جریان الکتریکی

درباره این فصل:

فصل ۶ کتاب فیزیک جت، فصل ۲ کتاب فیزیک یازدهم است. در کتاب جت یک درسنامه ۷ صفحه‌ای (دارای ۸۲ پرسش تمرینی مشابه کنکور) و ۱۱۰ تست جت و ۴۰ تست جت پلاس (مجموعا ۱۵۰ تست) برای این فصل در نظر گرفته‌ام.
مباحث این فصل را بدون هیچ فرمولی و با روش RIVIP به شما آموزش می‌دهم که بسیار جذاب و مفهومی است و توصیه می‌کنم اگر قصد حذف این فصل را داشته‌اید، این دو جلسه را همراه من باشید.
بیشتر آموزش این فصل در قسمت تست‌ها اتفاق می‌افتد بنابراین پس از آموزش اصولی و مفهومی باید با حوصله تست‌ها را حل کنید.

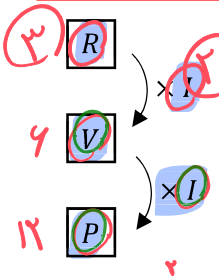
تعداد تست این فصل در کنکور: ۴ تست

تعداد جلسات جت: ۲ جلسه

پیش بینی کنکور: پیش بینی می‌کنم در کنکور امسال ۳ سوال مدار در کنکور مطرح شود که یکی از آنها مدار ساده و ۲ تست دیگر مدار ترکیبی هستند. احتمالا یک تست مفهومی و یا غیر مداری هم در کنکور مطرح شود.

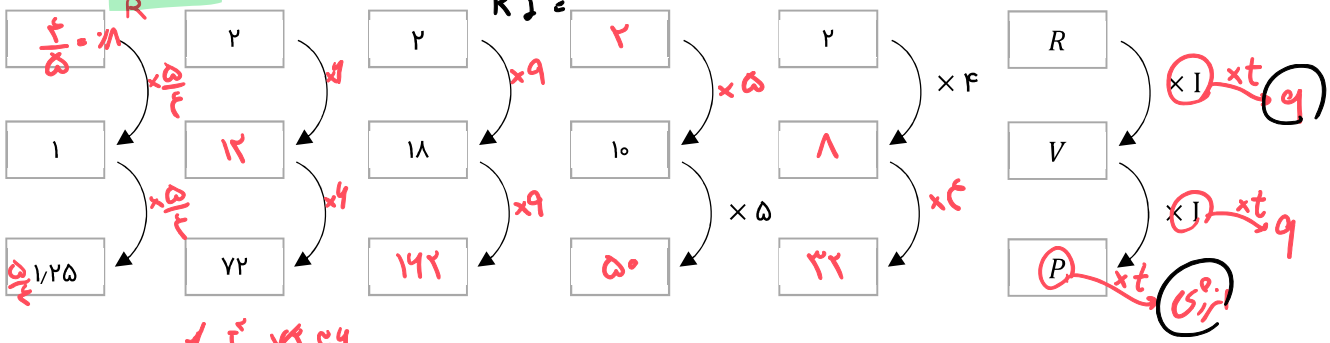
درسنامه جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

روشی که در این کتاب به شما آموزش می‌دهم، یک روش علمی و هوشمندانه است که به سادگی تست‌ها را با آن حل خواهید کرد. نام این روش را RIVIP گذاشته‌ام، به این معنا که اگر R (مقاومت) را در I (جریان الکتریکی) ضرب کنیم، V (اختلاف پتانسیل) به دست می‌آید و اگر V را دوباره در I ضرب کنیم، P (توان) حاصل می‌شود. در این شکل تمام روابط بین این ۴ کمیت وجود دارد و لازم نیست هیچ‌یک از فرمول‌های $V=RI$، $P=VI$، $P=RI^2$ و $P=\frac{V^2}{R}$ را حفظ کنید.



اگر از این ۴ کمیت، ۲ تای آن‌ها مشخص باشد، ۲ تای دیگر را می‌توان به سادگی یافت.

تمرین ۱: جاهی خالی را پر کنید تا بر محاسبات این بخش مسلط شوید.



نکات:

۱- اگر I را در t ضرب کنیم بار الکتریکی (q) به دست می‌آید $\Leftarrow q=I.t$

۲- اگر P را در t ضرب کنیم انرژی الکتریکی به دست می‌آید $\Leftarrow E=P.t$

تمرین ۲: یک آبگرمکن با توان $۸۸۰w$ را به اختلاف پتانسیل $۲۲۰V$ وصل می‌کنیم:

الف) مقاومت این لامپ چند اهم است؟

ب) از این لامپ چند آمپر جریان می‌گذرد؟

پ) این آبگرمکن هر ساعت چند کیلوژول و چند کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌کند؟

ت) در این وسیله هر دقیقه چند کولن بار الکتریکی عبور می‌کند؟

ث) اگر اختلاف پتانسیل را ۱۰درصد کاهش دهیم، جریان و توان چند درصد تغییر می‌کنند؟

ج) اگر مقاومت را ۲۰ درصد کاهش دهیم و ولتاژ را ثابت نگه داریم جریان و توان چند درصد تغییر می‌کنند؟

تمرین ۳: در یک آذرخش $1GJ$ انرژی تحت اختلاف پتانسیل $50MV$ در بازه زمانی $200ms$ آزاد می‌شود:

الف) جریان الکتریکی چند آمپر است؟

ب) مقاومت چند Ω است؟

پ) چند C بار بین ابر و زمین منتقل شده است؟

تمرین ۴: یک لامپ $100W$ روزانه ۸ ساعت و یک یخچال $1300W$ در شبانه روز ۲۴ ساعت روشن هستند:

الف) مصرف ماهانه این دو وسیله چند kWh است؟

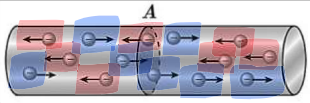
ب) اگر هرکیلووات ساعت ۵۰ تومان هزینه داشته باشد، بهای برق مصرفی ماهانه این دو وسیله چند تومان می‌شود؟

جریان الکتریکی (I)

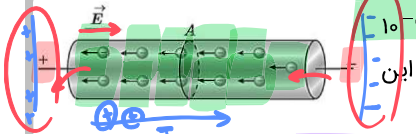
جریان الکتریکی همان بار الکتریکی خالصی است که در واحد زمان از مقطع یک رسانا می‌گذرد، یعنی $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta Q = I.\Delta t$

نکات:

۱ـ در یک رسانا اگر هیچ ولتاژ یا میدان الکتریکی به آن وارد نشود، الکترون‌ها به صورت کاتوره‌ای و با تندی از مرتبه‌ی $10^6 \frac{m}{s}$ حرکت می‌کنند و شارش خالص از یک مقطع نداریم (جریان صفر است).



۲ـ در یک رسانا وقتی اختلاف پتانسیل یا میدان الکتریکی اعمال می‌شود، الکترون‌ها حرکت کاتوره‌ای خود را مقداری تغییر می‌دهند با سرعت سوق که بسیار کم و مثلاً در سیم‌های مسی از مرتبه‌ی 10^{-4} تا 10^{-5} متر برثانیه است در خلاف جهت میدان و در جهت افزایش پتانسیل الکتریکی حرکت می‌کنند و در این حالت شارش خالص بار و جریان الکتریکی داریم.



۳ـ جریان الکتریکی را به صورت قرارداری حرکت بارهای مثبت درنظر می‌گیریم، بنابراین جریان از ولتاژ زیاد به کم و در جهت میدان الکتریکی است.

۴ـ جریان الکتریکی یک کمیت اصلی و نرده‌ای است و یکای SI آن آمپر (A) است که معادل $\frac{C}{s}$ و $\frac{V}{\Omega}$ و $\frac{W}{V}$ و ... است.

۵ـ $A.h$ معادل $3600C$ و $mA.h$ معادل $3/6C$ است. (هر دو واحد بار الکتریکی هستند.)

۶ـ در محاسبات به خاطر داشته باشید که Q با $n.e$ قابل جایگذاری است $\Longleftarrow It = n.e$

۷ـ $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ پس، اگر از معادله $Q-t$ مشتق بگیریم، I به‌دست می‌آید و شیب نمودار Q_t نیز برابر جریان است. مساحت زیر نمودار I_t نیز برابر Q است.

۸ـ جریان در ۱ـ نورون مغزی $= 1nA$ ۲ـ نمایشگر موبایل $= 1mA$ ۳ـ لامپ حبابی $= 1A$ ۴ـ استارت خودرو $= 200A$

۵ـ آذرخش $= 10kA$ ۶ـ بادهای خورشیدی $= 1GA$

۹ـ جریان مستقیم جریانی است که مقدار و جهت آن ثابت است.

تمرین ۵: بار ذخیره شده در یک باتری ۵۰ mAh است:

الف) این بار معادل چند کولن است؟

ب) این باتری چند دقیقه با جریان ۰٫۱ A کار می‌کند؟

پ) تا زمان تخلیه این باتری، چند الکترون در مدار جریان می‌یابد؟

ت) اگر تا زمان تخلیه باتری، اختلاف پتانسیل آن به طور متوسط ۵ ولت باشد، چند ژول انرژی به مدار داده است؟

تمرین ۶: اگر معادله بار الکتریکی عبوری از یک مدار $q = t^2 - 6t + 8$ باشد: ($e = 1/6 \times 10^{-19}$)

الف) در بازه‌ی زمانی $t = 1s$ تا $t = 3s$ چند الکترون از مدار می‌گذرد؟

ب) جریان الکتریکی در $t = 10s$ چند آمپر است؟

پ) در چه لحظه‌ای جهت جریان الکتریکی در مدار عوض می‌شود؟

تمرین ۷: نمودار تغییرات شدت جریان عبوری در یک مدار به شکل زیر روبه‌روست. تعداد الکترون‌هایی که در ۴ ثانیه دوم از این مدار می‌گذرد، چند عدد از تعداد الکترون‌هایی که در ۴ ثانیه اول می‌گذرد بیشتر است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}$)

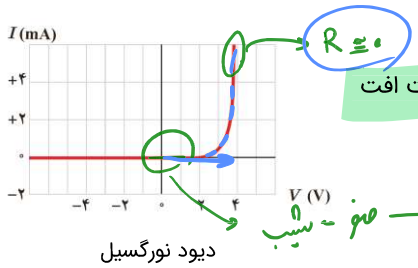
مقاومت الکتریکی و قانون اهم

طبق $RIVIP$ آموختیم که $V = RI$ که به این رابطه قانون اهم می‌گوییم. مقاومت رساناهای فلزی و اغلب رساناهای نافلزی با تغییر ولتاژ تغییر نمی‌کند که به آن‌ها مقاومت اهمی می‌گوییم و اگر نمودار V برحسب I را رسم کنیم، شیب آن همان R است.

رسانای اهمی

سوتی نده: اگر مثل شکل روبه‌رو نمودار I برحسب V رسم شده باشد، مقاومت معکوس شیب است.

نکته: در مقایسه دو نمودار، رسانایی که نمودار آن به V نزدیک‌تر باشد، مقاومت بیشتری دارد.



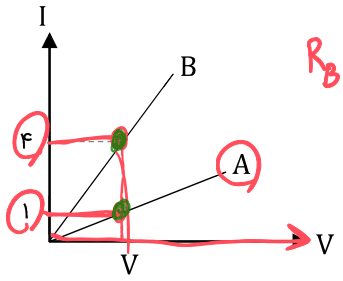
R در رساناهای غیر اهمی با تغییر V تغییر می‌کند . مثلا در دیود نورگسیل (LED) با افزایش V مقاومت افت و I افزایش می‌یابد.

نکات:

۱- مقاومت الکتریکی یک کمیت فرعی و نرده‌ای است که یکای فرعی آن $\frac{V}{A}$ (یا $\frac{w}{A^2}$ یا $\frac{J}{S.A^2}$) است که به افتخار سیمون اهم، اهم نامگذاری شده و با Ω نشان داده می‌شود. (یعنی یکای SI مقاومت اهم است.)

۲- R در رساناهای اهمی به ویژگی‌های ساختاری مقاومت، یعنی جنس و دما (ρ) و ابعاد هندسی (L و A) بستگی دارد و اگر این ویژگی‌ها تغییر نکند، R ثابت است.

تمرین ۸: نمودار $I-V$ دو رسانای A و B به شکل روبه‌رو است:

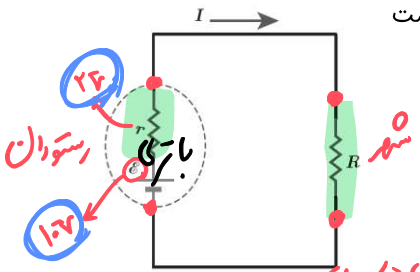


الف) مقاومت A چند برابر B است؟

ب) اگر توان مصرفی دو مقاومت برابر باشد، ولتاژ A چند برابر B است؟

درسنامه RIVIP در مدار با یک مقاومت و مقاومت درونی

در مداری که یک باتری و یک مقاومت بیرونی داریم، غالبا مولد آرمانی نیست و واقعی است؛ یعنی دارای مقاومت داخلی است، در این صورت تناسب به شکل زیر نوشته می‌شود:

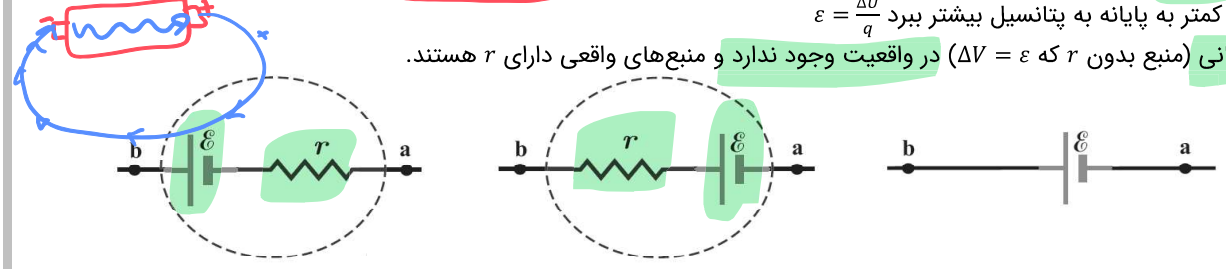


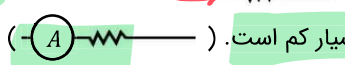
R	+	r	= $R+r$
$\times I$			
$V_m(RI)$	+	$V_T(rI)$	= $\mathcal{E}(RI+rI)$
$\times I$			
$P_m(RI^2)$	+	$P_T(rI^2)$	= $P(RI^2+rI^2)$

نکات:

۱- ε یا نیروی محرکه، برابر کاری است که منبع نیروی محرکه‌ی الکتریکی بر روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد، تا آن را از پایانه با پتانسیل کمتر به پایانه به پتانسیل بیشتر ببرد $\varepsilon = \frac{\Delta U}{q}$

۲- منبع آرمانی (منبع بدون r که $\Delta V = \varepsilon$) در واقعیت وجود ندارد و منبع‌های واقعی دارای r هستند.

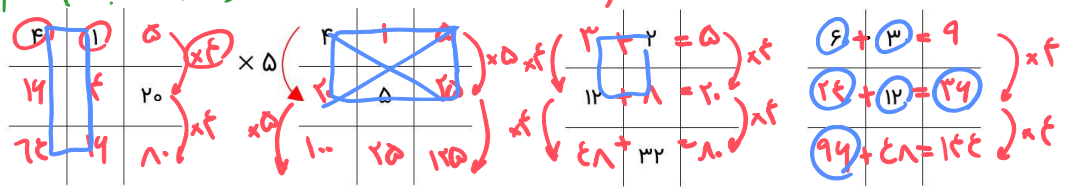


۳- برای اندازه گیری ولتاژ از ولت سنج استفاده می‌کنیم که به صورت موازی به کار می‌رود و مقاومت ولت سنج ایده آل بسیار زیاد است ( ) و برای اندازه گیری جریان از آمپرسنج استفاده می‌کنیم که به صورت متوالی به کار می‌رود و مقاومت آمپرسنج ایده آل بسیار کم است. ()

۴- ولت‌سنج متصل به دو سر باتری، ولتاژ خروجی (V_m) یا ε را نشان می‌دهد $\Leftarrow V_m + rI = \varepsilon \Rightarrow V_m = \varepsilon - rI$

۵- اگر جریان از یک باتری عبور نکند، rI برابر صفر می‌شود، پس اگر یک ولت سنج را به دو سر باتری وصل کنیم، ε را نشان می‌دهد و اگر مقاومت بیرونی صفر باشد RI صفر می‌شود، پس اگر یک سیم بدون مقاومت را به دو سر باتری وصل کنیم، اختلاف پتانسیل دو سر باتری صفر می‌شود.

تمرین ۹: جاهای خالی را محاسبه کنید.



تمرین ۱۰: در یک مدار شامل یک باتری و یک مقاومت بیرونی متغیر، نیروی محرکه $12V$ و مقاومت درونی ۲ اهم است. اگر جریان الکتریکی $0/5A$ باشد:

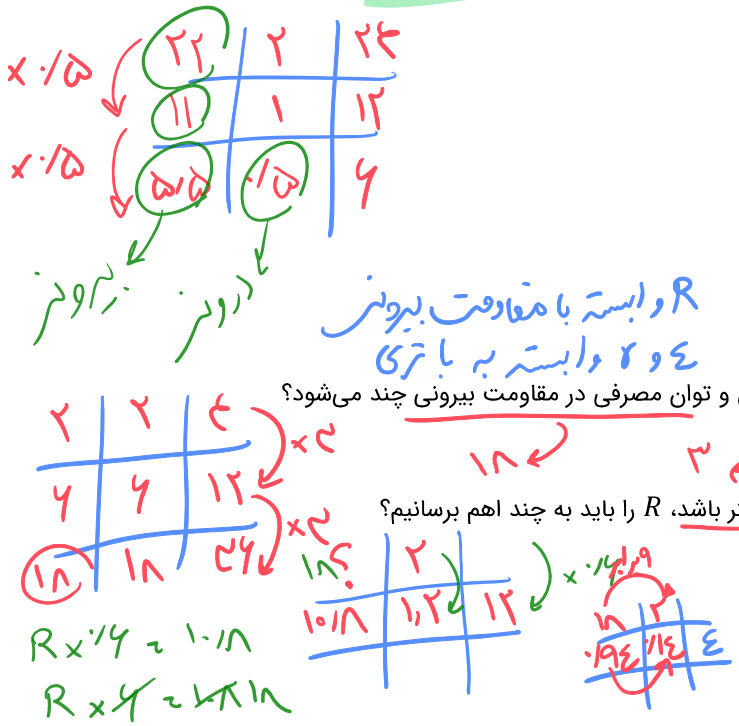
الف) مقاومت بیرونی چند Ω است؟

ب) اختلاف پتانسیل دو سر باتری چند ولت است؟

پ) توان مصرفی در مقاومت بیرونی و درونی چند وات است؟

ت) اگر R را ۲۰ اهم کاهش دهیم، اختلاف پتانسیل دو سر باتری، جریان و توان مصرفی در مقاومت بیرونی چند می‌شود؟

ث) برای آنکه اختلاف پتانسیل دو سر مولد ۱۰ درصد از نیروی محرکه کمتر باشد، R را باید به چند اهم برسانیم؟



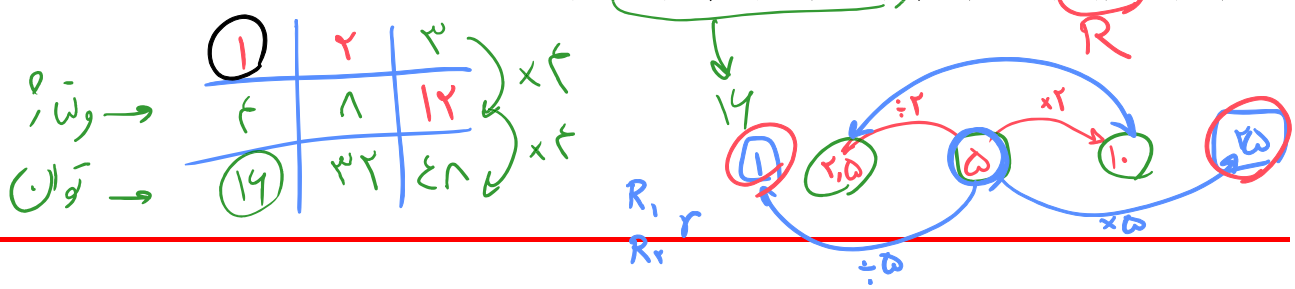
تمرین ۱۱: در یک مدار $\varepsilon = 12V$ و $r = 2\Omega$ و $R = 4\Omega$ است:

الف) جریان چند آمپر است؟

ب) اختلاف پتانسیل دو سر باتری چقدر است؟

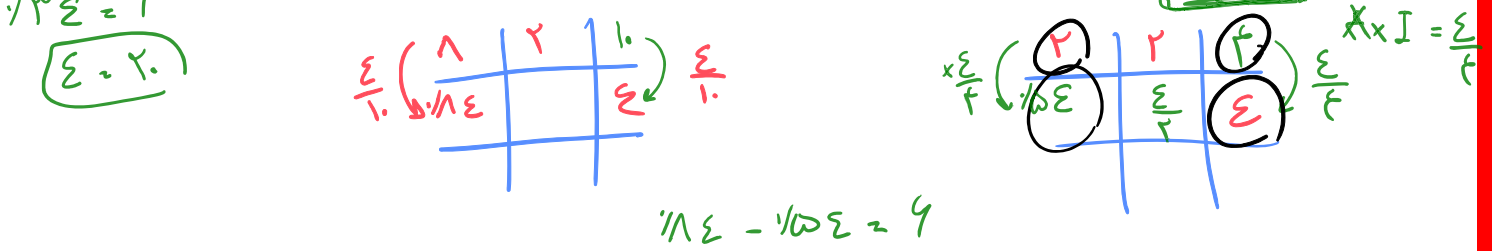
پ) توان الکتریکی مصرفی در R چند وات است؟

ت) اگر مقاومت بیرونی را به ۱Ω برسانیم، توان مصرفی در آن چند وات می‌شود؟



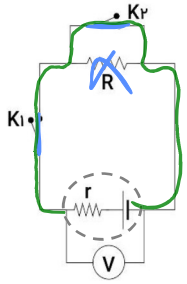
با تغییر دادن R، همه‌ی خانه‌های جدول تغییر می‌کنند به جز r و ε. پس بهتر است در سوالاتی که یک مدار در دو حالت مختلف مقایسه می‌شود، حتما یکسان بودن این دو پارامتر را مد نظر داشته باشیم.

تمرین ۱۲: یک باتری با مقاومت درونی $r = 2\Omega$ به یک رئوستا وصل است. اگر مقاومت رئوستا را از 2Ω تا 8Ω افزایش دهیم، اختلاف پتانسیل دو سر باتری ۰٫۳ ولت افزایش می‌یابد. نیروی محرکه‌ی باتری چقدر است؟



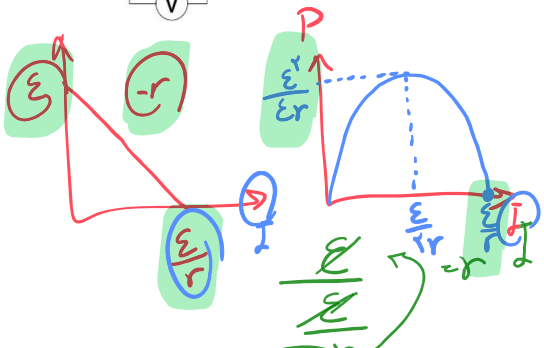
اتصال کوتاه: هر گاه دو سر یک مقاومت با یک سیم بدون مقاومت الکتریکی به هم وصل شود، دیگر جریانی از آن مقاومت عبور نمی‌کند و مقاومت از مدار حذف می‌شود.

تمرین ۱۳: در مدار روبه‌رو $\varepsilon = 15V$ و $R = 4\Omega$ و $r = 1\Omega$ است. ولت‌سنج در هر یک از حالات زیر چه عددی را نشان می‌دهد؟

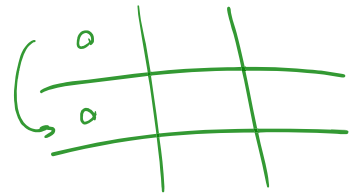


الف) کلید K_1 باز باشد.

ب) K_1 بسته و K_2 باز باشد.

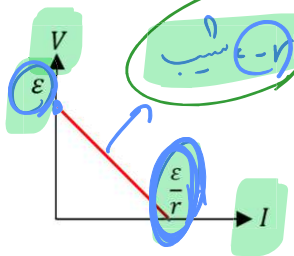


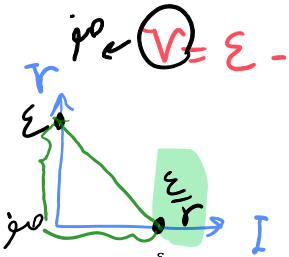
پ) هر دو کلید بسته باشند.



رابطه اختلاف پتانسیل دو سر باتری با جریان:

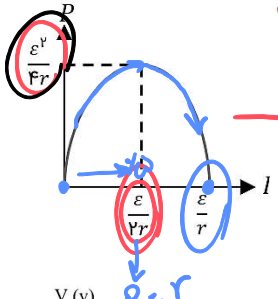
چون $V + rI = \varepsilon$ پس می‌توان گفت که $V = \varepsilon - rI$ که در آن بیشترین ولتاژ برابر ε، بیشترین جریان برابر $\frac{\varepsilon}{r}$ و شیب نمودار برابر $-r$ است.





رابطه توان خروجی از باتری با جریان:

چون $P + rI^2 = \varepsilon I$ پس می‌توان گفت $P = \varepsilon I - rI^2$ که در آن بیشترین و کمترین جریان $\frac{\varepsilon}{r}$ و صفر است که بیشترین توان خروجی را به ازای جریان $\frac{\varepsilon}{2r}$ داریم که برابر $\frac{\varepsilon^2}{4r}$ است.



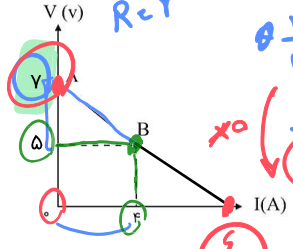
نکات:

۱- با فرسوده شدن باتری r افزایش می‌یابد و در نتیجه حداکثر جریان و توان کاهش می‌یابد.

۲- وقتی بیشترین توان را داریم، جریان $\frac{\varepsilon}{2r}$ است، پس مقاومت کل $2r$ است پس $R = r$

۳- اثبات می‌شود که اگر $R_1 \times R_2 = r^2$ آنگاه توان خروجی باتری در حالت R_1 و R_2 یکسان است.

تمرین ۱۴: نمودار تغییرات ولتاژ دو سر مولد برحسب جریان، مطابق شکل است:



الف) نیروی محرکه مولد چند ولت است؟

ب) مقاومت درونی چند اهم است؟

پ) حداکثر جریانی که می‌توان از این باتری گرفت چند آمپر است؟

ت) حداکثر توان خروجی این باتری چند وات است؟

ث) مقاومت بیرونی را به چند اهم برسانیم تا این باتری بیشترین توان را تولید کند؟

ج) اگر مقاومت بیرونی ۰٫۱Ω باشد، توان خروجی P است. با افزایش مقاومت توان خروجی چگونه تغییر می‌کند و مقاومت بیرونی را چند اهم افزایش دهیم تا توان خروجی دوباره برابر P شود؟

چ) اگر مقاومت بیرونی را به ۳ اهم برسانیم، جریان، اختلاف پتانسیل دو سر باتری و توان مصرفی در مقاومت بیرونی را محاسبه کنید.

تمرین ۱۵: در یک منبع که به یک رئوستا متصل است، با تغییر R، توان خروجی به ازای $I = ۳A$ برابر $۲۴W$ و به ازای $I = ۴A$ برابر $۱۶W$ است:

الف) نیروی محرکه و مقاومت داخلی چند است؟

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

پ) بیشترین توان خروجی هنگامی است که R چند باشد؟

ت) توان خروجی منبع در دو حالت که مقاومت بیرونی برابر ۲ و R' باشد، برابر است. R' چند اهم است؟

درسنامه مقاومت‌های متوالی و موازی

مقاومت‌های متوالی

- وقتی مقاومت‌ها یکی پس از دیگری به هم بسته می‌شوند، بدون اینکه انشعابی بین آن‌ها وجود داشته باشد، متوالی هستند.