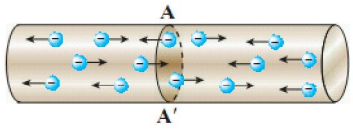
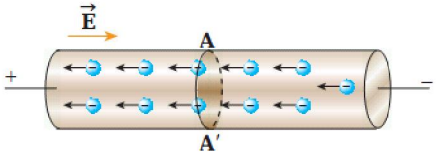
جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

جریان الکتریکی : همه بارهای متحرک جریان تولید نمی کنند برای این منظور بایستی یک شارش خالص بار ازیک سطح معین بگذرد .



شکل ۲ـ۴ در نبود اختلاف پتانسیل شارش بار خالصی از مقطع معین AA′ سیم نداریم.



شکل ۲ـ۵ در حضور اختلاف پتانسیل، شارش بار خالص از مقطع AA′ سیم، دیگر برابر صفر نیست.

سرعت سوق : با اعمال اختلاف پتانسیل به دو سر رسانا میدان الکتریکی درون رسانا ایجاد میشود که الکترونهای آزاد حرکت کاتوره ای خود را تغییر دهند و با سرعتی کمتر از $10^{-5}m/s$ یا $10^{-4}\ m/s$(یعنی بسیار آهسته) در خلاف جهت میدان حرکت کنند که به این سرعت سرعت سوق می گویند .

مسیر زیگزاگ یک الکترون آزاد در یک رسانای فلزی. در حضور میدان الکتریکی، این مسیر زیگزاگ در خلاف جهت میدان سوق می‌یابد.

شدت جریان متوسط : بار شارش شده در واحد زمان را شدت جریان متوسط می‌نامند . $\bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}$

جریان مستقیم : اگر در تمام بازه های زمانی شدت جریان متوسط ثابت بماند ، جریان را جریان مستقیم می‌نامند که در این صورت شدن جریان متوسط با شدت جریان لحظه‌ای برابر می‌شود . $I=\frac{q}{t}$

: جهت قراردادی جریان الکتریکی در فیزیک خلاف جهت شارش الکترونها یعنی در جهت میدان الکتریکی است به عبارت دیگر از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر است .

: اگر در رابطه $q=It$ شدت جریان بر حسب آمپر و زمان بر حسب ساعت باشد ، مقدار بار برحسب آمپر ساعت بدست می‌آید. بطور مثال یک باتری ۴۰ آمپر ساعتی می‌تواند ۱۰ ساعت جریان ۴ آمپری و یا ۲۰ ساعت جریان ۲آمپری را تامین کند .

مدار الکتریکی : برای برقراری جریان الکتریکی نیاز به مسیر بسته‌ای داریم که به آن مسیر بسته مدار الکتریکی می‌گویند.

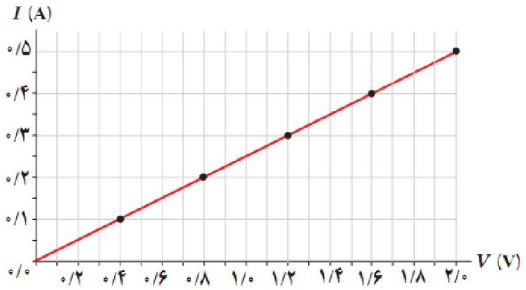
: **آمپرسنج** برای اندازه گیری شدت جریان بکار می‌رود که بطورمتوالی درمدار قرارمی‌گیرد و نمادآن Ⓐ می‌باشد و مقاومت داخلی آن بسیار کم است .

: **ولت سنج** برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل بکار می‌رودکه بطورموازی درمدار قرارمی‌گیرد ونمادآن Ⓥ می‌باشدو مقاومت درونی آن بسیار زیاد است .

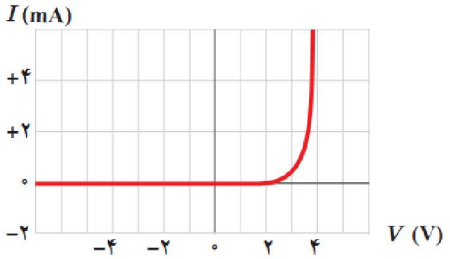
قانون اهم : نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانای فلزی به شدت جریانی که که ازآن می‌گذرد ، در دمای ثابت ، مقداری ثابت است که به آن مقاومت الکتریکی‌رسانا می‌گویند. $R = \frac{V}{I}$ (توجه کنید به شرط ثابت بودن دما مقدار R ثابت است) به عبارت دیگر شدت جریان تابع خطی از اختلاف پتانسیل است .

مقاومتهای اهمی : اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای متفاوت (در دمای ثابت) مقدار ثابتی باشد به آن رسانا یا مقاومت اهمی می‌گویند .

مقاومتهای غیر اهمی : به مقاومتهایی گفته می‌شود که از قانون اهم پیروی نمی کنند یعنی جریان در آنها متناسب با ولتاژ نیست . مانند دیود نور گسیل (LED).

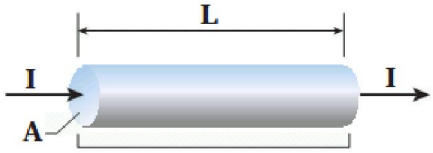


نمودار جریان برحسب اختلاف‌پتانسیل نشان می‌دهد که برای این رسانای اُهمی، جریان به‌طور مستقیم با ولتاژ افزایش می‌یابد.



نمودار جریان برحسب اختلاف‌پتانسیل برای یک دیود نورگسیل

عوامل موثر بر مقاومت رسانای فلزی:



۱ – مقاومت رسانای فلزی با طول آن نسبت مستقیم دارد $R \propto L$

۲ – مقاومت رسانای فلزی با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد $R \propto \frac{1}{A}$

۳ – مقاومت رسانای فلزی به جنس آن نیز بستگی دارد (مقاومت ویژه ρ) $R \propto \rho$

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

مقاومت ویژه : مقاومت قطعه‌ای از رسانا به طول یک متر و سطح مقطع یک متر مربع را مقاومت ویژه می‌گویند ، که با نماد ρ نمایش می‌دهند و واحد آن اهم متر است که به ساختار اتمی(جنس) و دمای رسانا بستگی دارد $(\Omega.m)$.

نکته: هرچه سیم نازکتر باشد مقاومت آن بیشتر است به همین دلیل در لامپ های روشنایی از سیم تنگستن نازک استفاده می‌کنند .

نیم رسانا : دسته‌ای از مواد مانند ژرمانیم و سلسیم وجود دارند که مقاومت ویژه آنها بین مقاومت ویژه رساناها و نارساناها است. در دمای پایین حاملهای بار بسیار کم (نارسانا) و با افزایش دما بر حاملهای بار افزوده می‌شود و از مقاومت آن کاسته می‌شود .

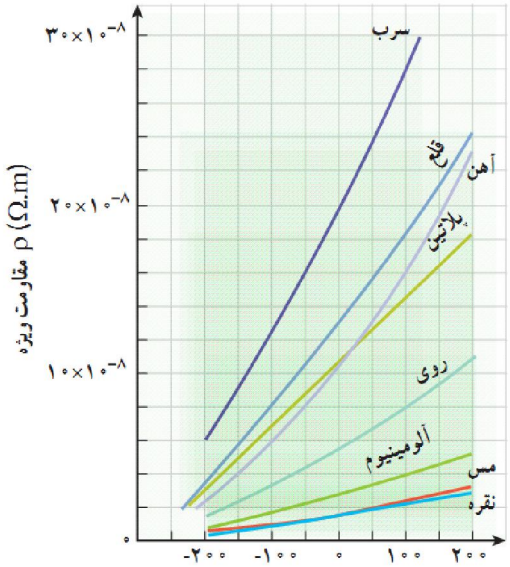
تألیفی

دو سیم مسی داریم که ، طول سیم A دو برابرسیم B و قطر سیم A نصف سیم B است نسبت مقاومت سیم A به سیم B را محاسبه کنید .

اثردما بر مقاومت رسانای فلزی : تجربه نشان می‌دهد که مقاومت رسانای فلزی . مقاومت ویژه با افزایش دما افزایش می‌یابد و از روابط مقابل پیروی می‌کنند :

$$\rho_2 = \rho_1(1+\alpha\Delta T) \longrightarrow \boxed{\Delta\rho = \rho_1\alpha\Delta T}$$

$$R_2 = R_1(1+\alpha\Delta T) \longrightarrow \boxed{\Delta R = R_1\alpha\Delta T}$$



: α ضریب دمایی مقاومت ویژه بر حسب K^{-1} (بر کلوین یا عکس کلوین) است . این ضریب برای نیمرسانا ها منفی است یعنی با افزایش دما مقاومت ویژه آنها کاهش می یابد .

: $\boxed{\Delta\theta = \Delta T}$ تغییرات دمایی بر حسب کلوین و سلسیوس با هم برابرند .

تألیفی

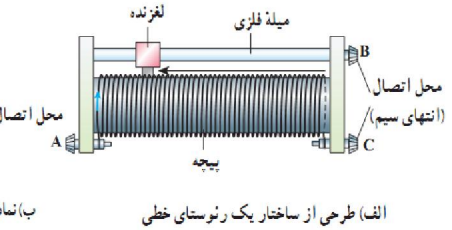
پرسش ۲ مقاومت سیمی از جنس تنگستن در دمای $25\ ^oC$ برابر 100Ω است مقاومت آن در دمای $125\ ^oC$ چقدر است ؟

دماسنج های مقاومتی : از تغییر مقاومت الکتریکی با دما ، برای ساخت این دماسنج ها استفاده می شود که برای دماهای بسیار بالا و بسیار پایین بکار میروند و معمولا از پلاتین استفاده می کنند که تقریباً دچار خوردگی نمی شود و نقطه ذوب بالایی دارد گستره دمایی آن حدود $14K$ تا $1235k$ می‌باشد .

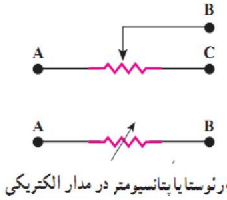
انواع مقاومتها :

الف) مقاومتهای پیچه ای : شامل پیچه ای از سیم نازک هستند که معمولا از جنس آلیاژ نیکروم (نیکل و کروم)یا آلیاژ منگانین (مس و نیکل و منگنز) ساخته می شوند که بدور هسته ای عایق مانند سرامیک یا پلاستیک و یا شیشه پیچیده شده اند و در غلافی سرامیکی قرار دارند . این مقاومتها برای بدست آوردن مقاومتهای پایین بسیار دقیق وهمچنین توانهای بسیار بالا ساخته میشوند رئوستا یکی از این مقاومتهاست که در مدار های الکترونیکی پتانسیومتر نامیده می شود .

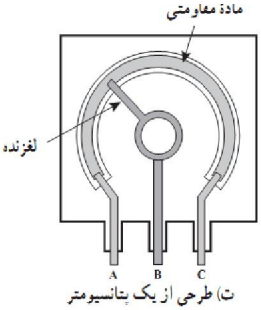
رئوستا (مقاومت متغیر): از این وسیله برای کنترل و تنظیم شدت جریان استفاده می‌کنند و ساختمان آن عبارت است از یک سیم دراز با مقاومت زیاد که به دور یک استوانه نارسانا پیچیده شده است و یک دکمه لغزنده روی ریلی به موازات استوانه روی سیمها می‌لغزد و مقاومت را به دلخواه تغییر می‌دهد.



الف) طرحی از ساختار یک رئوستای خطی



ب) نماد یک رئوستا یا پتانسیومتر در مدار الکتریکی

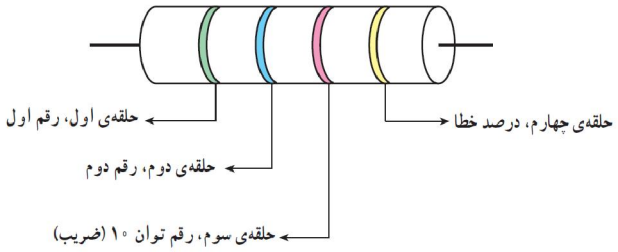


ت) طرحی از یک پتانسیومتر

ث) تصویری واقعی از یک پتانسیومتر

ب) مقاومتهای ترکیبی : معمولا از کربن ، برخی نیمرسانا ها و یا فیلم های نازک فلزی ساخته شده اند که داخل پوششی پلاستیکی قرار گرفته اند .

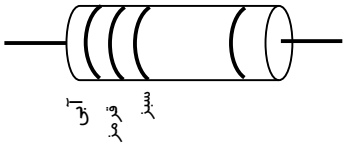
کد گذاری مقاومتها : در صنعت بجای درج مقدار مقاومت روی قطعات الکتریکی به کمک ۴ حلقه رنگی دور قطعه آنرا نشان می‌دهند :



(رابطه لازم $\boxed{R = \overline{ab} \times 10^{n}}$) حلقه چهارم میزان خطا (**تلرانس**)را نشان می‌دهدکه به رنگ طلایی یا نقره ای است و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت را برحسب در صد مشخص می کند وبه نوعی می‌تواند معرف کیفیت آن باشد .

سیاه = ۰	قهوه ای= ۱	قرمز=۲	نارنجی=۳	زرد=۴	سبز=۵	آبی = ۶	بنفش = ۷	خاکستری=۸	سفید=۹

تألیفی



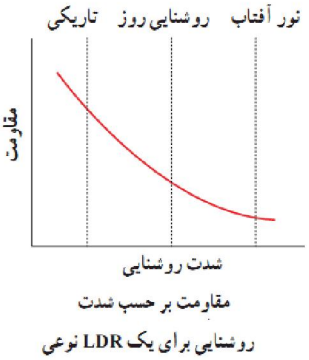
اندازه مقاومت مقابل را محاسبه کنید .

درس ۳

مقاومت‌های خاص و دیودها :

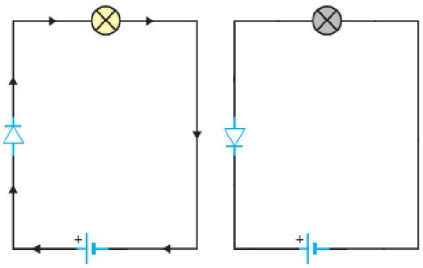
۱ – ترمیستور: نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به دما بستگی دارد و به عنوان حسگر دما در مدارهای حساس به دما مانند زنگ خطر آتش و دماپا (ترموستات) استفاده می‌شود .

۲– مقاومت های نوری (LDR) : نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده بر آن بستگی دارد ، به طوری که با افزایش شدت نور ، از مقاومت آن کاسته می‌شود . این مقاومتها غالبا از نیم رسانای خالص مانند سیلیسیم ساخته می‌شوند .



مقاومت بر حسب شدت روشنایی برای یک LDR نوعی

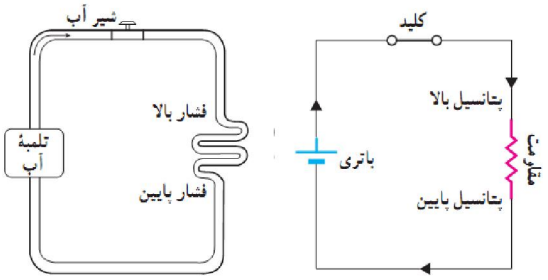
۳ – دیودها : قطعه‌ای است که هر گاه در مدار قرار گیرد جریان را فقط از یک سو عبور میدهد و به عنوان یکسو کننده در مدار قرار می‌گیرد . یکی از معروفترین دیودها دیود نورگسیل(LED) است که با عبور جریان از خود نور گسیل می‌کند که بسته به نوع نیم رسانای بکار رفته در آن از فرو سرخ تا فرابنفش از خود گسیل می‌کند . و مزیت آنها این است که با توان کمتر نور بیشتری گسیل می‌کنند و گرمای کمتری تولید می‌کنند و به همین دلیل در نمایشگرها و تابلوها تبلیغاتی و چراغ های روشنایی بکار می‌رود .


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

منبع نیروی محرکه الکتریکی (emf): وسیله ای که با انجام کارروی بار الکتریکی اختلاف پتانسیل را ثابت نگه میدارد .

نیروی محرکه الکتریکی مولد : انرژی را که مولد به واحد بار الکتریکی (یک کولن) می‌دهد تا در مدار شارش کند ، نیروی محرکه مولد می‌نامند ، که یکای آن ژول بر کولن است که ولت نامیده می‌شود و با نماد $\mathscr{E}$ نمایش می‌دهند . $\mathscr{E}=\frac{\Delta W}{\Delta q}$

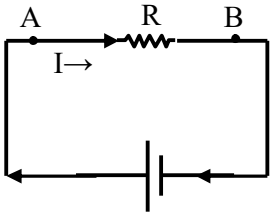
به عبارت دیگر کاری است که روی واحد بار مثبت انجام می‌شود تا آنرا از پایانه ای با پتانسیل کمتر به پایانه ای با پتانسیل بیشتر ببرد .



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

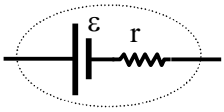
افت پتانسیل در مقاومت : قبلاً گفته شد پتانسیل در جهت میدان الکتریکی کاهش می‌یابد بنابراین وقتی از پایانه مثبت باتری به طرف پایانه آن از مقاومت الکتریکی عبور کنیم طبق قانون اهم ، افت پتانسیل حاصل از رابطه زیر بدست می‌آید :

$\Delta V = V_B - V_A = -IR$ (I جریانی است که از مقاومت R عبور می‌کند .)



مدار تک حلقه : به مداری گفته می‌شود که شدت جریان عبوری از تمام مولدها و مقاومتها یکسان است ویا همه مولدها روی یک شاخه هستند .

مقاومت درونی مولد : هر مولد به علت اجزاء ساختاری خود در مقابل عبور جریان از خود مقاومت نشان می‌دهد که آنرا با r نمایش می‌دهند و مجموعه مولد و مقاومت درونی در مدار معمولاً به شکل روبرو نمایش داده می‌شود .



معادله اختلاف پتانسیل : به معادله ای گفته می‌شود که از یک نقطه از مدار (مبداء) شروع کرده وپتانسیل آن نقطه را می‌نویسیم با عبور از هر قطعه اختلاف پتانسیل دو سر آنرا می‌نویسیم تا به نقطه مقصد برسیم ، حاصل برابر با پتانسیل نقطه دوم است ، البته و در این روند از دستورالعملهای خاصی پیروی می‌کنیم که در ادامه گفته خواهد شد :

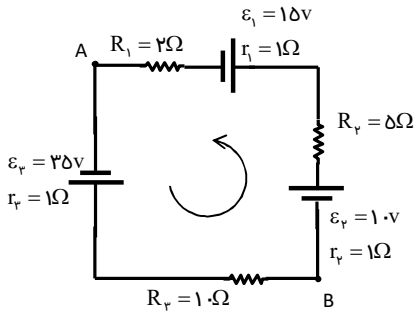
دستورالعملهای نوشتن معادله اختلاف پتانسیل :

۱ – هرگاه در جهت جریان از مقاومتی عبور کنیم افت پتانسیل $-IR$ وهرگاه درخلاف جهت جریان از مقاومتی عبور کنیم افزایش پتانسیل $+IR$ خواهیم داشت .

۲ – هرگاه در گذر از مولد به قطب مثبت رسیدیم کاهش پتانسیل $-\varepsilon$ و اگر به قطب منفی رسیدیم افزایش پتانسیل $+\varepsilon$ را ثبت می‌کنیم . (جهت جریان در دستورالعمل ۲ تاثیری ندارد)

تألیفی

درمدار مقابل شدت جریان مدار ۱/۵A است ، اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B را از دو مسیر بالا و پایین محاسبه کنید.



فرمول کلی محاسبه شدت جریان در مدارهای تک حلقه :

رابطه مقابل روش سریعتری می‌باشد که مجموع اختلاف پتانسیل مولدها $\sum\varepsilon$ و مجموع مقاومتهای درونی مولدها $\sum r$ و مجموع مقاومتهای خارجی $\sum R$ را برای محاسبه شدت جریان بکار می‌گیرد .

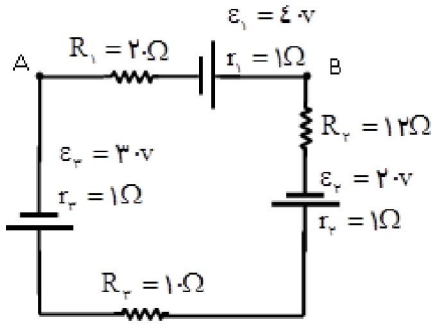
$$I=\frac{\sum\varepsilon}{\sum R+\sum r}$$

تذکر : هرگاه قطب های همنام مولدها به یکدیگر وصل شوند همدیگر را تضعیف (بطور مثال: $\varepsilon_2-\varepsilon_1$) و اگر قطب های ناهمنام آنها به هم وصل شوند یکدیگر را تقویت می‌کنند(بطور مثال: $\varepsilon_2+\varepsilon_1$) .

پرسش ۵

در مدار روبرو V_B-V_A را محاسبه کنید .

تألیفی



افت پتانسیل در مولد : در هر مولد به علت وجود مقاومت درونی هنگام عبور جریان نیروی محرکه مولد کاهش می‌یابد که به مقدار کاهش یافته افت پتانسیل می‌گویند .

افت پتانسیل در مولد $\leftarrow$ $\varepsilon - V = Ir$

(اختلاف پتانسیل دو سر مولد V) (افت پتانسیل = Ir) (افت پتانسیل = $\varepsilon - V$)

تذکر : همانطورکه می‌بینیددرصورتیکه از مولد جریان نگیریم ، اختلاف پتانسیل دو سرآن برابر نیروی‌محرکه می‌باشد $V=\varepsilon$ و در صورت عبور جریان ، نیروی محرکه به اندازه Ir کاهش می‌یابد و اختلاف پتانسیل دو سر مولد کمتر از ε می‌شود .

پرسش ۶

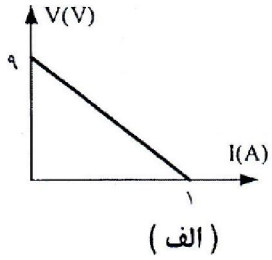
نمودار تغییرات ولتاژ دوسر مولد را بر حسب شدت جریانی که از آن می گذرد، به طور کیفی رسم کنید.

۹۱/۵/۳۱

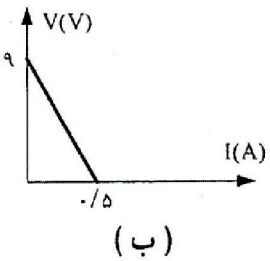
بررسی ۷

الف) آزمایشی طراحی کنید که بتوان از آن قانون اهم را نتیجه گرفت.

ب) نمودار تغییرات ولتاژ دو قطب باتری بر حسب شدت جریان عبوری از آن برای دو باتری مختلف در شکل های (الف) و (ب) نشان داده شده است .توضیح دهید، این دو باتری چه تشابه و چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟



(الف)



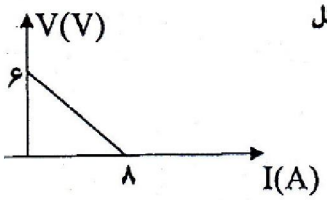
(ب)

۸۵/۳/۱۶

بررسی ۸

الف) اختلاف پتانسیل یک باتر ی بر حسب جریان عبوری از آن به صورت نمودار شکل روبه رو ، تغییر می کند. نیروی محرکه ی باتری را تعیین کنید .

ب) با استفاده از قانون پایستگی بار توضیح دهید چرا در مدار تک حلقه شدت جریان در همه‌ی قسمت‌های مدار یکسان است؟



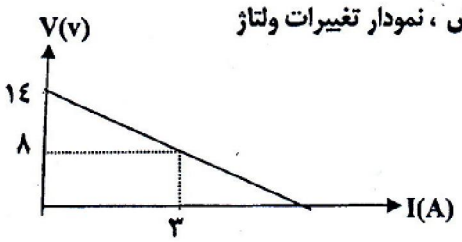
۸۹/۳/۱۶

بررسی ۹

دانش‌آموزی پس از ثبت نتایج به دست آمده در طراحی یک آزمایش ، نمودار تغییرات ولتاژ دو سر مولد بر حسب جریان عبوری از آن را به صورت رو به رو رسم می کند.

الف) مقاومت درونی این مولد چند اُهم است ؟

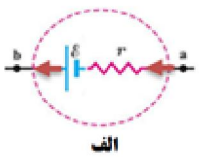
ب) به کمک یک مقاومت ، باتری ، ولت سنج ، آمپرسنج و کلید قطع و وصل ، مدار ساده ای از این آزمایش را رسم کنید.



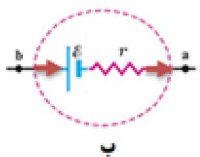
۹۰/۳/۱۶

بررسی ۹

: مقایسه اختلاف پتانسیل دو سر مولدی که در مدارمثبت خروجی است با مولدی که در مدار مثبت ورودی می باشد .

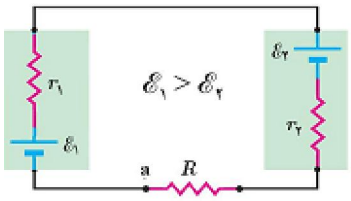

الف

مدار الف) $V_b - V_a = -Ir + \varepsilon$ $\qquad V_a - Ir + \varepsilon = V_b$

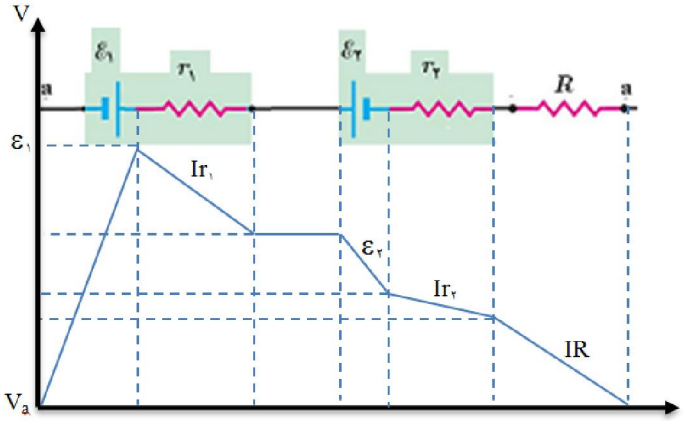

ب

مدار ب) $V_a - V_b = -Ir - \varepsilon$ $\qquad V_a + Ir + \varepsilon = V_b$

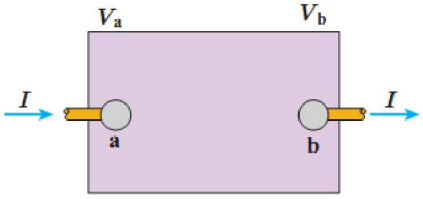
مولد الف به مدار انرژی می دهد ولی مولد ب از مدار انرژی می گیرد .



$$V_a + \varepsilon_1 - Ir_1 - \varepsilon_2 - Ir_2 - IR = V_a$$



توان در مدارهای الکتریکی : هر قطعه از مدار را در نظر بگیرید که اختلاف پتانسیل بین آن دو نقطه V_a و V_b باشد توان بین آن دو نقطه برابر $P=I(V_b-V_a)$ می باشد . اگر $P>0$ باشد این جزء به بقیه مدار انرژی می‌دهد و اگر $P<0$ باشد این جزء از بقیه مدار انرژی می‌گیرد .(به جهت جریان توجه شود)



انرژی و توان الکتریکی مصرفی در یک مقاومت : در اثر عبور جریان از مقاومت مقداری انرژی الکتریکی به گرما تبدیل می‌شود که از روابط زیر محاسبه می‌شود :

انرژی الکتریکی مصرف شده در مقاومت (U) : $\boxed{U = RI^2t}$ و $\boxed{U = VIt}$ و $\boxed{U = \frac{V^2}{R}t}$ و $\boxed{U = Vq}$

توان الکتریکی مصرف شده در مقاومت (P) : $\boxed{P = RI^2}$ و $\boxed{P = VI}$ و $\boxed{P = \frac{V^2}{R}}$ و $\boxed{P = \frac{U}{t}}$

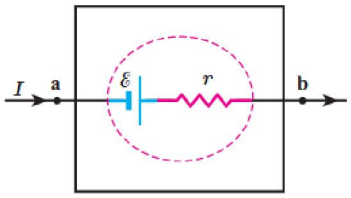
توان مولد : افت پتانسیل (مقاومت درونی) در مولد باعث اتلاف انرژی در آن شده و در نتیجه از توان آن کاسته می‌شود . بنابر این توان مفید مولد (توان خروجی) از روابط زیر محاسبه می‌شود :

توان کل تولیدی مولد $\boxed{P_1 = \varepsilon I}$

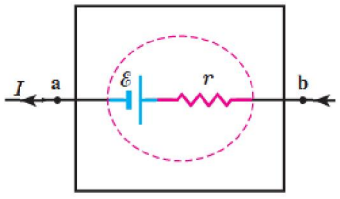
توان اتلافی در خود مولد $\boxed{P_2 = rI^2}$

توان خروجی یا توان مفید $\boxed{P = P_1 - P_2 = \varepsilon I - rI^2}$ $\rightarrow$ $\boxed{P = I(\varepsilon - rI) = VI = RI^2}$

نکته : اگر مولد در مدار مثبت خروجی باشدتوان خروجی آن از رابطه بالا محاسبه می‌شود ولی اگر مثبت ورودی باشدتوان ورودی آن را از رابطه زیر محاسبه می کنند : $\boxed{P = \varepsilon I + rI^2}$

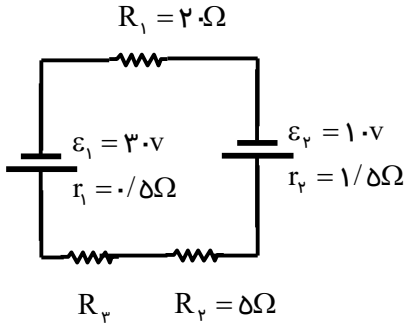


توان خروجی



توان ورودی

تألیفی



پرسش ۱۰

در مدار مقابل شدت جریان $\frac{۲}{۳}$ A است :

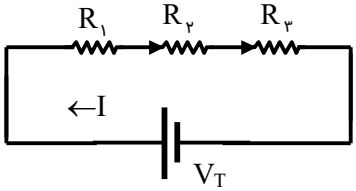
الف) مقاومت $R_۳$ چند اهم است ؟

ب) افت پتانسیل در مولدها چقدر است ؟

ج) توان مصرفی $R_۳$ چند وات است ؟

د) توان مفید در مولد $\varepsilon_۱$ چند وات است ؟

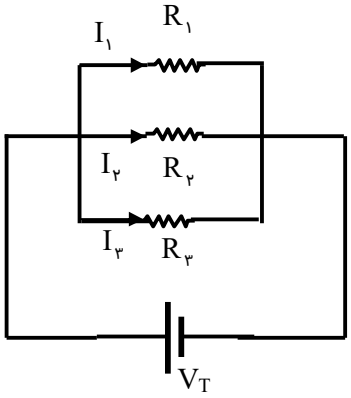
اتصال مقاومتها



الف) اتصال متوالی : در این اتصال چون مقاومتها همگی روی یک شاخه هستند جریان یکسانی از آنها عبور میکند ولی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومتها به اندازه مقاومت الکتریکی بستگی دارد : $I_۱ = I_۲ = I_۳ = I_T$

$$V_۱ + V_۲ + V_۳ = V_T \longrightarrow R_۱I_۱ + R_۲I_۲ + R_۳I_۳ = R_TI_T \longrightarrow \boxed{R_۱ + R_۲ + R_۳ = R_T}$$

: مقاومت معادل از بزرگترین مقاومت مجموعه بزرگتر است .



ب) اتصال موازی : در این اتصال چون مقاومتها همگی بدون واسطه به مولدوصل هستند اختلاف پتانسیل همه آنها برابر است ولی جریانی که از آنها عبور می‌کند با مقاومت آنها نسبت عکس دارد و طبق اصل پایستگی بار جریان شاخه اصلی با مجموع جریانهای شاخه های فرعی برابر است: $V_۱ = V_۲ = V_۳ = V_T$

$$I_۱ + I_۲ + I_۳ = I_T \longrightarrow \frac{V_۱}{R_۱} + \frac{V_۲}{R_۲} + \frac{V_۳}{R_۳} = \frac{V_T}{R_T} \longrightarrow \boxed{\frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} = \frac{۱}{R_T}}$$

: مقاومت معادل از کوچکترین مقاومت مجموعه کوچکتر است .

: برای محاسبه سریع مقاومت معادل دو مقاومت موازی از رابطه مقابل استفاده کنید : $\boxed{R_T = \frac{R_۱R_۲}{R_۱ + R_۲}}$

تألیفی

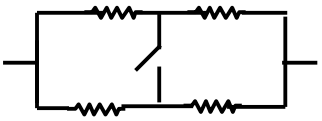
پرسش ۱۱

از مقاومت R که به مولدی به اختلاف پتانسیل V وصل شده است شدت جریان I عبور می کند اگر مقاومت را به سه قسمت مساوی تقسیم کنیم و بطور موازی به همان مولد وصل کنیم شدت جریانی که از هر مقاومت عبور می‌کند چند برابر مقدار اولیه خواهد بود ؟

پرسش ۱۲

مقاومت معادل را قبل و بعد از اتصال کلید محاسبه کنید .(همه مقاومتها R هستند .)

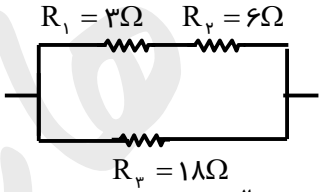
تألیفی



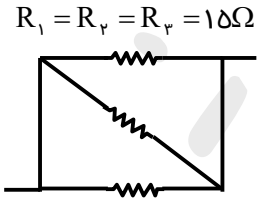
پرسش ۱۳

مقاومت معادل مدارهای زیر را محاسبه کنید .

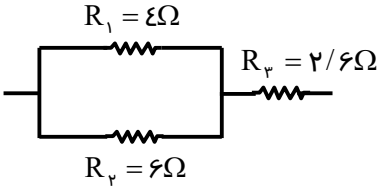
الف



ب



ج

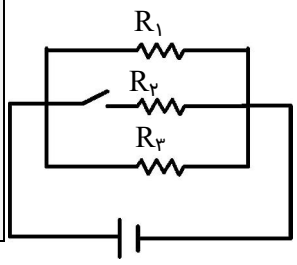


تألیفی

پرسش ۱۴

الف) در شکل مقابل اگر کلید بسته باشد $I_2 = 1A$ است ، اختلاف پتانسیل دو سر مولد چقدر است ؟ $R_1=2\Omega$ $R_2=4\Omega$ $R_3=8\Omega$

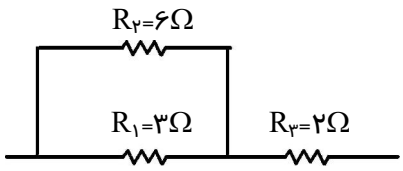
ب) اگر کلید را باز کنیم شدت جریان در مدار اصلی چقدر می‌شود ؟



تألیفی

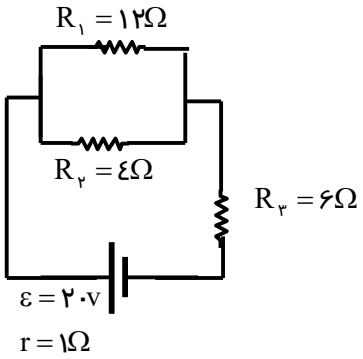
پرسش ۱۵

در مدار روبرو اگر $P_2 = 24W$ باشد انرژی مصرفی مدار در مدت ۲۰s چند ژول می‌باشد ؟



تألیفی

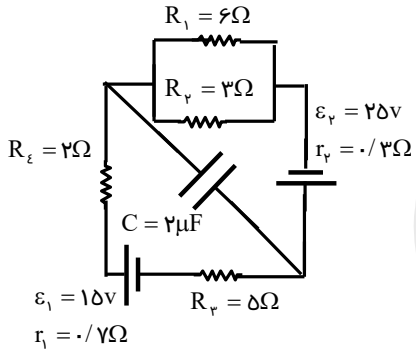
تألیفی



بررسی ۱۶

در مدار مقابل :
الف) افت پتانسیل مولد چقدر است ؟
ب) توان مصرفی مقاومت $R_۲$ چقدر است ؟
ج) مقاومت $R۱$ در مدت ۵دقیقه چند ژول انرژی مصرف می‌کند ؟

تألیفی



بررسی ۱۷

با توجه به مدار مقابل : الف) جریان $I_۲$ را پیدا کنید .
ب) اختلاف پتانسیل دو سر خازن و بار ذخیره شده در آن را پیدا کنید.

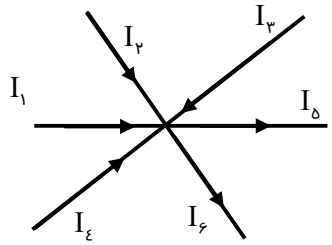
مدارهای چندحلقه : دراین مدارهای جریانها عبوری از شاخه ها الزاماً یکسان نیست و به کمک قوانین زیر حل می‌شود .

قوانین کیرشهف :

قانون اول (قانون گره‌ها) : در هر گره مجموع جریانهای ورودی به گره با مجموع جریانهای خروجی ازآن گره برابر است.

$\boxed{\sum I_{in} = \sum I_{out}}$ بطور مثال به شکل مقابل توجه کنید :

خروجی $\leftarrow$ $I_۵ + I_۶$ $\quad$ ورودی $\rightarrow$ $I_۱ + I_۲ + I_۳ + I_٤$



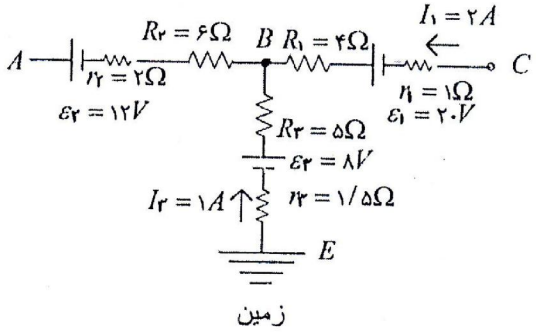
قانون دوم (قانون اختلاف پتانسیل ها) : در هر حلقه یا مدار بسته مجموع جبری اختلاف پتانسیل ها صفراست .

$\boxed{\sum V = ۰}$

پرسش ۱۸

شکل مقابل قسمتی از یک مدار الکتریکی است .

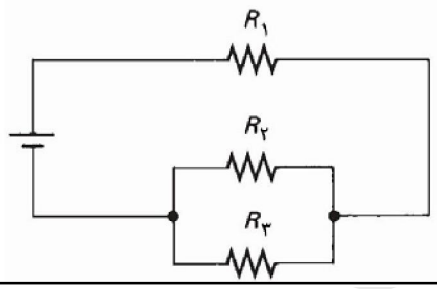
اختلاف پتانسیل الکتریکی میان نقاط A و C، $(V_A - V_C)$ را به دست آورید .



۱۳۸۱/۰۵/۳۱

پرسش ۱۹

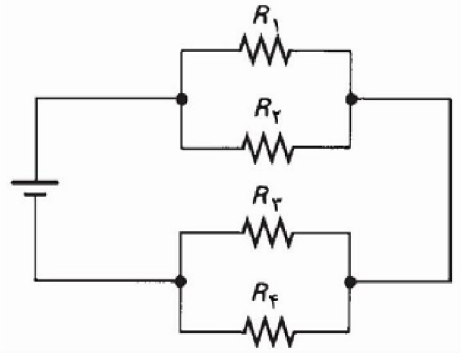
در جدول زیر اطلاعاتی در باره ولتاژ، جریان و مقاومت مدار داده شده است. بر اساس این اطلاعات سایر مقادیر درج نشده در جدول را بدست آورید.



	V	I	R
باتری	۲۴		
R_1	۸		
R_2		۴	
R_3		۲	

پرسش ۲۰

در جدول زیر اطلاعاتی در باره ولتاژ، جریان و مقاومت مدار داده شده است. بر اساس این اطلاعات سایر مقادیر درج نشده در جدول را بدست آورید.



	V	I	R
باتری			
R_1	۱۲		۲
R_2			۴
R_3	۲۴		۴
R_4			۸