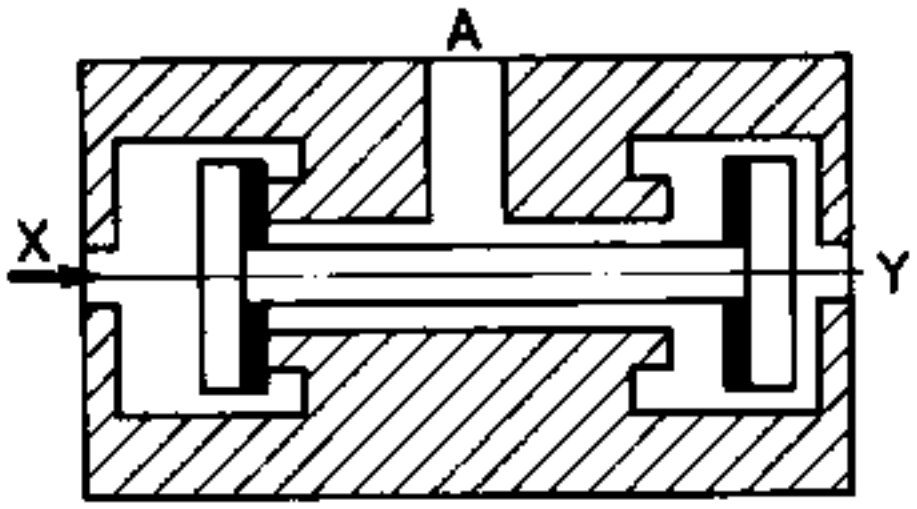
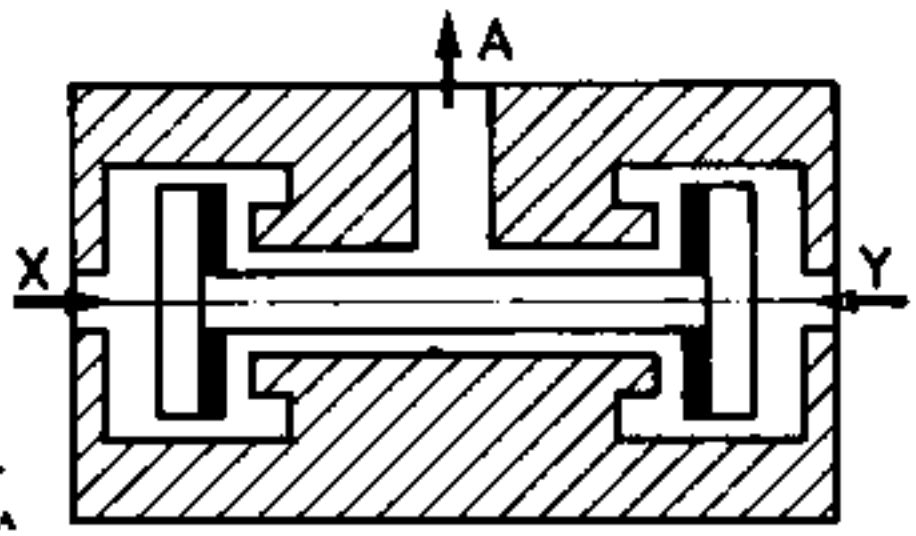
جهت مقابل داشته باشد. حال اگر به علتی فشار از یک جهت قطع گردد، فشار تغذیه شیر برابر صفر خواهد شد. بعبارت دیگر هوائی از مجرای A نخواهد گذشت.

اگر در حالتی خاص فشار هوای ورودی از دو مجرای X و Y برابر باشد، شیر از دو جهت بطور همزمان تغذیه میشود. البته چنین حالتی ندرتاً اتفاق می‌افتد.



(شکل ۱۶ ــ ۳) شیر دو فشاره (شیر وَ) در حالت کار نیفتاده



(شکل ۱۷ ــ ۳) شیر دو فشاره (شیر وَ) در حالت کار افتاده

مدارهای پنوماتیک

یک مدار پنوماتیک عبارت است از خط ارتباطی بین اجزاء مختلف که مجموعاً برای انجام عمل پنوماتیکی بخصوص بکار گرفته میشوند. بعبارت دیگر مسیری را که هوای فشرده از مخزن طی میکند تا موقعی که عمل پنوماتیکی خاصّی را انجام و سپس در فضا رها شود مدار پنوماتیک گویند که معمولاً دارای طرّاحی بسیار ساده‌ای میباشد. یک سیستم پنوماتیک ممکن است از چندین مدار مرتبط بهم تشکیل شده باشد.

در طرّاحی مدارهای پنوماتیکی در نظر داشتن امکانات کاری قطعات و ارتباط بین آنها و

بکارگیری قطعات حفاظتی بسیار حائز اهمیت است.

یک مدار پنوماتیک هر چه طرّاحی ساده‌تر، کارآئی کافی و تعداد شیر کنترل کمتری داشته باشد بهتر است. چون کنترل، مراقبت و تعمیرات آن احتیاج به تخصص کمتری داشته و اقتصادی‌تر است.

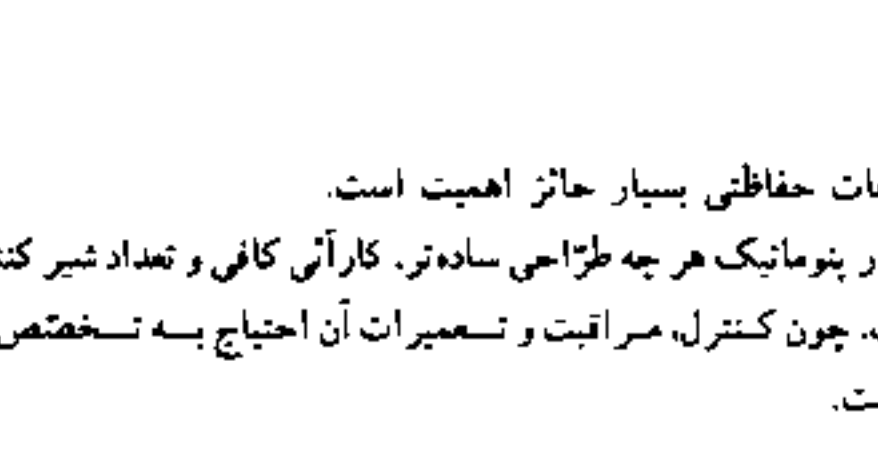
فرمان‌های پنوماتیک

با توجه به مزایای سیستمهای پنوماتیک، استفاده از آن موارد زیادی را شامل میشود. برای مثال سیستمهای کنترل حرکت سیلندر یکطرفه مورد بررسی قرار میگیرد.

الف ــ فرمان و کنترل سیلندر یکطرفه (یک کاره) بوسیله شیرهای نشستی ــ شیرهای تعیین مسیر بطور کلّی بر دو دسته‌اند: حالت کار نیفتاده باز و حالت کار نیفتاده بسته.

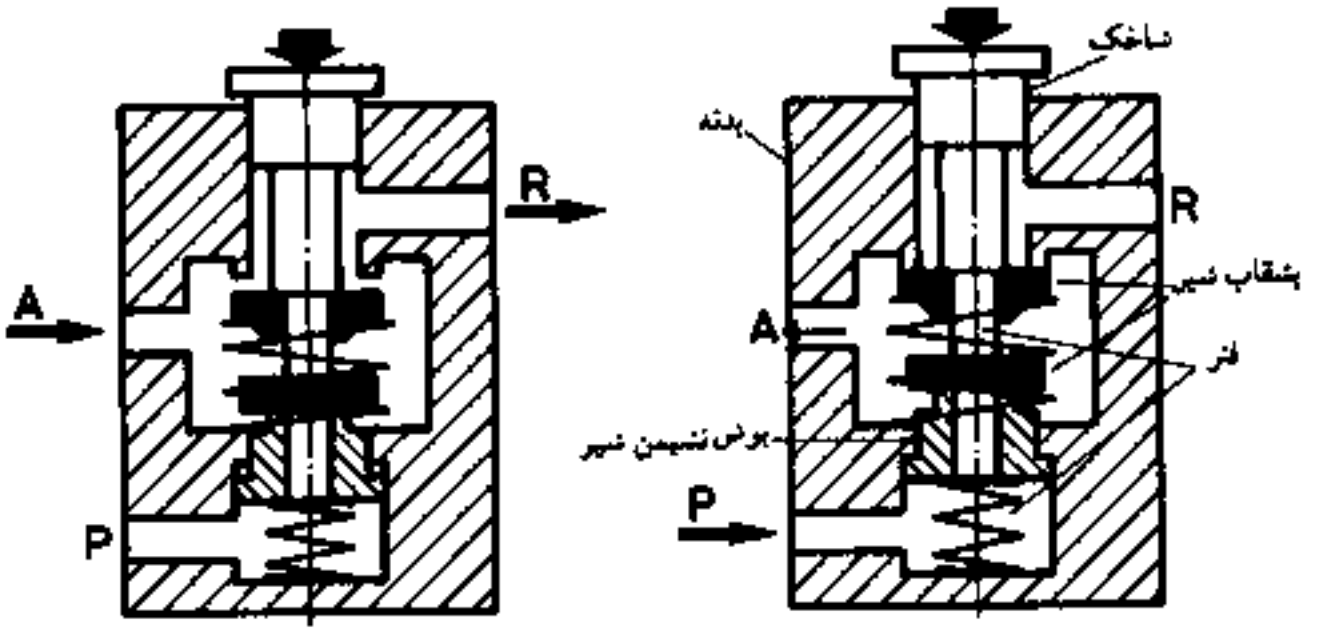
بنابراین، شیرهای نشستی نیز بر دو دسته‌اند: شیرهای نشستی با حالت کار نیفتادهٔ باز و شیرهای نشستی با حالت کار نیفتادهٔ بسته.

چنانچه سیلندر یک کاره در محلّی مورد استفاده قرار گیرد که حین کار لازم باشد دسته پیستون مدّت طولانی خارج مانده و زمان کوتاهی به داخل برگردد، مانند سیلندر کنترل گیرهٔ پنوماتیک، باید از شیرهای با حالت کار نیفتادهٔ باز استفاده شود.



(شکل ۱۸ ــ ۳) گیره پنوماتیک و سیلندر و پیستون مربوطه

در حالت کار نیفتادهٔ شیر، هوای فشرده از طریق P→A به جلو پیستون وارد، پیستون را به سمت راست رانده، دنبالهٔ پیستون کار را بین خود و فک دیگر گیره فشرده و نگهمیدارد. با فشار دادن شاخک به داخل بدنه، فنر فشاری که بشقابهای شیر را بالا نگهداشته، جمع شده ابتدا بشقاب پائینی مجرای بوش‌نشیمن که بین P و A قرار گرفته را مسدود و جریان هوا را از طریق P→A قطع مینماید و سپس بشقاب بالائی به سمت پائین آمده بین مجرای A و R ارتباط برقرار شده هوای جلو پیستون که فشار زیادی نسبت به آتمسفر دارد از طریق A→R به خارج از سیستم تخلیه میشود و پیستون در اثر نیروی فنر سمت دسته پیستون، به سمت چپ حرکت نموده کار را

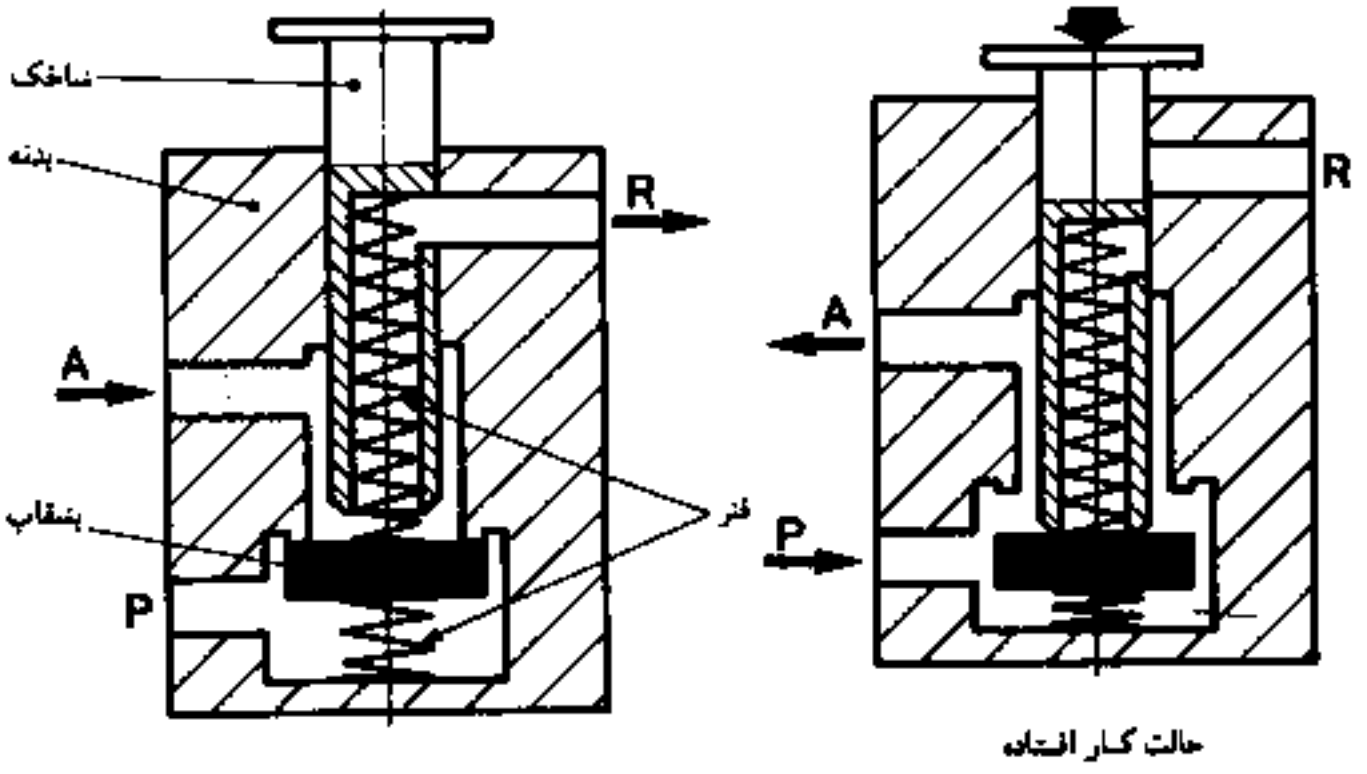


(شکل ۱۹ ـ ۳) شیر نشستی با حالت کار نیفتادهٔ باز

رها میـــازد.

شیرهای نشستی با حالت کار نیفتادهٔ بسته، موقعی مورد استفاده قرار میگیرند که مدت زمان بسته بودن شیر طولانی و زمان باز بودن آن کوتاه باشد. مـانند: بـیرون انـــدازهای پـــنوماتیکی در قالبهای سمبه و ماتریس.

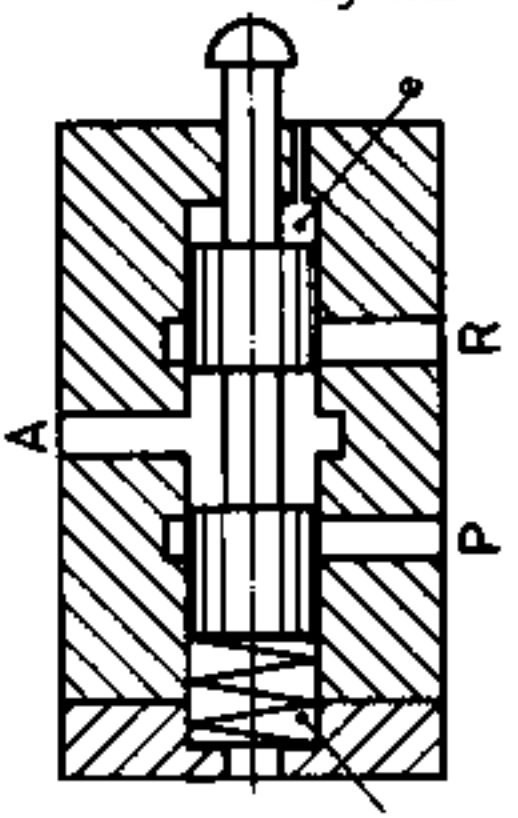
در حالت کار نیفتادهٔ شیر، بشقاب شیر در اثر فشار فنر زیر آن و فشار هوای فشردهٔ مـرتبط



(شکل ۲۰ ــ ۳) شیر نشستی با حالت کار نیفتادهٔ بسته

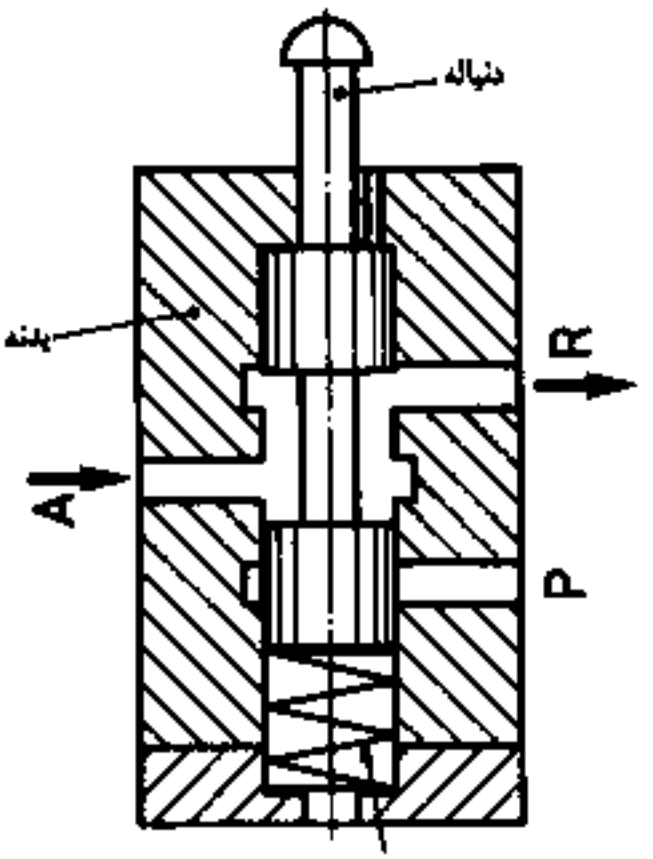
به مجرای P رابطهٔ بین P و A را قطع و مجرای A را که به جلو پیستون مربوط است به مجرای خروجی R مرتبط میسازد. در حالت کار افتادهٔ شیر یعنی موقعی که شاخک به پائین رانده شده، شاخک ابتدا مسیر خروجی R را بسته سپس بشقاب شیر را به پائین رانده مجرای A را به P مرتبط ساخته هوای فشرده از این طریق به جلو پیستون هدایت میشود. با ورود هوای فشرده به جلو پیستون دنبالهٔ پیستون از سیلندر به خارج رانده شده باعث انجام کار مورد نظر میشود.

ب ــ فرمان و کنترل سیلندر یکطرفه بوسیلهٔ شیرهای کنتوئی (راه دهنده) ــ در مدارهای فرمانی که شرح آنها گذشت به جای شیرهای نشستی از شیرهای راه‌دهنده نیز میتوان استفاده کرد.

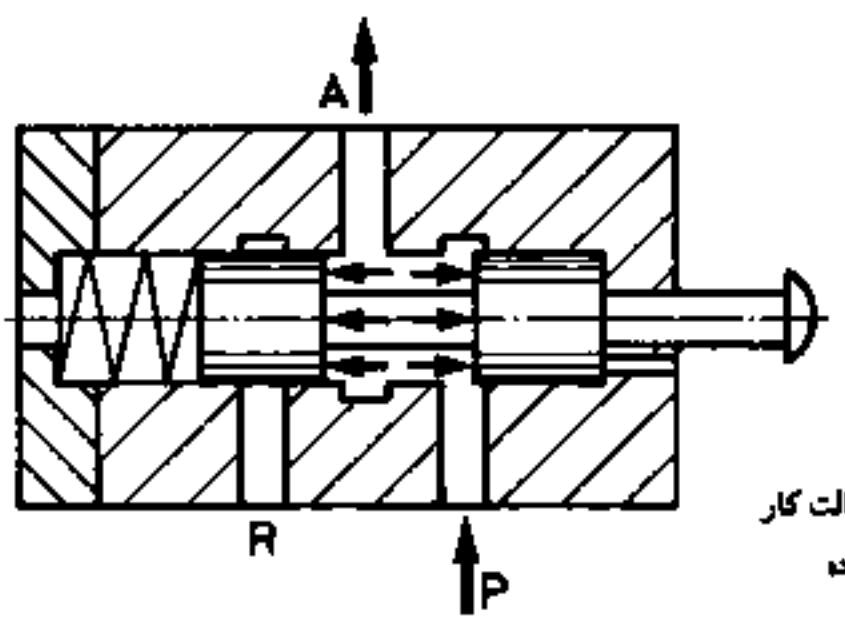


حالت کار افتاده

(شکل ۲۱ ــ ۳) شیر راه دهنده با حالت کار نیفتادهٔ بسته



حالت کار نیفتاده



(شکل ۲۲ ــ ۳) شیر راه‌دهنده با حالت کار نیفتادهٔ باز در حالت کار نیفتاده

در حالت کار نیفتادهٔ شیر، مسیر P به A بسته است. با فشار دادن دنبالهٔ قطعهٔ راه‌دهنده به داخل ابتدا مسیر خروجی R بسته شده، سپس مجرای P باز و به A مرتبط میگردد. با ارتباط مجرای P به A هوای فشرده از این طریق به جلو پیستون هدایت و آنرا کاراندازی میکند.

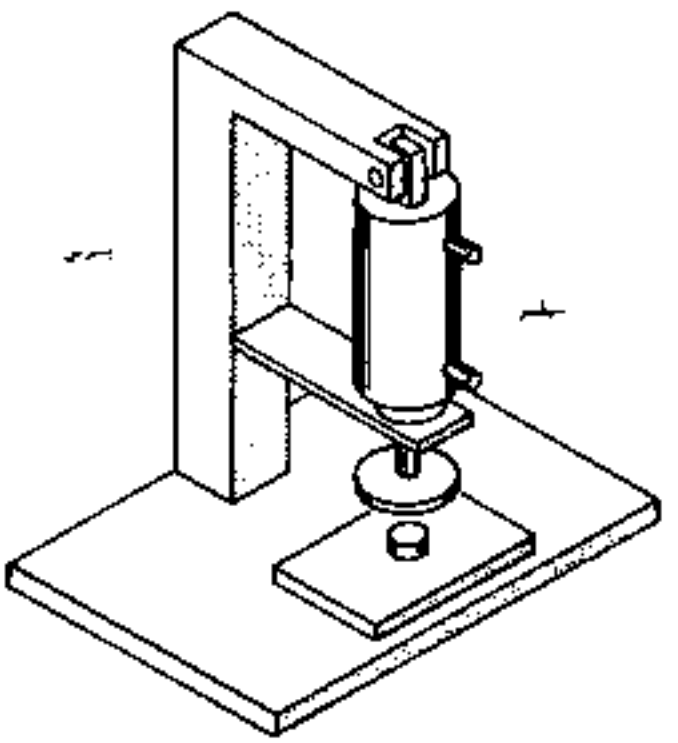
از شیر کشوئی با حالت کار نیفتاده بسته برای مداری که احتیاج به شیر کشوئی با حالت کار نیفتادهٔ باز دارد نیز میتوان استفاده کرد. برای اینکار باید لوله‌های مربوط به مجرای P و R را با هم تعویض کنیم. بعبارت دیگر خروجی و ورودی عکس شیر قبلی میشود.

علائم اختصاری در پنوماتیک

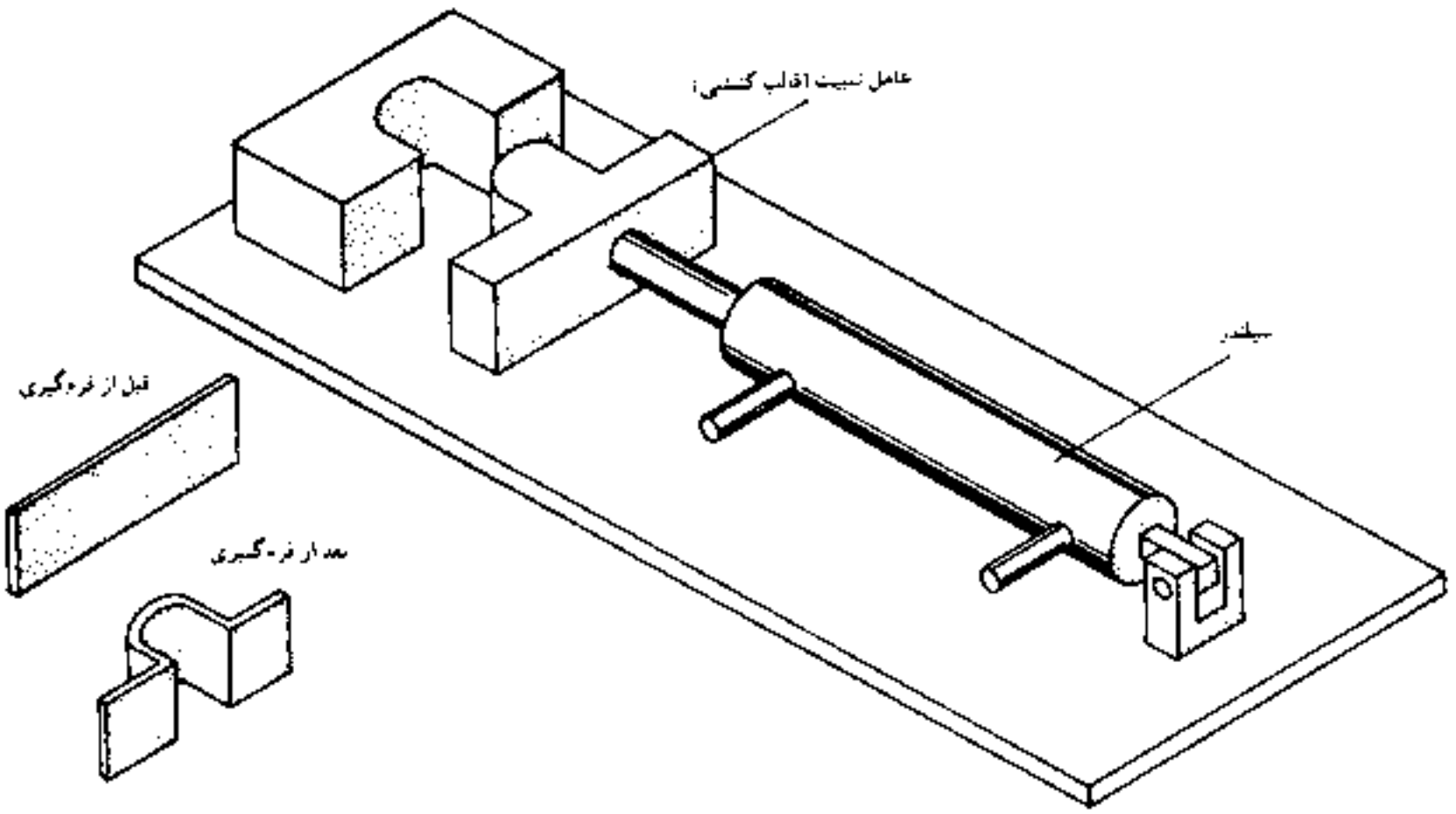
علائم اختصاری جهت ترسیم مدارهای پنوماتیک در اغلب موارد همان علائم گفته شده در بحث هیدرولیک است. در بعضی موارد نیز تفاوت جزئی دارند مانند مخزن تحت فشار که در هیدرولیک به شکل ⬯ و در پنوماتیک به شکل ⬭ نشان داده میشود و در تجهیزات هیدرولیکی که در علائم آنها از ▼ استفاده شده، در علامت پنوماتیکی از ▽ استفاده میشود.

مثل:

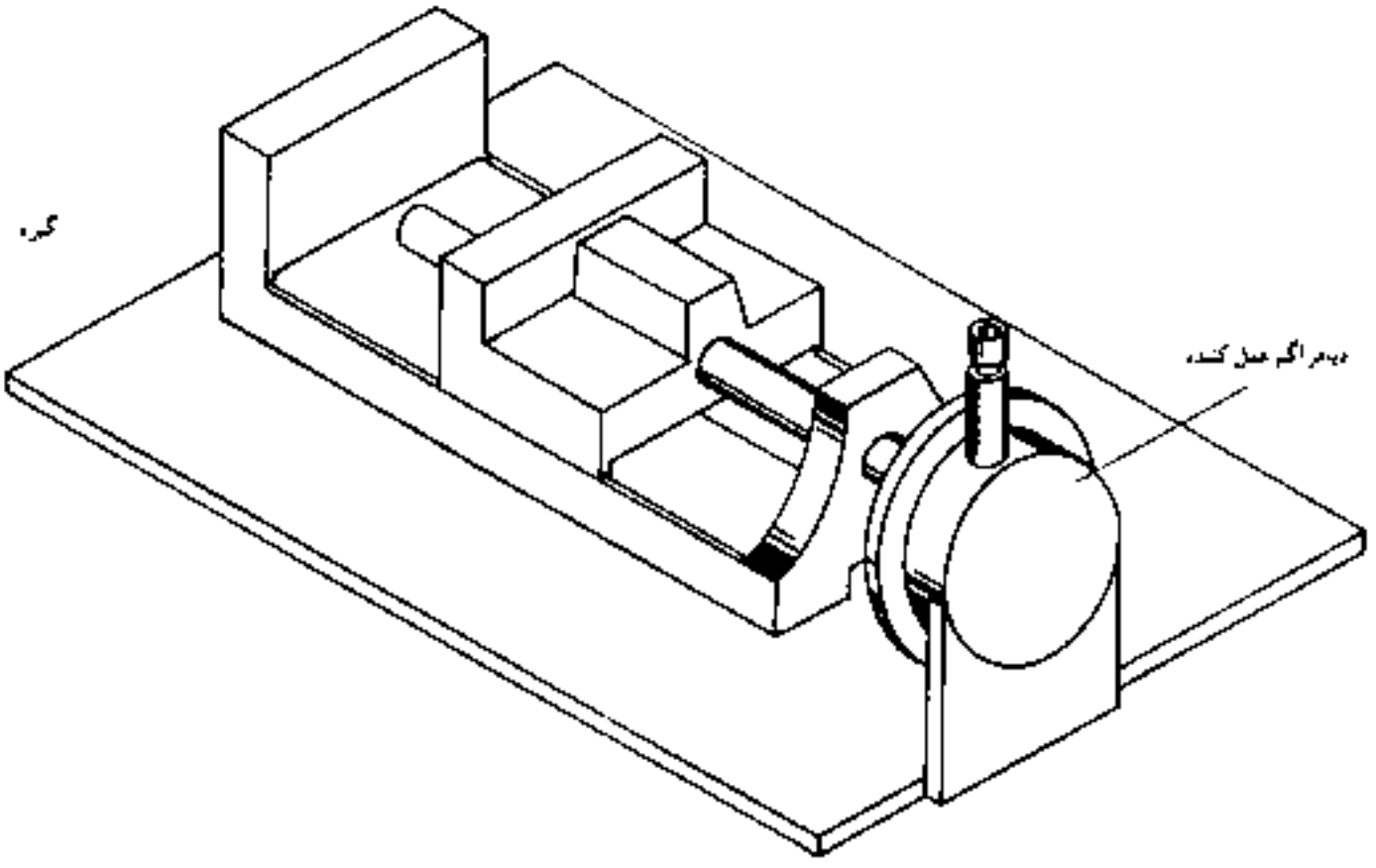
در اشکال بعد تعدادی از موارد استفادهٔ پنوماتیک نشان داده شده است:



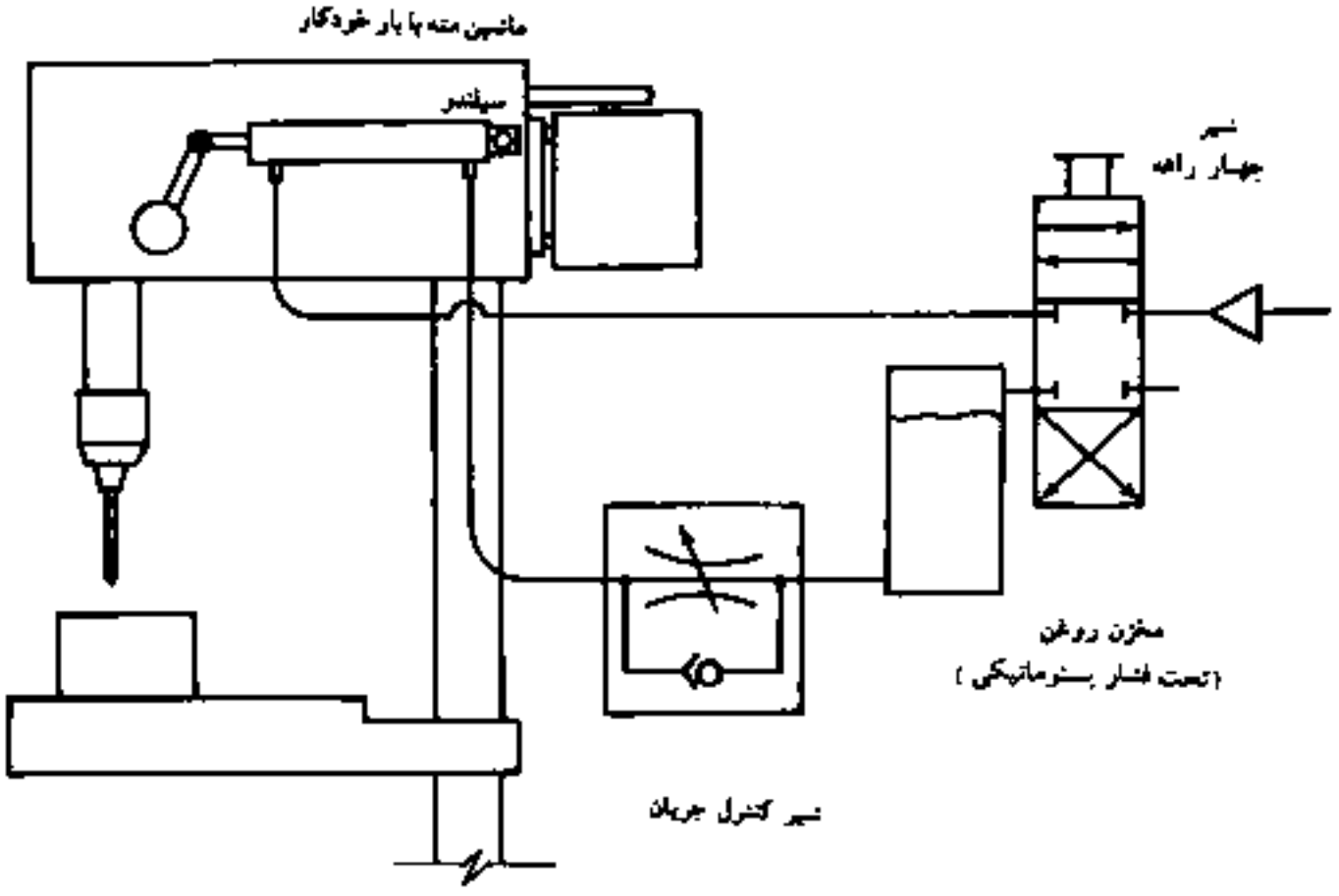
(شکل ۳۳ــ۳)



(شکل ۲۴ ــ ۳)



(شکل ۲۵ ــ ۳)


ماشین مته با بار خودکار
سیلندر
شیر
چهار راهه
مخزن روغن
(تحت فشار پنوماتیکی)
شیر کنترل جریان

(شکل ۲۶ ـ ۳)

فصل چهارم

الکتروتکنیک

ساختمان یک اتم تشکیل شده از تعدادی نوترون، پروتون و الکترون. نوترونها دارای بار خنثی، پروتونها دارای بار مثبت و الکترونها دارای بار منفی هستند. نوترونها و پروتونها بصورت توده‌ای متمرکز هستهٔ اتم را تشکیل میدهند و الکترونها در روی مدار یا مداراتی با سرعت بدور هسته گردش می‌نمایند.

الکترونهای در حال گردش تحت تأثیر نیروهای مختلفی هستند که اهمّ آن عبارتند از:

الف ــ نیروی دافعهٔ بین الکترون با الکترونهای دیگر (چون از نظر بار الکتریکی همنام هستند)، که به علت فاصلهٔ نسبتاً زیادی که الکترونها از یکدیگر دارند این نیرو مقدار ناچیزی خواهد بود.

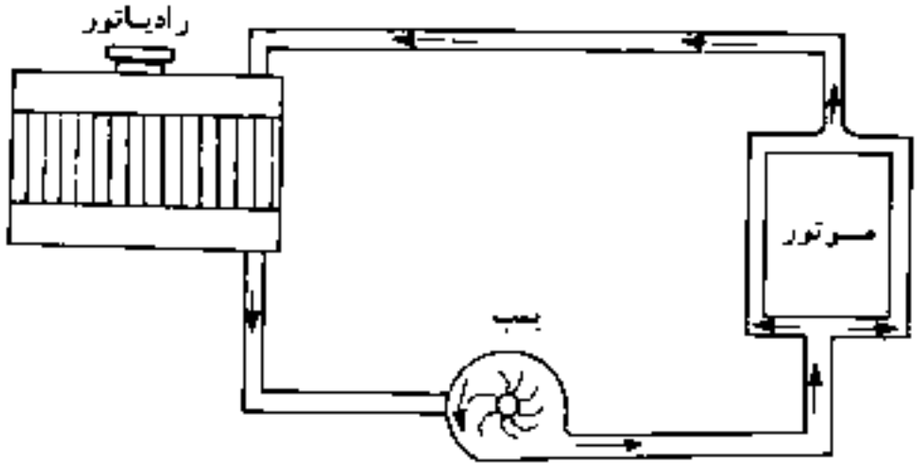
ب ــ نیروی جاذبهٔ بین الکترون و هسته (چون از نظر بار الکتریکی غیرهمنام هستند). این نیرو از نظر مقدار رابطهٔ عکس با فاصلهٔ الکترون تا هسته دارد. بنابراین بیشترین نیروی جاذبه بر روی الکترونهای مدار مجاور هسته و کمترین نیروی جاذبه بر الکترونهای مدار خارجی اتم (مدار والانس) وارد میآید.

پ ــ نیروی گریز از مرکز حاصل از چرخش الکترون به دور هسته. این نیرو رابطهٔ مستقیم با فاصلهٔ هر الکترون تا هسته دارد. بنابراین بیشترین نیروی گریز از مرکز به الکترونهای مدار خارجی و کمترین نیروی گریز از مرکز بر الکترونهای مدار مجاور هسته وارد میآید.

نیروهای وارد بر یک الکترون در حالت عادّی در حال تعادلند و الکترون در روی مدار خود با حرکت یکنواخت بدور هسته گردش میکند. چنانچه انرژی کافی به الکترونی داده شود مدار خود را ترک و به مدار بالاتر خواهد رفت. بنابراین در صورت رسیدن انرژی خارجی کافی الکترونهای مدار خارجی که مدار بالاتری ندارند آزاد خواهند شد. البته با اینکه یک اتم ممکن است از یک تا ۹۲ الکترون داشته باشد عملاً بیش از یک الکترون آزاد نمی‌نماید. الکتریسیته عبارت است از آزاد شدن الکترونهای یک جسم و حرکت آنها در جسم مذکور.

یک سیستم خنک‌کنندهٔ موتور اتومبیلی را در نظر بگیرید. آب در یک مسیر بسته حرکت نموده موتور را سرد مینماید. در حالت کار نیفتادهٔ پمپ حرکتی درون مسیر مشاهده نمی‌شود.

با کار اندازی پمپ آب درون آن به سمت موتور رانده شده و بالعکس از سمت رادیاتور به



(شکل ۱ ـ ۴ سیستم خنک کنندهٔ اتومبیل در حالت کار افتاده

درون پمپ مکیده میشود. این عمل باعث تراکم (فشار) در دهانهٔ خروجی پمپ و مکش (خلأ) در دهانهٔ ورودی پمپ میگردد. اختلاف فشار بین این دو نقطه باعث جریان آب از دهانهٔ مکش به سمت دهانهٔ فشار، و بعبارت دیگر باعث جریان آب در مدار خنک کننده میگردد. آزاد نمودن و به حرکت در آوردن الکترونها درون مدار الکتریکی نیز کاملاً شبیه حرکت مولکولهای آب در مدار خنک کننده است و احتیاج به عاملی خارجی دارد که مانند پمپ اختلاف فشاری در مدار الکتریکی ایجاد نماید تا الکترونها در مدار به حرکت در آمده و بعبارت دیگر جریان الکتریکی بوجود آید.

شدت جریان الکتریکی

مقدار الکتریسیتهٔ ایجاد شده در یک مدار رابطهٔ مستقیم با تعداد الکترونهای آزاد و حرکت آنها در مدار دارد. بنابراین شدت جریان الکتریکی متناسب است با تعداد الکترونهائی که در واحد زمان (ثانیه) از مدار عبور نماید.

مقدار الکتریسیته با واحدی بنام کولن سنجیده میشود. هر کولن الکتریسیته معادل $۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}$ الکترون است. واحد شدت جریان آمپر و هر آمپر مساوی عبور یک کولن الکتریسیته از یک نقطهٔ مدار در مدت یک ثانیه میباشد. اجزاء این واحد، میکروآمپر (یک میلیونیم آمپر)، میلی آمپر (یکهزارم آمپر) و اضعاف آن، کیلو آمپر (هزار آمپر) و مگا آمپر (یک میلیون آمپر) میباشد. برای واحد شدت جریان (آمپر) تعاریف دیگری نیز شده است که منتجّه‌ای از آثار ظاهری الکتریسیته است ولی از نظر مقدار با تعریف قبلی برابر هستند. مثلاً:

هر گاه دو سیم با طول بی نهایت و با فاصلهٔ یکمتر در خلأ قرار گرفته باشند و جریانهای مساوی از آنها بگذرد و نیروئی معادل ۲×۱۰^{-۷} نیوتن بر هم وارد کنند شدت جریان عبوری از هر یک مساوی یک آمپر خواهد بود. که این تعریف با توجه به آثار مغناطیسی جریان بوده و تعریف

دیگر که با توجه به آثار شیمیائی جریان بیان شده عبارت است از:

شدت جریانی که در مدّت یک ثانیه بتواند ۱/۱۱۸ میلیگرم نقره را از محلول نیترات نقره جدا کند مساوی یک آمپر میباشد.

اختلاف سطح یا فشار الکتریکی

چنانکه گفته شد الکتریسیته عبارت است از جریان الکترونها در مدار و عامل این حرکت اختلاف سطح یا فشار الکتریکی میباشد. چون اختلاف سطح رابطهٔ مستقیم با توان مصرفی مدار دارد. میتوان واحد آنرا بر حسب واحد توان الکتریکی نیز تعریف کرد، بدینصورت که:

یک ولت (V) اختلاف سطحی (U) است که با شدت جریان (I) یک آمپر (A) بتواند توانی (P) برابر یک وات (W) تولید کند. رابطهٔ بین این سه عامل و واحدهای مربوطه بشکل ذیل است:

$$P = U \times I$$

$$1W = 1V \times 1A$$

مقاومتهای الکتریکی

اجسامی که در هنگام عبور جریان برق از آنها حرکت الکترونها را آرام نموده و در مقابل جریان مانع ایجاد نمایند مقاومت الکتریکی خوانده میشوند. از این اجسام برای تنظیم و کم کردن جریان و در وسائل حرارتی برای ایجاد حرارت استفاده میشود.

منبع آبی با فشار معیّن را در نظر بگیریم که دو قطعه لولهٔ هم قطر ولی با طولهای نامساوی به آن مرتبط باشد. با آزمایشی دقیق معلوم میشود در مدّت زمان معیّن مقدار آب عبوری از لولهٔ بلندتر کمتر از لولهٔ کوتاهتر است (علت این امر اصطکاک آب با جدارهٔ لوله در طول بیشتر است).

در آزمایشی دیگر طول لوله‌ها را مساوی ولی قطر آنها را نامساوی انتخاب میکنیم. مشاهده میشود مقدار آب عبوری از لولهٔ با قطر بزرگتر در زمان معین بیشتر از لولهٔ کم قطر است (علت این امر وسیع بودن مسیر و راحتی عبور آب است). نتیجه اینکه هر چه طول لوله بلندتر و قطر آن کمتر باشد مسیر آب را بیشتر سد مینماید. عبور الکتریسیته از مدار نیز همین حالت را دارد یعنی مقدار مقاومت یک سیم حامل جریان رابطهٔ مستقیم با طول سیم و رابطهٔ عکس با سطح مقطع آن دارد. چنانچه مقاومت را با R و طول سیم را با L و سطح مقطع آن را با A نمایش دهیم، داریم:

$$R \propto \frac{L}{A}$$

با در نظر گرفتن a بعنوان ضریب تناسب:

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

چنانچه چند قطعه سیم با طول و مقطع مساوی ولی از جنسهای مختلف انتخاب و مقاومت آنها را اندازه بگیریم مشاهده میشود که دارای مقاومت یکسان نیستند. بعبارت دیگر مقاومت یک جسم علاوه بر طول و سطح مقطع به جنس آن نیز بستگی دارد. این عامل (جنس مقاومت) از طریق ضریب تناسب a در رابطهٔ R وارد میشود. مقاومت سیمی بطول یک متر و سطح مقطع یک میلیمتر مربع از هر جنس را مقاومت مخصوص آن جنس گویند و با ρ نمایش میدهند.

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

در این رابطه ρ بر حسب $\frac{\Omega mm^2}{m}$ و L بر حسب m و A بر حسب mm^2 و نتیجتاً R بر حسب اُهم (Ω) خواهد بود.

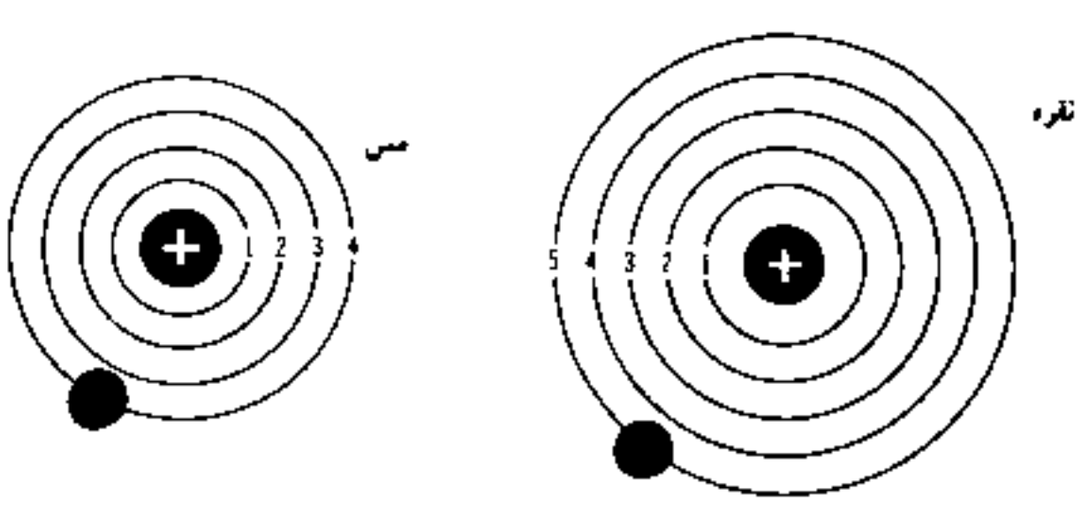
یک اهم مقاومت سیمی است که اگر به اختلاف سطح یک ولت متصل شود شدت جریان یک آمپر از آن عبور کند.

عامل دیگری که در مقدار مقاومت دخالت دارد، حرارت است. مقدار مقاومت رابطهٔ مستقیم با حرارت دارد. این عامل به صورت ضریب حرارتی مقاومت (α) در محاسبات دخالت میکند. در اثر گرم کردن مقاومتی یک اهمی باندازهٔ یکدرجهٔ سانتیگراد مقداری به مقاومت افزوده میشود. این مقدار ضریب حرارتی جنس آن مقاومت میباشد.

مقاومت مخصوص و ضریب حرارتی بعضی از اجسام

جنس	ρ	α	جنس	ρ	α
نقره	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۳۶	فولاد	۰/۱۳	۰/۰۰۴۵
مس	۰/۰۱۷۸۵	۰/۰۰۳۹	نیکل	۰/۴	۰/۰۰۵
آلومینیوم	۰/۰۲۸۵	۰/۰۰۳۸	کنستانتال	۰/۵	۰/۰۰۰۰۱۵
ولفرام	۰/۰۵	۰/۰۰۴	جیوه	۰/۹۴	۰/۰۰۰۹

هادی، نیمه هادی، عایق ــ میدانیم الکتریسیته عبارت است از جدا شدن الکترون از مدار خارجی (مدار والانس) اتمهای جسم و حرکت آنها در مدار. حداکثر تعداد الکترونهای مدار خارجی اتمها، هشت الکترون است که این تعداد در عناصر مختلف متفاوت است. انرژی رسیده به مدار خارجی برای جدا نمودن الکترون بین الکترونهای مدار خارجی تقسیم میشود. بنابر این هر چه تعداد الکترونهای مدار خارجی بیشتر باشد سهم انرژی هر الکترون کمتر و هر چه تعداد الکترونهای مدار خارجی کمتر باشد سهم انرژی هر الکترون بیشتر خواهد شد. به عبارت دیگر هر چه تعداد الکترونهای مدار خارجی اتمهای یک جسم بیشتر باشد جدا نمودن الکترون مشکلتر و امکان ایجاد جریان الکتریکی کمتر است و بالعکس هر چه تعداد الکترونهای مدار خارجی اتمهای یک جسم کمتر باشد جدانمودن الکترون راحتتر و امکان ایجاد جریان الکتریکی بیشتر



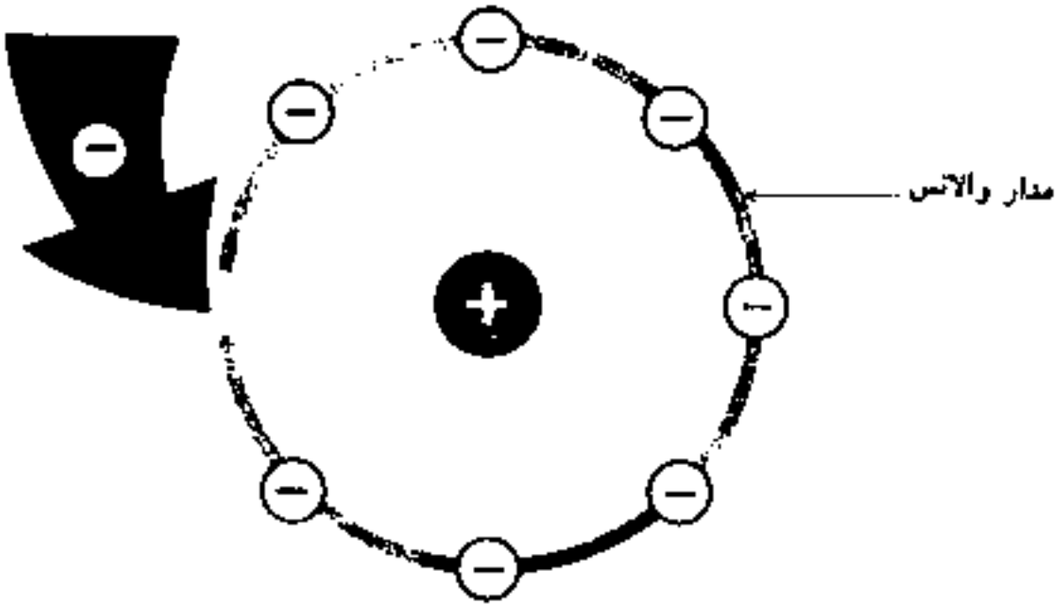
(شکل ۲ ــ ۴) اتمهائی که فقط یک الکترون در مدار خارجی دارند هادی‌های خوبی هستند

خواهد شد. ثانیاً از نظر شیمیائی هر اتم سعی مینماید از طریقه مبادلهٔ الکترون مدار خارجی خود را تکمیل کند بدینطریق که اتمهای با تعداد کمتر از چهار الکترون در مدار خارجی تمایل به از دست دادن الکترون و اتمهای با تعداد بیش از چهار الکترون در مدار خارجی تمایل به گرفتن الکترون دارند. نتیجه اینکه اجسامی که اتمهایشان کمتر از ۴ الکترون در مدار خارجی دارند براحتی الکترون آزاد نموده و جریان را از خود عبور میدهند. اینگونه اجسام را هادی الکتریسیته گویند و بهترین هادیها آنهائی هستند که اتمهایشان در مدار خارجی خود فقط یک الکترون داشته باشند. مانند: طلا، نقره و مس.

اجسامی که اتمهایشان بیش از ۴ الکترون در مدار خارجی خود دارند به سختی الکترون آزاد مینمایند. چنین اجسامی جریان الکتریسیته را به سختی از خود عبور میدهند بدینجهت آنها را عایق الکتریکی گویند. هر چه الکترونهای مدار خارجی اتمهای جسمی بیشتر باشد عایق بهتری خواهد بود. عناصری هستند که در مدار خارجی دارای ۸ الکترون هستند مانند هلیوم، نئون، آرگون..... ولی همهٔ آنها بصورت گاز هستند. بنابراین بهترین عایقها آنهائی هستند که ۷ الکترون در مدار خارجی خود دارند. از عایقهای خوب میتوان شیشه، لاستیک، لاک، سرامیک و میکا را نام برد.

اجسامی که اتمهایشان ۴ الکترون در مدار خارجی خود دارند از نظر هدایت الکتریکی بهتر از عایقها و پائینتر از هادیها قراردارند. چنین اجسامی دردرجه‌حرارت صفرمطلق (-۲۷۳°C) الکترونهای مدار خارجی خود را به اشتراک گذاشته، مدار خارجی خود را تکمیل و عایق بسیار خوبی هستند. هر چه حرارت از صفر مطلق بالاتر باشد انرژی حرارتی محیط باعث آزاد شدن تعدادی از الکترونهای آنها شده، خاصیت هدایت الکتریکی آنها افزایش یافته و بعنوان یک نیمه هادی عمل میکنند. وجود بعضی ناخالصیها در این اجسام در افزایش هدایت الکتریکی به آنها کمک میکند. بنابراین برای استفاده از این اجسام بعنوان نیمه هادی و یکسو کنندهٔ جریان، آنها را

اتمی که مدار آخرش دارای بیش از نصف ولی کمتر از ۸ الکترون است
تمایل دارد که الکترونهای مدار آخر خود را به ۸ برساند.

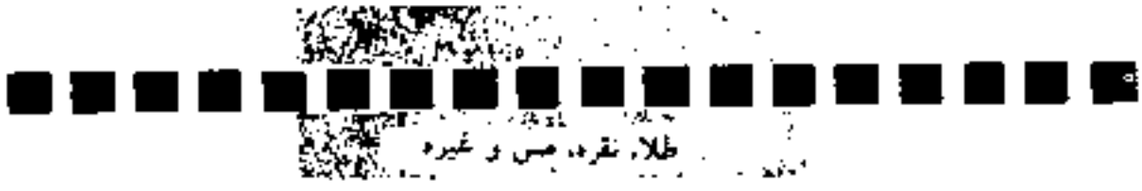


(شکل ۳ ــ ۴) این اتمها عایقهای خوبی هستند زیرا آزاد کردن الکترون از لایه والانس آنها بسیار مشکل است

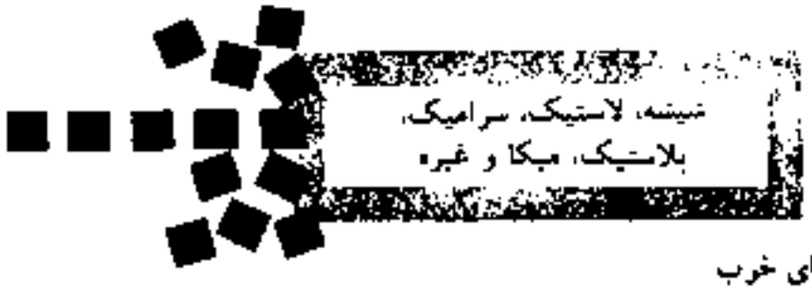
همراه با مقداری ناخالصی بکار میبرند. چنانچه استفاده از آنها بعنوان عایق مورد نظر باشد بایستی آنها را بصورت خالص و در مکانهائی که کمتر تحت اثر حرارت هستند بکار برد.

بعضی از نیمه هادیهای خوب عبارتند از سیلیکن، ژرمانیم، اکسید مس و....

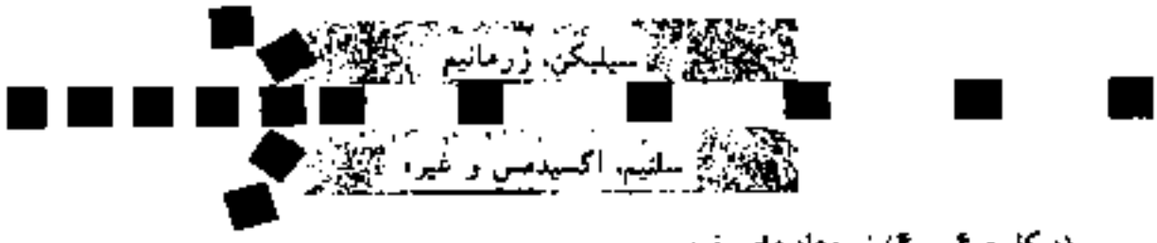
شکل a.b.c ــ ۴ حالت عبور الکترونها را در اجسام هادی، عایق و نیمه هادی نشان میدهد.



(شکل a ۴ ــ ۴) هادی‌های خوب



(شکل b ۴ ــ ۴) عایقهای خوب



(شکل c ۴ ــ ۴) نیمه‌هادیهای خوب

نیروی نگهدارندهٔ الکترونها در مدار مربوطه بینهایت نیست. بنابراین چنانچه انرژی برای عبور جریان از عایق به حدّ کافی برسد الکترونها از مدار خارج شده جریان الکتریکی برقرار میشود. در اینصورت میگویند عایق از نظر الکتریکی شکسته است. نتیجهٔ کلی مطالب فوق چنین میشود که:

اجسامی را هادی گوئیم که جریان الکتریکی را براحتی از خود عبور دهند و مقاومت چندانی از خود نشان نمیدهند. از این اجسام برای مسیر جریان الکتریکی استفاده میشود.

اجسامی را عایق گوئیم که جریان الکتریکی را از خود عبور نمیدهند. از این اجسام برای محدود کردن مسیر جریان الکتریکی استفاده میشود.

اجسامی را نیمه هادی گوئیم که بین اجسام هادی و عایق قرار گرفته باشند. اینگونه اجسام گاهی بصورت هادی نسبی و گاهی بصورت عایق عمل مینمایند. اگر آنها را همراه با مقداری ناخالصی بکار بریم نقش یک نیمه هادی و یکسو کنندهٔ جریان را در مدار خواهند داشت و چنانچه از آنها بصورت خالص و در مکانهائی که زیاد تحت تأثیر حرارت نیستند استفاده شود بصورت عایق عمل مینمایند.

روشهای تولید الکتریسیته

گفته شد الکتریسیته عبارت است از حرکت الکترونهای آزاد در جسم بر اثر بالا رفتن انرژی الکترونهای مدار خارجی اتمهای آن.

بالا بردن سطح انرژی الکترونهای مذکور احتیاج به عاملی خارجی دارد. این عامل به یکی از روشهای ششگانهٔ ذیل ایجاد میشود:

تریبوالکتریک، پیزوالکتریک، الکترومغناطیسی، ترمو الکتریک، فتو الکتریک و الکترو ـ مغناطیس.

تولید الکتریسیته از طریق مالشی (تریبو الکتریک) ـ هر اتم در حالت طبیعی دارای الکترونها و پروتونهای مساویست. بنابراین بارهای منفی و مثبت یکدیگر را خنثی نموده، اتم از نظر الکتریکی خنثی خواهد بود. پروتونها در مرکز اتم قرار دارند و در شرایط عادی غیرقابل تجزیه هستند ولی تعداد الکترونها قابل تغییر بوده باعث ایجاد بار مثبت یا منفی در جسم میشوند. چنانچه جسمی الکترون از دست بدهد مقداری از بار منفی آن کاسته شده، دارای بار مثبت خواهد شد و بالعکس اگر جسمی الکترون دریافت نماید مقداری به بار منفی آن افزوده شده دارای بار منفی میگردد. یکی از روشهای انتقال الکترونها روش اصطکاک یا مالش است.

بعضی از اجسام در اثر حرارت حاصل از اصطکاک با اجسام دیگر یا تعدادی الکترون از دست میدهند و یا تعدادی الکترون دریافت میدارند. البته علت واقعی این امر و قانون حاکم بر آن

هنوز معلوم نگردیده ولی برخی از اجسام که چنین خاصیتی را دارند شناسائی شده‌اند. مثلاً:

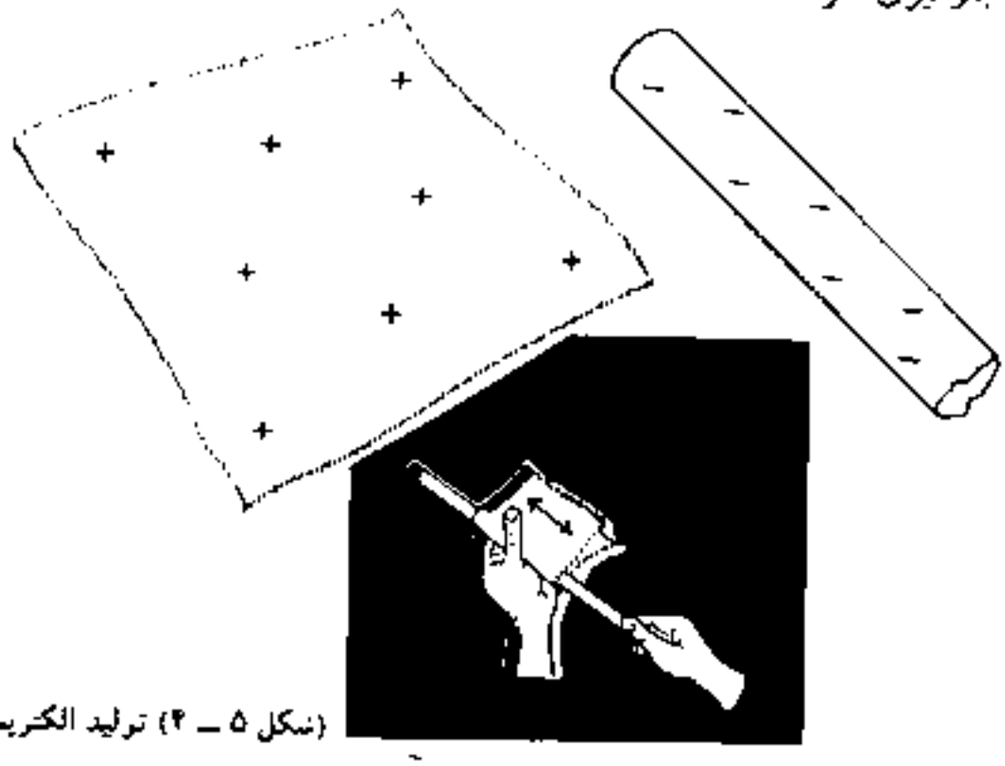
اگر میله‌ای شیشه‌ای را با یک تکه پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم میلهٔ شیشه‌ای تعدادی الکترون به پارچهٔ ابریشمی منتقل مینماید. بنابراین میلهٔ شیشه‌ای دارای بار مثبت و تکه پارچهٔ ابریشمی دارای بار منفی خواهد شد.

بالعکس اگر میله‌ای کائوچوئی را با تکه پارچهٔ پشمی مالش دهیم میلهٔ کائوچوئی تعداد الکترون از پارچهٔ پشمی دریافت خواهد نمود. بنابراین میلهٔ کائوچوئی دارای بار منفی و تکه پارچهٔ پشمی دارای بار مثبت خواهد شد.

قبل از کشف پیل ولتا (پیل تر) تولید الکتریسیته بطریقهٔ مالشی انجام میگرفت ولی اکنون استفاده از این روش چندان معمول نیست.

الکتریسیته حاصل از اصطکاک گاهی هنگام تخلیه (نزدیک شدن جسم باردار به جسم دیگری که بار غیر همنام با آن دارد موجب انتقال الکترون از جسم منفی به جسم مثبت میگردد که این عمل را تخلیه الکتریکی گویند)، ایجاد جرقه مینماید که اگر جسم قابل اشتعالی در مسیر جرقه باشد باعث آتش‌سوزی خواهد شد. لذا در کارخانجاتی که با مواد قابل اشتعال سروکار دارند (نظیر کارخانجات رنگسازی) ماشین آلات خود را به سیم زمین مجهز می‌نمایند تا الکتریسیتهٔ حاصل از اصطکاک قطعات متحرک از طریق زمین خنثی گردد.

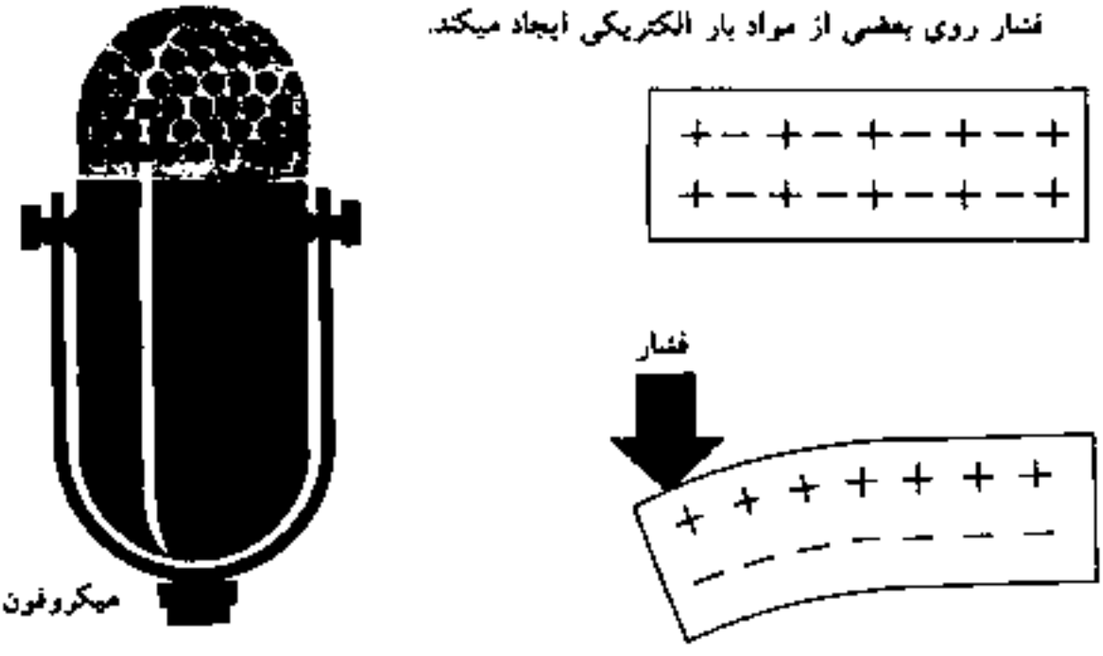
نمونهٔ دیگری از این پیشگیری را میتوان در ماشینهای حمل موادّ سوختی مشاهده نمود. در این ماشینها از قطعه‌ای زنجیر برای ارتباط بین مخزن مواد سوختی و زمین استفاده میشود تا الکتریسیتهٔ ساکن حاصل از حرکت مواد سوختی درون مخزن به زمین منتقل و از آتش‌سوزی احتمالی جلوگیری شود.



(شکل ۵ ــ ۴) تولید الکتریسیتهٔ مالشی

تولید الکتریسیته از طریق فشار (پیزو الکتریک) ــ وارد نمودن فشار خمشی بر بعضی از اجسام باعث میشود الکترونهایشان در جهت نیروی وارده به حرکت درآیند و جسم در محل اعمال نیرو دارای بار مثبت و در سمت مقابل دارای بار منفی گردد. و پس از برطرف شدن فشار الکترونها مجدداً به مدارات خود بازمیگردند. برای استفاده از الکتریسیتهٔ ایجاد شده شکل جسم را طوری میسازند که سطح باردار شده قابل کنترل باشد. بعضی از اجسام بجای فشار خمشی در مقابل کشتاورهای پیچشی عکس‌العمل نشان میدهند.

بدبدهٔ پیزو الکتریک بیشتر در کریستالهائی نظیر نمک روچل و بعضی سرامیکهای مخصوص نظیر تیتانت باریم قابل توجه است. از اینگونه کریستالها در ساختن بعضی میکروفونها و پیکابهای گرام استفاده میشود. نقش این مواد در وسائل مذکور تبدیل ارتعاشات حاصل از صوت یا پستی و بلندیهای صفحهٔ گرامافون به الکتریسیته است تا پس از طی مراحلی دیگر مثلاً ارتعاشات حاصل از پستی و بلندیهای روی صفحهٔ گرامافون تبدیل به صوت گردد.



(شکل ۶ ــ ۴)

تولید الکتریسیته از طریق فعل و انفعالات شیمیائی ــ بعضی از مواد شیمیائی وقتی با فلزات مخصوصی ترکیب میشوند فعل و انفعالاتی انجام میگردد که باعث انتقال الکترونها و ایجاد جریان الکتریکی میشوند. کشف این پدیده یکی از بزرگترین موفقیتهائی بود که انسان را در راه توسعهٔ دانش الکتریسیته یاری بسیار نموده است.

اگر دو صفحهٔ مس و روی را در محلول رقیق اسید سولفوریک داخل کرده و آنها را در خارج بوسیلهٔ سیم مسی بهم وصل کنیم و یک وسیلهٔ اندازه‌گیری دقیق (میلی‌آمپرمتر) در مدار قرار دهیم، وسیلهٔ مذکور عبور جریان الکتریکی ضعیفی را نشان میدهد.

صفحهٔ روی بتدریج سولفاته شده و گاز ئیدروژن از مجاورت صفحهٔ مسی متصاعد میشود.

موارد فوق اصول کار یک باتری تر را تشکیل میدهند. صفحات روی و مس را الکترودها و محلول اسیدسولفوریک را الکترولیت و مجموعهٔ آنها را پیل ولتا یا پیل اولیه (Primary Battery Cell) نامند. فعل و انفعالات شیمیائی در این پیل بدینقرار است:

وقتی اسید سولفوریک (SO_4H_2) در آب حل شود قسمتی از مولکولهای آن تجزیه شده به SO_4^{-2} و H^{+1} تبدیل می‌شوند. نمادهای مثبت و منفی نشانهٔ کمبود و یا اضافه داشتن الکترون است. بعبارت دیگر اجزاء مذکور دارای بار الکتریکی هستند ولی در مجموع بعلّت تساوی تعداد ذرّات مثبت و منفی محلول از نظر الکتریکی خنثیٰ میباشد. اجزاء باردار را یون گویند.

با وارد شدن صفحهٔ روی خالص در محلول الکترولیت، اتمهای روی بصورت یونهای Zn^{+2} از صفحه شروع به جدا شدن می‌نمایند. با جدا شدن هر یون Zn^{+2} از صفحهٔ دو الکترون آزاد در صفحه باقی می‌ماند. جدا شدن یونهای Zn^{+2} تا زمانی ادامه می‌یابد که تجمّع الکترونهای آزاد در صفحهٔ روی از جدا شدن آنها جلوگیری نمایند.

یونهای Zn^{+2} با یونهای SO_4^{-2} ترکیب شده بصورت رسوب در ظرف ته‌نشین میشوند.

$$SO_4^{-2} + Zn^{+2} \longrightarrow SO_4Zn\downarrow$$

با وارد نمودن صفحهٔ مسی در محلول الکترولیت هر یون H^{+1} یک الکترون کسری خود را از صفحهٔ مسی دریافت و به اتم معمولی ئیدروژن (H) تبدیل و هر دو اتم از این ئیدروژن با هم تشکیل یک مولکول ئیدروژن (H_2) را میدهند و به شکل حبابهای بسیار کوچکی از جدار صفحهٔ مسی متصاعد میشوند.

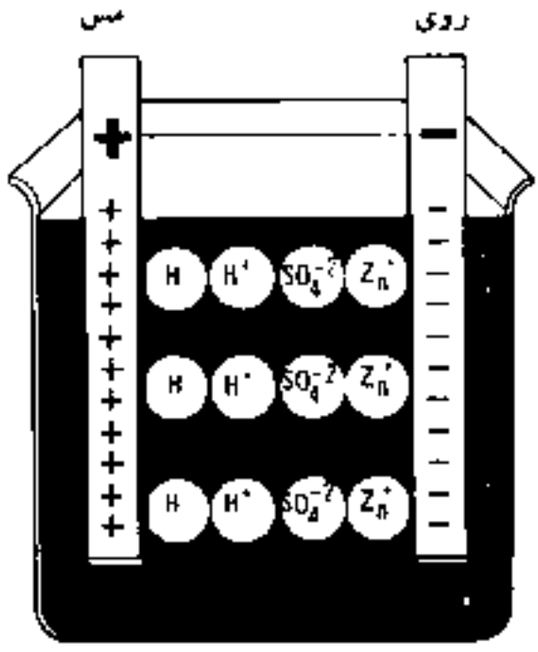
در این فعل و انفعالات مقداری از صفحهٔ روی با مقداری از اسید سولفوریک بصورت رسوب SO_4Zn و گاز H_2 از دایرهٔ فعل و انفعالات خارج شده، صفحهٔ روی تعدادی الکترون در خود نگهداشته بنابراین دارای بار منفی میباشد و صفحهٔ مسی که تعدادی الکترون (مساوی تعداد الکترونهای اضافی صفحهٔ روی) از دست داده بنابراین دارای بار مثبت شده است.

چنانچه صفحات مذکور را با سیم هادی بهم متّصل کنیم الکترونهای اضافی صفحهٔ روی از اینطریق بطرف صفحهٔ مسی که کسر الکترون دارد جاری میشود (تولید الکتریسیته) با این کار تعادل در صفحهٔ روی بهم خورده مجدداً اجازه میدهد یونهای Zn^{+2} از آن جدا شود (شکل ۷ ــ ۲) اساس ساختمان یک پیل ولتا را نشان میدهد.

با برقرار شدن رابطه بین دو صفحهٔ فعل و انفعالات تداوم یافته و یک جریان الکتریکی دائمی در سیم هادی مشاهده میشود. این جریان تا موقعی ادامه می‌یابد که صفحهٔ روی یا اسید سولفوریک موجود در الکترولیت کاملاً مصرف شده و امکان فعل و انفعال از بین برود.

در باتری‌های خشک بجای محلول الکترولیت از خمیر الکترولیت استفاده میشود.

تولید الکتریسیته بوسیلهٔ حرارت Thermo Electric ــ چنانچه در بحث الکترومغناطیس



(شکل ۷ ــ ۴) اساس پیل‌تر (پیل ولتا)

پیل تر

محلول که الکترولیت نامیده میشود یونهای مثبت را از میلهٔ روی آزاد نموده و از میلهٔ مسی الکترون آزاد میکند.

در باتری خشک چراغ قوه خمیرالکترولیت بجای محلول به کار میرود

مشاهده شد بعضی از عناصر نظیر مس الکترون دفع و بعضی از عناصر نظیر روی الکترون جذب می‌نمایند. چنین دو عنصری چنانچه در کنار هم قرار گرفته و عامل تسریع کننده‌ای نیز واسطه قرار گیرد الکترونهائی از قطعهٔ مسی خارج و به قطعهٔ روی وارد میشود. بنابراین قطعهٔ مسی دارای بار مثبت و قطعهٔ روی دارای بار منفی میگردد.

حرارت باعث دادن الکترون از مس به روی میشود

(شکل ۸ ــ ۴)

در درجهٔ حرارت معمولی انتقال الکترونها از صفحهٔ مسی به صفحهٔ روی چندان قابل توجه نیست چون انرژی کافی برای جدا شدن الکترونهای مس وجود ندارد. درجهٔ حرارت نیز مانند عامل شیمیائی قادر است این انتقال الکترونی را تسریع نماید. از این خاصیت برای ساختن پیلهای ترموالکتریک (پیلهای حرارتی) استفاده میشود. اساس کار این پیلها بدین شکل است:

دو قطعه فلز مانند روی و مس را از یکسر بهم جوش میدهند. حرارت دادن به این نقطهٔ اتصال انرژی لازم را در الکترونهای مس ایجاد نموده تعدادی از الکترونهای آن آزاد و به قطعهٔ روی وارد میشود. در نتیجه قطعهٔ مسی دارای بار مثبت و قطعهٔ روی دارای بار منفی میشود.

انتقال الکترونها تا موقعی ادامه می‌یابد که انرژی موجود برای جدا نمودن الکترون بیشتری از اتمهای مس کافی نباشد. در صورت قطع حرارت بتدریج که قطعات سرد میشوند الکترونها نیز از قطعهٔ روی به مدارات خود در قطعهٔ مسی برمیگردند.

در حالتیکه محل اتصال را حرارت میدهیم و قطعات باردار هستند چنانچه دو سر آزاد قطعات که سردتر هستند توسط یک سیم هادی بهم متصل شوند الکترونهای اضافی موجود در قطعهٔ روی از طریق این سیم بطرف قطعهٔ مسی حرکت می‌کنند (تولید الکتریسیتهٔ جاری). یک وسیلهٔ اندازه گیری دقیق عبور جریان را میتواند نشان دهد. شدت سرعت آزاد شدن الکترونهای مس و انتقال آنها به قطعهٔ روی (مقدار الکتریسیته) رابطهٔ مستقیم با مقدار حرارت دارد. بعبارت دیگر هر چه محل اتصال را بیشتر حرارت دهیم الکتریسیتهٔ بیشتری تولید خواهد شد.

تولید الکتریسیته بوسیلهٔ نور Photo Electric ــ نور یکی از منابع انرژی طبیعی است. بنابر نظریات برخی از دانشمندان، نور از ذرّات ریز انرژی بنام فوتون تشکیل میشود. فوتونها در بر خورد با اجسام انرژی خود را از دست میدهند.

اتمهای بعضی از عناصر در مقابل برخورد با اشعهٔ نورانی و دریافت انرژی از آن عکس‌العمل نشان‌داده الکترون آزاد مینمایند. تعدادی از این عناصر عبارتند از: پتاسیم، سدیم، سزیم، لیتیم، سلنیم، زرمانیم، کادمیم و مادهٔ مرکّب سولفات سرب.

عکس‌العمل این اجسام در مقابل نور را پدیدهٔ فتو الکتریک نامند و به سه طریق از آن بهره برداری میکنند.

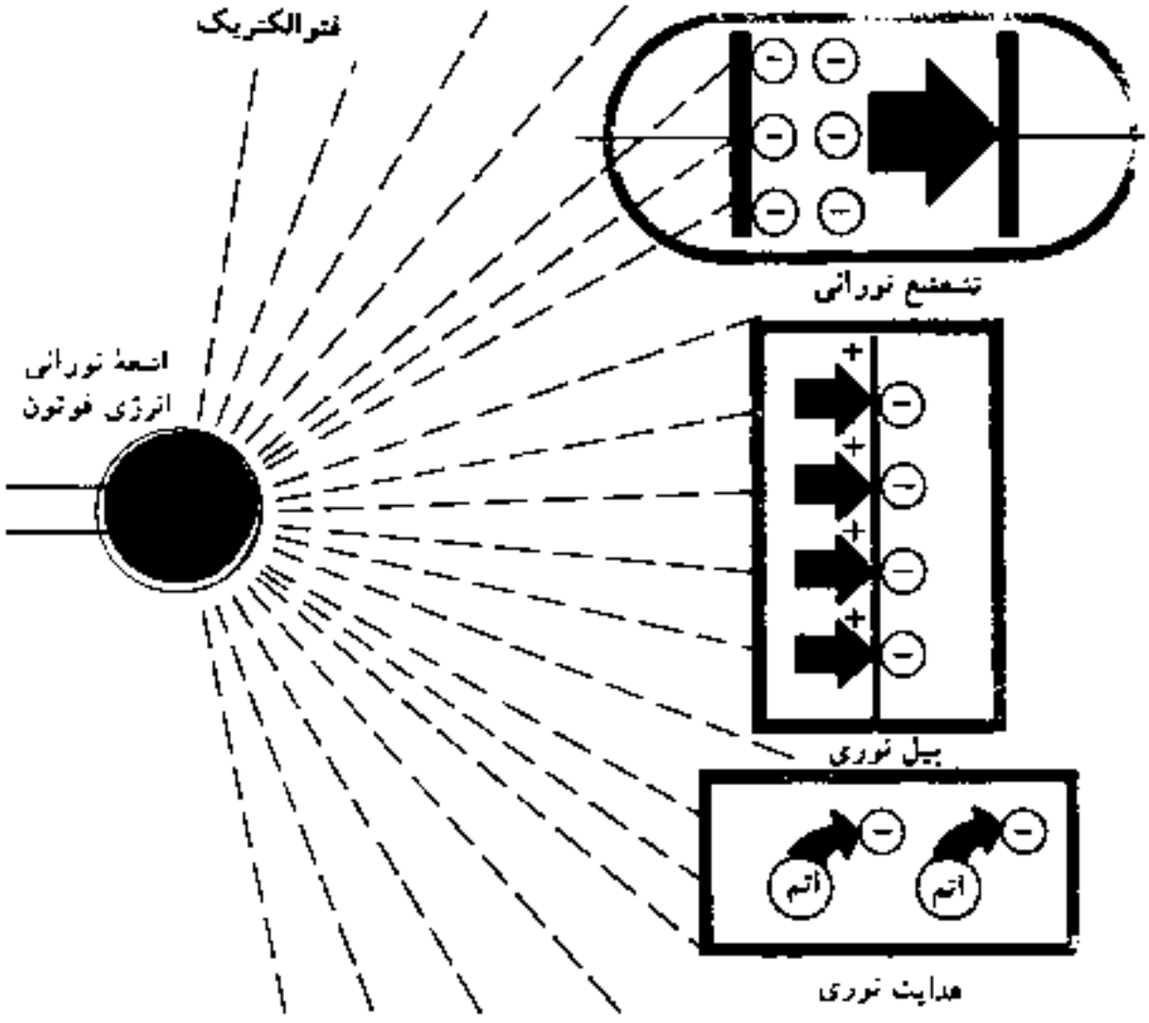
الف ــ فتو الکتریک از طریق تشعشع ــ در این روش دو صفحهٔ حساس از عناصر یاد شده درون محفظهٔ شیشه‌ای که از هوا خالی شده با قدری فاصله قرار داده شده‌اند. تابش نور به یکی از صفحات باعث آزاد شدن تعدادی الکترون و جذب آنها بوسیلهٔ صفحهٔ دیگر میشود.

چنانچه دو صفحهٔ مذکور بوسیلهٔ سیم هادی در خارج لامپ (محفظهٔ شیشه‌ای) بهم وصل شوند الکترونهای جذب شده توسط صفحهٔ دوّم از طریق این سیم به صفحهٔ اوّل باز میگردد (تولید الکتریسیته). این عمل تا موقعی که نور به صفحه می‌تابد ادامه خواهد یافت و بمحض قطع نور

جریان الکترونها (جریان فتوالکتریک) قطع میگردد.

ب ــ فتو الکتریک از طریق فتو ولتیک Photo Volta ــ در این طریق دو صفحهٔ مذکور در روش قبل که نسبت بهم با فاصله قرار گرفته بودند بصورت چسبیده بهم استفاده میکنند. در اثر تابش نور انرژی فوتونهای رسیده به صفحهٔ اوّل باعث تحریک اتمهای آن و آزاد شدن الکترون از آنها میگردد. الکترونهای آزاد شده به صفحهٔ دوّم منتقل میشود. بنابراین صفحهٔ اوّل دارای بار مثبت و صفحهٔ دوّم دارای بار منفی میشود. این دو صفحهٔ باردار میتوانند مانند دو قطب یک باتری عمل نمایند. بعبارت دیگر اگر این دو صفحه را در خارج از لامپ توسط سیم هادی بهم وصل کنیم الکترونها از این طریق به صفحهٔ اوّل باز میگردد (جریان الکتریکی). این عمل تا موقعی که نور به صفحه می‌تابد ادامه می‌یابد و بمحض قطع شدن، تابش جریان الکتریکی حاصل نیز قطع خواهد شد.

ج ــ فتو الکتریک از طریق هدایت نوری Photo Conduction ــ بعضی از اجسام که در حالت عادّی قابلیت هدایت الکتریکی خوبی ندارند در مقابل تابش نور عکس‌العمل نشان‌داده به قابلیّت هدایت‌شان افزوده میگردد. بعبارت دیگر تابش نور به چنین اجسامی باعث آزاد شدن



(شکل ۹ ــ ۴) حالات استفاده از پدیده فتو الکتریک