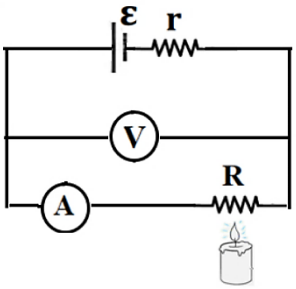


مثال ۲۵ (نهایی ریاضی ـ شهریور ۸۸): در شکل مقابل، مقاومت R یک رشتهٔ تنگستن (رشتهٔ داخل لامپ) است. اگر شعلهٔ شمع را مطابق شکل، زیر این رشته قرار دهیم، عددهای آمپرسنج و ولت‌سنج چگونه تغییر می‌کنند؟ توضیح دهید.

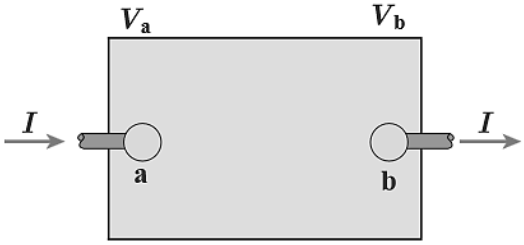
ⓘ توجه: در مدارهایی شبیه این، محل قرارگیری ولت‌سنج نباید باعث گیج شدن شما بشود! فقط کافیست به دو سر ولت‌سنج توجه کنید که در کجا قرار گرفته است تا بدانید اختلاف پتانسیل بین کدام نقاط را اندازه می‌گیرد. از خود ولت‌سنج نیز هیچ جریانی نمی‌گذرد و جزو مدار حساب نمی‌شود.

نکته: ولتاژی که روی بدنهٔ باتری‌ها درج می‌شود، در واقع نیروی محرکهٔ باتری است (یعنی ε) نه اختلاف پتانسیل دو سر باتری (V)، چون ε همواره ثابت است اما V با توجه به مقدار جریان تغییر می‌کند ($V=\varepsilon-Ir$) و هرچه جریان بیشتر شود V باتری کمتر می‌شود).

مثال ۲۶ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۱۱): اختلاف پتانسیل دو سر باتری خودروهای سواری برابر ۱۲ ولت است. اگر ۸ باتری قلمی ۱/۵ ولتی را به‌طور متوالی به یکدیگر وصل کنیم، اختلاف پتانسیل دو سر مجموعهٔ آن‌ها نیز برابر ۱۲ ولت می‌شود. توضیح دهید چرا در خودروها به جای باتری خودرو از هشت باتری قلمی استفاده نمی‌شود؟

پاسخ: مقاومت درونی باتری قلمی نسبتاً زیاد است. با بستن باتری‌های قلمی به‌طور متوالی، هرچند که نیروی محرکهٔ مجموعه برابر ۱۲ ولت می‌شود اما پس از برقراری جریان در خودرو، افت پتانسیل مجموعه نیز افزایش می‌یابد و ولتاژ دوسر مجموعه کمتر از ۱۲ ولت خواهد شد که برای روشن کردن اتومبیل کافی نخواهد بود. (**همچنین می‌توان گفت:** مجموع مقاومت‌های درونی ۸ باتری قلمی، زیاد است و باعث کاهش جریان برق خودرو می‌شود و چون استارت خودرو به جریان بالایی نیاز دارد این جریان برای آن کافی نخواهد بود)

☑ بخش۵: توان در مدارهای الکتریکی



شکل مقابل، یک جزء دلخواه از مدار الکتریکی را نشان می‌دهد که می‌تواند مقاومت یا باتری یا ... باشد. فرض کنید که بار q در مدت زمان t تحت اختلاف پتانسیل $\Delta V=V_b-V_a$ از پایانهٔ a به b برود. با توجه به این که توان، آهنگ انجام کار است، برای محاسبهٔ توان الکتریکی این جزء از مدار می‌توان نوشت:

$$P=\frac{W}{t}=\frac{q\Delta V}{t}=\left(\frac{q}{t}\right)\Delta V=I\Delta V \Rightarrow \boxed{P=I\Delta V}$$

P : توان بر حسب وات (W)

اگر $P>0$: این جزء از مدار، به بقیهٔ مدار انرژی می‌دهد. (**توان تولیدی یا خروجی**)

اگر $P<0$: این جزء از مدار، از بقیهٔ مدار انرژی می‌گیرد. (**توان مصرفی**)

توجه: رابطهٔ $P = I\Delta V$، یک رابطهٔ کلی برای محاسبهٔ توان قطعات مختلف الکتریکی است. اما برای هر قطعهٔ الکتریکی، با توجه به شرایطی که دارد (تولید کننده است یا مصرف کننده؟ مقاومت است یا باتری؟) و نیز با توجه به داده‌های مسأله، می‌تواند به اَشکال متفاوتی در آید که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

توجه: از این پس، طبق روال گذشته رابطهٔ $P=I\Delta V$، را به صورت $P=V\,I$ می‌نویسیم که V اختلاف پتانسیل دو سر قطعه است و همیشه مثبت لحاظ می‌شود. اما با توجه به این‌که ΔV در قطعات مصرف کننده **منفی** و در قطعات تولید کننده **مثبت** است، به‌جای این منفی و مثبت، از عبارات‌های **مصرفی** و **ورودی** و **خروجی** برای توان استفاده می‌کنیم. مثلا اگر توان یک مقاومت ۱۰- وات بود، کافیست بگوییم: توان مصرفی آن ۱۰ وات است و دیگر نیازی به ذکر علامت منفی آن نیست.

باتری محرک **توان خروجی** دارد. باتری ضد محرک **توان ورودی** دارد. مقاومت **توان مصرفی** دارد.

نکته: یکای کیلووات ساعت (kWh) برای انرژی (U):

می‌دانیم که $W=Pt$ و نیز می‌دانیم که کار خارجی برابر با تغییرات انرژی است ($W=\Delta U$). بر این اساس، $U=Pt$ و یکای انرژی را می‌توان به صورت **وات‌ثانیه** نیز تعریف کرد. حال اگر در رابطهٔ $U=Pt$ یکای توان را به جای وات، کیلووات (kW) و یکای زمان را به جای ثانیه، ساعت (h) در نظر بگیریم، واحد **کیلووات ساعت (kWh)** برای **انرژی** به دست می‌آید که معمولاً برای انرژی مصرفی اجزای الکتریکی در مدار و یا محاسبهٔ برق مصرفی خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر این اساس، بهای برق مصرفی در قبض برق، بر اساس مقدار انرژی مصرف شده بر حسب کیلووات ساعت محاسبه می‌گردد.

مثال ۲۷ (نهایی تجربی ـ دی ۸۵): روی یک لامپ روشنایی دو عبارت ۲۲۰V و ۱۰۰W ثبت شده است.

الف) اگر این لامپ را به اختلاف پتانسیل ۲۲۰V وصل کنیم چه شدت جریانی از آن عبور می‌کند؟

ب) اگر این لامپ ۱۰۰۰ ساعت روشن باشد، چند کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌کند؟

پ) اگر بهای برق مصرفی به ازای هر کیلووات ساعت، ۵۰ تومان باشد، هزینهٔ برق مصرفی در این ۱۰۰۰ ساعت چقدر است؟

کتاب درسی ○ مثال ۲-۸ ← محاسبهٔ توان و استفاده از یکای کیلووات ساعت.

** جهت مشاوره تحصیلی رایگان و پرسیدن سوالات خود با مشاوران سایت ارتباط بگیرید **

* توان مصرفی در مقاومت

هرچند که رابطهٔ کلی توان ($P=VI$) برای مقاومت نیز برقرار است اما با توجه به اینکه برای یک مقاومت رابطهٔ $R=V/I$ نیز تعریف می‌شود، می‌توان رابطهٔ کلی توان را برای مقاومت به دو شکل زیر نیز بازنویسی کرد:

$$P_{\text{مصرفی}} = (V)I = (RI)I = RI^2$$

$$P_{\text{مصرفی}} = V(I) = V\frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

(حفظ کنید!)

$$P_{\text{مقاومت}} = VI = \frac{V^2}{R} = RI^2$$

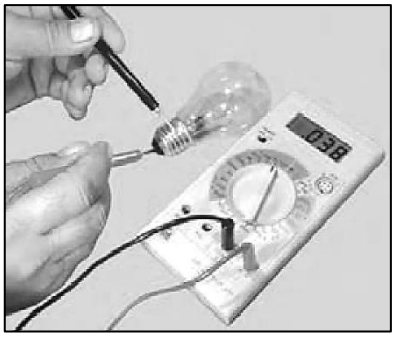
انتخاب هرکدام از این رابطه‌ها، بستگی به داده‌های مسئله دارد.

نکاتی از توان مقاومت:

- مقاومت، مصرف کنندهٔ انرژی مدار است لذا به توان مقاومت «**توان مصرفی**» می‌گویند.
- بر روی وسایل برقی، معمولا دو مشخصه درج شده: توان و ولتاژ مجاز (یعنی اگر این وسیله به این ولتاژ خاص وصل شود، این توان را خواهد داشت).
- در هنگام قطع بودن مدار (یا خاموش بودن وسیلهٔ الکتریکی مثل لامپ)، چون جریان صفر است، نمی‌توان از روابط بالا استفاده کرد. اما برای به‌دست آوردن **مقاومت یک لامپ در حالت خاموش**، می‌توان از **اُهم‌متر** استفاده کرد. (اهم‌متر، ابزار سنجش مقاومت قطعات الکتریکی است).
- نور یک لامپ، زمانی بیشترین شدت را خواهد داشت که بیشترین توان را مصرف کند، لذا طبق رابطهٔ $P=RI^2$ یا $P=V^2/R$ زمانی که بیشترین جریان از لامپ عبور کند یا بیشترین اختلاف پتانسیل را داشته باشد، لامپ **بیشترین نور** را خواهد داشت.

مثال ۲۸ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۱۵): دو لامپ رشته‌ای در اختیار داریم که جنس و طول رشتهٔ آن‌ها یکسان است، ولی رشتهٔ لامپ B ضخیم‌تر از رشتهٔ لامپ A است. وقتی لامپ‌ها به ولتاژ یکسانی وصل شوند، کدام لامپ پرنورتر خواهد بود و چرا؟

آزمایش(فعالیت ۲–۸ کتاب درسی) محاسبهٔ دمای لامپ در حالت روشن:



لوازم مورد نیاز: لامپ رشته‌ای ۱۰۰ واتی – اهم‌متر

در ابتدا با اهم‌متر، مقاومت لامپ ۱۰۰ واتی را در حالت خاموش اندازه می‌گیریم. سپس لامپ را روشن کرده و مشخصات روی لامپ را می‌خوانیم: (۱۰۰W و ۲۲۰V). حالا با استفاده از رابطهٔ $P=V^2/R$ مقاومت لامپ را در حالت روشن به دست می‌آوریم. (این مقاومت بیشتر از مقاومت حالت خاموش است؛ چون دمای لامپ، بعد از روشن شدن بالا رفته است و به همین دلیل، مقاومت نیز افزایش می‌یابد)

حالا چون $R_\circ$ و R را داریم می‌توانیم با استفاده از رابطهٔ $R=R_\circ(1+\alpha\Delta T)$ مقدار تغییرات دمای لامپ(ΔT) را به دست آوریم (فرض می‌کنیم که آزمایش در دمای اتاق انجام شده پس $T_\circ$ را هم داریم و α نیز برای رشتهٔ تنگستنی لامپ از جدول به دست می‌آید)؛ لذا: $T_{\text{لامپ}} = \Delta T - T_\circ$

** جهت مشاوره تحصیلی رایگان و پرسیدن سوالات خود با مشاوران سایت ارتباط بگیرید **

مثال ۲۹ (کتاب ماجرای ۲۰ فیزیک): مقاومت یک لامپ ۱۰۰ وات و ۲۲۰ ولتی در حالت خاموش $48/4\ \Omega$ است. دمای سیم تنگستن لامپ هنگام روشن بودن با ولتاژ $220\,V$ چند درجهٔ سلسیوس افزایش می‌یابد؟ ($\alpha=0/004\,K^{-1}$)

مثال ۳۰ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۱۶): بر روی وسیله‌های الکتریکی، اعداد مربوط به ولتاژ و توان نوشته می‌شود. برای دو وسیلهٔ شکل مقابل:

اتوی برقی ۸۵۰W ،۲۲۰V — کتری برقی ۲۴۰۰W ،۲۲۰V

الف) سیم‌های اتصال به برق آن‌ها باید بتواند حداقل چه جریانی را از خود عبور دهد؟

ب) مقاومت الکتریکی هر وسیله در حالت روشن چقدر است؟

نکتهٔ حفظ کردنی(فعالیت ۲–۷) کتاب درسی

قانون ژول بیان می‌دارد که گرمای تولید شده توسط جریان I‌ای عبوری از یک مقاومت R در مدت زمان t برابر با RI^2t می‌باشد.

پایستگی انرژی $\boxed{U=Pt=RI^2t} = \boxed{mc\Delta T=Q} \rightarrow U=Q$

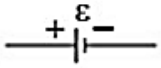
** جهت مشاوره تحصیلی رایگان و پرسیدن سوالات خود با مشاوران سایت ارتباط بگیرید **

* توان در منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی(باتری)

هرچند که رابطهٔ کلی توان ($P = VI$) برای منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی (باتری) نیز برقرار است اما چون V با توجه به نوع باتری (واقعی و آرمانی) و نحوهٔ قرار گرفتن آن در مدار (محرک و ضد محرک) به صورت متفاوتی تعریف می‌شود، می‌توان روابط متفاوتی را نیز برای محاسبهٔ توان باتری به دست آورد.

توان در باتری محرک

۱- باتری آرمانی



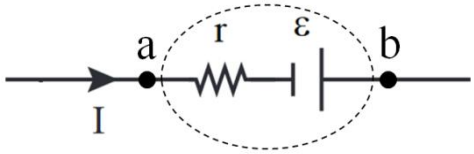
منبع نیروی محرکهٔ آرمانی

$$V = \mathcal{E}$$

(حفظ کنید!)

$$P_{\text{خروجی منبع آرمانی}} = VI = \varepsilon I$$

۲- باتری واقعی



$$V = \mathcal{E} - Ir$$

(حفظ کنید!)

$$P_{\text{خروجی}} = VI = (\varepsilon - rI)I = \varepsilon I - rI^2$$

- ابتدا نیروی محرکه باتری($\mathcal{E}$) توانی را در باتری ایجاد می‌کند که آن را **توان تولیدی** می‌نامند و مقدار آن برابر با εI است.
- سپس مقداری از توان تولیدی توسط مقاومت‌داخلی مصرف می‌شود که به آن **توان مصرفی** می‌گویند و مقدار آن برابر با rI^2 است.
- در نهایت، مقدار توانی که در باتری باقی مانده است از باتری خارج شده و به مدار داده می‌شود که به آن **توان خروجی** می‌گویند. پس توان خروجی باتری برابر است با «توان تولیدی منهای توان مصرفی».

$$P_{\text{خروجی}} = P_{\text{تولیدی}} - P_{\text{مصرفی}} = \varepsilon I - rI^2$$

لذا در **باتری آرمانی** که مقاومت داخلی ندارد، توان تولیدی برابر است با توان خروجی باتری؛ چون چیزی از توان تولیدی در باتری از بین نمی‌رود و همهٔ آن به مدار وارد می‌شود.

توان در باتری ضد محرک

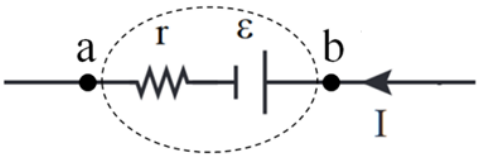
بر خلاف باتری محرک که به مدار انرژی و توان می‌دهد و به همین خاطر، شارژ آن تخلیه می‌شود، باتری **ضد محرک** که بر خلاف جهت جریان در مدار قرار می‌گیرد، توان و انرژی را از مدار گرفته و شارژ می‌شود. لذا به توان این باتری، **توان ورودی** گفته می‌شود.

قسمتی از انرژی مدار (باتری محرک) صرف شارژ کردن باتری ضدمحرک می‌شود (به انرژی شیمیایی درون باتری تبدیل می‌شود) و قسمتی از انرژی مدار نیز در مقاومت داخلی تلف شده و باتری را گرم می‌کند.

(حفظ کنید!)

$$P_{\text{ورودی}} = VI = (\varepsilon + rI)I = \varepsilon I + rI^2$$

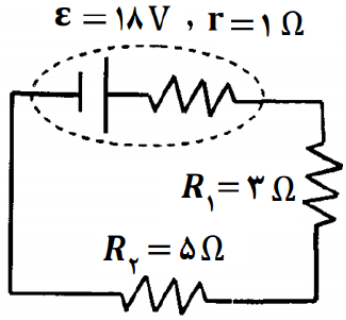
$$V = \mathcal{E} + Ir$$



یادآوری: برای محاسبهٔ انرژی (مصرفی، خروجی یا ورودی) برای اجزاء مدار، کافیست که توان آن را در مدت زمان ضرب کنید: $U = Pt$

کتاب درسی ○ مثال ۲-۹ ○ مثال ۲-۱۰

مثال ۳۱ (نهایی تجربی ـ خرداد ۹۷): در مدار شکل روبه‌رو:

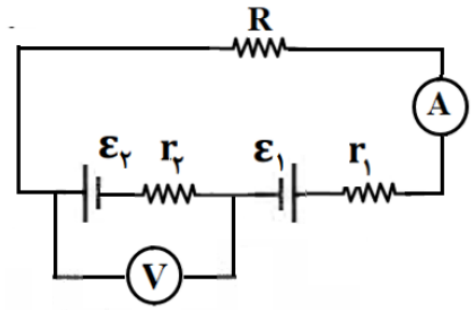


الف) جریان در مدار چند آمپر است؟

ب) توان خروجی مولد(باتری) چند وات است؟

پ) انرژی الکتریکی مصرفی در مقاومت R۱ در مدت ۵s چند ژول است؟

مثال ۳۲ (نهایی ریاضی ـ دی ۹۴): در مدار شکل روبه‌رو:

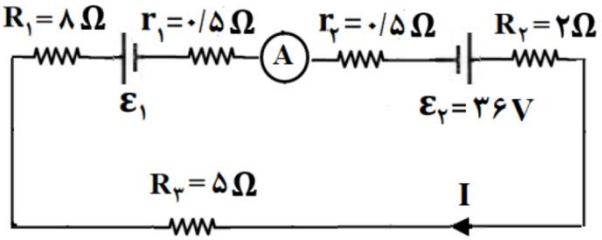


$r_1 = r_2 = 1\Omega \ ، \ \varepsilon_1 = 3V \ ، \ \varepsilon_2 = 15V$

الف) اگر ولت‌سنج ۱۴V را نشان دهد، آمپرسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟

ب) توان ورودی به مولد ε_1 چند وات است؟

مثال ۳۳ (نهایی تجربی ـ خرداد ۹۰): در مدار شکل زیر، عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد **۲A** است.



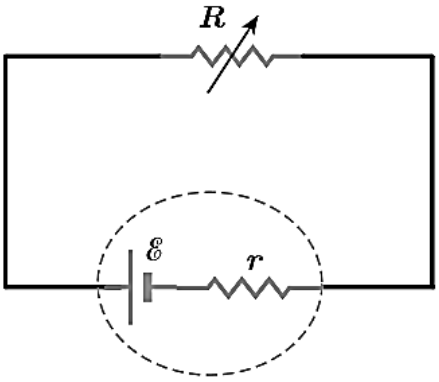
الف) نیروی محرکهٔ ε_1 چند ولت است؟

ب) توان مصرفی مقاومت R۱ چند برابر مقاومت مصرفی مقاومت R۲ است؟

توجه: در هنگام مقایسهٔ توان مقاومت‌ها، از میان ۳ رابطهٔ موجود، باید رابطه‌ای را انتخاب کنید که آسانتر به جواب می‌رسد. مثلاً در این مثال، رابطهٔ $P=RI^2$ مناسبترین رابطه است چون اولاً I در هر دو مقاومت مشترک است و حذف می‌شود و ثانیاً مقدار R ها معلوم است و نیاز به محاسبه ندارد.

@fizikrahimi
** جهت مشاوره تحصیلی رایگان و پرسیدن سوالات خود با مشاوران سایت ارتباط بگیرید **

مثال ۳۴ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲۰): در شکل زیر: **الف)** نیروی محرکهٔ الکتریکی و مقاومت داخلی منبع را که توان خروجی آن به ازای $I_1=5A$ برابر $9/5W$ و به ازای $I_2=7A$ برابر $12/6W$ است محاسبه کنید.

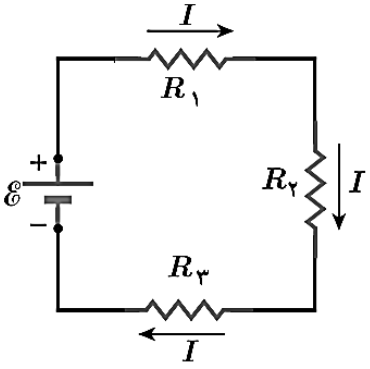


ب) نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری برحسب جریان گذرنده از آن را رسم کنید.

☑ بخش۶: ترکیب مقاومت‌ها

مدارهایی که در این فصل با آن‌ها سروکار داریم سه نوع هستند: ۱- مقاومت‌های متوالی ۲- مقاومت‌های موازی ۳- مقاومت‌های ترکیبی

* مقاومت‌های متوالی (سِری)



به مقاومت‌هایی در مدار، که یکی پس از دیگری بسته شده باشند به طوری که هیچ انشعابی بین آن‌ها وجود نداشته باشد، مقاومت‌های **متوالی** یا **سِری** گفته می‌شود.

روش تشخیص: اگر یک سر دو مقاومت با سیمی که دارای انشعاب نیست به هم وصل باشد، دو مقاومت متوالی هستند.

تمرین: در شکل مقابل، مقاومت‌های متوالی را پیدا کنید.