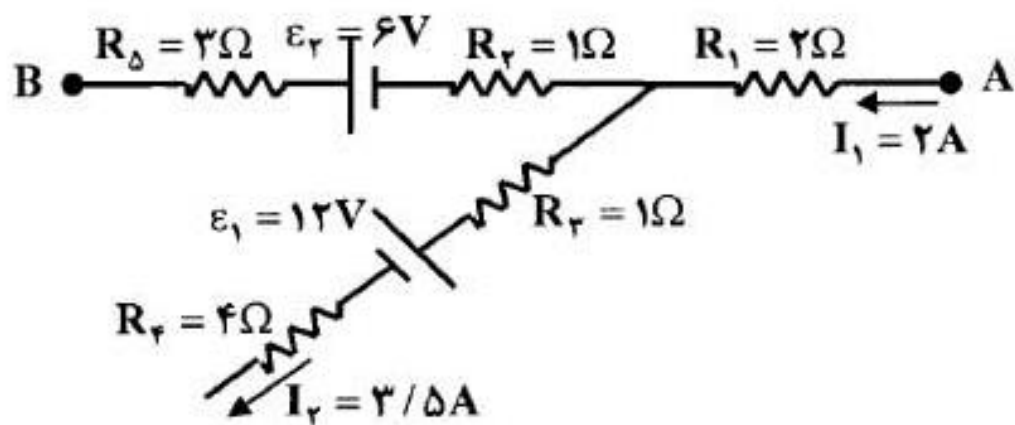
$$I = \frac{18}{12} = 1.5 \text{ A}$$

$$V_B - IR_2 - IR_1 = V_A$$

$$V_A - V_B = -1.5(5 + 3) = -12 \text{ V}$$

مثال

مثال ۳: شکل زیر قسمتی از یک مدار را نشان می دهد. $V_A - V_B$ چند ولت است؟



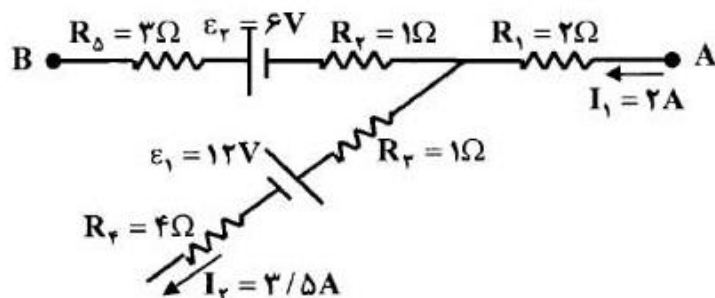
پاسخ

پاسخ مثال ۳: ابتدا با توجه به جریان هر شاخه، جریان شاخه سمت چپ I_3 را بدست می آوریم. با توجه به مقدار جریان ها، **جریان شاخه سمت چپ برابر $I_3 = 1.5A$ به سمت راست است.**

اکنون از B به سمت A جمع جبری اختلاف پتانسیل ها را می نویسیم و شاخه پایینی هیچ نقشی در آن ندارد.

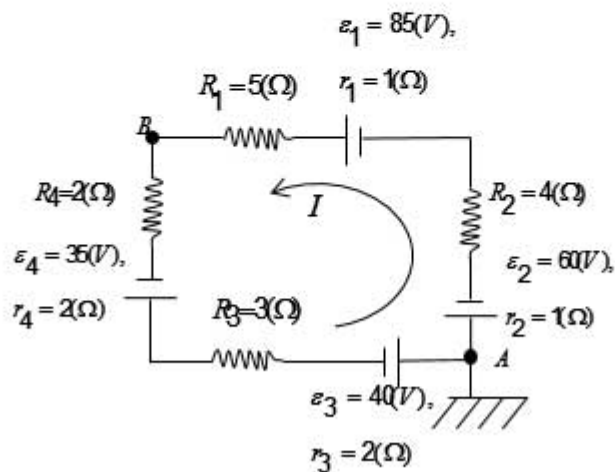
$$V_B - I_3(R_5 + R_2) - \varepsilon_2 + I_1 R_1 = V_A$$

$$V_A - V_B = -1.5(3 + 1) - 6 + (2 \times 2) = -8V$$



مثال

تمرین ۱: با توجه به شکل مقابل موارد زیر را بدست آورید.
الف) شدت جریان در مدار
ب) اگر نقطه A اتصال به زمین باشد، پتانسیل B چند ولت است؟



پاسخ

تمرین ۱: الف)

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + r_1 + r_2 + r_3 + r_4}$$

جریان در مدار یک حلقه

$$I = \frac{15 + 35 + 40 - 90}{5 + 3 + 2 + 1 + 1 + 2 + 2} = \frac{100}{20} = \boxed{5A}$$

ب. پتانسیل زمین صفر است. بنابراین پتانسیل A که به زمین متصل است، صفر است.

از نقطه A به B از پایین مدار می‌رویم.

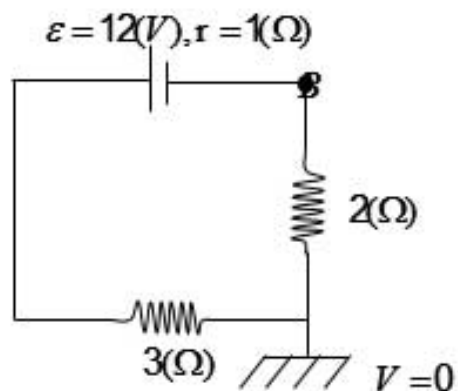
$$V_A - \mathcal{E}_3 + I r_3 + I R_3 - \mathcal{E}_4 + I r_4 + I R_4 = V_B$$

$$0 - 40 + (5 \times 2) + (5 \times 3) - 35 + (5 \times 2) + (5 \times 2) = V_B$$

$$\boxed{V_B = -30V}$$

مثال

تمرین ۲: در شکل مقابل، پتانسیل الکتریکی نقطه B برابر چند ولت است؟



پاسخ

تمرین ۲:

ابتدا جریان در مدار را حساب می‌کنیم

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{12}{2 + 3 + 1} = \frac{12}{6} = \boxed{2A}$$

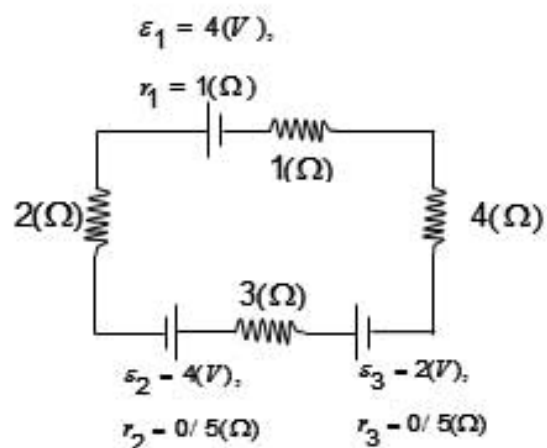
حال از زمین به سمت B می‌رویم:

$$V_0 - IR = V_B$$

در جهت جریان

$$0 - 2 \times 2 = V_B \rightarrow \boxed{V_B = -4V}$$

تمرین ۳: در شکل زیر شدت جریان مدار چند آمپر است؟



پاسخ

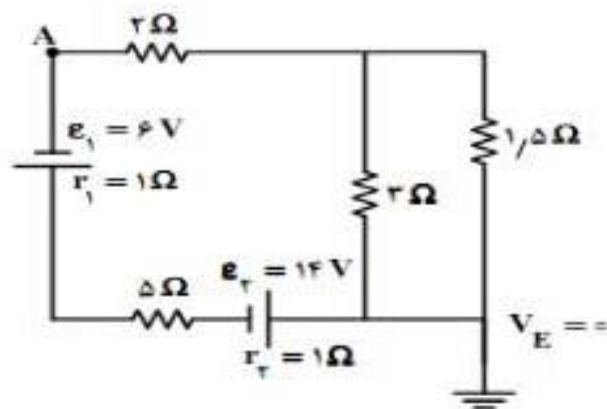
تمرین ۳:

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_3}{10 + 2} = \frac{4 + 4 - 2}{12} = \frac{6}{12} = \underline{0.5 \text{ A}}$$

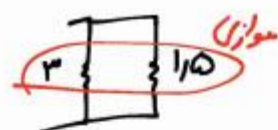
میزان \mathcal{E}_1 و \mathcal{E}_2 هم جهت دلی \mathcal{E}_3 در خلاف جهت آن حالت.
میزان در مدار پادساخته است.
جمع مقاومت داخلی \rightarrow جمع مقاومت ها

مثال

تمرین ۴: در مدار رو به رو، پتانسیل نقطه A، چند ولت است؟

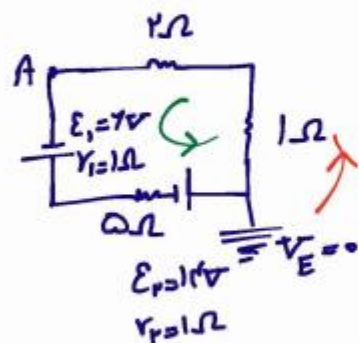


پاسخ



$$\frac{3 \times 1.5}{3 + 1.5} = 1 \Omega$$

تمرین ۲: معادل در تقاطع موازی است.



$$I = \frac{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2}{4 + 2 + 5 + 1} = \frac{7 + 12}{10} = \frac{19}{10} = 1.9 \text{ A}$$

جهت جریان پا را می‌کنند

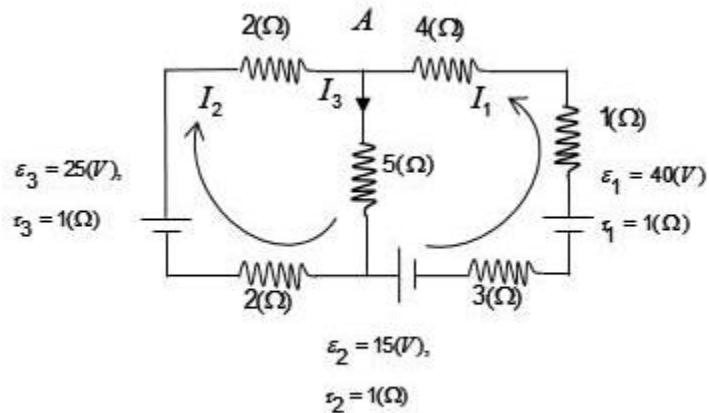
از E و A می‌رویم:

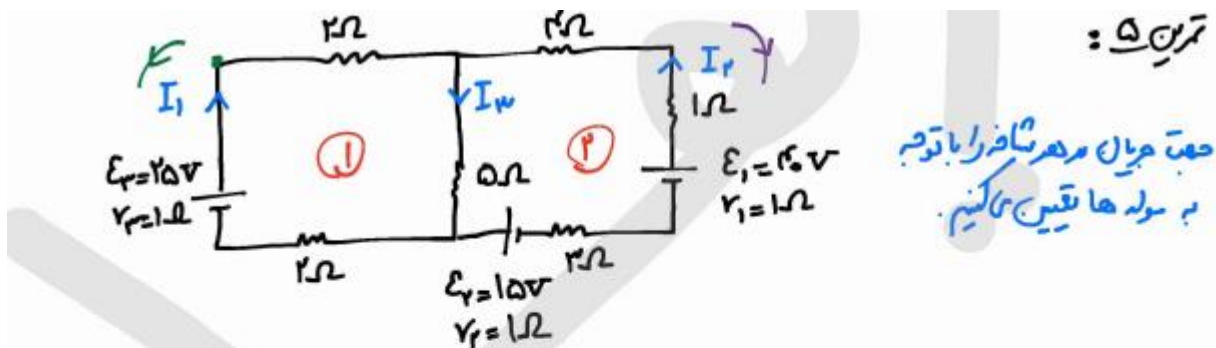
$$V_E - I(R_1 + R_2) = V_A$$

$$\bullet - 1.9(1 + 2) = V_A \rightarrow \boxed{V_A = -5.7 \text{ V}}$$

مثال

تمرین ۵: در شکل زیر شدت جریان‌های I_1 و I_2 و I_3 را بدست آورید؟





جبهه میانی را با توجه
به سوله ها تعیین می کنیم

① $I_3 = I_1 + I_2$ رابطه بین جریان ها

جمع جبهه اختلاف پتانسیل ها در حلقه ۱

$$-E_1 + 1I_1 + 2I_1 + 5I_3 + 2I_1 = 0$$

با توجه به جهت نشان داده شده

$$-25 + 5I_1 + 5I_3 = 0$$

② $I_1 + I_3 = 5$

جمع جبری اختلاف پتانسیل ها در حلقه ۲ : $+1I_r - \mathcal{E}_1 + 1I_r + 3I_r + \mathcal{E}_r + 1I_r$
 در جهت نشان طره شده در گسل $+5I_r + 2I_r = 0$

$$10I_r - 20 + 5I_r = 0$$

$$12I_r + I_r = 20 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \rightarrow \textcircled{3} : 2I_r + (I_1 + I_r) &= 20 \xrightarrow{x-2} \begin{cases} 3I_r + I_1 = 20 \\ 2I_1 + I_r = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} -9I_r - 2I_1 = -20 \\ 2I_1 + I_r = 0 \end{cases} \\ \textcircled{1} \rightarrow \textcircled{2} : I_1 + (I_1 + I_r) &= 20 \rightarrow \begin{cases} 2I_1 + I_r = 20 \\ 2I_1 + I_r = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} -9I_r - 2I_1 = -20 \\ 2I_1 + I_r = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

$$-10I_r = -20$$

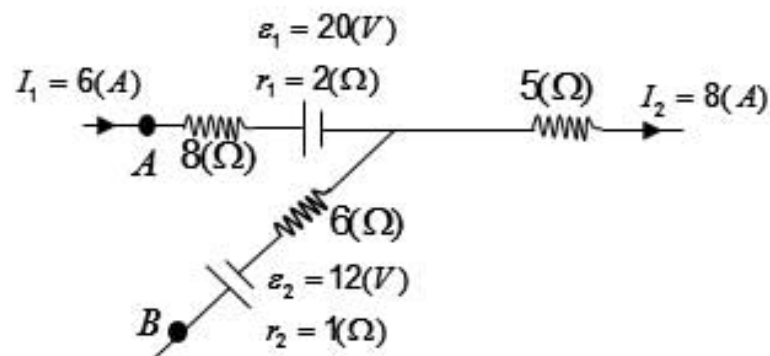
$$I_r = 2A$$

$$2I_1 + (1) = 20 \rightarrow I_1 = 9.5A$$

$$I_r = I_1 + I_r = 9.5 + 2 = 11.5 \rightarrow I_r = 11.5A$$

تمرین

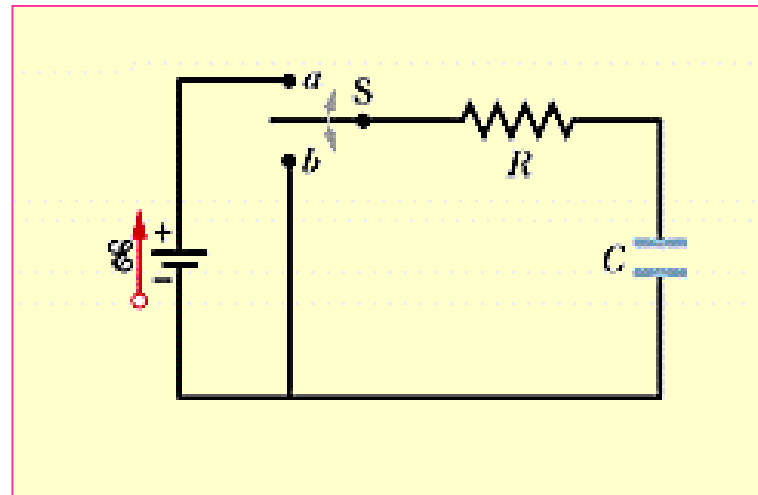
تمرین ۶: در شکل مقابل، $V_A - V_B$ چند ولت است؟



مدارهای RC

■ شارژ خازن

در شکل زیر اگر کلید **S** به سمت **a** زده شود خازن شروع به شارژ شدن می کند.



مدارهای RC

- می خواهیم جریان مدار و بار خازن را به صورت تابعی از زمان بیابیم:

$$\mathcal{E} - iR - \frac{q}{C} = 0.$$

$$i = \frac{dq}{dt},$$

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = \mathcal{E}$$

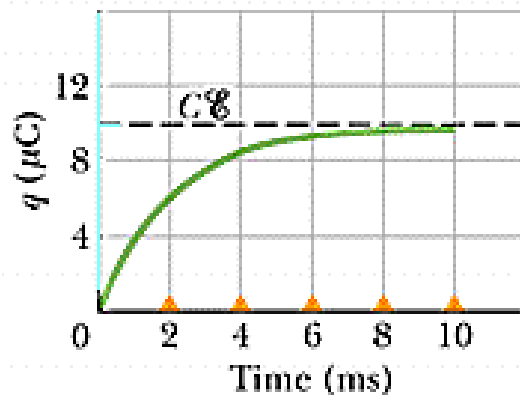
$$q = C\mathcal{E}(1 - e^{-t/RC})$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \left(\frac{\mathcal{E}}{R} \right) e^{-t/RC}$$

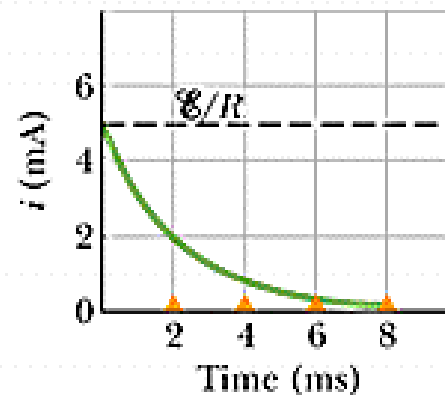
- در لحظه $t=0$ و $q_0=0$ و $i_0 = \mathcal{E}/R$ فرض شده است.

مدارهای RC

- کمیت **RC** را ثابت زمانی خازنی مدار نامند
- **RC** زمانی است که بار خازن به ۶۳ درصد مقدار نهایی اش می رسد
- تغییرات بار خازن و جریان مدار به صورت تابع زمان :



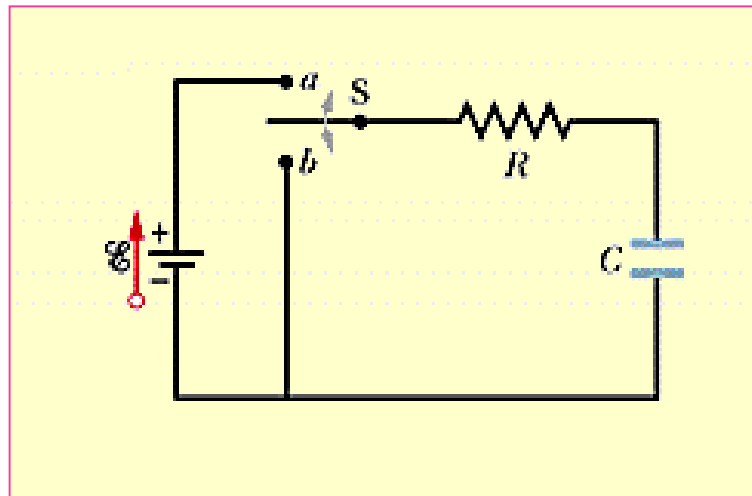
(a)



(b)

مدارهای RC

- دشارژ خازن
- اگر کلید پس S ازباردار شدن خازن در وضع b قرار گیرد خازن در حال تخلیه شدن خواهد بود:



مدارهای RC

■ می خواهیم ببینیم بار خازن و جریان نسبت به زمان چگونه تغییر می کند

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

$$q = q_0 e^{-t/RC}$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \left(\frac{q_0}{RC} \right) e^{-t/RC}$$

مثال

خازن C دارای بار اولیه q_0 است و از طریق مقاومت R تخلیه می شود.
الف) در چه زمانی (بر حسب RC) بار به نصف مقدار اولیه اش می رسد.
■ حل:

$$q = q_0 e^{-t/RC},$$

$$\frac{1}{2}q_0 = q_0 e^{-t/RC},$$

$$\ln \frac{1}{2} = \ln(e^{-t/RC}) = -\frac{t}{RC}$$

$$t = (-\ln \frac{1}{2})RC = 0.69RC = 0.69\tau.$$

مثال

■ (ب) پس از چه مدتی انرژی به نصف مقدار اولیه اش می رسد

■ حل:

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{q_0^2}{2C} e^{-2t/RC} = U_0 e^{-2t/RC},$$

$$\frac{1}{2}U_0 = U_0 e^{-2t/RC},$$

$$\ln \frac{1}{2} = -\frac{2t}{RC}$$

$$t = -RC \frac{\ln \frac{1}{2}}{2} = 0.35RC = 0.35\tau.$$