

# واحد کار مبانی الکتریسیته

## فصل اول: آشنایی با الکتریسیته

### هدف کلی

آشنایی با الکتریسیته و خصوصیات آن

**هدف های رفتاری:** در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

- ۱- ماده را تعریف کند و اجزای آن را نام ببرد.
- ۲- خصوصیات اجزای ماده را شرح دهد.
- ۳- نحوه ایجاد جریان الکتریکی را توضیح دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۲	-	۲



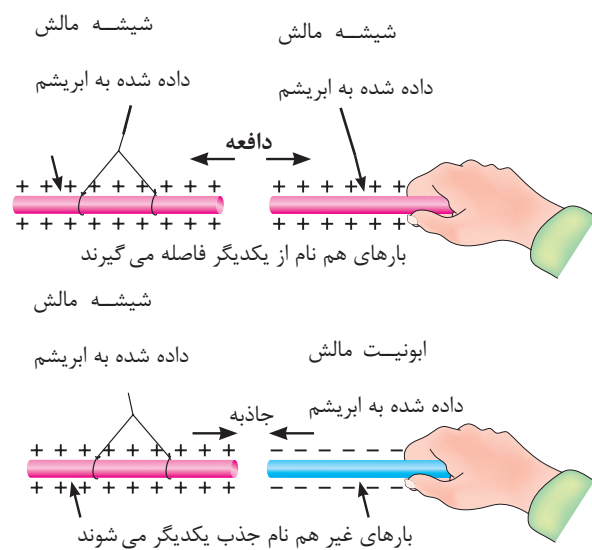
- ۱- آیا پدیده رعد و برق آسمان تولید الکتریسیته است؟  
الف - بستگی به شدت روشنایی آن دارد. ب - خیر  
ج - بستگی به وضعیت جغرافیایی منطقه دارد. د - بلی
- ۲- چرا در اثر تماس شانه مو تکه های کاغذ جذب آن می شوند؟  
الف - چون تکه های کاغذ سبک هستند. ب - زیرا جنس شانه از پلاستیک است.  
ج - شانه دارای بار الکتریکی می شود. د - بین شانه و کاغذ الکتریسیته جاری می شود.
- ۳- مفهوم بار الکتریکی چیست؟  
الف - مقدار الکتریسیته موجود در یک جسم ب - مقدار جریانی که باید انتقال یابد.  
ج - انرژی یک لامپ را روشن می کند. د - انرژی که یک مولد را می چرخاند.
- ۴- نام دیگر الکتریسیته مالشی چیست؟  
الف - الکتریسیته جاری ب - الکتریسیته مغناطیسی ج - الکتریسیته ساکن د - الکتریسیته متغیر
- ۵- انرژی الکتریکی مورد نیاز برای روشنایی منازل از چه طریقی تأمین می شود؟  
الف - باتری ب - مالش ج - ژنراتور AC د - ژنراتور DC
- ۶- آیا تفاوتی بین الکتریسیته رعد و برق و الکتریسیته به کار رفته در یک لامپ وجود دارد؟  
الف - بلی ب - خیر ج - در برخی موارد د - به نوع لامپ بستگی دارد
- ۷- علت به وجود آمدن جرقه بین دست و دستگیره درب بر اثر تماس پا با موکت یا فرش چیست؟  
الف - به وجود آمدن الکتریسیته جاری ب - به وجود آمدن الکتریسیته ساکن  
ج - بالا بودن میزان فشار پا روی موکت د - زبر و ضخیم بودن کرک موکت
- ۸- چرا در ساختمان های مرتفع از میله ای به نام برقگیر استفاده می شود.  
الف - دریافت و ذخیره سازی الکتریسیته ساکن ناشی از رعد و برق  
ب - دریافت و انتقال الکتریسیته ساکن به زمین  
ج - دریافت امواج مغناطیسی مزاحم و حذف آن  
د - به کارگیری در ارتباطات مخابراتی ماهواره ای
- ۹- چرا در پشت ماشین های نفت کش بزرگ از یک زنجیر که با زمین در ارتباط است، استفاده می شود؟  
الف - برای ایجاد صدا و مشخص کردن نوع ماشین با توجه به بزرگی آن  
ب - برای علامت دادن به اتومبیل های پشت سر به منظور دقت در رانندگی  
ج - حذف جرقه ناشی از الکتریسیته ساکن و حفاظت تانکر از آتش سوزی  
د - به منظور انتقال گرمای ایجاد شده در اثر سایش لاستیک ها با زمین
- ۱۰- کدام یک از موارد زیر درباره الکتریسیته غلط است؟  
الف - برای تولید انرژی مکانیکی استفاده می شود.  
ب - در اثر اصطکاک بین یک میله پلاستیکی و پارچه پشمی می توان نوعی از آن را به وجود آورد.  
ج - از حرکت بارهای الکتریکی الکتریسیته به وجود می آید.  
د - در صنعت، الکتریسیته جاری کاربرد کمی دارد.



## ۱- تاریخچه



شکل ۱-۱- کهربا



شکل ۱-۲- اثر بارهای استاتیکی بر یکدیگر



شکل ۱-۳- حالت‌های مختلف ماده

الکتریسیته پدیده‌ای است که دیده نمی‌شود. ولی قادر است پدیده‌های فیزیکی بسیاری مانند: حرارت، روشنایی، حرکت، مغناطیس و ... را به وجود می‌آورد. الکتریسیته دو هزار سال پیش توسط یونانی‌ها کشف شد. آن‌ها در آن زمان پی بردند وقتی یک کهربا<sup>۱</sup> به جسم دیگری مالش داده می‌شود، نیروی مرموز و خاصی در آن به وجود می‌آید که قادر است اجسامی مانند: برگ خشک و یا براده‌های چوب و ... را جذب کند. (شکل ۱-۱)

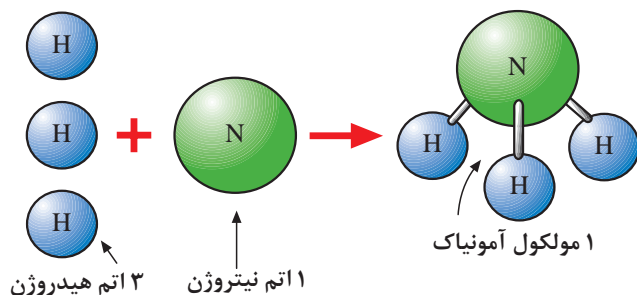
در ابتدا تمام اجسامی که مانند کهربا عمل می‌کردند «الکتریک» نام گرفتند. بعدها دریافتند که تعدادی از اجسام پس از مالش، یکدیگر را جذب و برخی دیگر یکدیگر را دفع می‌کنند. (شکل ۱-۲)

فرانکلین در اواسط سالهای ۱۷۰۰ میلادی این دو نوع الکتریسیته را که در دو جسم با جنس مختلف به وجود می‌آید، الکتریسیته «مثبت» و «منفی» نامگذاری کرد.

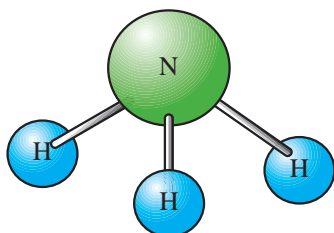
## ۱-۱- ساختمان ماده

به هر پدیده‌ای که فضا را اشغال نماید و جرم داشته باشد «ماده» گویند. در طبیعت ماده به سه شکل جامد، مایع و گاز وجود دارد. (شکل ۱-۳)

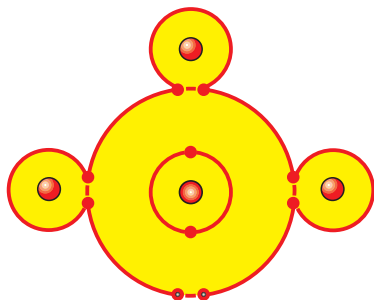
۱- کهربا: ماده‌ای زرد مایل به قهوه‌ای است که به صورت تکه‌های سخت مانند سنگ است.



شکل ۴-۱- ترکیب عناصر



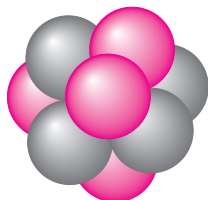
الف - تشکیل یک مولکول



ب - اتم‌های عنصر

شکل ۵-۱- نحوه قرار گرفتن اتم‌ها در کنار یکدیگر

پروتون  $P^+$   
نوترون  $N^0$



شکل ۶-۱- ذرات پروتون و نوترون

مواد به هر شکلی که باشند به صورت ساده یا مرکب هستند. موادی را که از یک عنصر تشکیل شده باشند، «مواد ساده» می‌نامند. مانند: هیدروژن و موادی را که از دو یا چند عنصر تشکیل شده‌اند، «مواد مرکب» گویند. مانند: آمونیاک. مواد مرکب با استفاده از عمل ترکیب ساخته می‌شوند. (شکل ۴-۱)

کوچک‌ترین جزء یک ماده مرکب که هنوز خواص آن ماده را دارد در اصطلاح «مولکول» می‌نامند. (شکل ۵-۱- الف) بر همین اساس به کوچک‌ترین جزء یک ماده ساده که هنوز خواص آن ماده را دارد نیز «اتم» گفته می‌شود. (شکل ۵-۱- ب).

ساختار اتم هر عنصر از دو قسمت تشکیل شده است:

الف - هسته

ب - مدارهای الکترونی

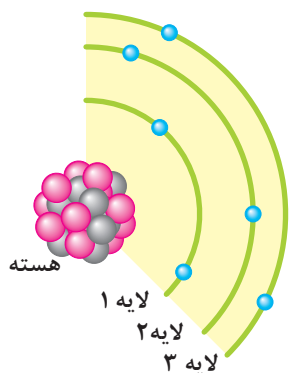
هسته هر اتم از دو ذره کوچک به نام‌های پروتون<sup>۱</sup> (بار مثبت  $P^+$ ) و نوترون<sup>۲</sup> (بدون بار  $N^0$ ) تشکیل شده است. (شکل ۶-۱)

1- Proton

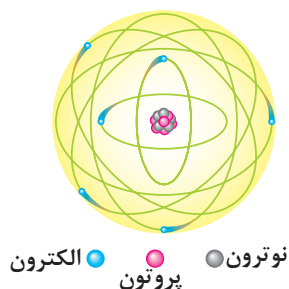
2 - Neutron



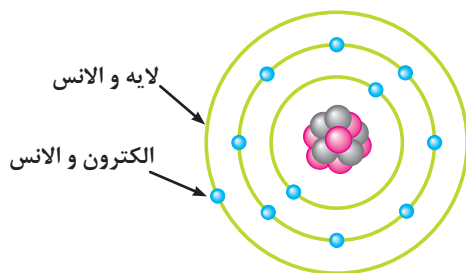
بر روی مدارهای الکترونی ذراتی به نام الکترون<sup>۱</sup> (با بار منفی  $e^-$ ) قرار دارند. شکل ۱-۷ قسمتی از یک اتم را نشان می دهد.



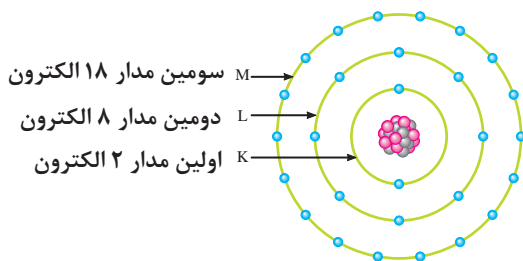
شکل ۱-۷- نحوه قرار گرفتن اتم ها روی مدارها و پروتون و نوترون در هسته



شکل ۱-۸- مدل اتمی



شکل ۱-۹- مدار والانس (ظرفیت)



شکل ۱-۱۰- تعداد الکترون ها در هر مدار والانس

مدل اتمی عناصر مانند منظومه بسیار کوچک خورشیدی است که هسته اتم مانند خورشید و الکترون ها مانند سیارات بر روی مدارهایی حول هسته می چرخند. (شکل ۱-۸)

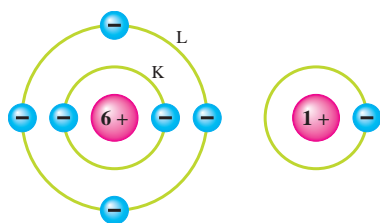
مدار خارجی هر اتم را در اصطلاح «لایه والانس» و الکترون های روی این مدار را «الکترون های والانس» یا «الکترون های ظرفیت» می نامند. (شکل ۱-۹)

مدارهای الکترونی اتم ها را به ترتیب با حروف اختصاری O, N, M, L, K, ... مشخص می کنند.

تعداد الکترون های روی هر مدار اتم از رابطه  $(2n^2)$  محاسبه می شود. در این رابطه  $n$  نشان دهنده شماره مدار است. مثلاً برای تعیین تعداد الکترون های مدار اول (K) می توان نوشت:

$$\text{الکترون } 2n^2 = 2 \times (1)^2 = 2$$

بنابراین در مدار اول تعداد دو الکترون وجود دارد. به همین ترتیب تعداد الکترون های مدارهای دیگر قابل محاسبه است. (شکل ۱-۱۰)



تعداد الکترون های مدار والانس هر اتمی همیشه بین ۱ تا ۸ الکترون است. تعداد این الکترون ها نشان دهنده ظرفیت آن اتم است. (شکل ۱-۱۱)

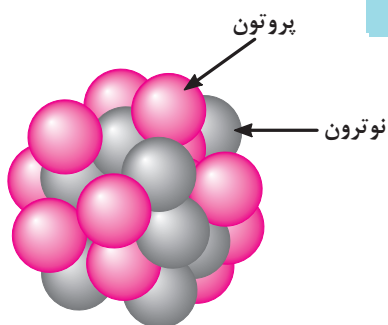
الف- اتم هیدروژن با ظرفیت ۱ ب- اتم کربن با ظرفیت ۴

شکل ۱-۱۱- تعداد الکترون های مدار ظرفیت دو اتم مختلف

## ۱-۱-۱- ویژگی های اتم و ذرات آن

۱- جرم پروتون  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  مرتبه بیشتر از جرم الکترون است.

(جرم الکترون  $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$  و جرم پروتون  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ )



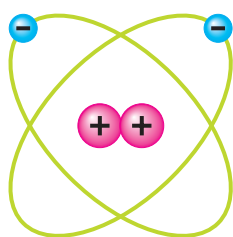
۲- قطر پروتون  $\frac{1}{3}$  قطر الکترون است.

(قطر الکترون  $1.9 \times 10^{-13}$  و قطر پروتون  $5.6 \times 10^{-13}$ )

شکل ۱-۱۲- ساختمان هسته اتم

۳- پروتون دارای بار مثبت و در هسته اتم قرار دارد. (شکل ۱-۱۲)

۴- نوترون بدون بار بوده و در هسته اتم قرار دارد. (شکل ۱-۱۲)



۵- الکترون دارای بار منفی است و روی مدارهای اطراف هسته

می چرخد. (شکل ۱-۱۳)

۶- مدارهای الکترونی اطراف هسته بیضی شکل هستند. (شکل ۱-۱۳)

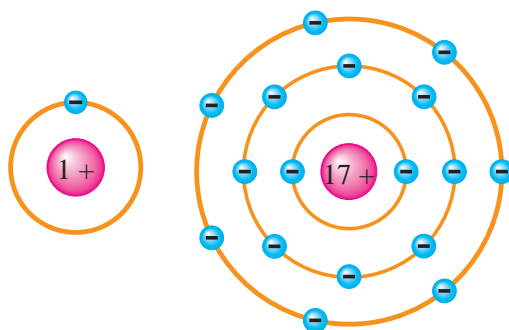
شکل ۱-۱۳- مدارها در اتم

۷- در شرایط عادی تعداد الکترون ها و پروتون های هر اتم با هم

برابرند. (شکل ۱-۱۴)

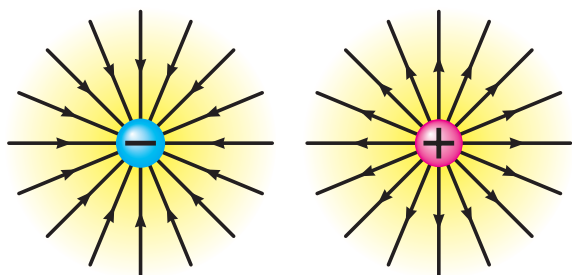
۸- در طبیعت همه نیروهای مخالف مثبت و منفی موجود در اتم

یکدیگر را خنثی می کنند و هیچ تأثیری روی هم ندارند. (شکل ۱-۱۴).



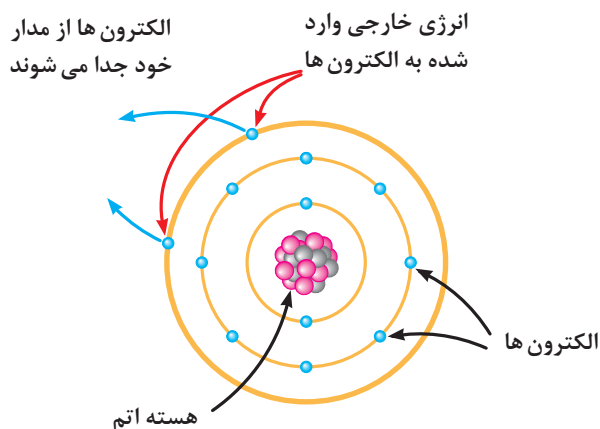
الف - ۱۷ الکترون، ۱۷ پروتون ب - ۱ الکترون، ۱ پروتون

شکل ۱-۱۴



۹- طبق قرارداد در ذرات باردار اتم جهت خطوط نیروی بارهای منفی به سمت داخل و در بارهای مثبت به سمت خارج است. (شکل ۱۵-۱)

شکل ۱۵-۱- جهت خطوط نیرو در بارهای مثبت و منفی



شکل ۱۶-۱- وضعیت قرارگیری اتم ها روی مدارها و چگونگی وارد شدن انرژی خارجی

## ۱-۲- چگونگی ایجاد جریان الکتریکی

برای تولید جریان الکتریکی لازم است که الکترون های والانس از اتم جدا و آزاد شوند. چون الکترون های مدار آخر نسبت به هسته اتم دورتر است لذا نیروی جاذبه کمتری از طرف هسته روی آن ها اثر می کند و بنابراین با وارد کردن مقدار کمی انرژی می توانند از مدار خود جدا شوند و به محل دیگری انتقال یابند.

شکل ۱۶-۱ نحوه وارد شدن انرژی به الکترون های والانس و جدا شدن آن ها از مدار خود را نشان می دهد.



## آزمون پایانی (۱)

۱- کوچک ترین جزء یک ماده ساده یا عنصر را ..... گویند.

الف - مرکب      ب - ماده      ج - ترکیب      د - اتم

۲- آمونیاک از ..... تشکیل شده و یک ..... است.

الف - هیدروژن و نیتروژن - ماده      ب - اکسیژن - ترکیب  
ج - نیتروژن - ماده      د - هیدروژن و اکسیژن - ترکیب

۳- کدام یک از ذرات اتم به ترتیب از راست به چپ دارای بار منفی و مثبت هستند؟

الف - پروتون - الکترون      ب - نوترون - الکترون  
ج - نوترون - پروتون      د - الکترون - پروتون

۴- مدار M چندمین مدار اتم است؟

الف - ۲      ب - ۳      ج - ۴      د - ۵

۵- در ذرات باردار اتم خطوط نیروی بارهای ..... در تمام جهت ها است و مستقیماً ..... می شوند.

الف - خنثی - به بار وارد      ب - مثبت - از بار خارج  
ج - مثبت - به بار وارد      د - منفی - از بار خارج

۶- شرط تولید جریان الکتریکی آن است که:

الف - مدارهای اتم بیضی شکل باشند.      ب - الکترون ها به اولین مدار اتم اضافه شوند.  
ج - الکترون ها از اتم جدا شوند.      د - پروتون دارای بار الکتریکی مثبت باشد.

۷- جرم پروتون ..... از جرم الکترون و قطر آن ..... از قطر الکترون است.

الف - بیشتر - کمتر      ب - کمتر - کمتر      ج - بیشتر - بیشتر      د - کمتر - بیشتر



۸- در مدار ششم یک اتم حداکثر چند الکترون جای می گیرد؟

الف - ۵۰      ب - ۳۲      ج - ۱۸      د - ۷۲

۹- جمله «اتم ها در طبیعت خنثی هستند» یعنی چه؟

الف - الکترون ها و پروتون ها بدون بار هستند.

ب - الکترون ها و نوترون ها بار خود را از دست داده اند.

ج - بارهای مثبت و منفی یکدیگر را خنثی می کنند.

د - در شرایط عادی تعداد الکترون ها بیشتر از تعداد پروتون ها است.

۱۰- اگر اتمی دارای ۳۲ الکترون باشد در مدار والانس آن چند الکترون قرار می گیرد؟

الف - ۴      ب - ۳      ج - ۲      د - ۱

۱۱- بر روی کدام یک از مدارهای زیر حداکثر هشت الکترون جای می گیرد؟

الف - K      ب - L      ج - M      د - N

۱۲- کدامیک از گزینه های زیر نادرست است؟

الف - جرم پروتون بیشتر از الکترون و قطر آن کوچک تر از قطر الکترون است.

ب - مدارهای اطراف هسته بیضی شکل هستند و قطر الکترون بزرگ تر از قطر پروتون است.

ج - در شرایط عادی تعداد الکترون ها و پروتون های هر اتم با هم برابرند.

د - پروتون دارای بار منفی است و روی مدارهای اطراف هسته می چرخد.

۱۳- تعداد الکترون های مدار والانس هر اتم نشان دهنده ..... آن اتم است.

۱۴- هسته هر اتم از دو ذره کوچک به نام های پروتون و الکترون تشکیل شده است. ☐ صحیح ☐ غلط

۱۵- الکترون های هسته هر اتم را الکترون های والانس یا ظرفیت گویند. ☐ صحیح ☐ غلط

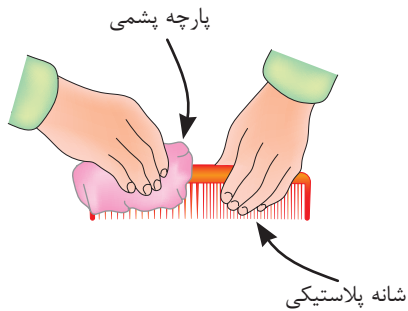


# خودآزمایی عملی

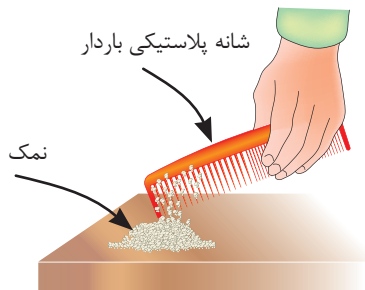
۱- یک میله (شانه) پلاستیکی را با پارچه پشمی (یا موهای سرخود) مالش دهید. سپس موارد خواسته شده زیر را به طور جداگانه انجام داده و نتایج آن را ثبت کنید. (شکل ۱-۱۷ و ۱-۱۸)



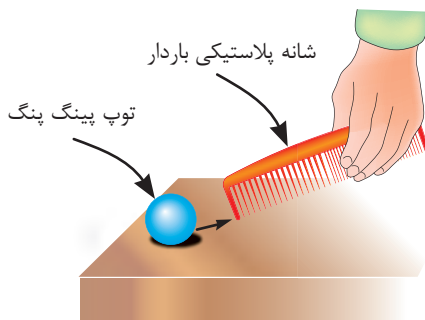
شکل ۱-۱۷



شکل ۱-۱۸



شکل ۱-۱۹



شکل ۱-۲۰



توجه

پس از انجام هر قسمت، شانه یا میله را مجدداً به پارچه یا موی سر مالش دهید.

الف - شئی پلاستیکی را به ذرات نمک نزدیک کنید.

(شکل ۱-۱۹)

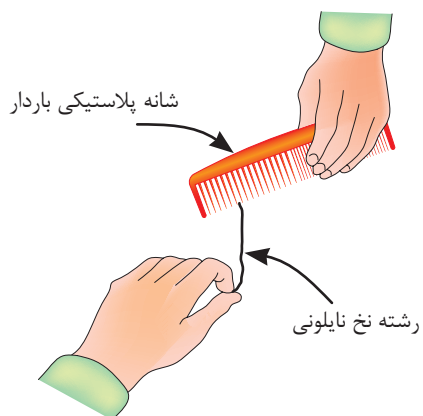


ب - شئی پلاستیکی را به توپ پینگ پنگ نزدیک کنید.

(شکل ۱-۲۰)



ج - شیء پلاستیکی را به یک رشته نخ نایلونی نزدیک کنید. (شکل ۱-۲۱)

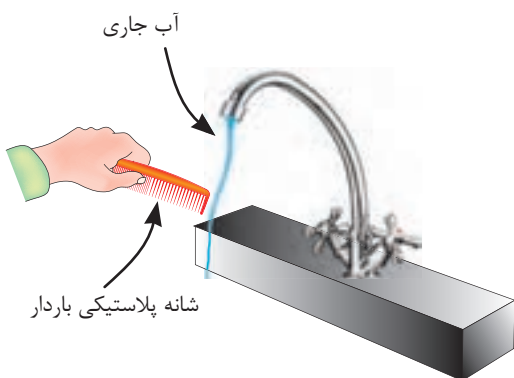


شکل ۱-۲۱

نتیجه



د - شیء پلاستیکی را به آب جاری که با فشار کم از شیر آب خارج می شود نزدیک کنید. (شکل ۱-۲۲)



شکل ۱-۲۲

نتیجه



۲- از مجموعه آزمایش های فوق چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

نتیجه



مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.



## واحد کار مبانی الکتریسیته

### فصل دوم: هادی ها، عایق ها، نیمه هادی ها

#### هدف کلی

آشنایی با هادی ها، عایق ها و نیمه هادی های الکتریکی

**هدف های رفتاری:** در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

- ۱- هادی، عایق و نیمه هادی را با ذکر نمونه هایی تعریف کند.
- ۲- هادی، عایق و نیمه هادی را از نظر الکترون های والانس مقایسه کند.
- ۳- در صورت داشتن عدد اتمی عنصری، نوع ماده را تشخیص دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۲	-	۲



- ۱- چرا در مدارهای روشنایی از سیم استفاده می شود؟
  - الف - چون وسیله دیگری وجود ندارد.
  - ب - زیرا برق را خوب هدایت می کند.
  - ج - چون استقامت سیم زیاد است.
  - د - زیرا قدرت تحمل سیم زیاد است.
- ۲- جنس سیم های نصب شده بر روی تیرهای برق خیابان ها از چیست؟
  - الف - مس
  - ب - آهن
  - ج - فولاد
  - د - روی
- ۳- چرا هنگام کار با برق باید از کفش لاستیکی و دستکش استفاده کرد؟
  - الف - چون عایق هستند.
  - ب - می توانند جریان مدار را کنترل کنند.
  - ج - قدرت تحمل حرارتی زیادی دارند.
  - د - می توانند برق را به زمین منتقل کنند.
- ۴- در مدارهای الکتریکی اگر به جای سیم مسی از رشته پلاستیکی استفاده کنیم نور لامپ ها:
  - الف - کاهش می یابد.
  - ب - افزایش می یابد.
  - ج - تغییری نمی کند.
  - د - قطع می شود.
- ۵- اگر جریان الکتریکی را مشابه عبور جریان آب از لوله در نظر بگیریم، یک سیم خوب الکتریکی را مشابه کدام یک از موارد زیر می توان دانست؟
  - الف - لوله آب با قطر کم
  - ب - لوله آب با قطر زیاد
  - ج - نمی توان مقایسه کرد.
  - د - بستگی به ولتاژ دارد.
- ۶- کدام یک از مواد زیر می تواند جریان برق را عبور دهد؟
  - الف - میله چوبی
  - ب - میله آلومینیومی
  - ج - میله کائوچویی
  - د - میله لاستیکی
- ۷- چرا خاصیت هدایت الکتریکی مواد مختلف با هم تفاوت دارند؟
  - الف - وضعیت اتم های آنها تفاوت دارند.
  - ب - چون جریان تأمین کننده همه مواد باتری ها هستند.
  - ج - همه مواد در برابر جریان مقاومت نمی کنند.
  - د - چون تحت تأثیر انرژی قرار نگرفته اند.
- ۸- به کوچک ترین جزء یک ماده مرکب ..... گفته می شود.
  - الف - یون
  - ب - والانس
  - ج - اتم
  - د - ملکول
- ۹- کدام یک از اشکال زیر صحیح است؟
 

ب -

د -

الف -

ج -



۱۰- ذره نوترون ..... اتم قرار دارد و از نظر بار الکتریکی ..... است.

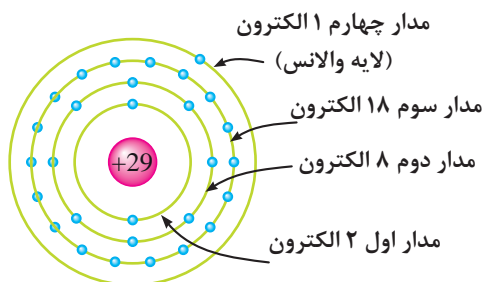
- الف - روی مدارهای - منفی
- ب - در هسته - مثبت
- ج - در هسته - منفی
- د - روی مدارهای - خنثی

## ۲- هادی‌ها، عایق‌ها و نیمه هادی‌ها

در مباحث الکتریسیته تعداد الکترون‌های مدار والانس اتم‌ها اهمیت دارد. زیرا براساس آن‌ها مواد را از نظر هدایت الکتریکی به سه گروه تقسیم می‌کنند.

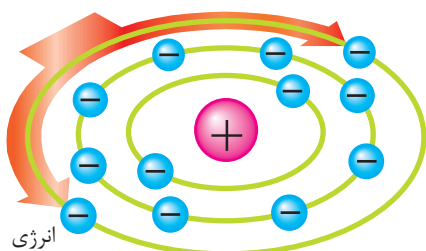
### ۲-۱- هادی‌ها

موادی را که الکترون‌های مدار والانس آن‌ها به راحتی آزاد می‌شود «هادی» یا «رسانا» می‌نامند. تعداد الکترون‌های والانس این مواد معمولاً ۱، ۲ یا ۳ الکترون است. (شکل ۲-۱)



شکل ۲-۱- ساختمان اتمی عنصر مس

هرگاه به اتم‌های یک هادی انرژی داده شود بین الکترون‌ها تقسیم می‌شود. در این حالت چون تعداد الکترون‌های والانس کم است مقدار انرژی بیشتری به هر الکترون نسبت به حالتی که تعداد الکترون‌ها زیاد باشد می‌رسد. (شکل ۲-۲)



شکل ۲-۲- تقسیم انرژی بین الکترون‌های والانس

در یک هادی، الکترون‌ها به راحتی از یک اتم به اتم دیگر منتقل می‌شود. این عبارت را می‌توان به عنوان تعریف دیگری برای هادی در نظر گرفت. در شکل ۲-۳ بر اثر انتقال الکترون‌ها لامپ روشن شده است.

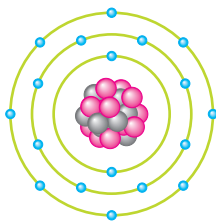
از هادی‌های خوب می‌توان نقره، مس، طلا و آلومینیوم را نام برد. در صنعت برق از سیم‌های مسی و آلومینیومی استفاده می‌شود زیرا این عناصر فراوان و مقرون به صرفه هستند.



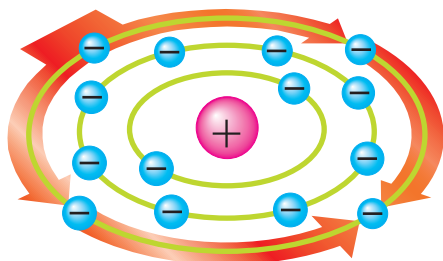
شکل ۲-۳- برقراری جریان الکتریکی در هادی‌ها

## ۲-۲- عایق ها

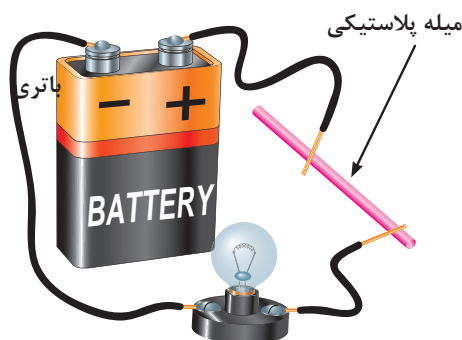
به موادی که الکترون های مدار والانس آن ها تمایل به ماندن در مدار خود را دارند و به راحتی جدا نمی شوند «عایق» یا «دی الکتریک» می گویند. این مواد در مدار والانس خود ۵، ۶، ۷ یا ۸ الکترون دارند. (شکل ۲-۴)



شکل ۲-۴- ساختمان اتمی یک عنصر عایق



شکل ۲-۵- تقسیم انرژی بین الکترون های والانس هادی ها



شکل ۲-۶- عدم انتقال الکترون ها در یک میله پلاستیکی

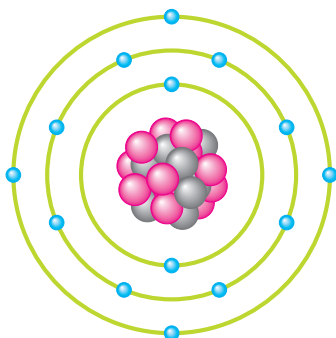
در صورتی که به اتم یک دی الکتریک انرژی داده شود این انرژی بین الکترون های والانس آن تقسیم می شود. چون تعداد الکترون های والانس در عایق ها زیاد است، لذا مقدار انرژی که به هر الکترون می رسد، نسبت به هادی ها که تعداد الکترون والانس کمتری دارند کاهش می یابد. از عایق های خوب<sup>۱</sup> می توان شیشه، کاغذ، پلاستیک، هوا و میکا را نام برد. (شکل ۲-۵)

شکل ۲-۶ تصویری را نشان می دهد که در آن چون میله پلاستیکی نمی تواند الکترون های لایه والانس خود را انتقال دهد، لامپ روشن نمی شود پس می توان نتیجه گرفت که ماده عایق نمی تواند جریان الکتریکی را عبور دهد.

## ۲-۳- نیمه هادی ها

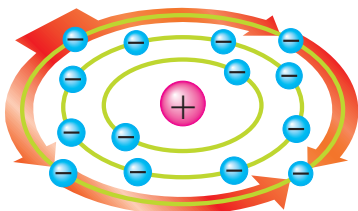
موادی که از نظر آزاد کردن الکترون والانس در حد فاصل عایق ها و هادی ها قرار دارند «نیمه هادی»<sup>۲</sup> نامیده می شوند.

تعداد الکترون های والانس نیمه هادی ها معمولاً ۴ الکترون است. (شکل ۲-۷)

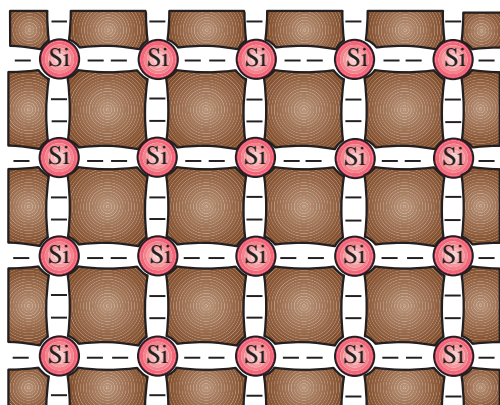
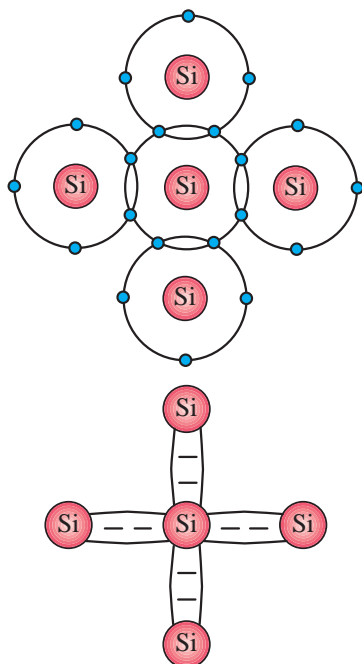


شکل ۲-۷- ساختمان اتمی نیمه هادی ها

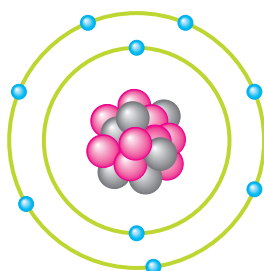
۱- عایق هایی که در صنایع مورد استفاده قرار می گیرند اغلب از ترکیب مواد مختلف به وجود می آیند.



شکل ۸-۲- تقسیم انرژی بین الکترون های والانس در نیمه هادی ها



شکل ۹-۲- شبکه اشتراکی اتم های نیمه هادی



شکل ۱۰-۲- عدد اتمی این عنصر ۹ است  
 $Z = 9$

در شرایط عادی نیمه هادی ها تمایلی به دریافت کردن و یا از دست دادن الکترون والانس ندارند. اما در صورتی که انرژی خارجی به آن داده شود، می توانند الکترون آزاد کنند. (شکل ۸-۲)

از نیمه هادی ها که در الکتریسته کاربرد دارند می توان ژرمانیم (Ge) و سیلیسیم (Si) را نام برد. نحوه قرار گرفتن اتم های نیمه هادی ها در کنار هم به صورت اشتراکی است. از اشتراک الکترون های والانس در نیمه هادی ها شبکه ای به وجود می آید که آن را در اصطلاح «شبکه کریستالی» گویند.

شکل ۹-۲ شبکه کریستالی و پیوند بین اتم های سیلیسیم را نشان می دهد. نیمه هادی ها از نظر الکتریکی خنثی هستند. برای اینکه بتوانیم میزان هدایت نیمه هادی ها را افزایش دهیم باید آن ها را با مواد دیگری ترکیب کنیم. عمل ترکیب نیمه هادی با عنصری دیگر را «ناخالص کردن» نیمه هادی می نامیم.

**توضیح:** به تعداد الکترون ها یا پروتون های یک عنصر «عدد اتمی»<sup>۱</sup> می گویند و آن را با حرف (Z) نمایش می دهند. (شکل ۱۰-۲)

با توجه به عدد اتمی می توان وضعیت هادی، عایق و نیمه هادی بودن جسم را تشخیص داد. مثال: عدد اتمی عنصری ۱۱ است، این عنصر از نظر هدایت الکتریکی چه وضعیتی دارد؟

۱- از مجموع تعداد نوترون ها و پروتون ها جرم اتمی بدست می آید.

حل: با استفاده از رابطه  $2n^2$  می‌توان الکترون‌های این عنصر را بر روی مدارها توزیع کرد.

$$K = 2n^2 \Rightarrow 2(1)^2 = 2 \text{ (مدار اول)}$$

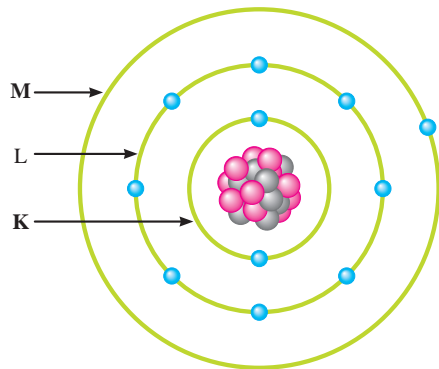
$$L = 2n^2 \Rightarrow L = 2(2)^2 = 8 \text{ (مدار دوم)}$$

تعداد الکترون‌های باقیمانده  $M$  (مدار سوم)

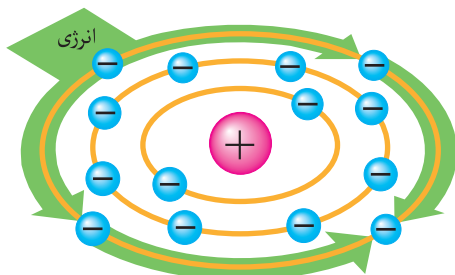
$$M = Z - (K + L) = 11 - (2 + 8)$$

$$M = 1 \text{ الکترون}$$

چون تعداد الکترون‌های مدار آخر این عنصر کمتر از ۳ الکترون است، لذا از نظر هدایت به گروه هادی‌ها تعلق دارد. تعداد الکترون‌های هر مدار این اتم در شکل ۲-۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۱- ساختمان اتمی عنصری با عدد اتمی ۱۱



شکل ۲-۱۲

## ۲-۴- بار الکتریکی و اتم باردار:

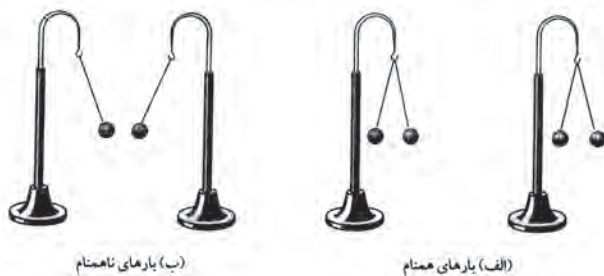
همان گونه که اشاره شد عناصر می‌توانند به واسطه وارد شدن انرژی به لایه آخرشان دارای الکترون اضافی شده و یا الکترون والانس خود را از دست بدهند.

اصطلاحاً به عنصری که الکترون‌هایی از دست داده و یا گرفته «عنصر باردار» و به اتم‌های آن «اتم باردار» یا «یون» گفته می‌شود. از آنجایی که بررسی تعداد الکترون‌های دریافتی و یا از دست داده اتم‌ها در الکتریسیته کاربرد داشته دانشمندان مختلفی به بررسی اثرات ذرات باردار بر هم پرداخته‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به «کولن» اشاره کرد. وی تحقیقات زیادی پیرامون بارهای الکتریکی داشته به همین خاطر به احترام وی واحد بار الکتریکی (q) بر حسب کولن (C) نامگذاری شده است.

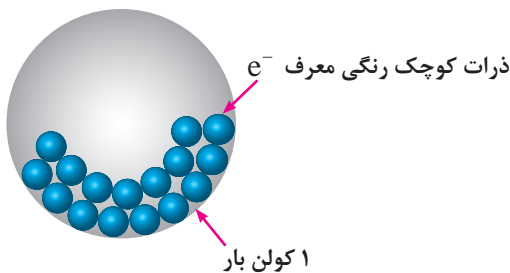
هر کولن بار الکتریکی معادل  $1.6 \times 10^{-19}$  الکترون است. یعنی:

$$1 \text{ کولن} = 1.6 \times 10^{-19} \times 6.28 = 6.28 \times 10^{-19}$$

کولن نتیجه تحقیقات خود را تحت عنوان قانونی به نام «قانون کولن» بیان کرد.



شکل ۲-۱۳- بارهای همنام همدیگر را می‌رانند و بارهای ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند



شکل ۲-۱۴

## ۵-۲- قانون کولن:

همان طوری که در فصول قبل اشاره شد دو جسم (دو ذره) باردار با بارهای هم نام یکدیگر را دفع و با بارهای غیرهم نام یکدیگر را جذب می کنند.

کولن بر پایه انجام آزمایش های زیاد با اجسام باردار نتیجه گرفت که نیروهای جاذبه و دافعه میان بارها از قانون خاصی پیروی می کنند. امروزه این قانون را به نام «قانون کولن» می شناسیم. این قانون بیان می کند:

نیروی بین دو بار الکتریکی با حاصل ضرب اندازه بارها نسبت مستقیم و با مجذور فاصله میان بارها نسبت معکوس دارد. ارتباط عوامل مؤثر با نیروی بین دو بار را با رابطه (۱)

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2} \quad \text{می توان نوشت:} \quad (۱)$$

با بهره گیری از یک ضریب ثابت که نشان دهنده خاصیت محیط در برگیرنده اجسام باردار است می توان رابطه قانون

$$F = k \frac{q_1 q_2}{d^2} \quad \text{کولن را به صورت مقابل نوشت:} \quad (۲)$$

$q_1$  و  $q_2$  - مقدار بارهای الکتریکی بر حسب کولن [C]

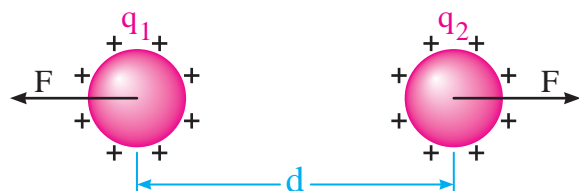
$d$  - فاصله بین دو بار بر حسب متر [m]

$k$  - ضریب ثابت که تقریباً برابر  $9 \times 10^9$  بر حسب  $\left[\frac{N.m^2}{C^2}\right]$

$F$  - نیروی بین دو جسم باردار بر حسب نیوتن [N]

مثال: اندازه نیروی بین دو بار  $[C] 0.2$  و  $[C] 0.5$  که در فاصله ۲ متر از یکدیگر قرار گرفته اند چند نیوتن است؟

$$\begin{aligned} F &= k \frac{q_1 q_2}{d^2} \\ F &= 9 \times 10^9 \frac{0.2 \times 0.5}{(2)^2} = \frac{90 \times 10^7}{4} \\ F &= 22.5 [N] \\ F &= k \frac{q_1 q_2}{d^2} \Rightarrow d^2 = k \frac{q_1 q_2}{F} \end{aligned}$$



شکل ۱۵-۲



$$d = \sqrt{\frac{kq_1q_2}{F}} = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times 0.5 \times 10^{-4}}{5}}$$

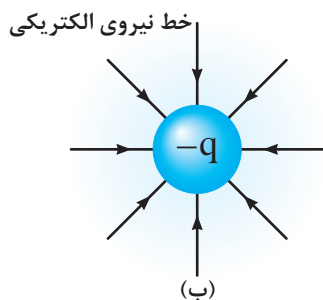
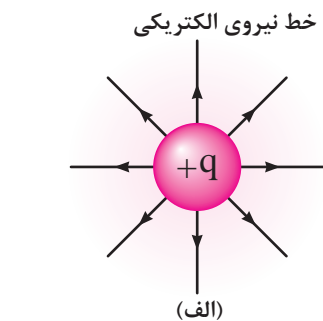
$$d = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-7} \times 4 \times 10^{-7}}{5}} = \sqrt{\frac{180}{5}} \times 10^4$$

$$d = \sqrt{36 \times 10^4} = 6 \times 10^2 \text{ [m]}$$

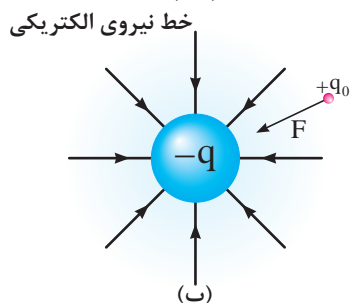
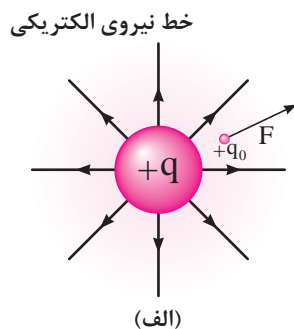
مثال: هرگاه نیروی بین دو جسم باردار  $0.4/0.5$  و  $0.5/0.4$  کولنی برابر ۵ نیوتن باشد فاصله بین این دو بار چند متر است؟

## ۶-۲- میدان الکتریکی

هرگاه یک جسم باردار در فضای اطراف یک جسم باردار قرار گیرد طبق قانون کولن به آن نیرو وارد می شود این ناحیه که چنین خاصیتی دارد یک «میدان الکتریکی» است. بنابراین در یک ناحیه از فضا وقتی می توان گفت میدان الکتریکی وجود دارد که به بار الکتریکی واقع در آن ناحیه یک نیروی الکتریکی وارد می شود. شکل (۱۶-۲)



شکل ۱۶-۲- میدان الکتریکی اطراف یک کره باردار در فضا



شکل ۱۷-۲- میدان الکتریکی اطراف یک کره باردار در فضا

برای سنجش وجود میدان الکتریکی و تعیین اندازه آن از یک بار مثبت و کوچک به نام «بار آزمون -  $q_0$ » استفاده می شود که مقدار آن برابر واحد (یک) است. در شکل های (الف - ۱۷-۲) و (ب - ۱۷-۲) وضعیت خطوط نیروی وارد به بار آزمون برای هر دو بار هم نام و هم چنین دو بار غیر هم نام نشان داده شده است. هر خط نیرو نشان دهنده مسیری است که بار آزمون واقع در میدان الکتریکی تحت اثر نیروی ناشی از میدان طی می کند.

بنا به تعریف نیروی وارد بر بار الکتریکی آزمون (مثبت) در هر نقطه از میدان را شدت میدان الکتریکی در آن نقطه می نامیم و مقدار آن به صورت مقابل محاسبه می شود.

$$E = \frac{F}{q_0}$$

$F$  - نیروی وارد بر بار آزمون بر حسب نیوتن  $[N]$   
 $q_0$  - اندازه بار آزمون بر حسب کولن  $[C]$  (مقدار آن می تواند غیر یک باشد)

$E$  - شدت میدان الکتریکی بر حسب نیوتن بر کولن  $[\frac{N}{C}]$

**مثال:** بار الکتریکی ۴ کولنی در یک میدان الکتریکی تحت تأثیر نیروی ۱۶ نیوتن قرار می گیرد اندازه شدت میدان الکتریکی آن چقدر است؟

$$E = \frac{F}{q}$$

$$E = \frac{16}{4} = 4 \left[ \frac{N}{C} \right]$$

## ۷-۲- میدان الکتریکی یکنواخت

در صورتی که نیاز به ایجاد میدان الکتریکی باشد می توانیم با اتصال دو صفحه فلزی که مطابق شکل (۱۸-۲) مقابل یکدیگر قرار گرفته اند به دو قطب یک باتری متصل کرد. میدان الکتریکی که تحت این شرایط بوجود می آید چون دارای اندازه و جهت ثابت است «میدان الکتریکی یکنواخت» گفته می شود.

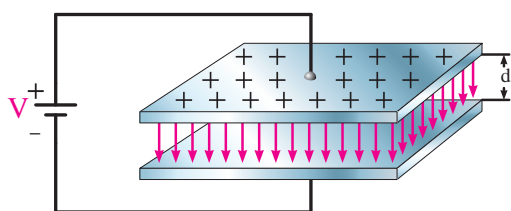
اندازه شدت میدان الکتریکی یکنواخت را از رابطه مقابل می توان بدست آورد:

$$E = \frac{V}{d}$$

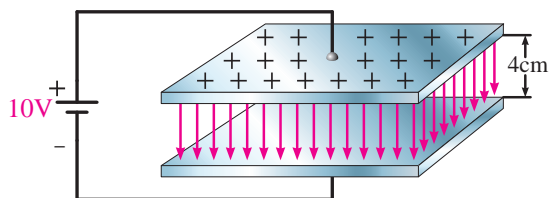
$V$  - ولتاژ باتری اتصال داده به دو صفحه بر حسب ولت  $[V]$

$d$  - فاصله بین دو صفحه بر حسب متر  $[m]$

$E$  - شدت میدان الکتریکی بر حسب  $\frac{\text{ولت}}{\text{متر}}$   $[\frac{V}{m}]$



شکل ۱۸-۲



شکل ۱۹-۲

**مثال:** شدت میدان الکتریکی بین دو صفحه موازی که با فاصله ۴ سانتی متر از یکدیگر قرار گرفته اند و مشابه شکل (۱۹-۲) به ولتاژ ۱۰ ولت متصل شده چقدر است؟

$$E = \frac{V}{d} = \frac{10}{4 \times 10^{-2}} = \frac{10^2}{4} = 25 \cdot \left[ \frac{V}{m} \right]$$

**مثال:** فاصله بین دو صفحه موازی که به ولتاژ ۲۰ ولت وصل شده اند چند متر باشد تا شدت میدان الکتریکی بین دو صفحه ۴۰ ولت بر متر باشد.

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow d = \frac{V}{E}$$

$$d = \frac{20}{40} = \frac{1}{2} = 0.5[m]$$



## آزمون پایانی (۲)

- ۱- لایه والانس هر اتم با چند الکترون تکمیل می شود؟  
الف - ۲      ب - ۸      ج - ۱۸      د - ۳۲
- ۲- جسمی که در آن الکترون های والانس به آسانی از یک اتم به اتم دیگر منتقل شوند..... نامیده می شود.  
الف - عایق      ب - نیمه هادی      ج - ظرفیتی      د - هادی
- ۳- سهم انرژی الکترون های والانس در هادی ها نسبت به عایق ها چگونه است؟  
الف - زیاد      ب - کم      ج - متوسط      د - نمی توان تعیین کرد.
- ۴- علت استفاده از مس در صنعت برق چیست؟  
الف - در طبیعت فراوان است.      ب - الکترون والانس را راحت آزاد می کند.  
ج - مقرون به صرفه است.      د - همه موارد
- ۵- کدام گزینه در مورد تعداد الکترون های مدار والانس عایق ها صحیح است؟  
الف - ۴ < تعداد الکترون ها      ب - ۴ > تعداد الکترون ها  
ج - ۳ < تعداد الکترون ها      د - ۸ > تعداد الکترون ها
- ۶- الکترون های والانس در عایق ها ..... از مدار خود جدا می شوند.  
الف - به آسانی      ب - به سختی      ج - بدون انرژی      د - با کمی انرژی
- ۷- اصطلاح «دی الکترونیک» برای کدام گروه از موارد به کار می رود؟  
الف - هادی ها      ب - عایق ها      ج - نیمه هادی ها      د - فلزات
- ۸- «میکا» از نظر هدایت الکتریکی در ردیف کدام یک از گروه ها قرار دارد؟  
الف - عایق ها      ب - هادی ها      ج - نیمه هادی ها      د - کریستال ها
- ۹- تعداد الکترون های والانس نیمه هادی ها چند الکترون است؟  
الف - ۲      ب - ۳      ج - ۴      د - ۸
- ۱۰- نحوه اتصال اتم ها در نیمه هادی ها ..... است.  
الف - به شکل دایره      ب - به صورت شبکه کریستالی  
ج - به شکل بیضی      د - به صورت خطوط نیم دایره



۱۱- کدام گزینه در مورد نیمه هادی ها صدق می کند؟

الف - با ناخالص کردن نیمه هادی ها میزان تمایل آن ها به آزاد کردن الکترون کاهش می یابد.

ب - آزاد کردن الکترون به تعداد مدارهای اتم مورد نظر بستگی دارد.

ج - نیمه هادی ها در شرایط عادی تمایلی به گرفتن یا دادن الکترون ندارند.

د - آزادسازی الکترون به مقدار انرژی داده شده به لایه والانس بستگی ندارد.

۱۲- عدد اتمی عناصر را با حروف اختصاری ..... نشان می دهند.

الف - P      ب - N      ج - e      د - Z

۱۳- عدد اتمی عنصری برابر با ۳۰ است. تعداد مدارهای این عنصر چند مدار می باشد؟

الف - ۴      ب - ۵      ج - ۶      د - ۷

۱۴- عنصری با عدد اتمی ۶۱ از نظر هدایت الکتریکی در کدام گروه قرار دارد؟

الف - عایق ها      ب - هادی ها      ج - نیمه هادی ها      د - نمک ها

۱۵- اگر عدد اتمی عنصری برابر با ۳۴ باشد، لایه والانس آن دارای چند الکترون است؟

الف - ۳      ب - ۴      ج - ۵      د - ۶

۱۶- تعداد الکترون های مدار آخر عنصری ۵ است. این عنصر از نظر هدایت الکتریکی به کدام گروه تعلق دارد؟

الف - هادی ها      ب - نیمه هادی ها      ج - عایق ها      د - کریستال ها

۱۷- کدام یک از عناصر زیر دارای ۴ الکترون والانس است؟

الف - شیشه      ب - مس      ج - ژرمانیم      د - نقره

۱۸- نحوه قرار گرفتن اتم های نیمه هادی ها در کنار هم به صورت ..... است.

۱۹- در اجسام رسانا الکترون های لایه والانس اتم ها به راحتی آزاد می شوند. ☐ صحیح ☐ غلط

۲۰- در شرایط عادی نیمه هادی ها تمایلی به دریافت یا از دست دادن الکترون ندارند. ☐ صحیح ☐ غلط

۲۱- دو ذره بار الکتریکی  $6 \times 10^{-6} \text{C}$  و  $8 \times 10^{-6} \text{C}$  در فاصله  $4 \text{ cm}$  از هم قرار گرفته اند. اندازه نیرویی که این دو ذره بر هم وارد

می کنند چند نیوتن است؟  $(k = 9 \times 10^9)$

۲۲- اگر بار الکتریکی  $2 \mu\text{C}$  در نقطه ای از یک میدان الکتریکی به شدت  $\left(2 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}\right)$  قرار گیرد چه نیرویی به این

بار وارد می شود؟

۲۳- بار الکتریکی  $2 \mu\text{C}$  در یک میدان الکتریکی تحت اثر نیروی  $0.08 \text{ N}$  نیوتن قرار می گیرد. اندازه شدت این میدان

چند نیوتن بر کولن است؟

۲۴- دو بار الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  که در فاصله  $d$  از یکدیگر قرار گرفته اند نیرویی برابر  $F$  بر هم وارد می کنند. اگر هر

یک از بارها را نصف کنیم، فاصله بین دو بار چه تغییری باید کند تا نیروی بین دو بار همان  $F$  باشد؟

۲۵- هرگاه شدت میدان الکتریکی بین دو صفحه که در فاصله ۲۰ سانتی متر از یکدیگر قرار گرفته اند

برابر ۵۰ ولت بر متر باشد، ولتاژ اعمال شده به این صفحات چند ولت است؟



خودآزمایی عملی

۱- مداری را مطابق شکل ۱۲-۲ در نظر بگیرید و در صورت امکان عملاً ببندید. در مراحل مختلف بین دو نقطه  $A$  و  $B$  قطعات زیر را قرار دهید و وضعیت روشنایی لامپ را مشاهده و ثبت کنید.

الف - گیره کاغذ (مشابه شکل ۱۲-۲)

ب۔ مداد پاک کن

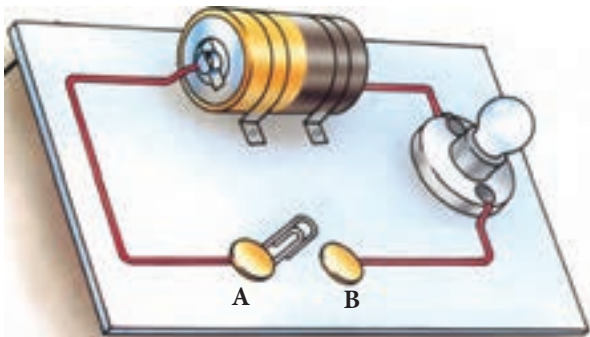
### ج - بدنہ پلاستیکی خودکار

د۔ یک قطعہ سیم مسی

هـ۔ یک قطعہ میلہ برنجی

و۔ یک تکہ چوب

ز۔ یک قطعہ لاستیک



### شكل ١٢-٢- مدار ساده الكتريكي

۲- از مجموعه مشاهدات خود چه نتیجه ای می گیرید؟

[illegible]

مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

## واحد کار مبانی الکتریسته

### فصل سوم: آشنایی با قطعات و کمیت های الکتریکی

#### هدف کلی

آشنایی با مقاومت ها و کمیت های الکتریکی

**هدف های رفتاری:** در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

- ۱- کمیت های الکتریکی ولتاژ، جریان و مقاومت را با ذکر روابط و واحد توضیح دهد.
- ۲- انواع مقاومت های الکتریکی را نام برده و طرز کار هر یک را توضیح دهد.
- ۳- مقدار مقاومت های اهمی چهار رنگ، پنج رنگ را با کمک کدهای رنگ تعیین کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۶	-	۶





۱- با زدن کلید اصلی برق نیروگاه، چه مدت زمانی طول می کشد تا جریان برق به مصرف کننده برسد؟

- الف - یک دقیقه  
ب - کمتر از چند صدم ثانیه  
ج - به طول مسیر بستگی دارد.  
د - رابطه ای بین این دو نیست.

۲- آیا جریان برق قابل رؤیت است؟

- الف - بله  
ب - خیر  
ج - به نوع سیم بستگی دارد.  
د - به نوع جریان بستگی دارد.

۳- منظور از پتانسیل الکتریکی چیست؟

- الف - مقدار جریان عبوری از مدار  
ب - سرعت انتقال جریان  
ج - مقدار بار الکتریکی که کار را انجام دهد.  
د - کاری که بر روی ذره باردار انجام می شود.

۴- رشته حرارتی یک سماور برقی برای ایجاد گرما چه خاصیتی را از خود نشان می دهد؟

- الف - مقاومتی  
ب - لوله مارپیچ  
ج - سیم پیچی  
د - عایقی  
۵- ولوم یک رادیو چیست؟

الف - مقاومت متغیر  
ب - کلید گردان  
ج - کلید مرحله ای  
د - شیرگردان

۶- عامل کنترل کننده خودکار روشن و خاموش کردن چراغ های خیابان ها و معابر عمومی چیست؟

- الف - مدارهای صنعتی  
ب - مقاومت تابع نور  
ج - کلیدهای قطع و وصل  
د - دیود نور دهنده

۷- چرا در صورت وصل کردن بعضی از مصرف کننده ها به پریز برق و راه اندازی آن ها سیم های برق گرم می شود؟

- الف - دمای محیط زیاده تر از حد استاندارد است.  
ب - طول سیم کمتر از حد استاندارد است.  
ج - ولتاژ اعمال شده کمتر از حد نیاز است.  
د - جریان عبوری از سیم موردنظر زیاد است.

۸- کدام یک از مواد زیر هادی خوبی نیست؟

- الف - مس  
ب - نقره  
ج - طلا  
د - میکا

۹- برای افزایش میزان هدایت نیمه هادی ها باید آن ها را ..... کرد.

- الف - خالص  
ب - ناخالص  
ج - از هسته جدا  
د - مشترک

۱۰- انرژی داده شده به ..... یک ماده دی الکتریک بین الکترون های ..... آن تقسیم می شود.

- الف - اتم - مدار والانس  
ب - الکترون های - مدار والانس  
ج - الکترون های - مدار M  
د - اتم - مدار M



## ۳- کمیت‌های الکتریکی

### ۳-۱- شدت جریان<sup>۱</sup>

چنانچه بخواهیم از انرژی الکتریکی برای انجام کاری استفاده کنیم می‌بایست الکتریسیته تولید شده را به حرکت درآوریم و در مدار جاری کنیم. به عبارت دیگر اگر بتوانیم با دادن انرژی به مدار والانس یک اتم، الکترون‌های آن را آزاد کنیم و در یک مسیر حرکت دهیم «جریان الکتریکی» به وجود می‌آید.

انرژی الکترون‌های آزادی که در یک جهت هستند با هم جمع می‌شوند و انرژی آزاد شده بیشتری را برای انجام کار در اختیار ما قرار می‌دهند. تعداد الکترون‌هایی که انرژی هم جهت دارند میزان شدت جریان الکتریکی را تعیین می‌کنند. (شکل ۳-۱)

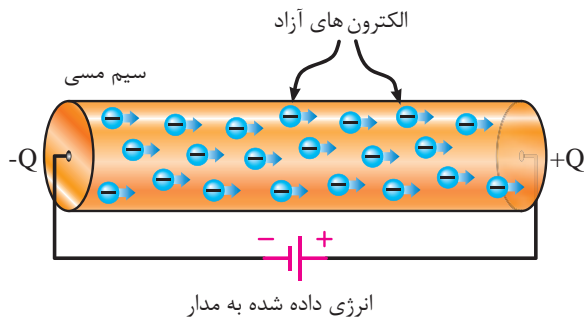
شدت جریان الکتریکی را با حرف (I) نشان می‌دهند. بنا به تعریف مقدار بار الکتریکی (الکترون‌های آزاد) که از یک نقطه سیم در طی مدت زمانی معین عبور می‌کند «شدت جریان الکتریکی» می‌نامند. (شکل ۳-۲)

اگر بار الکتریکی را با q (بر حسب کولن C)، زمان را با t (بر حسب ثانیه S) نشان دهیم شدت جریان I (بر حسب آمپر A) از رابطه زیر قابل محاسبه است:

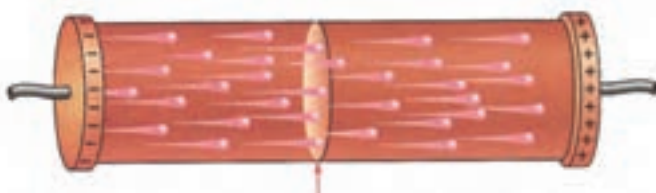
$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow (A) = \frac{(C)}{(s)}$$

کولن  
ثانیه

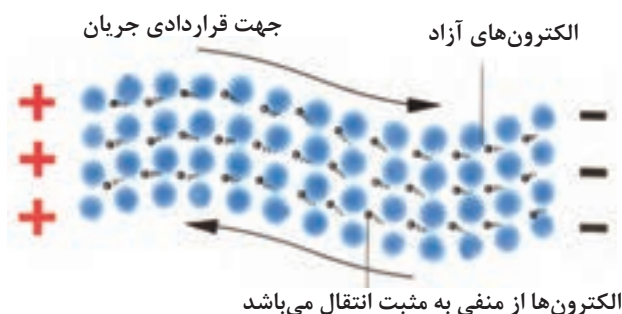
چون عامل به وجود آمدن جریان الکتریکی، حرکت الکترون‌هاست و این ذرات دارای بار منفی هستند، لذا جهت حرکت واقعی الکترون‌ها از قطب منفی به سمت قطب مثبت است ولی براساس قرارداد، جهت جریان الکتریکی را در مدارها از قطب مثبت به سمت قطع منفی در نظر می‌گیرند.



شکل ۳-۱- میزان جریان الکتریکی از مجموع انرژی الکترون‌هایی که انرژی آن‌ها در یک جهت است، به وجود می‌آید.



شکل ۳-۲- عبور بار الکتریکی از یک نقطه سیم در طی زمان معین را جریان الکتریکی می‌نامند.



شکل ۳-۳- جهت حرکت اصلی و قراردادی جریان الکتریکی

شکل ۳-۳ این مطلب را نشان می دهد. بنا به تعریف، مثبت بودن بارها را با عنوان زیاد بودن و منفی بودن بار را با عنوان کم بودن بار در نظر می گیرند. در رابطه (I) اگر به جای پارامترهای (t,q) مقدار واحد را قرار دهیم تعریف یک آمپر به دست می آید.

$$1(A) = \frac{1(C)}{1(s)}$$

یعنی هرگاه بار الکتریکی معادل یک کولن در مدت زمان یک ثانیه از یک نقطه معین مانند شکل ۳-۴ عبور کند شدت جریانی برابر یک آمپر در سیم جاری شده است. یک کولن بار الکتریکی موجود در یک جسم برابر است با:

$$1 \text{ کولن} = 6/28 \times 10^{18} \text{ الکترون}$$

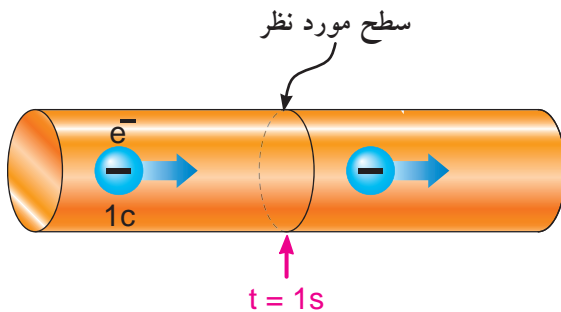
**مثال:** اگر باری برابر با ۶ کولن در طی مدت ۳ ثانیه از سیمی مطابق شکل ۳-۵ عبور کند، چند آمپر جریان در مدار جاری شده است؟

**حل:**

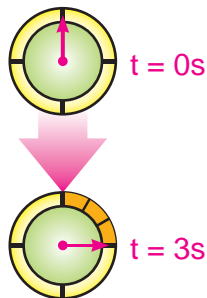
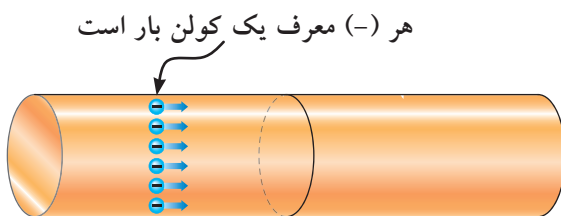
$$I = \frac{q}{t} = \frac{6}{3} = 2 [A]$$

حرکت الکترون های آزاد در درون سیم به صورت «ضربه ای»<sup>۱</sup> صورت می گیرد. یعنی در مدارهای والانس، الکترون ها با یکدیگر برخورد می کنند و از اتمی به اتم دیگر منتقل می شوند. سرعت این ضربه ها در حدود سرعت سیر نور (۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه) است. (شکل ۶-۳)

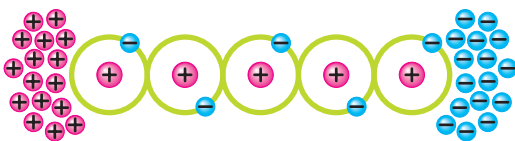
چون اتم ها خیلی به هم نزدیک هستند به محض وارد شدن الکترون آزاد جدید آن الکترون انرژی خود را به الکترون دیگر می دهد و آن را دفع می کند و به سمت دیگر می راند. (شکل ۷-۳)



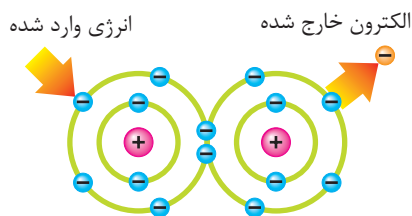
شکل ۳-۴ حرکت الکترون از سطح موردنظر در یک ثانیه



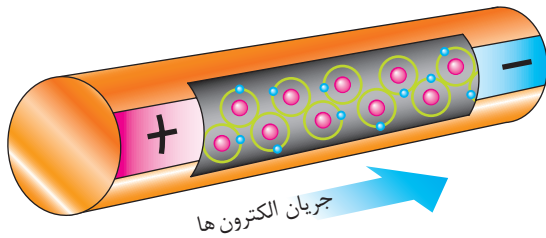
شکل ۳-۵ تعداد الکترون هایی که از سطحی مشخص در طی سه ثانیه می گذرند.



شکل ۳-۶ حرکت الکترون ها از سمت پتانسیل مثبت به سمت پتانسیل منفی است



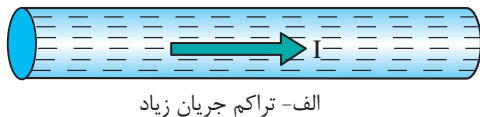
شکل ۳-۷ جابه جایی الکترون در اثر انرژی



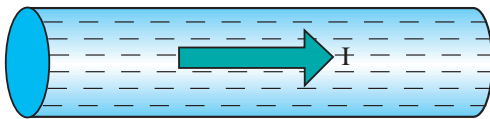
شکل ۸-۳- نمایشی از ضربه های انرژی به الکترون ها



شکل ۹-۳- شکل ظاهری یک نمونه آمپر متر

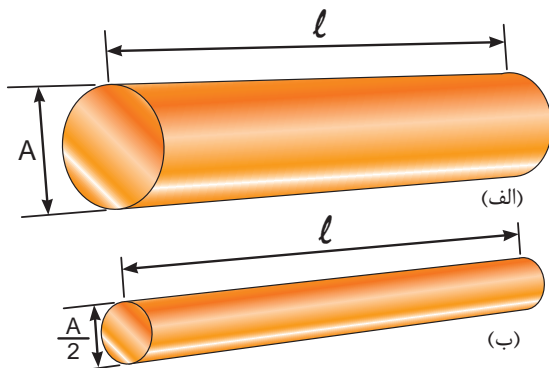


الف- تراکم جریان زیاد



ب- تراکم جریان کم

شکل ۱۰-۳- شدت جریان عبوری در هر دو سیم با هم مساوی است ولی سطح مقطع سیم (ب) بزرگ تر از سیم (الف) است.



شکل ۱۱-۳- تصویر دو سیم با سطح مقطع های مختلف

ضربه های انرژی که از یک الکترون به الکترون دیگر برخورد می کند و باعث جابه جایی آن می شود را در اصطلاح جریان الکتریکی می نامند. در شکل ۸-۳ ضربه های انرژی وارد شده به الکترون ها را مشاهده می کنید.

در مدارهای الکتریکی برای اندازه گیری جریان از وسیله ای به نام آمپر متر که علامت اختصاری آن  $\text{A}$  است، استفاده می شود. شکل ۹-۳ تصویر یک نمونه آمپر متر را نشان می دهد.

یکی از مشخصه هایی که در بحث جریان مطرح می شود «تراکم» یا «چگالی» جریان است.

طبق تعریف، مقدار معینی جریان الکتریکی که از واحد سطح مقطع سیم می تواند عبور کند را تراکم جریان می گویند.

$$j = \frac{I}{A}$$

تراکم جریان از رابطه:

و بر حسب  $\frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$  آمپر بر میلی متر مربع محاسبه می شود. (شکل ۱۰-۳)

$$I = \text{جریان عبوری از سیم}$$

$$A = \text{سطح مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع}$$

از چگالی جریان در تعیین ماکزیمم جریان قابل تحمل در سیم ها استفاده می شود. به عنوان مثال اگر بخواهیم جریانی معادل ۵ آمپر را از دو سیم طبق شکل ۱۱-۳ عبور دهیم، مشاهده می شود که تراکم و فشردگی الکترون های جاری در سیم شکل (ب) از سیم (الف) بیشتر است. زیرا سطح مقطع سیم (ب) از سیم (الف) کوچک تر است.

## ۲-۳- اختلاف سطح الکتریکی و چگونگی ایجاد آن به وسیله انرژی های مختلف

همان طوری که می دانید برای انجام کار باید انرژی الکتریکی در حال حرکت باشد. نیرویی را که باعث به وجود آمدن جریان الکتریکی در مدار می شود «نیروی محرکه الکتریکی یا EMF» می نامند. بنا به تعریف هر بار الکتریکی که بتواند بار الکتریکی دیگری را با عمل جذب یا دفع به حرکت درآورد کاری انجام می شود. لذا به نیروی محرکه ای که بتواند بار الکتریکی را به حرکت درآورد «پتانسیل الکتریکی» می گویند. (شکل ۱۲-۳)

«پتانسیل» یا «ولتاژ» به اختصار، توانایی انجام کار نیز نامیده می شود.

وقتی دو بار غیرهم نام مورد بررسی قرار می گیرند، در حقیقت اختلاف پتانسیل بین آن دو، مورد توجه است. به همین دلیل در مدارهای الکتریکی اغلب ولتاژ را تحت عنوان اختلاف پتانسیل بیان می کنند. زیرا میزان کاری که روی دو ذره باردار انجام می شود به پتانسیل اولیه آن ها بستگی دارد. (شکل ۱۳-۳)

پتانسیل الکتریکی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$V = \frac{W}{q} = \frac{\text{(کار انجام شده)}}{\text{(بار الکتریکی)}} \quad \text{(ولتاژ)}$$

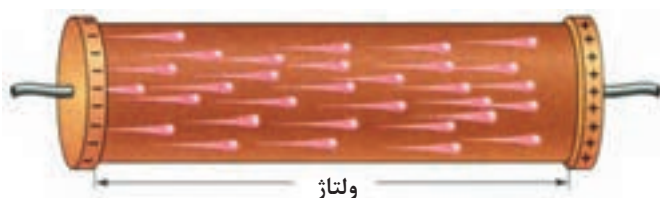
هرگاه کار بر حسب ژول و مقدار بار الکتریکی بر حسب کولن باشد پتانسیل الکتریکی بر حسب ولت بدست می آید.

تعریف واحد ولت:

$$1(V) = \frac{1(J)}{1(C)}$$

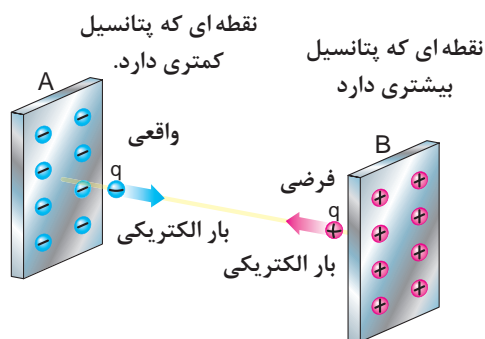


الف - الکترون های آزاد در حال حرکت نامنظم  
الکترون آزاد

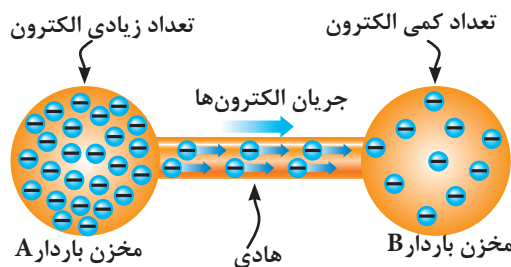


ب - الکترون های آزاد تحت تأثیر ولتاژ

شکل ۱۲-۳



شکل ۱۳-۳- ذره باردار q که دارای بار منفی کمتر است جذب نقطه ای که دارای بار مثبت زیادتر است، می شود.



شکل ۳-۱۴- چگونگی حرکت الکترون‌ها از مخزن بار بیشتر به مخزن کمتر.



شکل ۳-۱۵- چند نمونه پیل



شکل ۳-۱۶- دو نمونه ولت متر

به همین ترتیب برای اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B در شکل ۳-۱۴ می‌توانیم، بنویسیم:

$$V = V_A - V_B = V_{AB}^1$$

$$\Rightarrow V_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

ولتاژهایی که در کارهای روزمره با آن سروکار داریم عبارتند از:


۱/۵ ولت - ولتاژ پیل‌های خشک (قلمی)


۹ ولت - ولتاژ پیل‌های کتابی

۱۲ ولت - ولتاژ باتری‌های ماشین

۲۲۰ ولت - ولتاژ منازل مسکونی

۳۸۰ ولت - ولتاژ مراکز صنعتی

در رسم مدارها، پیل‌ها (باتری‌ها) را با علامت:  نشان می‌دهیم. در شکل ۳-۱۵ تصویر چند نوع پیل نشان داده شده است.

برای اندازه‌گیری ولتاژ از وسیله‌ای به نام ولت متر که علامت اختصاری آن به صورت  است استفاده می‌شود. (شکل ۳-۱۶)

نیروی محرکه الکتریکی (ولتاژ) را می‌توان با استفاده از انرژی‌های مختلف تولید کرد که در این جا به اختصار با چگونگی تولید انرژی الکتریکی از روش‌های مختلف آشنا می‌شویم.

۱ -  $V_{AB} - B, A$  اختلاف پتانسیل بین دو نقطه (مخزن)

۲ -  $W_{AB} - B, A$  اختلاف کار انجام شده روی ذره باردار (q) بین دو نقطه (مخزن)



## ۳-۳- روش های تولید و مصرف الکتریسیته

### ۳-۳-۱- تولید الکتریسیته

در اثر آزاد شدن الکترون ها از اتمشان، الکتریسیته بوجود می آید. چون الکترون های والانس بیش از سایر الکترون ها از هسته دورند و هم چنین بالاترین سطح انرژی را دارند، به آسانی آزاد می شوند.

انرژی داده شده به لایه ی والانس بین الکترون های آن لایه تقسیم می شود. در نتیجه هرچه الکترون های والانس موجود بیشتر باشد هر الکترون انرژی کمتری دریافت می کند. اگر در اتمی تعداد الکترون های والانس کمتری داشته باشد، الکترون های هر اتم مقدار انرژی بیشتری دریافت خواهد کرد و به راحتی از مدار خود خارج خواهد شد.

شکل ( ۱۷-۳ ) تصویر کلی از روش های تولید الکتریسیته را نشان می دهد.



شکل ۱۷-۳ روش های تولید الکتریسیته

### الکتریسیته حاصل از اصطکاک (مالش):

هرگاه دو جسم مانند پارچه ابریشمی را با میله شیشه ای یا یک میله کائوچویی را به پارچه پشمی مالش دهیم، بار الکتریکی تولید می شود. به این بارها «الکتریسیته ساکن» می گویند.

الکتریسیته ساکن هنگامی بوجود می آید که جسمی الکترون هایش را به جسم دیگر منتقل کند. در سطح ماده، اتم هایی وجود دارد که بر خلاف سایر اتم های ماده نمی توانند با اتم هایی دیگر درگیر شوند. در نتیجه آن ها در سطح خارجی چند الکترون آزاد دارند و به همین دلیل عایق هایی مانند شیشه و کائوچو می توانند الکتریسیته ساکن را تولید کنند. بر اثر مالش، در اتم های سطح خارجی برای آزاد کردن الکترون ها انرژی حرارتی به وجود می آید که به آن اثر تریبو الکتریک (TRIBOELECTRIC) نیز می گویند.

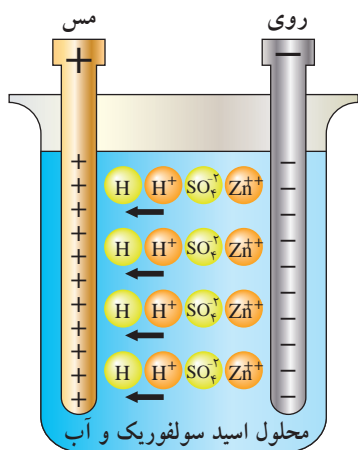


شکل ۱۸-۳- الکتریسیته مالشی (اثر تریبو الکتریک)



## الکتریسیته حاصل از فعل و انفعالات شیمیایی:

برخی مواد شیمیایی با فلزات مخصوصی ترکیب می شوند و واکنش های شیمیایی را ایجاد می کنند که باعث انتقال الکترون ها و تولید بارهای الکتریکی می گردد. باتری تر از جمله وسایلی است که از این راه الکتریسیته تولید می کند. این پدیده بر قوانین الکتروشیمی مبتنی است. ساختمان داخلی باتری تر از محلولی به نام اسید سولفوریک که در یک ظرف ریخته شده به عنوان الکترولیت به همراه دو میله از جنس های مس و روی تشکیل شده است. هنگامی که میله های مس و روی را در داخل محلول وارد می کنیم با محلول ترکیب می شوند و در نهایت مس الکترون های والانس خود را از دست داده و از طریق محلول به میله روی انتقال می یابد. بر اثر از دست دادن و گرفتن یون ها میله روی دارای بار منفی و میله مسی دارای بار مثبت می شود. به واقع در این حالت میله مسی کمبود الکترون و میله روی دارای ازدیاد الکترون است.



شکل ۱۹-۳- ساختمان یک نوع باتری تر

شکل (۱۹-۳) تصویری از یک باتری تر با فعل و انفعالات

صورت گرفته در آن را نشان می دهد.

## الکتریسته حاصل از فشار مکانیکی:

هنگامی که به بعضی اجسام فشار وارد کنیم، الکترون های والانس آن ها از مدار خارج می شوند. در نتیجه الکترون ها یک طرف جسم را ترک و در طرف دیگر آن جمع می شوند بنابراین در دو طرف جسم بارهای مثبت و منفی بوجود می آید. در صورتی که فشار قطع شود الکترون ها به مدار اولیه خود باز می گردند. به اثر فشار برای تولید بارهای الکتریکی (الکتریسته) «پیزوالکتریک» می گویند. شکل (۲۰-۳) پیزو یک کلمه یونانی به معنای فشار است. هرچه فشار اعمال شده بیشتر و زمان کوتاهتر باشد ولتاژ به وجود آمده بیشتر خواهد شد.

(الف)

از جمله زمینه های کاربردی این روش می توان به کریستال های پیزوالکتریک که در برخی میکروفون ها بکار می رود و یا فندک های مورد استفاده در وسایل گازسوز امروزی را نام برد. شکل ( ۲۱-۳ )

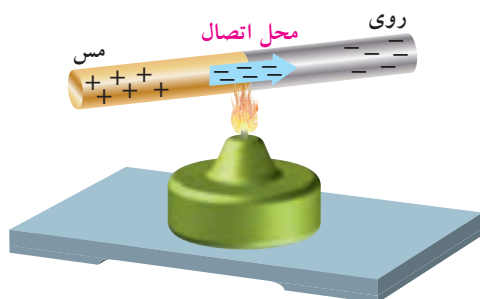
(ب)



شکل ۲۰-۳



۲۱-۳



حرارت باعث انتقال الکترون از مس به روی می شود.

۳-۲۲- ترموالکتریک (الکتریسیته‌ی حرارتی)

## الکتریسیته حاصل از حرارت:

همان طوری که می دانید در هنگام اتصال دو جسم غیرمشابه، انتقال الکترون صورت می گیرد. فلزات فعال در درجه‌ی حرارت معمولی اتاق نیز می توانند الکترون آزاد کنند. برای مثال اگر مطابق ( شکل ۲۲-۳ ) دو فلز مس و روی را به یکدیگر متصل کنیم، الکترون‌ها از مس خارج شده و به اتم روی وارد می شوند. در نتیجه فلز روی، الکترون‌های اضافی کسب کرده و دارای بار منفی می شود و بالعکس مس که الکترون‌های خود را از دست داده دارای بار مثبت می شود.

مقدار بارهایی که در درجه حرارت اتاق تولید می شوند کم هستند زیرا انرژی حرارتی کافی برای آزاد کردن الکترون‌های بیشتر وجود ندارد ولی اگر محل اتصال دو فلز را حرارت دهیم انرژی بیشتری تولید می شود و الکترون‌های بیشتری آزاد می گردند. به این روش «ترموالکتریک» گفته می شود.

هرچه حرارت داده شده بیشتر باشد بار بیشتری تولید می شود. به اتصال این دو فلز «ترموکوپل» گفته می شود. هنگامی که چندین ترموکوپل به یکدیگر متصل شوند. یک ترموپیل (باتری حرارتی) بوجود می آید. از ترموکوپل (شکل ۲۳-۳) برای اندازه گیری درجه حرارت در کوره‌ها استفاده می شود.



۳-۲۳

## الکتریسیته حاصل از نور:

نور نوعی انرژی است که از ذرات حامل انرژی به نام فوتون به وجود می آید. هنگامی که فوتون‌های یک شعاع نوری با جسمی برخورد می کنند، انرژی خود را از دست می دهند. در بعضی اجسام انرژی فوتون‌ها باعث آزادی الکترون‌ها می شود. موادی مانند پتاسیم، سدیم، ژرمانیم و سولفات سرب در مقابل نور الکترون از دست می دهند.



۳-۲۴

یکی از پرکاربردترین روش های تولید الکتریسیته حاصل از نور روشن «فتوولتیک» است.

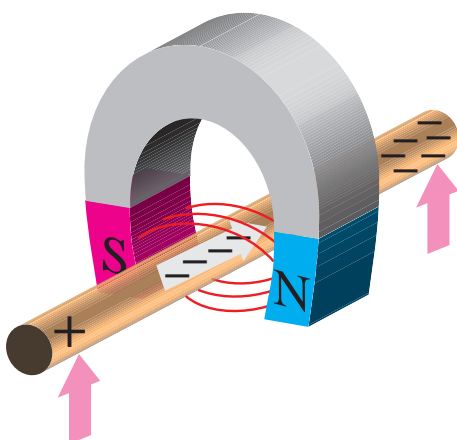
در این روش انرژی نورانی تابیده شده به یکی از دو صفحه ی متصل به هم باعث تخلیه ی الکترون از یکی به دیگری می شود. در نتیجه مانند باتری در دو صفحه بارهای مخالف ایجاد می شود.

امروزه با استفاده از نور تابیده شده خورشید بر روی صفحات (سلول های) خورشیدی الکتریسیته تولید می شود. ( شکل ۲۴-۳ ) تصویر دو نمونه کاربرد این روش را نشان می دهد.

## الکتریسیته حاصل از مغناطیس:

همانطوری که می دانید دو آهنربا در حالتی یکدیگر را جذب و در شرایطی، یکدیگر را دفع می کنند. علت این امر آن است که میدان های حاصل از آهنرباها نیرویی دارند که بر یکدیگر اثر می کنند. با در نظر گرفتن این مقدمه حال اگر یک سیم مسی را در میدان مغناطیسی حرکت دهیم، الکترون های داخل سیم آزاد می شوند و داخل سیم یک در یک جهت به حرکت درمی آیند.

از نیروی میدان مغناطیسی برای حرکت الکترون ها نیز می توان استفاده کرد. به این روش «الکتریسیته مغناطیسی» گفته می شود. (شکل ۲۵-۳) تصویری از چگونگی اثرگذاری میدان مغناطیسی بر یک سیم و (شکل ۲۶-۳) تصویر یک مولد واقعی که براساس خاصیت الکترومغناطیسی کار می کند را نشان می دهد.



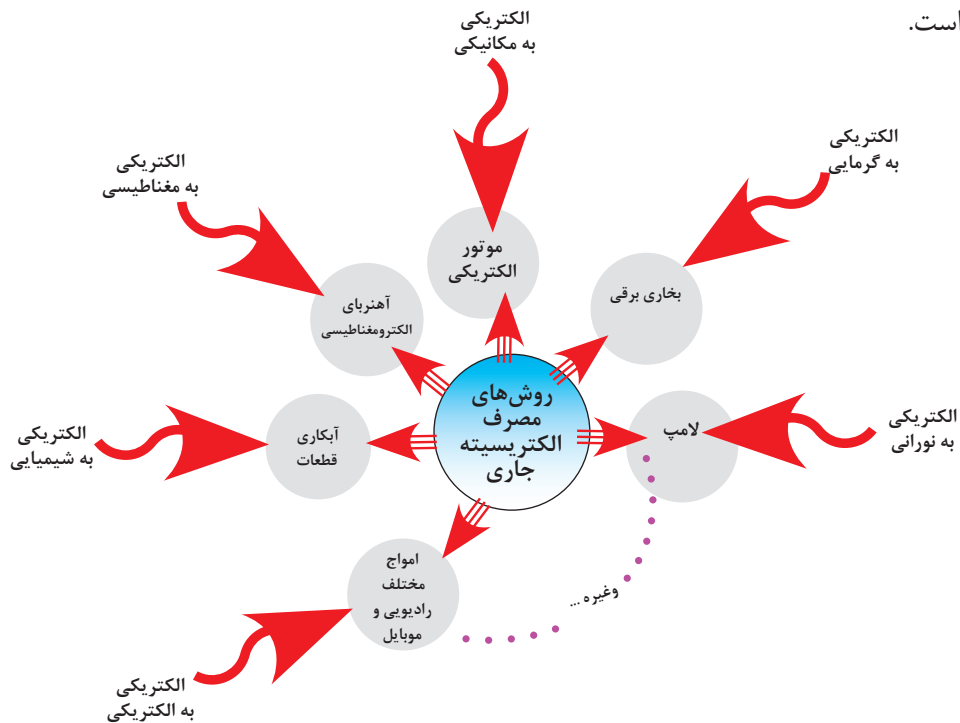
۳-۲۵ الکتریسیته ی مغناطیسی (الکترومغناطیس)



۳-۲۶

## ۳-۳-۲ مصرف الکتریسیته

در عمل، زمینه های مصرف الکتریسته تقریباً در تمامی علوم به نوعی کاربرد دارد که در (شکل ۱۶-۳) به چند نمونه آن اشاره شده است.

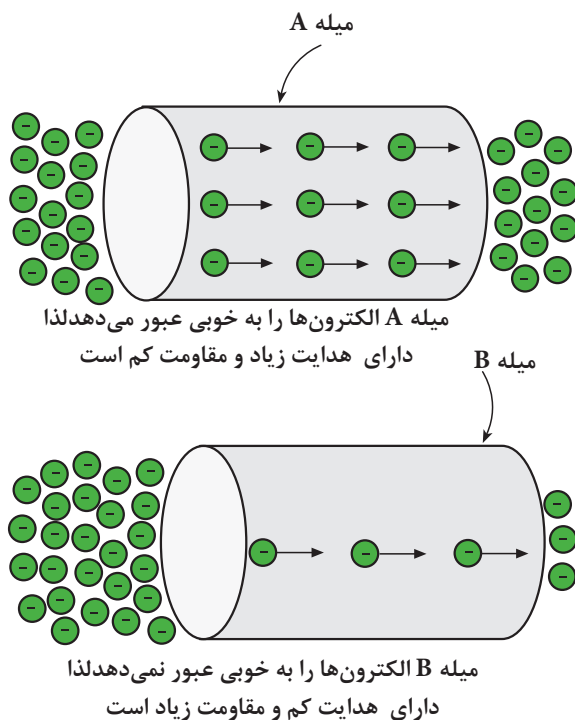


۳-۱۶

## ۳-۳-۳ هدایت و مقاومت مخصوص

همان طور که قبلاً نیز ذکر شد اجسامی که در طبیعت وجود دارند نمی توانند جریان الکتریکی را به یک اندازه از خود عبور دهند، تعداد الکترون های لایه آخر مواد مختلف با هم متفاوت است. میزان هدایت اجسام را با ضریبی تحت عنوان «ضریب هدایت مخصوص» بیان می کنند. این ضریب نشان می دهد که یک جسم تا چه اندازه جریان الکتریکی را از خود عبور می دهد. ضریب هدایت را با حرف یونانی  $\chi$  (کاپا) نشان می دهند.

ضریب دیگری که در اجسام مطرح می شود «ضریب مقاومت مخصوص» نام دارد. این ضریب میزان مخالفت جسم را نسبت به عبور جریان الکتریکی بیان می کند. ضریب مقاومت مخصوص را با حرف یونانی  $\rho$  (رو) نشان می دهند.



شکل ۱۷-۳- میله B الکترون ها را به خوبی عبور نمی دهد لذا دارای هدایت کم و مقاومت زیاد است.

با کمی دقت در توضیحات فوق می توان نتیجه گرفت که این دو ضریب عکس یکدیگرند و روابط زیر را برای این دو ضریب می توان نوشت:

$$\rho = \frac{1}{\chi} \quad \text{یا} \quad \chi = \frac{1}{\rho}$$

در واقع هر جسمی که قابلیت هدایت آن زیاد است مقاومت الکتریکی آن کم و هر جسمی که مقاومت الکتریکی آن زیاد باشد دارای هدایت الکتریکی کم است. در شکل ۳-۱۷ و ۳-۱۸ این مورد نشان داده شده است.

این دو ضریب بدون واحد بوده و واحد آن ها بر حسب عوامل دیگر بیان می شود. یعنی:

مقدار مقاومت و هدایت مخصوص سیم های مسی و آلومینیومی که در صنعت برق کاربرد دارند عبارتند از:

(هدایت مخصوص مس)  $\chi_{cu} = 56$

(مقاومت مخصوص مس)  $\rho_{cu} = \frac{1}{\chi_{cu}} = \frac{1}{56} = 0.01785$

(هدایت مخصوص آلومینیوم)  $\chi_{Al} = 37$

(مقاومت مخصوص آلومینیوم)  $\rho_{Al} = \frac{1}{\chi_{Al}} = \frac{1}{37} = 0.027$

$$\rho = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\chi = \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$$

در مباحث الکتریکی معمولاً میزان مقاومت یا هدایت مواد مختلف نسبت به مس سنجیده می شود. مثلاً اگر گفته شود نسبت مقاومت کربن ۲۰۳۰ می باشد، یعنی میزان مقاومت کربن ۲۰۳۰ مرتبه بیشتر از مس است.



الف - ضریب هدایت گیره کاغذ زیاد است در نتیجه با وصل به پیچ لامپ روشن می شود



ب - ضریب مقاومت پاک کن زیاد است در نتیجه با وصل به پیچ لامپ روشن نمی شود.

شکل ۳-۱۸

## ۳-۴- مقاومت الکتریکی

«مقاومت الکتریکی» خاصیتی است که جسم در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان می دهد. این مخالفت گاهی مانند مقاومت الکتریکی سیم های رابط به صورت ناخواسته و مزاحم در مدارهای الکتریکی وجود دارد. این مقاومت باعث ایجاد تلفات الکتریکی می شود. (شکل ۳-۱۹)



شکل ۳-۱۹- سیم های رابط خطوط انتقال باید دارای مقاومت کمی باشند. مقاومت این سیم ها از نوع مقاومت های مزاحم است.



شکل ۳-۲۰- رشته حرارتی اتوی برقی به عنوان مقاومت الکتریکی نقش تولید حرارت و کنترل جریان را به عهده دارد.

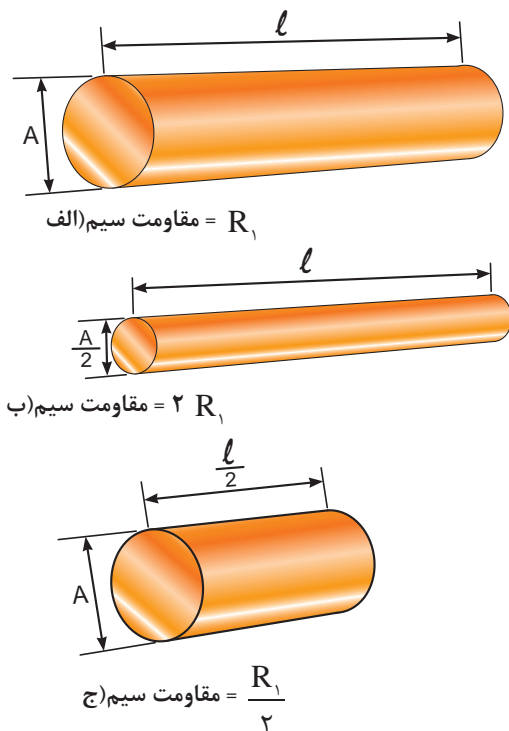
مقاومت می تواند به عنوان عاملی از پیش تعیین شده به صورت یک مصرف کننده در مدارهای الکتریکی قرار گیرد. رشته حرارتی (المنت) اتوی خشک برقی به عنوان یک مقاومت، نه تنها مزاحم نیست بلکه علاوه بر کنترل جریان الکتریکی حرارت نیز تولید می کند. (شکل ۳-۲۰)

مقدار مقاومت الکتریکی را بر حسب اهم ( $\Omega$ ) می سنجند. مقدار مقاومت الکتریکی به عوامل فیزیکی و الکتریکی گوناگونی بستگی دارد.

### ۳-۴-۱- عوامل فیزیکی مؤثر در مقدار مقاومت الکتریکی:

هرگاه سه قطعه سیم با مشخصات داده شده در شکل ۳-۲۱ را در اختیار داشته باشیم و به طور جداگانه مقدار مقاومت های هر یک از آن ها را اندازه بگیریم به نتایجی می رسیم که نشانگر ارتباط بین عوامل مؤثر در مقاومت الکتریکی یک هادی است. برای بررسی عوامل، موارد زیر را مورد بررسی قرار می دهیم:

۱- مقاومت سیم (الف) را اندازه می گیریم و به عنوان مقاومت مبنا یادداشت می کنیم.



شکل ۳-۲۱- مقایسه مقاومت چند قطعه سیم با ابعاد مختلف



۲- سپس مقاومت سیم (ب) را اندازه می گیریم. در این حالت مشاهده می شود با وجودی که سطح مقطع سیم نصف شده است مقدار مقاومت آن دو برابر افزایش می یابد.

۳- با اندازه گیری مقاومت سیم در مرحله (ج) مشاهده می کنیم که با توجه به اینکه طول سیم در حالت (ج) نسبت به حالت (الف) نصف شده، مقدار مقاومت آن نیز به نصف مقدار در حالت (الف) کاهش یافته است. با مقایسه مراحل (الف، ب و ج) در می یابیم که مقاومت یک سیم با طول آن رابطه مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد. مقدار مقاومت سیم را می توان از روابط زیر به دست آورد:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad \text{یا} \quad R = \frac{\ell}{\chi \cdot A}$$

$R$  - مقاومت سیم بر حسب اهم ( $\Omega$ )

$\ell$  - طول سیم بر حسب متر (m)

$A$  - سطح مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  - مقاومت مخصوص سیم بر حسب  $\left( \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$

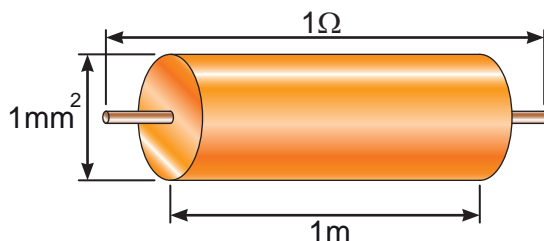
$\chi$  - هدایت مخصوص سیم بر حسب  $\left( \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right)$

$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$  که واحد مقاومت مخصوص سیم می باشد بیانگر آن است که مقاومت سیمی به طول یک متر و سطح مقطع یک میلی متر مربع برابر با یک اهم است. (شکل ۲۲-۳)

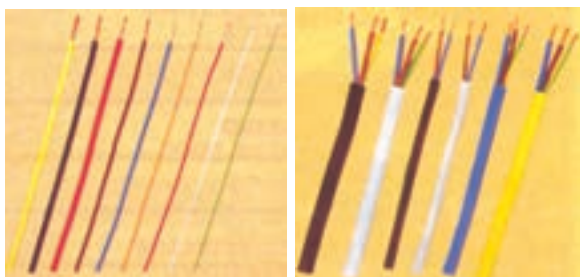
این مطلب را بصورت ریاضی می توان چنین نوشت:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \Rightarrow \rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$$

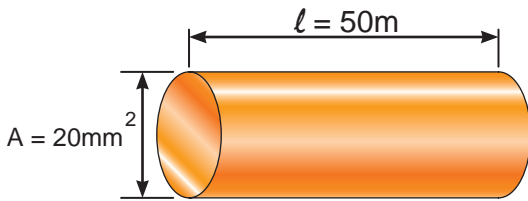
$$\rho = \frac{1[\Omega] \times 1[\text{mm}^2]}{1[\text{m}]} \quad \text{واحد}$$



شکل ۲۲-۳- مشخصات سیمی با مقاومت مخصوص یک اهم



شکل ۲۳-۳- تصاویری از سیم های مسی یک و چند رشته با سطح مقطع  $1/5 \text{ mm}^2$  و طول ۲۰ cm



شکل ۳-۲۴ - سیم مسی به همراه مشخصات



الف - سیم مسی در بین دو گیره سوسماری



ب - سیم تنگستن در بین دو گیره سوسماری.

شکل ۳-۲۵

در شکل ۳-۲۳ تعدادی سیم با سطح مقطع های مختلف را مشاهده می کنید. در انتخاب سطح مقطع سیم برای سیم کشی مدارهای روشنایی یا صنعتی باید به طول و سطح مقطع سیم توجه داشت زیرا در صورت عدم دقت در انتخاب سطح مقطع مناسب، مقاومت سیم افزایش می یابد و میزان تلفات حرارتی را در سیم بالا می برد.

مثال: مقاومت سیم مسی با مشخصات داده شده در

شکل ۳-۲۴ را به دست آورید. ( $\chi = 56$ )

$$R = \frac{\ell}{\chi \cdot A}$$

$$R = \frac{50}{56 \times 20} \Rightarrow R = 0.44 \Omega$$

عکس مقاومت الکتریکی را هدایت الکتریکی می نامند و آن را با حرف (G) نمایش می دهند. واحد هدایت الکتریکی را بر حسب مو (mho) بیان می کنند.  $\left(1 \text{ mho} = \frac{1}{\Omega}\right)$  تصاویر ۳-۲۵ الف و ۳-۲۵ ب نشان می دهند که زیاد یا کم بودن مقدار ضریب هدایت یک سیم چقدر در میزان روشنایی لامپ مؤثر است.

در تصویر (الف) چون سیم به کار رفته در محل اتصال مسی است مقاومت آن کم و به عبارت دیگر میزان هدایت آن زیاد است در این حالت نور لامپ زیاد می باشد. در شکل (ب) سیمی از جنس تنگستن استفاده شده است. چون مقدار هدایت سیم تنگستن کم است به همین خاطر نور لامپ کم می شود.

هدایت الکتریکی را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

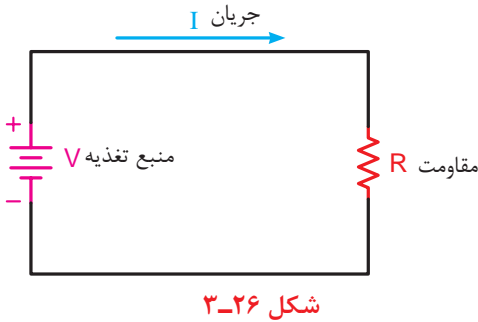
$$G = \frac{1}{R}$$

عوامل فیزیکی دیگری مانند دمای محیط، درصد مواد تشکیل دهنده و ... در مقدار مقاومت ها مؤثر هستند که از طرح چنین مواردی خودداری می شود.



## ۲-۴-۳- عوامل الکتریکی مؤثر در مقاومت:

هرگاه مقاومت الکتریکی در مدار به عنوان مصرف کننده مطرح باشد عوامل الکتریکی مختلفی در تعیین مقدار آن مؤثر است. از جمله می توان ولتاژ مدار و جریان قابل تحمل مقاومت را نام برد. برای مشخص نمودن مقدار مقاومت از روابط خاصی استفاده می شود که در بحث قوانین اساسی برق با آن آشنا خواهید شد. علامت اختصاری مقاومت در مدارهای الکتریکی به صورت  $\text{---}\text{R}\text{---}$  یا  $\text{---}\text{R}\text{---}$  است. (شکل ۳-۲۶)



## ۳-۴-۳- چگونگی تبدیل واحدها به یکدیگر:

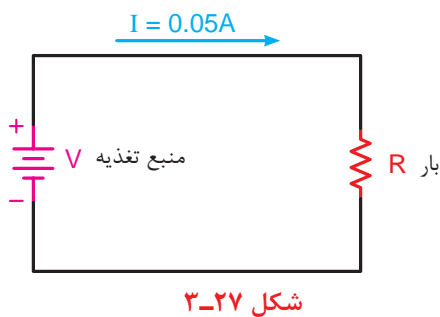
همان گونه که اشاره شد کمیت های الکتریکی جریان (I) و ولتاژ (V) و مقاومت (R) به ترتیب دارای واحدهای آمپر (A)، ولت (V) و اهم ( $\Omega$ ) هستند. در مدارهای الکتریکی این واحدها در مقیاس های کوچک تر یا بزرگ تر از واحد اصلی خود نیز به کار می روند. جدول ۳-۱ نحوه تبدیل این واحدها را به یکدیگر نشان می دهد.

**توضیح:** ضرایبی که با رنگ قرمز مشخص شده اند در مباحث الکتریسیته کاربرد دارند.

مثال: شدت جریان عبوری از مدار شکل ۳-۲۷ معادل چند میلی آمپر است؟

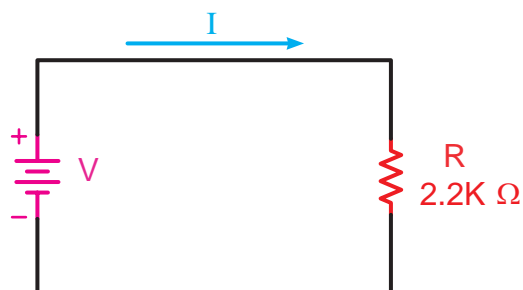
$$I = 0.05 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-2} \times 10^{-3}$$

$$I = 50 \text{ mA}$$



### جدول ۱-۳- اجزاء و اضعاف واحدهای اصلی الکتریکی

مقدار ضریب	شکل نمایی ضریب	نام ضریب	حرف اختصاری	چگونگی تبدیل ضرایب
۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰	$10^{12}$	ترا	T	<div> <div>از واحدهای بزرگتر به واحدهای کوچکتر در ضرایب دارای توان مثبت ضرب یا برضرایب دارای توان منفی تقسیم می کنیم.</div> <div>↓</div> </div>
۱۰۰۰۰۰۰۰۰	$10^9$	گیگا	G	
۱۰۰۰۰۰۰	$10^6$	مگا	M	
۱۰۰۰	$10^3$	کیلو	K	
۱۰۰	$10^2$	هکتو	H	
۱۰	$10^1$	دکا	da	
۱	$10^0$	واحد اصلی		
۰/۱	$10^{-1}$	دسی	d	
۰/۰۱	$10^{-2}$	سانتی	c	
۰/۰۰۱	$10^{-3}$	میلی	m	
۰/۰۰۰۰۰۱	$10^{-6}$	میکرو	μ	<div> <div>از واحدهای کوچکتر به واحدهای بزرگتر در ضرایب دارای توان منفی ضرب یا برضرایب دارای توان مثبت تقسیم می کنیم.</div> <div>↑</div> </div>
۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	$10^{-9}$	نانو	n	
۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱	$10^{-12}$	پیکو	p	

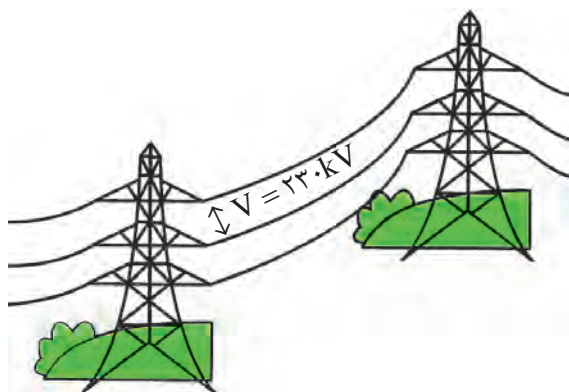


شکل ۲۸-۳- منبع تغذیه

مثال: مقاومت R مدار شکل ۲۸-۳ معادل چند اهم

است؟

$$R = 2/2 \times 10^3 = 2200 \Omega$$



شکل ۲۹-۳

مثال: ولتاژ نشان داده شده در بین دو سیم شکل ۲۹-۳

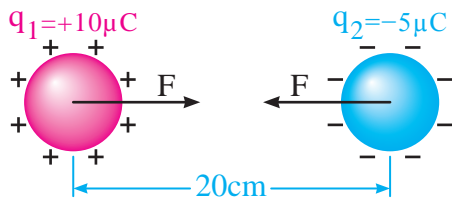
معادل چند میلی ولت است؟

$$V = 230 \times 10^3 = 230000$$

$$V = 230000 \div 10^3 = 230 \times 10^3$$

$$= 23 \times 10^4 \times 10^3 = 2 \times 10^7$$

$$V = 23000000 \text{ mV}$$



مثال: اندازه نیروی بین دو ذره بارها  $Q_1 = 10 \mu C$  و  $Q_2 = -5 \mu C$  که مطابق شکل در فاصله ۲۰ سانتی متری از هم قرار گرفته اند چند نیوتن است؟ ( $k = 9 \times 10^9$ )

$$F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6} \times -5 \times 10^{-6}}{(20 \times 10^{-2})^2}$$

$$F = \frac{-450 \times 10^{-9} \times 10^{-12}}{400 \times 10^{-4}} = \frac{-450 \times 10^{-21}}{400 \times 10^{-4}}$$

$$F = \frac{-450 \times 10^{-23} \times 10^4}{400} = -1125 \times 10^{-9} = -1125 \text{ N}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$E = \frac{6 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-6}} = \frac{6 \times 10^{-3} \times 10^6}{2}$$

$$E = 3 \times 10^3 = 3000 \frac{N}{C}$$

مثال: بار الکتریکی  $q = 2 \mu C$  در یک نقطه از میدان بر بار  $q_0$ ، نیروی ۶ میلی نیوتن وارد می شود. اندازه میدان الکتریکی در این نقطه چند  $\frac{N}{C}$  است؟

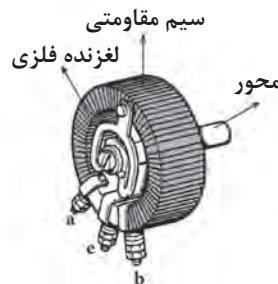
## ۵-۳- انواع مقاومت ها

مقاومت های الکتریکی به انواع زیر تقسیم می شوند:

انواع مقاومت ها

۱- مقاومت های ثابت

۲- مقاومت های متغیر } الف - با تنظیم دستی  
ب- تابع عوامل فیزیکی



شکل ۳۰-۳- مقاومت های ثابت و متغیر

(الف)

در شکل ۳۰-۳ نمونه هایی از مقاومت های ثابت و متغیر

را مشاهده می کنید.

(ب)

## ۱-۵-۳- مقاومت های ثابت

به آن گروه از مقاومت ها که مقدار آن ها را با دست نمی توان تغییر داد «مقاومت های ثابت» می گویند. این مقاومت ها در انواع مختلف ساخته می شوند که شکل ۳-۳۱ نمونه هایی از آن را نشان می دهد.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۳-۳۱- مقاومت های ثابت



الف - مقدار مقاومت با چرخاندن ولوم به وسیله پیچ گوشتی تغییر می کند.



ب - مقدار مقاومت با چرخاندن ولوم به کمک دست تغییر می کند.

شکل ۳-۳۲- انواع مقاومت های متغیر با تنظیم دستی

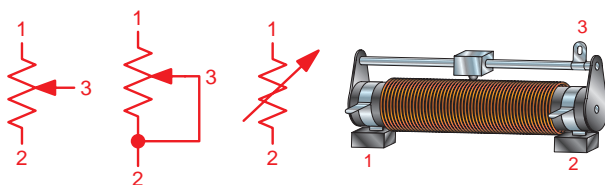
## ۲-۵-۳- مقاومت های متغیر

گروهی از مقاومت ها هستند که امکان تغییر مقدار در آن ها به کمک دست و عوامل فیزیکی وجود دارد. این مقاومت ها را «مقاومت متغیر» می گویند.

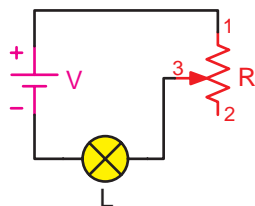
مقاومت های متغیر دارای دو پایه ثابت و یک پایه متغیر هستند مقاومت های متغیر به دو صورت «تنظیم دستی» و «تابع عوامل فیزیکی» ساخته می شوند.

در نوع دستی، مقدار مقاومت را می توان با یک اهرم (لغزنده) و با چرخاندن پیچ گوشتی به کمک دست تغییر داد. در شکل ۳-۳۲ تصویر ظاهری انواع مقاومت های متغیر با تنظیم دستی را مشاهده می کنید.

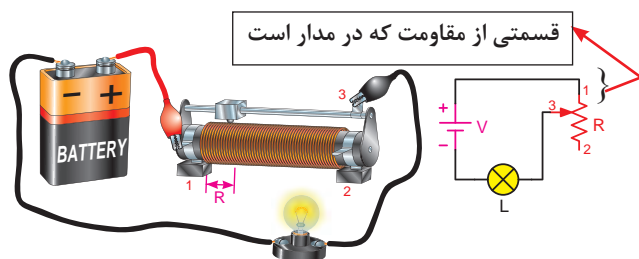
مقاومت های متغیر با تنظیم دستی به دو صورت در مدارها به کار می روند.



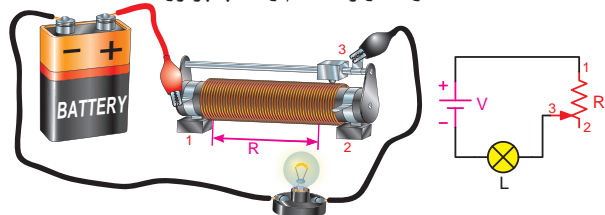
شکل ۳-۳۳ - تصویر ظاهری و علائم اختصاری  
مقاومت متغیر



شکل ۳-۳۴ - نحوه اتصال مقاومت متغیر در حالت رئوستایی

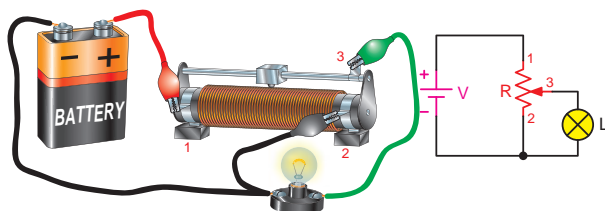


الف - مقاومت رئوستا کم و لامپ پرنور است.



ب - مقاومت رئوستا زیاد و لامپ کم نور است.

شکل ۳-۳۵



شکل ۳-۳۶

## - حالت های رئوستایی: هرگاه از یک پایه ثابت

و پایه متغیر استفاده شود در اصطلاح گفته می شود که مقاومت متغیر در حالت رئوستایی قرار گرفته است. شکل ۳-۳۳ پایه های ثابت و متغیر مقاومت را به همراه علامت اختصاری آن نشان می دهد.

از مقاومت متغیر در حالت رئوستایی برای کنترل جریان مصرف کننده استفاده می شود. یعنی به واسطه تغییر در مقدار مقاومت می توانیم جریان مدار را کم یا زیاد کنیم. شکل ۳-۳۴ نحوه اتصال مقاومت متغیر به حالت رئوستایی در مدار را نشان می دهد.

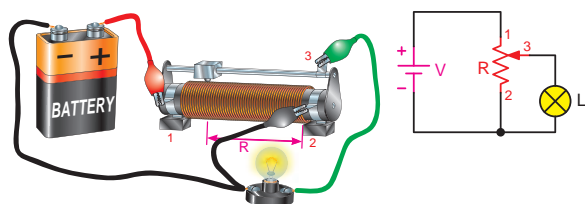
همان گونه که در شکل ۳-۳۵ الف مشاهده می کنید با حرکت دادن پایه متحرک (۳) به سمت پایه ثابت (۱) مقدار مقاومت موجود در مسیر لامپ کاهش می یابد و جریان عبوری زیاد می شود و لامپ را پر نورتر می کند.

در صورت حرکت دادن پایه متحرک (۳) به طرف پایه ثابت (۲) مقدار مقاومتی که در مسیر لامپ قرار می گیرد افزایش یافته و جریان عبوری از لامپ را کاهش می دهد و لامپ را کم نور می کند.

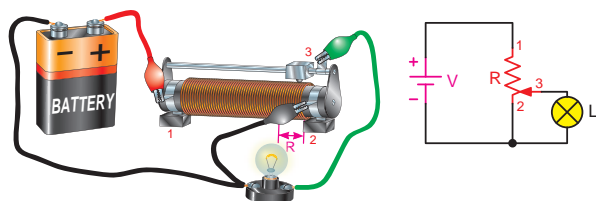
## - حالت های پتانسیومتری: اگر از هر سه پایه

(دو پایه ثابت و یک پایه متغیر) یک مقاومت متغیر استفاده شود در اصطلاح گفته می شود که مقاومت متغیر در حالت پتانسیومتری بسته شده است.

از این حالت اتصال مقاومت های متغیر در مدارها برای کنترل ولتاژ مصرف کننده استفاده می شود. یعنی با تغییر در مقدار مقاومت می توان ولتاژ مصرف کننده را کم و زیاد کرد. شکل ۳-۳۶ نحوه اتصال مقاومت در حالت پتانسیومتری را نشان می دهد.



الف - مقاومت پتانسیومتر زیاد و نور لامپ زیاد



ب - مقاومت پتانسیومتر کم و نور لامپ کم.

شکل ۳-۳۷



شکل ۳-۳۸ - انواع مقاومت های NTC و علامت اختصاری آن.



الف - علامت اختصاری

ب - شکل ظاهری

شکل ۳-۳۹ - انواع مقاومت های PTC و همراه علامت اختصاری آن

در مدار شکل ۳-۳۷ الف هرگاه پایه متحرک (۳) را به پایه ثابت (۱) نزدیک کنیم مقدار مقاومت پتانسیومتر که به دو سر لامپ اتصال دارد، افزایش می یابد و نور لامپ زیاد می شود. در صورتی که پایه متحرک (۳) را به پایه ثابت (۲) نزدیک کنیم مقدار مقاومت متصل شده به دو سر لامپ کاهش می یابد و نور لامپ کم می شود. (شکل ۳-۳۷ ب)

### ۳-۵-۳ - مقاومت وابسته به حرارت

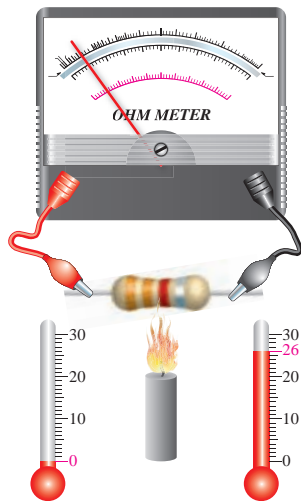
(ترمیستور):

این مقاومت ها تابع حرارت هستند و تغییرات دما روی مقدار مقاومت آن ها اثر می گذارد. این نوع مقاومت ها در دو نوع NTC و PTC وجود دارند.

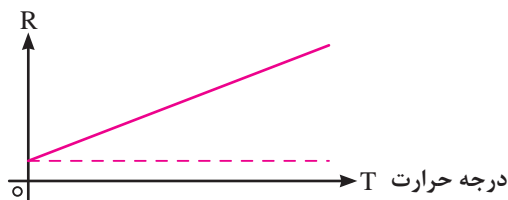
- **مقاومت حرارتی NTC:** ترمیستورهایی هستند که در اثر افزایش دما مقدار مقاومت آنها کاهش می یابد. (شکل ۳-۳۸)

- **مقاومت حرارتی PTC:** ترمیستورهایی هستند که در اثر افزایش دما مقدار مقاومتشان افزایش می یابد. (شکل ۳-۳۹)

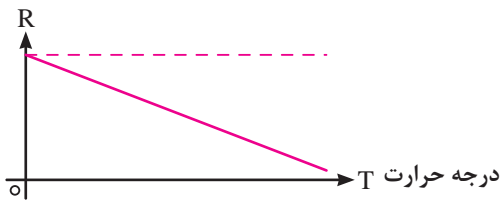
- 1 - PTC-Positive Temperature Coefficient
- 2 - Photo Resistor
- 3 - LDR- light dependent Resistor



شکل ۳-۴۰



شکل ۳-۴۱



شکل ۳-۴۲

## ●●● اثر حرارت بر مقاومت الکتریکی:

یکی از عوامل فیزیکی که بر روی مقدار مقاومت ها تأثیر بسزایی داشته و زمینه کاربردی زیادی را نیز دارد اثر حرارت بر مقدار مقاومت الکتریکی است. هر مقاومت الکتریکی در مقابل افزایش حرارت از خود واکنش خاصی را نشان می دهند.

اصطلاحاً به تغییرات مقدار مقاومت به ازای یک درجه سانتیگراد «ضریب حرارتی» می گویند که به  $(\alpha)$  نمایش می دهند.

همان گونه که اشاره شد مقاومت های تابع حرارت (ترمیستورها) در دو نوع PTC و NTC وجود دارند. در واقع مقاومت های PTC دارای ضریب حرارتی مثبت  $(+\alpha)$  و مشخصه ای بصورت شکل (۳-۴۱) و مقاومت های NTC دارای ضریب حرارتی منفی  $(-\alpha)$  و مشخصه ای بصورت شکل (۳-۴۲) است.

برای محاسبه مقدار مقاومت در اثر افزایش درجه حرارت از رابطه مقابل می توان استفاده کرد.

$$R_t = R_o (1 + \alpha t)$$

$R_o$  - مقدار مقاومت در دمای صفر درجه بر حسب اهم  $[\Omega]$

$\alpha$  - ضریب حرارتی بر حسب  $\left[\frac{1}{^\circ C}\right]$

$t$  - مقدار دمای افزایش یافته نسبت به صفر درجه سانتی گراد.

$R_t$  - مقاومت در دمای  $t$  درجه سانتیگراد بر حسب اهم  $[\Omega]$

مثال: مقاومت الکتریکی سیمی در صفر درجه سانتی گراد

$50 \Omega$  است. اگر دمای سیم به  $150$  درجه سانتیگراد برسد؛

مقاومت الکتریکی سیم چند اهم می شود؟  $(\alpha = 0.004)^\circ C$

$$R_t = R_o (1 + \alpha t)$$

$$R_t = 50 (1 + 0.004 \times 150)$$

$$R_t = 87 / 5 \Omega \quad (\alpha = 0.004)^\circ C$$

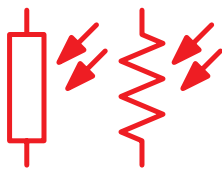


اگر مقاومت المنت یک سماور برقی در صفر درجه سانتیگراد  $100\Omega$  بوده و در ضمن کار کردن به  $150\Omega$  برسد چه مقدار درجه حرارت المنت افزایش یافته است؟ ( $\alpha = 0.05$ )

- الف) ۱۰۰  
ب) ۱۲۰  
ج) ۸۰  
د) ۱۵۰

#### ۴-۵-۳- مقاومت وابسته به نور (فتورزیستور)<sup>۱</sup>:

مقدار مقاومت تابع نور (LDR)<sup>۲</sup> وابسته به شدت نور تابیده شده به آن می باشد. هر قدر شدت نور بیشتر شود مقدار مقاومت فتورزیستور کاهش می یابد. (شکل ۴۰-۳)



ب) علامت اختصاری

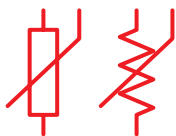


الف) شکل ظاهری

شکل ۴۰-۳- تصویر ظاهری و علامت اختصاری مقاومت LDR

#### ۵-۴-۳- مقاومت وابسته به ولتاژ (وارزیستور)<sup>۳</sup>:

مقاومت های متغیری هستند که مقدار مقاومت آن ها به ازای ولتاژهای مختلف ثابت نیست و تغییر می کند. در این نوع مقاومت ها که به (VDR)<sup>۴</sup> معروف هستند، هر قدر ولتاژ داده شده بیشتر شود، مقدار مقاومت کاهش می یابد. (شکل ۴۱-۳)



ب) علامت اختصاری



الف) شکل ظاهری

شکل ۴۱-۳- تصویر مقاومت وابسته به ولتاژ و علامت اختصاری آن

1 - Photo Resistor

2 - LDR- Light Dependent Resistor

3 - Varistor

4 - VDR- Voltage Dependent Resistor



## ۳-۶- تکنیک ساخت مقاومت ها

مقاومت های الکتریکی را از نظر تکنولوژی ساخت به سه

گروه می توان تقسیم کرد:

### ۳-۶-۱- مقاومت های توده کربنی

(ترکیب کربن<sup>۱</sup>):

مقاومت های توده کربنی از مخلوط کردن پودر نرم کربن

یا گرافیت با پودر عایق ساخته می شوند. به مخلوط فوق یک

نوع چسب اضافه شده تا به صورت خمیر درمی آید و درون

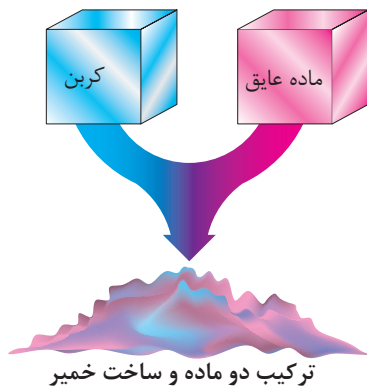
یک قالب استوانه ای با ابعاد خاص فشرده می شود. سپس

سیم های اتصال را در درون خمیر فرو می برند و مجموعه را

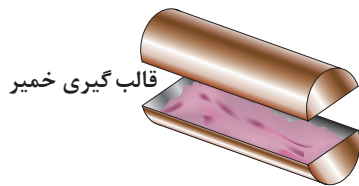
درون کوره می پزند تا سخت شود. در انتها برای محافظت

در مقابل رطوبت و عایق کردن مقاومت، روی آن را یک لایه

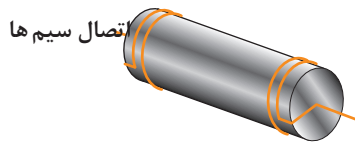
لاک محکم می کشند. (شکل ۳-۴۲)



(الف)



(ب)



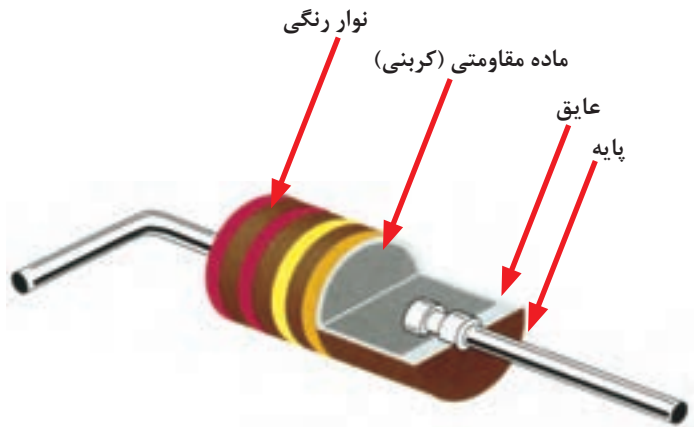
(ج)

قرار دادن لایه روکش



(د)

شکل ۳-۴۲- مراحل ساخت مقاومت توده کربنی



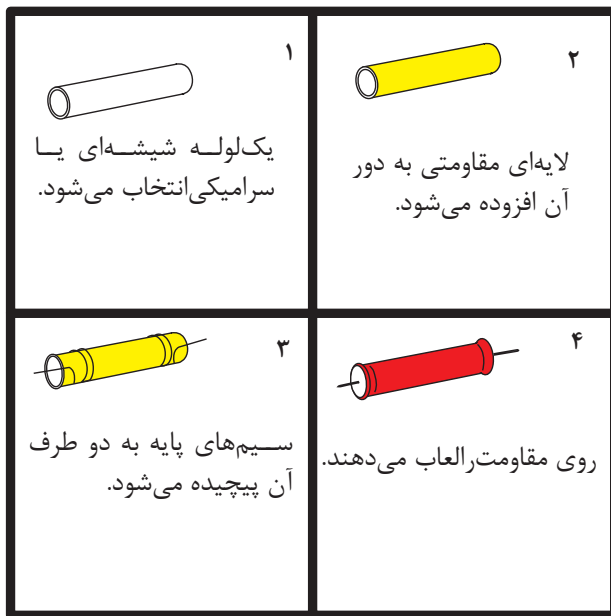
شکل ۳-۴۳ نمونه برش خورده ای از این مقاومت ها را

نشان می دهد.

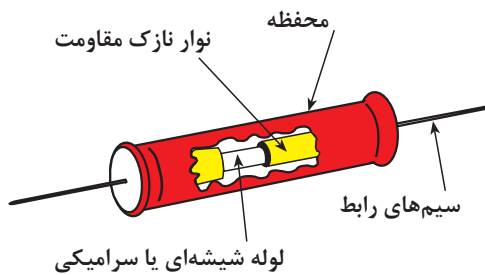
شکل ۳-۴۳- نمونه برش خورده مقاومت توده کربنی

## ۲-۶-۳- مقاومت های لایه ای<sup>۱</sup>:

مقاومت لایه ای را معمولاً به وسیله رسوب دادن (لعب دادن) نوار نازکی از ماده مقاومتی بر روی یک لوله سرامیکی یا شیشه ای می سازند. دو درپوش کوچک و دو سیم رابط را به انتهای پوشش (لعب) مقاومتی وصل می کنند. سپس آن را با یک نوع ماده عایقی روکش می کنند. شکل ۳-۴۴ مراحل ساخت این نوع مقاومت ها را نشان می دهد.



### الف - مراحل ساخت مقاومت لایه ای



### ب - نمای برش خورده مقاومت لایه ای

شکل ۳-۴۴



(ب) مقاومت لایه فلز

(الف) مقاومت لایه کربن

### شکل ۳-۴۵ مقاومت های لایه ای

لایه مقاومتی را که در روی میله سرامیکی لعب داده می شود از ترکیبات متفاوتی می سازند. نام مقاومت لایه ای متناسب با نوع ماده استفاده شده انتخاب می شود.

مقاومت های لایه ای در سه نوع:

«مقاومت لایه کربنی<sup>۲</sup>»، «مقاومت لایه فلز<sup>۳</sup>» و

«مقاومت لایه اکسید فلز<sup>۴</sup>» ساخته می شوند. (شکل ۳-۴۵)

1 - Film Resistor

2 - Carbon. Film Resistor

3 - Metal Film Resistor

4 - Metal Film Resistor

### ۳-۶-۳- مقاومت های سیمی<sup>۱</sup>

در این نوع مقاومت یک سیم مقاومت دار را که معمولاً از جنس کرم - نیکل است با طول و سطح مقطع معین به دور یک هسته عایق (سرامیکی) می پیچند و سپس سر سیم ها به کلاهک های مخصوصی متصل می شوند. در خاتمه نیز سطح مقاومت را با یک روکش سرامیکی، پلاستیکی یا سیلیکونی می پوشانند. (شکل ۳-۴۶)



شکل ۳-۴۶- یک نوع مقاومت سیمی

### ۳-۷- نحوه خواندن مقدار مقاومت ها

مقدار مقاومت ها را روی بدنه آن ها می نویسند (مانند: مقاومت های سیمی) و یا به کمک نوارهای رنگی مشخص می کنند (مانند مقاومت های کربنی و لایه ای) شکل ۳-۴۷ نمونه هایی از این مقاومت ها را نشان می دهد.



(الف)

از مشخصات مهم مقاومت ها می توان به سه عامل زیر اشاره کرد:

#### ۱- مقدار مقاومت: میزان خاصیت اهمی مقاومت را

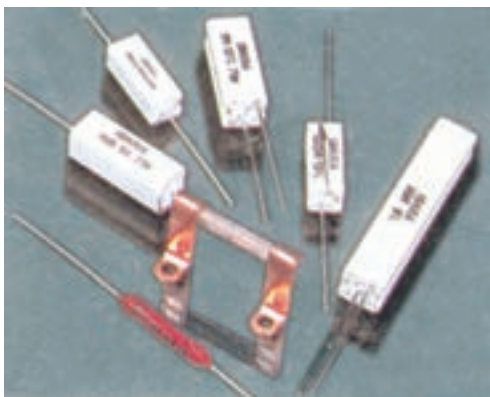
مقدار مقاومت می نامند و آن را با اهم مشخص می کنند.

#### ۲- میزان خطا (تولرانس): مقدار حداقل و حداکثر خطایی

که ممکن است در حین ساخت بر روی مقدار مقاومت به وجود آید، «خطا یا تولرانس» مقاومت می نامند. مقدار خطا را به صورت مثبت و منفی درصد ( $\pm\%$ ) می نویسند.

#### ۳- توان مجاز مقاومت: حداکثر قدرت تحمل مقاومت

در مقابل عبور جریان الکتریکی را «توان مجاز» می نامند.



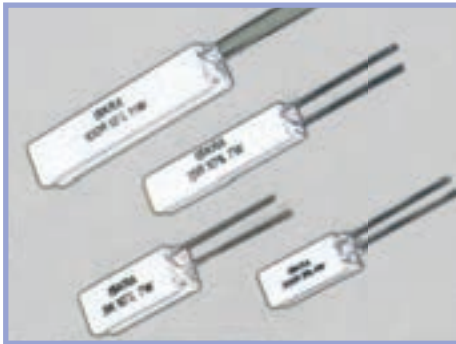
(ب)

شکل ۳-۴۷- نمونه هایی از مقاومت های سیمی و کربنی

## ۱-۷-۳- خواندن مقاومت ها با روش

### مستقیم

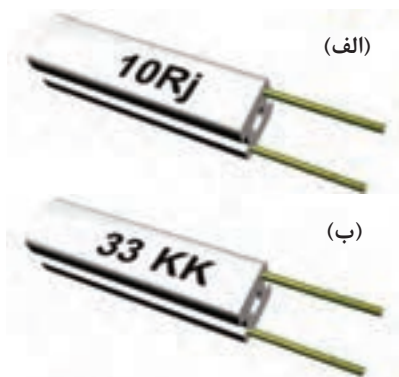
در این روش مقدار مقاومت همراه با میزان تolerانس روی بدنه آن نوشته می شود. (شکل ۳-۴۸) یا از حروف اختصاری برای مشخص کردن مقدار تolerانس مقاومت استفاده می کنند. در این شرایط اگر مقدار مقاومت عدد صحیح باشد آن عدد عیناً نوشته می شود و در این حالت واحد مقاومت را با حروف R برای اهم، k برای کیلو اهم و M برای مگا اهم مشخص می کنند. در صورتی که مقدار مقاومت عدد اعشاری باشد از حروف مربوط به واحدها به عنوان ممیز استفاده می کنند. در این روش تolerانس طبق جدول ۳-۲ بیان می شود.



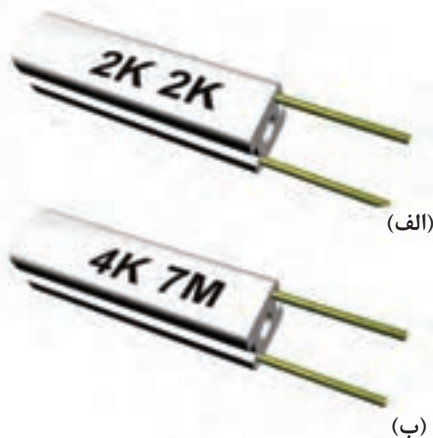
شکل ۳-۴۸

### جدول ۳-۲- حروف اختصاری تolerانس مقاومت های سیمی

حروف اختصاری	J	K	M
مقدار تolerانس	$(\pm 5\%)$	$(\pm 10\%)$	$(\pm 20\%)$



شکل ۳-۴۹- دو نمونه مقاومت سیمی



شکل ۳-۵۰

برای آشنایی بیشتر با این روش به ذکر چند مثال می پردازیم:

**مثال:** مقدار اهم و تolerانس مقاومت های نشان داده شده در شکل ۳-۴۹ چقدر است؟

**حل:** با توجه به جدول حروف رمز داریم که:

$$(الف) 10Rj = 10\Omega \pm 5\%$$

$$(ب) 33KK = 33K\Omega \pm 10\%$$

**مثال:** روی بدنه مقاومت هایی با مقدار اهم و تolerانس زیر

از چه حروفی استفاده می شود؟

$$(الف) R = 2/2 K\Omega \pm 10\%$$

$$(ب) R = 4/7 K\Omega \pm 20\%$$

**حل:** براساس جدول حروف رمز به صورت شکل ۳-۵۰ است.

## ۲-۷-۳- خواندن مقاومت ها به کمک نوارهای رنگی:

حلقه چهارم	حلقه سوم	حلقه دوم	حلقه اول	سیاه
—	0	0	0	سیاه
0	1	1	1	قهوه ای
00	2	2	2	قرمز
000	3	3	3	نارنجی
0000	4	4	4	زرد
00000	5	5	5	سبز
000000	6	6	6	آبی
	7	7	7	بنفش
$\pm 5\%$	$\div 10$	8 طلایی	8	خاکستری
$\pm 10\%$	$\div 100$	9 نقره ای	9	سفید

شکل ۳-۵۱- مقاومت های دارای ۴ حلقه رنگی

در این روش برای تعیین مقدار اهم و تیرانس مقاومت های اهمی از چهار و یا پنج حلقه (نوار) رنگی بر روی بدنه مقاومت ها استفاده می شود.

- روش چهار نوازی: در مقاومت هایی که با چهار نوار رنگی مشخص می شوند مفهوم نوارهای رنگی مطابق شکل ۳-۵۱ است.

در این روش حلقه های رنگی اول و دوم معرف ارقام اول و دوم مقدار مقاومت، حلقه سوم نشان دهنده ضریب مقاومت و حلقه چهارم بیان کننده تیرانس مقاومت است.

**توضیح:** اگر حلقه رنگی چهارم وجود نداشته باشد (بدون رنگ) مقدار تیرانس درصد خطا را ۲۰٪ در نظر می گیریم.



توجه

هیچ گاه نوار رنگی سیاه به عنوان حلقه اول به کار نمی رود. ضمناً نوار رنگی سیاه در حلقه چهارم از هیچ گونه ارزش رقمی برخوردار نیست.

برای آشنایی بیشتر با این روش به ذکر چند مثال می پردازیم:

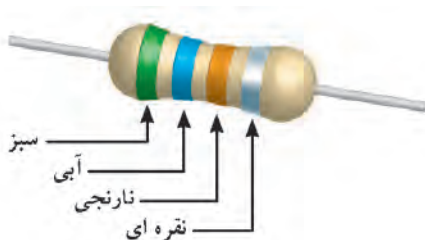
**مثال:** نوارهای رنگی مقاومتی مطابق شکل ۳-۵۲ است مقدار مقاومت و تیرانس آن چقدر است؟

**حل:**

نقره ای - نارنجی - آبی - سبز

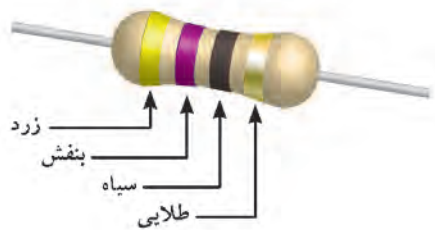
۱۰٪ ۰۰۰ ۶ ۵

$$5600 \Omega = 56 \times 10^2 \Omega \pm 1\%$$



شکل ۳-۵۲





شکل ۳-۵۳

مثال: مقدار مقاومت و تolerانس شکل ۳-۵۳ را مشخص کنید.

حل: با توجه به جدول نوارهای رنگی می توان نوشت:

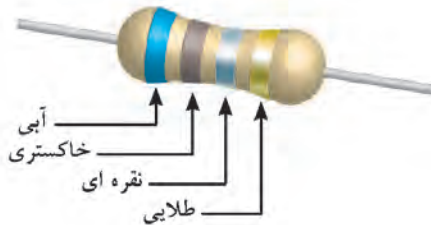
طلایی - سیاه - بنفش - زرد

۵٪ - ۷ - ۴

$$47\Omega \pm 5\%$$

مثال: مقدار اهم و میزان تolerانس مقاومت شکل ۳-۵۴

چقدر است؟



شکل ۳-۵۴

طلایی - نقره ای - خاکستری - آبی

۵٪ - ۰/۰۱ - ۸ - ۶

$$68 \times 0.01 = 0.68 \pm 5\%$$

مثال: نوارهای رنگی مقاومت  $3.3K\Omega \pm 10\%$  را تعیین

کنید.

حل: با کمک جدول برای حلقه های اول تا چهارم رنگ

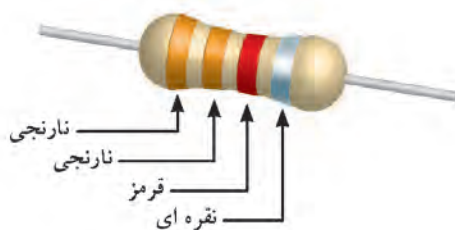
آن ها را مشخص می کنیم.

**- روش پنج نوازی:** در این روش سه نوار اول،

دوم و سوم نشان دهنده ارقام اول، دوم و سوم مقدار مقاومت،

نوار چهارم معرف ضریب و حلقه پنجم تعیین کننده میزان

tolerانس مقاومت است.



شکل ۳-۵۵

شکل ۳-۵۶ مفهوم نوارهای رنگی در مقاومت هایی را که

دارای پنج نوار رنگی هستند، نشان می دهد.

**توضیح:** در صورتی که حلقه رنگی پنجم وجود نداشته

باشد (بی رنگ باشد) مقدار تolerانس ۲۰٪ است.

	حلقه اول	حلقه دوم	حلقه سوم	حلقه چهارم	حلقه پنجم
سیاه	0	0	0	-	
قهوه ای	1	1	1	0	1%
قرمز	2	2	2	00	2%
نارنجی	3	3	3	000	
زرد	4	4	4	0000	
سبز	5	5	5	00000	0.5%
آبی	6	6	6	000000	0.25%
بنفش	7	7	7		0.1%
خاکستری	8	8	8	$\div 10$	
سفید	9	9	9	$\div 100$	

شکل ۳-۵۶ مقاومت های دارای ۵ حلقه رنگی

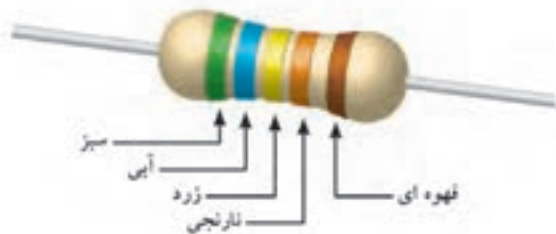


**توجه**

هیچ گاه نوار رنگی سیاه به عنوان حلقه اول به

کار نمی رود. ضمناً نوار رنگی سیاه در حلقه چهارم

از هیچ گونه ارزش رقمی برخوردار نیست.



شکل ۳-۵۷

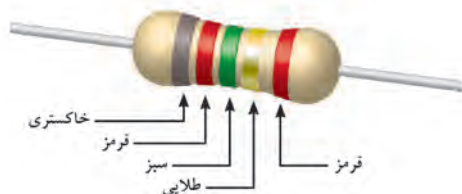
مثال: نوارهای رنگی مقاومتی مطابق شکل ۳-۵۷ است، مقدار مقاومت تفرانس آن چقدر است؟

حل: با توجه به جدول نوارهای رنگی می توان نوشت:

قهوه ای - نارنجی - زرد - آبی - سبز

۱٪ ۰۰۰ ۴ ۶ ۵

$$56400 = 564 \times 10^2 \Omega \pm 1\%$$



شکل ۳-۵۸

مثال: مقدار مقاومت و تفرانس شکل ۳-۵۸ را مشخص

کنید.

حل: قرمز - طلایی - سبز - قرمز - خاکستری

۲٪ ۰/۱ ۵ ۲ ۸

$$825 \times 0.1 = 82.5 \Omega \pm 2\%$$

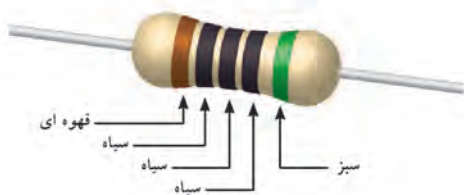
مثال: مقدار اهم و میزان تفرانس مقاومت شکل ۳-۵۹

چقدر است؟

حل: سبز - سیاه - سیاه - سیاه - قهوه ای

۵٪ ۰ ۰ ۰ ۱

$$100 \Omega \pm 5\%$$



شکل ۳-۵۹

مثال: نوارهای رنگی مقاومت ۱٪ ± ۲۲/۲ Ω را تعیین

کنید.

حل: با کمک جدول برای حلقه های اول تا پنجم رنگ

آنها را مشخص می کنیم.

## ۳-۸- استاندارد مقاومت ها

از آن جایی که مقاومت های الکتریکی دارای مقداری

ثابت و درصد معینی تفرانس است، بنابراین هر مقاومت

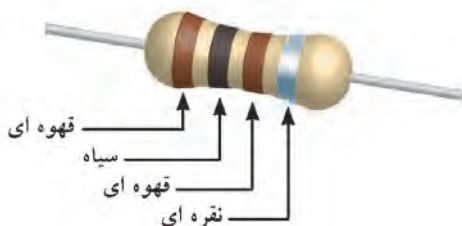
اهمی محدوده مشخصی را می پوشاند.

مثال: محدوده اهمی مقاومت شکل ۳-۶۲ را محاسبه

کنید.



شکل ۳-۶۱ مقاومت توده کربنی



شکل ۳-۶۲- یک نمونه مقاومت کربنی

$$\text{مقدار تفرانس مقاومت} = (\pm 10\%) \times 100 = \left( \pm \frac{10}{100} \right) \times 100 = \pm 10\%$$

$$R_1 = 100 - 10 = 90$$

$$R_2 = 100 + 10 = 110$$

بنابراین مقاومت بین ۹۰ و ۱۱۰ اهم قرار دارد.  
 بر همین اساس در ساخت مقاومت ها سعی شده است  
 که مقادیر مقاومتی طوری انتخاب شوند که محدوده  
 مقاومت ها روی یکدیگر هم پوشی نداشته باشند. بنابراین  
 برای تولید مقاومت های اهمی اعداد پایه ای را تحت عناوین  
 سری مقاومت های استاندارد تعریف می کنند.  
 این سری ها را E6, E12, E24, E48 و E192 می نامند.  
 در جدول ۳-۳ سه سری از استانداردهای مقاومت ها نشان  
 داده شده است.

**جدول ۳-۳- جدول سری های استاندارد مقاومت**

IEC-Series	E6	$\sqrt[6]{10}$	1.0				1.5				2.2				3.3				4.7				6.8			
	E12	$\sqrt[12]{10}$	1.0		1.2		1.5		1.8		2.2		2.7		3.3		3.9		4.7		5.6		6.8		8.2	
	E24	$\sqrt[24]{10}$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

$$1/6 \times 0.1 = 0.016 \Omega$$

$$1/6 \times 0.1 = 0.016 \Omega$$

$$1/6 \times 1 = 0.16 \Omega$$

$$1/6 \times 10 = 1.6 \Omega$$

$$1/6 \times 10^2 = 16 \Omega$$

$$1/6 \times 10^3 = 160 \Omega = 0.16 k\Omega$$

$$1/6 \times 10^4 = 1600 \Omega = 1.6 k\Omega$$

$$1/6 \times 10^5 = 16000 \Omega = 16 k\Omega$$

$$1/6 \times 10^6 = 160000 \Omega = 160 k\Omega$$

با داشتن اعداد پایه داخل جدول و ضرب آن ها در اعداد  
 $0.01, 0.1, 1, 10, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5, 10^6$  می توان مقدار  
 اهم مقاومت های موجود و استاندارد را به دست آورد.  
 به عنوان مثال با انتخاب عدد  $1/6$  از سری E24 و ضرب  
 آن در ضرایب نام برده شده فوق می توان مقاومت های اهمی  
 استاندارد موجود را با روش مقابل به دست آورد.

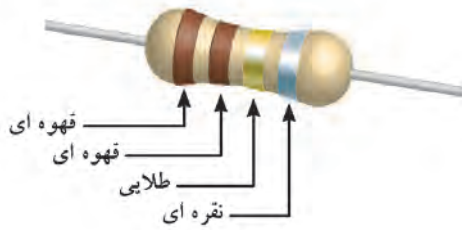
میزان تolerانس برای مقاومت های تولیدی در سری های  
 استاندارد E6, E12 و E24 مطابق جدول ۴-۳ است. با  
 کمی دقت در جدول سری های استاندارد مقاومتی مشاهده  
 می کنیم برخی از اعداد پایه سری E12 مانند:  
 $1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5$  در سری E6 وجود ندارند.  
 هم چنین اعداد پایه:  
 $1/1, 1/3, 1/4, 1/5, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5$  و  $9/1$   
 از سری E24 در سری E12 وجود ندارند.

**جدول ۴-۳- سری استاندارد درصد خطا**

سری استاندارد	درصد خطا
E6	$\pm 20\%$
E12	$\pm 10\%$
E24	$\pm 5\%$



با در نظر گرفتن جدول ۳-۳ متوجه می شویم که اگر ما مقاومتی با عدد پایه ۱/۱ و تolerانس ۱۰٪ و یا ۲۰٪ بخواهیم در عمل وجود ندارد. (شکل ۳-۶۳)



شکل ۳-۶۳

این مقاومت ها استاندارد نبوده و در بازار یافت نمی شوند.

یا

$10\% \pm 11\Omega = (10 \times 1) / (\text{عدد پایه})$  (ضریب)  $10\% \pm 11\Omega = 11\Omega \pm 10\%$

## ۹-۳- توان مجاز مقاومت ها

همان گونه که اشاره شد یکی دیگر از عوامل مهم انتخاب مقاومت های اهمی «توان مجاز» است. این توان اغلب به صورت حرارت در اطراف مقاومت اهمی هدر می رود. شکل ۳-۶۴ در اصطلاح به ماکزیمم قدرت تحمل مقاومت ها در برابر عبور جریان الکتریکی «توان مجاز» می گویند. ماکزیمم مقدار توان مجاز به عوامل گوناگونی مانند ولتاژ، جریان و دمای محیط بستگی دارد. در فصل ششم با چگونگی محاسبه این توان و هم چنین مقادیر استاندارد آن در مقاومت های اهمی آشنا خواهید شد.



شکل ۳-۶۴- مقاومت اهمی (R)



### آزمون پایانی (۳)

۱- کدام گزینه تعریف جریان الکتریکی است؟

الف - تعداد الکترون های والانس در لایه خارجی یک هادی

ب - مقدار انرژی که به مدار والانس وارد می شود.

ج - کاری که روی اتم ها انجام می شود.

د - الکترون های آزاد که در یک مسیر حرکت می کنند.

۲- چند کولن بار می تواند در مدت ۲ میلی ثانیه جریانی برابر با ۵ آمپر را به وجود آورد؟

الف - ۰/۰۱      ب - ۲/۵      ج - ۱۰      د - ۰/۰۰۰۴

۳- سرعت جریان الکتریکی برابر با کدام گزینه است؟

الف - سرعت صوت      ب - سرعت نور

۴- کدام یک از موارد زیر واحد چگالی جریان است؟

الف -  $\frac{\text{mm}^2}{\text{A}}$       ب - j      ج -  $\frac{\text{A}}{\text{c}}$       د -  $\frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

۵- تراکم جریان در کدام سیم بیشتر است؟



۶- توانایی انجام کار روی ذره ی باردار را ..... گویند.

الف - جریان      ب - پتانسیل

ج - چگالی      د - ضریب هدایت مخصوص

۷- کدام گزینه رابطه صحیح ولتاژ را نشان می دهد؟

الف -  $v = \frac{q}{w}$       ب -  $v = \frac{t}{q}$       ج -  $v = \frac{q}{t}$       د -  $v = \frac{w}{q}$

۸- ولتاژ باتری های کتابی کوچک برابر با چند ولت است؟

الف - ۱/۵      ب - ۶      ج - ۹      د - ۱۲



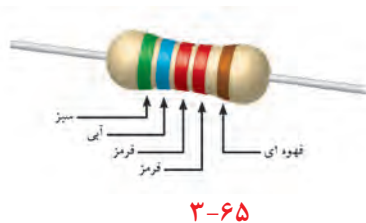
۹- جسمی که ضریب مقاومت مخصوص آن زیاد باشد هدایت الکتریکی آن ..... است؟

الف - کم  
ب - زیاد

ج - با توجه به مدار والانس کم  
د - با توجه به مدار والانس زیاد

۱۰- مقدار هدایت مخصوص سیم های آلومینیومی چند مو (mho) است؟

الف - ۲۸۶٪      ب - ۵۶      ج - ۱۷۸۵٪      د - ۳۷



۱۱- کدام گزینه مقدار اهم و تلرانس مقاومت شکل ۳-۶۵ را نشان می دهد؟

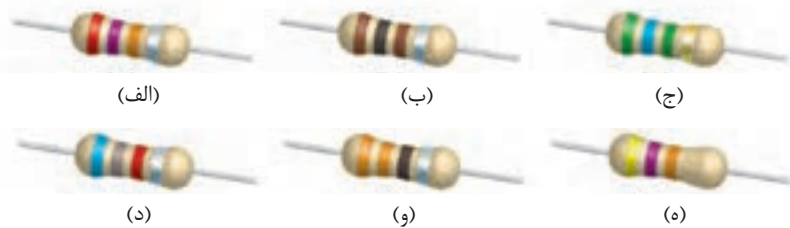
الف -  $56/2 \Omega \pm 2\%$       ب -  $6/84 \Omega \pm 10\%$

ج -  $56/2 k\Omega \pm 1\%$       د -  $6/84 k\Omega \pm 1\%$

۱۲- اگر روی بدنه مقاومتی «۳M۹z» نوشته شده باشد مقدار مقاومت و تلرانس آن چقدر است؟

الف -  $39 \pm 5\%$       ب -  $3/9 M\Omega \pm 5\%$       ج -  $3/9 M\Omega \pm 1\%$       د -  $39 M\Omega \pm 5\%$

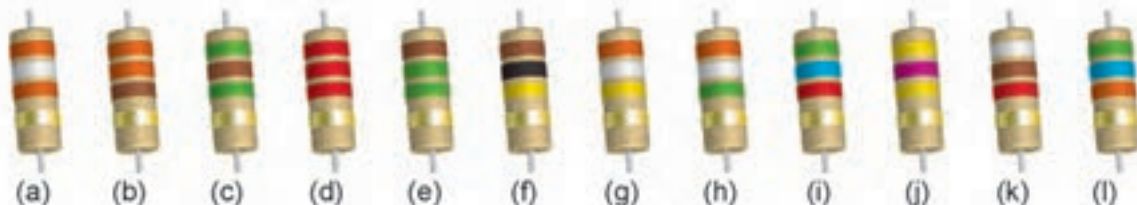
۱۳- مقدار اهم و تلرانس مقاومت های شکل ۳-۶۶ را بنویسید.



۳-۶۶

۱۴- از بین مقاومت های نشان داده شده در شکل ۳-۶۷ مقاومت های زیر را مشخص کنید.

الف -  $330 \Omega$       ب -  $2/2 k\Omega$       ج -  $56 k\Omega$       د -  $100 k\Omega$       هـ -  $39 k\Omega$



شکل ۳-۶۷

۱۵- حرکت الکترون های آزاد برای برقراری جریان در درون سیم به چه صورت است؟

الف - متوالی      ب - ضربه ای      ج - دورانی      د - بیضی

۱۶- کدام یک از روابط زیر رابطه صحیح مقاومت است؟

الف -  $R = \frac{l}{P.A}$       ب -  $R = \frac{\chi.l}{A}$       ج -  $R = A \frac{l}{P}$       د -  $R = P \frac{l}{A}$

۱۷- کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

الف - مقاومت با سطح مقطع رابطه مستقیم دارد.

ب - مقاومت با طول رابطه معکوس دارد.

ج - هدایت مخصوص با سطح مقطع رابطه معکوس دارد.

د - مقاومت با طول رابطه مستقیم دارد.

۱۸- اگر در یک مدار فقط از دو پایه مقاومت متغیری (یک پایه ثابت و دیگری متغیر) استفاده شود، در این صورت

مقاومت در حالت ..... وصل شده است.

۱۹- ترمیستوری را که با افزایش دما نسبت مستقیم دارد، ..... گویند.

۲۰- در صورتی که مقدار اهم مقاومتی با افزایش ولتاژ کاهش یابد آن مقاومت را ..... نامند.

۲۱- در ساخت مقاومت های سیمی معمولاً از یک سیم مقاومت دار از جنس ..... استفاده می شود.

۲۲- نوارهای رنگی یک مقاومت  $5\% \pm 5/6 \Omega$  به ترتیب از راست به چپ ..... است.

۲۳- مقاومت های لایه ای معمولاً از ترکیبات اکسیدفلزی ..... و ..... ساخته می شود.

۲۴- از چگالی جریان در تعیین حداقل جریان قابل تحمل سیم ها استفاده می شود. ☐ غلط ☐ صحیح

۲۵- نیرویی که باعث انجام کار روی ذره باردار می شود EMF نام دارد. ☐ غلط ☐ صحیح

۲۶- ضریب هدایت مخصوص نشان می دهد که میزان مخالفت جسم در برابر عبور جریان چه اندازه است.

☐ غلط ☐ صحیح

۲۷- مقاومت مخصوص سیم های آلومینیومی بیشتر از سیم های مسی است. ☐ غلط ☐ صحیح

۲۸- مقاومت هایی که در اثر افزایش دما مقدار مقاومتشان کاهش می یابد NTC نام دارد. ☐ غلط ☐ صحیح

۲۹- واحد بار الکتریکی کولن بر ثانیه است. ☐ غلط ☐ صحیح

۳۰- تلرانس مقاومت های سری E12 برابر  $\pm 10\%$  است. ☐ غلط ☐ صحیح




# خودآزمایی عملی

۱- ده مقاومت با نوارهای رنگی را انتخاب کرده و مقادیر آنها را قرائت کنید.



(شکل ۳-۶۸)

نتیجه



---

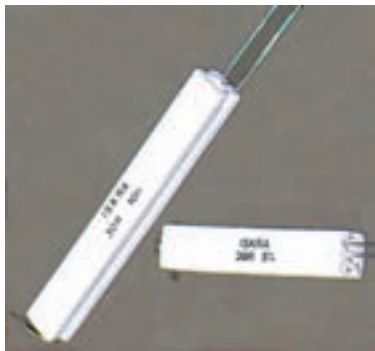
---

---

---


---

۲- پنج مقاومت سیمی را که مشخصات روی بدنه آن نوشته شده است انتخاب کنید و مقادیر آنها را بنویسید.



(شکل ۳-۶۹)

نتیجه



---

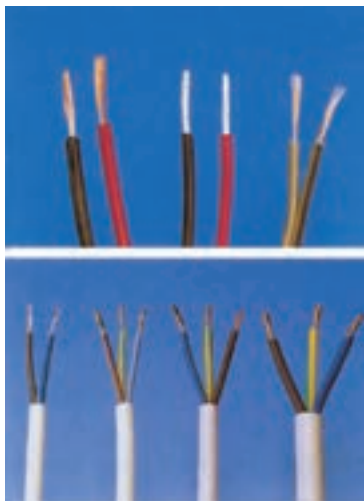
---

---

---


---

۳- دو متر از سیم یا کابل موجود در منزل را که مشخصات سطح مقطع روی آن نوشته شده است، انتخاب کنید و مقدار مقاومت آن را به دست آورید. (شکل ۳-۷۰)



(شکل ۳-۷۰)

نتیجه



---

---

---

---

---



مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

## واحد کار مبانی الکتریسیته

### فصل چهارم: قوانین اساسی الکتریسیته

#### هدف کلی

شناسایی قوانین اهم و کیرشهف



**هدف های رفتاری:** در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

- ۱- مدار الکتریکی را تعریف کند و اجزای آن را نام ببرد.
- ۲- مفاهیم مدار بسته، مدار باز، اتصال کوتاه و اتصال زمین را در یک مدار الکتریکی توضیح دهد.
- ۳- قوانین اهم و کیرشهف ( $kV_L$  و  $kC_L$ ) را توضیح دهد.
- ۴- مسائل ساده مربوط به قوانین اهم و کیرشهف ( $kV_L$  و  $kC_L$ ) را حل کنید.



ساعت

نظری	عملی	جمع
۶	-	۶

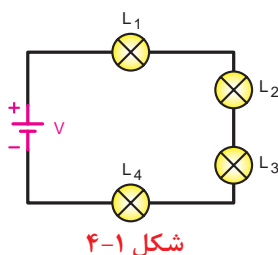


- ۱- وقتی یک باتری، لامپی را روشن می کند در لامپ کدام یک از موارد زیر رخ می دهد؟  
 الف - تبدیل انرژی الکتریکی به شیمیایی  
 ب - تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی  
 ج - تبدیل انرژی الکتریکی به نورانی  
 د - تبدیل انرژی شیمیایی به حرارتی

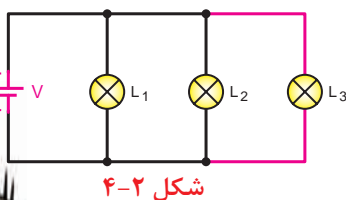
- ۲- فیوژی که در مسیر کنتور منزل شما قرار دارد در چه زمانی مدار را قطع می کند؟  
 الف - در صورت قطع برق از محل تولید  
 ب - وقتی جریان از شبکه کشیده نشود.  
 ج - سیم های حامل جریان به هم وصل شوند.  
 د - سیم در داخل ساختمان قطع شود.

- ۳- کدام عامل در یک مدار الکتریکی عامل خاموش بودن لامپ نیست؟  
 الف - وصل بودن کلید  
 ب - قطع شدن قسمتی از مدار چایی  
 ج - سوختن لامپ  
 د - قطع شدن فیوز

- ۴- در مدار شکل ۴-۱ اگر دو سر لامپ  $L_4$  را توسط سیمی اتصال کوتاه کنیم نور سایر لامپ ها چه تغییری می کند؟ (مشخصات لامپ ها با هم مساوی است)  
 الف - کمی کاهش می یابد.  
 ب - افزایش می یابد.  
 ج - تغییر نمی کند.  
 د - به شدت کاهش می یابد.



- ۵- در مدار شکل ۴-۲ اگر لامپ  $L_4$  به مدار اضافه شود نور سایر لامپ ها چه تغییری می کند؟  
 الف - افزایش می یابد.  
 ب - کمی کاهش می یابد.  
 ج - تغییری نمی کند.  
 د - بسیار کم می شود.



- ۶- کدام یک از موارد زیر نشان دهنده واحد جریان الکتریکی است؟

د -  $\frac{C}{S}$

ج -  $\frac{A}{S}$

ب -  $\frac{q}{t}$

الف -  $\frac{S}{C}$

- ۷- کدام یک از روابط زیر غلط است؟

د -  $j = \frac{I}{A}$

ج -  $R = \frac{A}{I.X}$

ب -  $q = I.t$

الف -  $\rho = \frac{1}{X}$



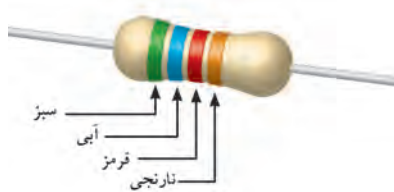
۸- چهار میلی آمپر معادل چند آمپر است؟

- الف - ۴۰۰۰      ب - ۰/۰۰۴      ج - ۰/۰۴      د - ۰/۴

۹- در مقاومت LDR هر قدر شدت نور بیشتر شود مقدار مقاومت .....

- الف - افزایش می یابد.      ب - منفی می شود.  
ج - تغییر نمی کند.      د - کاهش می یابد.

۱۰- مقدار اهم و تolerانس مقاومت نشان داده شده در شکل ۳-۴ کدام گزینه است؟



شکل ۳-۴

الف -  $5/6 k\Omega \pm 10\%$

ب -  $562 k\Omega \pm 20\%$

ج -  $65/2 k\Omega \pm 10\%$

د -  $56/2 k\Omega \pm 20\%$

۱۱- تolerانس مقاومتی با مشخصات  $3k9J$  کدام یک از گزینه های زیر است؟

- الف -  $\pm 5\%$       ب -  $\pm 10\%$       ج -  $\pm 2\%$       د -  $\pm 20\%$

۱۲- مقاومت های VDR با تغییرات ولتاژ رابطه ..... دارند.

- الف - مستقیم      ب - معکوس      ج - مجذوری      د - رادیکالی







## مقدمه

قبل از اینکه به بررسی قوانین اساسی برق بپردازیم لازم است به بررسی برخی از تعاریف پایه ای و تعدادی از اجزای مدارهای الکتریکی آشنا شویم.

## ۴- مدار الکتریکی

مسیر عبور جریان الکتریکی را «مدار الکتریکی» گویند. اجزای اصلی یک مدار الکتریکی ساده عبارتند از:



الف - منبع تغذیه (مولد)

ب - سیم های رابط

ج - مصرف کننده (بار)

منبع تغذیه در یک مدار نقش تولید کننده انرژی الکتریکی

را دارد و می تواند باتری یا ژنراتور باشد. (شکل ۴-۴)

شکل ۴-۴- چند نمونه باتری

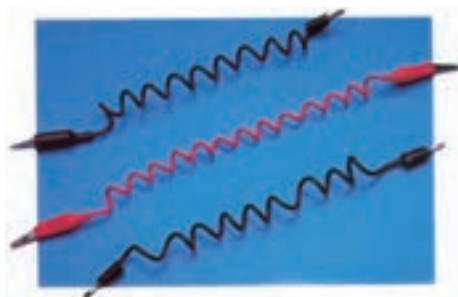


مصرف کننده (بار)، وسیله ای است که انرژی الکتریکی

را به انرژی مورد نیاز تبدیل می کند. (شکل ۴-۵)



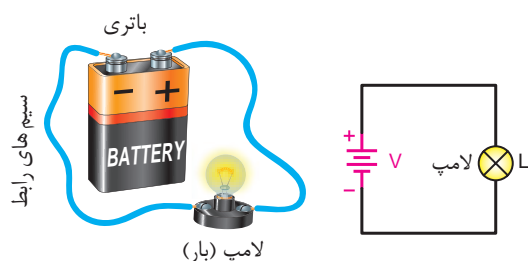
شکل ۴-۵- چند مصرف کننده



شکل ۴-۶- سیم های رابط

وظیفه سیم های رابط، انتقال انرژی الکتریکی از

منبع تغذیه به مصرف کننده است. (شکل ۴-۶)

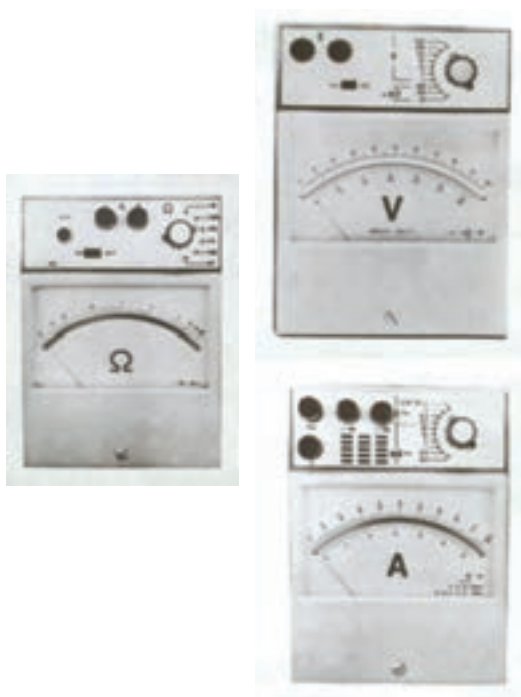


الف- شکل مدار تصویر مقابل ب- مدار الکتریکی ساده

شکل ۴-۷



شکل ۴-۸





شکل ۴-۹

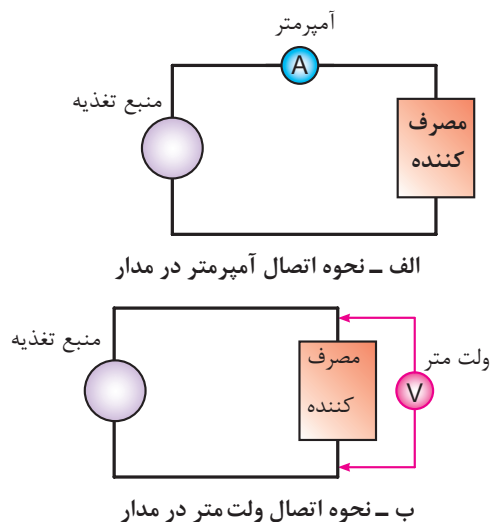
در شکل ۴-۷ تصویر یک مدار الکتریکی را ملاحظه می کنید.

در مدارهای الکتریکی علاوه بر سه عامل اصلی فوق باید از اجزای دیگری نیز استفاده شود. از جمله این اجزا می توان کلید، فیوز و وسایل اندازه گیری را نام برد. اگر اجزای فوق در مدار الکتریکی وجود نداشته باشد ایرادی در کار مدار پیش نمی آید ولی اصولاً مدار فاقد کنترل و حفاظت خواهد بود اما عدم وجود یکی از اجزای اصلی کار طبیعی مدار را دچار مشکل می کند.

به همین دلیل در برخی از کتاب ها به سایر اجزای مدار «اجزای فرعی» نیز می گویند.

فیوز وسیله ای است که مدارهای الکتریکی را در مقابل اتصال کوتاه<sup>۱</sup> حفاظت می کند. نمونه هایی از انواع فیوزها را در شکل ۴-۸ مشاهده می کنید. فیوز را در مدارها با علامت اختصاری  یا  نشان می دهند.

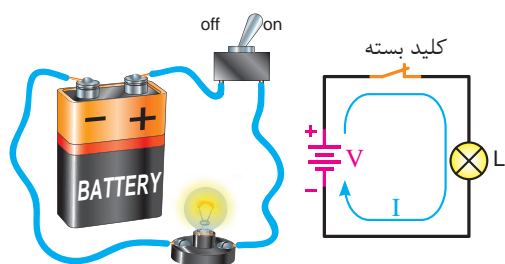
دستگاه های اندازه گیری برای سنجش کمیت های گوناگون الکتریکی مانند جریان، ولتاژ و مقاومت به کار می روند. برای اندازه گیری جریان از آمپر متر، ولتاژ از ولت متر و مقاومت از اهم متر استفاده می شود. در شکل ۴-۹ چند نمونه از دستگاه های اندازه گیری نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۰- نحوه اتصال آمپر متر و ولت متر



شکل ۴-۱۱



الف - مدار کامل بدون کلید (مدار واقعی) ب - مدار کامل با کلید (شکل مداری)

شکل ۴-۱۲- نمونه هایی از مدار کامل

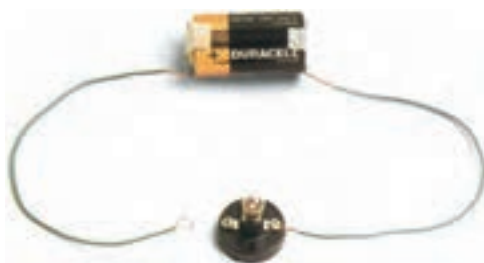
برای اندازه گیری جریان هر جزء مدار باید آمپر متر را طبق شکل ۴-۱۰- الف در مسیر آن جزء قرار داد. در اصطلاح به این نوع اتصال « سری » گفته می شود.

برای اندازه گیری ولتاژ هر یک از اجزای مدار باید ولت متر را به دو سر آن جز مدار وصل کرد. در اصطلاح این نوع اتصال را « موازی » می نامیم. شکل ۴-۱۰- ب نحوه اتصال ولت متر را نشان می دهد

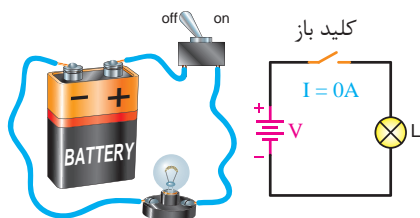
کلید در مدارهای الکتریکی به عنوان قطع و وصل کننده جریان به کار می رود. در شکل ۴-۱۱ چند نمونه از کلیدها نشان داده شده است.

اگر برای عبور جریان الکتریکی مسیر کاملی از طریق قطب مثبت باتری، سیم های رابط و مصرف کننده به قطب منفی وجود داشته باشد آن مدار را « مدار بسته » یا « مدار کامل » می گویند.

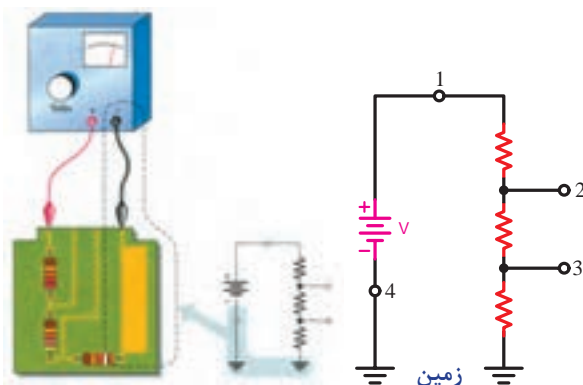
در شکل ۴-۱۲ نمونه ای از یک مدار الکتریکی بسته (کامل) را مشاهده می کنید.



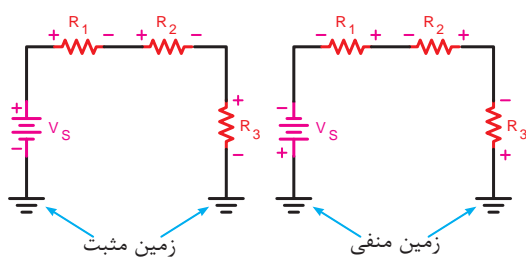
الف - مدار باز بدون کلید (شکل واقعی)



ب - مدار باز با کلید (شکل مداری)

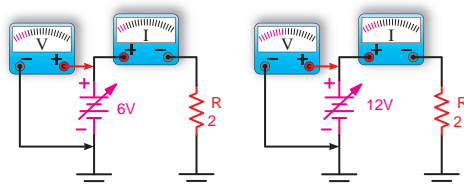


الف - شکل برد مدار چاپی و نقشه فنی آن



ب - شکل مدار الکتریکی با اتصال زمین مثبت و منفی

شکل ۴-۱۴



الف - ولتاژ زیاد، جریان زیاد      ب - ولتاژ کم، جریان کم

شکل ۴-۱۵ - تغییرات ولتاژ و جریان به ازای

مقاومت ثابت در یک مدار الکتریکی

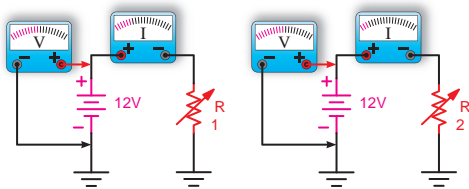
در صورتی که مسیر عبور جریان به دلایلی از قبیل قطع شدن سیم‌های رابط، سوختن فیوز، قطع مصرف کننده یا قطع شدن کلید کامل نباشد مدار را «مدار باز» یا «مدار ناقص» می‌گویند. شکل ۴-۱۳ نمونه‌هایی از مدار باز را نشان می‌دهد.

**توضیح:** در برخی موارد برای ساده تر رسم کردن مدارهای الکتریکی یکی از قطب‌های منبع تغذیه (+ یا -) مشترک در نظر می‌گیرند و آن را زمین می‌نامند و از سیم زمین به عنوان یکی از سیم‌های رابط مدار استفاده می‌شود. به این ترتیب معمولاً یک طرف مصرف کننده‌ها نیز به زمین وصل می‌شود. در این حالت جریان از طریق اتصال زمین (مشترک) صورت می‌گیرد. علامت اختصاری زمین به صورت  $\perp$  یا  $\downarrow$  یا  $\equiv$  یا  $\text{---}$  است.

شکل ۴-۱۴ تصویر مدارهایی را نشان می‌دهد که در آن سیم زمین یا مشترک در نظر گرفته شده است. در قسمت الف صفحه مدار چاپی<sup>۱</sup> و نقشه فنی آن را ملاحظه می‌کنید. در شکل ب اتصال زمین مثبت و منفی نشان داده شده است.

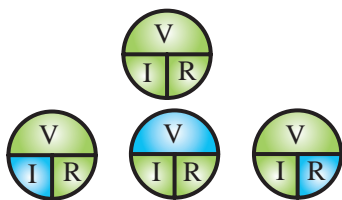
## ۴-۱- قانون اهم

جرج سیمون اهم در سال ۱۸۲۸ براساس تجربیات و آزمایش‌های فراوان توانست ارتباط بین ولتاژ (V)، جریان (I) و مقاومت (R) را در یک مدار به دست آورد. اهم به این نتیجه رسید که اگر مقاومت یک مدار را ثابت نگه داریم و ولتاژ منبع تغذیه را افزایش دهیم شدت جریان افزایش می‌یابد. (شکل ۴-۱۵)



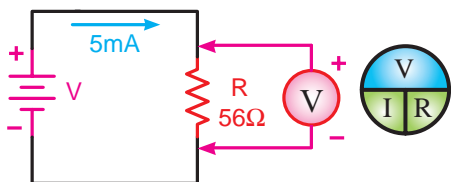
الف - مقاومت زیاد، جریان کم      ب - مقاومت کم، جریان زیاد

شکل ۴-۱۶- تغییرات جریان و مقاومت  
به ازای ولتاژ ثابت در یک مدار الکتریکی

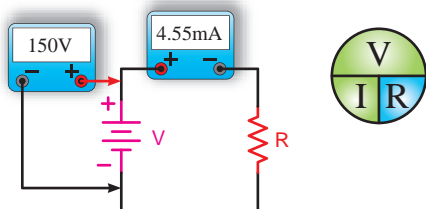


$$I = \frac{V}{R} \quad V = IR \quad R = \frac{V}{I}$$

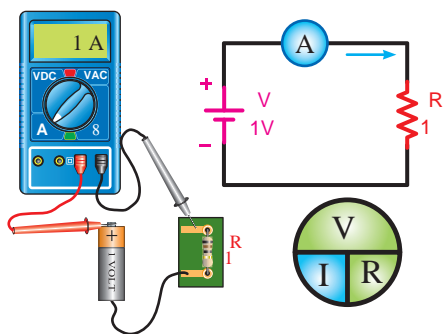
شکل ۴-۱۷- نمودار دایره‌های قانون اهم در حالت‌های مختلف



شکل ۴-۱۸



شکل ۴-۱۹



شکل ۴-۲۰

او هم چنین دریافت که اگر ولتاژ منبع تغذیه را ثابت نگه داریم و مقدار مقاومت مدار را افزایش دهیم جریان مدار کاهش می‌یابد. (شکل ۴-۱۶)

نتایج آزمایش‌های اهم به نام قانون اهم شناخته شده که رابطه قانونی اهم را به سه صورت شکل ۴-۱۷ می‌توانیم بنویسیم.

همان گونه که مشاهده می‌شود اگر دو جزء از معادله معلوم باشد (کمیت‌های سبز رنگ) می‌توان به آسانی جزء سوم (کمیت آبی رنگ) را به دست آورد.

مثال: در مدار شکل ۴-۱۸ ولت متری که در دو سر مقاومت قرار دارد چه ولتاژی را نشان می‌دهد؟

حل:  $V = R \cdot I$  (قانون اهم)

$$V = (56\Omega)(5\text{mA})$$

$$V = (5 \times 10^{-3} \text{A})(56\Omega) = 280 \times 10^{-3} \text{V}$$

$$V = 280 \text{mV}$$

مثال: در مدار شکل ۴-۱۹ مقدار مقاومت چند کیلو اهم است؟

حل:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{150 \text{V}}{4/55 \text{mA}} \quad (\text{قانون اهم})$$

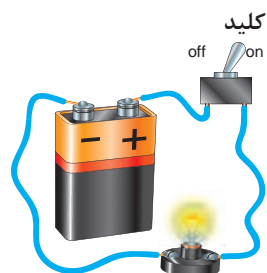
$$R = \frac{150 \text{V}}{4/55 \times 10^{-3} \text{A}} = 33 \times 10^3 \Omega = 33 \text{k}\Omega$$

مثال: جریان عبوری از مقاومت مدار شکل ۴-۲۰ چقدر میلی آمپر است؟

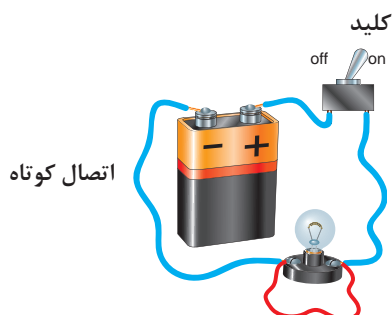
حل:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1 \text{V}}{1\Omega} = 1 \text{A}$$

$$I = 1 \times 10^3 = 1000 \text{mA}$$

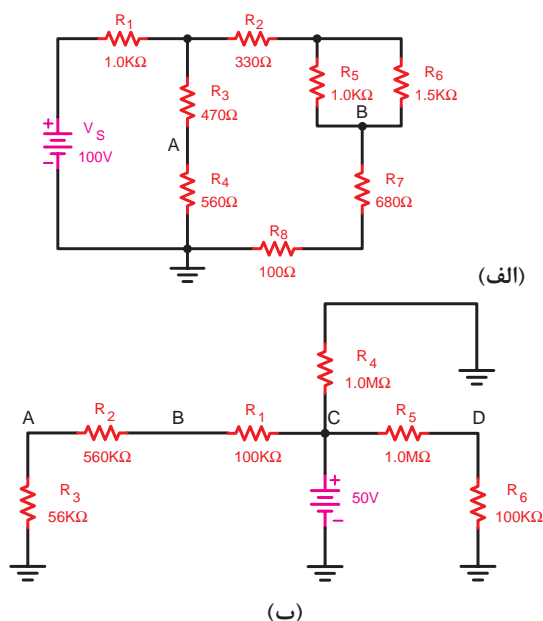


الف - مدار در حالت عادی (لامپ روشن)



ب - مدار در حالت اتصال کوتاه (لامپ خاموش) عبور جریان بسیار زیاد است.

شکل ۴-۲۱



شکل ۴-۲۲ نمونه هایی از مدارهای پیچیده

**نکته مهم:** یکی از حالات خطرناکی

که ممکن است در مدار الکتریکی به وجود آید حالت «اتصال کوتاه» است.



حالت اتصال کوتاه در مدار به شرایطی گفته می شود که مقاومت مصرف کننده (بار) به صفر برسد. در صورت وقوع چنین حالتی جریان بسیار زیادی از مدار خواهد گذشت. (شکل ۴-۲۱-ب)

## ۴-۱-۱- قوانین کیرشهف:

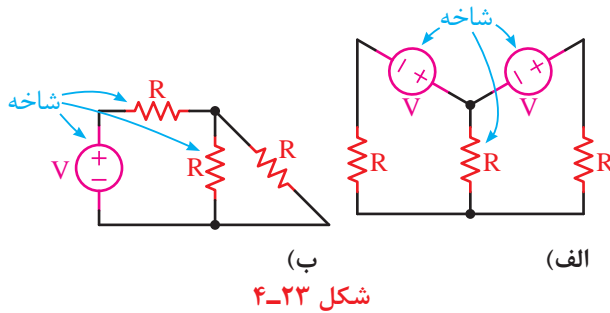
در برخی موارد برای حل مدارهای الکتریکی پیچیده ای مانند شکل ۴-۲۲ استفاده از قانون اهم به تنهایی کافی نیست و به کارگیری روش ها و قوانین دیگری نیز لازم است.

در سال ۱۸۵۷ میلادی کیرشهف براساس آزمایش ها و تحقیقاتی که انجام داد نظریات خود را در قالب دو قانون بیان داشت.

پیش از بررسی قوانین کیرشهف باید با تعاریف شاخه، گره و حلقه آشنا شویم.

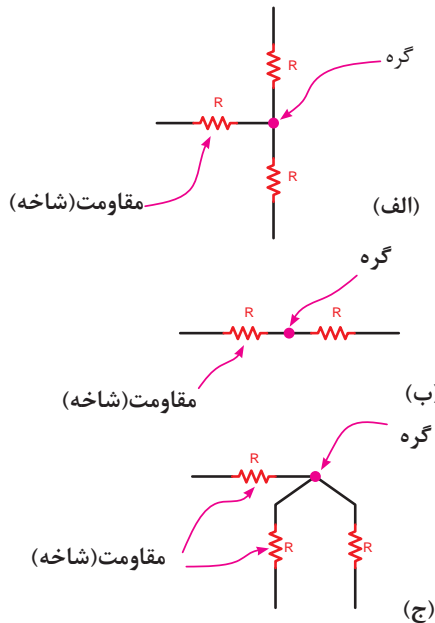
## ۴-۱-۲- تعریف شاخه:

اصطلاحاً به هر یک عناصر بکار رفته در مدارهای الکتریکی یک «شاخه» گفته می‌شود. در شکل ۴-۲۳ نمونه‌هایی برای شاخه نشان داده شده است.



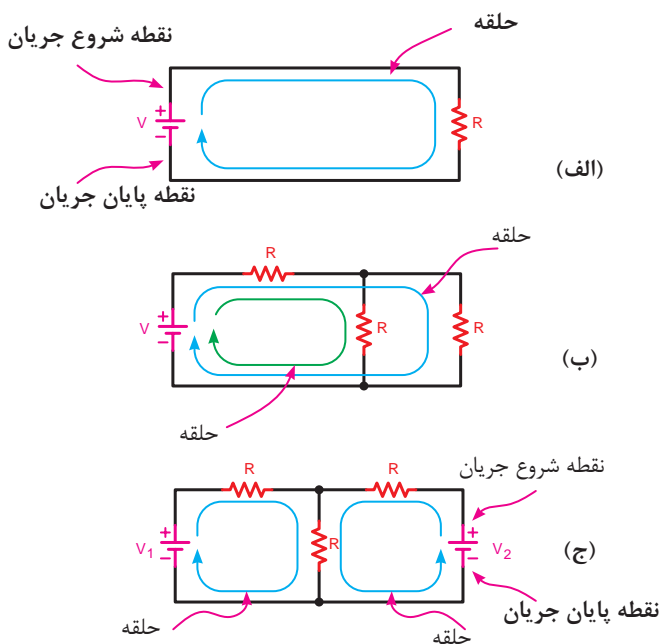
## ۴-۱-۳- تعریف گره:

محل اتصال دو یا چند شاخه در یک مدار الکتریکی را «گره» می‌نامند. شکل ۴-۲۴ نمونه‌هایی از گره‌های مختلف را نشان می‌دهد.

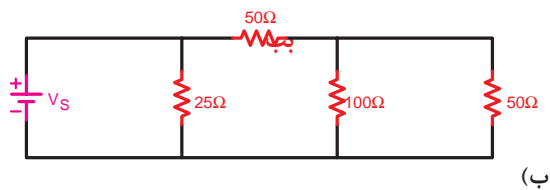
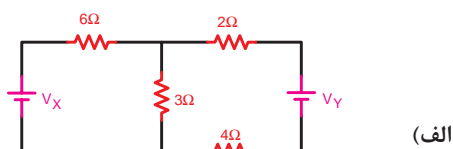


## ۴-۱-۴- تعریف حلقه:

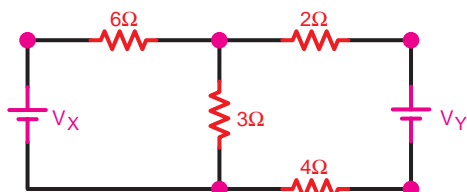
هرگاه در مدار نقطه‌ای که محل شروع حرکت جریان است نقطه پایان جریان نیز باشد آن را «مدار کامل» یا «حلقه» می‌نامند. در شکل ۴-۲۵ نمونه‌هایی از حلقه‌های مختلف را مشاهده می‌کنید.



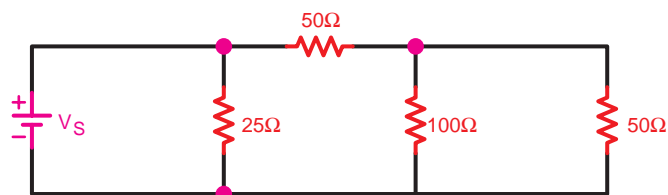
مثال: تعداد گره‌های موجود در تصاویر شکل ۴-۲۶ را مشخص کنید.



شکل ۴-۲۶



الف - تعداد گره‌های مدار ۵ گره است

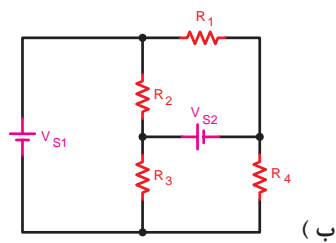
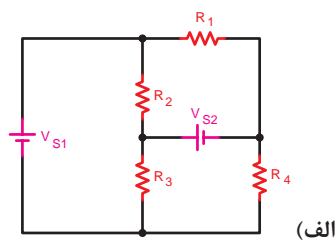


ب - تعداد گره‌های مدار ۳ گره است

شکل ۴-۲۷

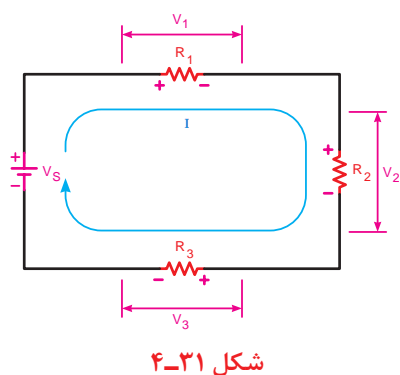
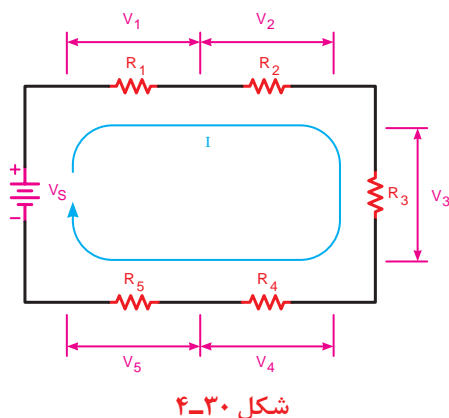
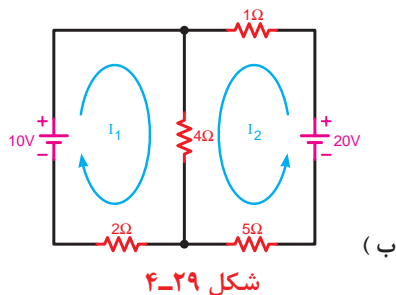
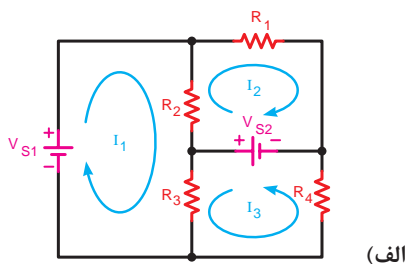
حل: با توجه به تعریف گره می‌توان گره‌های موجود در مدارهای الف و ب را مطابق شکل ۴-۲۷ مشخص کرد. تعداد گره‌های مدار الف برابر ۵ گره و مدار ب برابر ۳ گره است.

مثال: تعداد (حلقه) مسیرهای عبور جریان در تصاویر ۴-۲۸ را مشخص کنید.



شکل ۴-۲۸





حل: برای مشخص کردن تعداد حلقه های هر مداری باید از تعریف حلقه متوجه شویم که در این صورت و مطابق شکل ۴-۲۹ تعداد حلقه های مدار الف برابر ۶ و مدار ب معادل ۳ می باشد.

## ۴-۲- قانون ولتاژها (KVL)

براساس این قانون در یک حلقه بسته مجموع افت ولتاژها برابر با مجموع نیروهای محرکه (ولتاژها) موجود در حلقه است.

$$\sum V = \sum R.I$$

به عبارت دیگر مجموع جبری نیروهای محرکه و افت ولتاژهای موجود در هر حلقه بسته مساوی با صفر است.

$$\sum V = 0$$

**توجه**

در مدارهای الکتریکی منابع تغذیه (باتری ها) را نیروی محرکه و ولتاژ دو سر مقاومت ها و سایر مصرف کننده ها را افت ولتاژ در نظر می گیرند.

شکل ۴-۳۱ یک مدار با سه مقاومت نشان می دهد. در این مدار معادله KVL را می نویسیم:

1 - KVL- Kirchhoff 's Voltage Law

۲- علامت (Σ زیگما) حرف یونانی است که به معنی مجموع است.

$$\sum V = \sum R.I$$

$$V = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

یا

$$+R_1 I + R_2 I + R_3 I - V = 0$$

مثال: مقدار ولتاژ  $V_r$  شکل ۴-۳۲ چند ولت است

$$V_1 + V_r + V_3 - V_s = 0$$

$$V_1 + V_r + V_3 = V_s$$

$$V_r = V_s - (V_1 + V_3)$$

$$V_r = 30 - (12 + 6)$$

$$V_r = 12V$$

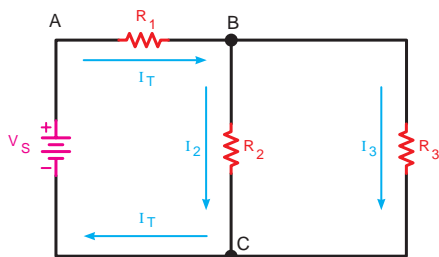
حل:

### ۴-۳- قانون جریان ها (KCL) ۱

براساس قانون جریان ها در هر گره یک مدار الکتریکی

مجموع جریان های وارد شده به گره برابر با مجموع

جریان های خارج شده از گره است (شکل ۴-۳۳)



شکل ۴-۳۳- قانون جریان ها برای گره های B و C

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

به عبارت دیگر مجموع جبری جریان های وارد شده به

گره و جریان های خارج شده از آن برابر با صفر است.

$$\sum I = 0$$

در شکل ۴-۳۴ وضعیت گره A از نظر جریان های ورودی

و خروجی مشخص شده است. معادله KCL را برای گره A

چنین می توان نوشت:

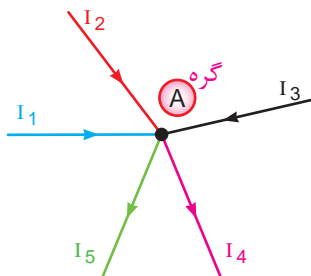
$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

یا

$$\sum I = 0$$

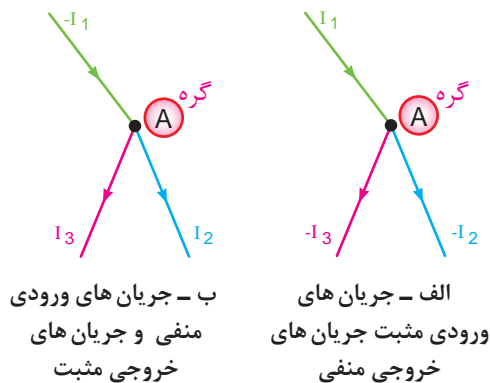
$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$



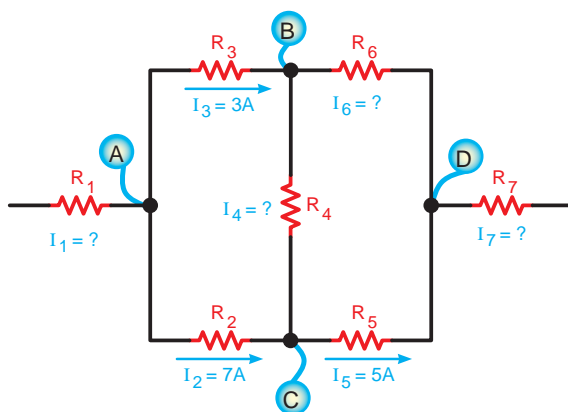
شکل ۴-۳۴- قانون جریان ها برای گره ها



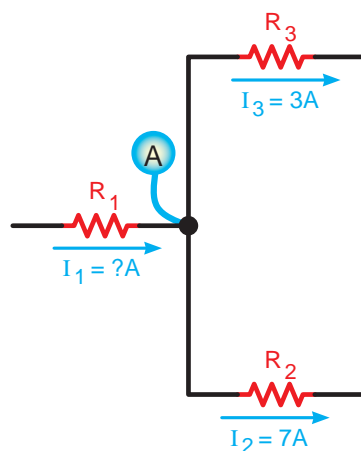
انتخاب علامت مثبت یا منفی برای جریان های وارد شده و خارج شده به یک گره قراردادی است و هیچ گونه محدودیتی ندارد. اما باید توجه داشته باشید برای یک گره جریان باید از یک قانون تبعیت کنید شکل ۳۵-۴. یعنی همه جریان های ورودی مثبت یا منفی باشد. نمی توانید یکی از جریان های ورودی به گره را مثبت و دیگری را منفی بگیرید.



شکل ۳۵-۴ قانون جریان ها برای گره ها



شکل ۳۶-۴



شکل ۳۷-۴

مثال: مقدار و جهت جریان در هر یک از مقاومت های شکل ۳۶-۴ را به دست آورید.

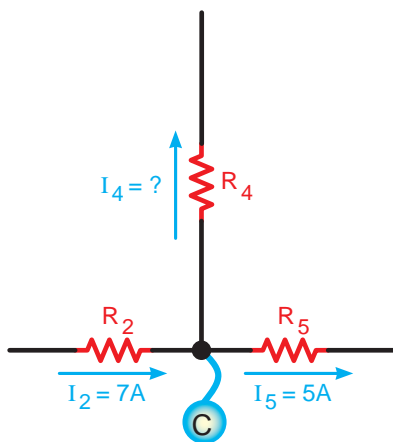
حل: برای مشخص شدن مقدار و جهت جریان ها باید معادله KCL را برای هر یک از گره های A, B, C, D بنویسیم.

در گره A دو جریان  $I_1$  و  $I_3$  خارج می شود.<sup>۱</sup> لذا جریان  $I_1$  بر آن وارد می شود در شکل ۳۷-۴ با نوشتن معادله KCL جریان  $I_1$  قابل محاسبه است:

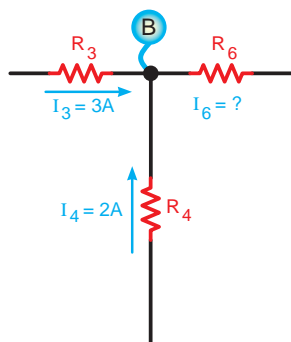
$$I_1 = I_3 + I_2 = 3 + 7$$

$$I_1 = 10A$$

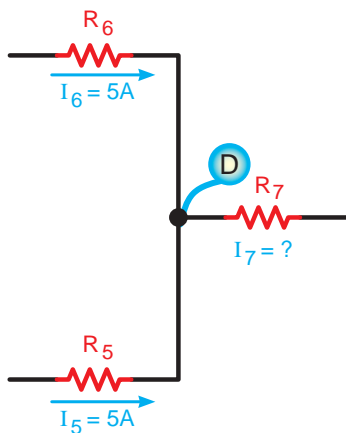
۱ - در یک گره همه جریان ها نمی توانند وارد و یا خارج شوند.



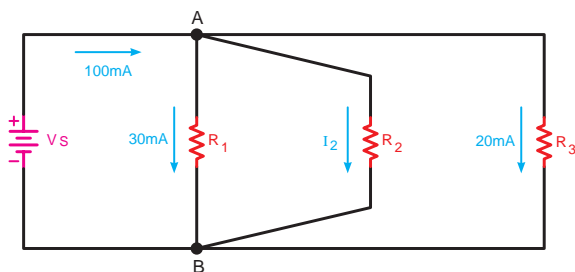
شکل ۴-۳۸



شکل ۴-۳۹



شکل ۴-۴۰



شکل ۴-۴۱

در گره C چون جریان  $I_\delta$  کوچک تر از  $I_\gamma$  است لذا جریان  $I_\phi$  باید از گره خارج شود تا تعادل جریان برقرار شود. شکل ۴-۳۸ پس معادله KCL را فقط برای حالتی می توان نوشت که جریان  $I_\phi$  از گره خارج می شود:

$$I_\gamma = I_\phi + I_\delta \Rightarrow I_\phi = I_\gamma - I_\delta = 7 - 2$$

$$I_\phi = 5A$$

در گره B شکل ۴-۳۹ چون جریان های  $I_\gamma$  و  $I_\phi$  وارد می شوند. بنابر قاعده KCL جریان  $I_\delta$  باید از نقطه B خارج شود. مقدار  $I_\delta$  برابر خواهد شد با: (شکل ۴-۲۰)

$$I_\delta = I_\gamma + I_\phi = 3 + 2 = 5A$$

$$I_\delta = 5A$$

همان طوری که در شکل ۴-۴۰ مشاهده می شود جریان های  $I_\phi$  و  $I_\delta$  به گره D وارد می شوند. بنابراین با نوشتن KCL برای گره D معلوم می شود که جهت جریان  $I_\gamma$  باید به گونه ای باشد که از گره خارج شود بنابراین داریم:

$$I_\gamma = I_\delta + I_\phi = 5 + 5 = 10A$$

$$I_\gamma = 10A$$

مثال: جریان مقاومت  $R_\phi$  در شکل ۴-۴۱ چند میلی آمپر به دست می آید:

با نوشتن معادله KCL گره A مقدار جریان  $I_\gamma$  به دست می آید:

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

$$I_T = I_1 + I_\gamma + I_\phi$$

$$I_\gamma = I_T - (I_1 + I_\phi)$$

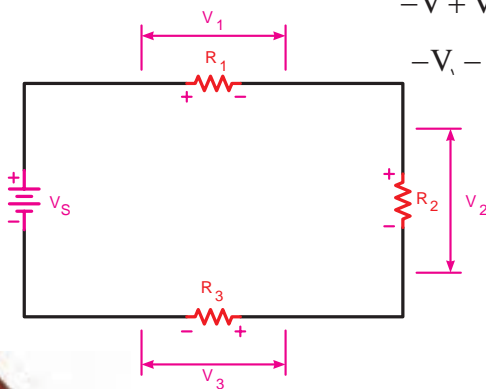
$$I_\gamma = 100 - (30 + 20)$$

$$I_\gamma = 50mA$$



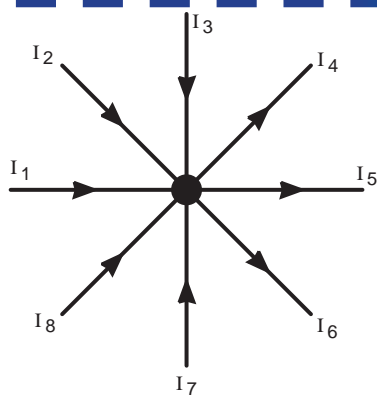
## آزمون پایانی (۴)

- ۱- کدام گزینه اجزای اصلی یک مدار را بیان می کند؟  
 الف - منبع تغذیه، فیوز، سیم های رابط  
 ب - منبع تغذیه، کلید، فیوز  
 ج - سیم های رابط، بار، منبع تغذیه  
 د - سیم های رابط، کلید، بار
- ۲- نقش اصلی فیوز در مدارهای الکتریکی ..... است.  
 الف - حفاظت مدار در مقابل قطع برق  
 ب - حفاظت مدار در مقابل اتصال کوتاه  
 ج - هدایت جریان الکتریکی  
 د - برقراری تعادل بین اجزای مدار
- ۳- نقش اتصال زمین (مشترک) در مدارهای الکتریکی چیست؟  
 الف - ایجاد حفاظت در مدار  
 ب - برقراری مسیر اتصال کوتاه  
 ج - کنترل و محدود کردن جریان در مدار  
 د - ساده تر رسم کردن مدار
- ۴- با توجه به قانون اهم، ولتاژ یک مدار با جریان مدار رابطه ..... دارد.  
 الف - معکوس  
 ب - مجذوری  
 ج - مستقیم  
 د - نمایی
- ۵- اگر ولتاژ ۵۰ ولت به دو سر یک مقاومت  $5k\Omega$  اتصال داده شود، چه جریانی از آن می گذرد؟  
 الف -  $75mA$   
 ب -  $15A$   
 ج -  $2A$   
 د -  $10mA$
- ۶- کدام یک از معادلات زیر برای شکل ۴-۴۲ صحیح است؟  
 الف -  $V_1 - V_2 - V_3 - V = 0$   
 ب -  $-V + V_1 + V_2 + V_3 = 0$   
 ج -  $V_1 + V_2 = V + V_3$   
 د -  $-V_1 - V_2 + V_3 + V = 0$



شکل ۴-۴۲





شکل ۴-۴۳

۷- کدام معادله برای شکل ۴-۴۳ صحیح است؟

الف -  $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_5 + I_6 + I_7 + I_8$

ب -  $I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 - I_6 + I_7 - I_8 = 0$

ج -  $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = I_6 + I_7 + I_8$

د -  $-I_1 - I_2 - I_3 - I_4 - I_5 + I_6 + I_7 + I_8 = 0$

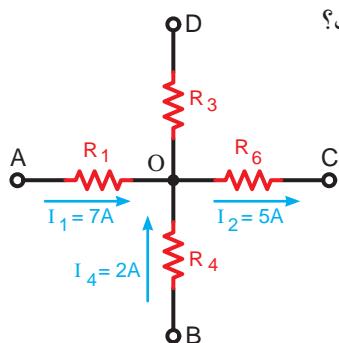
۸- کدام گزینه در مورد مقدار و جهت جریان در مقاومت  $R_3$  شکل ۴-۴۴ صحیح است؟

الف -  $4A$  از  $O$  به  $D$

ب -  $10A$  از  $D$  به  $O$

ج -  $4A$  از  $D$  به  $O$

د -  $10A$  از  $O$  به  $D$



شکل ۴-۴۴

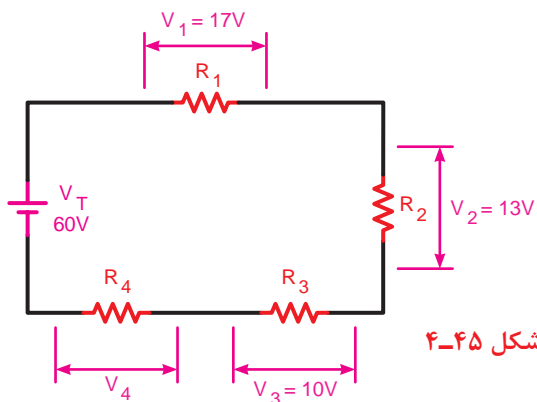
۹- با توجه به شکل ۴-۴۵ ولتاژ دو سر مقاومت  $R_4$  چند ولت است؟

الف -  $50$

ب -  $40$

ج -  $30$

د -  $20$



شکل ۴-۴۵

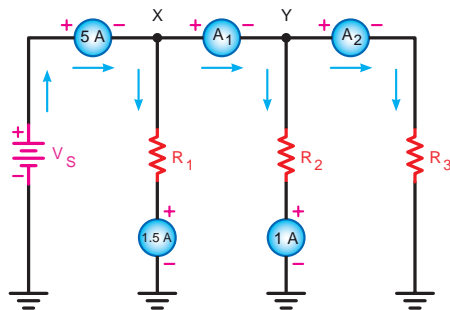
۱۰- در مدار شکل ۴-۴۶ آمپمترهای  $A_1$  و  $A_2$  به ترتیب از راست به چپ چند آمپر را نشان می دهد؟

الف -  $2/5 - 3/5$

ب -  $3/5 - 6/5$

ج -  $4/5 - 3/5$

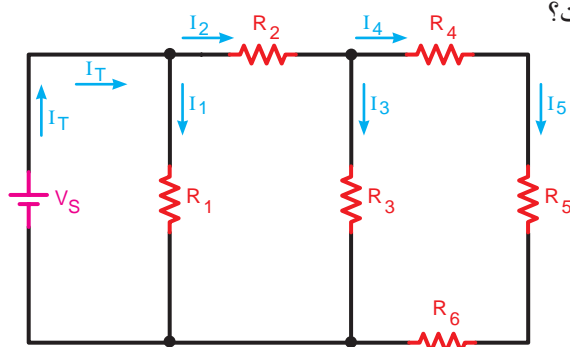
د -  $3/5 - 7/5$



شکل ۴-۴۶



۱۱- با توجه به شکل ۴-۴۷ کدامیک از روابط زیر صحیح است؟



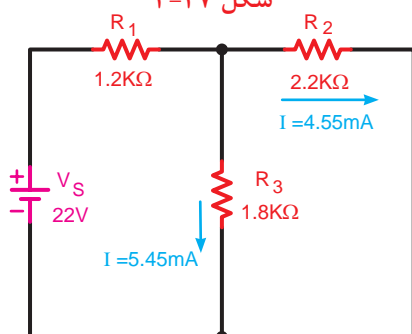
الف -  $I_1 + I_r + I_5 = I_r + I_f$

ب -  $I_1 + I_r = I_r$

ج -  $I_r + I_r = I_f + I_5$

د -  $I_r - I_r = I_f$

شکل ۴-۴۷



شکل ۴-۴۸

۱۲- افت ولتاژ دو سر مقاومت  $R_1$  در شکل ۴-۴۸ چند ولت است؟

الف - ۱۲

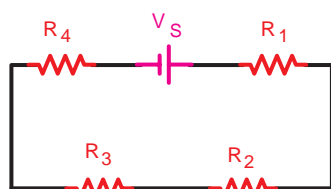
ب - ۷/۸

ج - ۵/۴۶

د - ۱۰

۱۳- در مدارهای الکتریکی نیروی محرکه لازم توسط ..... تأمین می شود.

۱۴- طرف دوم معادله نوشته شده برای شکل ۴-۴۹ را تکمیل کنید.



شکل ۴-۴۹

$$V_S - R_1 I - R_2 I =$$

۱۵- براساس قانون ..... مجموع جبری افت ولتاژها و نیروهای محرکه موجود در هر حلقه بسته مساوی صفر است.

۱۶- برای حفاظت مدارها در مقابل اتصال کوتاه از وسیله ای به نام ..... استفاده می شود.

۱۷- اگر مقاومت یک مدار ثابت باشد، تغییرات جریان با تغییرات ولتاژ منبع رابطه ..... دارد.

۱۸- در حالت اتصال کوتاه مقاومت جریان در مدار الکتریکی افزایش پیدا می کند.

۱۹- انتقال جریان الکتریکی از منبع تغذیه به مصرف کننده وظیفه بار الکتریکی است.

۲۰- در یک مدار الکتریکی ساده برای محاسبه جریان از رابطه  $I = \frac{V}{R}$  استفاده می شود.

☐ غلط ☐ صحیح

☐ غلط ☐ صحیح

☐ غلط ☐ صحیح



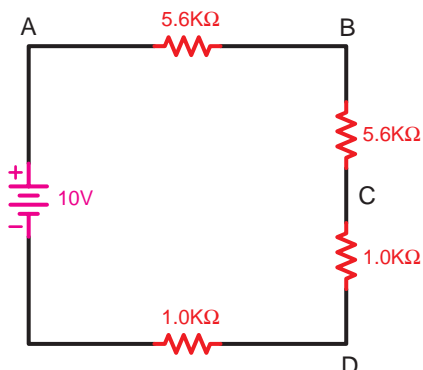


# خودآزمایی عملی

۱- شمای فنی یک مدار الکتریکی ساده را که مصرف کننده آن لامپ باشد، رسم کنید.

۲- شمای فنی مداری را که از سه مقاومت  $1\text{k}\Omega$  که به صورت متوالی به یکدیگر متصل شده اند، در حالت اتصال زمین منفی رسم کنید و سپس پلاریته (علامت های مثبت و منفی) دو سر مقاومت ها را تعیین کنید.

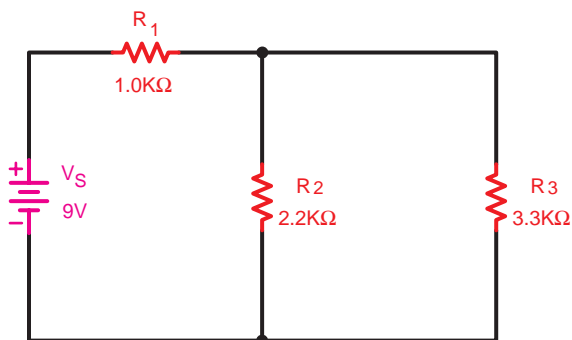
۳- اگر در مداری مطابق شکل ۴-۵۰ بخواهیم ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را به دست آوریم نحوه اتصال ولت متر برای هر مقاومت را رسم کنید.



شکل ۴-۵۰

۴- مدار ساده الکتریکی را رسم کنید که با ثابت در نظر گرفتن مقدار مقاومت بتوان ارتباط بین ولتاژ و جریان را مشاهده و اندازه گیری کرد.

۵- اگر در مدار شکل ۴-۵۱ جریان عبوری در هر یک از مقاومت ها را بخواهیم اندازه گیری کنیم محل قرار گرفتن آمپر مترها را رسم کنید.



شکل ۴-۵۱



مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.

## واحد کار مبانی الکتریسته

### فصل پنجم: اصول محاسبات مدارهای ساده مقاومتی در جریان مستقیم

#### هدف کلی

توانایی انجام محاسبات و تحلیل مدارهای الکتریکی ساده مقاومتی

**هدف های رفتاری:** در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

- ۱- مدارهای مقاومتی، سری، موازی و ترکیبی را تعریف کند.
- ۲- مدارهای ساده سری، موازی و ترکیبی را از نظر جریان، ولتاژ و مقاومت معادل توضیح دهد.
- ۳- مسائل مربوط به مدارهای سری، موازی و ترکیبی را حل کند.
- ۴- آزمایش های مربوط به مدارهای سری، موازی و ترکیبی را انجام دهد.
- ۵- انواع پیل های الکتریکی و مفهوم افت ولتاژ در هادی های یک مولد را توضیح دهد.
- ۶- اتصال های سری، متقابل و موازی باتری ها را با رسم شکل ذکر و روابط مربوطه توضیح دهد.
- ۷- آزمایش های مربوط به اتصال سری، متقابل و موازی باتری ها را انجام دهد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۶	-	۶

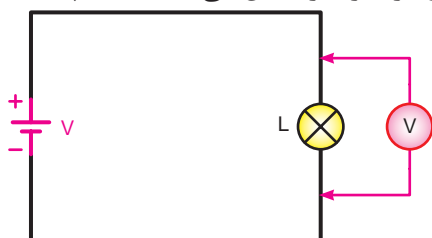


- ۱- از یک مداری که در آن چند لامپ به صورت سری بسته شده اند، چه زمانی استفاده می شود؟  
الف - به دست آوردن نور بیشتر و مصرف کمتر      ب - کسب توان زیادتر و بازدهی بیشتر  
ج - ایجاد ولتاژ ثابت و توزیع آن      د - روشن کردن لامپ ها با ولتاژ کار کم

- ۲- در کدام یک از مدارهای الکتریکی هر دو قانون کیرشهف استفاده می شود؟  
الف - سری      ب - موازی      ج - سری - موازی      د - تک حلقه ای

- ۳- اتصال لامپ های ریشه ای شلنگی که در مراسم مختلف استفاده می شود، به صورت ..... است.  
الف - سری      ب - موازی      ج - سری - موازی      د - یک حلقه ای

- ۴- ولت متر متصل شده به دو سر لامپ شکل ۵-۱ ولتاژی کمتر از ولتاژ باتری را نشان می دهد، علت چیست؟  
الف - ولت متر خراب است.



شکل ۵-۱

- ب - افت ولتاژ لامپ به ولتاژ باتری اضافه می شود.

- ج - به خاطر مقاومت سیم های رابط و باتری  
د - بستگی به لامپ به کار رفته دارد و ممکن است صفر باشد.

- ۵- آیا براساس مشخصات مصرف کننده ها می توان مشخصات مولد موردنیاز را تعیین کرد؟  
الف - بلی      ب - خیر

- ج - در صورت داشتن موقعیت محل      د - اگر فاصله مصرف کننده کم باشد.

- ۶- باتری های ساعت از چه نوع هستند؟

- الف - اکسید نقره      ب - قلیایی      ج - لیتیوم      د - نیکل کادمیوم

- ۷- معمولاً باتری های یک چراغ قوه به چه صورت به یکدیگر اتصال دارند؟

- الف - دنبال هم      ب - در کنار هم      ج - ترکیبی      د - مقابل هم

- ۸- در یک مدار الکتریکی در صورتی که مقاومت ثابت نگه داشته شود و ولتاژ افزایش یابد جریان مدار ..... می یابد.

- الف - افزایش      ب - کاهش

- ج - اول کاهش سپس افزایش      د - اول افزایش سپس کاهش





۹- کدام یک از موارد زیر غلط است؟

الف -  $I = \frac{R}{V}$       ب -  $R = \frac{V}{I}$       ج -  $V = R.I$       د -  $I = \frac{V}{R}$

۱۰- در حالت اتصال کوتاه مقاومت مدار به ..... می رسد.

الف - بی نهایت      ب - نصف      ج - حداکثر      د - صفر

۱۱- در یک حلقه (مدار بسته) اگر افت ولتاژهای دو سر عناصر به ترتیب ۸، ۱۲ و ۵ ولت باشد منبع تغذیه این مدار چند ولت است؟

الف - ۹      ب - ۱      ج - ۲۵      د - ۱۵

۱۲- علت استفاده از اتصال زمین مشترک در رسم مدارهای الکتریکی عبارت است از:

الف - ساده تر رسم کردن مدارها      ب - مسیر برگشت جریان از طریق اتصال زمین  
ج - هر دو مورد الف و ب      د - صرفه جویی در قطعات اصلی مدار

۱۳- شدت جریان عبوری از مقاومت  $1k\Omega$  در یک مدار با منبع تغذیه  $100V$  چند آمپر است؟

الف - ۱      ب -  $0/1$       ج - ۱۰      د -  $0/01$

۱۴- از قانون جریان های کیرشهف برای بررسی مجموع ..... در یک ..... استفاده می شود.

الف - جریان ها - حلقه      ب - ولتاژها - حلقه  
ج - ولتاژها - گره      د - جریان ها - گره

۱۵- ولت متر در مدار به صورت ..... و آمپر به صورت ..... اتصال داده می شود.

الف - موازی - موازی      ب - سری - سری  
ج - موازی - سری      د - سری - موازی



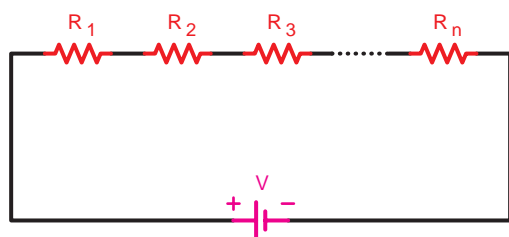
## ۵-۱- اتصالات مقاوت ها

### ۵-۱-۱- اتصال سری مقاوت ها:

هرگاه دو یا چند مقاوت ( $n$  مقاوت) به صورت متوالی (دنبال هم - پشت سرهم) به یکدیگر اتصال داده شوند، مدار را «سری» گویند.

در این مدار مقاوت ها طوری به هم متصل می شوند که انتهای عنصر اول به ابتدای عنصر دوم و انتهای عنصر دوم به ابتدای عنصر سوم وصل شده باشد اگر به همین ترتیب تا آخرین عنصر ادامه یابد می گوییم مدار به صورت سری<sup>۱</sup> بسته شده است.

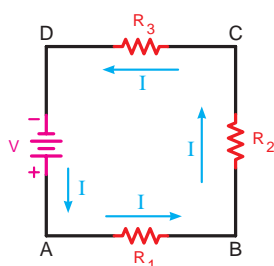
شکل ۵-۲ نقشه فنی مدارهای سری و شکل ۵-۳ یک نمونه واقعی مدار سری را که در آن دو لامپ اتصال دارد، نشان می دهد.



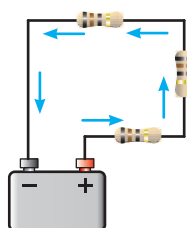
شکل ۵-۲- نقشه فنی مدار سری



شکل ۵-۳- مدار واقعی دو لامپ به صورت سری



(الف) شکل مداری



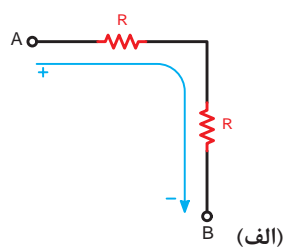
(ب) شکل واقعی

در مدار سری همواره فقط یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد. (شکل ۵-۴)

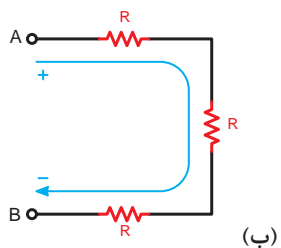
شکل ۵-۴- اتصالات سه مقاومت به صورت سری

1 - series

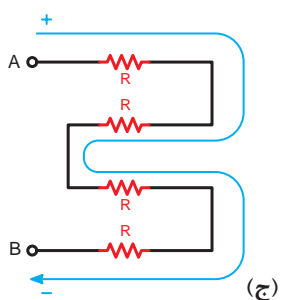
در مدارهای سری نحوه قرار گرفتن عناصر به صورت عمودی یا افقی و ترتیب اتصال آن از نظر اول یا آخر بودن اهمیتی ندارد و تأثیری روی رفتار مدار نمی گذارد. شکل ۵-۵ حالت های مختلف اتصال مقاومت ها را به صورت سری نشان می دهد.



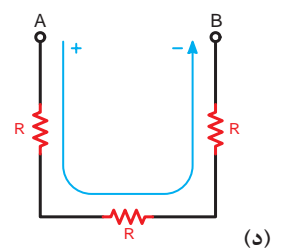
(الف)



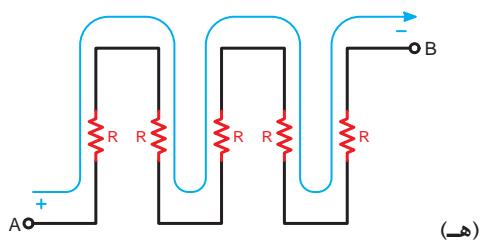
(ب)



(ج)



(د)



(هـ)

- سه مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر

- چهار مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر

- سه مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر

- پنج مقاومت به صورت سری، جریان در یک مسیر

شکل ۵-۵ حالت های مختلف اتصال سری مقاومت ها

## – عامل مشترک در مدار سری:

چنانچه مداری را مطابق شکل ۵-۶ اتصال دهید مشاهده می کنید که هر یک از آمپرمترها جریان های مساوی (مثلاً یک آمپر) نشان می دهند.

چون در مدار سری یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد در نتیجه جریان در تمام مقاومت ها مساوی و ثابت است. به همین دلیل در مدارهای سری جریان را می توان به عنوان یک عامل مشترک برای تمام عناصر موجود در مدار دانست.

برای جریان در مدار سری می توان رابطه زیر را نوشت:

$$I_{A1} = I_{A2} = I_{A3} = I_{A4} = I_T$$

یعنی:

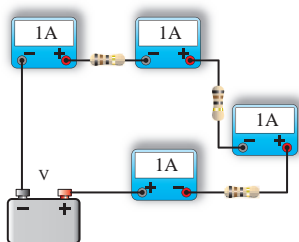
$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I_{R4} = I_T$$

## – عامل غیرمشترک در مدار سری:

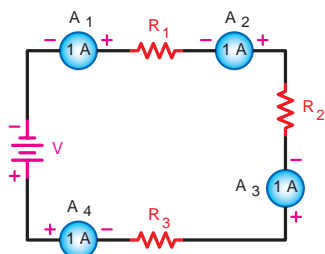
بر اثر عبور جریان از هر مقاومت الکتریکی در دو سر آن افت ولتاژی به وجود می آید. (شکل ۵-۷) مقدار آن را براساس قانون اهم از رابطه  $V = I.R$  می توان محاسبه کرد. چون جریان در مدار سری ثابت است لذا مقدار افت ولتاژ در دو سر مقاومت با مقدار اهم آن رابطه مستقیم دارد. یعنی در صورت افزایش مقاومت ( $R$ ) مقدار ولتاژ ( $V$ ) نیز افزایش می یابد.

به عنوان مثال اگر مداری را مطابق شکل ۵-۸ ببندیم ولت مترها مقادیر ولتاژی متفاوتی را در دو سر مقاومت ها نشان می دهند ولت مترهای  $V_1$ ،  $V_2$  و  $V_3$  مقادیر ولتاژ دو سر مقاومت های  $R_1$ ،  $R_2$  و  $R_3$  و ولت متر  $V_T$  مقدار ولتاژ کل مدار را نشان می دهد.

طبق قانون KVL در حلقه بسته شکل ۵-۸ ولتاژ کل منبع تغذیه به نسبت مقدار مقاومت ها بین مقاومت های مدار تقسیم می شود بنابراین می توانیم بنویسیم:

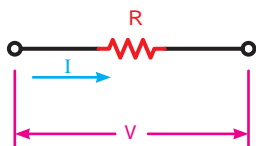


الف – مدار واقعی

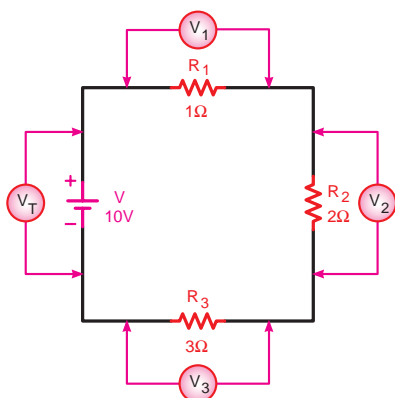


ب – شکل مداری

شکل ۵-۶ – جریان در مدار سری همواره ثابت است.



شکل ۵-۷ – افت ولتاژ دو سر مقاومت در یک مدار سری



شکل ۵-۸ – بررسی ولتاژها در مدار سری

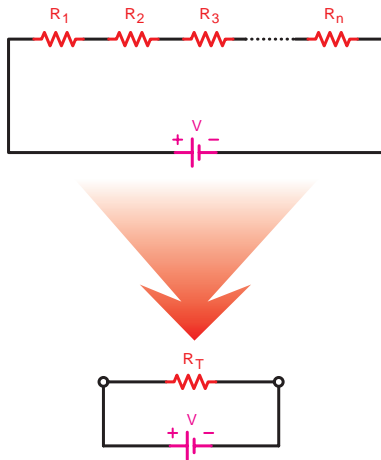
(توجه داشته باشید که ولتاژ در دو سر هر مقاومت متناسب با مقدار مقاومت تغییر می کند)

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_{R_T} = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3}$$

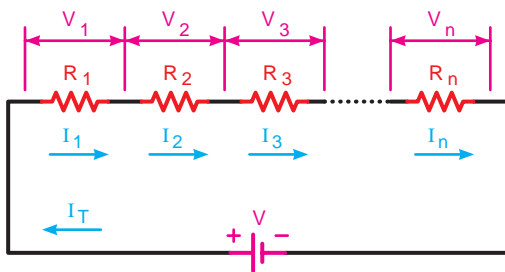


با توجه به موارد فوق می توانیم نتیجه بگیریم اگر مقدار افت ولتاژ دو سر همه مقاومت های مدار سری مساوی نباشد پس می توان ولتاژ را به عنوان یک عامل غیرمشتrek در مدار سری در نظر گرفت.



شکل ۵-۹- مقاومت معادل در مدار سری

$V_1 = R_1 I_1$	ولتاژ دو سر مقاومت $R_1$
$V_2 = R_2 I_2$	ولتاژ دو سر مقاومت $R_2$
$V_3 = R_3 I_3$	ولتاژ دو سر مقاومت $R_3$
$V_n = R_n I_n$	ولتاژ دو سر مقاومت $R_n$
$V_T = R_T I_T$	ولتاژ کل مدار



شکل ۵-۱۰- جریان ها و ولتاژها در مدار سری

## – مقاومت معادل در مدار سری<sup>۱</sup>:

مقاومت کل<sup>۲</sup> یا «مقاومت معادل» به مقاومتی گفته می شود که بتواند به تنهایی اثر همه مقاومت های موجود در مدار را داشته باشد و جایگزین آن ها شود. در شکل ۵-۹ مقاومت  $R_T$  می تواند معادل تمام مقاومت های موجود در مدار باشد و جایگزین آن ها شود. با توجه به خصوصیات مطرح شده در مورد مدارهای سری رابطه نهایی مقاومت معادل  $R_T$  به صورت زیر به دست می آید:

$$\left. \begin{aligned} I_T &= I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = \dots = I_{R_n} \quad (1) \\ V &= V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} + \dots + V_{R_n} \quad (2) \end{aligned} \right\}$$

براساس قانون اهم برای هر مقاومت و ولتاژ کل می توانیم روابط مقابل را بنویسیم:

مقادیر فوق را در معادله (۲) قرار می دهیم:

$$R_T I_T = R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 + \dots = R_n I_n$$

چون جریان در مدار سری شکل ۵-۱۰ ثابت است. بنابراین داریم:

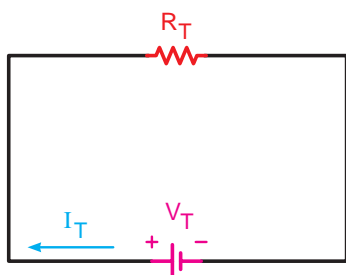
$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n = I_T$$

بجای  $I_1$ ،  $I_2$ ،  $I_3$  و  $I_n$  مقدار  $I_T$  را قرار می دهیم:

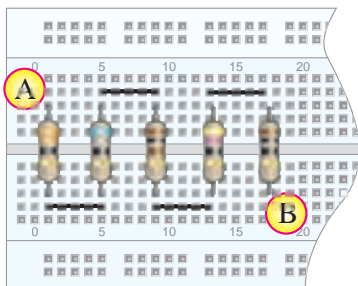
$$R_T I_T = R_1 I_T + R_2 I_T + R_3 I_T + \dots + R_n I_T$$

1-Total Resistor —  $R_T$

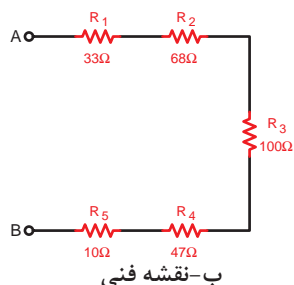
2-Equivalent Resistor —  $R_{eq}$



شکل ۵-۱۱- مدار معادل شکل قبل

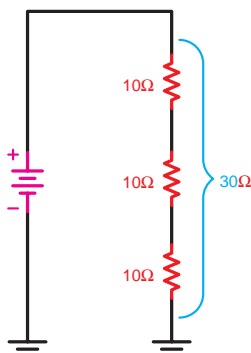


الف-مقاومت های نصب شده روی بردبرد

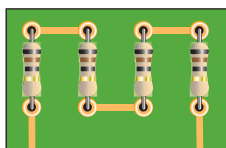


ب-نقشه فنی

شکل ۵-۱۲- پنج مقاومت سری



شکل ۵-۱۳- اتصال سه مقاومت سری مساوی به یکدیگر



شکل ۵-۱۴- اتصال چهار مقاومت مساوی به صورت سری روی بُرد مدار چاپی

از  $I_T$  در طرف دوم معادله فاکتور می گیریم و سپس آن را ساده می کنیم (مقدار  $I_T$  در طرفین حذف می شود).

$$R_T \cancel{I_T} = \cancel{I_T} (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

مقاومت معادل مدار شکل فوق را در شکل ۵-۱۱

مشاهده می کنید.

مثال: مقاومت معادل در شکل ۵-۱۲ چند اهم است؟

حل:  $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$

$$R_T = 33 + 68 + 100 + 47 + 10$$

$$R_T = 258\Omega$$

## - حالات خاص در مدارهای سری مقاومتی

منظور از حالات خاص مواردی است که به لحاظ

شباهت های گوناگون می توان روابط اصلی را در شکل ساده تر و با سرعت عمل بیشتری مورد استفاده قرار داد. دو حالت عمده از حالات خاص در مدار سری به شرح زیر است:



هرگاه چند مقاومت مساوی به صورت سری به یکدیگر اتصال یابند مقدار مقاومت معادل از حاصل ضرب تعداد مقاومت ها در مقدار یک مقاومت به دست می آید. (شکل ۵-۱۳)

$R$  - مقدار اهم یک مقاومت

$n$  - تعداد مقاومت ها

$$R_T = n.R$$

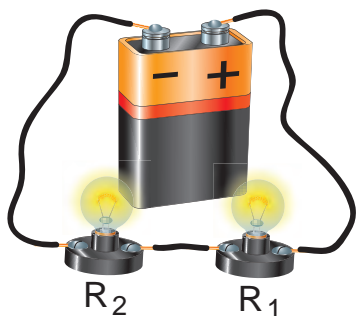
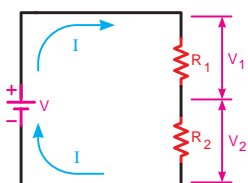
مثال: در صورتی که چهار مقاومت ۳۳ اهمی مطابق

شکل ۵-۱۴ به هم اتصال یابند مقدار مقاومت معادل چند اهم خواهد شد؟

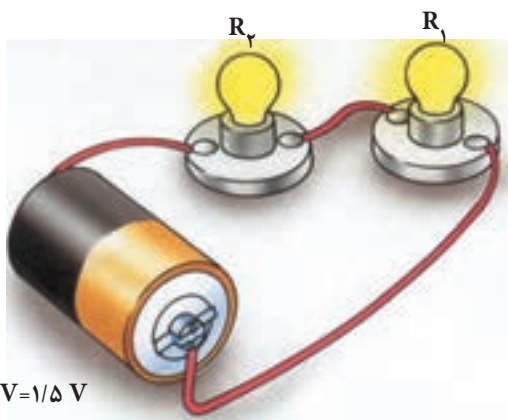
حل: مدار به صورت سری است و مقاومت ها نیز مساوی

هستند پس:

$$R_T = n.R = 4 \times 33 = 132\Omega$$



شکل ۵-۱۵- محاسبه ولتاژ دو سر مقاومت ها در مدار سری شامل دو مقاومت



شکل ۵-۱۶- اتصال دو لامپ سری به یک باتری



اگر دو مقاومت طبق شکل ۵-۱۵ به صورت سری بسته شوند، مقدار ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را از روابط زیر می توان محاسبه کرد:

$$V_1 = R_1 \cdot I$$

می دانیم:

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

با جایگذاری معادل I در معادله فوق داریم:

$$V_1 = V \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

بر همین اساس برای محاسبه ولتاژ  $V_2$  می توانیم

بنویسیم:

$$V_2 = V \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

مثال: در صورتی که دو لامپ با مقاومت داخلی  $4\Omega$

مطابق شکل ۵-۱۶ به صورت سری و به باتری  $1.5$  ولت اتصال یابند افت ولتاژ در سر هر لامپ چند ولت است؟

حل:

$$V_1 = V \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

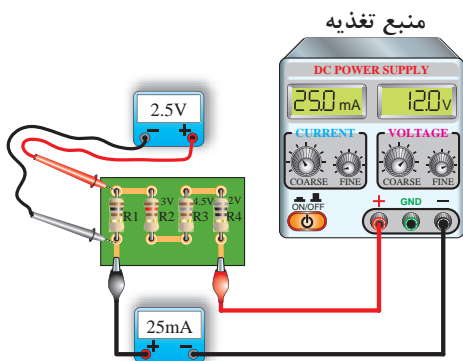
$$V_1 = 1.5 \times \frac{4}{4+4} \Rightarrow V_1 = \frac{6}{8} = 0.75 \text{ V}$$

$$V_2 = V \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

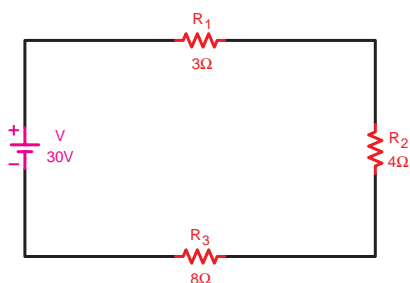
$$V_2 = 1.5 \times \frac{4}{4+4} \Rightarrow V_2 = \frac{6}{8} = 0.75 \text{ V}$$

**تذکر مهم:** مقدار مقاومت معادل هر مدار سری از بزرگ ترین مقاومت موجود در مدار بیشتر است.

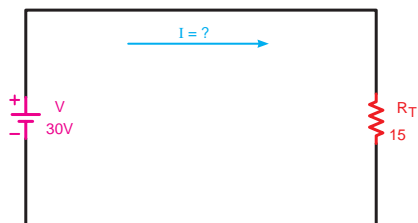




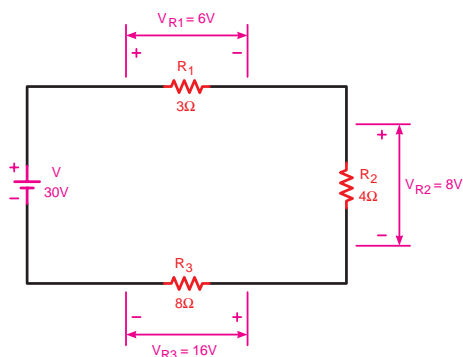
شکل ۵-۱۷- محاسبه مقادیر مقاومت ها در مدار سری



شکل ۵-۱۸- محاسبه مقادیر در مدار سری و  
تحقیق قانون KVL



شکل ۵-۱۹



شکل ۵-۲۰- محاسبه افت ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت های مدار

مثال: با توجه به شکل ۵-۱۷ مقدار اهم هر یک از مقاومت ها را حساب کنید.

حل: چون جریان در کل مدار ثابت است پس طبق قانون اهم داریم.

$$R_1 = \frac{V_1}{I} = \frac{2.5V}{25mA} = 100\Omega$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I} = \frac{3V}{25mA} = 120\Omega$$

$$R_3 = \frac{V_3}{I} = \frac{4.5V}{25mA} = 180\Omega$$

$$R_f = \frac{V_f}{I} = \frac{2V}{25mA} = 80\Omega$$

مثال: در مدار شکل ۵-۱۸ مطلوب است محاسبه:

الف - جریان مدار

ب - ولتاژ در دو سر هر مقاومت

ج - تحقیق درباره قانون KVL

حل:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 3 + 4 + 8 = 15\Omega$$

شکل ۵-۱۹ مدار ساده شده را نشان می دهد.

الف - 
$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{30}{15} = 2A$$

ب - 
$$V_{R_1} = R_1 I = 3 \times 2 = 6V$$

$$V_{R_2} = R_2 I = 4 \times 2 = 8V$$

$$V_{R_3} = R_3 I = 8 \times 2 = 16V$$

ج - براساس قانون KVL داریم:

$$\sum V = \sum R.I$$

$$30 = 6 + 8 + 16 \Rightarrow 30 = 30$$

### توضیح



در صورتی که در مدار سری به خاطر هر یک از دلایل زیر مسیر عبور جریان قطع شود جریان مدار صفر خواهد شد.

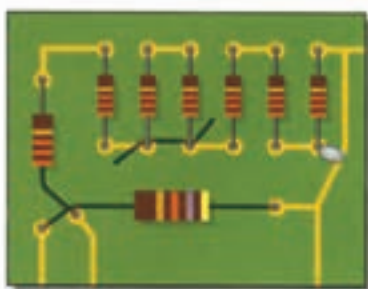
۱- قطع منبع تغذیه (خالی شدن باتری)

۲- قطع شدن سیم‌های رابط (پارگی سیم)

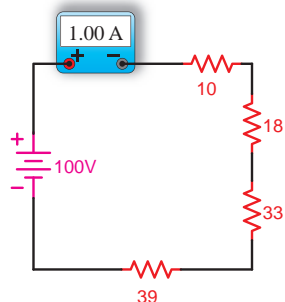
۳- قطع شدن مقاومت مصرف کننده از داخل مقاومت

شکل ۵-۲۱ یک نمونه از حالات فوق را نشان می‌دهد.

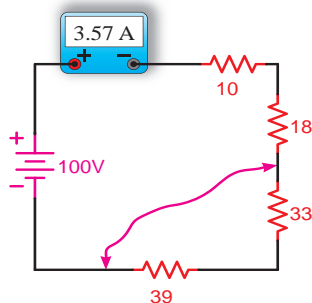
شکل ۵-۲۱- قطع لامپ موجب قطع شدن مدار سری می‌شود.



الف - حالت‌های مختلف اتصال کوتاه روی برد مدار چاپی



ب - جریان مدار در حالت عادی



ج - جریان مدار در حالت اتصال کوتاه

شکل ۵-۲۲- وضعیت مدار در حالت عادی و اتصال کوتاه

### توضیح



در صورتی که در یک مدار سری اتصال کوتاه رخ دهد جریان مدار متناسب با تعداد (مقدار) مقاومت‌های اتصال کوتاه شده افزایش می‌یابد. شکل ۵-۲۲ این نکته را نشان می‌دهد.



ساعت

نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

## عملیات کارگاهی



**هدف:** آشنایی با وسایل و تجهیزات آزمایشگاهی

**وسایل و تجهیزات مورد نیاز** (برای هر گروه کار)

۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲- باتری قلمی و کتابی	از هر کدام یک عدد
۳- اسیلوسکوپ دو کاناله‌ای	۱ دستگاه
۴- آوومتر دیجیتالی و عقربه‌ای	از هر کدام یک دستگاه
۵- برد بُرد	یک قطعه
۶- LC متر	۱ دستگاه
۷- میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۸- سیم چین	۱ عدد
۹- سیم لخت کن	۱ عدد
۱۰- سیم تلفنی	۲ متر
۱۱- سیگنال ژنراتور	۱ دستگاه
۱۲- آمپر متر، ولت متر، اهم متر آزمایشگاهی	از هر کدام یک عدد

**تذکر:** قبل از شروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.





## اطلاعات اولیه آزمایشگاهی



شکل ۵-۲۳- یک نمونه منبع تغذیه

منبع تغذیه



در مدارهای الکتریکی جهت تأمین ولتاژ dc مورد نیاز از منابع تغذیه الکترونیکی مشابه شکل ۵-۲۳ استفاده می شود.



شکل ۵-۲۴- یک نمونه آمپر متر آزمایشگاهی

آمپر متر



در مدارها از آمپر متر برای اندازه گیری جریان استفاده می شود. آمپر متر سری در مدار قرار می گیرد. شکل ۵-۲۴ یک نمونه آمپر متر آزمایشگاهی را نشان می دهد.



شکل ۵-۲۵- یک نمونه ولت متر آزمایشگاهی

ولت متر



در مدارها از ولت متر برای اندازه گیری ولتاژ استفاده می شود. ولت متر به صورت موازی در مدار قرار می گیرد. شکل ۵-۲۵ یک نمونه ولت متر آزمایشگاهی را نشان می دهد.



شکل ۵-۲۶- یک نمونه اهم متر آزمایشگاهی

اهم متر



در مدارها از اهم متر برای اندازه گیری مقاومت استفاده می شود. اهم متر در مدار بصورت سری یا موازی قرار می گیرد. شکل ۵-۲۶ یک نمونه اهم متر آزمایشگاهی را نشان می دهد.

مولتی متر





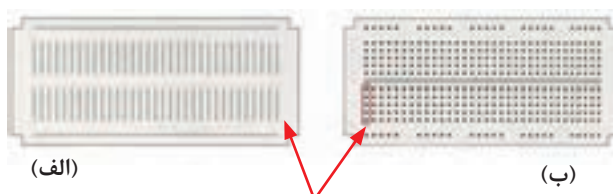


دیجیتالی



عقربه‌ای

شکل ۵-۲۷



هر ردیف پنج تایی سوراخ‌ها به وسیله یک نوار مشترک از پشت به هم وصل شده‌اند.

شکل ۵-۲۸ صفحه آزمایش یا بردبرد



شکل ۵-۲۹ یک نمونه CL متر



شکل ۵-۳۰ یک نمونه آوومتر دیجیتالی با رنج ظرفیت سنج

در اغلب آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها از وسیله‌ای به نام «مولتی متر<sup>۱</sup>» یا «آوومتر» استفاده می‌شود. این وسیله قادر به اندازه‌گیری کمیت‌های ولتاژ، جریان، مقاومت و... است. شکل ۵-۲۷ دو نمونه مولتی متر عقربه‌ای و دیجیتالی را نشان می‌دهد.



بردبرد

از جمله وسایل موردنیاز برای انجام آزمایش‌ها استفاده از صفحات مشبک است. این صفحات «بردبرد» نام دارد. در شکل ۵-۲۸ تصویر یک نمونه بردبرد را مشاهده می‌کنید. سوراخ‌های تعبیه شده روی بردبرد برای نصب قطعات مدار روی آن است. سوراخ‌های هر ستون طبق شکل ۵-۲۸ الف با یکدیگر ارتباط دارند. این شرایط برای سوراخ‌هایی که در یک سطر قرار دارند نیز وجود دارد. شکل ۵-۲۸ ب نمایشی از پشت بردبرد را نشان می‌دهد که در آن اتصالات سوراخ‌ها به هم نشان داده شده است.

امروزه از وسایل دیجیتالی به نام LC متر جهت سنجش اندوکتانس و ظرفیت خازنی<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. (شکل ۵-۲۹)

در برخی از آوومترهای دیجیتالی و عقربه‌ای نیز قسمتی برای اندازه‌گیری ظرفیت خازن وجود دارد. شکل ۵-۳۰ تصویر یک نمونه از این آوومترها را نشان می‌دهد.

به معنی چند اندازه‌گیر است و به دستگاه‌هایی اطلاق می‌شود که چند کمیت را می‌توانند اندازه بگیرند.

۲- درباره ایجاد ظرفیت خازنی و اندوکتانس بوبین‌ها متعاقباً صحبت خواهیم کرد.

۳- شکل بزرگ شده بردبرد در صفحه ۳۶۶ کتاب آمده است.



شکل ۵-۳۱

### پیل الکتریکی



شکل ۵-۳۱ دو نمونه پیل قلمی - کتابی را نشان می دهد. پیل های الکتریکی در مدارها به عنوان منابع تغذیه dc به کار می روند.



شکل ۵-۳۲

### سیگنال ژنراتور



سیگنال ژنراتور - دستگاهی است که قادر است شکل موج های مختلف سینوسی، مربعی، مثلثی و ... را با دامنه ها و فرکانس های مختلف تولید کند. شکل ۵-۳۲ دو نمونه سیگنال ژنراتور را نشان می دهد.



شکل ۵-۳۳

### اسیلوسکوپ



وسیله ای که در آزمایشگاه برای مشاهده شکل موج بکار می رود، اسیلوسکوپ است در شکل ۵-۳۳ یک نمونه اسیلوسکوپ را مشاهده می کنید.



شکل ۵-۳۴ - یک نمونه میز آزمایشگاهی

### میز آزمایشگاهی



در اختیار داشتن یک میز آزمایشگاهی مناسب برای انجام آزمایش ها سرعت و دقت انجام کار را افزایش می دهد. در شکل ۵-۳۴ یک نمونه میز آزمایشگاهی نشان داده شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۵-۳۵ - دو نمونه جعبه ابزار

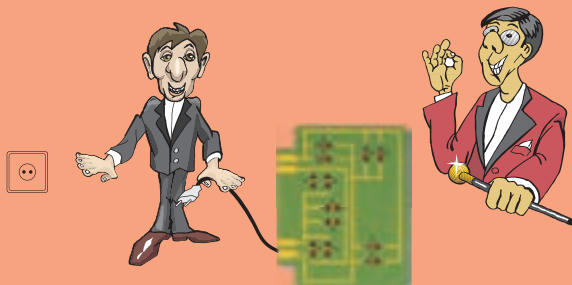
### جعبه ابزار



در هر میز آزمایشگاهی لازم است یکسری وسایل از قبیل سیم چین، انبردست، سیم لخت کن، هویه، سیم لحیم و... نیز وجود داشته باشد. زیرا در برخی مواقع به آن ها نیاز داریم. در شکل ۵-۳۵ دو نمونه جعبه ابزار نشان داده شده است.



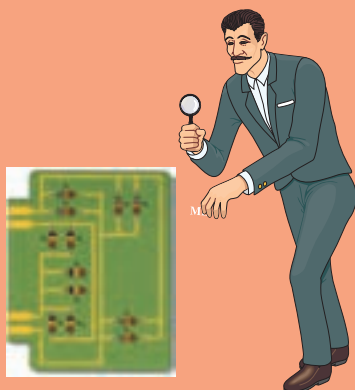
۱- مدارهای کامل شده را فقط با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.



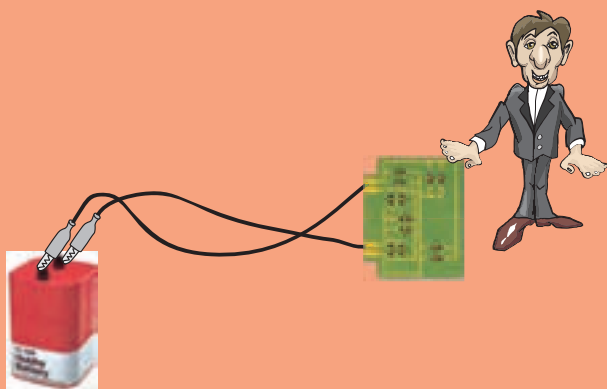
۲- قبل از وصل کردن برق مدار، یک بار دیگر آن را بررسی کنید.



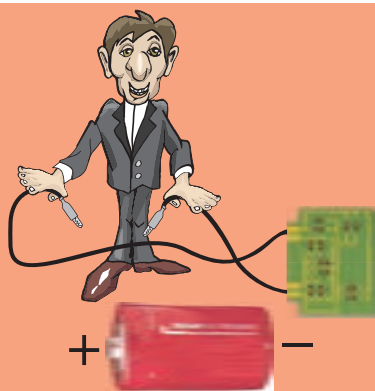
۳- در زمان وصل کردن مدارها روی بردبرد مسیرها را بررسی کنید تا پایه ها و سیم های رابط درست متصل شده باشند.



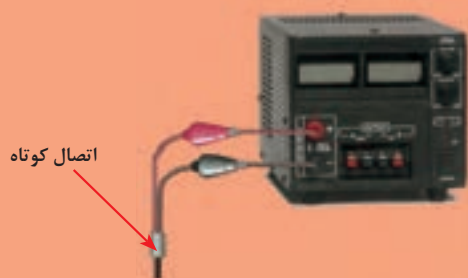
۴- هنگام خارج کردن قطعات از مدار یا اتصال کوتاه کردن آن ها منبع تغذیه را حتماً قطع کنید.



۵- هنگام اتصال منابع تغذیه (باتری ها) به پلارایته آن ها دقت کنید.



۶- اگر از منابع تغذیه الکترونیکی dc استفاده می کنید توجه داشته باشید که سیم های خروجی دستگاه هیچ وقت به هم متصل نشوند. زیرا ممکن است منبع تغذیه شما در مقابل اتصال کوتاه شدن حفاظت نشده باشد و صدمه ببیند.



۷- هنگام استفاده از منابع تغذیه الکترونیکی به میزان جریان دهی آن ها توجه کنید.

۸- هنگام انتخاب مقاومت های اهمی موردنیاز به توان مجاز و کد رنگی یا حروف رمزی آن ها دقت کنید.



۹- هنگام استفاده از دستگاه های اندازه گیری به مقادیر مجاز و نحوه استفاده از آن ها دقت کنید.



### توضیح



برای انجام آزمایش های پیش بینی شده عملیات کارگاهی توصیه می شود در صورت عدم دسترسی به قطعات، وسایل یا میز آزمایشگاهی الکترونیکی مناسب می توانید به جای مقاومت های لازم برای مدارهای سری، موازی و سری - موازی از لامپ های رشته ای ۲۲۰ ولت با مشخصات زیر استفاده کنید.

مقاومت $R_1 = 1k\Omega$	معادل لامپی آن	وات $L_1 = 100w$
مقاومت $R_2 = 3/3k\Omega$	معادل لامپی آن	وات $L_2 = 60w$
مقاومت $R_3 = 4/7k\Omega$	معادل لامپی آن	وات $L_3 = 40w$
مقاومت $R_4 = 5/6k\Omega$	معادل لامپی آن	وات $L_4 = 200w$

### تذکر خیلی مهم:

خطر برق گرفتگی: در مراحل مختلف آزمایش های پیش بینی



شده اگر لامپ های رشته ای را جایگزین مقاومت های الکتریکی کرده اید هیچ گاه

آزمایش اتصال کوتاه را انجام ندهید. زیرا به خاطر بالا بودن مقدار ولتاژ شبکه، در حالت اتصال کوتاه جرقه های شدیدی به وجود می آید که احتمال برق گرفتگی و آتش سوزی دارد.



## عملیات کارگاهی (کار عملی ۱)



ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

**هدف:** بررسی مدارهای مقاومتی سری در جریان مستقیم

**وسایل و تجهیزات مورد نیاز** (برای هر گروه کار)

۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲- پیل ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۳- بردبرد	۱ عدد
۴- آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۵- آوومتر عقربه‌ای	۱ عدد
۶- میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷- مقاومت های اهمی	
۱ وات $R_1 = 1k\Omega$	۵ عدد
۱ وات $R_2 = 3/3 k\Omega$	۱ عدد
۱ وات $R_3 = 4/7 k\Omega$	۱ عدد
۱ وات $R_4 = 5/6 k\Omega$	۱ عدد
۸- سیم تلفنی	۵/۵ متر
۹- سیم چین	۱ عدد
۱۰- سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱- گیره سوسماری	۶ عدد

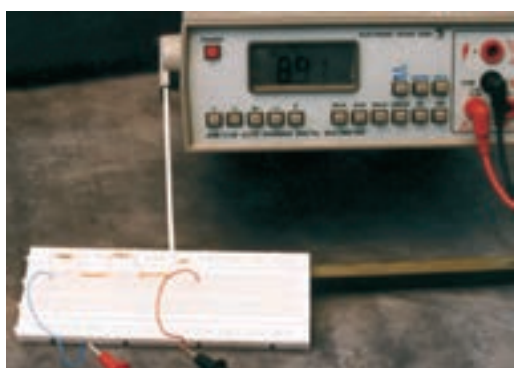
**تذکر:** قبل از شروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.



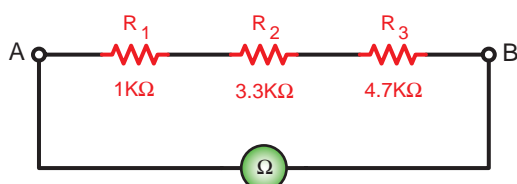
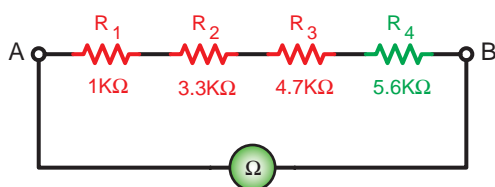
## اندازه گیری و محاسبه مقاومت در مدار سری مراحل اجرای آزمایش

جدول ۵-۱

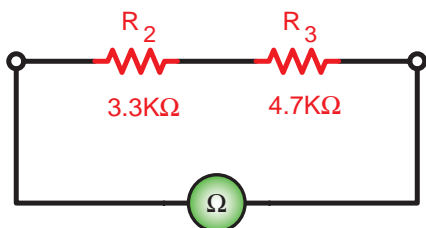
مقاومت	نوارهای رنگی	مقدار اهم و تیرانس خوانده شده	مقدار اندازه گیری شده
$R_1$			
$R_2$			
$R_3$			
$R_4$			



الف - تصویر واقعی مدار

ب - شکل مدار  
شکل ۵-۳۶

شکل ۵-۳۷



شکل ۵-۳۸

۱- مقدار اهم و درصد خطای مقاومت های  $R_1$  تا  $R_4$  را با توجه به نوارهای رنگی بخوانید و مقادیر آن ها را در جدول ۵-۱ بنویسید.

۲- به کمک آوومتر مقدار اهم هر یک از مقاومت ها را اندازه بگیرید و در جدول ۵-۱ بنویسید.

۳- مقاومت های  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  را مطابق شکل ۵-۳۶ روی بردبرد به صورت سری اتصال دهید.

**تذکره ۱:** در اتصال مقاومت ها روی بردبرد توجه داشته باشید تا از ردیف های مرتبط با هم به شکل صحیح استفاده کنید تا مقاومت ها اتصال کوتاه نشوند.

**تذکره ۲:** سیم های رابطی را که جهت اتصال مقاومت ها به یکدیگر استفاده می کنید به اندازه لازم به کار ببرید (شکل ۵-۳۶).

۴- کلید رنج اهم متر را روی ضرب  $R \times 1k$  قرار دهید و مقاومت بین دو نقطه A و B را در شکل ۵-۳۶ اندازه گیری کنید.

$$R_{AB_1} = \boxed{\phantom{00000}}$$

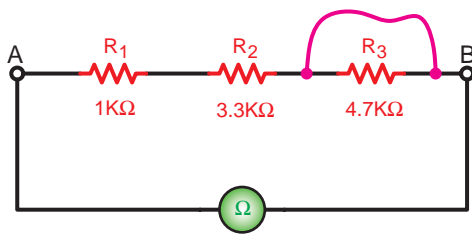
۵- مقاومت  $R_4$  را مطابق شکل ۵-۳۷ به مدار اضافه کنید و سپس به کمک یک اهم متر (کلید روی ضریب  $R \times 1k$ ) مقاومت مدار را بین نقطه A و B اندازه گیری کنید.

$$R_{AB_2} = \boxed{\phantom{00000}}$$

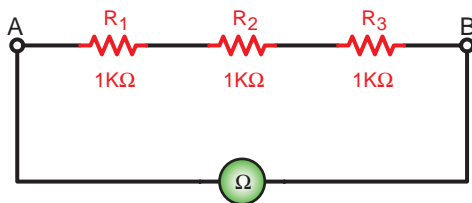
۶- مطابق شکل ۵-۳۸ دو مقاومت  $R_1$  و  $R_4$  را از مدار خارج کنید و سپس با استفاده از اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$$R_{AB_3} = \boxed{\phantom{00000}}$$

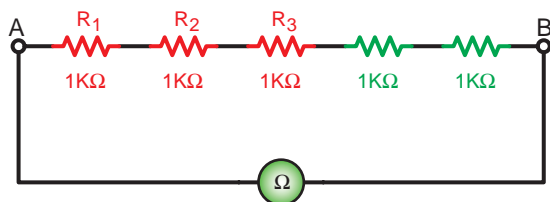




شکل ۵-۳۹



شکل ۵-۴۰



شکل ۵-۴۱

۷- مداری را مطابق شکل ۵-۳۹ اتصال دهید. سپس با استفاده از یک قطعه سیم دو طرف مقاومت  $R_3$  را به یکدیگر وصل کنید. (اتصال کوتاه) در این حالت مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$$R_{AB_f} = \boxed{\phantom{000}}$$

۸- سه مقاومت  $1k\Omega$  مطابق شکل ۵-۴۰ به صورت سری اتصال دهید و توسط اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$$R_{AB_s} = \boxed{\phantom{000}}$$

۹- به مدار شکل ۵-۴۰ مطابق شکل ۵-۴۱ دو مقاومت  $1k\Omega$  را به صورت سری اضافه کنید و مجدداً با استفاده از اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$$R_{AB_s} = \boxed{\phantom{000}}$$

۱۰- مقادیر به دست آمده در مدارهای شکل ۵-۴۰ و شکل ۵-۴۱ را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه ای می گیرید؟ توضیح دهید.

۱۱- با اضافه کردن مقاومت  $R_4$  به شکل ۵-۳۷ یا برداشتن مقاومت های  $R_1$  و  $R_4$  در شکل ۵-۳۸ مقاومت معادل بین دو نقطه A و B در حالات مختلف چه تغییری کرده اند؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۲- در صورت اتصال کوتاه شدن یکی از مصرف کننده های مدار سری، مقاومت معادل مدار چه تغییری می کند؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۳- آیا نتایج به دست آمده از مراحل مختلف آزمایش با مطالب تئوری و روابط مطابقت دارد. با ذکر نمونه شرح دهید.

## پاسخ سوال های



۱۰-

۱۱-

۱۲-

## پاسخ سوال های



۱۳-

**توجه**



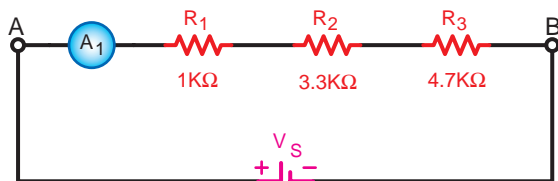
در صورتی که پس از انجام آزمایش نتیجه مورد نظر به دست نیامد یا پاسخ ها صحیح نبودند، قطعات، وسایل اندازه گیری و مدار اتصال داده شده را بررسی کنید و مراحل آزمایش را مجدداً تکرار کنید.



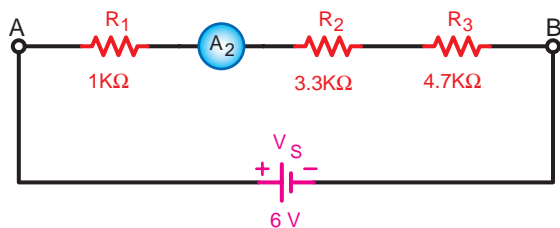
## ب اندازه گیری و محاسبه شدت جریان در مدار سری



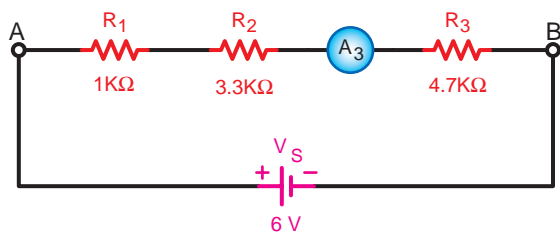
الف- تصویر واقعی مدار



ب- تصویر مدار  
شکل ۵-۴۲



شکل ۵-۴۳



شکل ۵-۴۴

۱- مدار شکل ۵-۴۲ را روی بردبرد ببندید.

تذکر: دقت کنید که آمپر متر به صورت سری در مدار قرار گیرد و حداقل رنج انتخاب شده برای ۱mA باشد.

۲- منبع تغذیه dc را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت  $R_1$  را اندازه بگیرید.

$$I_{R_1} = \boxed{\phantom{000}}$$

۳- منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن

آمپر متر را مطابق شکل ۵-۴۳ تغییر دهید.

۴- کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت  $R_2$  را اندازه بگیرید.

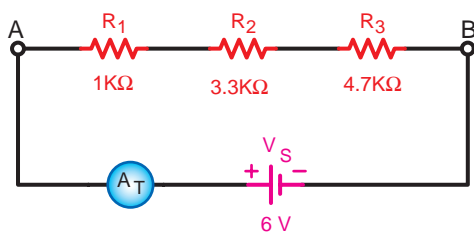
$$I_{R_2} = \boxed{\phantom{000}}$$

۵- منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن

آمپر متر را مطابق شکل ۵-۴۴ تغییر دهید.

۶- کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت  $R_3$  را اندازه بگیرید.

$$I_{R_3} = \boxed{\phantom{000}}$$



شکل ۵-۴۵

۷- در آخرین مرحله آمپرتر را در مسیر ورودی جریان به مدار قرار دهید و جریان کل مدار را اندازه بگیرید. (شکل ۵-۴۵)

$$I_T = \boxed{\phantom{000}}$$

## پاسخ سوال‌های



۸-

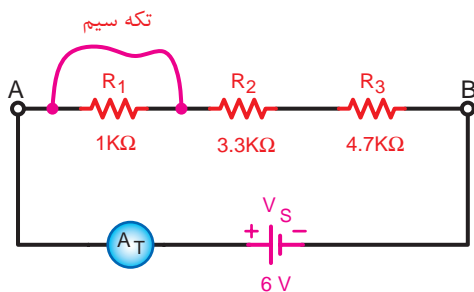
۸- از مقایسه جریان‌های بدست آمده با یکدیگر چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

۹-

۹- آیا نتایج به دست آمده در این آزمایش با مطالب تئوری و روابط توضیح داده شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۱۰-

۱۰- آیا براساس نتایج به دست آمده در این آزمایش می‌توان مقاومت کل مدار را به دست آورد؟ در صورتی که امکان دارد محاسبه کنید.



شکل ۵-۴۶

۱۱- مدار شکل ۵-۴۶ را اتصال دهید. در شرایطی که منبع تغذیه خاموش است با تکه سیمی دو سر مقاومت  $R_1$  را اتصال کوتاه کنید. حداقل رنج آمپرتر باید روی عدد  $2\text{mA}$  باشد.

## پاسخ سوال



۱۲-

۱۲- منبع تغذیه را وصل نموده و جریان مدار را در این حالت اندازه بگیرید. (جریان در حالتی که  $R_1$  اتصال کوتاه است)

$$I_{TSC} = \boxed{\phantom{000}}$$

## پاسخ سوال



۱۳-

۱۳- از مقدار به دست آمده  $I_{Tsc}$  (جریان اتصال کوتاه مدار در حالتی که  $R_1$  اتصال کوتاه است) چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

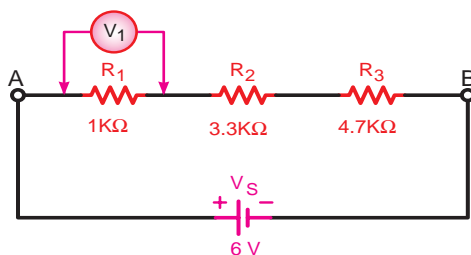
۱۴- برای حفاظت مدار ۵-۴۶ در مقابل اتصال کوتاه چه قطعه‌ای را پیشنهاد می‌کنید؟

## پاسخ سوال

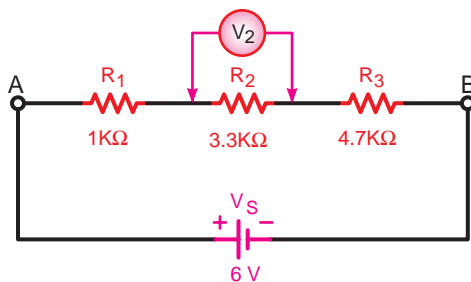


۱۴-

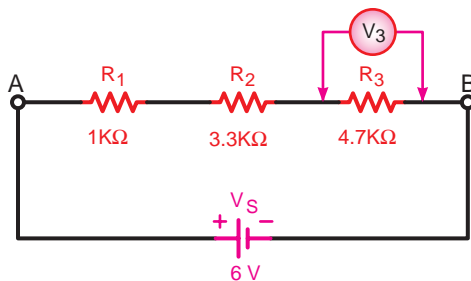
### پ اندازه‌گیری و محاسبه ولتاژ در مدار سری



شکل ۵-۴۷



شکل ۵-۴۸



شکل ۵-۴۹

۱- مدار شکل ۵-۴۷ را روی بردبرد ببندید.

**تذکر:** دقت کنید که ولت متر دو سر مصرف کننده به صورت موازی قرار گیرد و حداقل رنج انتخاب شده برای آن ۵V باشد.

۲- با وصل منبع تغذیه افت ولتاژ دو سر مقاومت  $R_1$  را اندازه بگیرید.

$$V_{R_1} = \boxed{\phantom{000}}$$

۳- منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن ولت متر را مطابق شکل ۵-۴۸ تغییر دهید و ولتاژ دو سر مقاومت  $R_2$  را اندازه بگیرید.

$$V_{R_2} = \boxed{\phantom{000}}$$

بار دیگر مطابق شکل ۵-۴۹ برای بدست آوردن ولتاژ دو سر مقاومت ولت متر را در مدار قرار دهید.

$$V_{R_3} = \boxed{\phantom{000}}$$

۴- ولت متر را به دو سر منبع تغذیه اتصال داده و ولتاژ خروجی آن را اندازه گیری کنید.

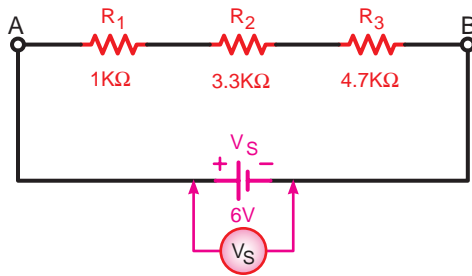
$$V_s = \boxed{\phantom{000}}$$

پاسخ سوال

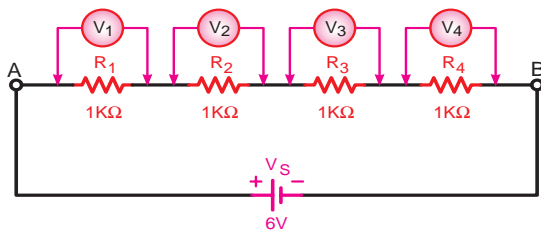


۵-

۵- از مقایسه مقادیر ولتاژهای بدست آمده در مراحل ۲ تا ۴ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.



شکل ۵-۵۰



شکل ۵-۵۱

۶- آیا نتایج به دست آمده با مطالب تئوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟ با ذکر دلیل شرح دهید.

۷- آیا براساس نتایج آزمایش ها می توان جریان کل مدار و جریان هر یک از مقاومت ها را به دست آورد؟

۸- مدار شکل مقابل را روی بردبرد اتصال دهید و طی مراحل مختلف و با انتقال ولت متر ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را اندازه گیری کنید. توجه داشته باشید که کلید رنج ولت متر حداقل روی ۵ ولت باشد.

$$V_{R_1} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$V_{R_2} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$V_{R_3} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$V_{R_4} = \boxed{\phantom{000}}$$

پاسخ سوال



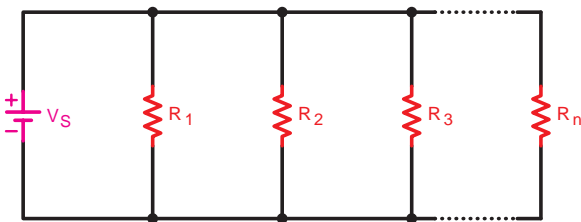
۹-

۹- از مقادیر به دست آمده در مدار شکل ۵-۵۱ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

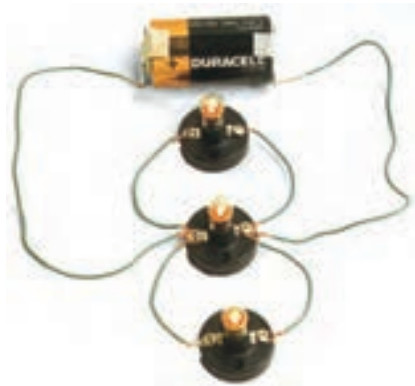
## ۲-۱-۵- اتصال موازی مقاومت ها:

اگر دو یا چند مقاومت ( $n$  مقاومت) به ترتیبی اتصال داده شوند که یک طرف هر یک از آن ها به یکدیگر و طرف دیگر آن ها نیز به یکدیگر متصل شوند این اتصال را «اتصال موازی» می گویند.

شکل ۵-۵۲ تصویر چهار مقاومت را که به صورت موازی اتصال دارند نشان می دهد.

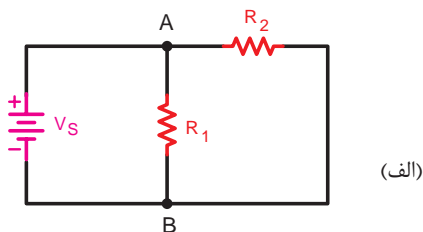


شکل ۵-۵۲ اتصال چند مقاومت موازی

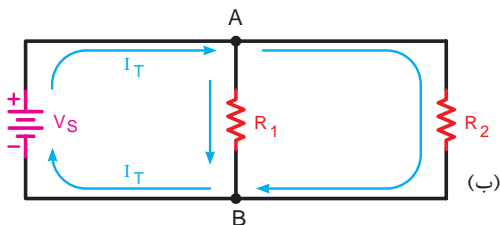


شکل ۵-۵۳ اتصال سه لامپ به صورت موازی

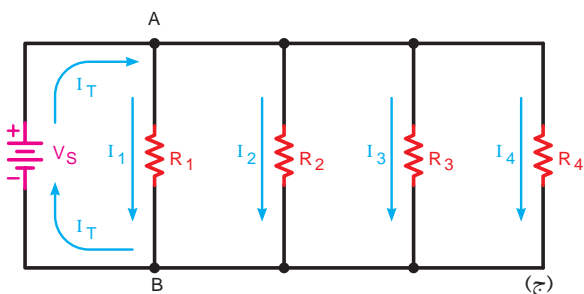
در شکل ۵-۵۳ سه لامپ را که به صورت موازی بسته شده اند مشاهده می کنید.



(الف)



(ب)



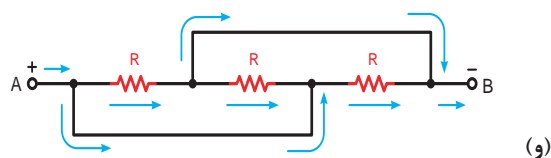
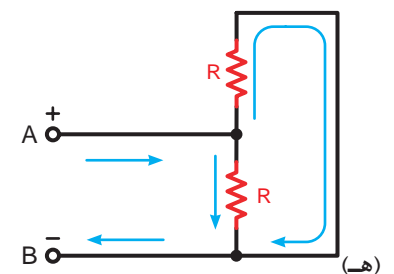
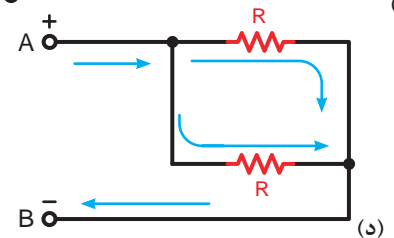
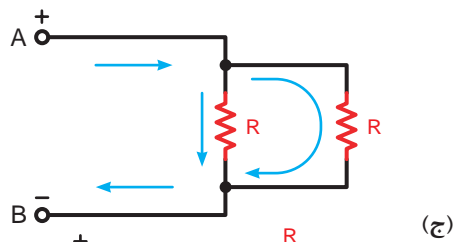
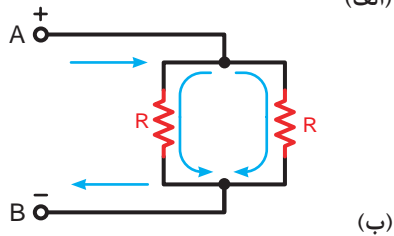
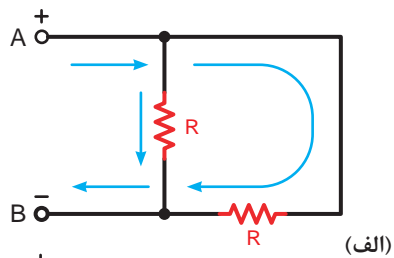
(ج)

شکل ۵-۵۴ چند نمونه از مدارهای موازی

در شکل ۵-۵۴ نمونه های دیگری از مدارهای موازی را مشاهده می کنید. در این مدارها یک طرف مقاومت ها در نقطه A و طرف دیگر مقاومت ها در نقطه B به هم وصل شده اند.

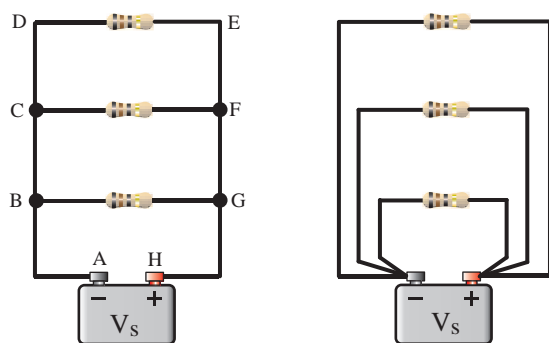
بین دو نقطه A و B قطب های (+) و (-) باتری اتصال داده شده است.

آرایش مقاومت‌های موازی می‌تواند به شکل‌های گوناگون باشد. برای تشخیص موازی بودن مقاومت‌ها باید به نقاط ابتدا و انتهای آن‌ها توجه کنید.

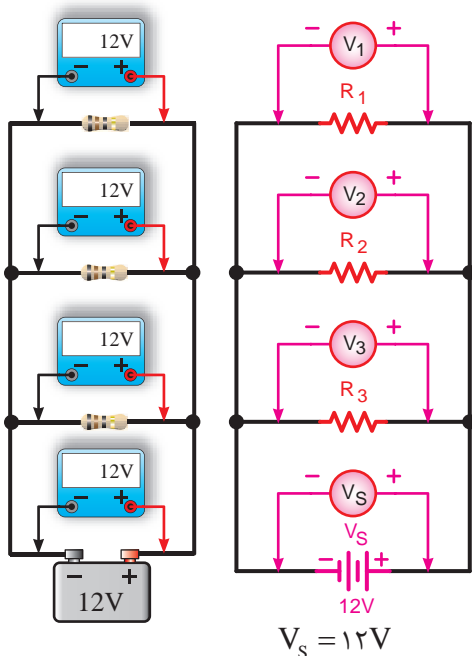


در تصاویر (الف) تا (و) از شکل (۵-۵۵) دو یا سه مقاومت را می‌توان مشاهده کرد که به صورت موازی اتصال داده شده‌اند. در نتیجه دو یا سه مسیر عبور جریان وجود دارند.

شکل ۵-۵۵- آرایش‌های مختلف مدارهای موازی

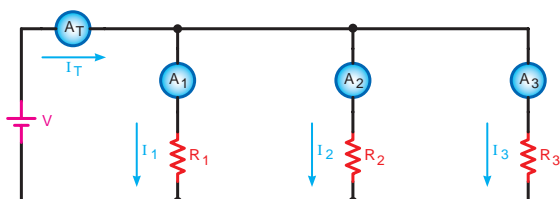


الف - شکل واقعی مقاومت ها



$$V_S = 12V$$

ب - شکل مداری با وسایل اندازه گیری  
شکل ۵-۵۶- مدار با چهار مقاومت موازی و  
وسایل اندازه گیری



شکل ۵-۵۷- بررسی جریان های هر شاخه و  
جریان کل در مدار موازی

برای تحلیل مدارهای موازی می توانیم به ترتیب زیر عمل کنیم:

### - عامل مشترک در مدار موازی

در مدارهای موازی چون دو سر هر مقاومت مستقیماً به دو سر باتری متصل است بنابراین ولتاژ دو سر همه مقاومت ها با هم مساوی است. مساوی بودن ولتاژ در مدار موازی به عنوان عامل مشترک مدار در نظر گرفته می شود. با اتصال مداری طبق شکل ۵-۵۶ مطلب فوق تأیید می شود.

سپس برای مدارهای موازی می توان رابطه زیر را

نوشت:

$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_S$$

یعنی:

$$V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = \dots = V_S$$

### - عامل غیرمشترک در مدار موازی

عاملی که در مدارهای موازی دارای مقدار ثابتی برای تمام عناصر مدار نیست را «عامل غیرمشترک» می نامیم. جریان در هر شاخه یک مدار موازی به نسبت عکس مقدار مقاومت های هر شاخه تقسیم می شود. زیرا طبق قانون اهم  $I = \frac{V}{R}$  است.

با اتصال مداری مطابق شکل ۵-۵۷ هر یک از آمپرمترهای  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  و  $A_T$  جریانی مشخص را نشان می دهند.

جریان کل ( $I_T$ ) که توسط آمپرمتر  $A_T$  نشان داده می شود از قانون KCL پیروی می کند. رابطه جریان کل را می توان براساس این قانون به صورت مقابل نوشت:

### - مقاومت معادل در مدار موازی:

برای محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی شکل ۵-۵۸

می توان از رابطه نهایی  $R_T$  زیر استفاده کرد:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

نحوه بدست آوردن رابطه مزبور به شرح زیر است:

$$\left\{ \begin{array}{l} V = V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = \dots = V_{R_n} \quad (1) \\ I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (2) \end{array} \right.$$

با توجه به قانون اهم برای هر مقاومت مطابق ستون

مقابل می توان نوشت:

حال مقادیر جریان ها را در معادله (۲) قرار می دهیم و

از  $V$  در طرف دوم معادله فاکتور می گیریم.

$$\frac{V}{R_T} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \dots + \frac{V}{R_n}$$

از  $V$  در طرف دوم فاکتور می گیریم.

$$\frac{V}{R_T} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)$$

مقدار  $V$  از دو طرف معادله حذف می شود و معادل

نهایی به صورت مقابل خواهد شد.

### حالات خاص در مدارهای موازی مقاومتی



اگر چند مقاومت مساوی طبق شکل ۵-۵۹ به طور

موازی به یکدیگر اتصال داده شوند مقدار مقاومت معادل از

رابطه زیر به دست می آید:

$$R_T = \frac{R}{n}$$

که در این رابطه:

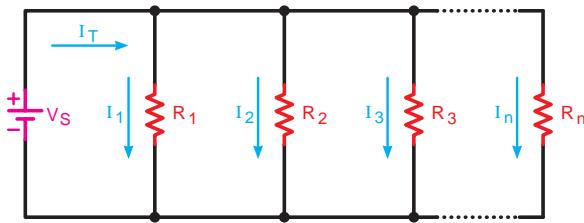
$R$  - مقدار یک مقاومت و

$n$  - تعداد مقاومت ها می باشد.

$$R_T = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ k}\Omega$$

یعنی:  $I_{A_T} = I_{A_1} + I_{A_2} + I_{A_3}$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$



شکل ۵-۵۸ - بررسی مقاومت معادل در مدار موازی

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \quad \text{جریان عبوری از مقاومت } R_1$$

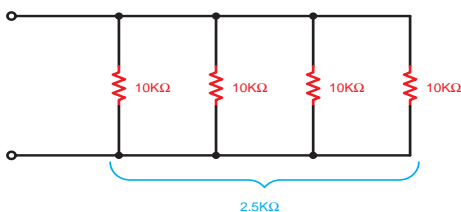
$$I_2 = \frac{V}{R_2} \quad \text{جریان عبوری از مقاومت } R_2$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} \quad \text{جریان عبوری از مقاومت } R_3$$

$$I_n = \frac{V}{R_n} \quad \text{جریان عبوری از مقاومت } R_n$$

$$I_T = \frac{V}{R_T} \quad \text{جریان عبوری از کل مدار}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



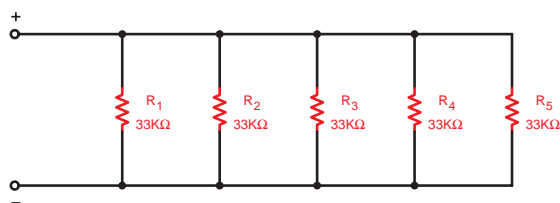
شکل ۵-۵۹ - چهار مقاومت مساوی موازی



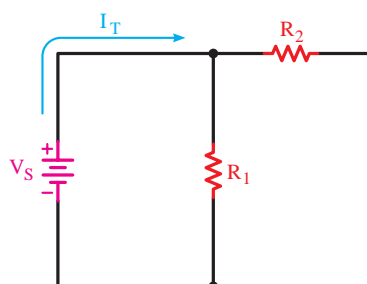
مثال: مقدار مقاومت معادل مدار شکل ۵-۶۰ چند

کیلو اهم است؟

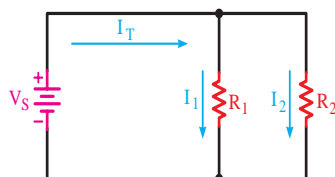
$$R_T = \frac{33}{5} = 6.6 \text{ k}\Omega$$



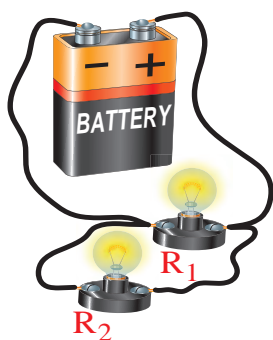
شکل ۵-۶۰



شکل ۵-۶۱



الف - شکل مداری



ب - شکل واقعی

شکل ۵-۶۲ - دو مقاومت موازی



شکل ۵-۶۳ - اتصال دو لامپ به صورت موازی

نکته مهم:



مقدار مقاومت معادل هر مدار موازی از کوچک ترین مقاومت موجود در مدار نیز کمتر است.

اگر دو مقاومت را به صورت موازی اتصال دهیم مقدار مقاومت معادل با استفاده از رابطه اصلی ( $R_T$ ) به صورت زیر خلاصه می شد:

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

جریان های هر شاخه را در دو مقاومت موازی شکل ۵-۶۲ با استفاده از جریان کل ( $I_T$ ) می توان محاسبه کرد:

$$I_1 = I_T \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I_T \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

مثال: دو لامپ با مقاومت داخلی  $4 \Omega$  مطابق شکل

۵-۶۳ با هم موازی می شوند و به باتری  $1/5$  ولتی اتصال

می یابند و در صورتی که جریان کل عبوری از مدار  $1/5 \text{ A}$

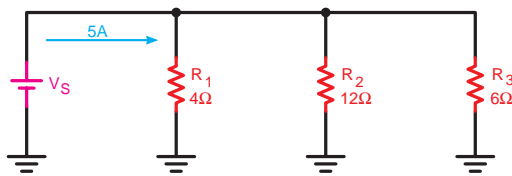
باشد جریان هر یک از لامپ ها چقدر است؟

$$I_1 = I \frac{R_r}{R_1 + R_r} \Rightarrow I_1 = 1/5 \times \frac{4}{4+4} = 0.75A$$

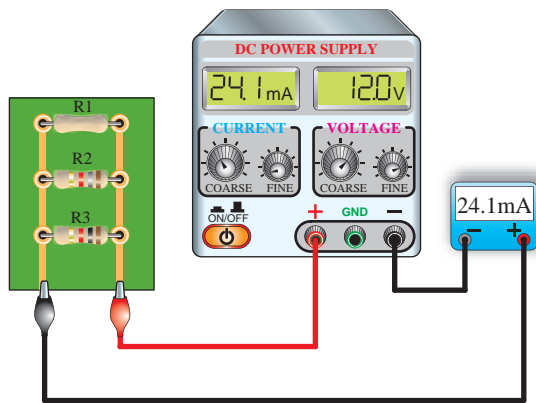
$$I_1 = I \frac{R_r}{R_1 + R_r} \Rightarrow I_r = 1/5 \times \frac{4}{4+4} = 0.75A$$

### نکته مهم:

در دو شاخه موازی، جریان هر شاخه از حاصل ضرب جریان کل در مقدار مقاومت شاخه‌ای که جریان آن مورد نظر نیست تقسیم بر مجموع دو مقاومت به دست می‌آید.



شکل ۵-۶۴



شکل ۵-۶۵

مثال: مقاومت معادل و ولتاژ کل را در شکل ۵-۶۴ به دست آورید.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_r} + \frac{1}{R_r}$$

دست آورید.

حل:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{2+1+3}{12} = \frac{6}{12}$$

$$R_T = \frac{12}{6} = 2\Omega$$

$$V_S = R_T \cdot I_T \Rightarrow V_S = 5 \times 2$$

$$V_S = 10V$$

مثال: مقدار مقاومت  $R_1$  شکل ۵-۶۵ را بدست آورید.

$$(R_r = 1k\Omega, R_r = 1/8 K\Omega)$$

حل:

$$R_T = \frac{V}{I_T} = \frac{12V}{24/1mA} = 498\Omega$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_r} + \frac{1}{R_r} \Rightarrow \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_T} - \left( \frac{1}{R_r} + \frac{1}{R_r} \right)$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{498\Omega} - \left( \frac{1}{1/8k\Omega} + \frac{1}{1k\Omega} \right)$$

$$R_1 = 2/21k\Omega$$

## عملیات کارگاهی (کار عملی ۲)



ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

**هدف:** بررسی مدارهای مقاومتی موازی در جریان مستقیم

**وسایل و تجهیزات مورد نیاز** (برای هر گروه کار)

۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲- پیل ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۳- بردبرد	۱ عدد
۴- آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۵- آوومتر عقربه‌ای	۱ عدد
۶- میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷- مقاومت های اهمی	
۱ وات $R_1 = 1k\Omega$	
۱ وات $R_2 = 3/3 k\Omega$	
۱ وات $R_3 = 4/7 k\Omega$	
۱ وات $R_4 = 5/6 k\Omega$	
۸- سیم تلفنی	۵/۵ متر
۹- سیم چین	۱ عدد
۱۰- سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱- گیره سوسماری	۶ عدد

**تذکر:** قبل از شروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.



## اندازه گیری و محاسبه مقاومت در مدار موازی مراحل اجرای آزمایش

الف

جدول ۵-۲

مقاومت	نوارهای رنگی	مقدار تلرانس خوانده شده	مقدار اندازه گیری شده
$R_1$			
$R_2$			
$R_3$			
$R_4$			

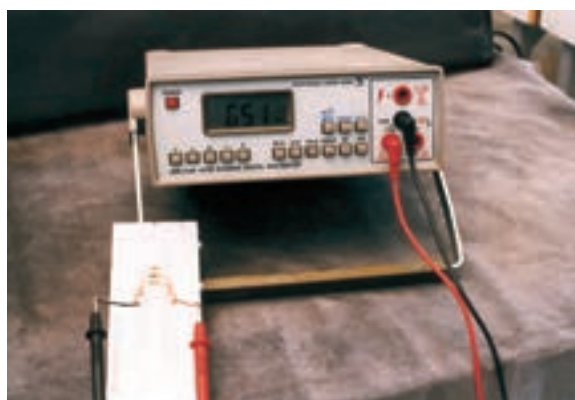
۱- مقدار اهم و درصد خطای مقاومت های  $R_1$  تا  $R_4$  را با توجه به نوارهای رنگی به دست آورید و در جدول ۵-۲ یادداشت کنید.

۲- حوزه کار اهم متر را روی  $R \times 1k$  قرار دهید و اهم هر یک از مقاومت ها را اندازه بگیرید و در جدول مقابل ثبت کنید.

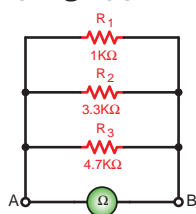
۳- مقاومت های  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  را مطابق شکل ۵-۶۶ روی بردبرد به صورت موازی اتصال دهید.

۴- کلید رنج اهم متر را روی ضریب  $R \times 1k$  قرار دهید و مقاومت بین دو نقطه A و B را در شکل ۵-۶۶ اندازه گیری کنید.

$$R_{AB_1} = \boxed{\phantom{000}}$$

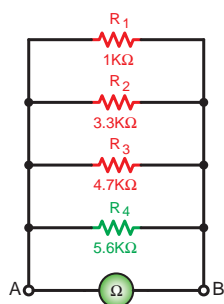


الف- شکل واقعی مدار



ب- شکل مداری

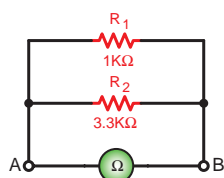
شکل ۵-۶۶



شکل ۵-۶۷

۵- مقاومت  $R_4$  را مطابق شکل ۵-۶۷ به مدار اضافه کنید و کلید اهم متر را روی ضریب  $R \times 1k$  قرار دهید. مقاومت مدار را بین نقطه A و B اندازه گیری کنید.

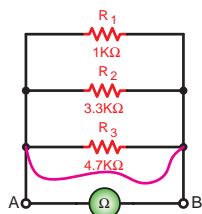
$$R_{AB_2} = \boxed{\phantom{000}}$$



شکل ۵-۶۸

۶- مطابق شکل ۵-۶۸ دو مقاومت  $R_1$  و  $R_2$  را از مدار خارج کنید به وسیله اهم متر مقاومت معادل مدار را بین دو نقطه A و B اندازه گیری کنید.

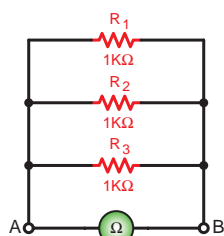
$$R_{AB_7} = \boxed{\phantom{000}}$$



شکل ۵-۶۹

۷- مداری را مطابق شکل ۵-۶۹ اتصال دهید و با یک قطعه سیم دو طرف مقاومت  $R_3$  را به یکدیگر وصل کنید (اتصال کوتاه). مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

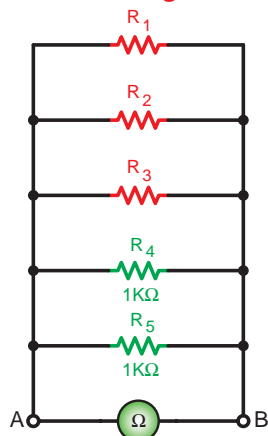
$$R_{AB_8} = \boxed{\phantom{000}}$$



شکل ۵-۷۰

۸- سه مقاومت  $1k\Omega$  را مطابق شکل ۵-۷۰ به صورت موازی اتصال دهید و با اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$$R_{AB_9} = \boxed{\phantom{000}}$$



الف- شکل مداری

۹- به مدار شکل ۵-۷۱ دو مقاومت  $1k\Omega$  را به صورت موازی طبق شکل ۵-۷۰ اضافه کنید. با اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$$R_{AB_{10}} = \boxed{\phantom{000}}$$

۱۰- از مقادیر به دست آمده  $R_{AB_9}$  در مرحله ۸ و  $R_{AB_{10}}$  در مرحله ۹ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.



ب- شکل واقعی مدار

شکل ۵-۷۱



۱۱- با اضافه کردن مقاومت  $R_4$  به شکل ۵-۶۶ یا کم کردن مقاومت های  $R_3$  و  $R_4$  طبق شکل ۵-۶۸ مقاومت معادل مدار بین دو نقطه A و B چگونه تغییر کرده است؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۲- در صورت اتصال کوتاه شدن یکی از مصرف کننده های مدار موازی، مقاومت معادل مدار چه تغییری می کند؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۳- آیا نتایج به دست آمده از مراحل مختلف آزمایش با مطالب تئوری و روابط مربوط به مدار موازی مطابقت دارد؟ شرح دهید. (با ذکر دلیل)

۱۴- در صورتی که پس از انجام آزمایش نتیجه ای قابل قبول به دست نیامد، یا پاسخ ها صحیح نبود، قطعات، وسایل اندازه گیری و مدار را بررسی کنید و مراحل آزمایش را مجدداً انجام دهید.

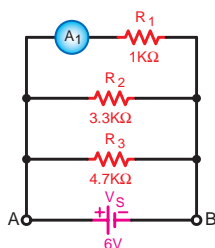
### ب اندازه گیری و محاسبه شدت جریان در مدار موازی

- مدار شکل ۵-۷۲ را روی بردبرد ببندید.

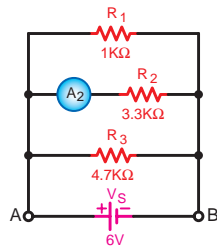
**تذکر:** دقت کنید که آمپرمتر در مدار سری بسته شود و حداقل رنج انتخاب شده برای آن  $10\text{mA}$  باشد.

۲- منبع تغذیه dc را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت  $R_1$  را اندازه بگیرید.

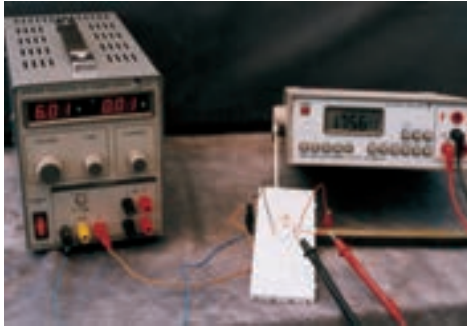
$$I_{R_1} = \boxed{\phantom{000000}}$$



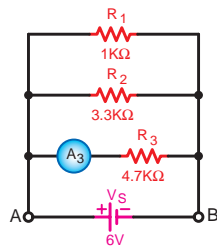
شکل ۵-۷۲



شکل ۵-۷۳



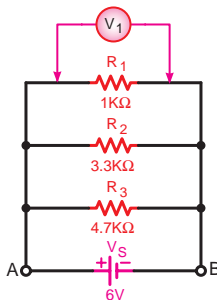
الف-شکل واقعی مدار



ب-شکل مداری  
شکل ۵-۷۴



الف-شکل واقعی مدار



ب-شکل مداری  
شکل ۵-۷۵

۳- منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرتر را مطابق شکل ۵-۷۳ تغییر دهید.

۴- کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت  $R_2$  را اندازه بگیرید.

$$I_{R_2} = \boxed{\phantom{000}}$$

۵- منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرتر را مطابق شکل ۵-۷۴ تغییر دهید.

۶- کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان مقاومت  $R_3$  را اندازه بگیرید.

$$I_{R_3} = \boxed{\phantom{000}}$$

## اندازه گیری و محاسبه ولتاژ در مدار موازی

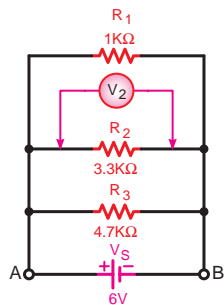
پ

۱- مدار شکل ۵-۷۵ را روی بردبرد ببندید.

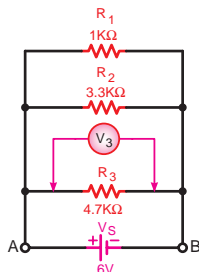
تذکر: دقت کنید که ولت متر باید به صورت موازی در دو سر مصرف کننده قرار گیرد و حداقل رنج را برای ولت متر ۱۰۷ انتخاب کنید.

۲- کلید منبع تغذیه را وصل کنید و افت ولتاژ دو سر مقاومت  $R_1$  را قرائت نمایید.

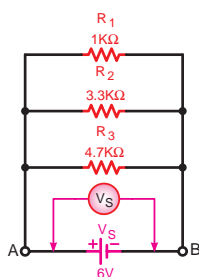
$$V_{R_1} = \boxed{\phantom{000}}$$



شکل ۵-۷۶



شکل ۵-۷۷



شکل ۵-۷۸

۳- منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن ولت متر را مطابق شکل ۵-۷۶ برای به دست آوردن ولتاژ مقاومت  $R_2$  تغییر دهید.

۴- منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ دو سر مقاومت  $R_2$  را اندازه بگیرید.

$$V_{R_2} = \boxed{\phantom{000}}$$

۵- منبع تغذیه را خاموش کنید و ولت متر را برای به دست آوردن ولتاژ دو سر مقاومت  $R_3$  مطابق شکل ۵-۷۷ وصل کنید.

۶- منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ دو سر مقاومت  $R_3$  را اندازه بگیرید.

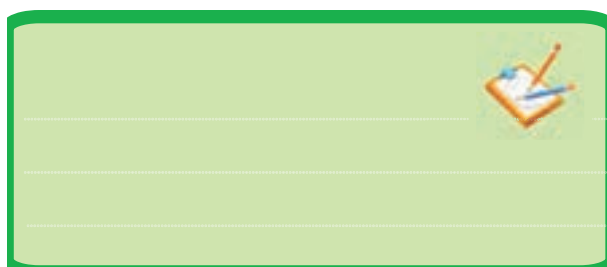
$$V_{R_3} = \boxed{\phantom{000}}$$

۷- ولت متر مطابق شکل ۵-۷۸ را به دو سر منبع تغذیه اتصال داده و ولتاژ باتری را اندازه بگیرید.

$$V_S = \boxed{\phantom{000}}$$

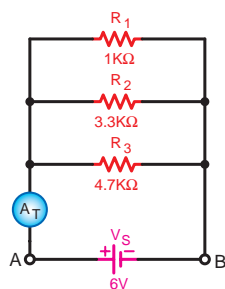
۸- از مقایسه مقادیر ولتاژهای به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۹- آیا نتایج به دست آمده با مطالب تئوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟



۱۰- آیا براساس نتایج به دست آمده از آزمایش ها جریان کل و جریان هر یک از مقاومت ها را می توان به دست آورد؟





شکل ۵-۷۹

۱۱- در آخرین مرحله، آمپرتر را در مسیر ورودی جریان به مدار قرار دهید و طبق شکل ۵-۷۹ جریان کل مدار را اندازه بگیرید. در این حالت باید کلید رنج آمپرتر حداقل  $100\text{mA}$  باشد.

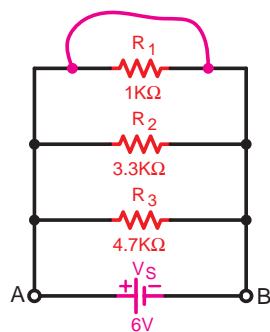
$$I_T = \boxed{\phantom{000000}}$$

۱۲- از مقایسه جریان های اندازه گیری شده با یکدیگر چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۳- آیا نتایج به دست آمده از آزمایش با مطالب تئوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۱۴- آیا براساس نتایج به دست آمده از آزمایش مرحله ۱۰ می توان مقاومت کل مدار را به دست آورد؟ محاسبه کنید.

۱۵- در شرایطی که منبع تغذیه خاموش است مدار شکل ۵-۸۰ را اتصال دهید و با یک قطعه سیم دو سر مقاومت  $R_1$  را اتصال کوتاه کنید.



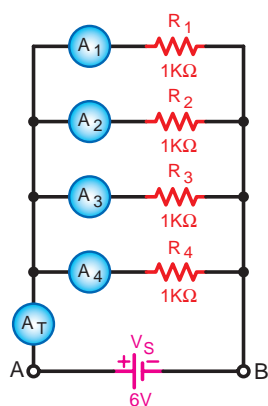
شکل ۵-۸۰

**توجه**  
۱۶- هیچ گاه منبع تغذیه را در این حالت وصل نکنید.



۱۷- چرا در حالت اتصال کوتاه مدار موازی، منبع تغذیه را نباید وصل کرد؟ شرح دهید.

۱۸- برای حفاظت مدار شکل ۵-۸۰ در مقابل اتصال کوتاه چه قطعه‌ای را پیشنهاد می‌کنید؟



شکل ۵-۸۱

۱۹- مدار شکل ۵-۸۱ را روی بردبرد اتصال دهید و در مراحل جداگانه جریان هر یک از مقاومت‌ها را اندازه‌گیری کنید. (کلید رنج آمپر متر حداقل روی  $1\text{mA}$  باشد).

$$I_{R_1} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$I_{R_2} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$I_{R_3} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$I_{R_4} = \boxed{\phantom{000}}$$

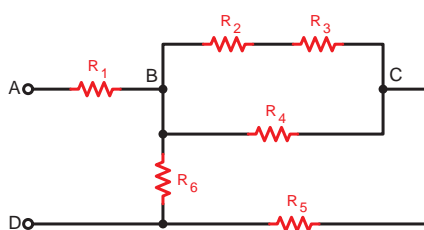
$$I_T = \boxed{\phantom{000}}$$

۲۰- از مقادیر به دست آمده در مدار شکل ۵-۸۱ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

### ۳- ۱- ۵- اتصال ترکیبی

#### «سری - موازی» مقاومت‌ها:

مدارهای «سری - موازی» به مدارهایی گفته می‌شود که برخی از عناصر موجود در آن به صورت سری و تعدادی دیگر به صورت موازی قرار گیرند. شکل ۵-۸۲ نمونه‌ای از این نوع مدارها را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۸۲

در محاسبه مقاومت معادل این گونه مدارها باید به نکات زیر توجه کنید.

۱- برای ساده کردن مدار باید از انتهای مدار، یعنی نقاطی که منبع تغذیه وجود ندارد یا نقاط باز مشخص شده در مدار هستند آغاز کنیم.

۲- برای محاسبه  $R_T$  در هر قسمت مدار، لازم است از روابط مقاومت معادل در مدارهای سری و مدارهای موازی استفاده کنیم. (شکل های ۵-۸۳ و ۵-۸۴)

نمونه هایی از مدارهای ترکیبی سری موازی به همراه نحوه قرار گرفتن مقاومت ها را در کنار هم نشان می دهند. برای آشنایی بیشتر با این مدارها به ذکر مثال هایی می پردازیم:

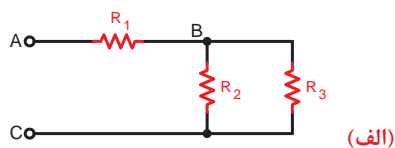
**مثال:** رابطه کلی محاسبه  $R_T$  را برای شکل ۵-۸۵ بنویسید.

**حل:** همان گونه که مشاهده می شود مقاومت های  $R_3$  و  $R_4$  به صورت موازی بسته شده اند. مقاومت معادل این دو مقاومت با دو مقاومت  $R_1$  و  $R_2$  به صورت سری قرار دارد. پس می توان نوشت:

$$R_T = R_1 + (R_3 \parallel R_4) + R_2$$

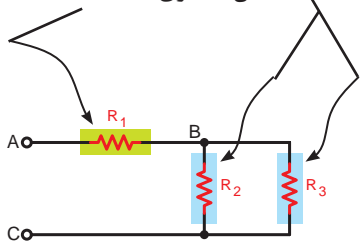
**مثال:** نحوه محاسبه مقاومت معادل مدار شکل ۵-۸۶ را به ترتیب بنویسید و مدار را در هر یک از حالت رسم کنید.

۱- در برخی موارد برای خلاصه نویسی از علامت (||) برای مشخص کردن مقاومت های موازی و از علامت (+) برای مشخص کردن مقاومت های سری استفاده می شود.



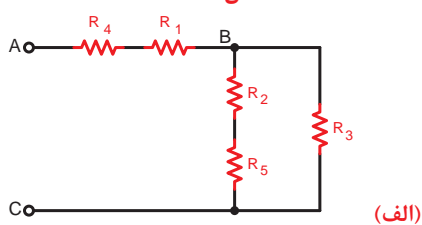
(الف)

مقاومت های  $R_2$  و  $R_3$  موازی و  $R_1$  با آن ها سری است.



(ب)

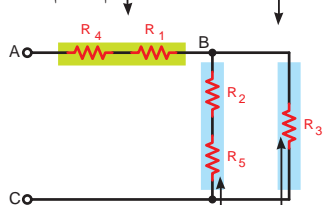
شکل ۵-۸۳



(الف)

گروه های سایه دار به طور سری قرار گرفته اند.

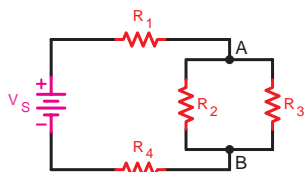
$R_1$  و  $R_4$  به طور سری قرار گرفته اند



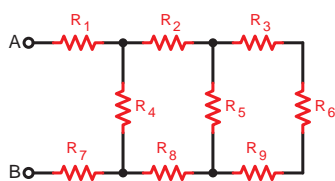
(ب)

گروه آبی رنگ به طور موازی قرار گرفته اند

شکل ۵-۸۴



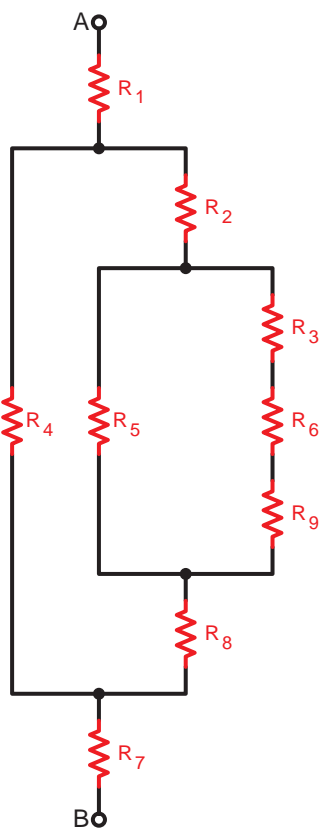
شکل ۵-۸۵



شکل ۵-۸۶

حل:

مرحله ۱: شکل ۵-۸۷ را به صورت ساده تر رسم می کنیم تا مفهوم سری - موازی در مدار مورد نظر بهتر مشخص شود.

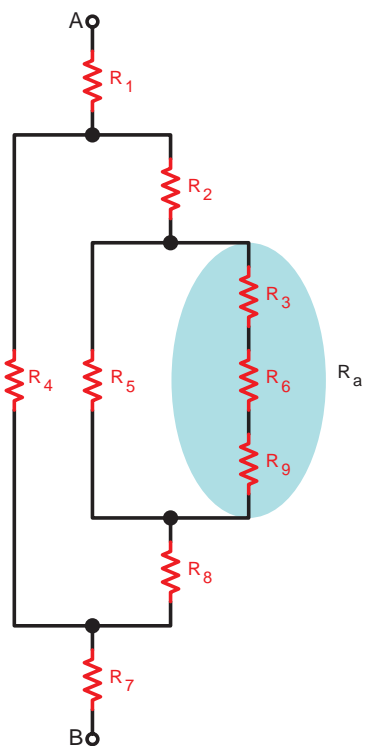


شکل ۵-۸۷

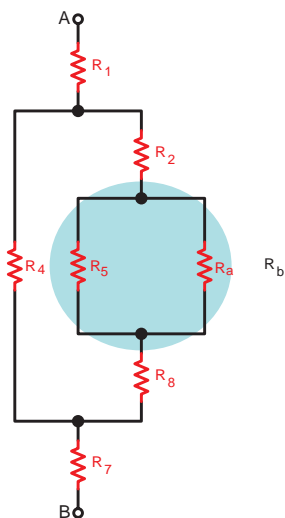
مرحله ۲: مقاومت معادل سه مقاومت  $R_p$ ,  $R_f$  و  $R_q$  را که به صورت سری قرار گرفته اند  $R_a$  می نامیم و مقدار مقاومت معادل آن را چنین به دست می آوریم.

(شکل ۵-۸۸)

$$R_a = R_p + R_f + R_q$$



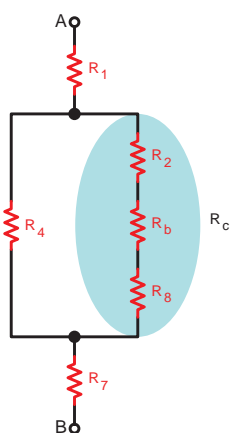
شکل ۵-۸۸



شکل ۵-۸۹

مرحله ۳: مقاومت معادل دو مقاومت  $R_a$  و  $R_b$  که به صورت موازی قرار گرفته اند را  $R_b$  می نامیم و معادل آن را بدست می آوریم. (شکل ۵-۸۹)

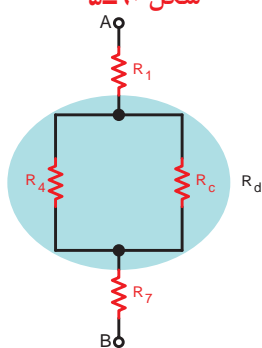
$$R_b = \frac{R_a \times R_b}{R_a + R_b}$$



شکل ۵-۹۰

مرحله ۴: در این مرحله مقاومت معادل به دست آمده در مرحله قبل را که به صورت سری با مقاومت های  $R_f$  و  $R_a$  قرار دارد را محاسبه می کنیم. (شکل ۵-۹۰)

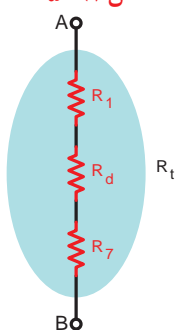
$$R_c = R_f + R_b + R_a$$



شکل ۵-۹۱

مرحله ۵: مقاومت معادل  $R_c$  در این مرحله با مقاومت  $R_f$  به صورت موازی قرار می گیرد. مقاومت معادل آن ها را  $R_d$  می نامیم و مقدار آن را محاسبه می کنیم. (شکل ۵-۹۱)

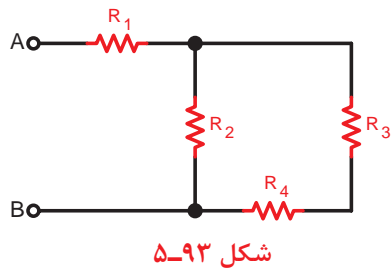
$$R_d = \frac{R_f \times R_c}{R_f + R_c}$$



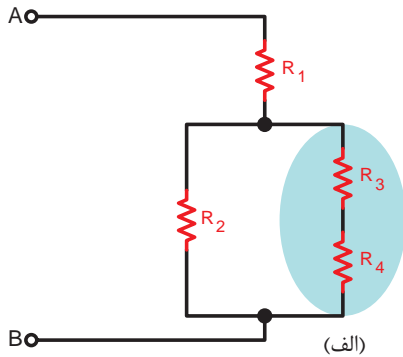
شکل ۵-۹۲

مرحله ۶: در این مرحله مقاومت  $R_d$  با دو مقاومت  $R_1$  و  $R_v$  به صورت سری قرار می گیرد. با محاسبه مقاومت معادل این سه مقاومت مقدار مقاومت معادل کل مدار به دست می آید. (شکل ۵-۹۲)

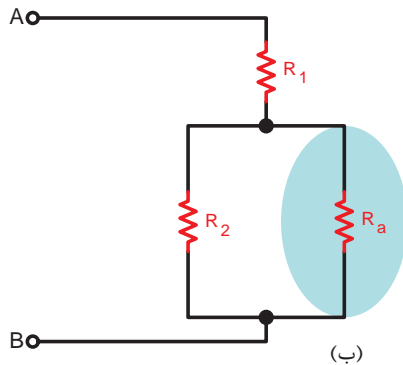
$$R_{AB} = R_t = R_1 + R_d + R_v$$



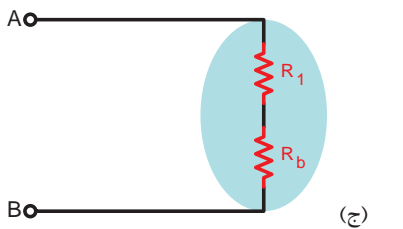
**مثال:** مقدار مقاومت معادل شکل ۵-۹۳ را در صورتی که  $R_1 = 12\Omega$ ,  $R_2 = 10\Omega$ ,  $R_3 = 2\Omega$ ,  $R_4 = 4\Omega$  است را حساب کنید.



**حل:** ابتدا مدار را به صورت شکل ساده شده (۵-۹۴الف) در می آوریم و معادل دو مقاومت سری  $R_3$  و  $R_4$  را محاسبه می کنیم.

$$R_a = R_3 + R_4 = 10 + 2 = 12\Omega$$


مقاومت معادل مقاومت های  $R_3$  و  $R_4$  را که به صورت موازی هستند و مقدار آن ها نیز مساوی است حساب می کنیم.

$$R_b = \frac{R_a}{2} = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 3\Omega$$


مقاومت های معادل به دست آمده مرحله قبل ( $R_b$ ) را با مقاومت  $R_1$  صورت سری در نظر می گیریم و مقاومت معادل آن برابر خواهد شد با:



شکل ۵-۹۴

$$R_c = R_1 + R_b = 3 + 12 = 15\Omega$$

مقاومت به دست آمده برابر با مقاومت معادل کل مدار است، (شکل ۵-۹۴د)

$$R_c = R_t = 15\Omega$$

## ۲-۵- افت ولتاژ در هادی ها

همان طوری که می دانید سیم های رابط دارای مقاومت الکتریکی هستند. هم چنین طبق قانون اهم با عبور جریان الکتریکی از یک مقاومت ولتاژی در دو سر آن به وجود می آید.

هر قدر فاصله بین منبع تغذیه (مولد) و مصرف کننده بیشتر باشد، مقدار مقاومت سیم های رابط بیشتر می شود و افت ولتاژ در طول مسیر نیز زیادتر خواهد شد.

شکل ۵-۹۵ شبکه ای را نشان می دهد که بین تولید کننده (نیروگاه) و مصرف کننده فاصله زیاد است.

چون این ولتاژ به صورت ناخواسته در مدار به وجود می آید لذا باعث کاهش ولتاژ منبع تغذیه اصلی ( $V_S$ ) می شود و ولتاژ کمتری برای مصرف کننده ( $V_L$ ) جهت انجام کار فرستاده می شود. لذا ولتاژ تلف شده در مسیر بین مولد و مصرف کننده را افت ولتاژ می نامند و آن را با ( $\Delta V$ ) نشان می دهند.

شکل ۵-۹۶ نمونه ای از تلف شدن ولتاژ در سیم را نشان می دهد.

طبق شکل ۵-۹۶ اگر فاصله بین منبع تغذیه و مصرف کننده  $L$  متر باشد، افت ولتاژ مسیر از رابطه مقابل به دست می آید.

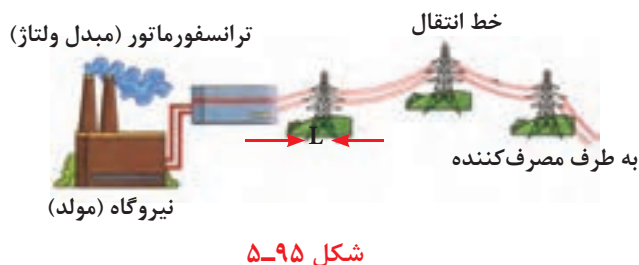
مقدار  $\Delta V$  با استفاده از مقدار مقاومت سیم های رابط نیز قابل محاسبه است. چون هر مسیر از دو سیم تشکیل می شود لذا رابطه دقیق برای  $\Delta V$  به صورت زیر درمی آید.

$$\Delta V = 2RI$$

که در این رابطه:

$R$  - مقاومت یک رشته سیم در طول مسیر

$I$  - جریان عبوری از سیم



شکل ۵-۹۶ افت ولتاژ بین مولد و مصرف کننده

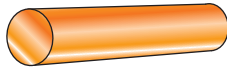
ولتاژ مصرف کننده - ولتاژ تولید کننده = افت ولتاژ مسیر

$$\Delta V = V_S - V_L$$

جدول ۳-۵

محل مورد نظر	استاندارد	شرح
مصارف (روشنایی (لامپ ها)	۱/۵ %	$\Delta V = \frac{1}{100} \times V_S$
مصارف (صنعتی (موتورها)	۳ %	$\Delta V = \frac{3}{100} \times V_S$

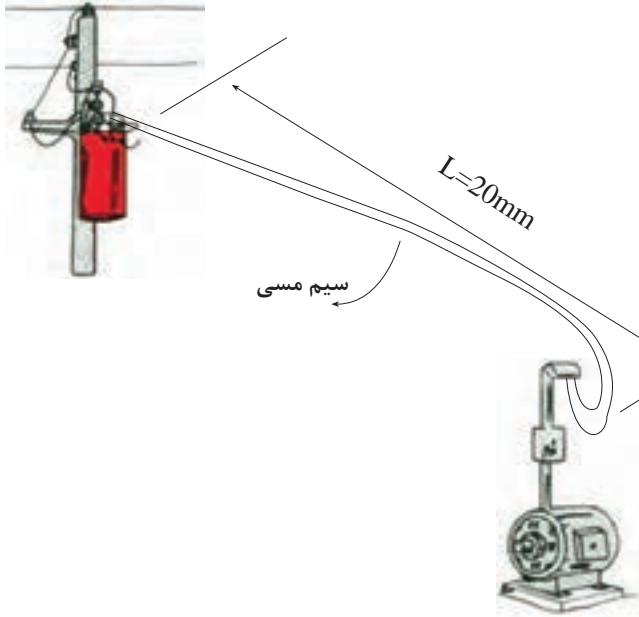
$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100$$



مقطع بزرگ  
برای جریان زیاد



مقطع کوچک  
برای جریان کم



شکل ۹۷-۵ محاسبه افت ولتاژ در خط

افت ولتاژ مجاز معمولاً برحسب درصدی از ولتاژ منبع تغذیه بیان می شود. برای اینکه مقدار افت ولتاژ در مدارهای روشنایی و صنعتی بیش از حد قابل قبول نشود آن را به صورت استاندارد طبق جدول ۳-۵ تعریف می کنند. برای محاسبه  $\Delta V$  بر حسب درصد از رابطه مقابل می توان استفاده کرد. در این رابطه  $\Delta V$  مقدار افت ولتاژ مدار و  $V$  مقدار ولتاژ شبکه است.

برای کاهش افت ولتاژ  $\Delta V$  در طول مسیر باید متناسب با نوع مصرف کننده و مقدار جریان عبوری، سیمی با سطح مقطع مناسب انتخاب کرد. (سطح مقطع کوچک برای جریان کم و سطح مقطع بزرگ برای جریان زیاد).

**مثال:** یک موتور الکتریکی با جریان مصرفی  $10A$  در فاصله ۲۰ متری از منبع تغذیه ۲۰۰ ولتی قرار دارد. اگر بخواهیم با استفاده از سیم مسی ( $\chi_{cu} = 56$ ) به آن برق رسانی کنیم، سطح مقطع سیم مناسب را حساب کنید.  
**حل:** چون مصرف کننده موتور است با توجه به جدول ۳-۵ در صد  $\Delta V$  را برابر با ۳٪ در نظر می گیریم و مقدار آن را محاسبه می کنیم.

$$\Delta V = \frac{3}{100} \times 200 = 6V$$

پس از به دست آوردن  $\Delta V$  مقدار  $R$  را تعیین

می کنیم:

$$\Delta V = 2RI$$

$$R = \frac{\Delta V}{2I} = \frac{6}{2 \times 10} = \frac{6}{20} = 0.3 \Omega$$

با استفاده از رابطه  $R = \frac{L}{\chi \cdot A}$  مقدار  $A$  را به دست

می آوریم:

$$A = \frac{L}{\chi \cdot R}$$

$$A = \frac{20}{56 \times 0.3} = 119 \text{ mm}^2$$





شکل ۹۸-۵ بخاری برقی

**مثال:** برای یک بخاری برقی با جریان نامی ۱۰ آمپر که در فاصله ۲۰ متری از کنتور قرار گرفته و با ولتاژ ۲۲۰ ولت کار می کند سطح مقطع سیم مناسب از جنس مس چقدر است؟

**حل:** چون مصرف کننده موتوری نیست و محل قرار گرفتن آن بعد از کنتور می باشد لذا طبق جدول ۳-۵ برای مقدار  $\Delta V$  داریم:

$$\% \Delta V = \% 1/5$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100 \Rightarrow \Delta V = \frac{\% \Delta V \times V}{100} = \frac{1/5 \times 220}{100} = 3/3 \text{ V}$$

$$\Delta V = rRI = r \frac{L}{\chi} \cdot I$$

$$A = \frac{rLI}{\chi \cdot \Delta V} = \frac{2 \times 20 \times 10}{56 \times 3/3} = \frac{400}{184/8} = 2/16 \text{ mm}^2$$

**مثال:** یک موتور جریان dc به وسیله کابل مسی دو رشته به سطح مقطع  $4 \text{ mm}^2$  در فاصله ۲۸ متری از شبکه ۲۲۰ ولت نصب شده و جریان مصرفی آن ۲۳ آمپر می باشد حساب کنید:

الف - افت ولتاژ

ب - درصد افت ولتاژ

ج - بررسی کنید که آیا سطح مقطع انتخاب شده مناسب

است و درصد افت ولتاژ در حد مجاز می باشد؟

**حل:**

$$\Delta V = rRI = \frac{rLI}{\chi \cdot A}$$

الف -

$$\Delta V = \frac{2 \times 28 \times 23}{56 \times 4} = 5/75 \text{ V}$$

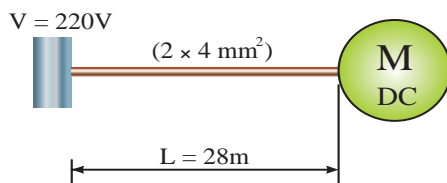
$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100$$

$$\% \Delta V = \frac{5/75}{220} \times 100 = \% 2/6$$

ب -

ج - چون افت ولتاژ به دست آمده کمتر از حد مجاز

برای موتورها (۳٪) است لذا می توان سطح مقطع کابل انتخاب شده را مناسب دانست.



شکل ۹۹-۵

### ۳-۵- انواع پیل ها

قبل از معرفی انواع پیل ها لازم است با دو مفهوم زیر آشنا شویم:

**الف - پیل الکتروشیمیایی<sup>۱</sup>:** مجموعه ای است که می تواند انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل کند. مانند باتری اتومبیل.

**ب - باتری:** از کنار هم قرار گرفتن چند پیل الکتروشیمیایی یک باتری تشکیل می شود. در بین عامه به اشتباه از اصطلاح باتری به جای پیل استفاده می شود. پیل ها به دو دسته «پیل های اولیه<sup>۲</sup>» و «پیل های ثانویه<sup>۳</sup>» تقسیم می شوند.

#### ۱-۳-۵- پیل های اولیه

پیل هایی هستند که پس از تخلیه نمی توان آن ها را مجدداً استفاده کرد زیرا قابل پر کردن (شارژ) نیستند. این پیل ها در صنعت اصطلاحاً تحت عنوان «پیل های خشک» معروف هستند.

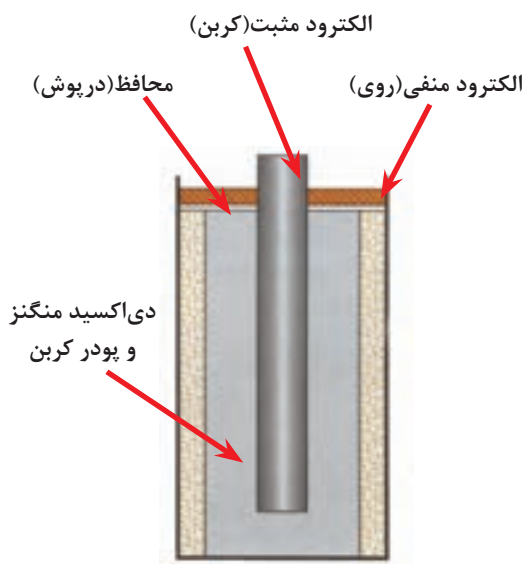
مهم ترین آن ها به شرح زیر است:

**- پیل روی - کربن:** پایه مثبت این پیل از یک میله کربنی و پایه منفی آن از یک ظرف استوانه ای از جنس روی تشکیل می شود. پایه مثبت در درون ظرف قرار دارد و فضای بین آن ها توسط محلولی (الکترولیت) از جنس پودر کربن و موادی دیگر که به صورت خمیر است پر می شود. ولتاژ این پیل ها در حدود ۱/۵ ولت است و دارای عمر نسبتاً طولانی هستند ساختمان داخلی و شکل ظاهری یک نمونه از این پیل را در شکل ۵-۱۰۱ مشاهده می کنید.

**- پیل اکسید نقره:** الکترود مثبت این نوع پیل از جنس روی و الکترود منفی آن از جنس اکسید نقره و محلول الکترولیت آن هیدروکسید پتاسیم یا هیدروکسید سدیم است.



شکل ۵-۱۰۰



الف - ساختمان داخلی



ب - شکل ظاهری

شکل ۵-۱۰۱

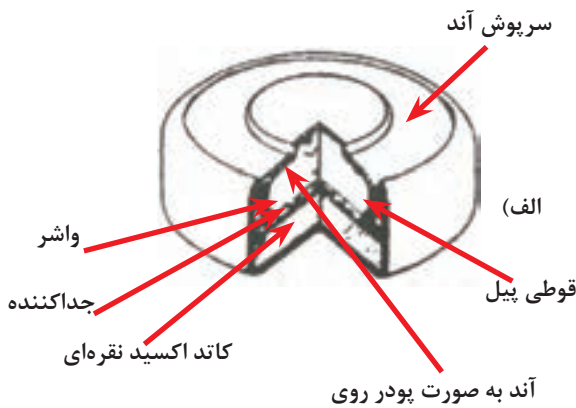


(الف)

1-Electrochemical Cell

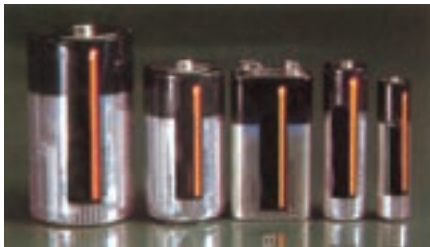
2-Primary Cell

3-Secondary Cell



شکل ۱۰۲-۵

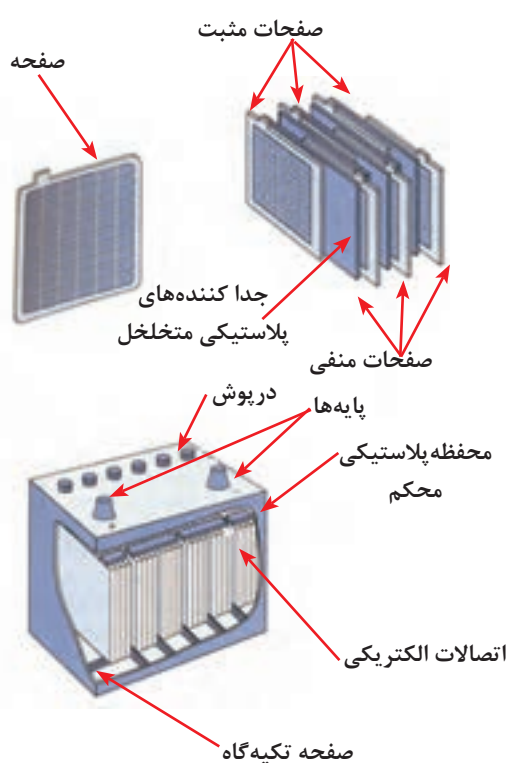
(ب)



شکل ۱۰۳-۵



شکل ۱۰۴-۵



شکل ۱۰۵-۵- ساختمان باتری سرب-اسید

ابعاد پیل اکسید نقره کوچک است و ولتاژی در حدود ۱/۵ ولت دارد. این پیل در انواع ماشین حساب ها، ساعت های مچی و ... مورد استفاده قرار می گیرد. شکل ۱۰۲-۵ این نوع باتری ها را نشان می دهد.

**- پیل قلیایی:** این نوع پیل از نظر ساختمان و طرز کار شبیه پیل روی - کربن است. الکتروود مثبت آن از جنس دی اکسید منگنز و الکتروود منفی آن از جنس روی است. الکتروولیت پیل قلیایی از جنس هیدروکسید پتاسیم است. ولتاژ کار این نوع پیل در حدود ۱/۵ ولت می باشد. داشتن قابلیت جریان دهی بالا و عمر زیاد را می توان از خصوصیات این قبیل پیل ها ذکر کرد. این پیل را در شکل ۱۰۳-۵ مشاهده می کنید.

**- پیل لیتیوم:** این پیل ها دارای ولتاژی در حدود ۱/۵ ولت هستند. داشتن طول عمر زیاد و تنوع ساخت در شکل های مختلف از جمله خصوصیات آن ها است. (شکل ۱۰۴-۵)

## ۲-۳-۵- پیل های ثانویه

پیل هایی هستند که قابلیت پر شدن (شارژ) و خالی شدن (دشارژ) مکرر را دارند. از انواع این نوع پیل ها می توان پیل های سرب - اسید و نیکل کادمیوم را نامبرد.

**- پیل سرب - اسید:** از این نوع پیل ها در باتری های اتومبیل استفاده می شود. الکتروود مثبت پیل سرب - اسید از جنس سرب اسفنجی و الکتروود منفی آن از جنس سرب است. محلول آب و اسید سولفوریک به عنوان الکتروولیت در این پیل به کار می رود. ولتاژ هر پیل سرب - اسید حدود ۲ ولت است. چون باتری اتومبیل معمولاً ۶ خانه دارد لذا ولتاژ این باتری ها برابر با ۱۲ ولت خواهد شد. تصویر ظاهری و اجزای تشکیل دهنده پیل سرب - اسید در شکل ۱۰۵-۵ نشان داده شده است.



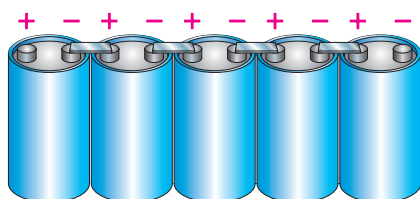
شکل ۵-۱۰۶- پیل نیکل کادمیوم

**- پیل نیکل - کادمیوم:** در این پیل الکتروود مثبت از جنس هیدروکسید نیکل و الکتروود منفی از جنس کادمیوم است. در پیل نیکل کادمیوم از ترکیب هیدروکسید پتاسیم به عنوان الکتروولیت استفاده می شود. ولتاژ پیل نیکل کادمیوم در حدود  $1/2$  تا  $1/3$  ولت است. شکل ۵-۱۰۶ این پیل ها را نشان می دهد.

از مجموعه مطالب ارائه شده در خصوص هر یک از انواع پیل ها می توان جمع بندی را بصورت جدول (۴-۵) استخراج کرد.

جدول ۴-۵

انواع پیل ها	روی - کربن	اکسید نقره	قلیائی	سرب - اسید	نیکل - کادمیوم
الکتروود مثبت	میله کربن	روی	دی اکسید منگنز	سرب اسفنجی	هیدرواکسید نیکل
الکتروود منفی	استوانه روی	اکسید نقره	روی	سرب معمولی	کادمیوم
الکتروولیت	پودر کربن و خمیر نشادر	هیدرواکسید پتاسیم یا سدیم	هیدرواکسید پتاسیم	اسید سولفوریک	ترکیب هیدرواکسید نیکل
ولتاژ کار	$1/5$	$1/5$	$1/5$	۲	$1/2$ تا $1/3$
مشخصه	عمر خوب	حجم کم	جریاندهی بالا	قابل شارژ (ثانویه)	قابل شارژ (ثانویه)



شکل ۵-۱۰۷- اتصال سری پیل ها

## ۴-۵- اتصالات پیل ها

### ۴-۵-۱- اتصال سری پیل ها:

اگر (n) پیل را طوری اتصال دهیم که قطب منفی پیل اول به قطب مثبت پیل دوم اتصال داشته باشد و این کار تا آخرین پیل (پیل n ام) ادامه یابد این نوع اتصال را «سری» گویند. (شکل ۵-۱۰۷).

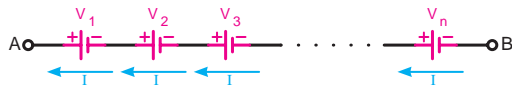
از این نوع اتصال پیل ها زمانی استفاده می شود که ولتاژ مورد نیاز بیشتر از مقدار ولتاژ یک پیل باشد. در شکل ۵-۱۰۸ مشاهده می شود با اضافه شدن تعداد پیل ها نور لامپ افزایش می یابد.



شکل ۵-۱۰۸

در اتصال سری مساوی بودن ولتاژ باتری ها ضرورتی ندارد و می توانند با هم متفاوت باشند.

جریان عبوری از مدار چند پیل که با هم به طور سری قرار گرفته اند برای همه پیل ها یکسان است. (شکل ۵-۱۰۹)  
ولتاژ کل (ولتاژ ابتدا نسبت به انتها) در این نوع اتصال به صورت زیر محاسبه می شود.



شکل ۵-۱۰۹- جریان عبوری از اتصال سری پیل ها

$$V_{AB} = V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

در صورتی که ولتاژ پیل ها مساوی باشند ولتاژ کل برابر

است با:

$$V_{AB} = V_T = n.V$$

که در آن  $n$  تعداد پیل ها و  $V$  ولتاژ هر پیل است.

اگر پیل های سری شده را به صورت واقعی در نظر بگیریم یعنی دارای مقاومت داخلی ( $r$ ) باشند. اثر مقاومت پیل ها در مدار مانند چند مقاومت سری ظاهر می شود. مقدار این مقاومت ها از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$r_{AB} = r_T = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n$$

در صورتی که مقدار مقاومت باتری ها مساوی باشند،

می توانیم بنویسیم:

$$r_{AB} = r_T = n.r$$

در شکل ۵-۱۱۱ اگر بخواهیم جریان مقاومت  $R_L$  را

طبق قانون اهم و توضیحات فوق محاسبه کنیم، می توانیم

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3 = n.V$$

بنویسیم:

$$r_{AB} = r_1 + r_2 + r_3 = n.r$$

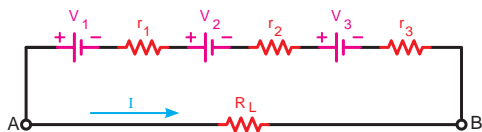
$$V_{RL} = V_{AB}$$

$$nV = I(nr + R_L)$$

$$I = \left( \frac{nV}{nr + R_L} \right)$$

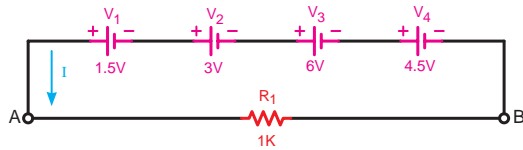


شکل ۵-۱۱۰- اتصال چند پیل به صورت سری با در نظر گرفتن مقاومت داخلی

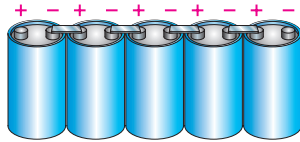


شکل ۵-۱۱۱- اتصال مقاومت بار به سه پیل که به صورت سری بسته شده اند.

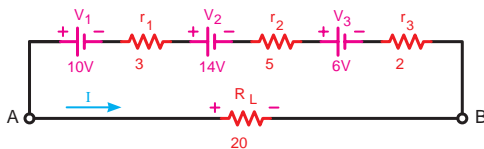
**مثال:** هرگاه چهار پیل مطابق شکل ۵-۱۱۲ به صورت سری اتصال داده شوند ولتاژ کل مدار چند ولت خواهد شد؟



شکل ۵-۱۱۲- اتصال چهار باتری به صورت سری



شکل ۵-۱۱۳



$$V_T = V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_T = 10 + 14 + 6 \Rightarrow \boxed{V_T = 30V}$$

$$r_T = r_1 + r_2 + r_3$$

$$r_T = 3 + 5 + 2 \Rightarrow \boxed{r_T = 10\Omega}$$

$$I_L = \frac{V_{AB}}{r_T + R_L}$$

$$I_L = \frac{30}{10 + 20} \Rightarrow \boxed{I_L = 1A}$$

شکل ۵-۱۱۴

$$V_T = n.v$$

$$V_T = 3 \times 1/5 \Rightarrow \boxed{V_T = 4/5V}$$

$$r_T = n.r$$

$$V_T = 3 \times 1 \Rightarrow \boxed{r_T = 3\Omega}$$

$$I = \frac{nv}{n.r + R_L} = \frac{V_T}{r_T + R_L}$$

$$I = \frac{4/5}{3 + 6} = \frac{4/5}{9} \Rightarrow \boxed{I = 4/45A}$$

شکل ۵-۱۱۵

**حل:** برای محاسبه ولتاژ کل باید ولتاژ همه باتری ها را با یکدیگر جمع کنیم.

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_{AB} = 1/5 + 3 + 6 + 4/5$$

$$V_{AB} = V_T = 15V$$

**مثال:** اگر پنج پیل ۱/۵ ولتی مطابق شکل ۵-۱۱۳ به هم متصل شوند ولتاژ کل مدار چند ولت است؟

**حل:** چون ولتاژ باتری ها برابر هستند، لذا می توان نوشت:

$$V_T = n.v$$

$$V_T = 5 \times 1/5$$

$$\boxed{V_T = 1V}$$

**مثال:** در مدار شکل ۵-۱۱۴ مطلوب است:

الف - ولتاژ کل مدار

ب - مقاومت داخلی کل پیل ها

ج - جریان عبوری از مقاومت  $R_L$

**حل:** برای محاسبه ولتاژ و مقاومت داخلی کل باید هر یک

را مستقل حساب کنیم:

**مثال:** با توجه به مدار شکل ۵-۱۱۵ مطلوب است:

الف - ولتاژ کل مدار

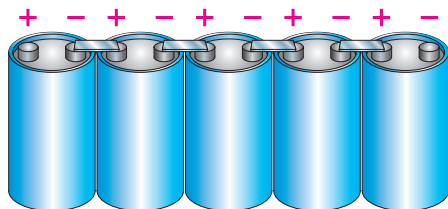
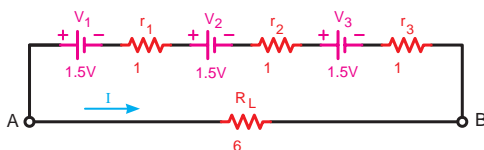
ب - مقاومت داخلی کل باتری ها

ج - جریان عبوری از مقاومت  $R_L$

**حل:** چون مقدار ولتاژ مقاومت داخلی هر سه باتری

مشابه یکدیگر است، لذا می توان طبق روابط مقابل نوشت:

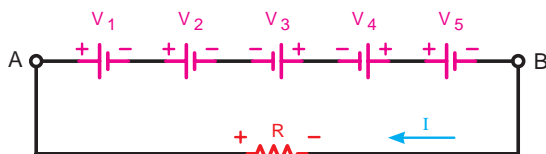
## ۲-۴-۵ - اتصال متقابل پیل ها:



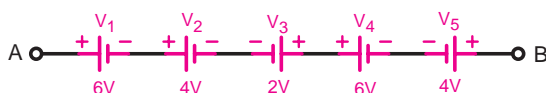
شکل ۱۱۶-۵



شکل ۱۱۷-۵



شکل ۱۱۸-۵ - پنج باتری که به صورت متقابل وصل شده اند.



شکل ۱۱۹-۵ - اتصال پنج پیل به صورت متقابل

یکی دیگر از روش هایی که می توان پیل ها را به صورت سری به هم اتصال داد، حالت اتصال متقابل است. در این روش نحوه اتصال پلاریته های مثبت و منفی پیل ها ترتیب خاصی ندارد و ممکن است قطب های هم نام موافق یا قطب های غیرهم نام به یکدیگر اتصال داده شوند.

در این نوع اتصال مساوی بودن ولتاژ پیل ها ضرورتی ندارد. برای محاسبه ولتاژ کل مدار ابتدا پلاریته های مثبت و منفی پیل ها و دو سر مقاومت بار را مشخص می کنیم و سپس یک جهت فرضی را برای جریان مدار در نظر می گیریم و طبق آن در حلقه بسته حرکت می کنیم.

اگر جهت فلش جریان به قطب مثبت پیل وارد شود آن را مثبت و اگر به قطب منفی پیل وارد شود آن را منفی در نظر می گیریم.

هرگاه مداری مطابق شکل ۱۱۸-۵ داشته باشیم و بخواهیم جریان مدار را به دست آوریم با در نظر گرفتن مطلب فوق و نوشتن معادله KVL مدار به صورت  $\sum V - \sum RI = 0$  می توانیم جریان عبوری از مدار شکل ۱۱۸-۵ را چنین به دست آوریم:

$$V_1 + V_2 - V_3 - V_4 + V_5 - R.I = 0 \quad \text{معادله K.V.L}$$

$$I = \frac{V_1 + V_2 - V_3 - V_4 + V_5}{R}$$

جریان مدار

مثال: ولتاژ خروجی (ولتاژ کل) شکل ۱۱۹-۵ چند ولت است؟

حل: ابتدا مطابق شکل ۱۲۰-۵ پلاریته پیل ها را تعیین می کنیم. سپس یک جهت فرضی برای عبور جریان در نظر می گیریم (مثلاً از نقطه A به B) و بعد در جهت حرکت



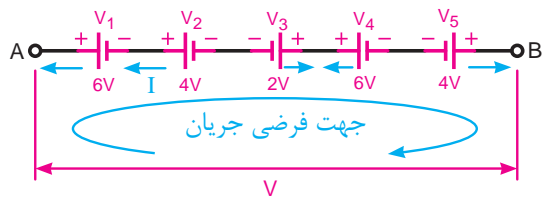
فلش پیش می‌رویم و به هر پلاریته که رسیدیم مقدار ولتاژ

آن پیل را با همان علامت می‌نویسیم:

$$V_{AB} = +V_1 + V_2 - V_3 + V_4 - V_5$$

$$V_{AB} = V_T = 6 + 4 - 2 + 6 - 4$$

$$V = V_T = 10V$$



شکل ۵-۱۲۰- جهت فرضی جریان  $I$

مثال: جریان عبوری از مقاومت  $R_L$  شکل (۵-۱۲۱)

چند آمپر است؟

حل: برای محاسبه جریان مدار ابتدا معادله KVL

حلقه را می‌نویسیم و سپس براساس آن جریان را به دست

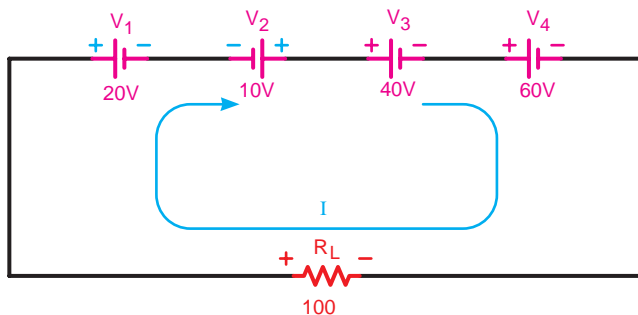
می‌آوریم:

$$+V_1 - V_2 + V_3 + V_4 - R_L \cdot I = 0$$

$$I = \frac{+V_1 - V_2 + V_3 + V_4}{R_L}$$

$$I = \frac{20 - 10 + 40 + 60}{100} = \frac{120}{100} = 1.2$$

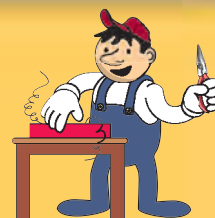
$$I = 1.2A$$



شکل ۵-۱۲۱- اتصال چهار پیل به صورت متقابل



## عملیات کارگاهی (کار عملی ۳)



ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

**هدف:** بررسی اتصال منابع به صورت سری

**وسایل و تجهیزات مورد نیاز** (برای هر گروه کار)

۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲- پیل ۱/۵ ولتی	۵ عدد
۳- آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۴- بردبرد	۱ عدد
۵- مقاومت اهمی $R_L = 1k\Omega 1W$	۱ عدد
۶- میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷- سیم تلفنی	۵/۰ متر
۸- سیم چین	۱ عدد
۹- سیم لخت کن	۱ عدد
۱۰- گیره سوسماری	۶ عدد

مدت زمان لازم: ۱/۵ ساعت

**تذکر:** قبل از شروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.

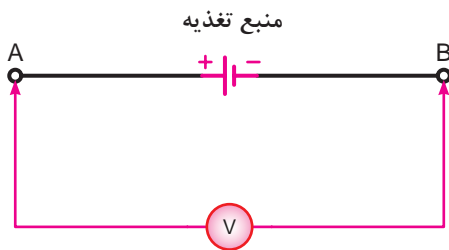


## اتصال سری پیل ها

مراحل اجرای آزمایش



برای سری کردن چند منبع dc می توانید از خروجی های مختلف یک منبع تغذیه الکترونیکی dc و یا از پیل های ۱/۵ ولتی استفاده کنید. اتصال پیل ها به یکدیگر و یا اتصال به مقاومت ها را با کمک گیره های سوسماری انجام دهید.



شکل ۵-۱۲۲

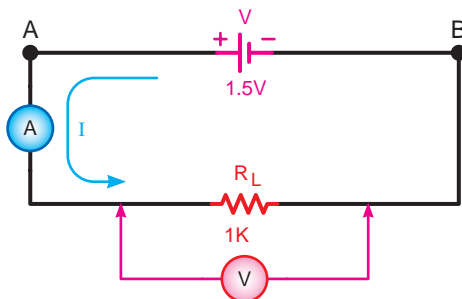
۱- با ولت متر دیجیتالی ولتاژ دو سر منبع تغذیه را

اندازه گیری کنید. (شکل ۵-۱۲۲)

$$V = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۲- مدار شکل ۵-۱۲۳ را اتصال دهید و به کمک آمپر متر

و ولت متر جریان و ولتاژ دو سر مقاومت را اندازه گیری کنید.



شکل ۵-۱۲۳

$$I_{R_L} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$V_{R_L} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۳- در صورتی که مقادیر ولتاژهای اندازه گیری شده

در مراحل ۱ و ۲ با یکدیگر مساوی بودند نشان می دهد که

مقاومت داخلی منبع تغذیه صفر است و جریان عبوری از

مقاومت  $R_L$  را طبق قانون اهم به صورت:

$$I_L = \frac{V_{R_L}}{R_L} = \frac{V}{R_L}$$

۴- اگر مقادیر ولتاژهای اندازه گیری شده در مراحل ۱ و

۲ با یکدیگر مساوی نبودند نشان می دهد که منبع تغذیه،

دارای مقاومت داخلی است که مقدار آن را طبق قانون اهم

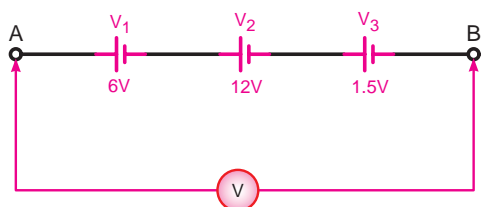
و بحث مقاومت های اهمی سری به صورت مقابل محاسبه

می کنیم.

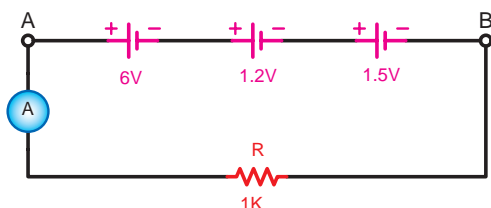
$$R_T = \frac{V - V_{R_L}}{I_{R_L}}$$

$$R_T = R_L + r$$

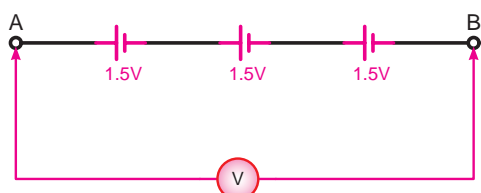
$$r = R_T - R_L$$



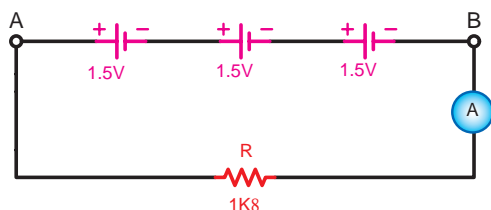
شکل ۵-۱۲۴



شکل ۵-۱۲۵



شکل ۵-۱۲۶



شکل ۵-۱۲۷

۵- آیا مقادیر اندازه گیری شده در مراحل آزمایشگاهی با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۶- سه منبع ولتاژ dc، ۶V، ۱۲V، ۱/۵V را مطابق شکل ۵-۱۲۴ به صورت سری به هم اتصال دهید. با ولت متر dc ولتاژ دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$$V_{AB} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۷- از مقدار به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۸- یک مقاومت  $1k\Omega$  را طبق شکل ۵-۱۲۵ در مدار اضافه کنید و جریان عبوری از مدار را اندازه بگیرید.

$$I = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

۹- سه منبع ولتاژ ۱/۵ ولتی را مطابق شکل ۵-۱۲۶ اتصال دهید و ولتاژ مدار را اندازه بگیرید.

$$V_{AB} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۱۰- یک مقاومت  $1k\Omega$  را مطابق شکل ۵-۱۲۷ به مدار اضافه کنید و جریان مدار را اندازه بگیرید.

$$I = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

۱۱- از مقادیر آزمایش چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۲- آیا مقادیر به دست آمده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

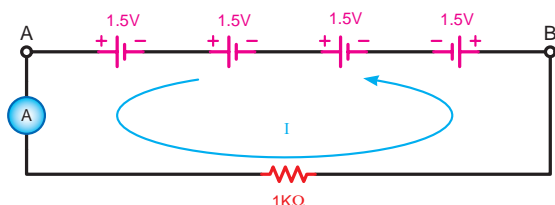
**توجه**



برای انجام این آزمایش از پیل های ۱/۵ ولتی استفاده کنید.



شکل ۵-۱۲۸



شکل ۵-۱۲۹

۱۳- مدار شکل ۵-۱۲۸ را اتصال دهید و با ولت متر دیجیتالی ولتاژ بین دو نقطه A و B را اندازه گیری نمایید.

$$V_{AB} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۱۴- یک مقاومت  $1k\Omega$  را بین دو نقطه A و B قرار دهید و جریان مدار را طبق شکل ۵-۱۲۹ اندازه بگیرید.

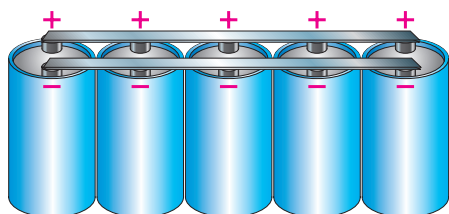
$$I = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

۱۵- از مقادیر به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟ آیا این نتایج با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۱۶- آیا در عمل از اتصال چند پیل به صورت سری استفاده می شود؟ چرا؟ شرح دهید.

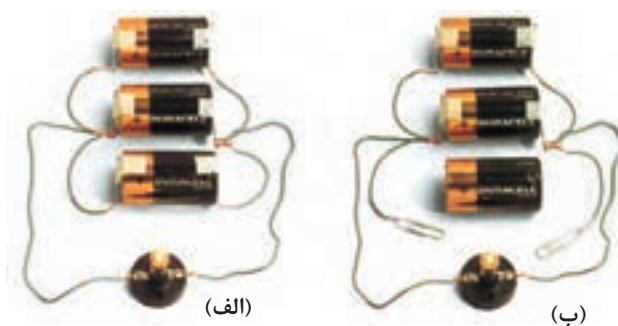
### ۳-۴-۵ - اتصال موازی پیل ها:

هرگاه  $n$  پیل را طوری اتصال دهیم که قطب مثبت همه پیل ها به یکدیگر و قطب منفی آن ها نیز به هم متصل شوند و این روش تا آخرین پیل (پیل  $n$  ام) ادامه یابد این نوع اتصال را «اتصال موازی» گویند. (شکل ۵-۱۳۰)

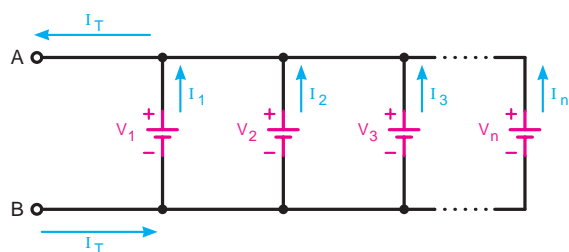


شکل ۵-۱۳۰

از اتصال موازی پیل ها زمانی استفاده می شود که جریان مورد نیاز بیشتر از میزان جریان دهی یک پیل باشد. در اتصال موازی پیل ها ولتاژ دو سر مدار همواره ثابت است. شکل (الف) (۵-۱۳۱) اتصال موازی سه پیل و یک لامپ را نشان می دهد. در این حالت نور لامپ زیاد است. در شکل (ب) (۵-۱۳۱) یک پیل از مدار خارج شده است. با خارج شدن یک پیل از مدار و با وجود ثابت ماندن ولتاژ، نور لامپ کاهش می یابد. در واقع میزان جریانی که لامپ برای تولید نور کامل نیاز دارد بیشتر از مقدار جریان دهی دو پیل به



شکل ۵-۱۳۱



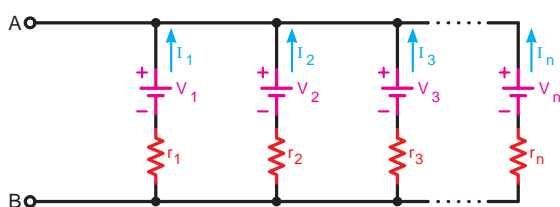
شکل ۵-۱۳۲

ولتاژ مدار

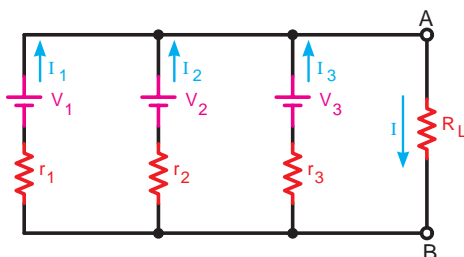
$$V_{AB} = V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

جریان دهی  
کل پیل ها

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$



شکل ۵-۱۳۳



شکل ۵-۱۳۴

صورت موازی است. در اتصال موازی پیل ها مساوی بودن ولتاژ برای همه پیل ها ضروری است. (شکل ۵-۱۳۲)  
روابط مقابل را برای این نوع اتصال می توانیم بنویسیم:  
از طرفی چون پیل ها یکسان هستند پس می توانیم

بنویسیم:

$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \Rightarrow I_T = I.n$$

که در آن  $n$  تعداد پیل ها و  $I$  جریان دهی هر پیل است. اگر هر پیل را به صورت واقعی در نظر بگیریم دارای مقاومت داخلی خواهد بود. در این حالت مقاومت معادل پیل ها با هم مشابه حالت مقاومت ها به صورت موازی است. (شکل ۵-۱۳۳)

$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

چون پیل ها مساوی هستند پس برای محاسبه مقاومت معادل مدار می توانیم بنویسیم:

$$r_{AB} = r_T = \frac{r}{n}$$

که در آن  $n$  تعداد پیل ها و  $r$  مقدار مقاومت داخلی هر پیل است

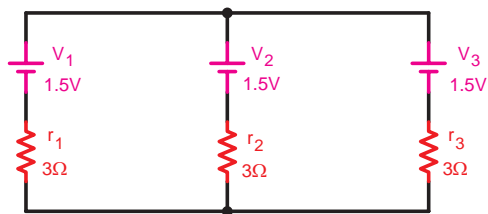
جریان مقاومت برای ( $R_L$ ) در شکل ۵-۱۳۴ را به صورت زیر می توان محاسبه کرد:

$$I_{R_L} = I = I_1 + I_2 + I_3 = n.I$$

$$r_{AB} \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} = \frac{r}{n}$$

$$V_{R_L} = V_{AB} = V$$

$$I_{R_L} = \frac{V_{R_L}}{R_T} \Rightarrow I = \frac{V}{\frac{r}{n} + R_L}$$



شکل ۵-۱۳۵

مثال: در مدار شکل ۵-۱۳۵ مطلوب است:

الف - ولتاژ کل

ب - مقاومت داخلی کل پیل ها

حل: در اتصال موازی ولتاژ کل پیل ها برابر ولتاژ یک

پیل است یعنی:

$$V_T = 1.5 \text{ V}$$

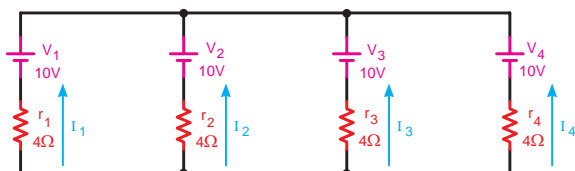
مقاومت معادل پیل ها را نیز به صورت مقابل محاسبه

می کنیم:

$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$$

$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{1+1+1}{3} = \frac{3}{3}$$

$$r_T = \frac{3}{3} = 1\Omega$$



شکل ۵-۱۳۶

مثال: مقدار جریان دهی هر پیل و مقاومت معادل پیل ها

در شکل ۵-۱۳۶ چقدر است؟

حل: مقدار جریان دهی هر پیل را متناسب با مقاومت

داخلی آن به صورت مقابل محاسبه می کنیم:

$$I_1 = \frac{V_1}{r_1} = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{r_2} = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V_3}{r_3} = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{V_4}{r_4} = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ A}$$

$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \quad \text{یا} \quad r_T = \frac{r}{n}$$

$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \quad \text{یا} \quad r_T = \frac{4}{4}$$

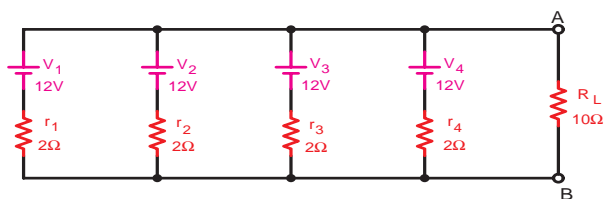
$$\frac{1}{r_T} = \frac{1+1+1+1}{4} = \frac{4}{4}$$

$$r_T = 1\Omega$$

چون مقدار مقاومت داخلی پیل ها با یکدیگر مساوی

نیست، لذا برای محاسبه مقاومت معادل پیل ها به صورت

مقابل عمل می کنیم:



شکل ۵-۱۳۷

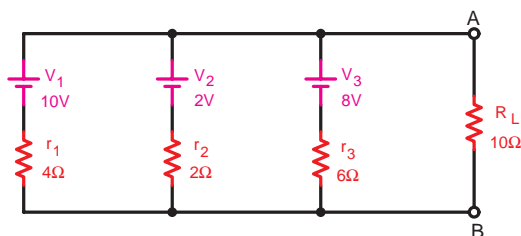
$$r_T = \frac{r}{n} = \frac{2}{4}$$

$$r_T = 0.5 \Omega$$

$$I_L = \frac{\sum V}{\sum R} = \frac{V_{AB}}{\frac{r}{n} + R_L}$$

$$V_{AB} = V = 12V$$

$$I_L = \frac{12}{0.5 + 10} = \frac{12}{10.5} = 1.14A$$



شکل ۵-۱۳۸

مثال: با توجه به مدار شکل ۵-۱۳۷ مطلوب است:

الف - مقاومت معادل پیل ها

ب - جریان مصرف کننده (بار)

حل: چون تمام مشخصات پیل ها با یکدیگر مساوی است

لذا به صورت مقابل محاسبه می کنیم:

برای محاسبه جریان نیز از رابطه مقابل استفاده

می کنیم.

مثال: در مدار شکل ۵-۱۳۸ ولتاژ جریان

بار چقدر است؟

حل: در مدار شکل ۵-۱۳۸ چون ولتاژ پیل ها

مساوی نمی باشند، لذا اتصال چنین مداری اشتباه

است به همین خاطر مقادیر ولتاژ و جریان بار را

نمی توان محاسبه کرد.

## عملیات کارگاهی (کار عملی ۴)



ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

**هدف:** بررسی اتصال منابع به صورت موازی

**وسایل و تجهیزات مورد نیاز** (برای هر گروه کار)

۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲- پیل ۱/۵ ولتی	۵ عدد
۳- آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۴- بردبرد	۱ عدد
۵- مقاومت اهمی $R_L = 1k\Omega 1W$	۱ عدد
۶- میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷- سیم تلفنی	۵/۵ متر
۸- سیم چین	۱ عدد
۹- سیم لخت کن	۱ عدد
۱۰- گیره سوسماری	۶ عدد

مدت زمان لازم: ۱/۵ ساعت

**تذکر:** قبل از شروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.





## اتصال موازی پیل ها



### مراحل اجرای آزمایش

۱- مدار شکل ۵-۱۳۹ را اتصال دهید و توسط ولت متر دیجیتالی ولتاژ بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید و یادداشت نمایید.

$$V_{AB} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۲- مدار شکل ۵-۱۴۰ را اتصال دهید و توسط ولت متر دیجیتالی ولتاژ دو نقطه B, A را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{AB} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۳- از مقایسه مقادیر به دست آمده در مراحل ۱ و ۲ در این آزمایش چه نتیجه ای حاصل می شود؟ توضیح دهید.

۴- آیا مقادیر اندازه گیری شده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۵- مدار شکل ۵-۱۴۱ را اتصال دهید و با قرار دادن یک آمپر متر و یک ولت متر در مدار مقدار ولتاژ و جریان عبوری از مقاومت را اندازه بگیرید.

$$I_L = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$V_L = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۶- آمپر متر را در مسیر هر یک از منابع قرار دهید و جریان هر یک از پیل ها را اندازه بگیرید.

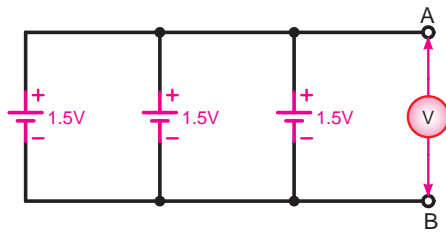
$$I_1 = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$I_2 = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

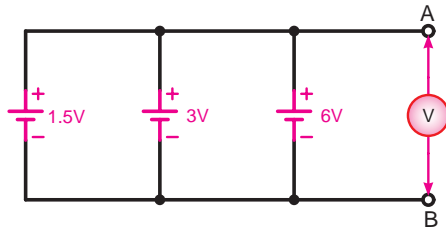
$$I_3 = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

۷- در صورت وجود اختلاف بین جریان های وارد شده به مدار جریان های خارج شده از مدار را با استفاده از مقدار ولتاژ دو سر بار و ولتاژ منابع در حالت بی باری مقدار مقاومت داخلی هر یک از پیل ها را به دست آورید. (شکل ۵-۱۴۲)

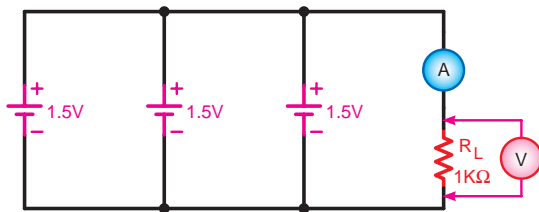
۸- آیا مقادیر اندازه گیری شده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ توضیح دهید.



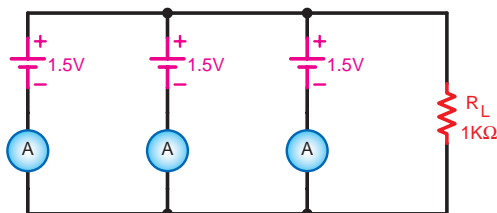
شکل ۵-۱۳۹



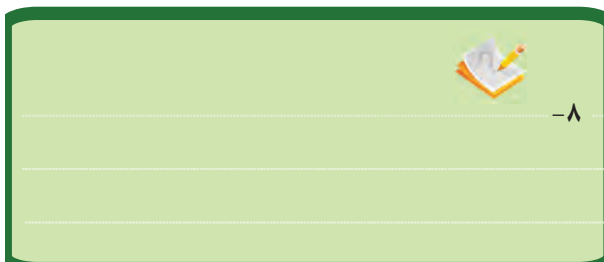
شکل ۵-۱۴۰

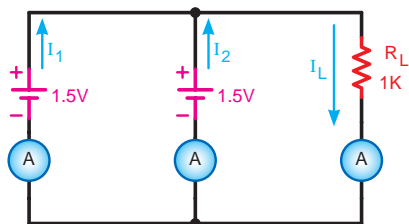


شکل ۵-۱۴۱

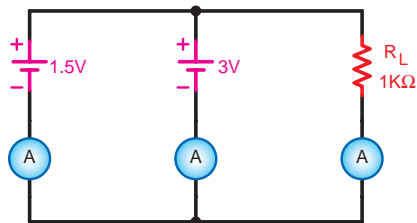


شکل ۵-۱۴۲





شکل ۵-۱۴۳



شکل ۵-۱۴۴

۹- مدار شکل ۵-۱۴۳ را اتصال دهید و جریان هر یک از منابع و جریان بار را اندازه گیری کنید.

$$I_1 = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$I_2 = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$I_r = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

۱۰- از مقایسه نتایج این آزمایش و آزمایش شکل ۵-۱۳۸ چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۱- با اتصال مدار شکل ۵-۱۴۴ جریان بار و جریان هر یک از پیل ها را اندازه گیری کنید.

$$I_1 = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$I_2 = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$I_r = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

۱۲- آیا نتایج به دست آمده قابل قبول و تأمین کننده جریان بار است؟

۱۲-



---



---




---



---

۱۳- آیا اتصال موازی منابع با ولتاژهای نامساوی کاربردی دارد؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۳-



---



---



---



---

۱۴- آیا پیل ها را می توان به صورت موازی متقابل اتصال داد؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۴-



---



---



---

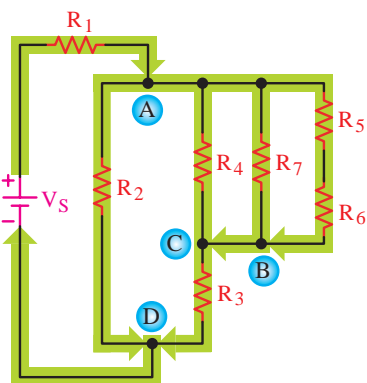


---

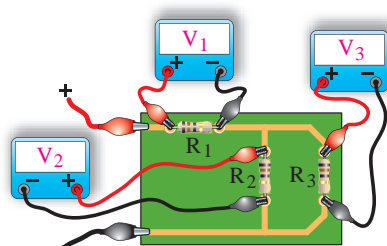
## ۵-۵- شدت جریان در مدارهای ترکیبی «سری - موازی»

در مدارهای ترکیبی سری - موازی شدت جریان متناسب با شکل مدار و مقادیر مقاومت های هر قسمت از مدار عبور می کند. به عبارت دیگر در مسیرهایی که دارای مقاومت های موازی می باشند جریان کل در بین شاخه های موازی به نسبت مقاومت ها تقسیم می شود و در مسیرهایی که مقاومت ها سری هستند جریان عبوری از آن مقاومت ها یکسان است.

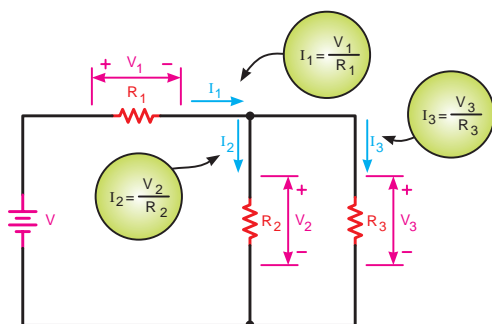
طبق شکل ۵-۱۵۲ برای محاسبه جریان در هر یک از مقاومت های ترکیبی مدار (سری - موازی) لازم است مقدار ولتاژ و مقدار اهم هر یک از مقاومت ها را بدانیم. در شکل ۵-۱۵۳ این شرایط نشان داده شده است. - مدار عملی (واقعی)



شکل ۵-۱۵۲- جریان در مدارهای ترکیبی سری - موازی



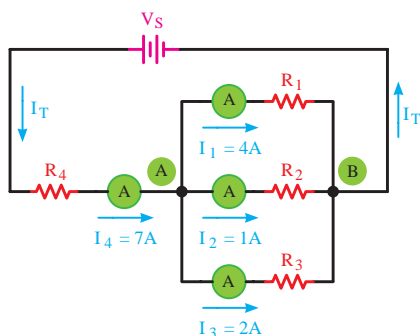
(الف)



(ب)

شکل ۵-۱۵۳

- نقشه فنی

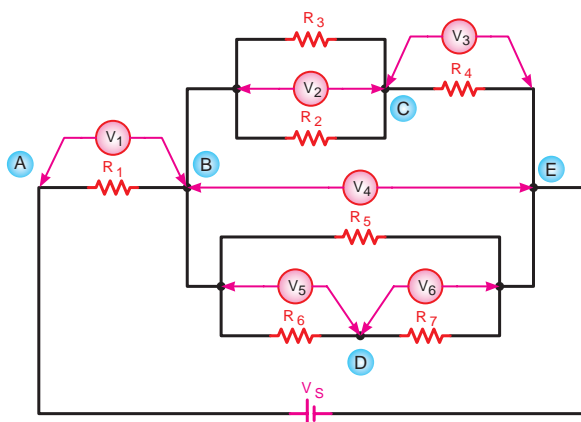


شکل ۵-۱۵۴- تقسیم جریان در مدارهای ترکیبی سری-موازی

شکل ۵-۱۵۴ را مورد بررسی قرار دهید. در این شکل جریان کل مدار ( $I_T$ ) در گره (A) به سه شاخه تقسیم شده است و در سمت دیگر در گره B جریان ها مجدداً با هم جمع می شوند و به صورت  $I_T$  به منبع تغذیه باز می گردند.<sup>۱</sup>

۱ - برای اندازه گیری جریان، آمپر متر در مسیر مصرف کننده و به صورت سری بسته می شود.

## ۵-۶- ولتاژ در مدارهای ترکیبی «سری-موازی»



شکل ۵-۱۵۵- بررسی ولتاژها در مدار ترکیبی سری-موازی

در مدارهای ترکیبی «سری-موازی» ولتاژ به نسبت مقاومت های سری تقسیم می شود و نحوه تقسیم ولتاژ بستگی به حالت مدار دارد.

زیرا در قسمت هایی که مدار موازی است ولتاژ مقاومت ها مساوی و در بخش هایی که مقاومت ها سری هستند ولتاژ ورودی به نسبت مقاومت ها بین آن ها تقسیم می شود. شکل ۵-۱۵۵ یک نمونه مدار ترکیبی سری موازی را نشان می دهد.

با توجه به توصیحات فوق روابط زیر را می توانیم

بنویسیم:

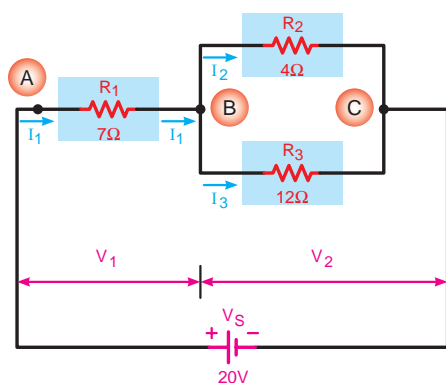
$$\begin{aligned} V_{BE} &= V_{BC} + V_{CE} \\ V_{BE} &= V_{BD} + V_{DE} \\ V_S &= V_{AB} + V_{BE} \end{aligned}$$

جدول ۵-۴

ولت متر	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$
ولتاژ گره ها	$V_{AB}$	$V_{BC}$	$V_{CE}$	$V_{BE}$	$V_{BD}$	$V_{DE}$
ولتاژ مقاومت	$V_{R_1}$	$V_{R_2}$ $V_{R_3}$	$V_{R_4}$	$V_{R_5}$	$V_{R_6}$	$V_{R_7}$

هم چنین برای این مدار می توان جدول ۵-۴ را نیز

تشکیل داد.



شکل ۵-۱۵۶- تقسیم ولتاژ در مدارهای ترکیبی سری-موازی

در شکل ۵-۱۵۶ مثال دیگری از مدارهای ترکیبی

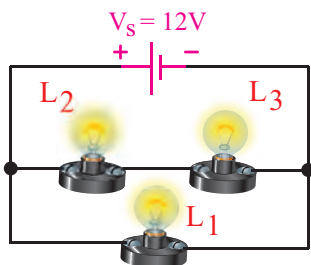
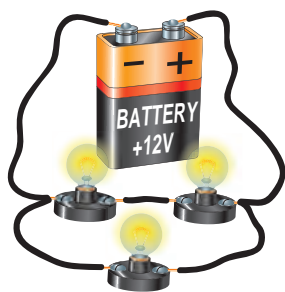
سری-موازی با مقادیر مقاومت ها آمده است که با توجه به قواعد سری و موازی می توانیم روابط زیر را بنویسیم:

$$V_S = V_1 + V_2$$

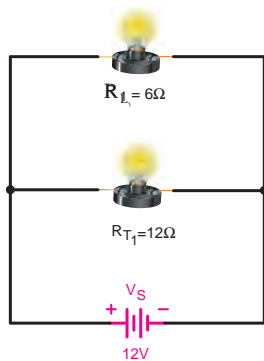
$$V_1 = V_{AB} = V_{R_1} = I_1 \cdot R_1$$

$$V_2 = V_{BC} = V_{R_2} = I_2 \cdot R_2$$

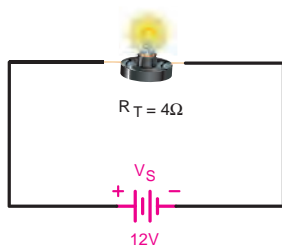
$$V_2 = V_{BC} = V_{R_3} = I_3 \cdot R_3$$



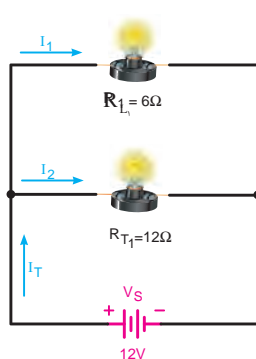
شکل ۵-۱۵۷



شکل ۵-۱۵۸



شکل ۵-۱۵۹



شکل ۵-۱۶۰

مثال: سه لامپ با مقاومت داخلی  $6\Omega$  مانند شکل ۵-۱۵۷ به یکدیگر اتصال یافته اند. مطلوب است جریان و ولتاژ دو سر هر یک از لامپ ها را به دست آورید.

حل: با دقت در شکل ۵-۱۵۷ مشاهده می شود که دو

لامپ  $L_2$  و  $L_3$  با هم به صورت سری و لامپ  $L_1$  با مجموع آن ها به صورت موازی قرار می گیرد.

برای محاسبه مقادیر مجهول ابتدا مقاومت معادل و جریان کل را به دست می آوریم و سپس براساس مقادیر به دست آمده جریان هر شاخه و افت ولتاژ دو سر هر مقاومت را محاسبه می کنیم.

به صورت سری

$$R_{T_1} = R_{L_2} + R_{L_3}$$

$$R_{T_1} = n.R$$

$$R_{T_1} = 2 \times 6 = 12\Omega$$

مقاومت معادل در شکل ۵-۱۵۸ نشان داده شده است.

$$R_T = \frac{R_{T_1} \cdot R_{L_1}}{R_{T_1} + R_{L_1}} = \frac{12 \times 6}{12 + 6}$$

$$R_T = 4\Omega$$

مقاومت معادل در شکل ۵-۱۵۹ نشان داده شده است.

$$I_T = \frac{V_s}{R_T}$$

$$I_T = \frac{12}{4} \Rightarrow I_T = 3A$$

برای محاسبه جریان هر شاخه از رابطه تقسیم جریان دو مقاومت موازی و یا رابطه قانون اهم می توانیم استفاده کنیم:

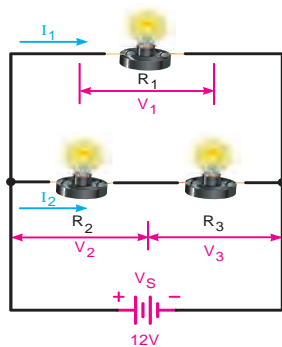
$$I_1 = \frac{V_s}{R_{L_1}} = \frac{12}{6}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_{T_1}} = \frac{12}{12}$$

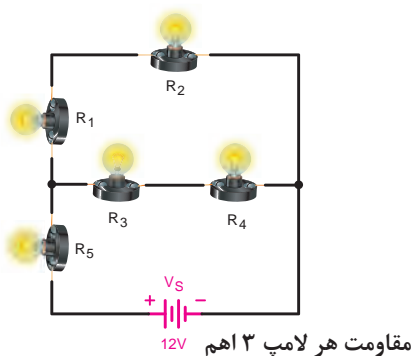
$$I_1 = 2A$$

$$I_2 = 1A$$

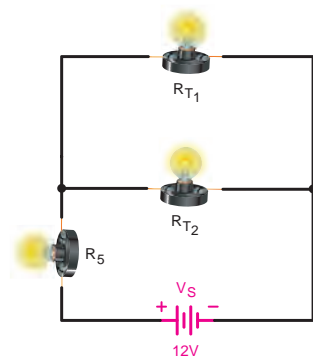
چون دو مقاومت  $R_2$  و  $R_3$  با هم سری هستند لذا جریان  $I_2$  که مربوط به آن شاخه است برای هر دو یکی است. (شکل ۵-۱۶۰)



شکل ۵-۱۶۱



شکل ۵-۱۶۲



شکل ۵-۱۶۳

ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را براساس جریان عبوری هر یک و به کمک رابطه  $V = R \cdot I$  (قانون اهم) چنین به دست می آوریم.

$$V_{R_1} = R_1 \cdot I_1$$

$$V_{R_1} = 6 \times 2 \Rightarrow \boxed{V_{R_1} = 12V}$$

$$V_{R_r} = R_r \cdot I_r$$

$$V_{R_r} = 6 \times 1 \Rightarrow \boxed{V_{R_r} = 6V}$$

$$V_{R_r} = R_r \cdot I_r$$

$$V_{R_r} = 6 \times 1 \Rightarrow \boxed{V_{R_r} = 6V}$$

مثال: در مدار شکل ۵-۱۶۲ مطلوب است:

الف - جریان کل مدار

ب - جریان هر یک از لامپ ها

ج - ولتاژ دو سر هر کدام از لامپ ها

حل: برای به دست آوردن مقادیر مجهول مشابه روش به

کار رفته در مثال قبل عمل می کنیم:

$$R_{T_1} = R_{L_1} + R_{L_r} \text{ (مقاومت معادل تا مرحله اول)}$$

$$R_{T_1} = R \cdot n \quad \text{یا}$$

$$R_{T_1} = 3 \times 2 \Rightarrow \boxed{R_{T_1} = 6\Omega}$$

$$R_{T_r} = R_{L_r} + R_{L_r} \text{ (مقاومت معادل تا مرحله دوم)}$$

$$R_{T_r} = R \cdot n \quad \text{یا}$$

$$R_{T_r} = 3 \times 2 \Rightarrow \boxed{R_{T_r} = 6\Omega}$$

مقاومت معادل تا این مرحله را در شکل ۵-۱۶۳ نشان

داده شده است.

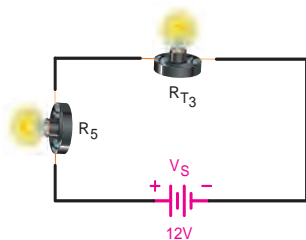
چون دو مقاومت موازی مساوی هستند پس می توان از

تقسیم مقدار یکی بر تعداد معادل آن را به دست آورد:

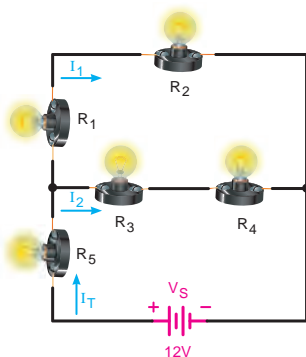
$$R_{T_r} = R_{T_1} \parallel R_{T_r} \text{ (مقاومت معادل تا مرحله سوم)}$$

$$R_{T_r} = \frac{R}{n}$$

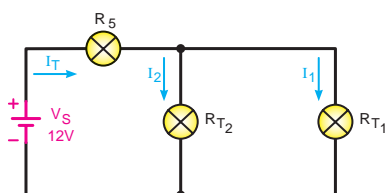
$$R_{T_r} = \frac{6}{2} \Rightarrow \boxed{R_{T_r} = 3\Omega}$$



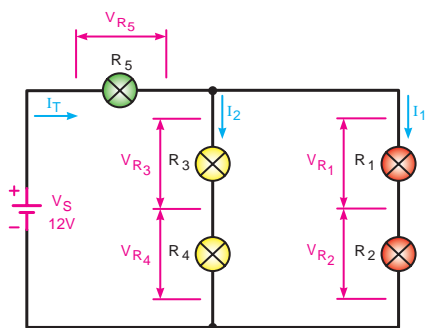
شکل ۵-۱۶۴



شکل ۵-۱۶۵



شکل ۵-۱۶۶



شکل ۵-۱۶۷

مقدار مقاومت کل مدار برابر است با:

$$R_T = R_{T_r} + R_{T_s}$$

$$R_T = 3 + 3 \quad \boxed{R_T = 6\Omega}$$

طبق قانون اهم جریان کل را بدین صورت محاسبه

می کنیم:

$$I_T = \frac{V_S}{R_T}$$

$$I_T = \frac{12}{6} \Rightarrow \boxed{I_T = 2A}$$

$$I_{L_s} = I_T$$

$$I_{L_1} = I_{L_r}$$

چون دو لامپ سری هستند.

$$I_{L_r} = I_{L_r}$$

چون دو لامپ سری هستند.

جریان هر شاخه را از تقسیم جریان به دست می آوریم:

$$I_{L_1} = I_T \frac{R_{T_r}}{R_{T_1} + R_{T_r}}$$

$$I_{L_1} = 2 \frac{6}{6+6} = \frac{12}{12} \Rightarrow \boxed{I_{L_1} = 1A}$$

$$I_{L_r} = I_T \frac{R_{T_1}}{R_{T_1} + R_{T_r}}$$

$$I_{L_r} = 2 \frac{6}{6+6} = \frac{12}{12} \Rightarrow \boxed{I_{L_r} = 1A}$$

برای محاسبه افت ولتاژ دو سر مقاومت ها نیز باید

مقدار اهم هر مقاومت را در جریان عبوری از آن ضرب کرد:

$$V_{R_s} = R_s \cdot I_T$$

$$V_{R_s} = 3 \times 2 \Rightarrow \boxed{V_{R_s} = 6V}$$

$$V_{R_r} = R_r \cdot I_T$$

$$V_{R_r} = 3 \times 1 \Rightarrow \boxed{V_{R_r} = 3V}$$

$$V_{R_r} = R_r \cdot I_T$$

$$V_{R_r} = 3 \times 1 \Rightarrow \boxed{V_{R_r} = 3V}$$

$$V_{R_1} = R_1 \cdot I_T$$

$$V_{R_1} = 3 \times 1 \Rightarrow \boxed{V_{R_1} = 3V}$$

$$V_{R_1} = R_1 \cdot I_T$$

$$V_{R_1} = 3 \times 1 \Rightarrow \boxed{V_{R_1} = 3V}$$

## عملیات کارگاهی (کار عملی ۶)



ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

**هدف:** بررسی مدارهای مقاومتی سری - موازی در جریان مستقیم

**وسایل و تجهیزات مورد نیاز** (برای هر گروه کار)

۱- منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲- پیل ۱/۵ ولتی	۶ عدد
۳- بردبرد	۱ عدد
۴- آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۵- آوومتر عقربه‌ای	۱ عدد
۶- میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷- مقاومت های اهمی	
۱ وات $R_1 = 1/2 \text{ k}\Omega$	۵ عدد
۱ وات $R_2 = 1/5 \text{ k}\Omega$	۱ عدد
۱ وات $R_3 = 3/9 \text{ k}\Omega$	۱ عدد
۱ وات $R_4 = 5/6 \text{ k}\Omega$	۱ عدد
۸- سیم تلفنی	۱ متر
۹- سیم چین	۱ عدد
۱۰- سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱- گیره سوسماری	۶ عدد

مدت زمان لازم: ۲ ساعت

**تذکر:** قبل از شروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.





## الف اندازه گیری و محاسبه مقاومت در مدارهای ترکیبی «سری – موازی»

### مراحل اجرای آزمایش

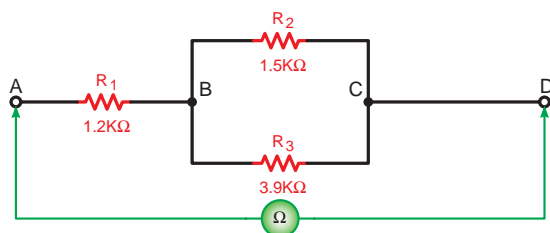
۱- مقدار اهم و درصد خطای مقاومت های  $R_1$  تا  $R_4$  را با توجه به نوارهای رنگی به دست آورید و در جدول ۵-۵ یادداشت کنید.

**جدول ۵-۵**

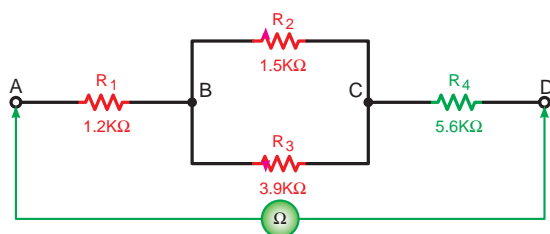
مقدار اندازه گیری شده	مقدار اهم و تolerانس خوانده شود	نوارهای رنگی	مقاومت
			$R_1$
			$R_2$
			$R_3$
			$R_4$



الف- شکل واقعی مدار



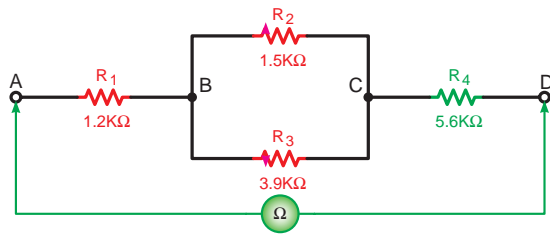
ب- شکل مداری  
شکل ۵-۱۶۷



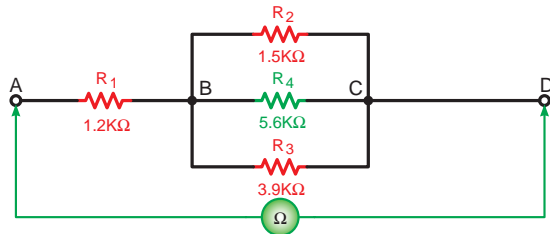
شکل ۵-۱۶۸

۳- مدار شکل ۵-۱۶۸ را روی بردبرد اتصال دهید و با استفاده از اهم متر مقاومت معادل مدار را از دو نقطه A و D اندازه بگیرید.

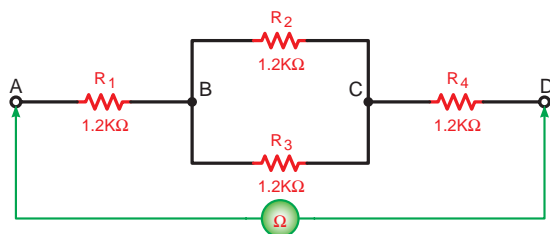
$$R_{AD} = \boxed{\phantom{000}}$$



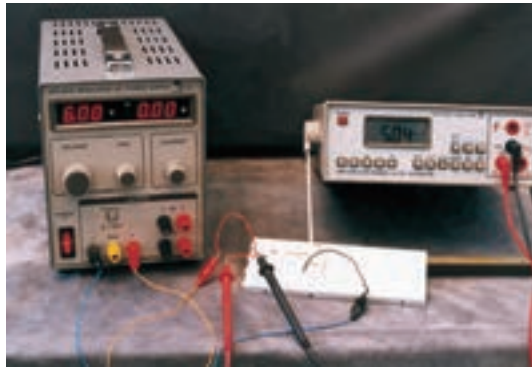
شکل ۵-۱۶۹



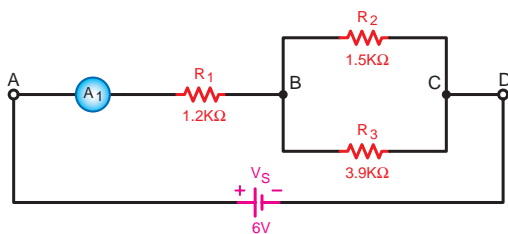
شکل ۵-۱۷۰



شکل ۵-۱۷۱ اندازه گیری مقاومت در مدار ترکیبی



الف - شکل واقعی مدار



ب - شکل مداری

شکل ۵-۱۷۲ اندازه گیری جریان در مدار ترکیبی (قسمت سری)

۴- طبق شکل ۵-۱۶۹ یک مقاومت  $5/6k\Omega$  را بین دو نقطه C و D قرار دهید و مقاومت معادل مدار را با استفاده از اهم متر اندازه بگیرید.

$$R_{AD_r} = \boxed{\phantom{000}}$$

۵- مقاومت  $5/6k\Omega$  را بین دو نقطه B و C طبق شکل ۵-۱۷۰ قرار دهید و مقاومت معادل بین دو نقطه A و D را مجدداً اندازه گیری کنید.

$$R_{AD_r} = \boxed{\phantom{000}}$$

۶- با توجه به نتایج به دست آمده در مراحل ۴ و ۵ اضافه شدن مقاومت  $5/6k\Omega$  به مدارهای شکل ۵-۱۶۹ و ۵-۱۷۰ چه تأثیری روی مقاومت معادل بین دو نقطه A و D می‌گذارد؟ چرا؟ شرح دهید.

۷- آیا مقادیر به دست آمده در مراحل عملی با مطالب تئوری مطابقت دارد؟ شرح دهید.

۸- چهار مقاومت  $1/2k\Omega$  طبق شکل ۵-۱۷۱ اتصال دهید و سپس با اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و D را اندازه گیری کنید.

$$R_{AD_r} = \boxed{\phantom{000}}$$

۹- با توجه به مقدار اندازه گیری شده آیا می‌توان با استفاده از نتیجه گیری‌های به دست آمده رابطه کلی را نوشت؟ چرا؟

## ب اندازه گیری و محاسبه شدت جریان در مدارهای ترکیبی «سری - موازی»

۱- مدار شکل ۵-۱۷۲ را روی بردبرد اتصال دهید. تذکر: دقت کنید که آمپرمتر در مدار مربوط به هر مقاومت به صورت سری قرار گیرد و حداقل حوزه کاری که انتخاب می‌شود، برابر  $10mA$  باشد.

۲- منبع تغذیه dc را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت  $R_1$  را اندازه بگیرید.

$$I_{R_1} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

۳- منبع تغذیه را خاموش کرده و آمپرتر را یکبار در مسیر مقاومت  $R_2$  مانند شکل ۵-۱۷۳ و بار دیگر در مسیر مقاومت  $R_3$  قرار داده و جریان هر یک را قرائت کنید.

$$I_{R_2} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$I_{R_3} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

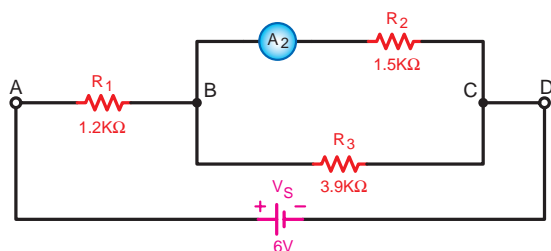
۴- از مقایسه جریان های اندازه گیری شده چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۵- مداری را مطابق شکل ۵-۱۷۴ اتصال دهید و جریان عبوری از هر یک از مقاومت ها را به تفکیک اندازه بگیرید.

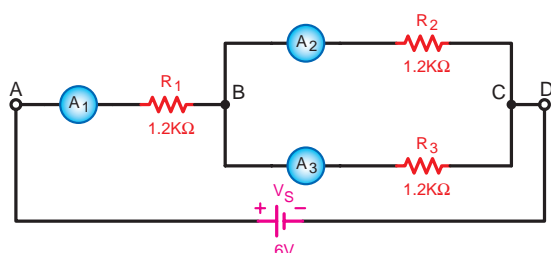
$$I_{R_1} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$I_{R_2} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

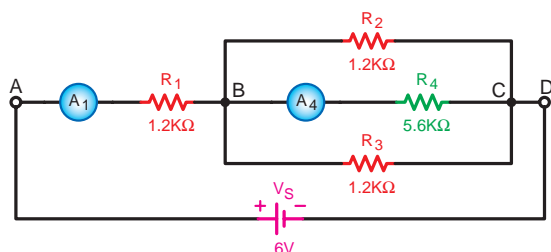
$$I_{R_3} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$



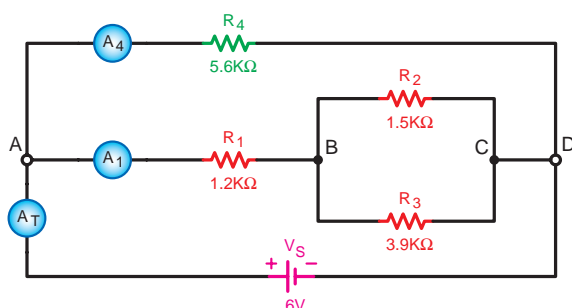
شکل ۵-۱۷۳- اندازه گیری جریان در شاخه های مختلف مدارهای ترکیبی «سری - موازی»



شکل ۵-۱۷۴- اندازه گیری جریان از شاخه های مختلف مدار ترکیبی سری - موازی



شکل ۵-۱۷۵- بررسی اثر تغییر مکان مقاومت روی مدار ترکیبی



شکل ۵-۱۷۶- بررسی اثر اضافه کردن مقاومت به صورت موازی در مدار ترکیبی سری - موازی

۶- یک مقاومت  $5/6k\Omega$  در بین دو نقطه B و C طبق شکل ۵-۱۷۵ اضافه کنید و جریان عبوری از مقاومت های  $R_1$  و  $R_4$  را اندازه بگیرید.

$$I_{R_1} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$I_{R_4} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

۷- یک مقاومت  $1/2k\Omega$  بین دو نقطه B و C اضافه کنید و جریان کل مدار را اندازه بگیرید. جریان کل مدار چه تغییری داشته است؟ چرا؟ شرح دهید.

$$I_T = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

۸- مدار شکل ۵-۱۷۶ را روی بردبرد اتصال دهید و جریان عبوری از مقاومت های  $R_1$  و  $R_4$  و جریان کل مدار را اندازه بگیرید.

$$I_{R_1} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

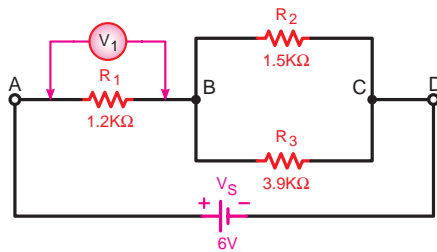
$$I_{R_4} = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

$$I_T = \boxed{\phantom{000}} \text{ A}$$

۹- وقتی مقاومت  $R_f$  را بین دو نقطه A و D قرار می‌دهید جریان کل مدار چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۰- از مقایسه جریان‌های به دست آمده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

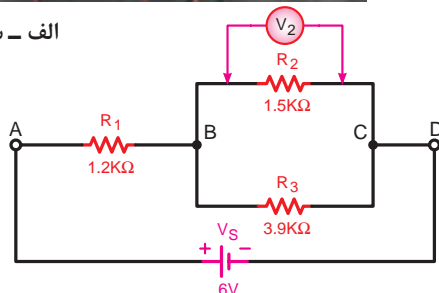
۱۱- آیا رابطه‌ای بین مقدار جریان کل مدار و محل قرار گرفتن مقاومت جدید  $R_f$  وجود دارد؟ شرح دهید.



شکل ۱۷۷-۵- اتصال مدار ترکیبی سری - موازی



الف - شکل واقعی مدار



ب - کل مداری

شکل ۱۷۸-۵- اندازه‌گیری ولتاژ در مدار ترکیبی سری - موازی

## پ اندازه‌گیری و محاسبه ولتاژ در مدارهای ترکیبی «سری - موازی»

۱- مدار شکل ۱۷۷-۵ را روی بردبرد اتصال دهید. تذکر: دقت کنید که ولت متر در دو سر هر مقاومت به صورت موازی قرار گیرد و دارای حداقل رنج ۶۷ باشد.

۲- منبع تغذیه dc را وصل کنید و ولتاژ دو سر مقاومت

$$R_1 \text{ را اندازه بگیرید. } V_{R_1} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۳- ولت متر را یکبار در دو سر مقاومت  $R_f$  و بار دیگر در

دو سر مقاومت  $R_3$  قرار دهید و ولتاژ هر یک از مقاومت‌ها

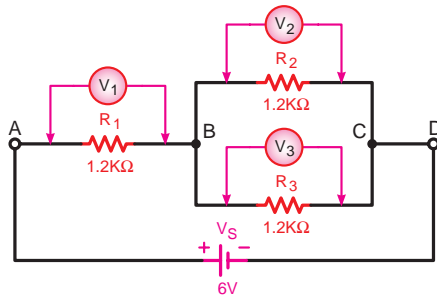
را اندازه بگیرید.

$$V_{R_f} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

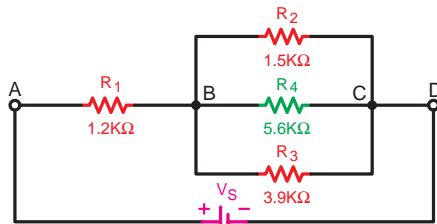
$$V_{R_3} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۴- از مقایسه ولتاژهای اندازه گیری شده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

-۴



شکل ۵-۱۷۹



شکل ۵-۱۸۰

۵- مداری را مطابق شکل ۵-۱۷۹ اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را به تفکیک اندازه بگیرید.

$$V_{R_1} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

$$V_{R_r} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

$$V_{R_r} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۶- از مقایسه ولتاژهای به دست آمده با یکدیگر چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

۷- یک مقاومت  $5/6 \text{ k}\Omega$  را طبق شکل ۵-۱۸۰ بین دو نقطه B و C اضافه کنید و ولتاژهای دو سر هر مقاومت را مجدداً اندازه گیری کنید.

$$V_{R_1} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

$$V_{R_r} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

$$V_{R_r} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

$$V_{R_r} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

۸- از نتایج به دست آمده در این مرحله آزمایش چه نتیجه ای می گیرید؟ شرح دهید.

-۸

۹- آیا مقادیر به دست آمده با مطالب تئوری و رابطه آن مطابقت دارد؟ شرح دهید.

-۹

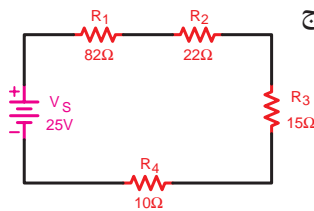


## آزمون پایانی (۵)

۱- یک آمپر متر در مداری به صورت سری قرار گرفته است. این آمپر متر پس از وصل منبع تغذیه عدد صفر را نشان می دهد. کدام یک از موارد زیر را باید مورد بررسی قرار داد؟

الف - بازرسی سیم های رابط مدار      ب - بررسی اتصال کوتاه شدن مقاومت ها

ج - بررسی مقاومت ها از نظر قطع شدن      د - گزینه های الف و ج

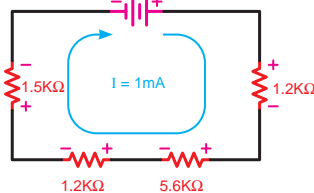


شکل ۱۸۱-۵

۲- جریان عبوری از مدار شکل ۱۸۱-۵ چند میلی آمپر است؟

الف - ۱۹۴      ب - ۴/۸

ج - ۶/۲      د - ۵/۶



شکل ۱۸۲-۵

۳- در مدار شکل ۱۸۲-۵ ولتاژ  $V_S$  چند ولت است؟

الف - ۹/۵      ب - ۰/۹۵

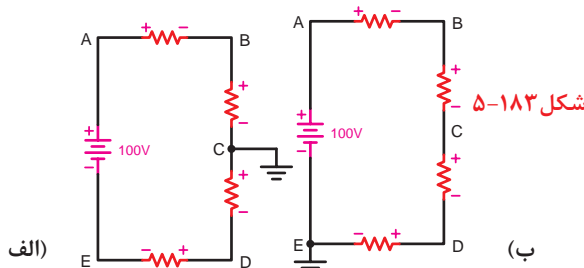
ج - ۹۵      د - ۰/۰۹۵

۴- در شکل ۱۸۳-۵ اگر افت ولتاژ در دو سر هر مقاومت برابر ۲۵ ولت باشد در شکل های (الف) و (ب) ولتاژ نقطه B

نسبت به زمین به ترتیب از راست به چپ چند ولت است؟

الف - ۷۵ و ۵۰      ب - ۷۵ و ۲۵

ج - ۵۰ و ۲۵      د - ۱۰۰ و ۲۵

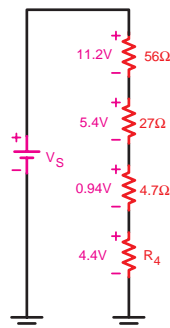


شکل ۱۸۳-۵

۵- مقدار مقاومت  $R_F$  در شکل ۱۸۴-۵ چند اهم است؟

الف - ۰/۸۸      ب - ۲/۲

ج - ۲۲۰      د - ۲۲



شکل ۱۸۴-۵



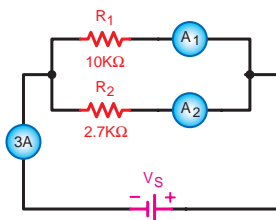
۶- مقدار مقاومت معادل سه مقاومت  $330\ \Omega$ ،  $270\ \Omega$  و  $68\ \Omega$  که به صورت موازی بسته شده اند چند اهم است؟

الف - ۶۶۸

ب - ۴۷

ج - ۶۸

د - ۲۲



۷- در شکل ۵-۱۸۵ آمپرمترهای  $A_1$  و  $A_2$  به ترتیب از راست به چپ چند

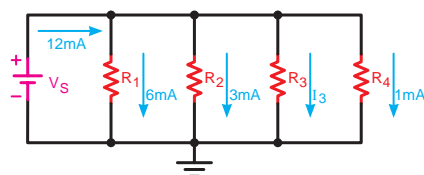
آمپر را نشان می دهد؟

الف -  $2/36$  و  $0/64$  ب -  $0/56$  و  $1/36$

ج -  $1/36$  و  $1/64$  د -  $0/64$  و  $2/36$

شکل ۵-۱۸۵

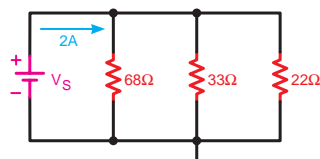
۸- در شکل ۵-۱۸۶ و در صورتی که مقدار مقاومت  $R_T = 2k\Omega$  باشد مقدار مقاومت  $R_P$  چند کیلو اهم است؟



الف - ۱۲ ب - ۲

ج - ۹ د - ۱۰

شکل ۵-۱۸۶



۹- در مدار شکل ۵-۱۸۷ ولتاژ کل چند ولت است؟

الف -  $14/9$  ب -  $7/25$

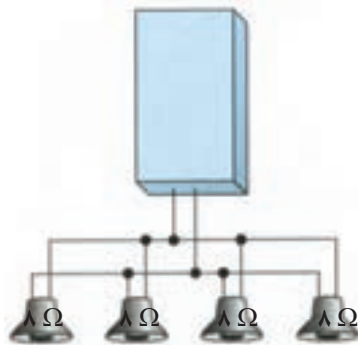
ج -  $22/1$  د -  $44/6$

شکل ۵-۱۸۷

۱۰- خروجی یک تقویت کننده استریو به چهار بلندگو طبق شکل ۵-۱۸۸ اتصال دارد. مقاومت معادل خروجی بلندگوها

چند اهم است؟

تقویت کننده استریو

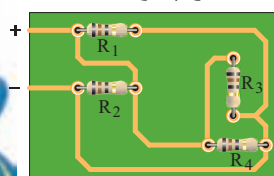


الف - ۸ ب - ۲

ج - ۶۴ د - ۳۲

شکل ۵-۱۸۸

۱۱- با توجه به شکل ۵-۱۸۹ بررسی کنید نحوه اتصال مقاومت ها نسبت به یکدیگر چگونه است؟



شکل ۵-۱۸۹

الف - سری ب - موازی

ج - سری - موازی د - مختلط

۱۲- اگر فاصله کنتور تا داخل یک ساختمان مسکونی ۲۵ متر، جریان مصرفی ۱۶ آمپر و ولتاژ کار ۲۲۰ ولت باشد، به ترتیب از راست به چپ مقدار افت ولتاژ مسیر چند ولت و سطح مقطع سیم مسی مورد نیاز برای مصارف روشنایی چند میلی متر مربع است؟ ( $\omega_{cu} = 56$ )

الف - ۳/۳ و ۴/۳      ب - ۴/۳ و ۳      ج - ۳ و ۵      د - ۳/۳ و ۵/۲

۱۳- الکتروود مثبت کدام یک از باتری های زیر از جنس اکسید منگنز است؟

الف - سرب - اسید      ب - روی - کربن      ج - قلیایی      د - جیوه ای

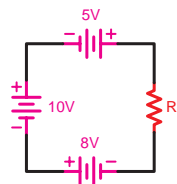
۱۴- ولتاژ هر پیل نیکل - کادمیوم حدود چند ولت است؟

الف - ۱/۵      ب - ۱/۳      ج - ۲      د - ۱/۳۵

۱۵- ولتاژ دو سر مقاومت در مدار شکل ۵-۱۹۰ چند ولت است؟

الف - ۷      ب - ۱۳

ج - ۱۸      د - ۲۳      شکل ۵-۱۹۰

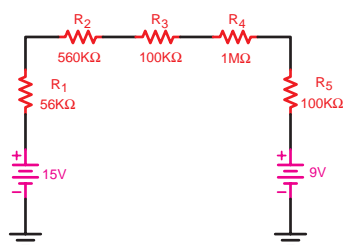


۱۶- جریان در مدار شکل ۵-۱۹۱ چند میکروآمپر است؟

الف - ۳/۳      ب - ۰/۰۲

ج - ۰/۰۴۵      د - ۱۰

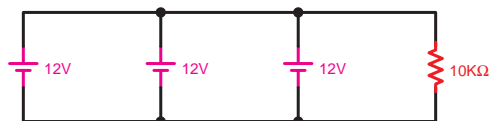
شکل ۵-۱۹۱



۱۷- توان مصرفی در مدار شکل ۵-۱۹۲ چقدر است؟

الف -  $1/44 \text{ m}\Omega$       ب -  $14/4 \text{ m}\Omega$

ج -  $1/44 \Omega$       د -  $14/4 \Omega$



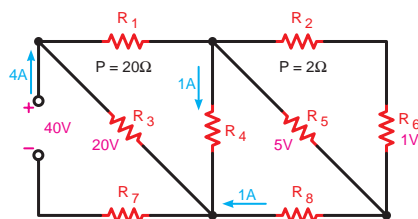
شکل ۵-۱۹۲

۱۸- در مدار شکل ۵-۱۹۳ توان مصرفی در مقاومت  $R_6$

چند وات است؟

الف - ۱      ب - ۰/۵

ج - ۲۰      د - ۰/۲۵



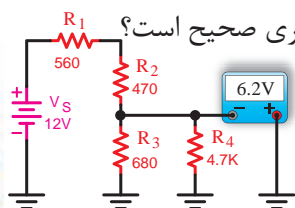
شکل ۵-۱۹۳

۱۹- در شکل ۵-۱۹۵ آیا مقدار نشان داده شده توسط دستگاه اندازه گیری صحیح است؟

در صورتی که صحیح نیست، چه عددی را باید نشان دهد.

الف - بلی      ب - ۴/۳      شکل ۵-۱۹۵

ج - ۶/۸      د - ۸/۲

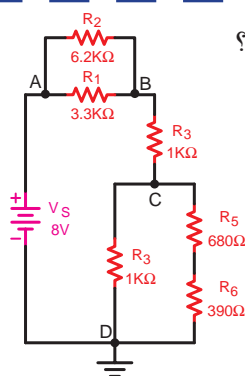




۲۰- در مدار شکل ۵-۱۹۵ ولتاژ بین دو نقطه C و D ( $V_{CD}$ ) چند ولت است؟

الف - ۴/۶۹      ب - ۲/۱۸

ج - ۳/۶۷      د - ۱/۱۳

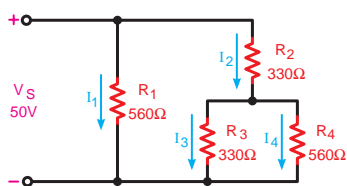


شکل ۵-۱۹۵

۲۱- در شکل ۵-۱۹۶ جریان  $I_f$  چند میلی آمپر است؟

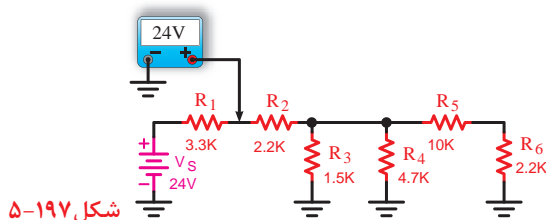
الف - ۹۳      ب - ۲۰

ج - ۳۴/۵      د - ۵۳۸



شکل ۵-۱۹۶

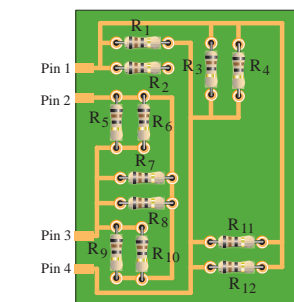
۲۲- عددی که ولت متر در شکل ۵-۱۹۷ نشان می دهد صحیح است یا خیر؟ چرا؟ توضیح دهید.



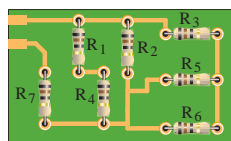
شکل ۵-۱۹۷

۲۳- با توجه به تصاویر شکل ۵-۱۹۸ وضعیت قرار گرفتن مقاومت ها (نوع مدار) را تشخیص دهید و نقشه فنی مدار را

رسم کنید.



(ب)



(الف)

شکل ۵-۱۹۸

۲۴- اگر مقاومت داخلی مصرف کننده در مدار قطع شود مقدار جریان در مدار الکتریکی ..... خواهد شد.

۲۵- در مدار سری از تقسیم ولتاژ کل مدار بر جریان مقدار ..... به دست می آید.

۲۶- برای سنجش مقاومت در مدار الکتریکی از وسیله ای به نام ..... استفاده می شود.



۲۷- در یک مدار سری جریان عبوری از آمپرتر اول (در ابتدای مدار) با جریان عبوری از آمپرتر آخر (در انتهای مدار) یکسان است.

☐ غلط ☐ صحیح

۲۸- در یک مدار موازی در صورت ثابت بودن ولتاژ جریان هر شاخه با مقاومت آن رابطه مستقیم دارد.

☐ غلط ☐ صحیح

۲۹- با توجه به روابط مدارهای سری، جمع جبری جریان‌های وارد شده و خارج شده در یک گره برابر صفر است.

☐ غلط ☐ صحیح



مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته‌اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.



## واحد کار مبانی الکتریسیته

### فصل ششم: کار و توان الکتریکی

#### هدف کلی

توانایی محاسبه کار و توان مصرف کننده های الکتریکی و شناسایی توان مقاومت ها



**هدف های رفتاری:** در پایان این فصل انتظار می رود که فراگیر بتواند:

- ۱- کار، توان و راندمان الکتریکی را با ذکر رابطه آن ها تعریف کند.
- ۲- حرارت ایجاد شده توسط الکتریسیته در یک مقاومت را محاسبه کند.
- ۳- توان مصرفی مدار و هزینه برق مصرفی را محاسبه کند.
- ۴- استاندارد مقاومتی را از نظر مقدار مقاومت و مقدار توان بیان کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۴	-	۴



۱- زمانی که به یک چرخ دستی نیرو وارد کنیم و آن را به حرکت درآوریم چه اتفاقی می افتد؟  
الف - انرژی هدر رفته است.      ب - کار انجام شده است.

ج - حرکت منفی صورت گرفته است.      د - نیروی عمودی وارد کرده ایم.

۲- میزان گرمایی که توسط سماور برقی ایجاد می شود به چه عاملی بستگی دارد؟

الف - میزان آب داخل سماور      ب - نوع سیم رابط

ج - مقاومت المنت سماور      د - دمای محیط

۳- کوچک و بزرگ بودن ابعاد مقاومت ها روی چه عاملی اثر می گذارد؟

الف - مقدار مقاومت      ب - توان مقاومت

ج - ولتاژ کار مقاومت      د - خطای ساخت مقاومت

۴- نقش کنتور..... در یک مدار الکتریکی چیست؟

الف - اندازه گیری توان      ب - محاسبه پول برق

ج - اندازه گیری انرژی      د - تعیین نوع مصرف کننده

۵- در نیروگاه ها تمام انرژی ورودی تولید شده توسط آب به انرژی برق تبدیل ..... چرا که در این فرآیند بخشی از

انرژی ..... می شود.

الف - می شود - تبدیل      ب - نمی شود - تلف

ج - نمی شود - تبدیل      د - می شود - تلف

۶- میزان انرژی مصرفی در یک منزل مسکونی را می توان از ..... انرژی ها بدست آورد.

الف - حاصل جمع      ب - حاصل تقسیم

ج - حاصل تفریق      د - حاصل ضرب

۷- در یک آسیاب آبی چه عاملی باعث گردش چرخ می شود؟

الف - حرکت محور      ب - گردش موتور

ج - جریان آب      د - حرکت چرخ اصلی

۸- با کدام یک از روش های اتصال پیل ها به یکدیگر می توان میزان جریاندهی منبع را افزایش داد؟

الف - سری      ب - متقابل      ج - موازی      د - ترکیبی متقابل

۹- در یک اتوی برقی چه عاملی باعث گرم شدن اتو می شود؟

الف - عبور جریان از داخل المنت      ب - سطح تماس

ج - حرکت روی پارچه      د - جنس پارچه





۱۰- برای محدود کردن جریان الکتریکی در یک مدار مناسب ترین راه کدام است؟

- الف - قرار دادن کلید  
ب - افزایش سطح مقطع سیم  
ج - استفاده از ماده عایق  
د - سری کردن مقاومت مناسب

۱۱- مقدار مقاومت های الکتریکی با جنس آن ها رابطه .....

- الف - ندارد.      ب - مستقیم دارد.      ج - معکوس دارد.      د - پایدار دارد.

۱۲- کدامیک از روابط زیر شکل صحیح مقاومت معادل بین دو مقاومت موازی است؟

الف - $R_T = R_1 + R_2$	ب - $R_T = R_1 \cdot R_2$
ج - $R_T = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$	د - $R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

۱۳- در یک شبکه ۲۲۰ ولتی حداکثر افت ولتاژ مجاز برای مصارف روشنایی چند ولت است؟

- الف - ۶/۶      ب - ۳/۳      ج - ۱/۵      د - ۳

۱۴- آیا می توان در یک کارگاه صنعتی میزان انرژی الکتریکی مصرفی را اندازه گیری کرد؟

- الف - بستگی به قدرت دارد.  
ب - خیر  
ج - بله  
د - در برخی از موارد امکان دارد.

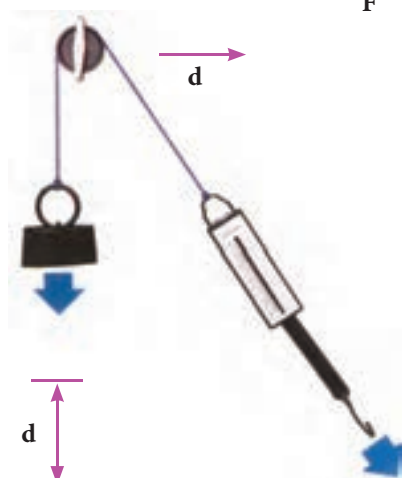
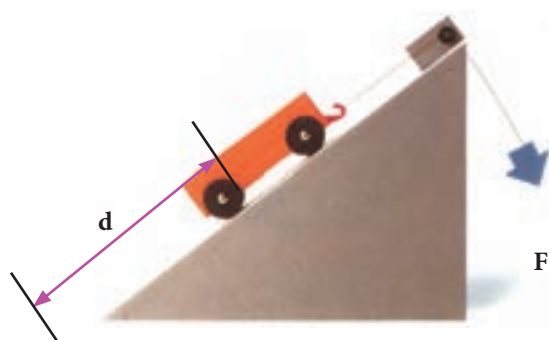
۱۵- میزان مصرف انرژی الکتریکی در منازل مسکونی با کدام یک از موارد زیر رابطه مستقیم دارد؟

- الف - قطر سیم مصرفی  
ب - تعداد وسایل  
ج - فاصله تولید کننده تا مصرف کننده  
د - سطح مقطع سیم مصرفی



## ۶-۱- کار الکتریکی

هرگاه جسمی حرکت کند یا تغییر حالت دهد می‌گوییم کار انجام شده است. نمونه‌هایی از کار انجام کار را در شکل ۶-۱ مشاهده می‌کنید.



شکل ۶-۱

F



شکل ۶-۲

برای محاسبه کار مکانیکی از رابطه زیر استفاده

می‌شود:

$$w = f \cdot d$$

(۱)

$F$  - نیروی وارد شده بر حسب نیوتن (N)

$d$  - میزان جابجایی جسم بر حسب متر (m)

$w$  - کار انجام شده بر حسب نیوتن متر با ژول (j)

در الکتریسیته تعریف کار بر حسب ولتاژ الکتریکی به

صورت زیر است:

اگر اختلاف پتانسیل  $V$  ولت در دو سر یک هادی قرار

گیرد به طوری که  $q$  کولن بار از آن عبور کند، کاری معادل

$w$  ژول انجام می‌شد (شکل ۶-۲). کار الکتریکی از رابطه

زیر قابل محاسبه است:

$$v = \frac{w}{q}$$

$$w = v \cdot q$$

(۲)

$V$  - اختلاف پتانسیل بر حسب ولت

$q$  - مقدار بار الکتریکی جابه‌جا شده بر حسب کولن

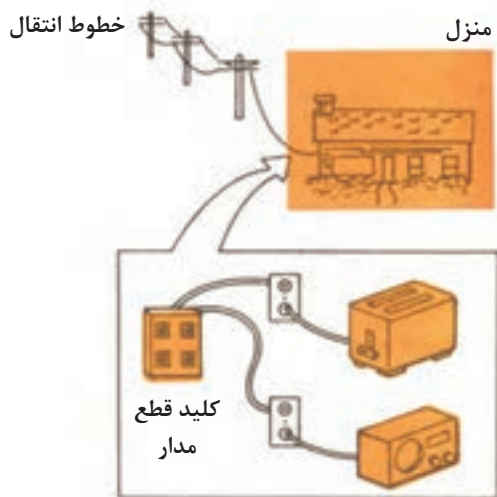
$w$  - کار انجام شده بر حسب وات ثانیه یا ژول

در رابطه  $w$  اگر به جای مقادیر  $q$  و  $V$  مقدار یک

(واحد) قرار داده شود، تعریف واحد یعنی ۱ ژول به دست



شکل ۳-۶- مصرف کننده های الکتریکی



شکل ۴-۶- خطوط انتقال انرژی



شکل ۵-۶

می آید. رابطه (۱) یک رابطه کلی برای کار الکتریکی است که کمتر در مدارهای الکتریکی کاربرد دارد. زیرا در مدارهای الکتریکی معمولاً با کمیت های  $V$  و  $I$  سروکار داریم. به همین دلیل برای به دست آوردن رابطه کار بر حسب  $V$  و  $I$  یک بار به جای  $q$  و بار دیگر به جای  $V$  معادله آن ها را قرار می دهیم:

$$q = I.t \Rightarrow W = V.I.t \quad (۳)$$

$$V = R.I \Rightarrow W = (R.I).(I.t)$$

$$W = R.I^2.t \quad (۴)$$

در رابطه (۳) واحدها به صورت زیر بدست می آید:

$$[J] = [V][A][S]$$

ثانیه  $\times$  آمپر  $\times$  ولت = ژول

## ۲-۶- حرارت ایجاد شده توسط الکتریسته

هنگام جاری شدن جریان الکتریکی در یک جسم حداکثر اصطکاک ناشی از حرکت الکترون های آزاد با اتم های جسمی که در مسیر حرکت الکترون ها قرار دارند، حرارت تولید می شود. در انتقال نیروی برق این انرژی گرمایی در طول سیم هدر می رود که آن را تلفات خط یا تلفات گرمایی می نامند. (شکل ۴-۶)

جمیز ژول اولین بار با تحقیقاتی که انجام داد به اثر گرمایی جریان برق پی برد.

براساس قانون ژول، اندازه گرمایی که در یک سیم بر اثر عبور جریان برق تولید می شود با کمیت های زیر متناسب است. (شکل ۵-۶)

الف - مجذور جریان

ب - مقاومت سیم

ج - زمان عبور جریان

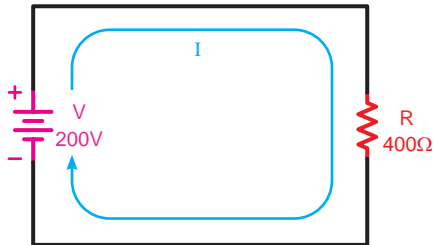
با توجه به کمیت های بالا می توانیم رابطه زیر را

بنویسیم:

$$Q = K.W \quad \text{یا} \quad Q = K.R.I^2.t$$



شکل ۶-۶- سماور برقی



شکل ۶-۷



$Q$  - مقدار گرمای تولیدی بر حسب کالری

$R$  - مقاومت سیم بر حسب اهم

$I$  - جریان عبوری از سیم بر حسب آمپر

$t$  - زمان عبور جریان بر حسب ثانیه

$K$  - ضریب ثابت برابر  $\frac{1}{4.18} = 0.24$  بر حسب کالری

بر ژول

تعاریف یک ژول و یک کالری بر حسب کمیت های

الکتریکی به صورت زیر است:

**یک ژول** - هرگاه نیروی محرکه الکتریکی برابر یک ولت

باعث جابه جایی یک کولن بار در مدار شود گوییم یک

ژول کار الکتریکی انجام شده است.

**یک کالری** - اگر جریانی برابر یک آمپر در مدت زمان

یک ثانیه از سیمی به مقاومت یک اهم عبور کند گوییم

حرارتی برابر یک کالری در اطراف سیم به وجود می آید.

**مثال:** در شکل ۶-۷ اگر  $R$  نشان دهنده مقاومت المنت

یک سماور برقی باشد. این مقاومت در مدت زمان ۱۰ دقیقه

چند کالری گرما تولید می کند؟

**حل:**

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200}{400} = 0.5 [A]$$

$$t = 10 \times 60 = 600 [S]$$

$$Q = K.R.I^2.t = 0.24 \times 400 \times (0.5)^2 \times 600 = 14400 [Cal]$$

(الف)

### ۳-۶- توان الکتریکی

در شکل کلی مقدار کار انجام شده در واحد زمان را «توان»

یا «قدرت» گویند و از رابطه زیر می توان به دست آورد.

$$P = \frac{W}{t}$$

$W$  - مقدار کار انجام شده بر حسب ژول (J)

$t$  - مدت زمان انجام کار بر حسب ثانیه (S)

$P$  - توان (قدرت) بر حسب ژول بر ثانیه  $\left(\frac{J}{s}\right)$  یا وات (W)

(ب)



شکل ۸-۶- توان مصرف شده برای انجام کار (روشنایی اتاق - حرکت دورانی موتور کولر)



واحد توان به احترام جمیز وات<sup>۱</sup> بر حسب وات (W) نام گذاری شده است. در صنعت از واحدهای کوچک تر و بزرگ تر وات نیز استفاده می شود که عبارتند از:

$$\mu w = 10^{-6} w \text{ (وات) (میکرووات)}$$

$$mw = 10^{-3} w \text{ (وات) (میلی وات)}$$

$$kw = 10^3 w \text{ (وات) (کیلووات)}$$

$$Mw = 10^6 w \text{ (وات) (مگاوات)}$$

در انتخاب مصرف کننده های الکتریکی برای انجام کاری مشخص می بایست به توان نوشته شده روی بدنه آن ها توجه خاص شود.

به عنوان مثال هرگاه هدف تأمین روشنایی یک اتاق باشد باید با توجه به ابعاد و رنگ اتاق، لامپی را انتخاب کرد که توان نوشته شده روی حباب آن مناسب باشد.

اگر هدف انتخاب کولر برای ایجاد هوای خنک در یک فضای بسته باشد، باید ابعاد و توان الکتریکی موتوری که در کولر به کار رفته است مورد توجه قرار گیرد.

با توجه به مقدار توان و ولتاژ کار هر وسیله الکتریکی می توان سایر مشخصات آن مانند مقاومت (R) و جریان (I) آن را حساب کرد.

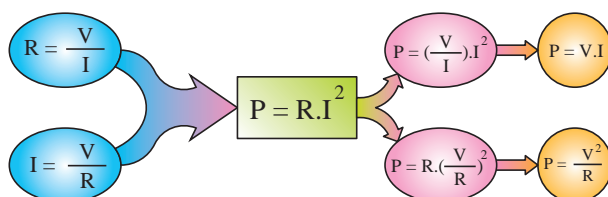
**توجه**



بنابراین توجه به برچسب انرژی وسایل و لامپ های کم مصرف موجب صرفه جویی در انرژی مصرفی خواهد شد.

تصویر روبرو چگونگی به دست آوردن دو رابطه دیگر توان الکتریکی را نشان می دهد.

توان الکتریکی را با واحد دیگری به نام «اسب بخار»<sup>۲</sup> - hp نیز بیان می کنند. این واحد در سیستم های انگلیسی و آمریکایی به صورت متقابل تعریف شده است.



$$1 \text{ hp} = 736 \text{ w} \text{ (یک اسب بخار در سیستم انگلیسی)}$$

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ w} \text{ (یک اسب بخار در سیستم آمریکایی)}$$

1 - james watte

2 - hp-Horse Power

اگر توان هر فرد را تقریباً برابر  $90\text{ W}$  در نظر بگیریم یک موتور الکتریکی یک اسب بخار قدرتی معادل هشت نفر را دارد. (شکل ۹-۶)



شکل ۹-۶- مقایسه قدرت موتور یک اسب بخار با توان انسان.



شکل ۱۰-۶- موتور الکتریکی

مثال: مقدار جریان و انرژی مصرفی یک موتور الکتریکی شکل ۱۰-۶ با قدرت  $1\text{ hp}$  (انگلیسی)، که در شبکه  $220$  ولتی به مدت  $20$  دقیقه کار می کند، حساب کنید.


حل:

$$p = 1_{\text{hp}} = 1 \times 736 = 736 [\text{W}]$$

$$P = V.I \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{736}{220} = 3.34 [\text{A}]$$

$$t = 20 \Rightarrow t = 20 \times 60 = 1200 [\text{s}]$$

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = p.t = 736 \times 1200 = 883200 [\text{J}]$$

مقدار توان مصرفی در مدارهای الکتریکی را با وسیله ای به نام «وات متر» اندازه گیری می کنند. علامت اختصاری این وسیله به صورت  است و شکل واقعی یک نمونه وات متر را در شکل ۱۱-۶ مشاهده می کنید.

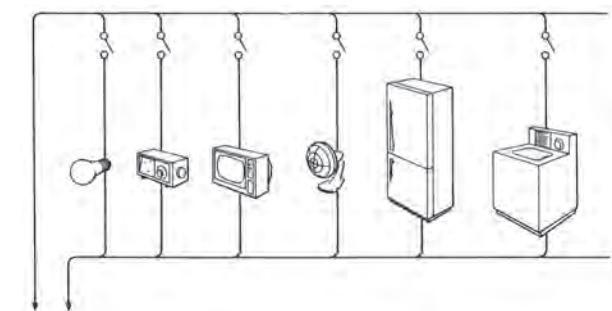
توان مصرفی کل یک مدار الکتریکی که از چند جزء تشکیل شده است از حاصل جمع توان های تک تک عناصر مدار به دست می آید.



شکل ۱۱-۶

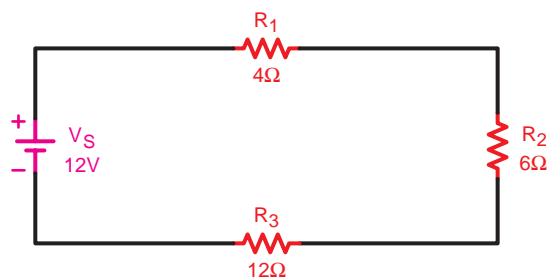
$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

برای محاسبه توان هر یک از عناصر لازم است دو کمیت از سه کمیت  $V$  و  $I$  و  $R$  معلوم باشد تا بتوان یکی از روابط



به طرف مولد الکتریسیته

شکل ۱۲-۶



شکل ۱۳-۶

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow R_T = 4 + 6 + 12 = 22\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{12}{22} = 0.54A$$

$$P_1 = R_1 I^2 \Rightarrow P_1 = 4 \times (0.54)^2 = 1.174W$$

$$P_2 = R_2 I^2 \Rightarrow P_2 = 6 \times (0.54)^2 = 1.74W$$

$$P_3 = R_3 I^2 \Rightarrow P_3 = 12 \times (0.54)^2 = 3.49W$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

$$P_T = 1.174 + 1.74 + 3.49 = 6.39W$$

$P$  را به کار برد. مثلاً توان مصرفی کل شکل ۱۲-۶ برابر با مجموع توان های مصرفی لامپ، رادیو، تلویزیون، پنکه و ماشین لباسشویی است.

در صورتی که مقادیر دو کمیت از کمیت های  $V$  و  $I$  و  $R$  مدار معلوم باشد توان کل مصرفی در یک مدار را از روابط زیر می توان محاسبه کرد:

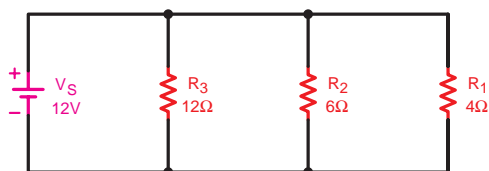
$$P_T = R_T \cdot I_T^2$$

$$P_T = V_T \cdot I_T$$

$$P_T = \frac{V_T^2}{R_T}$$

مثال: در مدار شکل ۱۳-۶ توان مصرفی مقاومت های  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  و توان کل مدار را به دست آورید.

حل: ابتدا جریان کل مدار را به دست می آوریم و سپس با کمک آن توان های هر یک از مقاومت ها را به صورت مقابل محاسبه می کنیم.



شکل ۱۴-۶- مدار موازی

مثال: توان مصرفی هر یک از مقاومت ها و توان کل مدار شکل ۱۴-۶ را محاسبه کنید.

**حل:** چون مدار موازی است و ولتاژ در دو سر همه مقاومت ها مساوی می باشد لذا توان تک تک مقاومت ها را به راحتی می توان براساس روابط مقابل محاسبه کرد.

$$P_1 = \frac{V_r^2}{R_1} = \frac{(12)^2}{4} = 36W$$

$$P_r = \frac{V_r^2}{R_r} = \frac{(12)^2}{6} = 24W$$

$$P_r = \frac{V_r^2}{R_r} = \frac{(12)^2}{12} = 12W$$

$$P_T = P_1 + P_r + P_r$$

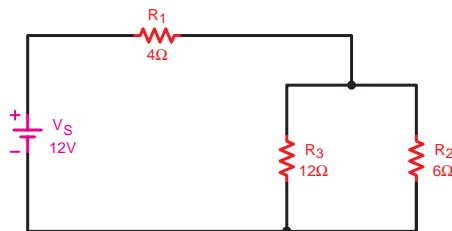
$$P_T = 36 + 24 + 12 = 72W$$

**مثال:** در مدار شکل ۶-۱۵ مطلوب است:

الف - توان هر یک از مقاومت ها

ب - توان کل مدار

**حل:**



شکل ۶-۱۵

$$R_T = \frac{R_r \times R_r}{R_r + R_r} + R_1$$

$$R_T = \frac{6 \times 12}{6 + 12} + 4 = 8\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{12}{8} = 1.5A$$

$$I_r = I_T \frac{R_r}{R_r + R_r} = 1.5A \times \frac{12}{6 + 12} = 1A$$

$$I_r = I_T \frac{R_r}{R_r + R_r} = 1.5A \times \frac{12}{6 + 12} = 0.5A$$

$$P_1 = R_1 \cdot I_T^2 = 4 \times (1.5)^2 = 9W$$

$$P_r = R_r \cdot I_r^2 = 6 \times (1)^2 = 6W$$

$$P_r = R_r \cdot I_r^2 = 12 \times (0.5)^2 = 3W$$

$$P_T = P_1 + P_r + P_r = 9 + 6 + 3 = 18W$$

و یا توان کل را به صورت زیر می توان به دست آورد:

$$P_T = R_T \cdot I_T^2 = 8 \times (1.5)^2 = 18W$$



**سؤال:** از مقایسه مقادیر به دست آمده برای توان کل و توان هر یک از مقاومت ها در اشکال ۶-۱۳، ۶-۱۴ و ۶-۱۵ چه نتیجه ای می گیرید؟



**حل:** نتیجه می شود که در محاسبه توان هر یک از مقاومت ها و یا توان کل مدار علاوه بر مقدار مقاومت، جریان عبوری و افت ولتاژ دو سر آن ها شکل مدار و محل قرار گرفتن مقاومت مهم است. به همین دلیل است حتی با وجود مساوی بودن مقدار مقاومت ها نتایج یکسانی برای توان ها به دست نیامده است.



**مثال:** ابتدا مقدار جریان را در هر یک از مدارهای شکل ۶-۱۶ بدست آورید. سپس با توجه به توان مجاز هر مقاومت جریان عبوری از آن را محاسبه کنید. از مقایسه مقادیر به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟

شکل ۶-۱۶- بررسی جریان مصرف کننده براساس توان مجاز

**حل الف:** به طور کلی براساس قانون اهم جریان این مدار برابر است با:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{5}{10} = 0.5A$$

در صورتی که با توجه به توان مجاز مقاومت ( $\frac{1}{4}$  وات) ماکزیمم جریان عبوری از مقاومت می تواند برابر با مقدار زیر باشد.

$$P_{\max} = R.I_{\max}^2 \Rightarrow I_{\max} = \sqrt{\frac{P_{\max}}{R}} = \sqrt{\frac{0.25}{10}} = 0.158A$$

**حل ب:** مقدار جریان مدار در این حالت نیز برابر ۰/۵ آمپر است در صورتی که مقدار جریان عبوری از مقاومت برابر:

$$P_{\max} = R.I_{\max}^2 \Rightarrow I_{\max} = \sqrt{\frac{P_{\max}}{R}} = \sqrt{\frac{0.5}{10}} = 0.224A$$

$$0.224A > 0.158A$$

$$P = R.I^2 = 2.5W$$

**حل ج:** در این شرایط جریان مدار نیز ۰/۵ آمپر است

ولی ماکزیمم جریان قابل تحمل مقاومت برابر است با:

$$P_{\max} = R.I_{\max}^2 \Rightarrow I_{\max} = \sqrt{\frac{P_{\max}}{R}} = \sqrt{\frac{1}{10}} = 0.316A$$

**نتیجه:** در صورتی که از این مقاومت

( $\frac{1}{4}$  وات) در مدار استفاده کنیم با عبور جریان ۰/۵ آمپری مقاومت می سوزد زیرا توان تلف شده در آن بیشتر از توان قابل تحمل مقاومت است.

$$P = 10 \times (0.5)^2 = 2.5W$$

**نتیجه:** از مقایسه جریان مدار با ماکزیمم

جریان قابل تحمل مقاومت نتیجه می شود که با قرار دادن مقاومت  $10\Omega - \frac{1}{4}W$  نیز مقاومت می سوزد چرا که توان تلف شده مقاومت در این شرایط نیز بیشتر از توان قابل تحمل مقاومت است.

**نتیجه:** در این شرایط نیز چون مقدار جریان عبوری از مدار بیشتر از جریان قابل تحمل مقاومت است نتیجه می شود با قرار دادن مقاومت  $10\Omega - 1W$  نیز مقاومت می سوزد.

**نتیجه گیری کلی:** از مشاهده و مقایسه جریان های به دست آمده می توان نتیجه گرفت که در انتخاب اجزای مختلف یک مدار مانند: فیوز، کلید، سیم های رابط، مصرف کننده و ... می بایست علاوه بر جریان به توان آن ها نیز توجه داشت زیرا هرچه توان مصرف کننده بیشتر باشد، مقدار جریان دریافتی از شبکه بیشتر بوده و میزان تحمل آن نیز زیادتر است.

### ۱-۳-۶- استاندارد توان در مقاومت های

**اهمی:**

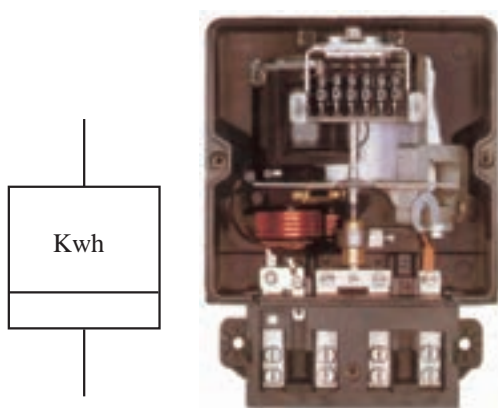
از آنجایی که هر مقاومت الکتریکی قدرت تحمل یک جریان الکتریکی معین را دارد طبق رابطه:  $P = R.I^2$  نتیجه می گیریم هر مقاومت الکتریکی دارای یک قدرت مجاز ثابت است.

کارخانجات سازنده، مقاومت های الکتریکی را در توان های استاندارد تولید می کنند. معمولاً مقاومت های کربنی در توان های  $\frac{1}{4}W, \frac{1}{2}W, 1W, 2W$  مقاومت های سیمی در توان های بیشتر از  $2W$  ساخته می شوند.

با افزایش توان مجاز (توان قابل تحمل) مقاومت ها اندازه فیزیکی آن ها نیز بزرگ تر می شود (شکل ۱۷-۶) تصاویری از انواع مقاومت های اهمی را در توان های مختلف با توجه به ابعاد آن ها نشان می دهد.



شکل ۱۷-۶- استانداردهای توان در مقاومت ها



شکل ۱۸-۶

### ۲-۳-۶- محاسبه هزینه برق مصرفی:

کار الکتریکی به وسیله دستگاهی به نام «کنتور» اندازه گیری می شود. تصویری از این وسیله را به همراه علامت اختصاری آن در شکل ۱۸-۶ مشاهده می کنید. کار الکتریکی را از رابطه زیر می توان محاسبه کرد:

$$w = V.I.t \Rightarrow$$

$$W = P.t$$

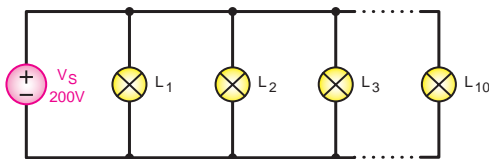
در رابطه کار الکتریکی اگر  $(P)$  بر حسب وات و  $t$  بر حسب ثانیه باشد  $W$  بر حسب وات ثانیه با ژول به دست می آید. چون وات ثانیه با ژول واحد کوچکی است، لذا برای محاسبه هزینه برق مصرفی منازل و کارخانجات از واحدهای بزرگ تر استفاده می شود. در مقیاس تجارتي توان را بر حسب کیلووات  $(kw)$  و زمان را بر حسب ساعت  $(h)$  در نظر می گیرند. به همین دلیل مبنای محاسبه قیمت برق مصرفی بر حسب کیلووات ساعت  $(kwh)$  سنجیده می شود.

رابطه ای که برای محاسبه هزینه برق مصرفی به کار می رود برابر است با:

$$C_k = C.W$$



شکل ۶-۱۹



شکل ۶-۲۰

$C$  - قیمت یک کیلووات ساعت برق

$W$  - انرژی (کار الکتریکی) مصرفی بر حسب کیلووات ساعت

$C_K$  - قیمت کل برق مصرفی

همان گونه که از روابط  $(W)$  و  $(C_K)$  مشخص است هر قدر توان مصرف کننده و یا زمان استفاده از آن بیشتر باشد، کار الکتریکی و هزینه برق مصرفی بیشتر خواهد شد. (شکل ۶-۱۹)

مثال: اگر ده لامپ ۱۰۰ واتی طبق شکل ۶-۲۰ به مدت

۲ ساعت روشن باشد هزینه برق مصرفی آن ها چقدر است؟

در صورتی که قیمت هر کیلووات ساعت ۵۰ ریال در نظر گرفته شود.

حل:

$$P = 10 \times 100_w = 1000_w = 1_{kw} \quad \text{توان مصرفی کل}$$

$$t = 2h \quad \text{زمان روشن بودن لامپ ها}$$

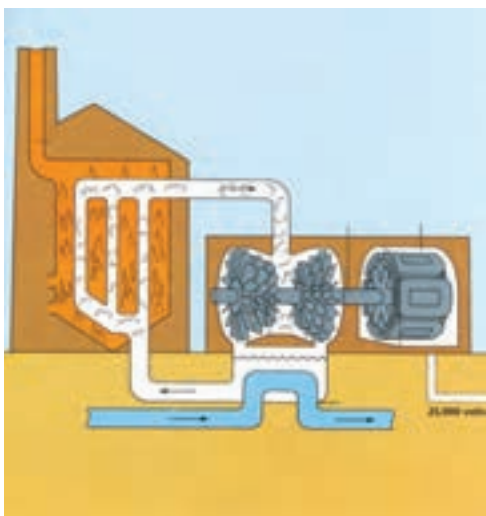
$$W = p.t = 1 \times 2 = 2kwh \quad \text{انرژی مصرفی کل}$$

$$C_K = C.W = 50 \times 2 = 100 \quad \text{کل هزینه}$$



## ۴-۶- ضریب بهره (راندمان الکتریکی)

طبق اصل «بقای انرژی» انرژی هیچ گاه از بین نمی رود و فقط از نوعی به نوع دیگر تبدیل می شود. (شکل ۶-۲۱) در هنگام تبدیل انرژی ها به یکدیگر، مقداری از انرژی به مصرف مفید نمی رسد و به نوعی دیگر از انرژی تبدیل می شود که موردنظر ما نیست. این انرژی را «انرژی تلف شده» می نامند.



شکل ۶-۲۱- چگونگی تبدیل انرژی گرمایی به انرژی الکتریکی



شکل ۶-۲۲- موتور الکتریکی

مثلاً در یک موتور الکتریکی که انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی تبدیل می شود بخشی از انرژی الکتریکی موتور به صورت های زیر تلف می شود:

الف - اصطکاک قسمت های مکانیکی گردنده

ب - حرارت در سیم های حامل جریان

ج - حرارت در سیم پیچی و هسته

در عمل تمام انرژی الکتریکی دریافتی از شبکه به انرژی مکانیکی تبدیل نخواهد شد. با توجه به توضیحات بالا می توان نتیجه گرفت که انرژی یا توان داده شده به هر وسیله ای از انرژی یا توان دریافت شده از آن بیشتر است. از طرف دیگر مقدار توان تلف شده در همه دستگاه ها یکسان نیست، لذا لازم است تا با عاملی میزان کارایی هر وسیله را بیان کنیم که معمولاً از اصطلاح «کارایی» یا «راندمان» استفاده می شود. شکل ۶-۲۳ وضعیت مصرف کننده ها را از نظر ورودی و خروجی نشان می دهد.

به طور کلی نسبت توان گرفته شده (خروجی) به توان



شکل ۶-۲۳- توان تلف شده  
توان تلف شده  
شکل ۶-۲۳- بلوک دیاگرام توان ها





الف - در مدت ۱ دقیقه سه جعبه را جابه جا کرده است.



ب - در مدت ۱ دقیقه ۴ جعبه را جابه جا کرده است.  
 شکل ۲۴-۶- جریان مقدار کار انجام شده  
 در شکل ب بیشتر است. به همین خاطر راندمان کاری شکل  
 ب بیشتر از شکل الف است.



شکل ۲۵-۶- مولد جریان متناوب



همان طوری که مشاهده می شود راندمان یا  
 کارایی دستگاه از طریق نسبت توان دریافتی  
 به توان داده شده به سیستم به دست می آید.

داده شده (ورودی) را بازده می گویند. ضریب بهره که  
 معرف مقدار عددی راندمان است همیشه بر حسب درصد  
 بیان می شود. هر قدر عدد راندمان بیشتر باشد نشان دهنده  
 آن است که کیفیت کاری دستگاه بهتر است. اگر توان  
 ورودی را با  $(P_1)$  و توان خروجی را با  $(P_2)$  و ضریب  
 بهره را با  $(\eta)$  (اِتا) نشان دهیم رابطه آن به صورت زیر  
 خواهد شد:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

اگر به جای  $P_1$  و  $P_2$  معادل آن ها را قرار دهیم  
 رابطه دیگری برای راندمان به دست می آید که بر حسب  
 انرژی های ورودی و خروجی است.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{W_2}{t}}{\frac{W_1}{t}} \Rightarrow \eta = \frac{W_2}{W_1} \times 100$$

مثال: مولدی با قدرت ۵Wk (شکل ۲۵-۶) حداکثر  
 می تواند انرژی الکتریکی ۴۴ لامپ ۲۲۰ ولتی ۰/۵ آمپری  
 را تأمین کند. حساب کنید راندمان آن چند درصد است؟

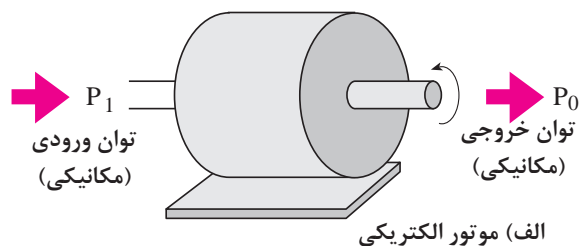
$$P = V.I = 220 \times 0.5 = 110 \text{ W} \quad \text{توان یک لامپ}$$

$$P_2 = 44 \times P = 44 \times 110 = 4840 \text{ W} \quad \text{توان همه لامپ}$$

$$P_1 = 5 \text{ kW} = 5 \times 1000 = 5000 \text{ W}$$

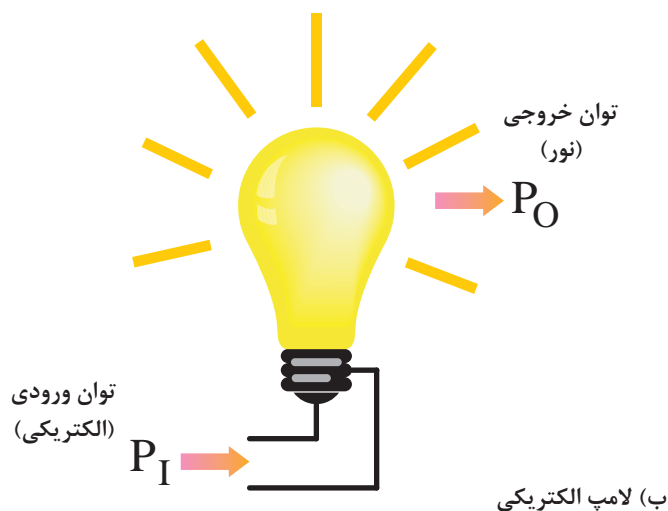
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100 = \frac{4840}{5000} \times 100 = 96.8\%$$

در محاسبه میزان راندمان یک وسیله الکتریکی باید به  
 نوع توان یا انرژی ورودی و خروجی آن توجه کرد در  
 محاسبه مقدار راندمان یا کارایی را در نظر داشت.



مثلاً همان طوری که در شکل ۶-۲۶ مشاهده می شود، در یک موتور الکتریکی توان ورودی آن ( $P_1$ ) از نوع انرژی الکتریکی است در صورتی که توان خروجی آن ( $P_2$ ) از نوع انرژی مکانیکی می باشد.

هم چنین در یک لامپ توان ورودی ( $P_1$ ) انرژی الکتریکی است و توان خروجی ( $P_2$ ) از نوع انرژی نورانی می باشد.



شکل ۶-۲۶- مصرف کننده های الکتریکی با توان های خروجی متفاوت



روی پلاک مشخصات و یا بدنه تمامی دستگاه ها توان خروجی نوشته می شود چون مقدار کار مفیدی که وسایل برای ما انجام می دهند اهمیت دارد.



## آزمون پایانی (۶)

۱- عامل اصلی جهت کار انجام شده در الکتریسیته چیست؟

الف - حرکت جسم      ب - اعمال پتانسیلی برابر  $V$  ولت

ج - عبور  $q$  کولن بار      د - داشتن حرکت دورانی

۲- کدامیک از روابط زیر صحیح است؟

الف  $w = \frac{V.I}{t}$       ب  $w = \frac{F}{d}$

ج  $w = \frac{V}{q}$       د  $w = R.I^2.t$

۳- علت به وجود آمدن حرارت در هنگام جاری شدن جریان در سیم چیست؟

الف - سرعت زیاد الکترون های آزاد      ب - داشتن حرکت ضربانی

ج - اصطکاک ناشی از حرکت الکترون های آزاد      د - کوچک بودن سطح مقطع سیم

۴- اگر کلید  $K$  مدار شکل ۲۷-۶ به مدت ۵ دقیقه بسته باشد در اطراف لامپ به ترتیب چه کالری

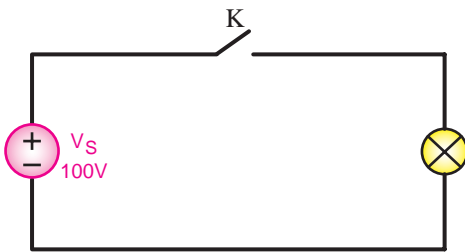
گرم و چند ژول کار انجام شده است؟

الف - ۱۲۵۰۰ و ۲۵۰۰۰

ب - ۲۵۰۰۰ و ۱۲۵۰۰

ج - ۱۸۰۰۰ و ۴۳۲۰

د - ۴۳۲۰ و ۱۸۰۰۰

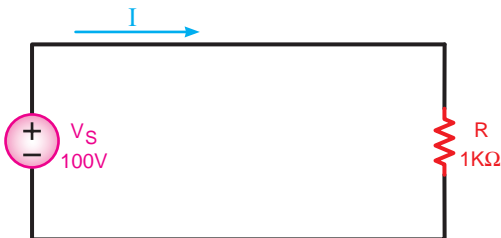


شکل ۲۷-۶

۵- مقدار جریان  $I$  و توان مقاومت  $R$  مدار شکل ۲۸-۶ به ترتیب از راست به چپ چقدر است؟

الف - ۱۰۰ و ۰/۱      ب - ۰/۱ و ۱۰

ج - ۱۰ و ۰/۱      د - ۰/۱ و ۱۰۰



۶- جرثقیلی با نیروی ۴۰۰۰ نیوتن طی ۲ دقیقه باری را ۲/۵ متر جابه جا کرده است. شکل ۲۸-۶

توان این ماشین چند وات است؟

الف - ۱۲۰۰

ب - ۸۳/۳

ج - ۵۶/۱

د - ۴۲/۸

۷- توان ۰/۰۴۵ وات معادل کدامیک از موارد زیر است؟

الف - ۴۵kw

ب - ۴۵mw

ج - ۴,۵W

د - ۰/۰۰۰۴۵ mw



۸- ضریب بهره منبع تغذیه ای با قدرت دریافتی  $0/76$  و توان خروجی معادل  $0/75$  چند درصد است؟

الف -  $50/5$       ب -  $60/2$       ج -  $83/3$       د -  $86/6$

۹- در صورتی که قیمت هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی  $50$  ریال باشد، هزینه برق مصرفی یک المنت بخاری برقی

با مشخصات  $A5$  و  $7200$  در مدت  $5$  ساعت کار چند ریال است؟

الف -  $350$       ب -  $250$       ج -  $450$       د -  $500$

۱۰- توان خروجی یک موتور dc با مشخصات پلاک نشان داده شده در شکل ۶-۲۹ چند وات است؟

الف -  $990$

ب -  $1150$

ج -  $1222/2$

د -  $44$

پلاک موتور

$$U = 220 [V]$$

$$I = 5 [A]$$

$$\eta = 90\%$$

شکل ۶-۲۹

۱۱- انرژی گرمایی، که در اثر عبور جریان الکتریکی در سیم هدر می رود، ..... نام دارد.

۱۲- برای اندازه گیری توان مصرفی در مدارهای الکتریکی از وسیله ای به نام ..... استفاده می شود.

۱۳- هرچه توان مصرف کننده بیشتر باشد مقدار جریان دریافتی آن از شبکه ..... است.

۱۴- مبنای محاسبه برق مصرفی بر حسب کیلووات ساعت است. ☐ صحیح ☐ غلط

۱۵- برای بیان میزان کارایی هر وسیله از اصطلاح توان خروجی استفاده می شود. ☐ صحیح ☐ غلط



مطالب مربوط به سؤالاتی را که نتوانسته اید پاسخ دهید مجدداً مطالعه و آزمون را تکرار کنید.



## خودآزمایی عملی

۱- مشخصات چند نمونه اتو را یادداشت کنید (نمونه ای از این وسیله در شکل ۶-۳۰ نشان داده شده است) و مقدار گرمایی را که در مدت یک دقیقه ایجاد می کنند، برحسب کیلو کالری به دست آورید.



شکل ۶-۳۰

۲- مشخصات کلیه وسایل الکتریکی موجود در منزل را به همراه مدت زمان استفاده از آن ها یادداشت کنید (نمونه هایی از این وسایل در شکل ۶-۳۱ آمده است) سپس هزینه برق مصرفی را در طی دو ماه با فرض این که قیمت هر کیلووات ساعت ۴۰ ریال باشد، به دست آورید.



شکل ۶-۳۱