گزارش تحقیقات

گروه A کلاس ۳/۲ ریاضی و فیزیک

استاد راهنما: جناب آقای عمیرنیک

تهیه و تنظیم:
سید مهدی موشتاق

آذر ۱۳۷۴

Scanned by CamScanner

بسم الله الرحمن الرحیم

"فهرست"

مقدمه	5
بار الکتریکی	7
ساختار اتمی	8
رسانا ها و نیمه هادی الکتریکی	11
بار دار شدن اجسام	12
قانون کولن	13
جریان	14
مدار الکتریکی	15
وات و انرژی	16
ولتاژ مستقیم	17
ولتاژ متناوب	18
مقاومت	19
قانون اهم	21
اثر حرارت بر مقاومت	22
انواع مقاومتها	22
روش تشخیص مقاومت از روی رنگ	24
روش تشخیص مقاومت به کمک اعداد و حروف	26
مقادیر استاندارد مقاومتها	27
مقاومت متغییر	27
مقاومت اتو ماتیک	29
وات یک مقاومت	30
اتصال سری مقاومتها	30
اتصال موازی مقاومتها	32
اتصال سری - موازی	33
پل ویتستون	35
طرز کار پل ولتا	36
نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها	37
آزمایش قانون اهم	38

Scanned by CamScanner

بسم الله الرحمن الرحیم

الله الحمد قبل کل کلام — به صفات الجلال والاکرام

حمد او تاج نامهٔ سخن است — صدر هر نامهٔ تو فخر من است

خامه چون تاج نامه آراید — دیباچهٔ التاج نام او شاید

الله الله چه طرفه نامی است این — وه دل جزو جان تمامی است این

هر که از زیر این گنبد نیلوفری — بهرهٔ او همین بود بیش و کمی

هر که زین اسم بهره مند بود — بهرهٔ او همین بود بیش و کمی

به حمد الله بار دیگر توفیق یافتم به این دیار آمده و از جناب استاد علیمی نژاد تحقیقاتی را در مبحث مقاومتها با همکاری اعضای گروه به انجام رسانم، از خداوند توفیق همهٔ دوستان را مسئلت می نمایم.

آغاز کلام را با چند بیت از مثنوی زیبای نورالدین جامی مزین نمودم تا شما خوانندهٔ عزیز و پویندهٔ راه دانش همواره به یاد داشته باشید وارث فرهنگ غنی هستید که دانشمندان و فرهیختگان بسیاری را تاکنون به جهان دانش و بینش ارائه داده است، فرهنگ اسلامی در کنار سنتهای قدیم ایرانیان متمدن.

تحقیق و پژوهش در فیزیک نوعی ماجراجویی است، امری است که گاهی دشوار، زمانی نومید کننده، بعضاً دردناک اما اغلب رضایتبخش و همواره با پاداشهای گرانبها است.

بکار آرمان خود، احساس و شعور انسانی جنبهٔ خاصی دارد. دستاوردهای بزرگانی که در این راه گام نهاده اند نظیر گالیله، نیوتون، ماکسول، انشتین و دیگران اساس بینش امروزی ما از جهان فیزیکی تشکیل می دهند. شما نیز می توانید با شناخت پدیده های معمولی، و نیز با ارزیابی پاسخهای فیزیکی به پرسشهای مربوط به شناخت جهان به عنوان دستاورد شعور انسانی شریک هیجانهایی باشید که ضمن کشفیات به پیشتازان علم فیزیک دست داده است.

من بر آن بوده ام تا نگونه ای مبحث مقاومتها را مطرح کنم که در حد امکان کلیهٔ نقاط تیرهٔ ذهن شما پویندگان راه دانش برطرف شده و به پرسشهای شما پاسخ گفته باشم، در عین حال از طرح مسئلهٔ درجزئیات و مباحث سنگین ریاضی خودداری کرده ام، امید آن دارم که در این کار موفق بوده باشم.

Scanned by CamScanner

ابتدا موضوع را با مفهوم و تعریف بارها شروع کرده‌ام و با توضیح و تفصیل زیاد چگونگی بوجود آمدن جریان در مدارهای الکتریکی و نیروهای محرک الکتریکی را بیان نموده‌ام، سپس به بحث مقاومت‌ها وارد شده و سعی نموده‌ام تا حق مطلب را ادا کنم.

در همینجا از کلیه زحمات دوستانی که در انجام این امر مهم به بنده کمک نموده‌اند تشکر می‌نمایم؛

آقایان:

همایون حیدری

یامین دیلمی زنوزی

مجید غنمی

رضا فلاحی

جلال عرفی زاده

ضمناً به استحضار می‌رسانم در کنار این کار تحقیقی

ما آزمایشاتی نیز انجام داده‌ایم برای اثبات قانون اهم از طریق تجربی. کار عملی آن توسط آقای یامین دیلمی زنوزی انجام گردید و با همکاری کلیه اعضای گروه در این مدت کوتاه انجام تحقیقات به سختی مقاومت می‌نمود، آزمایشات متعددی صورت گرفت که نتیجه آن در انتهای تحقیقات عرضه شده است.

قابل ذکر است مقاله‌ای را که ملاحظه می‌فرمائید نتیجه دو ماه تلاش بی وقفه اعضای گروه می‌باشد. در انتها امیدوارم که توانسته باشیم کار مناسبی را ارائه داده‌ایم و انشاءالله در آینده نیز توانیم به اسلام و در کنار آن به کشور عزیزمان ایران خدمات ارزنده‌ای بنمائیم؛

شنبه ۲۵ آذر ۱۳۷۴ شمسی

مصادف با ۲۳ رجب المرجب ۱۴۱۶ قمری

متقارن با ۱۶ دسامبر ۱۹۹۵ میلادی

سید محمد موشح

"مذاکره"

۱، فیزیک دانشگاهی؛ فرانسیس سرز، مارک زیمانسکی، هیو یانگ؛ فضل‌الله فروتن؛ 1987 جلد اول

۲، فیزیک دانشگاهی؛ فرانسیس سرز، مارک زیمانسکی، هیو یانگ؛ فضل‌الله فروتن؛ 1987 جلد دوم

۳، الکترونیک؛ مهندس شبیری؛ ۱۳۶۱

4, PHYSICS for first Examinations; Andrew lambert; 1985 (ترجمه نشده)

Scanned by CamScanner

بار الکتریکی

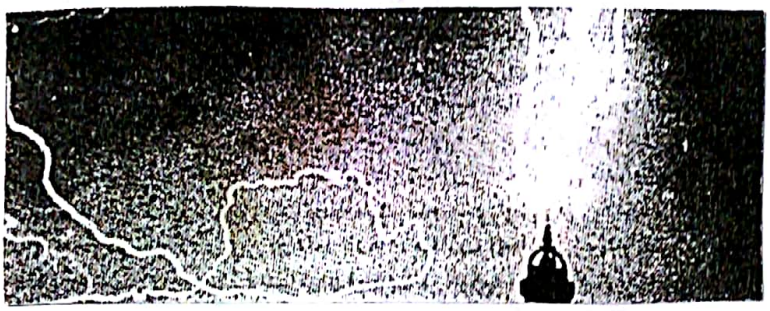
یونانیان باستان در حدود ۶۰۰ سال قبل از میلاد مسیح دریافته بودند که وقتی کهربا را با پشم مالش‌دهند خاصیت جذب چیزهای سبك را پیدا می‌کند. امروزه می‌گویند کهربا بارالکتریکی به‌دست می‌آورد یا باردار می‌شود. نام الکتریسیته از کلمهٔ الکترون، که درزبان یونانی به‌معنی کهرباست، گرفته شده است. وقتی شخصی کفشهایش را روی فرش ماشینی مالش دهد دارای بارالکتریکی می‌شود. اگر موهای خشك را شانه کنند شانه باردار می‌شود و ...

برای نشان دادن نحوهٔ باردارشدن، میله پلاستیکی را به پوست خز یامثل آن مالش می‌دهند، سپس آن را به‌دو گلولهٔ سبك چوب‌پنبه‌ای که به‌نخهای ابریشمی یانایلونی آویزان هستندمی‌چسبانند. مشاهده می‌شود که میله، گلوله‌ها را دفع می‌کند، و گلوله‌ها نیز یکدیگررا دفع می‌کنند.

هر گاه آزمایش، بامیلهٔ شیشه‌ای و پارچهٔ ابریشم تکرار شود نیزهمین نتایج مشاهده می‌شوند. اما دو گلولهٔ چوب‌پنبه‌ای، که یکی بامیلهٔ پلاستیکی ودیگری بامیلهٔ شیشه‌ای باردار شده‌باشند، یکدیگررا جذب می‌کنند. نتیجه می‌گیریم که دونوع بارالکتریکی وجوددارد، نوعی که از مالش میلهٔ پلاستیکی باپوست خز حاصل می‌شود، و نوعی که بامالش‌دادن میلهٔ شیشه‌ای با پارچهٔ ابریشمی به‌دست می‌آید. بنیامین فرانکلین این دو نوع الکتریسیته را به‌ترتیب مثبت و منفی نامید و این نامها هنوز رایج‌اند. ازاین‌آزمایشها این نتیجهٔ اساسی حاصل‌می‌شود که‌بارهای همنام یکدیگررا دفع وبارهای غیرهمنام یکدیگر را جذب‌می‌کنند.

بین دوجسم ممکن است برهم‌کنش مغناطیسی وجود داشته‌باشد، که آشناترین‌نمونهٔ آن جذب اجسام آهنی و فولادی توسط آهنربای دایمی است. زمانی معتقد بودند که‌ماهیت الکتریسیته ومغناطیس کاملا باهم متفاوت‌اند، اما اکنون می‌دانند که برهم‌کنشهای‌مغناطیسی

اشیاءرا بامالش به یکدیگر دارای بار الکتریکی می کنند.



از اثـر بارهای الکتریکـی متحرك سرچشمه می‌گیرند. هر گاه از سیم‌پیچهای آهنربای الکتریکی‌جریان‌الکتریسیته عبورکند، برهم‌کنشی‌مغناطیسی با بعضی‌اجسام‌معین پیدامی‌کند. در فصلهای بعدبه‌تفصیل دربارهٔ مغناطیس صحبت خواهد شد اما فعـلا فقط بارهای‌ساکن را مورد توجه قرار می‌دهیم؛ یعنی به‌مبحث **الکتروستاتیك** می‌پردازیم.

در اینجا به‌شرح یك آزمایش اساسی می‌پردازیم. میلهٔ پلاستیکی را به‌پوست خـز مالش داده به‌گلولهٔ چوب‌پنبه‌ای آویزانی می‌چسبانیم. هم میله و هم‌گلوله دارای‌بار منفی هستند. حال اگرپوست خز را به‌گلوله نزدیك کنیم‌آن را جذب می‌کند، و به این ترتیب نشان داده می‌شودکه پوست‌خز دارای بارمثبت شده است. پس وقتی پلاستیك به‌پوست‌خز مالش داده می‌شود، برروی این دو ماده بارهای مخالف ایجاد می‌شوند. باشیشه و پارچهٔ ابریشمی نیز همین‌آزمایش را مـی‌توان انجام داد. نتیجه می‌شودکـه در ایـن‌آزمایشها بار الکتریکی به وجود نمی‌آید بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. اکنون همه می‌دانندکه میلهٔ پلاستیکی صاحب الکترونهای اضافی می‌شودکه بارمنفی دارند. میله این الکترونها را از پوست خز برداشته است، که پوست خزبه‌دلیل از دست دادن‌آنها دارای بار مثبت شده است.

دو نوع بار الکتریکی وجود دارند، بارهای همنام یکدیگر را دفع می کنند و بارهای غیرهمنام یکدیگررا جذب می کنند.

Scanned by CamScanner

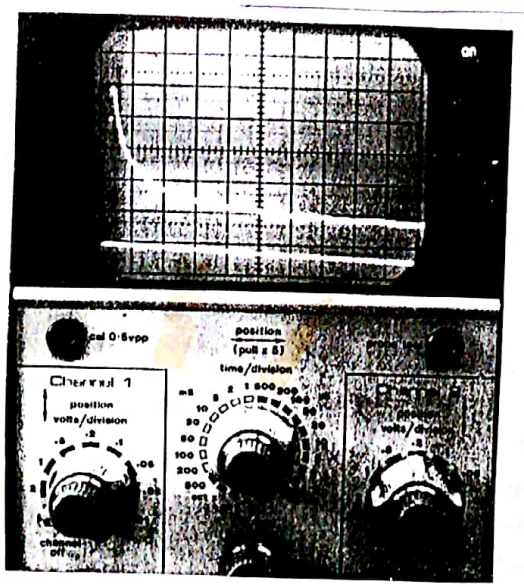
ساختار اتمی

برهم‌کنشهایی که ساختار اتمی و مولکولی (و بنابراین مادی) را به وجود آورده‌اند، در مرحلهٔ اول برهم‌کنشهای الکتریکی بین ذرات باردار هستند. سه نوع ذره اساس ساختاری مادهٔ معمولی هستند: **الکترون** با بار الکتریکی منفی، **پروتون** با بار الکتریکی مثبت، و **نوترون** بدون بار الکتریکی (خنثی). مقدار بار منفی الکترون با مقدار بار مثبت پروتون برابر است. پس از جهتی می‌توان گفت که بار الکتریکی پروتون یا نوترون یکای طبیعی بار الکتریکی است. اما بنابرآخرین نظریه‌های عصر حاضر دربارهٔ ذرات بنیادی، پروتون و نوترون ذرات بنیادی نیستند، بلکه خود ازذره‌های ظریفتری به‌نام‌کوارک‌تشکیل شده‌اند. بار الکتریکی‌کوارک $\pm 1/3$ و $\pm 2/3$ بارالکتریکی الکترون است. بنابراین نظریه،الکترون یک‌ذرهٔ بنیادی واقعی‌است.

باردار شدن جسمی شامل انتقال بار از یک جسم به جسم دیگر است نه به‌وجود آمدن بار.

این سه ذرهٔ بنیادی در همهٔ اتمها به‌شکل یکسانی به‌نظم درآمده‌اند. پروتونها و نوترونها در یک مجموعهٔ سنگین و فشرده به‌نام هسته،که دارای بار مثبت است، همبسته شده‌اند. برهم‌کنش قوی، که در بخش ۱۰۵ به‌آن اشاره شد، عامل این همبندی ذره‌ای است. هرگاه هسته را کروی فرض‌کنیم، قطرآن در حدود 10^{-14}m است. خارج ازهسته و به‌فاصلهٔ 10^{-10}m ازآن، الکترونها قرار دارند. در یک اتم خنثی تعداد الکترونها با تعداد پروتونهای موجود در هسته برابر است. لذا بارکل چنین اتمی صفر است. هرگاه از اتمی یک‌یاچند الکترون برداشته شود،آنچه راکه باقی می‌ماند، و دارای بارمثبت‌است **یون مثبت** می‌نامند. **یون منفی** اتمی‌است‌که یک یاچند الکترون اضافی دریافت کرده‌باشد. دریافت‌کردن یا ازدست دادن الکترونها توسط اتم را یونش (یونیده شدن) می‌نامند.

در مدل اتم‌که توسط نیلس‌بور فیزیکدان دانمارکی در سال ۱۹۱۳ پیشنهاد شد، فرض براین است‌که الکترونها روی مدارهایی به‌شکل دایره یا بیضی به دور هسته می‌چرخند. اکنون دانسته شده است‌که الکترونها، بارهای الکتریکی توزیع شده هستند و اصول‌کوانتوم مکانیک برآنها حاکم است،که در فصل ۴۲ دربارهٔ‌آن صحبت خواهدشد. مع‌ذالک مدل‌بور همچنان‌در ایجاد تصور واضحی از ساختار اتم مفید است. قطرمدارهایی که الکترونها در مدل‌بور روی‌آنها می‌چرخند ابعادکلی اتم را مشخص می‌کنند. قطراین مدارها درحدود 10^{-10}m، یا درحدود ده‌هزار برابرقطر هسته است. اتم بور منظومهٔ کوچکی است‌که درآن نیروهای الکتریکی‌جای نیروهای‌گرانش را گرفته‌اند. هسته‌باجرم



شمای ظاهری یک دستگاه اسیلوسکوپ

زیاد و بار مثبت خود نقش خورشید، و الکترونها،که تحت اثرنیروهای جاذبهٔ الکتریکی قراردارند، نقش سیاره‌ها را دارند،که تحت اثرجاذبهٔ‌گرانشی به‌دور خورشیدمی‌چرخند.

ذرات بنیادی بار الکتریکی دارند.

جرمهای پروتون و نوترون تقریباً برابرند، و جرم پروتون ۱۸۳۶ برابر جرم الکترون است. لذا تقریباً تمام جرم اتم در هسته متمرکز است. چون هرمول از اتم هیدروژن $6{,}022 \times 10^{23}$ اتم‌را شامل می‌شود (عدد آووگادرو) و $1{,}008$ g جرم‌دارد، جرم یک اتم هیدروژن برابر است با

$$\frac{1{,}008\ \text{g}}{6{,}022 \times 10^{23}} = 1{,}674 \times 10^{-23}\text{g} = 1{,}674 \times 10^{-27}\ \text{kg}$$

Scanned by CamScanner

هستهٔ اتم هیدروژن یك پروتون منفرد است، ویك الکترون تنها به‌دور آن می‌چرخد. پس ۱٫۸۳۷ از جرم اتم هیدروژن متعلق به‌الکترون و باقی‌آن جرم پروتون است. با چهاررقم معنی‌دار داریم

$$\text{جرم الکترون} = ۹٫۱۱۰ \times ۱۰^{-۳۱}\ \text{kg}$$
$$\text{جرم پروتون} = ۱٫۶۷۳ \times ۱۰^{-۲۷}\ \text{kg}$$
$$\text{جرم نوترون} = ۱٫۶۷۵ \times ۱۰^{-۲۷}\ \text{kg}$$

اندازهٔ هسته از اندازهٔ اتم بمراتب کوچکتر است.

هلیوم، پس از هیدروژن، ساده‌ترین ساختار اتمی‌را دارد. هستهٔ‌آن از دوپروتون و دونوترون تشکیل شده است، و دو الکترون درخارج از هستهٔ‌آن وجود دارد. اگر این دو الکترون برداشته شوند، یون هلیوم بابار مضاعف (که همان هستهٔ هلیوم است) به دست می‌آیدکه ذرهٔ‌آلفا، α، نامیده می‌شود. عنصربعدی لیتیوم است،که در هستهٔ خود سه‌پروتون لذا سه یکای بار هسته‌ای دارد. در حالت غیریون، اتم آن سه الکترون در مدار دارد. اتم هر عنصر تعداد معینی پروتون در هسته، لذا تعداد معینی بار مثبت، داردکه با اتمهای عناصر دیگر متفاوت است. در جدول تناوبی عناصر،که در آخرکتاب‌آمده است، هرعنصر خانه‌ای را باشمارهٔ مخصوص به‌آن اشغال می‌کند، که آن عدد را عدد اتمی آن عنصر می‌نامند.

بار کل موجود در جهان هستی ثابت است، بار به‌وجود نمی‌آید و نابود نیز نمی‌شود.

عدد اتمی تعداد پروتونهای هسته است،ودرحالتی‌که اتم یونیده نباشد، این عدد با تعداد الکترونهای خارج از هسته برابراست.

هرجسم مادی شامل تعداد بیشماری ذرهٔ باردار است: پروتونها بابار مثبت درهستهٔ اتمها، والکترونها با بار منفی درخارج از هسته. وقتی تعداد الکترونها و پروتونها برابر باشند، جسم از نظر بار الکتریکی خنثی است. برای اینکه جسمی دارای بار الکتریکی منفی شود یا باید تعدادی الکترون به‌آن اضافه‌کرد یا بار مثبت ازآن برداشت. همچنین برای اینکه جسمی دارای بار مثبت شود یا باید به‌آن بار مثبت اضافه شود یا بار منفی از آن برداشته شود. دربیشتر مواردآنچه اضافه یاکم می‌شود الکترون یا بار منفی‌آن است و جسمی «که بار مثبت دارد» بخشی از الکترونهای خودرا ازدست داده است. وقتی ازجسم باردار صحبت می‌شود منظور بار خالص (جمع جبری بارها) است که همواره بخش کوچکی از همهٔ بارهای مثبت یا منفی موجود در جسم است.

در اتم خنثی بارهای منفی الکترونها با بارهای‌مثبت‌هسته یکدیگررا خنثی می کنند.

از بیانهای فوق اصل **پایستگی بار** به‌طورضمنی نتیجه‌گرفته می‌شود. به‌موجب این اصل جمع جبری بار در هر دستگاه منفرد مقداری است ثابت. بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، اما نه به‌خودی‌خود به‌وجود می‌آید ونه ازبین‌می‌رود. پایستگی بار به صورت قانون پایستگی جهانی مورد قبول قرار گرفته است. هنوز شاهد تجربی بر رد این قانون پیدا نشده است.

باردار شدن جسمی باافزایش یاکاهش تعداد الکترونهای آن ممکن است.

برهم‌کنشهای الکتریکی نقش محوری وحاکم بربیشتر جنبه‌های ساختار ماده دارند.

نیروهایی‌که اتمها را دریك مولکول یایك بلورهمبسته نگاه می‌دارد، مانندچسبناکی چسب، و نیروهای مربوط به‌کشش سطحی همگی طبیعت الکتریکی دارند،که ناشی از نیروهای الکتریکی موجود بین ذرات باردار درون اتمهاست.

بیشترین مقدار جرم اتم در هسته متمرکز است.

اما برهم‌کنشهای الکتریکی نمی‌توانند به‌تنهایی‌گویای علت همبستگی هسته باشند. یك هسته از الکترونها و پروتونها ساخته شده است. پروتونها یکدیگر را دفع می‌کنند و نوترونها جاذبه یا دافعهٔ الکتریکی ندارند. برای پایداری هسته لازم است نیروهایی از نوع جاذبه وباطبیعت غیرالکتریکی وجود داشته باشند تا علیرغم دافعهٔ الکتریکی موجود، هسته را به‌حال تعادل پایدار نگاه دارند. این نیروی جدید را نیروی هسته‌ای می‌نامند و یك نمونه از برهم‌کنش قوی است‌که دربارهٔ آن صحبت شد. گسترهٔ تأثیر نیروی هسته‌ای درحد قطر هسته است و خارج ازهسته اثری ندارد. در بررسی ساختار اتمها می‌توان از نیروی هسته‌ای صرف‌نظرکرده هسته را دارای ساختار صلب فرض‌کرد و فقط به‌نیروهای الکتریکی توجه‌کرد.

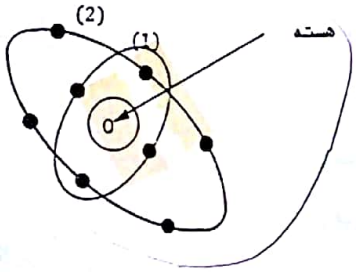
هسته باابرهم کنش قوی، علیرغم دافعهٔ الکتریکی، پایدار می‌ماند.

هرگاه موضوع مورد مطالعه ساختار هسته باشد، باید حتماً برهم‌کنشهای قوی نیز موردتوجه قرار گیرند. پدیده‌های‌بسیاری در رابطه‌باپایداری یا ناپایداری هسته، ناشی از مقابلهٔ نیروهای جاذبهٔ هسته‌ای با نیروهای دافعهٔ الکتریکی، وجود دارند.

Scanned by CamScanner

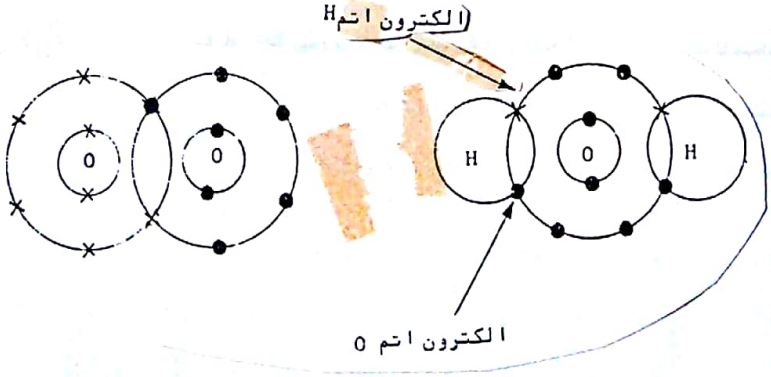
تعداد الکترونها در اتم اجسام مختلف متفاوت است مثلا" اتم هیدروژن یک الکترون، اتم اکسیژن 8 الکترون و اتم مس 29 الکترون دارند. الکترونها در اطراف هسته اتم بر روی مدارهایی تقریبا "بیضوی شکل که در یک سطح قرار ندارند همواره در حال چرخش اند. اگر این مدارها را از طرف هسته بسمت خارج شماره گذاری کنیم اولین مداریعنی مداریکه از همه به هسته نزدیکتر است شماره 1، مداریکه بعد از آن قرار دارد شماره 2 والی آخر خواهند بود. هر مدار متناسب با شماره آن گنجایش تعداد معینی الکترون را دارد. اصولا" تعداد الکترونهایی که در مدار شماره N قرار می گیرد از رابطه $2N^2$ بدست میآید. به این ترتیب تعداد الکترونها در مدار شماره 1 حداکثر $2\times1^2=2$، در مدار شماره 2 حداکثر $2\times2^2=8$، و در مدار شماره 3 حداکثر $2\times3^2=18$ والی آخر میباشد. مثلا" اگر اتم اکسیژن را در نظر بگیریم که کلا" دارای 8 الکترون میباشد مطابق شکل زیر الکترونهایش در مدارهای مختلف تقسیم میشوند.

برهم کنشهای الکتریکی عامل ساختار اتمها، مولکولها، و مادهٔ متراکم است.



ملاحظه میشود که در مدار اول 2 الکترون و در مدار دوم 6 الکترون بقیه قرار می گیرند. با توجه به اینکه مدار دوم طبق رابطه $2N^2$ با 8 الکترون پر میشود بنابراین اتم اکسیژن دو الکترون کم دارد تا مدار خارجی خود را تکمیل کند یا بعبارت دیگر دو جای خالی برای الکترون دارد. به این ترتیب اتم اکسیژن تمایل به ترکیب شدن با اجسام دیگر را پیدا میکند تا بتواند از آنها الکترونهایی را گرفته و مدار خارجی خود را تکمیل نماید. مثلا" با یک اتم دیگر اکسیژن ترکیب میشود و ملکول اکسیژن را بوجود میآورد. در اینصورت هرکدام از اتمها دو الکترون از مدار خود را با اتم دیگر به اشتراک میگذارند و هر دو مدار خارجی خود را از نظر الکترونی تکمیل میکنند. و یا با دو اتم هیدروژن ترکیب شده و ملکول آب را بوجود میآورد که در این حالت نیز هرکدام از اتمهای هیدروژن با اتم اکسیژن یک الکترون به اشتراک میگذارند به این ترتیب هم مدار خارجی اکسیژن و هم مدار خارجی هیدروژنها تکمیل میشوند مطابق اشکال زیر:

تصوری ناپخته اما مفید از اتم، الکترونها در مدارهایی به دور هسته می چرخند.



Scanned by CamScanner

وقتی یک اتم مدار آخر خود را از نظر تعداد الکترونها تکمیل نمود دیگر میل به ترکیب با اتمهای دیگر را از دست میدهد مگر در شرایط بخصوص .

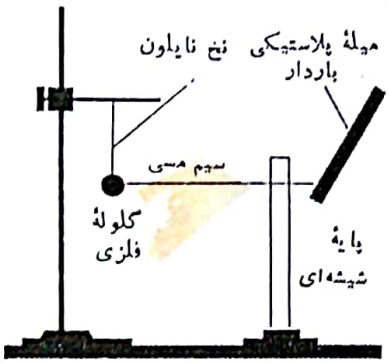
بار الکتریکی یک پروتون 1.6×10^{-19} کولن و بار الکتریکی یک الکترون نیز به همین اندازه اما منفی میباشد و چون تعداد الکترونها و پروتونها در یک اتم با هم برابر بدست بر این اتم اجسام مختلف چه دارای یک مدار یا چند مدار باشد ، در حالت عادی خنثی میباشد یعنی اینکه بار الکتریکی مثبت پروتون ها بوسیله بار الکتریکی منفی الکترونها خنثی شده است در این حالت اتم را در حالت تعادل نیز میگویند . اما اگر در تعداد الکترونهای یک اتم تغییراتی داده شود این الکترونها زیاد یا کم شوند اتم خاصیتی از خود بروز میدهد که آنرا خاصیت الکتریکی میگویند . تغییرات الکترونی در اتم اجسام همواره در مدار آخر آنها که به آن مدار هدایت میگویند بوجود میآید . بنابراین خاصیت مهم مدار هدایت این است که میتواند الکترون خود را از دست داده و یا الکترون جذب نماید .

اگر از مدار هدایت یک اتم ، یک الکترون خارج نمائیم ، اتم دارای بار الکتریکی مثبت میشود که به آن یون مثبت میگویند . همچنین اگر یک الکترون به یک اتم در حال تعادل اضافه نمائیم ، اتم دارای بار الکتریکی منفی شده و به آن یُن منفی میگویند . مثلاً" اگر یک میلهٔ شیشه‌ای را به یک پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم ، تعدادی از الکترونهای شیشه به پارچه منتقل میشوند در نتیجه شیشه که الکترون از دست داده دارای بار الکتریکی مثبت و پارچه که الکترون دریافت کرده دارای بار الکتریکی منفی خواهند شد .

بارهای الکتریکی می توانند در درون رساناها به حرکت در آیند اما در درون عایقها حرکت نمی کنند.

رساناها و عایقهای الکتریکی

همانطور که گفتیم در اتم یک جسم تعدادی پروتون با بار مثبت در هسته و تعدادی الکترون با بار منفی در اطراف هسته وجود دارند . بنابراین با توجه به اینکه بارهای همنام یکدیگر را دفع و بارهای غیرهمنام یکدیگر را جذب میکنند همواره از طرف هستهٔ اتم به الکترونهای اطراف آن نیرویی جاذبه وارد میشود و همین نیرو است که نمیگذارد الکترون از اتم جسم خارج شود . هرچه نیرویی که از طرف هسته به الکترون وارد میشود بیشتر باشد ، اتم مشکلتر الکترون خود را آزاد خواهد کرد و هرچه این نیرو کمتر باشد اتم الکترون خود را آسانتر آزاد مینماید . در واقع میزان هادی بودن و یا عایق بودن اجسام هم به این موضوع بستگی دارد . هرچه الکترونها یک اتم را بتوان آسانتر از مدار آن خارج کرد گویند جسم هادی تر است و هرچه این الکترونها مشکلتر از اتم خارج شوند گویند جسم عایق تر است . در اجسامی نظیر فلزات ، نیرویی که از طرف هسته به الکترونهای مدار هدایت وارد میشود بسیار کم است و بنابراین ، این الکترونها بآسانی میتوانند از یک اتم به اتم دیگر در داخل جسم جابجا شوند (مانند ملکولهای گاز در داخل یک اطاق) .



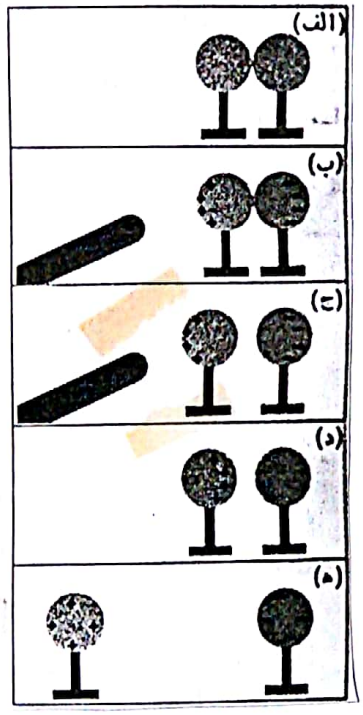
مس رسانای الکتریسیته است . بارهای الکتریکی می توانند از میلهٔ پلاستیکی به گلوله از طریق سیم مسی منتقل شوند.

Scanned by CamScanner

به‌این ترتیب میتوان گفت که این الکترونها به‌هستهٔ مشخصی وابسته‌نیستندو با به‌عبارت دیگرفلزات دارای الکترونهای تقریبا " آزادی هستندکه‌به‌راحتی میتوان آنها را ازجسم‌خارج نمودپس میتوان گفت که‌فلزات هادی های بسیارخوبی هستند.برعکس اجسامی نظیرشیشه ،چوب - میکا - لاستیک وغیره ،اجسامی هستندکه‌بسیارمشکل میتوان ازآنهـــــا الکترونی خارج کردودرواقع دارای الکترون آزادنیستند ،بنابراین این اجسام‌عایقهای بسیارخوبی هستند .به‌این ترتیب میتوان گفت که‌اجسام‌هادی،اجسامی هستنـــــدکه‌دارای الکترونهای آزادهستندبنابراین اگریک بارالکتریکی ازخارج به‌این جسم‌وارد‌گردد ،این باربراحتی به‌تمامی نقاط جسم‌خواهدرفت وجسم‌درمقابل حرکت این باردرداخل آن،ازخود مقاومتی نشان نمیدهد .برعکس اجسام‌عایق،اجسامی هستندکه‌درآنها الکترون آزادیافـــت نمیشودواگریک بارالکتریکی به‌آنها واردشود ،این باردریک نقطهٔ ازجسم‌باقی می ماندو درداخل آن بحرکت درنخواهدآمدبعبارت دیگرجسم‌درمقابل حرکت بار ،ازخودمقاومت بسیار زیادی نشان میدهد.

رساناها اجازهٔ عبور بار از درون خودرا می‌دهند، اما عایقها نمی‌دهند.

به‌طورکلی فلزها رساناهای خوب و غیرفلزها عایق هستند. ظرفیت مثبت عنصرهای فلزی وتشکیل یونهای مثبت آنها در محلولها نشان می‌دهدکه فلزها می‌توانند به‌آسانی یك یا چند الکترون از پوسته (مدارهای) خارجی خود را از دست بدهند. در فلزی مانند مس چند الکترون ازهراتم جدا می‌شود. این الکترونها می توانندآزادانه درون مس به‌حرکت درآیند وازاین نظرشبیه مولکولهای گازها هستندکه مثلاً به‌آسانی درلابلای دانه‌های شن درون یك ظرف حرکت می‌کنند. این الکترونها را گاهگاه «گاز الکترون» نیز می‌نامند. هستهٔ مثبت وباقی الکترونها درداخل ماده ثابت می‌مانند. درعایقها یااصولاً الکترون آزاد وجود ندارد ویا تعدادآنها بسیار اندك است.



دو کرهٔ فلزی از طریق القا دارای بارهای مخالف شده‌اند.

باردارشدن القایی

وقتی میلهٔ پلاستیکی بارداری را به‌گلولهٔ چوب پنبه‌ای می‌چسبانند،تعدادی ازالکترونهای اضافی میله به گلوله منتقل می‌شوند، و بار منفی میله کمی‌کاهش می‌یابد. اما می‌توان روش جدیدی به‌کاربردکه درآن میلهٔ پلاستیکی، جسمی را دارای بار مخالف کندواز بار خودش نیز چیزی‌کاسته نشود. این فرایند را القا می‌نامند

در شکل (الف) دو گلولهٔ فلزی نشان داده شده‌اند،کـه روی پایه‌های عایقی قرار دارند و به‌هم چسبیده‌اند. هرگاه میله‌ای با بار منفی به‌یکی ازآنها نزدیك شود، وبه آن نچسبد [شکل(ب)]، الکترونهای‌آزاد درون‌کرهٔ فلزی توسط بار میله دفع شده وکمی به‌طرف راست، وبه فاصله‌ای دورتراز میله، جابجا می‌شود. الکترونها نمی‌توانند ازروی دوکره خارج شوند زیرا پایه ونیز هوای مجاور عایق هستند. پس بارمنفی روی نیمهٔ‌راست سطح‌کرهٔ سمت راست جمع می‌شود و بـرروی نیمهٔ چپ سطح‌کرهٔ سمت چپ‌کمبود بار منفی (یعنی بارمثبت اضافی) ایجاد می‌شود. این‌بارهای اضافی را**بارهای القایی** می‌نامند.

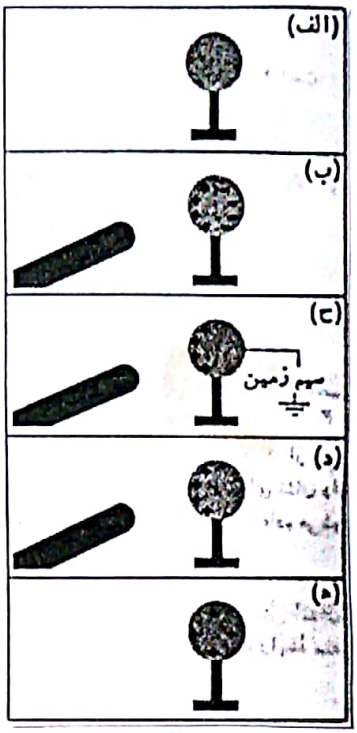
واضح است‌کـه همهٔ الکترونهـای آزاد به روی سطح‌کـرهٔ سمت راست رانده نمی‌شوند. به محض اینکه القا صورت گرفت، بارهای جدید نیز برالکترونهای‌آزاد نیرو وارد می‌آورند. این نیرو روبه‌چپ وشامل دوجزء است: یکی دافعهٔ وارده از بارهای منفی القایی سمت راست، ودیگری جاذبهٔ وارده از بارهای مثبت القایی سمت چپ، است. لذا دستگاه به‌حالت تعادل مشخصی می‌رسد ودرهرنقطه نیروی روبه‌راست وارده از میله بریك الکترون، بانیروی روبه‌چپ وارده از بارهـای القایی یکدیگر را خنثی می‌کنند. بارهای القایی تاموقعی روی سطح‌کره‌ها می‌مانندکـه میلهٔ پلاستیکی در مجاورت‌کره‌هاست. اگر میله را دورکنند الکترونهـای آزاد به سمت راست برگشته جسم بـه حالت اولیهٔ خـود بازمی‌گردد.

Scanned by CamScanner

حال فرض کنید، نظیر شکل (ج)، وقتی هنوز میله درمجاورت کره‌هاست آنها را کمی ازهم جدا کنند. اکنون اگر میله را دور کنند، نظیر شکل (د)، برروی دو کره دو بار القایی مخالف یکدیگر باقی می‌مانند که یکدیگر را نیز جذب می‌کنند. هرگاه دو کره را به‌فاصلهٔ نسبتاً زیادی، نظیر شکل (ه)، ازهم دور کنند برروی هر کره بارها به‌طور یکنواخت توزیع می‌شوند. دیده می‌شود که بار منفی میله دراین فرایند تغییر نکرده است.

در شکل ۳۰۲۴ طریقهٔ متفاوتی از تولید بار القایی نشان داده شده است. در این روش یک کرهٔ منفرد را که روی پایهٔ عایقی واقع است، با نزدیک کردن میلهٔ پلاستیکی، باردار می‌کنند. درشکل (ج) کلمهٔ «زمین» به‌این معنی است که کره را به‌زمین (که یک رساناست) وصل کرده‌اند. دراینجا زمین نقش کرهٔ دوم درشکل ۲۰۲۴ را دارد. الکترونها، یا ازطریق سیمی رسانا ویا ازطریق تماس بادست مرطوب آزمایشگر، توسط میله به‌درون زمین رانده می‌شوند. لذا زمین باری منفی وبرابر بار مثبت القایی روی کره دریافت می‌کند.

اگر درداخل کره فقط بارهای مثبت می‌توانستند حرکت کنند و یا همهٔ بارهای مثبت و هم منفی متحرک بودند، فرایندهایی که باشکلهای ۲۰۲۴ و ۳۰۲۴ نشان داده شده‌اند همچنان می‌توانستند انجام شوند. باآنکه امروزه می‌دانیم که آنچه درون رساناهای فلزی حرکت می‌کند منحصراً بار منفی است، اما معمولاً موضوع را به‌گونه‌ای بیان می‌کنند که گویی بارهای مثبت نیز حرکت می‌کنند. در محلولهای یونیده، هر دو گروه یونهای مثبت ومنفی عامل فرایند رسانایی هستند.



باردار کردن کرهٔ منفرد فلزی از طریق القاء

قانون کولن

برهم‌کنش الکتریکی بین دو جسم باردار را با نیروهای وارده ازآنها بریکدیگر مشخص می‌کنند. تحقیق کمی در این زمینه را اولین بار آگوستین کولن (۱۷۳۶–۱۸۰۶) درسال ۱۷۸۳ به‌نتیجه رسانید. برای اندازه‌گیری نیروکولن از دستگاهی استفاده کرد که ۱۳ سال پس ازآن توسط کاوندیش برای اندازه‌گیری نیروهای (به مراتب ضعیفتر) گرانشی، به کار رفت.

کولن نیروهای جاذبه یا دافعهٔ موجود بین دو بار «نقطه‌ای» را اندازه گرفت؛ یعنی بارهای واقع برجسمهایی که اندازه‌های آنها نسبت به‌فاصله‌شان از یکدیگر بسیار کوچک باشند. وی دریافت که باافزایش فاصلهٔ بین دو جسم باردار، نیروی مؤثر بین آنها ضعیفتر می‌شود. هرگاه فاصله را نصف کنند نیرو به ۱/۴ مقدار اولیهٔ خود می‌رسد. پس نیرو بامجذور فاصلهٔ دو بار نسبت عکس دارد، یعنی با $1/r^2$ متناسب است.

نیرو همچنین با اندازهٔ بار واقع بر هر یک از دو جسم، که با Q یا q نشان داده می‌شوند، نسبت مستقیم دارد. برای کشف این مطلب، کولن روشی را برای تقسیم یک بار الکتریکی به دوقسمت مساوی ابداع کرد. وی چنین استدلال کرد که اگر کرهٔ بارداری را به‌کرهٔ بدون بار و متشابه با کرهٔ اول بچسبانند، به‌دلیل وجود تقارن، بار بین آنها به‌تساوی تقسیم می‌شود. پس او قادر است نصف، ربع،... ویا هرکسر دلخواه از باری را به‌دست آورد. او دریافت که نیروی مؤثر بین دو بار q_1 و q_2 با هریک از دو بار، بنابراین با حاصلضرب آنها نسبت مستقیم دارد.

چگونه بار الکتریکی را به دوقسمت مساوی تقسیم می‌کنند؟

لذا اندازهٔ F نیروی مؤثر بین دوبار نقطه‌ای را می‌توان بارابطهٔ زیرنشان داد

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

که درآن k ضریب تناسب ثابتی است. اندازهٔ k تابع یکاهایی است که q_1، q_2، F، و r برحسب آنها بیان می‌شوند.

قانون کولن: بیانی کمّی از نحوهٔ اثر دو الکتریکی بر یکدیگر.

قانون کولن به صورت زیر بیان می‌شود:

> نیروی جاذبه یا دافعهٔ بین دوبار نقطه‌ای، با حاصلضرب اندازه‌های دوبار نسبت مستقیم و با مجذور فاصلهٔ آنها ازیکدیگر نسبت عکس دارد.

Scanned by CamScanner

جریان

هر حرکت بار، از یك منطقهٔ درون جسم رسانا به منطقهٔ دیگر آن، **جریان** نامیده می‌شود. اگر یك رسانـای منفرد در میدان الکتروستاتیك قرار گیرد، بارهـای آزاد درون رسانا طوری جابجا می‌شوند که منطقهٔ درون رسانا فاقد میدان و سطح خارجی آن هم‌پتانسیل شود. در مدت این جابجایی و جایگیری مجدد بارهـا، جریانی موقتی یا گذرا از رسانا عبور می‌کند. برای تولید جریان پیوسته، باید نیرویی دائمی بر بـار متحرك درون رسانا وارد شود. این نیرو توسط میدان الکتروستاتیکی و یا عوامل دیگر، که بعداً دربارهٔ آنها صحبت خواهد شد، بر بارهـا وارد می‌شود. فعلاً فرض می‌کنیم کـه میدان الکتریکی $\mathbf{E}$ درون جسم رسانا وجود داشته باشد. در این صورت بر ذره‌ای با بار q نیروی $\mathbf{F}=q\mathbf{E}$ وارد می‌شود.

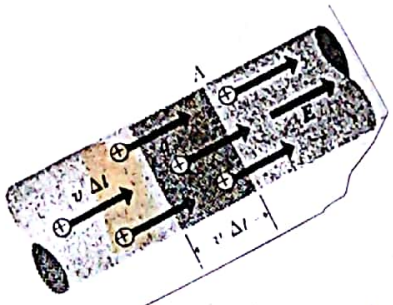
جریان حرکت بار است.

حرکت ذرهٔ باردار درون جسم رسانا با حرکت شتابدار بار در خلاء، که در اثر میدان الکتریکی به‌وجود می‌آید، بسیـار متفـاوت است. درون رسانـا بارهـا به‌طور کاتوره‌ای برخورد می‌کنند و در فاصلهٔ دو برخورد بـا ذرات ساکن دارای شتاب هستند، درهر برخورد بخشی از انرژی خود را از دست می‌دهند و در فاصلهٔ دو برخورد انرژی کسب می‌کنند. پس درحرکت آنها پیشرفت و پسرفتهای متناوب وجود دارد و درمجموع سوق تدریجی در جهت نیروی وارد از میدان الکتریکی دارند. برخوردهای ناکشسان با ذرات باردار ساکن، به این ذرات انرژی منتقل می‌کنند. این انتقال باعث افزایش انرژی

ارتعاشی آنها شده و دمای جسم رسانا را بالامی‌برد.

بهتر است مقطعی فرضی (مثلاً مقطع سیمی کـه جریان از آن می‌گذرد) را درنظر گرفته و عبور ذرات باردار از آن را مورد توجه‌قرار دهند. قدر مطلق باری که در واحد زمان از مقطعی عبور می‌کند شدت جریان نامیده می‌شود. پس اگر بار مطلق ΔQ باشد و در فاصلهٔ زمانی Δt از رسانا عبورکند شدت جریان I عبارت است از

$$I=\frac{\Delta Q}{\Delta t}$$



ذرات بـاردار درون منطقـه تیره‌تر، و فقط همین ذرات، در فاصلهٔ زمانی Δt از مقـطع A عبور می‌کنند.

ممکن است آهنگ عبور جریان از رسانا با زمان تغییرکند. در این صورت باید درتعریف جریـان تصحیح معمول به‌عمل آید، یعنی از تعریف مشتق استفاده شود. شدت جـریـان لحظه‌ای را چنین تعریف می‌کنند

$$I=\frac{dQ}{dt}$$

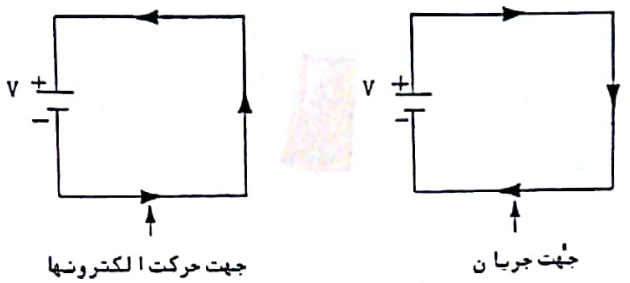
جریان کمیتی نرده‌ای است.

یکای اندازه‌گیری جریـان در SI یك کولن بر ثانیه است کـه به افتخار دانشمند فرانسوی آندره ماری آمپر (۱۷۷۵–۱۸۳۶)، **آمپر** نامیده می‌شود ($1\ A=1\ C\cdot s^{-1}$). جریانهای ضعیف را با میلی آمپر ($1\ mA=10^{-3}A$) یا میکرو آمپر ($1\ \mu A=10^{-6}A$) اندازه می‌گیرند.

یك آمپر برابر یك کولن بر ثانیه، یکای سنجش جریان در SI.

Scanned by CamScanner

حرکت الکترونها درداخل یک جسم را جریان الکتریکی میگویند ما برحسب قراردادجهت جریان الکتریکی را درخلاف جهت حرکت الکترونها درنظرمی گیرند. مطابق اشکال زیر:



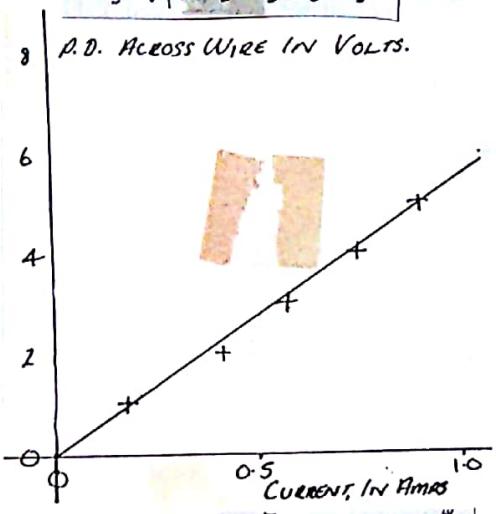
جهت حرکت الکترونها — جهت جریان

حرکت بار درون جسم رسانا، جمع حرکت کانتورهای باردوحرکت پیوستهٔ ناشی ازکشش

بنابراین جهت جریان الکتریکی درمدارخارجی باطری همواره ازطرف قطب مثبت بطرف قطب منفی خواهدبود.

بعدازاینکه الکترونها ازقطب منفی خارج شونددراین قطب کمبودالکترونی بوجودمیآیدو ضمناً وقتی این الکترونها به قطب مثبت باطری واردشونددرآنجا زیادی الکترون بوجود میآید. بنابراین برای اینکه جریان الکترونها بتوانندبرقرارشودبایستی این کم‌وزیاد شدن الکترونها درقطب های منفی ومثبت بطریقی جبران گرددواین عمل به‌این طریق صورت میگیردکه الکترونهایی که واردقطب مثبت باطری شوندازداخل باطری بکمک ماده‌ٔ شیمیائی داخل آن به‌قطب منفی برخواهندگشت. به‌این ترتیب میتوان گفت که جهت حرکت الکترونها درخارج ازباطری ازقطب منفی به‌قطب مثبت ودرداخل آن ازقطب مثبت بطرف قطب منفی است. اما چون جهت جریان همواره درخلاف جهت حرکت الکترونها درنظرگرفته میشودپس جریان درخارج ازباطری ازقطب مثبت به‌طرف قطب منفی ودرداخل باطری برعکس خواهدبود. حال که متوجه شدیم جریان الکتریکی درحقیقت همان حرکت الکترونهاست میتوان واحد شدت جریان را نیزتعریف کرد.

ولتاژ دو سر سیم به ولت

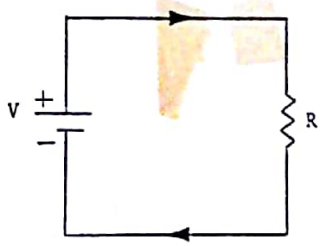


شدّت جریان به آمپر

نمودار تقریبی تغییرات اختلاف پتانسیل و شدّت جریان

مدار الکتریکی

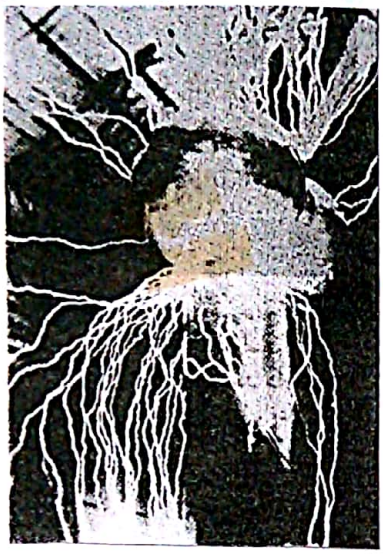
برای اینکه الکترونها بتوانندازقطب منفی واردقطب مثبت یک باطری شوندبایستی ایندوقطب را بوسیلهٔ جسمی که درحالت کلی دارای مقاومت R است متصل کنیم. اتصال قطب های مثبت ومنفی ازطریق یک مقاومت را مدار الکتریکی میگویند. مطابق شکل زیر:



Scanned by CamScanner

همانطورکه میدانیم دراین مدار الکترونها از قطب منفی بطرف قطب مثبت میروند وبنا به قراردادکه جهت جریان را مخالف جهت حرکت الکترونها میگیرند پس جریان الکتریکی که آنرا با I نشان میدهیم از طرف قطب مثبت بطرف قطب منفی است .بنابراین دریک مدار الکتریکی بایستی عوامل ولتاژ- مقاومت وجریان وجودداشته باشند .

ولتاژ الکتریکی راکه همان اختلاف فشار بین قطب هاست با واحدی بنام ولت اندازه گیری میکنندوبا V نشان میدهندمانند 6 ولت 12 ولت 220 ولت وغیره . واحدهای دیگر ولتاژعبارتنداز $mv=\frac{1}{1000}v=10^{-3}v$ میلی ولت ،و $kv=1000^{v}=10^{3}v$ کیلوولت



وات وانرژی

وقتی جریانی از یک مقاومت میگذردضمن آنکه دردوسرآن اختلاف ولتاژی بوجود میآید ،درمقاومت تولیدحرارت نیزمیگردد .علت آن اینستکه الکترونها درهنگام حرکت در مقاومت بصورت مستقیم حرکت نکرده بلکه بصورت زیگزاگ حرکت مینمایند .درنتیجه با یکدیگر ونیزبا الکترونهای جسم برخوردمی کنندوبه ازاء هربرخوردی مقداری از انرژی آنها تلف میشودکه بصورت گرما درمقاومت نمایان میشود .هرچه جریانی که از مقاومت میگذرد وبیشتر باشدبرخوردالکترونها با یکدیگرزیادتروودرنتیجه انرژی تلف شده ونیزحرارت تولیدشده بیشتراست . درحالت کلی انرژی ایکه دریک مقاومت R وقتی جریان I بمدت زمان t از آن میگذردتلف میشودازرابطه $W=RI^2t$ بدست میآید .

که دراین فرمول t برحسب ثانیه ، I برحسب آمپر، R برحسب اهم و w برحسب ژول میباشند.

بنا به تعریف توان مصرفی یک جسم مقدارانرژی ای است که درجسم بمدت یک ثانیه مصرف میشودکه به آن ژول برثانیه یا وات میگویندوبا p نشان میدهند .بنابراین فرمول توان از فرمول انرژی بدست میآیدبشرط آنکه درآن t=1 قرارگیرد .درنتیجه فرمول توان بصورت زیرخواهدبود :

$$P = RI^2$$

مثلا" اگرازیک مقاومت100 اهم جریان 0.1A عبورکندتوان مصرف شده دراین مقاومت برابر است با :

$$P = RI^2 = 100\times(0.1)^2=1$$

درفرمول $P=RI^2$ میتوان تغییراتی دادوفرمول های دیگری برای محاسبه وات یک مقاومت بدست آورد .

$$P = RI^2=RI\times I$$

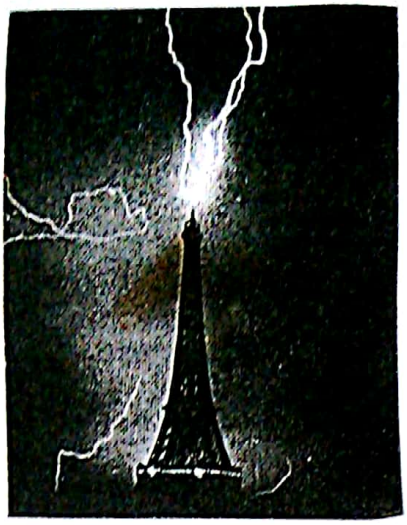
با توجه به اینکه بنا به قانون اهم $V=RI$ است بنابراین خواهیم داشت :

$$P=VI$$

$$P = RI^2 = RI^2\times\frac{R}{R} = \frac{R^2I^2}{R} = \frac{(RI)^2}{R}$$

یک مولتی متر دو کاره، با حرکت قسمتهای که درداخل پایه گذاشته شده دستگاه است بارا الکتریکی جابجا می شود. اختلاف پتانسیلهایی حدود ۱۵ ولت را در آن می توان تهیه کرد.

Scanned by CamScanner



صاعقه به برج ایفل می‌زند. فولادی که برج از آن ساخته شده است مسیر دسانایی برای حرکت بار به‌سوی زمین است.

با زهم با توجه به اینکه $v=RI$ است نتیجه میشودکه :

$$P = \frac{V^2}{R}$$

با یستی توجه کردکه هرسه فرمول $P=RI^2$ و $P=VI$ و $P=\frac{V^2}{R}$ یکی هستندودرمواقع مناسب از هرکدام که بخواهیم میتوانیم استفاده کنیم وبهرحال نتیجه بدست آمده از هرسه فرمول یکسان است .

مثلا" اگرفرض کنیم از یک مقاومت 100 اهمی جریان 0.2^A عبورکند ولا" ولتاژبدست آمده در دوسرمقاومت برابراست با :

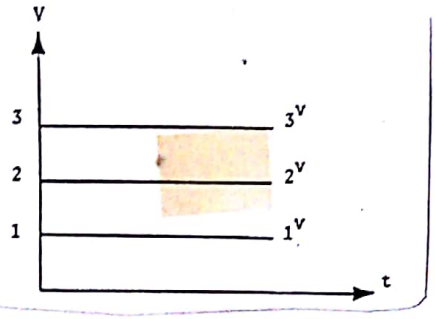
$$V = RI = 100\times0.2 = 20^V$$

حال ازسه فرمول بدست آمده درفوق میتوان واتتلف شده درمقاومت را بدست آورد وملاحظه خواهدشدکه درهرسه حالات جواب یکسان است .

$$P = RI^2 = 100\times(0.2)^2 = 4^W$$

$$P = VI = 20\times0.2 = 4^W$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(20)^2}{100} = 4^W$$

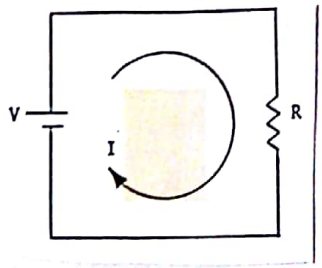


انواع ولتاژهای الکتریکی

ولتاژیا جریان الکتریکی بطورکلی بردونوع اند :1- ولتاژمستقیم یا DC ,2- ولتاژ متناوب یا AC :

ولتاژمستقیم Direct Current

ولتاژمستقیم یا DC عبارت ازولتاژی است که جهت ومقدارآن ثابت است واندازه اش درطول زمان تغییرنمیکندمانندولتاژدوسرباطریها .اگربخواهیم ولتاژ DC را برحسب زمان روی محورهای مختصات نشان دهیم ،مطابق شکل زیرمحورافقی را محورزمان (t) ومحور عمودی را محورولتاژ (v) درنظرمی گیریم .بنابراین نمایش ولتاژ DC برروی این محورها بصورت یک خط افقی به فاصله ء مشخصی ازمحورزمان خواهدبودکه با تغییرزمان اندازه ء ولتاژثابت می ماند .هرچه اندازه ء ولتاژبیشترباشدفاصله ء خط افقی ازمحور t نیزبیشتر خواهدبود .



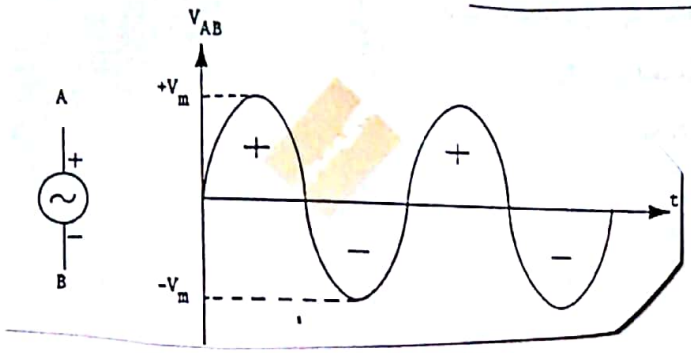
اگریک ولتاژ DC را بدوسریک مقاومت وصل کنیم باعث ایجادجریانی درمقاومت خواهدشدکه اندازه ء آن بنابه قانون اهم ازرابطه ء $I=\frac{V}{R}$ بدست میآید .

دراین حالت جهت جریان درمدارهمواره ازطرف قطب مثبت باطری بطرف قطب منفی آنست بنابراین وقتی ولتاژ DC دریک مداربکاربرده میشودجهت جریان درمقاومت همواره ثابت ودراینجا ازبالابطرف پائین میباشد .

Scanned by CamScanner

ولتاژمتناوب یا AC ولتاژی است که برعکس ولتاژ DC نه اندازه آن مقداری است ثابت ونه جهت آن بلکه ولتاژی است که مقدار وجهت آن نسبت به زمان دائم درحال تغییرات است ولتاژمتناوب را درنقشه ها بصورت —(~)— نشان میدهند.

معمول ترین نوع ولتاژمتناوب درشکل زیرنشان داده شده وبه آن ولتاژسینوسی میگویند.

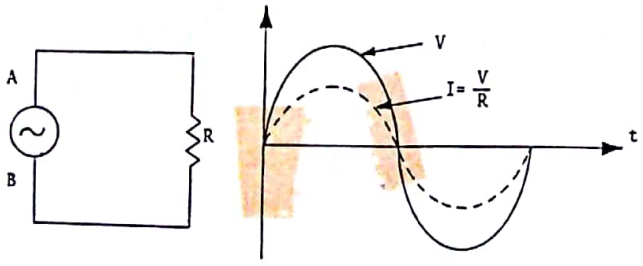


ملاحظه میشودکه این ولتاژ از صفرشروع شده وکم کم زیاد میشود. اگرجهت مثبت را قطب یا لانسبت به پاشین یا نقطه A نسبت به نقطه B درنظربگیریم، درنتیجه ولتاژ ابتداء درجهت مثبت زیاد میشود (یعنی A نسبت به B مثبت میشود) تا به حداکثرخودکه به آن ولتاژماکزیمم گفته و با V_{max} یا $+V_m$ نشان میدهندمیرسد. پس از آن شروع به کاهش کرده وبالاخره به صفرمیرسد از این لحظه به بعددرجهت منفی شروع به افزایش میکند (یعنی دراین حالت A نسبت به B منفی میشود) تا به یک مقدارحداکثرمنفی که به آن ولتاژمی نیمم گفته وبا V_{min} یا $-V_m$ نشان میدهندمیرسد. پس از آن بسوی صفربازمیگرددوپس ازرسیدن به صفرولتاژ عینا "نظیر حالت قبل شروع به تکرار میکند. اندازه ولتاژماکزیمم ومی نیمم دریک ولتاژمتناوب سینوسی با یکدیگربرابربوده یکی مثبت ودیگری منفی است. به این مقدارولتاژپیک (Peak)نیز گفته میشودکه همانطورکه گفتیم آنرا با V_{max} یا V_m یا گاهی V_p نیزنشان میدهندبنابر این دریک ولتاژمتناوب اندازه ولتاژماکزیمم را پیک مثبت یا $+V_p$ واندازه ولتاژ می نیمم را پیک منفی یا $-V_p$ میگویند. ضمنا "اندازه ولتاژ از پیک مثبت تا پیک منفی را اصطلاحا " پیک توپیک (Peak to peak) میگویندوبا V_{pp} نشان میدهندیعنی خواهیم داشت :

$$V_{pp}=2V_p=2V_m$$

مشخصات یک ولتاژمتناوب

اگریک ولتاژمتناوب را به دوسریک مقاومت متصل کنیم درمقاومت جریان برقرار میشود مطابق شکل زیر:

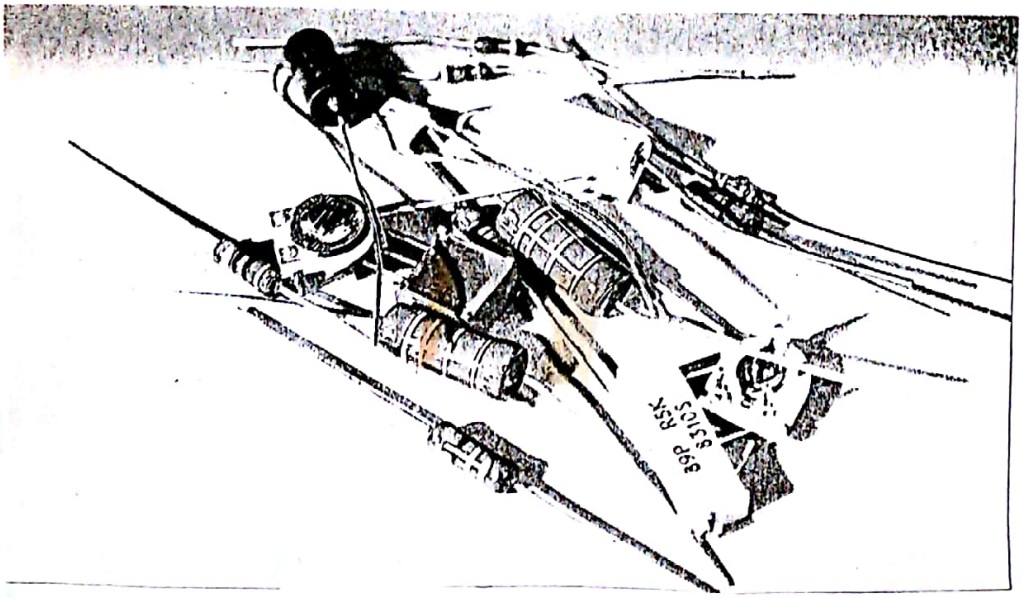


Scanned by CamScanner

اما بدلیل اینکه قطب های مثبت و منفی در ولتاژ متناوب داشما "تغییر میکند بنا براین جریان درداخل مقاومت نیز جهتش داشما "درحال عوض شدن است . موقعی که A نسبت به B مثبت باشد جهت جریان در مقاومت از بالا به پائین ووقتی A نسبت به B منفی باشد (یعنی B نسبت به A مثبت باشد) جهت جریان در مقاومت از پائین به بالا است وبا توجه به اینکه مقدار جریان درهرلحظه از رابطه $I=\frac{V}{R}$ بدست میآید بنابراین شکل جریان نیز نظیر شکل ولتاژ بصورت سینوسی مطابق شکل قبلی خواهد بود وفقط اندازه آن درهرلحظه برابر $I=\frac{V}{R}$ میباشد . با توجه به اینکه در این مدار ولتاژ جریان هردو با هم زیاد و کم میشوند بعبارت دیگر زمان شروع وخاتمه آنها با هم است گویند در این حالت ولتاژ و جریان با یکدیگر همفاز هستند .

میدان الکتروستاتیکی درون منبع صفر است و بار منحصراً با نیروی غیر الکتروستاتیکی درون منبع به حرکت درمی آید.

مقاومت



همانطورکه گفتیم اجسام در مقابل از دست دادن الکترون از اتم خود، از خود مقاومتهای مختلفی نشان میدهند و این بستگی به نیروبی دارد که از طرف هسته اتم این اجسام به الکترونهای مدار هدایت آنها وارد میشود . بنابراین میتوان میزان عایق بودن و یا هادی بودن اجسام را با کمیتی بنام مقاومت نشان داد به این ترتیب که هرچه مقاومت جسم در مقابل عبور جریان زیادتر باشد جسم عایق تر و هرچه مقاومتش کمتر باشد جسم هادی تر است . بنابراین همانطورکه قبلاً "هم گفتیم فلزاتی نظیر آلومینیوم - مس - نقره که هادی های خوبی هستند دارای مقاومت بسیار کم و اجسامی نظیر شیشه - میکا - لاستیک که عایق های خوبی هستند دارای مقاومت بسیار زیادی میباشند .

چون مقاومت هر نمونه از یک جسم متناسب با مقاومت ویژهٔ آن است، که خود با تغییر دما تغییر می کند، مقاومت نیز تابع دماست.

مقاومت الکتریکی را با حرف R نشان میدهند که حرف اول کلمه انگلیسی آن یعنی Resistor است . واحد آن اهم است که با علامت Ω آنرا نشان میدهند . در نقشه ها مقاومت ها را با یکی از دو علامت زیر نشان میدهند .

Scanned by CamScanner

همانطورکه گفته شد مقاومت در مقابل عبور جریان الکتریکی، یکی از خواص هر جسم است. اندازهٔ مقاومت اجسام مختلف بخاطر متفاوت بودن جنس آنها با یکدیگر فرق میکند. واحد مقاومت اهم است و آن عبارت از مقاومت جسمی است که چنانچه اختلاف سطح یک ولت به دو سر آن داده شود به اندازهٔ یک آمپر جریان از آن عبور نماید (برطبق قانون اهم $V=RI$).

بغیر از جنس جسم، طول و سطح مقطع جسم که از آن جریان عبور میکند نیز در اندازهٔ مقاومت جسم تاثیر دارند. اصولاً" مقاومت یک جسم که دارای طول l و سطح مقطع s میباشد از فرمول زیر محاسبه میگردد.

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

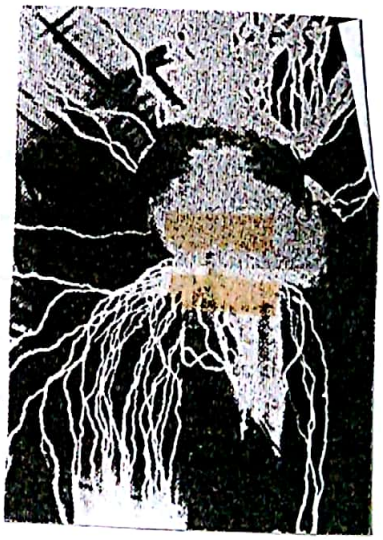
مقاومتهای ویژهٔ رسانا ها و عایقها، گستره‌ای وسیع دارند.

در فرمول فوق R به اهم، l به متر و s به متر مربع میباشند. ضمناً" ρ را مقاومت مخصوص یا رزیستیویتهٔ جسم میگویند و واحد آن معمولاً" اهم ـ متر است. این فرمول نشان میدهد که اولاً" هرچه سطح مقطع جسم کمتر باشد مقاومتش بیشتر است و همچنین هرچه طول جسم که از آن جریان عبور میکند بیشتر شود مقاومت آن نیز بیشتر خواهد شد. ضمناً" مقاومت جسم با مقاومت مخصوص آن (ρ) نیز متناسب است. بنابراین اجسامی که دارای مقاومت مخصوص کمتری هستند، مقاومت آنها کمتر و بنابراین هادی ترند و برعکس. لازم به تذکر است که اندازهٔ ρ نیز مقدار ثابتی نبوده و با تغییر درجه حرارت مقدار آن فرق میکند.

درجدول زیر مقاومت مخصوص برای چند جسم هادی و چند جسم عایق در درجهٔ حرارت $20^{\circ}C$ که بعنوان درجهٔ حرارت معمولی انتخاب شده است نشان داده شده است.

ضمناً" گاهی اوقات ممکن است مقاومت مخصوص جسم برحسب $\Omega - cm$ داده شود که در اینصورت برای تبدیل آن به Ω-m بایستی آنرا در 10^{-2} ضرب نمود.

عایق		هادی	
نام جسم	ρ /Ω-m	نام جسم	ρ/Ω-m
شیشه	10^{10}-10^{12}	نقره	1.64×10^{-8}
لاک ـ شارلاک	10^{14}	مس	1.72×10^{-8}
میکا	10^{15}	آلومینیوم	2.8×10^{-8}
لاستیک	10^{16}	تنگستن	5.5×10^{-8}
		روی	5.8×10^{-8}
		نیکل	7.8×10^{-8}
		آهن	9.8×10^{-8}
		پلاتین	$9\text{-}15.5\times10^{-8}$
		سرب	22×10^{-8}
		کربن	$3000\text{-}7000\times10^{-8}$



بنابراین با توجه به جدول فوق ملاحظه میشود که مثلاً" نقره از مس و مس از آلومینیوم و آلومینیوم از آهن هادی ترند زیرا مقاومت مخصوص هریک نسبت به دیگری کمتر است.

Scanned by CamScanner

مثال : مقاومت یک سیم مسی بطول 100 متر و بقطر 1^{mm} چقدر است ؟

حل :

$R = \rho \frac{l}{s}$

$S = \pi \frac{d^2}{4} = 3.14 \times \frac{1}{4}^2 = 0.785^{mm^2} = 0.785 \times 10^{-6} m^2$

$\rho = 1.72 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$

$R = 1.72 \times 10^{-8} \times \frac{100}{0.785 \times 10^{-6}} = 2.2\Omega$

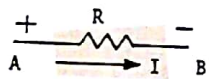
واحد

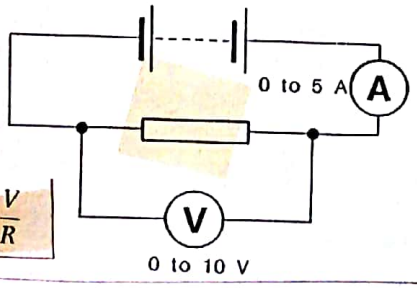
مقاومت الکتریکی همانطورکه گفتیم اهم است و با Ω نشان میدهند مانند 100 اهم ، 220 اهم 1000 اهم وغیره . واحدهای دیگر مقاومت عبارتند از $K\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega$ کیلو اهم و $M\Omega = 1000,000\Omega = 10^6\Omega$ مگا اهم .

قانون اهم

قانون اهم رابطه بین ولتاژ ـ جریان و مقاومت را در یک مدار الکتریکی بیان میکند . بنابراین قانون چنانچه از یک مقاومت R جریانی مانند I بگذرد در دو سر آن ولتاژی مانند V بوجود میآید که همواره از فرمول زیر محاسبه میشود :

$V = RI$





$i = \frac{V}{R}$

شمای مداری جهت تعیین مقدار یک مقاومت بر حسب اهم

یعنی "در این حالت جهت مثبت و منفی ولتاژ بطریقی است که در محلی که جریان وارد مقاومت میشود (نقطه A) قطب مثبت و در محلی که جریان از مقاومت خارج میشود (نقطه B) قطب منفی بوجود میآید . (مطابق شکل فوق)

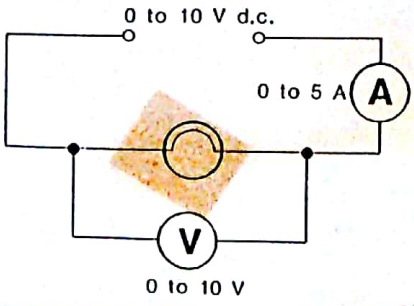
بعنوان مثال : اگر از یک مقاومت 10 اهمی یک جریان 0.2^A عبور کند ولتاژ بدست آمده در دو سر مقاومت $V_{AB} = 10 \times 0.2 = 2^V$ خواهد بود $V_{BA} = -V_{AB} = -2$ خواهد بود .

در فرمول $V=RI$ چنانچه دو پارا متر معلوم باشد پارا متر سوم براحتی قابل محاسبه است .

مثلا" اگر فرض کنیم یک باطری 1.5^V بدو سر یک مقاومت 15 اهم وصل شده است و بخواهیم شدت جریانیکه از مقاومت میگذرد را حساب کنیم با قرار دادن اعداد فوق در فرمول چنین بدست میآوریم :

$V = RI$

$1.5 = 15 \times I \Rightarrow I = \frac{1.5}{15} = 0.1^A$



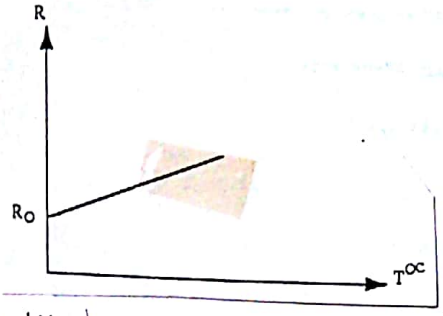
این مدار مقاومت یک لامپ را اندازه گیری می نماید

Scanned by CamScanner

تغییر مقاومت در اثر حرارت

اصولاً" مقاومت اجسام با تغییر درجهٔ حرارت ،تغییر میکند .مقاومت عایق ها در اثر زیاد شدن درجه حرارت کم ومقاومت فلزات خالص با ازدیاد درجهٔ حرارت زیاد میشود .بنا براین عایق ها دارای ضریب حرارتی منفی وفلزات خالص دارای ضریب حرارتی مثبت هستند .

اگر مقاومت یک فلز در 0^oC برابر R_o باشد نمایش تغییرات آن با درجهٔ حرارت بصورت منحنی زیر است :



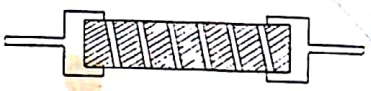
انواع مقاومت ها

در الکترونیک مقاومت ها برای تنظیم شدت جریان وولتاژ بکار میروند ومعمولاً" برسه نوع ساخته میشوند: مقاومت ثابت ، مقاومت متغیر ، مقاومت اتوماتیک (متغیرخودکار) درزیر به بحث درمورد هرکدام از این نوع مقاومت ها می پردازیم :

مقاومت ثابت

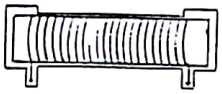
مقاومت های ثابت درمدارهایی بکار میروندکه احتیاجی به کم وزیاد شدن آنها نباشد .البته اندازهٔ این مقاومتها بستگی به شرایط کار نظیر درجهٔ حرارت توان مصرفی - رطوبت و غیره دارد اما فرض براینست که شرایط فوق در اندازهٔ مقاومت تغییرات چندانی نداده ودر حقیقت میتوان از این تغییرات جزئی صرفنظر نمود واندازهٔ مقاومت را ثابت درنظرگرفت .

اندازه وجنس این مقاومت ها بستگی به میزان جریانی دارد که از مقاومت میگذرد .درقدرتهای کم معمولاً" از مقاومتهای کربنی یا قشرکربنی یا قشرفلزی استفاده میشود اما درقدرت های زیاد بیشتر مقاومت های سیمی مورد استفاده قرار می گیرند .درشکل زیر انواع مقاومتهای ذکرشده نشان داده شده اند.



مقاومت قشرکربنی یا قشرفلزی

مقاومت کربنی

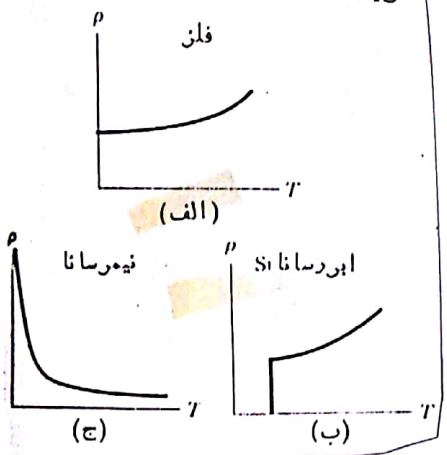


مقاومت سیمی

مقاومتهای کربنی از ترکیب پودرکربن سیاه یا گرافیت با پودر انواع مختلف عایقها و اضافه کردن مواد حلال درست شده واز فروکردن دوسیم رابط به دو انتهای آن ،مقاومت بدست میآید .

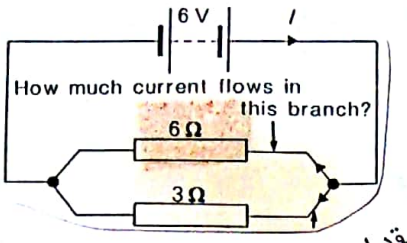
مقاومتهای قشرکربنی به این ترتیب ساخته میشودکه برروی یک استوانهٔ چینی یک لایهٔ کربن کشیده شده سپس قسمتی از آن بصورت شیارهای مارپیچی شکل برداشته میشود (مطابق

در اغلب اجسام مقاومت ویژه با دما افزایش می یابد.



تغییرات مقاومت ویژه با دما برای سه نوع رسانا: (الف) فلز معمولی، (ب) فلز، آلیاژ، و یا ترکیب ابررسانا، و (ج) نیمرسانا.

Scanned by CamScanner

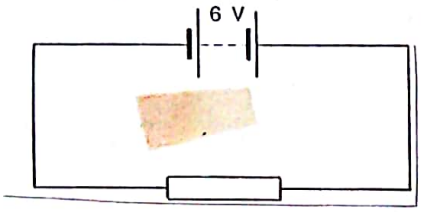


چه مقدار جریان از انشعاب فوق می‌گذرد؟

شکل فوق). مقاومتهای قشرفلزی نیزدقیقا "بهمین طریق ساخته میشودا ما درآنها بجای استفاده ازقشرکربن ازقشریک فلزنظیرطلایا نقره استفاده میشود.

مقاومت های سیمی معمولا" ازیک سیم‌فلزی نظیرنیکل - کروم‌با عایق ابریشم‌یا لاک درست میشوندکه‌برروی یک استوانهٔ چینی بصورت مارپیچی پیچیده میشوند.

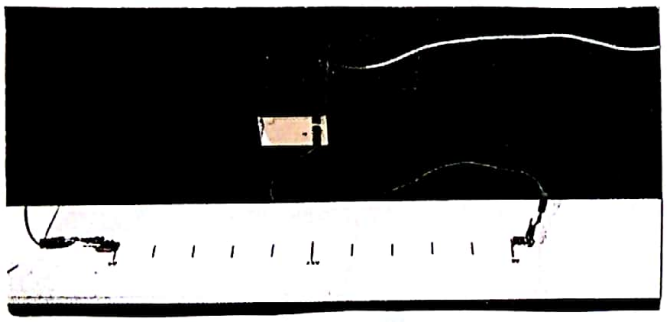
بخاطراینکه‌اینگونه‌پیچیدن سیم‌های عایق دار درکنارهم،ضمن ایجادیک مقاومت ،تولید اثرات سلفی وخازنی نیزمینماید،برای کم‌کردن اثرات سلفی وخازنی،پیچیدن سیم‌بدور هسته‌را به‌دوطریق انجام میدهند.طریقهٔ پیچیدن ایرتون - پری(Ayerton-perry wound) که‌باعث‌کم‌شدن هم‌اثرات سلفی وهم‌اثرات خازنی میشودونیزطریقهٔ بیفیلار(Bifilar Wound)که‌پیچیدن آن آسانترازنوع ایرتون - پری میباشدولی فقط باعث‌کم‌شدن اثر سلفی میگرددواثرخازنی به‌مقدارقابل توجهی باقی می ماند.درشکل زیردوطریق پیچیدن نشان داده‌شده‌است :



جمع کلّ جریانی که از مدار عبور می‌کند، چقدر است؟

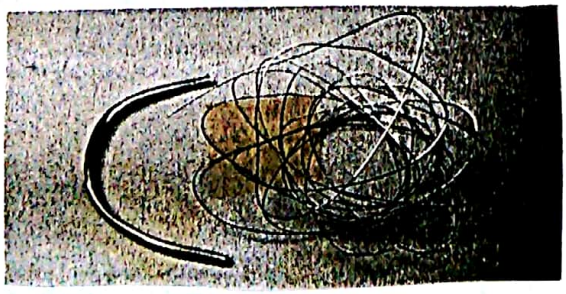
معمولا"مقاومت های ثابت پس ازاینکه‌به‌یکی ازروشهای فوق ساخته‌شدندتحت یک پوشش عایق قرارمی گیرند.

درالکترونیک مقاومت هایی که‌برای توانهای کم‌مورداستفاده‌قرارمی گیرندبیشتربخاطر راحتی ساخت‌آنها ازنوع مقاومت های باقشرکربن هستندومقاومت هایی که‌برای توانهای



یك منبع‌ولتاژ متغیّر ساده
از نقاط مختلف‌این تخته می‌توان
ولتاژ های متفاوتی را بدست‌آورد

بالامورداستفاده هستندهمانطورکه‌گفته‌شدا غلب ازنوع مقاومت های سیمی میباشندضمنا این مقاومت ها ازدقت خیلی خوبی نیزبرخوردارهستند.



کدام سیم مقاومت‌بیشتری دارد ؟

Scanned by CamScanner

پس از اینکه مقاومت ساخته شد علائمی روی مقاومت قرار میدهند تا بتوان بوسیلهٔ آنها اندازهٔ اهم مقاومت را بدست آورد معمولاً" برای این کار دو روش وجود دارد: 1 – قرار دادن نوارهای رنگی برروی مقاومت، 2 – قرار دادن اعداد و حروف برروی مقاومت.

روش اول برای مقاومت های با وات کم (کمتر از 2 وات) و روش دوم معمولاً" برای مقاومتهای با وات زیاد (بیشتر از 2 وات) استفاده میشود. راجع به وات مقاومت ها بعداً" توضیح داده خواهد شد.

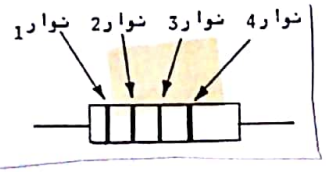
طرز تشخیص مقاومت بکمک نوارهای رنگی

در این روش هر رنگ معرف یک عدد میباشد که در جدول زیر معادل عددی هر رنگ آمده است.

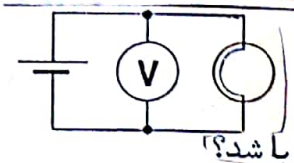
رنگ	اندازهٔ تولرانس
قهوه‌ای	1%
قرمز	2%
طلایی	5%
نقره‌ای	10%
بدون رنگ	20%

عدد	رنگ
0	سیاه
1	قهوه‌ای
2	قرمز
3	نارنجی
4	زرد
5	سبز
6	آبی
7	بنفش
8	خاکستری
9	سفید

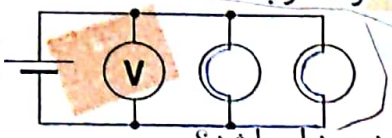
برای مشخص کردن اهم یک مقاومت معمولاً" از 4 نوار رنگی استفاده میشود. این نوارها از یکطرف به انتهای مقاومت نزدیک تر هستند تا از طرف دیگر. ضمناً" جهت شمارش نوارها از طرفی که به انتهای مقاومت نزدیک تر است شروع میشود. مطابق شکل زیر:



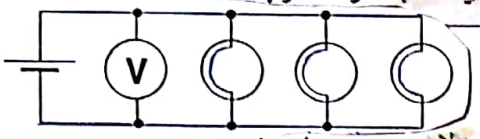
ولتمتر چه عددی را نشان میدهد زمانیکه:



یک لامپ در مدار باشد؟



دو لامپ در مدار باشد؟

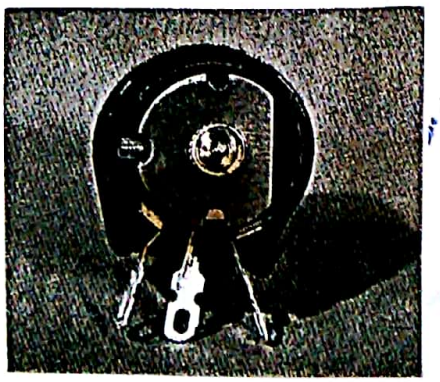


سه لامپ در مدار باشد؟

آیا ولت متر در هر سه مدار مقدار یکسانی را نشان می دهد؟

ضریب دمایی مقاومت ویژه در دماهای متعارف.

نام ماده	$\alpha, C^{\circ -1}$	نام ماده	$\alpha, C^{\circ -1}$
آلومینیوم	۰٫۰۰۳۹	سرب	۰٫۰۰۳۴
برنج	۰٫۰۰۲۰	مانگانین ($Cu_{84}Mn_{12}Ni_4$)	۰٫۰۰۰۰۰۰
کربن	۰٫۰۰۰۵ −	جیوه	۰٫۰۰۰۸۸ +
کنستانتان ($Cu_{60}Ni_{40}$)	۰٫۰۰۰۰۰۲ +	نیکروم	۰٫۰۰۰۴
مس (تجارتی)	۰٫۰۰۳۹۳	نقره	۰٫۰۰۳۸
آهن	۰٫۰۰۵۰	تنگستن	۰٫۰۰۴۵

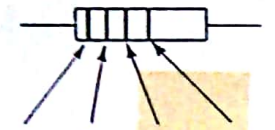


فضای داخلی یک مقاومت متغیّر

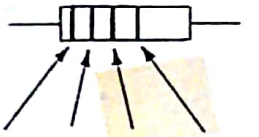
Scanned by CamScanner

در این حالت نوار اول رقم اول، نوار دوم رقم دوم، نوار سوم ضریب یا بعبارت دیگر تعداد صفرها بعد از دو رقم اول را نشان میدهند. نوار چهارم اندازه تولرانس یا درصد خطای مقاومت را مشخص میکند. که در جدول فوق رنگهایی که معمولا" برای تولرانس مقاومت ها بکار میروند ونیز اندازه تولرانس مربوط به هرکدام از آنها مشخص شده است.

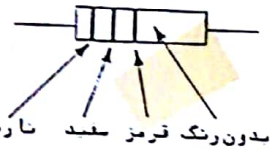
بعنوان مثال اندازه مقاومت های شکل زیر را بدست میآوریم:



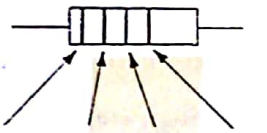
$\Rightarrow R = 470^{\Omega} \pm 5\%$



$\Rightarrow R = 22^{\Omega} \pm 10\%$



$\Rightarrow R = 3900^{\Omega} \pm 20\%$



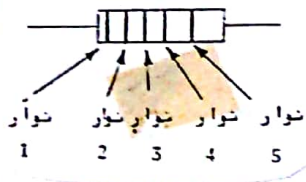
$\Rightarrow R = 10000 \pm$

تولرانس در مقاومتها به این معنی است که اندازه مقاومت همواره برابر عدد بدست آمده توسط سه نوار رنگی اول نیست بلکه تا اندازه چند درصد بالاتر یا پائینتر نیز میتواند باشد. مثلا" در نوع مقاومت اول که $R=470\pm5\%$ است یعنی مقاومتی با رنگهای فوق، اندازه‌اش میتواند بین دو عدد زیر قرار گیرد:

$$470+5\% = 470 + \frac{5}{100} \times 470 = 470+23.5 = 493.5$$

$$470-5\% = 470 - \frac{5}{100} \times 470 = 470-23.5 = 446.5$$

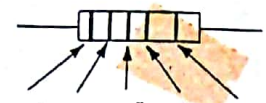
گاهی اوقات مقاومتهایی را که در دستگاههای با دقت زیاد نظیر آومتر- اسیلوسکوپ وغیره مورد استفاده قرار می گیرند با 5 نوار رنگی مشخص میکنند و معمولا" این نوع مقاومتها نسبت به مقاومتهای با 4 نوار رنگی از دقت بیشتری برخوردار هستند. مطابق شکل زیر:



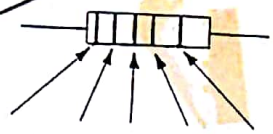
فضای داخلی بخشی از یک آمپرمتر با ظرفیت 100 میلی‌آمپر

Scanned by CamScanner

در این حالت نوارهای 1 و 2 و 3 بترتیب رقم‌های اول ودوم وسوم ونوار 4 تعداد صفرها بعد از این به رقم را مشخص میکنند. نوار پنجم نیز که عموما "برنگ قهوه‌ای یا قرمز است، میزان تولرانس مقاومت را مشخص میکند و با نوارهای دیگر کمی فاصله دارد.

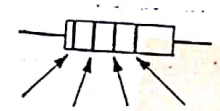


R = 246±2%

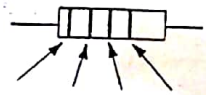


R = 150,00000±1%

در مقاومتهایی که اندازه آنها کمتر از 10 اهم است، نوارهای اول ودوم مطابق معمول رقمهای اول ودوم عدد را مشخص میکنند اما در این حالت نوار سوم که معمولا "نقره‌ای یا طلایی انتخاب میشود برای کم کردن اهم مقاومت بکار میرود. چنانچه نوار سوم طلایی باشد باید عدد بدست آمده توسط نوارهای 1 و 2 را بر 10 تقسیم وچنانچه نوار سوم نقره‌ای باشد باید عدد بدست آمده را بر 100 تقسیم کنیم تا اندازه مقاومت مشخص شود در ضمن رنگ نوار چهارم میزان تولرانس مقاومت را مشخص میکند.



=> $R = \frac{56}{100} = 0.56\Omega \pm 5\%$



=> $R = \frac{47}{10} = 4.7\Omega \pm 5\%$

طرز تشخیص مقاومت بکمک اعداد و حروف

در این روش که بیشتر برای مقاومت های توان بالا استفاده میشود معمولا" اندازه اهم ومقدار تولرانس آن برروی مقاومت نوشته میشود اما گاهی اوقات از حروف نیز برای ضریب و مقدار تولرانس مقاومت استفاده میکردد مانند 1R5K یا 5K6K وغیره. در اینصورت حرف اول اندازه ضریب وحرف دوم مقدار تولرانس مقاومت را نشان میدهند. در جداول زیر اندازه ضریب وتولرانس حروف مختلف آورده شده است:

تولرانس	حرف
1%	F
2%	G
5%	J
10%	K
20%	M

ضریب	حرف
1 =اهم	R
1000=کیلو	K
1000,000=مگا	M

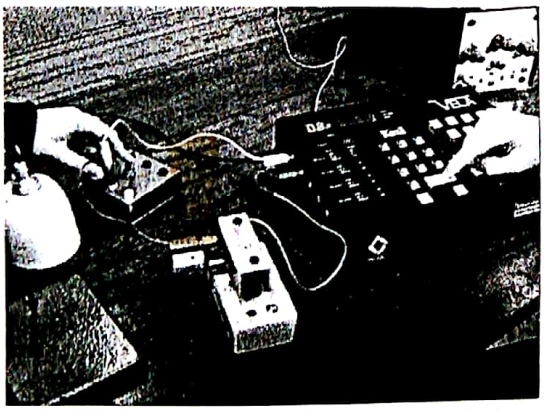
مثال:

1R5K = $1.5^{\Omega} \pm 10\%$

5K6K = $5.6^{k\Omega} \pm 10\%$

6M8J = $6.8^{M\Omega} \pm 5\%$

470RM = $470^{\Omega} \pm 20\%$



تصویر انجام یک آزمایش بر روی مقاومت یک لامپ

Scanned by CamScanner

مقادیر استاندارد مقاومت ها

اصولا" مقاومت ها را در مقادیر مشخص استاندارد میسازند که انتخاب این مقادیر ارتباط مستقیم با میزان تولرانس آنها دارد. استانداردهایی که در عمل بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از استانداردهای E24 ، E12 ، E6 که در استاندارد E24 تولرانس 5% در E12 تولرانس 10% و در E6 تولرانس 20% درنظرگرفته میشوند. درجدول زیر مقادیر مقاومتها در سه نوع استاندارد فوق برای اعداد بین 10 تا 100 داده شده اند.

E_{24}	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33
	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91	100	
E_{12}	10		12		15		18		22		27		33
	39		47		56		68		82		100		
E_6	10				15				22				33
			47				68				100		

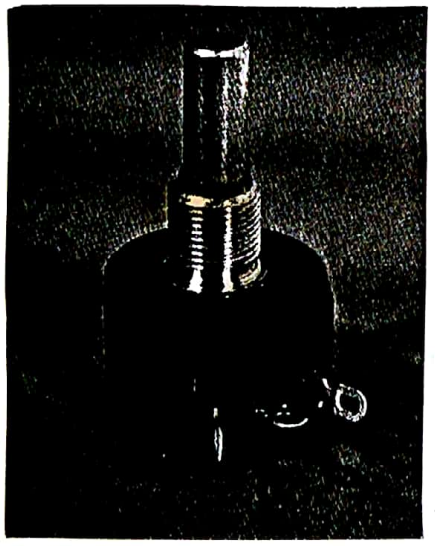
بدیهی است برای مقادیر بزرگتر از 100 یا کوچکتر از 10 همین اعداد در جدول فوق انتخاب شده و در مضارب 10 ضرب یا بر مضارب 10 تقسیم میشوند. مثلا" اگر مقاومت 15 اهم را درنظر بگیریم مقاومت های دیگر که از این عدد بدست میآیند عبارتند از:

0.15^{Ω}-1.5^{Ω}, 150^{Ω}, 1500^{Ω}, $15^{k\Omega}$, $150^{k\Omega}$, $1.5^{M\Omega}$, $15^{M\Omega}$, $15^{M\Omega}$, -----

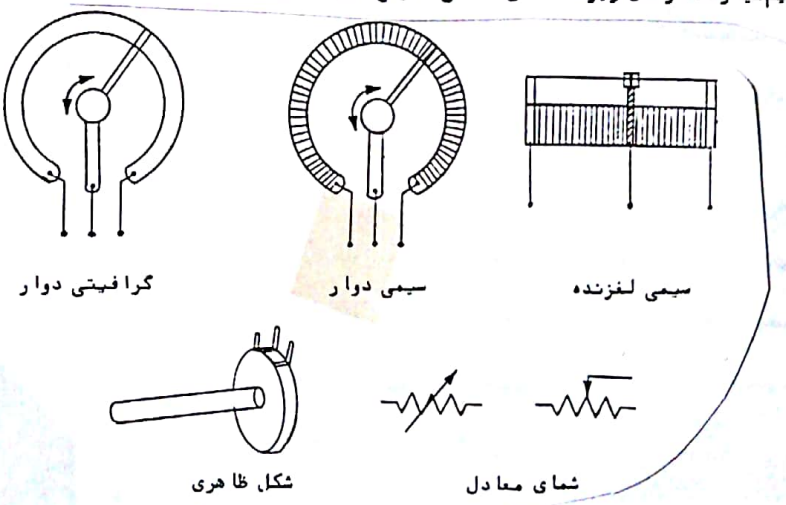
با بستی تذکر دادکه استاندارد E12 از دو نوع دیگر استانداردها بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد.

مقاومت متغیر

اندازه این مقاومت ها را میتوان به دلخواه کم و زیاد نمود. این مقاومت ها را معمولا" گرافیتی یا سیمی (برای قدرتهای زیاد) میسازند و از نظر شکل ظاهری بر دو نوع دوار و لغزنده تقسیم میشوند. در شکل زیر ساختمان داخلی انواع این مقاومت ها نشان داده شده است.



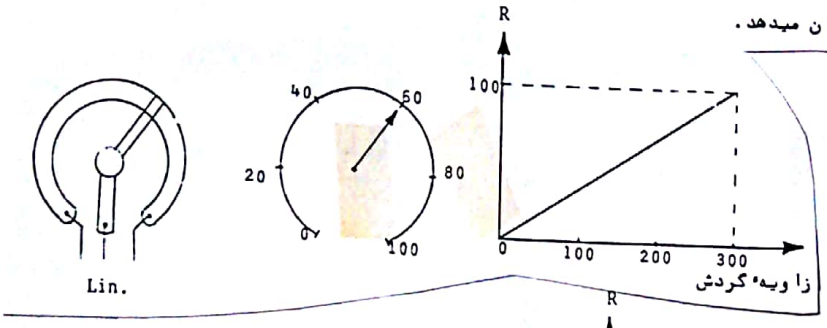
تصویر یک مقاومت متغیر (ولوم)

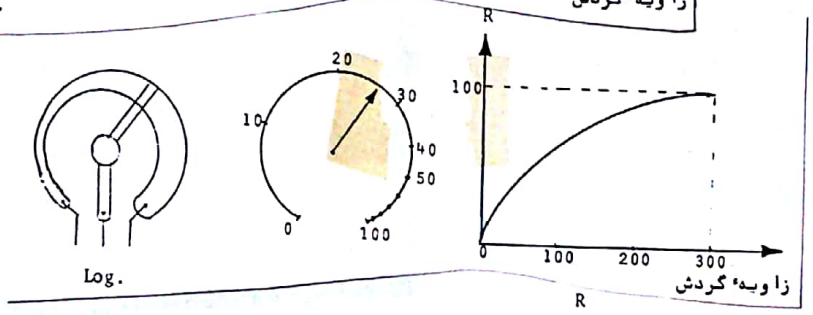


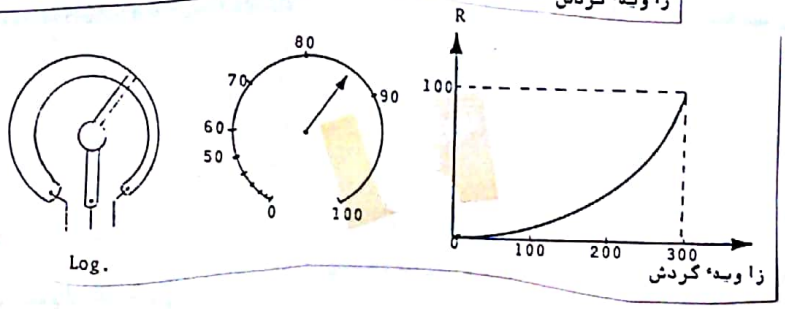
همانطورکه ملاحظه میشود مقاومتهای متغیر دارای سه سر میباشند که بین سر ابتداء و سر انتهایی اندازه مقاومت مقداری ثابت و بین سر وسط و هرکدام از سرهای ابتداء یا انتها اندازه مقاومت مقداری متغیر است و بستگی به میزان چرخش یا لغزش مقاومت دارد. تغییرات مقاومت بین سر وسط و یکی از سرهای کناری برحسب زاویه چرخش، بستگی به نوع مقاومت ساخته شده دارد.

Scanned by CamScanner

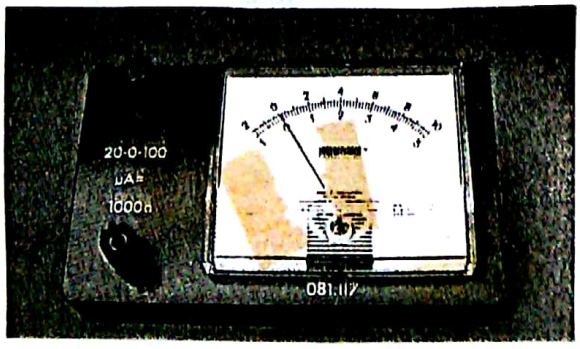
گاهی اوقات مقاومت های متغیررا خطی میسازندبدین معنی که تغییرات مقاومت متناسب با زاویهٔ چرخش است .دراینصورت ضخامت قطعه‌گرافیت داخلی درهمه‌جا یکسان است . گاهی اوقات این مقاومت را لگاریتمی میسازندیعنی اینکه مثلا"تغییرات مقاومت درابتداء خیلی سریع ودرانتها خیلی کنداست ویا برعکس یعنی درابتداء خیلی‌کند ودرانتها خیلی سریع است که دراین حالت به‌آن لگاریتمی معکوس میگویند.دراینصورت ضخامت قطعهٔ گرافیت داخلی درابتداء کم‌ودرانتها زیاداست یا برعکس . شکل زیراین سه نوع مقاومت متغیروتغییرات آنها برحسب زاویهٔ چرخش رانشان میدهد.







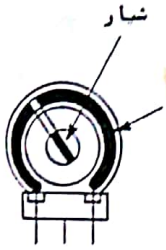
اندازهٔ یک مقاومت متغیررا با مقدارماکزیمم‌آن که‌بین دوسرابتداء وانتها اندازه‌گیری میشودنشان میدهندمثلا" یک مقاومت متغیر 100اهم‌یعنی مقاومتی که‌بین دوسرابتداء و انتهایش 100 اهم‌است وبنابراین مقاومت بین سروسط وهرکدام ازسرهای ابتداء یا انتها بین صفرتا 100^{Ω} اهم‌قابل تغییراست .اگرتغییرات مقاومت متغیرلگاریتمی باشدآنرا با A واگرخطی باشدآنرا با B وچنانچه‌لگاریتمی معکوس باشدآنرا با C نشان میدهند. مثلا" یک مقاومت متغیر $1^{k\Omega}_{A}$ یعنی مقاومت متغیری است که‌تغییرات آن بین صفرتا 1000وبصورت لگاریتمی است . یا مقاومت متغیر 100^{k}_{B} یعنی مقاومت متغیری است تغییرات آن بین صفرتا $100^{k\Omega}$ وبصورت خطی میباشد.



نمایی از یك آمپرمتر که با اتّصال چند مقاومت به یك میتر به وجود آمده

Scanned by CamScanner

در عمل مقاومتهای متغیر گردان بیشتر معمول میباشند و به آنها پتانسیومتر یا ولوم بار ثبتا هم گفته میشود. در اینصورت مقاومت متغیر دارای محوری است که با تغییر آن اندازه مقاومت را تغییر میدهند اما گاهی اوقات این مقاومت ها در ابعاد کوچک ساخته شده و از آنها محوری خارج نمیشود بلکه بجای آن در مقاومت شیاری قرار میدهند که بوسیله یک پیچ گوشتی بتوان مقدار آنرا تغییر داد. در اینصورت به آن مقاومت متغیر تریمر میگویند. در زیر شکل ظاهری و نیز شمای معادل این نوع مقاومتهای متغیر تریمر نشان داده شده است.

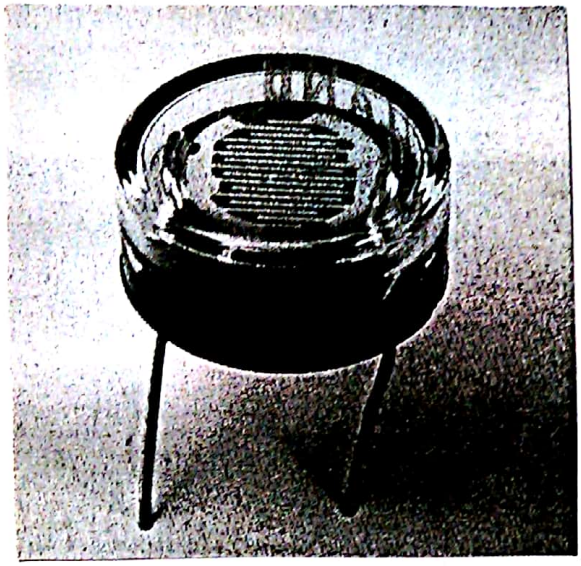


مقاومت اتوماتیک

تغییرات این نوع مقاومت ها دستی نبوده بلکه تابع عوامل فیزیکی نظیر ولتاژ- حرارت و نور میباشد، مقاومتهای حرارتی را ترمیستور و مقاومتهای نوری را فتورزیستانس میگویند. مقاومت های اتوماتیک بصورت زیر تقسیم بندی میشوند:

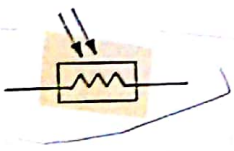
1- PTC (Positive Temperature Coefficient) با مقاومت با ضریب حرارتی مثبت. چنانچه درجه حرارت این مقاومت زیاد شود، اندازه اهم مقاومت نیز زیاد میشود و در نقشه ها آنرا بصورت اشکال زیر نشان میدهند.

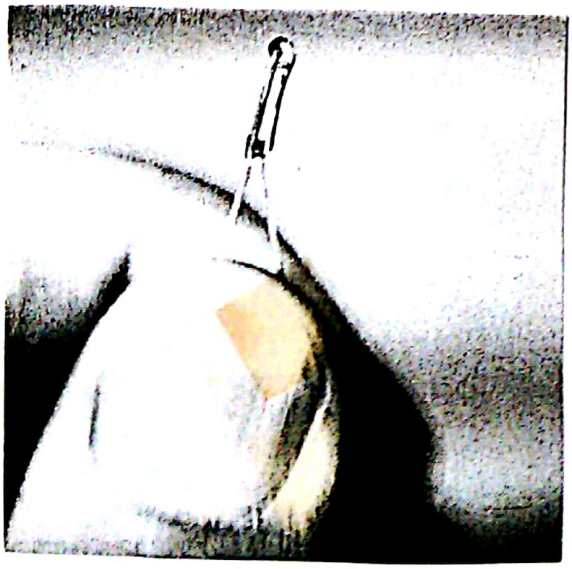
2- NTC (Negative Temperature Coefficient) با مقاومت با ضریب حرارتی منفی. چنانچه درجه حرارت این مقاومت زیاد شود، اندازه اهم مقاومت کم میشود از این مقاومت ها در مدارهای کنترل برای جلوگیری از زیاد شدن جریان با حرارت استفاده میکنند و آنرا در نقشه ها بصورت اشکال زیر نشان میدهند.



یک مقاومت نوری

LDR (Light Dependent Resistor) اندازه این مقاومت ها با مقدار نور تابیده شده به آنها متناسب بوده چنانچه نور زیاد شود اندازه اهم مقاومت کم و اگر نور کم شود اندازه اهم زیاد میشود. از این مقاومت ها نیز در مدارات کنترل استفاده میشود و آنها را در نقشه ها بصورت شکل زیر نشان میدهند.





یک مقاومت حرارتی

4- VDR (Voltage Dependent Resistor). اندازه این مقاومت ها تابع ولتاژ دو سر شان میباشد و چنانچه ولتاژ دو سر شان بطور ناگهانی زیاد شود اندازه اهم آنها نیز زیاد میشود و بالعکس. از این مقاومت ها در تنظیم کننده های ولتاژ و مدارهایی که در آنها ممکن است ولتاژ بطور ناگهانی زیاد شود استفاده میشود.

Scanned by CamScanner

تعریف وات یک مقاومت

همانطورکه دربخش وات وانرژی بحث شدوقتی جریانی ازیک مقاومت میگذرددرمقاومت ایجاد انرژی حرارتی کرده وحرارت حاصله ازسطح جانبی مقاومت دفع میشودهرچه اندازه این جریان بیشترباشدانرژی تلف شده درمقاومت نیزبیشترمیشود. اگرساختمان مقاومت طوری باشدکه نتواندحرارت حاصله راتحمل نموده وآنرا بخوبی دفع نماید، مقاومت ذوب شده وبه اصطلاح میسوزد. وقتی مقاومتی قادربه تحمل حرارت حاصله ازعبورجریان ازآن نباشد میگوئیم وات آن درمقابل جریان مداركم است بنابراین بایستی مقاومت را با مقاومت دیگری که دارای همان اهم ولی با وات بیشتری باشدعوض نمائیم.

معمولاً مقاومت ها را با وات های مختلف میسازند ما باید توجه نمودکه وات یک مقاومت به مقدار اهم آن بستگی ندارد. مثلاً ممکن است دومقاومت 100 اهمی داشته باشیم که یکی ازآنها 2 واتی بوده ودیگری $\frac{1}{4}$ واتی باشد. مقاومتی که وات بیشتری دارد معمولاً اندازه اش بزرگتر ازمقاومتی است که وات کمتری دارد.

درالکترونیک مقاومت ها با وات های مختلف ساخته میشوند اما استاندارد وات درمقاومتها بقرارزیراست:

$\frac{1}{16}$ w, $\frac{1}{8}$w, $\frac{1}{4}$w, $\frac{1}{2}$w, 1w, 2w, 5w, 10w

برای اینکه بدانیم مقاومتی که درمدار میخواهیم بکار ببریم آیا مناسب است یا خیر واگرآنرا درمدار قرار دهیم میسوزد یا نه، بایستی ببینیم اگراین مقاومت را درمدار قرار دهیم چه مقدار وات مصرف میکند. چنانچه وات مصرفی کمتر ازمقداری باشدکه مقاومت برای آن پیش بینی شده است، مقاومت بکار برده شده مناسب است درغیراینصورت خیر.

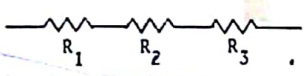
تغییر مقاومت با دما عیناً مانند تغییر مقاومت ویژه با دماست.

اتصال مقاومت ها به یکدیگر

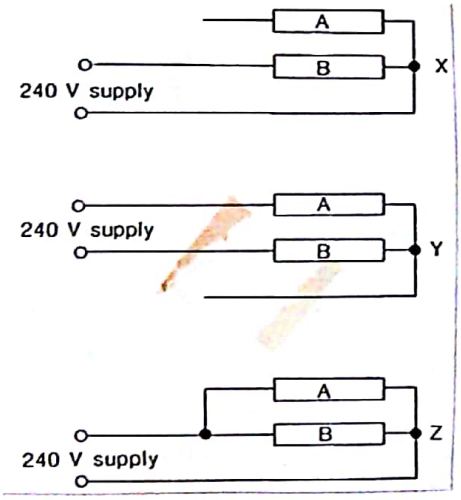
گاهی اوقات لازم است درمدار مقاومت ها را بطرق مختلف به یکدیگر متصل نمائیم. بطور کلی مقاومت ها ممکن است بصورت زیربه یکدیگر متصل شوند:

اتصال سری

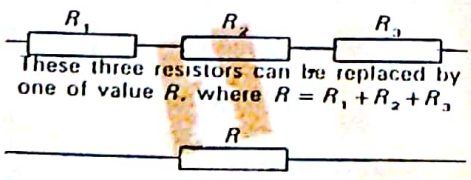
هرگاه دویا چندمقاومت را طوری به یکدیگر بستیم که ابتدای یکی به انتهای دیگری وصل شود آنها را با هم سری کرده ایم. طبق شکل زیرهرگاه چندمقاومت را با هم سری کنیم، مقاومت کلی مدار یا بعبارت دیگرمقاومت معادل مساوی حاصل جمع مقاومت ها خواهدبود.



$R = R_1 + R_2 + R_3$



اگر مقدار مقاومتهای A و B با هم برابر باشند بیشترین و کمترین مقاومت را در کدام مدار بدست خواهیم آورد؟



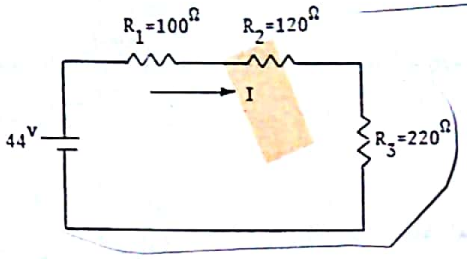
مقاومت R معادل سه مقاومت R_1، R_2، R_3 می باشد

اتصال مقاومتها بصورت سری

Scanned by CamScanner

بنا براین وقتی مقاومت ها با هم سری شوند مقاومت کل مدار زیاد میشود. در مدار سری جریان در تمام مدار یکسان است یعنی اگر جریان I از مقاومت R_1 بگذرد از مقاومت های R_2 و R_3 نیز همین مقدار جریان خواهد گذشت.

در شکل زیر جریان مدار و نیز افت ولتاژ دو سر هر مقاومت را پیدا کنید:



حل: ابتدا مقاومت معادل را پیدا می کنیم:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 100+120+220 = 440^{\Omega}$$

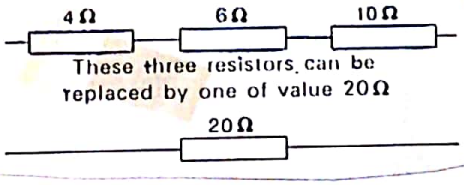
$$V = RI \Rightarrow 44 = 440 \times I \Rightarrow I = 0.1A$$

با توجه به اینکه افت ولتاژ در دو سر هر مقاومت برابر با حاصلضرب آن مقاومت در جریانی که از آن مقاومت میگذرد است خواهیم داشت:

$$V_{R1} = R_1 \times I = 100 \times 0.1 = 10^{V}$$

$$V_{R2} = R_2 \times I = 120 \times 0.1 = 12^{V}$$

$$V_{R3} = R_3 \times I = 220 \times 0.1 = 22^{V}$$



به جای این سه مقاومت می‌توان یک مقاومت 20 اهمی قرار داد

چنانچه بخواهیم اندازه وات مصرف شده در هر مقاومت را پیدا کنیم از فرمول $W=RI^2$ برای هر مقاومت استفاده می کنیم خواهیم داشت:

$$WR_1 = R_1 I^2 = 100 \times (0.1)^2 = 1^{W}$$

$$WR_2 = R_2 I^2 = 120 \times (0.1)^2 = 1.2^{W}$$

$$WR_3 = R_3 I^2 = 220 \times (0.1)^2 = 2.2^{W}$$

با توجه به نتایج بدست آمده میتوان گفت که در یک مدار سری:

اولاً - مقاومت کل مدار زیاد شده و برابر مجموع مقاومت ها است.

ثانیاً - جریان در مدار ثابت است.

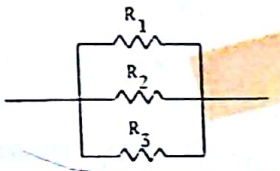
ثالثاً - ولتاژ داده شده به مدار به نسبت مقاومت ها بر روی آنها تقسیم میشود و هر مقاومتی که دارای اهم بیشتری است افت ولتاژ و سرش بیشتر خواهد بود.

رابعاً - مقاومتی که دارای اهم بیشتری است وات بیشتری نیز در خود تلف میکند.

Scanned by CamScanner

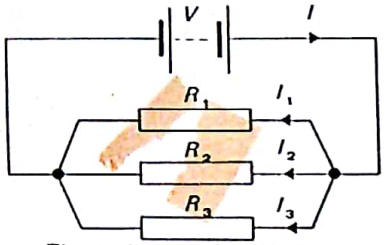
اتصال موازی

هرگاه دو یا چند مقاومت را طوری به یکدیگر ببندیم که ابتدای آنها به هم و انتهای آنها نیز به هم وصل شوند گوئیم مقاومت ها با یکدیگر موازی شده اند. مطابق شکل زیر هرگاه چند مقاومت با هم موازی شوند مقاومت کل مدار یا بعبارت دیگر مقاومت معادل از فرمول زیر بدست میآید:



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

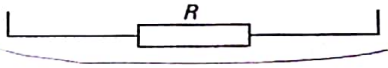
بنابراین وقتی مقاومت ها با هم موازی میشوند مقاومت کل مدار کم میشود و در ضمن ولتاژ در دو سر هر مقاومت با ولتاژ در دو سر مقاومت های دیگر برابر است.



$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

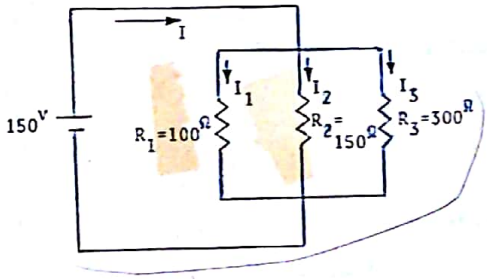
These three resistors can be replaced by one of value R, where

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



به جای این سه مقاومت می‌توان یک مقاومت R قرارداد

در شکل زیر جریان کل مدار و نیز جریان در هرکدام از مقاومت ها را بدست آورید:



حل: ابتداء مقاومت کل مدار را حساب میکنیم:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{100} + \frac{1}{150} + \frac{1}{300} = \frac{3+2+1}{300} = \frac{6}{300} = \frac{1}{50}$$

$$R = 50$$

$$V = RI \Rightarrow 150 = 50 \times I \Rightarrow I = 3^A$$

با توجه به اینکه ولتاژ در سر هرکدام از مقاومت های R_1 و R_2 و R_3 همان ولتاژ باطری یعنی 50 ولت است بنابراین جریان در هر مقاومت برابر است با:

$$V = R_1 I_1 \Rightarrow 150 = 100 I_1 \Rightarrow I_1 = 1.5^A$$

$$V = R_2 I_2 \Rightarrow 150 = 150 I_2 \Rightarrow I_2 = 1^A$$

$$V = R_3 I_3 \Rightarrow 150 = 300 I_3 \Rightarrow I_3 = 0.5^A$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$3 = 1.5 + 1 + 0.5 = 3$$

الکترونیک شاخه جدیدی از علم است که در این علم با کمک قطعاتی چون مقاومت، خازن، ترانزیستور و ... و امروزه آی سی ها و چیپ های الکترونیکی مدار های ویژه ای را طرّاحی می کنند.

Scanned by CamScanner

در این مـــــدار نیز چنانچه وات مصرفی در هر مقاومت را بخواهیم بدست آوریم میتوان از فرمول $W=\frac{V^2}{R}$ محاسبه کرد. داریم:

$$W_{R1} = \frac{V^2}{R_1} = \frac{150^2}{100} = 225^W$$

$$W_{R2} = \frac{V^2}{R_2} = \frac{150^2}{150} = 150^W$$

$$WR_3 = \frac{V^2}{R_3} = \frac{150^2}{300} = 75^W$$

در این حالت با توجه به نتایج بدست آمده میتوان گفت که در یک مدار موازی:

اولا"- مقاومت معادل کم شده و از کوچکترین مقاومت نیز کوچکتر میشود.

ثانیا"- ولتاژ در دو سر مقاومت ها یکسان است.

ثالثا"- جریان کل مدار بین مقاومت ها تقسیم شده و مقاومتی که دارای اهم کمتری است، جریان بیشتری از آن عبور میکند.

رابعا"- مقاومتی که دارای اهم کمتری است وات بیشتری را در خود تلف میکند.

تذکر: هرگاه دو مقاومت را با هم موازی کنیم مقاومت معادل برابر است با:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2+R_1}{R_1 \times R_2} \Rightarrow R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1+R_2}$$

یعنی اگر دو مقاومت با هم موازی شوند مقاومت معادل برابر است با حاصلضرب مقاومت ها تقسیم بر حاصل جمع مقاومت ها.

با توجه به نتیجهٔ بدست آمده در فوق اگر دو مقاومت مساوی را با هم موازی کنیم مقاومت کل برابر است با:

$$R = \frac{R_1 \times R_1}{R_1+R_1} = \frac{R_1}{2}$$

یعنی مقاومت معادل برابر نصف هر کدام از مقاومتها است. بهمین ترتیب اگر 3, 4 یا n مقاومت مشابه را با هم موازی کنیم مقاومت معادل از تقسیم هر مقاومت بر تعداد مقاومت های موازی شده بدست میآید یعنی

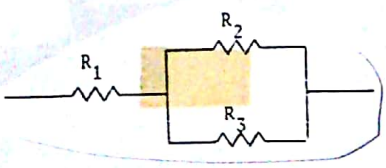
$$R = \frac{R_1}{n}$$

از نتایج فوق میتوان برای آسانتر و سریعتر حل کردن مسائل استفاده نمود.

اهم: یک ولت بر آمپر، یکای سنجش مقاومت در SI.

اتصال سری - موازی

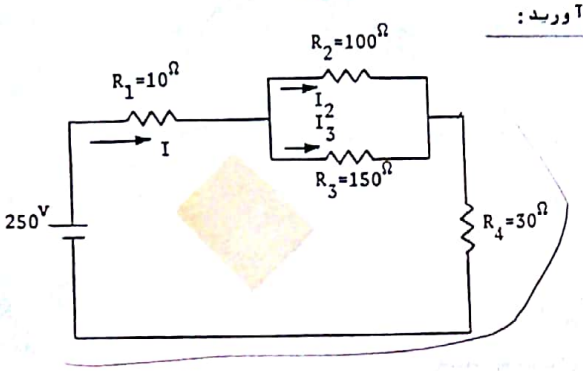
در حال کلی ممکن است در مدار چند مقاومت بطور مختلط قرار گیرند. در این حالت بعضی از مقاومت ها ممکن است موازی و بعضی با هم سری شوند مانند شکل زیر:



Scanned by CamScanner

دراین شکل مقاومت های R_2 و R_3 با هم موازی ومعادل ایندومقاومت با مقاومت R_1 بطور سری قرارگرفته اند .دراین حالت با بستی مقاومت معادل هرقسمت ازمداربا توجه به قوانین سری یا موازی مقاومت ها بطورجداگانه بدست آوردوسپس مقاومت معادل کل مدار را حساب نمود.

درشکل زیرجریان کل مداروهمچنین جریان درهرمقاومت را بدست آورید :



حل :ابتداء مقاومت معادل شاخه موازی یعنی مقاومت معادل R_2 و R_3 یا بعبارت دیگر مقاومت معادل بین A و B را پیدا می کنیم :

$$R_{AB}=\frac{R_2\times R_3}{R_2+R_3}=\frac{100\times150}{100+150}=60^\Omega$$

بنابراین مقاومت معادل کل برابراست با :

$$R=R_1+R_{AB}+R_4=10+60+30=100^\Omega$$

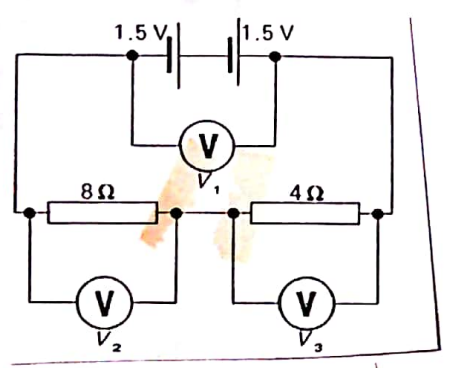
$$V=RI \Rightarrow 250=100\times I \Rightarrow I=2.5\ A$$

بنابراین جریان کل مداروبنیزجریان درمقاومتهای R_1 و R_4 برابر 2.5^A است امابرای پیداکردن جریان درهریک ازمقاومتهای R_2 و R_3 با بستی ابتداء ولتاژبین A و B را پیدا کرد.این ولتاژ از حاصلضرب مقاومت معادل بین A و B یعنی R_{AB} درجریان کل بدست میآید.

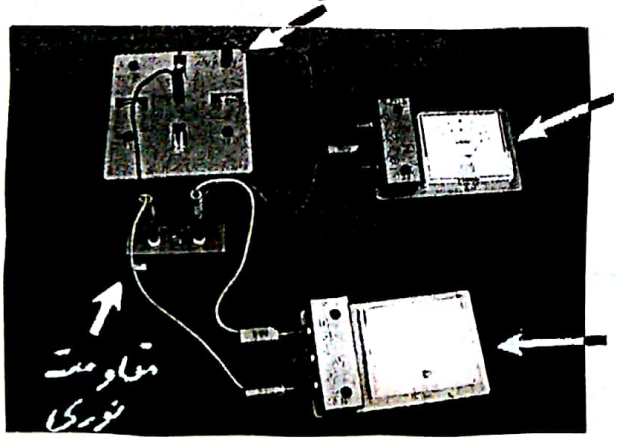
$$V_{AB}=R_{AB}\times I=60\times2.5=150^V$$

$$V_{AB}=R_2\times I_2 \Rightarrow 150=100\times I_2 \Rightarrow I_2=1.5^A$$

$$V_{AB}=R_3\times I_3 \Rightarrow 150=150\times I_3 \Rightarrow I_3=1^A$$



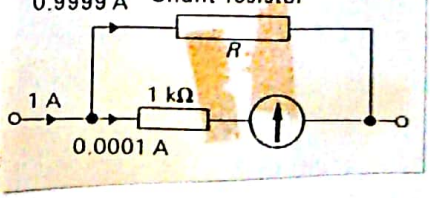
به نظر شما هر ولت متر چه عددی را نشان می دهد؟



چگونگی بررسی مقاومت نوری در یک مدار الکتریکی

با اضافه کردن چند مقاومت به یک میلی آمپرمتر بوجود آمده

مقاومت انحرافی

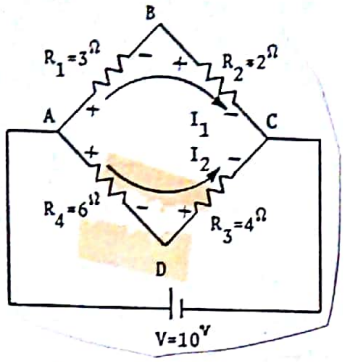


Scanned by CamScanner

پل وتستون

پل وتستون وسیله‌ایست که برای اندازه‌گیری اهم یک مقاومت مجهول بکار میرود. برای اینکه طرز کار آنرا بفهمیم ابتداء مثال زیررا درنظر می گیریم:

درشکل زیر ولتاژ بین B و D را پیدا کنید:



برای اینکه ولتاژ بین B و D را پیدا کنیم ابتداء ولتاژ B نسبت به C (V_{BC}) وسپس D نسبت به C (V_{DC}) را پیدا کرده وسپس از فرمول $V_{BD}=V_{BC}-V_{DC}$ ولتاژ V_{BD} را پیدا خواهیم کرد. اما برای پیدا کردن V_{BC} یا V_{DC} بایستی جریانهای I_1 و I_2 را محاسبه نمود.

داریم:

$$I_1=\frac{V}{R_1+R_2}=\frac{10}{3+2}=\frac{10}{5}=2^A$$

$$I_2=\frac{V}{R_4+R_3}=\frac{10}{6+4}=\frac{10}{10}=1^A$$

$$V_{BC}=R_2\ I_1=2\times2=4$$

$$V_{DC}=R_3\times I_2=4\times1=4$$

$$V_{BD}=V_{BC}-V_{DC}$$

$$V_{BD}=4-4=0$$

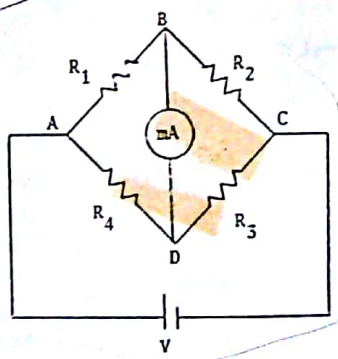
بنابراین نتیجه می گیریم که اختلاف ولتاژ بین نقاط B و D صفر است بنابراین اگر ما بین این دو نقطه یک ولتمتر قرار دهیم ولتاژ اندازه‌گیری شده برابر صفر بوده و نیز اگر یک مقاومت قرار دهیم جریانی در این مقاومت برابر صفر و همچنین اگر یک آمپرمتر قرار دهیم جریانی که آمپرمتر نشان میدهد برابر صفر میباشد. این موضوع بدین دلیل است که اگر دقت کنیم در چهار ضلعی ABCD روی شکل حاصلضرب مقاومت های اضلاع روبرو با هم برابر اند یعنی داریم:

$$R_1\times R_3=R_2\times R_4$$

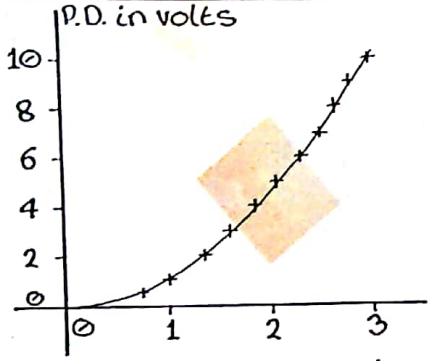
$$3\times4\ =\ 2\times6$$

بدیهی است چنانچه شرط فوق در مدار برقرار نباشد اختلاف پتانسیلی بین نقاط B و D خواهیم داشت.

پل وتستون مداری است نظیر شکل قبل که بین دو نقطه B و D یک میلی آمپرمتر با یک میلی ولت مترقرار گرفته باشد چنانچه شرط فوق یعنی $R_1R_3=R_2R_4$ در مدار برقرار باشد میلی آمپرمتر جریانی را نشان نخواهد داد ما چنانچه این شرط برقرار نباشد جریانی از آمپرمتر خواهد گذشت.



اختلاف پتانسیل به ولت



شدت جریان به آمپر

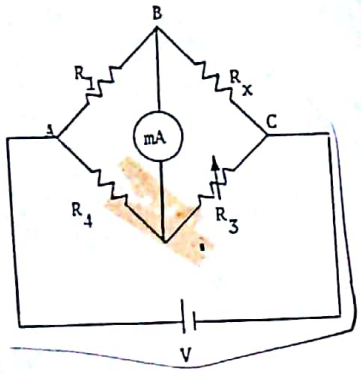
نمودار دقیق ولتاژ به جریان

از مقایسه این نمودار با نمودار تقریبی چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

وقتی میلی آمپرمتر جریانی را نشان ندهد گوییم پل در حال تعادل است.

Scanned by CamScanner

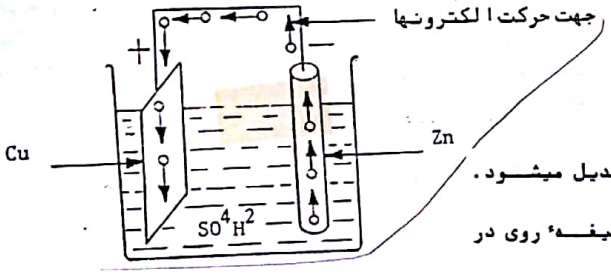
درعمل مقاومتی راکه اندازه ٔ اهم آن نا مشخص است (R_x) رابجای یکی ازمقاومتهای مدار مثلا" R_2 قرارداده وبجای مقاومت R_3 یک مقاومت متغیرقرارمیدهند.



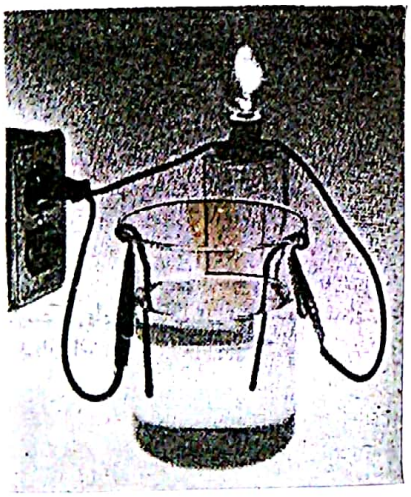
سپس با تغییرمقاومت متغیرکاری میکنندکه میلی آمپرمترجریان صفررانشان دهد. دراین حالت پل درحال تعادل بوده ورابطه ٔ $R_1 \times R_3 = R_4 \times R_x$ برقرارا ست . حال با معلوم بودن مقادیر R_1، R_4 و R_3 میتوان با استفاده ازرابطه ٔ فوق اندازه ٔ مقاومت R_x را پیدا نمود.

طرزکار پیل ولتا

مطابق شکل زیرچنانچه دریک ظرف مقداری محلول اسیدسولفوریک ریخته وسپس یک صفحه ٔ مسی ویک میله ٔ روی درآن قرارمیدهیم.



دراین حالت اسیدسولفوریک درآب یونیزه شده وبه H^+ و H^+ ($(SO^4)^{--}$ تبدیل میشود. (یعنی یون SO_4 دوالکترون زیادی وهراتم H یک الکترون کم دارد). حال تیغه ٔ روی در محلول اسیدسولفوریک حل شده وهراتم روی با بجاگذاشتن دوالکترون خوددرمیله ٔ روی وارد محلول شده وبا یون $(SO^4)^{--}$ ترکیب وتبدیل به سولفات روی SO^4Zn شده ودرظرف ته نشین میگردد. ضمنا "هرکدام ازیون های H^+ بطرف صفحه ٔ مسی رفته ،یک الکترون ازآن گرفته سپس بصورت ملکول ئیدروژن درآمده ودراطراف صفحه ٔ مسی بصورت حباب جمع میشوند. به این ترتیب میله ٔ روی که درآن زیادی الکترون بوجودآمده دارای بارمنفی وصفحه ٔ مسی که درآن کمبودالکترون بوجودآمده دارای بارمثبت میشوند. پس ازاینکه الکترونها روی میله ٔ روی به اندازه ٔ کافی جمع شوندبا ادامه ٔ خروج اتمهای روی ازآن مخالفت کرده وعمل متوقف میشود. حال چنانچه بوسیله یک سیم هادی میله ٔ روی راازخارج به صفحه ٔ مسی متصل نمائیم، الکترونهای میله ٔ روی شروع به حرکت بطرف صفحه ٔ مسی ازطریق این سیم را مینمایند. با خارج شدن دوالکترون ازمیله ٔ روی، دوباره یک اتم باین $(SO^4)^{--}$ ترکیب شده ودوالکترون دیگرروی میله ٔ روی بجا میگذارد. بنابراین عمل مبادله ٔ الکترون ازمیله ٔ روی به صفحه ٔ مسی ادامه مییابد. به این ترتیب عمل ترکیب شیمیایی باعث بوجودآمدن جریان دائم الکترون ها درسیم میگردد. دراین حالت میله ٔ روی راالکترود یا قطب منفی وصفحه ٔ مسی راالکترودیا قطب مثبت میگویند.



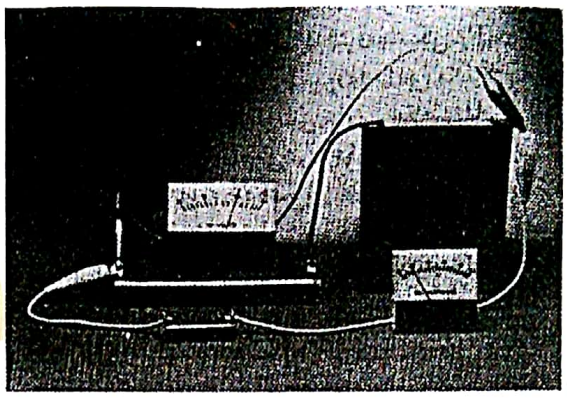
دستگاه ساده ای که بوسیله آن میتوان با آن مشاهده کرد. محلول سدیم کلرید درون ظرف بخشی از مدار است و لامپ را روشن می کند.

Scanned by CamScanner

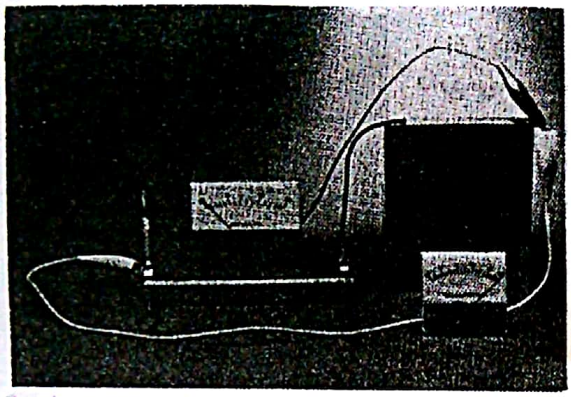
نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها

برای ایجاد جریان دائمی در مسیر یك رسانا، مسیر جریـان باید مسدود، یعنی **مدار کامل** باشد. در غیر این صورت باید بارهای الکتریکـی در دو سر مدار ذخیره شوند و میدان الکتریکی حاصله در درون رسانا با زمان تغییر کند و جریان نیز ثابت نخواهد بود.

اما چنین مدار بسته‌ای نمی‌تواند منحصراً از مقاومت تشکیل شود. جریـان در یك مقاومت نیـاز به وجود میدان الکتریکی و اختلاف پتانسیل نظیر آن دارد. میدان همیشه روی باری که درجهت کاهش پتانسیل حرکت می‌کند کار مثبت انجام می‌دهد. اما بار پس از یك دور کامل (مسدود) حرکت در مدار، به‌نقطهٔ شروع حرکت خود بـاز می‌گردد، و پتانسیل این نقطه می‌بایست برابر پتانسیل آن درموقعی که بار آن را ترك کرده است باشد.



یك باتری در مدار کامل. یك مقاومت و یك آمپرسنج به‌طورمتوالی در مدار قراردارند. آمپرسنج شدت‌جریانی را که‌ازمقاومت‌عبور می‌کند نشان می‌دهـد (در حدود ۲ آمپر) و ولت‌سنج اختلاف پتانسیل بین قطبهای باتری را (برابر ۱۵V) نشان می‌دهد. اختلاف پتانسیل بین دوقطب باتری از نیروی محرکهٔ الکتریکی آن کمتر است زیرا درداخل باتری افت ولتاژ وجود دارد.

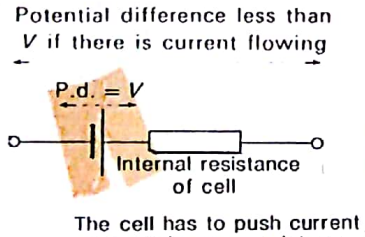


یك باتری که اتصال کـوتاه شده‌است. مقاومت آمپرسنج کم است، پس مدار مقاومت کم دارد. شدت جریـان بسیار زیـاد است (از حـدود درجه‌بندی آمپرسنج خـارج است). سقوط پتانسیل در داخـل باتری تقریباً برابر نیروی محرکهٔ الکتریکی است واختلاف پتانسیل دوسر مقاومت خارجی تقریباً صفر است.

اگر حرکت بار همواره در جهت کاهش پتانسیل باشد دور کامل زدن غیرممکن است.

این حرکت مسدود بار را می‌توان به حرکت آب در چشمه‌های تزئینی تشبیه کرد. آب از دهانهٔ چشمه (در بالا) خارج می‌شود، روی مسیر پلکانی پایین می‌آید و به مخزنی که در پایین است می‌رسد. در اینجـا پمپی آب را مجدداً به بالا برمی‌گرداند و بـرای بازگشت آماده می‌کند. بدون وجود پمپ آب قادر به دور زدن نیست.

پس در مسیر بار الکتریکی در مدار مسدود نیز باید جایی باشدکه بار «رو به بالا» برود، یعنی از پتانسیل پایین به پتانسیل بالا منتقل شود، که علیرغم واقعیت وجود میدان الکتروستاتیکی است، که بار را از پتانسیل بالا به پتانسیل پایین منتقل می‌کند. عاملی که باعث انتقال بار از پتانسیل کم به پتانسیل زیاد می‌شود **نیروی محرکهٔ الکتریکی** نامیده می‌شود. هـر مدار کاملی کـه در آن جریـان پیوستهٔ الکتریکی برقرار شود باید دارای دستگاهی باشدکه نیروی محرکهٔ لازم را تأمین کند. نیروی محرکهٔ الکتریکی را با emf نشان می‌دهند.



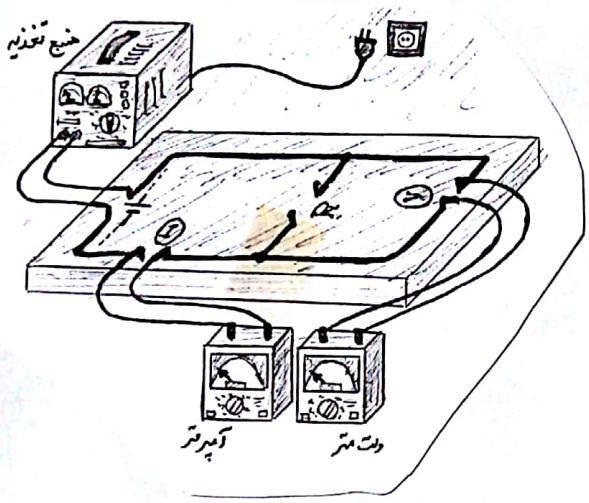
باتریهای سوختی، مولدهای الکتریکی، باتریهای خورشیدی، وترموکوپلها همگی نمونه‌هایی از منبعهای نیروی محرکه‌هستند. چنین وسایلی می‌توانند یکی ازشکلهای انرژی (مکانیکی، شیمیایی، گرمایی، و امثال آن) را به انرژی الکتریکی تبدیل و به مدار متصل به آن منتقل کنند. یك مولد نیروی محرکهٔ ایده‌آل، باید اختلاف پتانسیل ثابت و پیوسته‌ای را ایجاد کند، به‌طوری که تغییر جریان مصرفی بر آن تأثیر نگذارد. البته چنین مولدی حقیقتاً وجود ندارد و این تعریف نیز مانند تعریف گاز کامل، ویا سطح بـدون اصطکاك، ایده‌آل است. اما آشنایی بـا مدل ایده‌آل نیز در شناختن مدلهـای واقعی مفید است. ضمناً در باتری و پیل - پخش، که درنتیجهٔ تغییر غلظت الکترولیت حاصل از واکنشهای شیمیایی و انرژی پیدا می‌شود، عامل انتقال بـار از پتانسیل کم به پتانسیل زیـاد است. در ماشینهای وستاتیك نظیر وان‌دوگراف انرژی مکانیکی که صرف حرکت چرخ یا تسمه می‌شود انتقال الکترونها به پتانسیل بالاتر است.

اختلاف پتانسیل پیل کمتر از $\mathcal{E}$ است چون جریان از مقاومت داخلی پیل می‌گذرد

Scanned by CamScanner

آزمایش قانون اهم

در ابتدا مدار روبرو ساخته شده و لوازم مورد نیاز جهت انجام آزمایش به مدار متّصل می‌گردند، سپس مقاومتهای مختلف به ترتیب در محل مخصوص که با حرف R مشخّص شده قرار داده شده و اعدادی که ولت‌متر و آمپرمتر نمایش دادند ثبت گردید و در جدول زیر نگاشته شد، سپس برقراری قانون اهم در هر مورد آزمایش شد که تقریباً در تمام موارد قانون اهم در مورد مدار صدق می‌کرد:



مقاومت $R_{(\Omega)}$	500	1000	12 000	33 000
اختلاف پتانسیل $V_{(V)}$	12	6	12	110
شدّت جریان $I_{(A)}$	24 mA	6 mA	1 mA	4 mA
قانون اهم $\frac{V}{I}$	500	1000	12 000	27500 *

* خطای کوچکی در انجام آزمایش (غیرقابل اجتناب)

مقاومت $R_{(\Omega)}$	51 000	130 000	720 000	1100 000
اختلاف پتانسیل $V_{(V)}$	6	3	110	220
شدّت جریان $I_{(A)}$	0.1 mA	0.02 mA	0.2 mA	0.2 mA
قانون اهم $\frac{V}{I}$	60 000 *	150 000 *	550 000 *	1100 000

در پناه الطاف بی‌کران خداوندی موفق و مؤیّد و منصور و مسعود و پیروز باشید

سیّد مهدی موثّق

Scanned by CamScanner