

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# تأسیسات نساجی

رشته صنایع نساجی

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۲۴۷۱

صموتی، سید محمود	۶۷۷
تأسیسات نساجی / مؤلفان: سید محمود صموتی، علی ابراهیمی معتمد، محسن صفاکیش.	/۰۲۸
ت ۱۳۶ ص / - [ویرایش دوم] / بازسازی و تجدیدنظر: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشته صنایع نساجی. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.	۱۳۹۵
۱۳۷ ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۲۴۷۱)	
متون درسی رشته صنایع نساجی، زمینه صنعت.	
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته صنایع نساجی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش وزارت آموزش و پرورش.	
۱. نساجی - ماشین‌آلات. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشته صنایع نساجی. ب. عنوان. ج. فروست.	

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و  
حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب سایت)

## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : تأسیسات نساجی - ۴۶۶/۱

مؤلفان : سید محمود صموتی، علی ابراهیمی معتمد و محسن صفاکیش

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۰۹۲۶۶۰۸۸۳، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : صغری عابدی

طراح جلد : مریم کیوان

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران - تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروبخن)

تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۰۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار : ۱۳۹۵

حق چاپ محفوظ است.



جوان‌ها قدر جوانیشان را بدانند و آن را در علم و تقوی و سازندگی  
خودشان صرف کنند که اشخاصی امین و صالح بشوند. مملکت ما با  
اشخاص امین می‌تواند مستقل باشد.

امام خمینی «قدس سرّه الشریف»



## فهرست مطالب

مقدمه

### بخش اول : الکتروسیسته و برق

۲	فصل اول : اصول الکتروسیسته و کمیت های الکتریکی
۳	۱-۱- ساختمان ماده
۳	۲-۱- ساختمان اتم
۴	۳-۱- بار الکتریکی
۴	۴-۱- الکترون آزاد
۵	۵-۱- الکتروسیسته ساکن و روش های تولید آن
۸	۶-۱- قانون کولن
۹	۷-۱- اختلاف سطح یا اختلاف پتانسیل الکتریکی
۹	۸-۱- جریان الکتریکی
۱۰	۹-۱- مقاومت الکتریکی
۱۱	۱۰-۱- ساده ترین مدار الکتریکی
۱۲	۱۱-۱- قانون اهم
۱۴	۱۲-۱- مولتی متر
۱۵	۱۳-۱- قدرت الکتریکی
۱۵	۱۴-۱- انرژی الکتریکی
۱۶	۱۵-۱- جریان مستقیم یا DC
۱۶	۱۶-۱- جریان متناوب یا AC

۱۸	فصل دوم : حفاظت و ایمنی در صنعت برق
۱۸	۱-۲- اثرات فیزیولوژیکی برق در بدن انسان
۲۰	۲-۲- ولتاژ تماس خطرناک
۲۰	۳-۲- عوارض ناشی از برق گرفتگی
۲۱	۴-۲- کمک های اولیه به افراد برق گرفته
۲۳	۵-۲- ساختمان و اصول کار فیوزها
۲۵	۶-۲- اتصال زمین (سیم ارت)

۲۸	فصل سوم : اتصالات و مدارهای الکتریکی و محاسبات آن ها
۲۸	۱-۳- شناسایی انواع سیم ها
۲۹	۲-۳- اتصال سیم ها به یکدیگر
۳۰	۳-۳- لحیم کاری
۳۰	۴-۳- مواد کمکی لحیم کاری
۳۱	۵-۳- لحیم
۳۲	۶-۳- وسایل لحیم کاری
۳۴	۷-۳- طریقهٔ لحیم کاری
۳۶	۸-۳- علامت اختصاری چیست؟
۳۶	۹-۳- مدار الکتریکی و اجزای آن
۳۷	۱۰-۳- اتصال مقاومت ها
۴۲	۱۱-۳- توان مصرفی در مدار سری
۴۳	۱۲-۳- توان در مدار موازی
۴۴	۱۳-۳- شناسایی اجزای مدار

۵۴	فصل چهارم : اصول کار ماشین های الکتریکی
۵۴	۱-۴- تعریف آهن ربا
۵۵	۲-۴- مادهٔ مغناطیسی
۵۵	۳-۴- انواع آهن ربا
۵۶	۴-۴- طرز تشخیص قطب های آهن ربا
۵۶	۵-۴- ترانسفورماتور
۵۸	۶-۴- ژنراتورها

۵۸	۷-۴- اساس کار ژنراتورهای AC
۵۹	۸-۴- روتور و استاتور
۶۰	۹-۴- موتورهای الکتریکی
۶۰	۱۰-۴- ساختمان و اصول کار موتورهای DC
۶۳	۱۱-۴- طرز کار موتور DC
۶۳	۱۲-۴- موتورهای AC
۶۴	۱۳-۴- اتصال ستاره یا Y
۶۵	۱۴-۴- اتصال مثلث یا $\Delta$
۶۵	۱۵-۴- طرز کار موتور AC
۶۷	<b>فصل پنجم : انواع کلیدها و تجهیزات تابلو</b>
۶۷	۱-۵- انواع کلید
۷۰	۲-۵- رله حرارتی
۷۰	۳-۵- مدار فرمان و قدرت
۷۱	۴-۵- انواع کابل ها و مشخصات آنها
۷۲	۵-۵- میکروسوئیچ ها (Micro Swiches)
۷۳	۶-۵- تابلوی برق و تجهیزات آن

## بخش دوم : تأسیسات

۷۷	<b>فصل ششم : آب</b>
۷۷	۱-۶- آب
۷۸	۲-۶- ناخالصی های آب
۷۸	۳-۶- تصفیه آب
۸۲	۴-۶- مصارف آب
۸۲	۵-۶- تصفیه آب جهت مصارف صنعتی
۸۴	۶-۶- اهمیت تصفیه آب در صنعت نساجی
۸۵	۷-۶- موارد اختلاف آب آشامیدنی و صنعتی
۸۷	۸-۶- انواع سختی آب
۸۸	۹-۶- دستگاه های تصفیه آب

۹۵	فصل هفتم : هوا و مشخصات آن
۹۵	۱-۷- هوا و اجزای تشکیل دهنده آن
۹۶	۲-۷- تأثیر رطوبت بر الیاف
۹۷	۳-۷- تأثیر رطوبت بر الیاف نساجی
۹۸	۴-۷- رطوبت زنی
۹۸	۵-۷- دستگاه‌های رطوبت زن
۱۰۱	۶-۷- اهمیت کنترل رطوبت و حرارت در مراحل ریسندگی و بافندگی

۱۰۶	فصل هشتم : روش‌های تولید گرما و انتقال آن
۱۰۶	۱-۸- ماهیت گرما
۱۰۷	۲-۸- بررسی تغییر حالت اجسام در اثر انرژی گرمایی
۱۱۱	۳-۸- روش‌های تولید گرما
۱۱۱	۴-۸- انتقال حرارت

۱۱۵	فصل نهم : دیگ بخار
۱۱۵	۱-۹- آب بهترین عامل انتقال گرما
۱۱۵	۲-۹- حالات آب در فشار و دماهای مختلف
۱۱۶	۳-۹- حالات مختلف بخار آب
۱۱۷	۴-۹- استفاده از بخار آب در انتقال گرما
۱۱۸	۵-۹- خواص بخار آب
۱۱۸	۶-۹- استفاده از بخار آب در صنایع نساجی
۱۲۰	۷-۹- دستگاه مواد بخار (دیگ بخار) و طرز کار آن
۱۲۴	۸-۹- سیستم‌های کنترل کننده و فرمان دهنده
۱۲۷	۹-۹- مسایل ایمنی در دیگ‌های بخار

۱۳۱	فصل دهم : تصفیهٔ پساب
۱۳۲	۱-۱۰- آزمایش پساب
۱۳۳	۲-۱۰- روش‌های تصفیهٔ پساب

۱۳۷	منابع و مآخذ
-----	--------------



## مقدمه

در دنیای صنعتی امروز، صنایع نساجی، پیشرفت قابل توجهی کرده است. اختراعات جدید در خصوص ماشینی کردن صنایع، سرعت بیش‌تری به کار داده، روند آن را از تولید اندک به تولید انبوه کارخانه‌ای رسانده است. اگرچه همراه با پیشرفت تکنولوژی، مسایل و مشکلات گوناگون نیز در زمینه‌های مختلف نساجی آشکار شده است. یکی از عمده‌ترین مشکلات بازدهی کارخانه‌های نساجی، نامناسب بودن شرایط رطوبتی و حرارتی است. بسیاری از خواص الیاف، با تغییر درجه حرارت و میزان رطوبت، تغییر می‌کند. گاهی الیاف در ضمن عملیات ریسندگی، به علت ناهماهنگی در عوامل مذکور، حاوی بار الکتریسیته ساکن می‌شود در نتیجه در تولید اختلال به وجود می‌آید. یکی دیگر از مشکلات عمده رنگرزی و عملیات تکمیلی در نساجی، سختی‌های موجود در آب است، که باعث یک‌نواخت نبودن رنگرزی و سفیدگری و کاهش پارچه و رسوب در دیگ‌های بخار می‌شود؛ به همین دلیل یکی از مهم‌ترین قسمت‌های کارخانه‌های نساجی، واحد تصفیه آب است که بدون وجود آن، کارخانه‌های نساجی قادر به ادامه کار نخواهند بود.

از طرفی دستگاه‌های نساجی با انرژی الکتریکی کار می‌کنند و از طریق مدارهای فرمان الکتریکی فرمان می‌گیرند. لذا فراگیری مبانی برق به لحاظ آشنایی با این سیستم‌ها ضروری است. بنابراین فصل‌های اول، دوم و سوم کتاب به مباحث کاربردی در زمینه برق اختصاص داده شده است.

گروه بازسازی

## هدف کلی درس

پس از پایان این درس از فراگیر انتظار می‌رود که:

- ۱- اصول الکتریسیته و کمیت‌های الکتریکی را بداند و محاسبات مربوط به مدارات ساده الکتریکی را انجام دهد.
- ۲- حفاظت و ایمنی در مقابل جریان‌های الکتریکی و مشخصات جریان‌های خطرناک را بداند.
- ۳- مشخصات انواع اتصالات و مدارهای الکتریکی را بداند و محاسبات آن‌ها را انجام دهد.
- ۴- اصول کار ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم و متناوب و طرز بستن آن‌ها به شبکه را بداند.
- ۵- مشخصات انواع کلیدها و تجهیزات تابلوهای الکتریکی را بشناسد.
- ۶- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب را بداند و چگونگی تصفیه آب و انواع روش‌های تصفیه را بشناسد.
- ۷- مشخصات فیزیکی هوا، چگونگی تغییر شرایط هوا و اثرات هوا بر روی ماشین‌های ریسندگی را بداند.
- ۸- قوانین انتقال گرما، اثرات گرما و روش‌های تولید گرما را بداند.
- ۹- چگونگی کار دیگ بخار، قسمت‌های مختلف دیگ بخار، سیستم‌های کنترل‌کننده و مسایل ایمنی آن را بداند.
- ۱۰- خصوصیات پساب نساجی و روش‌های تصفیه آن را بداند.

# بخش اول

الکتریسیته و برق

### اصول الکتریسیته و کمیت‌های الکتریکی

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

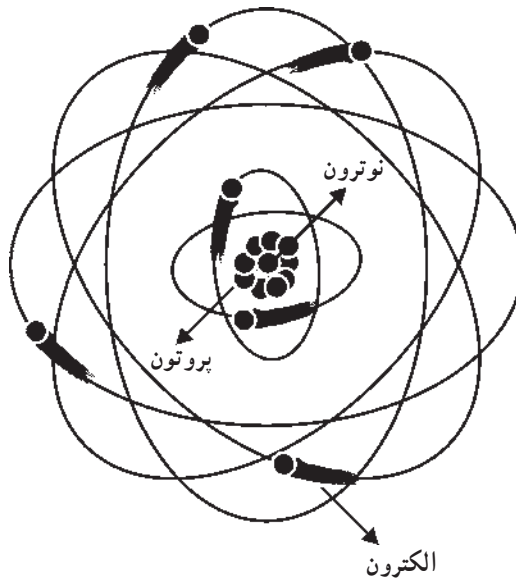
- ساختمان ماده را توضیح دهد.
- ساختمان اتم را توضیح دهد.
- بار الکتریکی را تعریف کند.
- نیروی جاذبه و دافعه‌ی بارهای الکتریکی را توضیح دهد.
- الکترون آزاد را تعریف کند.
- الکتریسیته‌ی ساکن را توضیح دهد.
- روش‌های تولید الکتریسیته‌ی ساکن را توضیح دهد.
- قانون کولن در جاذبه و دافعه‌ی بارهای الکتریکی را توضیح دهد.
- نیروی جاذبه و دافعه بین بارهای الکتریکی را حساب کند.
- نیروی محرکه‌ی الکتریکی و واحد آن را توضیح دهد.
- جریان الکتریکی و واحد آن را توضیح دهد.
- مقاومت الکتریکی و واحد آن را توضیح دهد.
- قانون اهم را توضیح دهد.
- مولتی‌متر و کار آن را توضیح دهد.
- توان الکتریکی را محاسبه کند.
- انرژی الکتریکی را محاسبه کند.
- جریان مستقیم و متناوب را توضیح دهد.

## ۱-۱- ساختمان ماده

هر چیزی که بخشی از فضا را اشغال کند، یعنی دارای حجم و وزن باشد از ماده تشکیل یافته است. ماده به صورت جامد، مایع و گاز دیده می‌شود؛ مانند: آب، سنگ، چوب، هوا، گازهای بی‌رنگ و غیره. پس هر شیء مادی دارای جرم و حجم است.

## ۱-۲- ساختمان اتم

مواد پیرامون ما از ذره‌های بسیار ریزی به نام مولکول ساخته شده‌اند. مولکول کوچک‌ترین ذره‌ی هر ماده است که ماهیت آن ماده را در خود دارد. مولکول‌ها نیز به ذره‌های ریزتری به نام اتم قابل تقسیم هستند. اتم‌ها از دو قسمت تشکیل شده‌اند. قسمتی که در مرکز اتم قرار دارد، هسته نامیده می‌شود. هسته از پروتون و نوترون تشکیل یافته است. به ذره‌های باردار با بار مثبت پروتون می‌گویند. جرم نوترون هم مشابه پروتون است، ولی بار الکتریکی ندارد. همچنین در فضای اطراف هسته ذره‌هایی با بار الکتریکی منفی وجود دارند که الکترون نامیده می‌شوند. الکترون‌ها در مدارهایی به دور هسته در حال گردش هستند. شکل ۱-۱ ساختمان یک اتم را نشان می‌دهد.

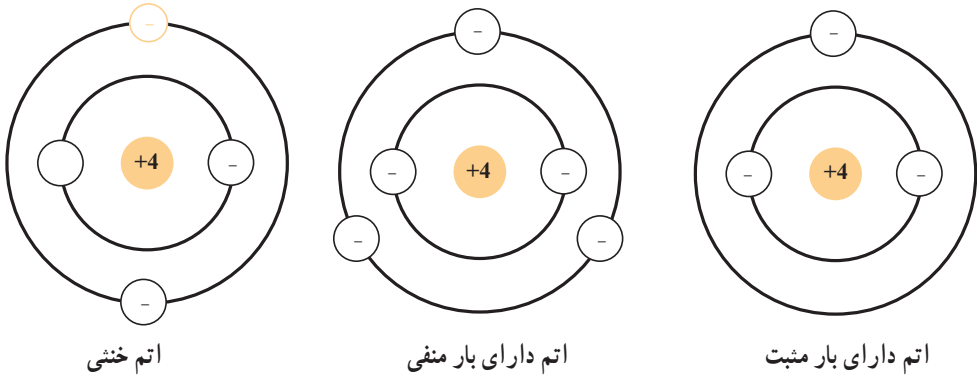


شکل ۱-۱

## ۱-۳- بار الکتریکی

چون تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های هر جسم برابر است، اتم آن جسم از نظر بار الکتریکی

خنثی می‌باشد. اگر تعادل بین الکترون‌ها و پروتون‌های یک جسم به هم بخورد، یعنی تعدادی الکترون به جسم اضافه کرده یا تعدادی الکترون از آن کم کنیم، جسم باردار می‌شود. اگر تعداد الکترون‌های جسم بیش‌تر از تعداد پروتون‌های آن باشد، جسم دارای بار الکتریکی منفی می‌شود و اگر تعداد الکترون‌ها کم‌تر از تعداد پروتون‌ها باشد، جسم دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود. شکل ۱-۲ یک اتم خنثی، یک اتم دارای بار منفی و یک اتم دارای بار مثبت را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲

**۱-۳-۱ واحد بار الکتریکی:** معمولاً واحد بار الکتریکی از روی مقدار بار الکتریکی الکترون‌های جسم تعریف می‌شود. واحد بار الکتریکی به افتخار دانشمند فرانسوی کولن نامیده می‌شود. یک کولن معادل بار الکتریکی  $6/28 \times 10^{18}$  الکترون است؛ یعنی اگر  $6/28 \times 10^{18}$  الکترون به جسمی بدهیم، آن جسم به اندازه‌ی یک کولن بار منفی پیدا می‌کند و چنان‌چه همین تعداد الکترون از جسم بگیریم، آن جسم یک کولن بار مثبت خواهد داشت. بار الکتریکی را با  $q$  یا  $Q$  و واحد آن را با  $(C)$  نشان می‌دهند.

**۱-۳-۲ نیروی جاذبه و دافعه‌ی بین بارهای الکتریکی:** وقتی دو ذره از نظر بار الکتریکی مشابه باشند؛ یعنی هر دو دارای بار مثبت یا هر دو دارای بار منفی باشند، یکدیگر را دفع می‌کنند. اما اگر دو ذره بار الکتریکی مشابه نداشته باشند، یعنی یکی دارای بار الکتریکی مثبت و دیگری دارای بار الکتریکی منفی باشد، یکدیگر را جذب می‌کنند. پس بارهای هم‌نام، یکدیگر را دفع و بارهای غیرهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند.

## ۱-۴ الکترون آزاد

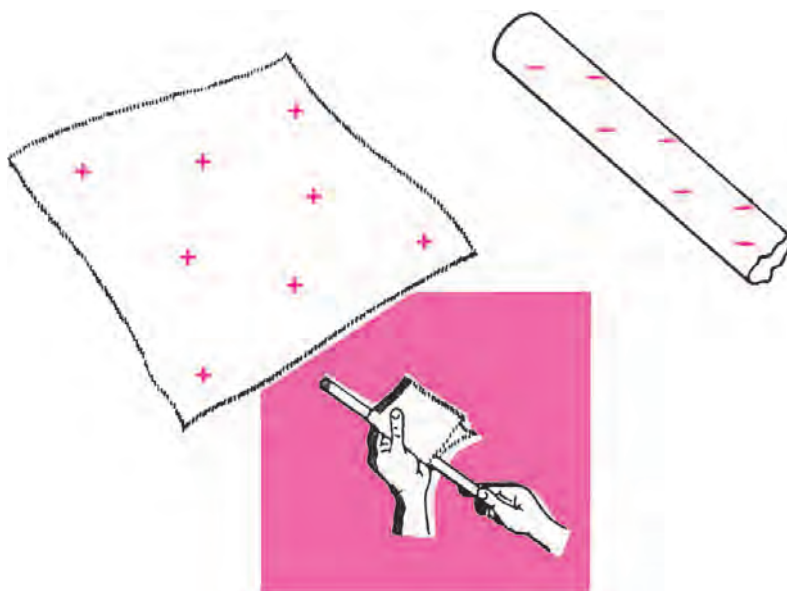
الکترون‌ها دارای بار الکتریکی منفی و پروتون‌ها دارای بار الکتریکی مثبت هستند؛ بنابراین

پروتون‌ها که در هسته‌ی اتم قرار دارند، بر الکترون‌ها نیرو وارد می‌کنند و الکترون‌ها تحت این نیروی جاذبه به دور هسته‌ی اتم در گردش هستند. اگر در اثر عواملی چون حرارت، انرژی الکترون‌های یک اتم را افزایش دهیم، الکترون‌ها از قید نیروی هسته آزاد می‌شوند و به‌طور آزاد در فضای بین اتم‌ها حرکت می‌کنند. این الکترون‌ها را «الکترون‌های آزاد» گویند.

## ۱-۵ الکتریسیته‌ی ساکن و روش‌های تولید آن

با آزاد شدن الکترون، الکتریسیته ایجاد می‌شود. روش‌های مختلفی برای تولید الکتریسیته‌ی ساکن وجود دارد که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود.

۱-۵-۱ تولید الکتریسیته به روش اصطکاک: هرگاه یک میله‌ی شیشه‌ای را به روی پارچه‌ی ابریشمی مالش دهیم، تعدادی از الکترون‌های میله‌ی شیشه‌ای جذب پارچه‌ی ابریشمی می‌شود. در این حالت میله‌ی شیشه‌ای دارای الکتریسیته‌ی مثبت و پارچه‌ی ابریشمی دارای الکتریسیته‌ی منفی می‌شود. اگر به‌جای میله‌ی شیشه‌ای از میله‌ی پلاستیکی استفاده کنیم و آن را به پارچه‌ی پشمی مالش دهیم، میله‌ی پلاستیکی از پارچه‌ی پشمی تعدادی الکترون دریافت می‌کند و دارای بار منفی می‌شود. در این صورت در میله‌ی پلاستیکی الکتریسیته‌ی منفی تولید شده است. شکل ۱-۳ این حالت را نشان می‌دهد.



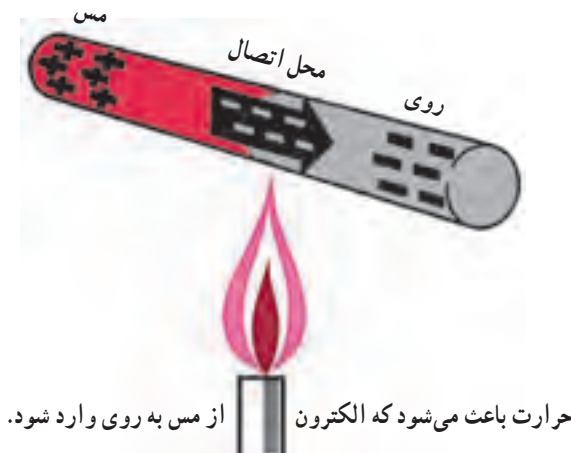
شکل ۱-۳

### ۱-۵-۲- تولید الکتروسیسته با روش شیمیایی: مواد شیمیایی با فلزات مخصوصی ترکیب

شده سبب واکنش‌های شیمیایی و در نتیجه انتقال الکترون و تولید بار الکتریکی می‌شوند. باتری معمولی به این روش الکتروسیسته تولید می‌کند.

### ۱-۵-۳- تولید الکتروسیسته با استفاده از حرارت: برخی از فلزات الکترون از دست

می‌دهند و برخی دیگر آن را جذب می‌کنند، از این رو هنگام انتقال، بین دو جسم غیرمشابه انتقال الکترون صورت می‌گیرد. برای مثال، اگر مس و روی را به هم متصل کنیم، الکترون‌ها از اتم مس خارج و به اتم روی وارد می‌شوند؛ به این ترتیب مس الکترون خود را از دست می‌دهد و مثبت می‌شود و فلز روی الکترون‌های اضافی کسب می‌کند و به طور منفی باردار می‌شود. اگر به محل اتصال دو فلز حرارت دهیم، الکترون‌های بیش‌تری آزاد می‌شوند. به این روش ترموالکترونیک و به اتصال دو فلز ترموکوپل گفته می‌شود. شکل ۱-۴ این حالت را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۴- تولید الکتروسیسته به روش حرارتی

### ۱-۵-۴- تولید الکتروسیسته با استفاده از نور: اگر به بعضی از اجسام مانند سلنیم،

پتاسیم و سیلیکون نور بتابانیم، الکترون از دست می‌دهند. این اجسام قادر هستند انرژی نورانی را به طور مستقیم به الکتروسیسته تبدیل کنند. از این خاصیت در ساختمان پیل نوری استفاده می‌شود.

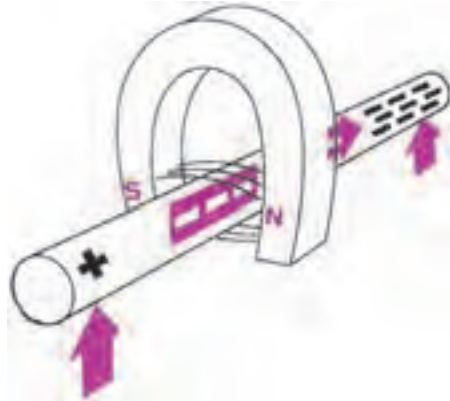
### ۱-۵-۵- تولید الکتروسیسته با استفاده از خاصیت مغناطیسی: اگر یک هادی خوب

مانند مس را درون یک میدان مغناطیسی حرکت دهیم، به طوری که خطوط میدان مغناطیسی توسط میله قطع شود، انرژی میدان مغناطیسی باعث آزاد شدن الکترون‌ها از اتم‌های آن هادی می‌شود. در این حالت الکترون‌های آزاد شده به یک سمت حرکت می‌کنند. جهت حرکت الکترون‌ها به جهت



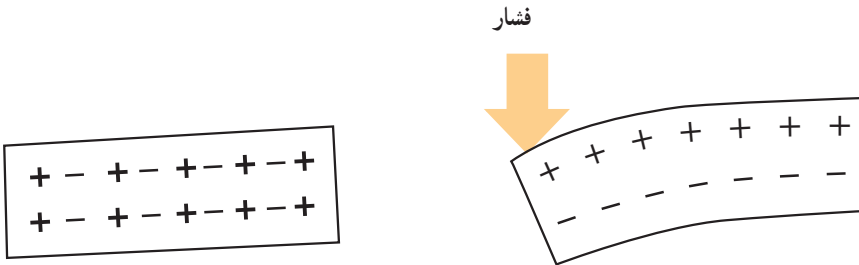
حرکت سیم بستگی دارد.

البته تنها حرکت هادی در داخل میدان باعث تولید الکتريسيته نمی‌شود؛ بلکه اگر میدان مغناطیسی متغیر باشد نیز الکتريسيته تولید می‌گردد. این روش تولید الکتريسيته اساس کار ژنراتورهای الکتريکی است. شکل ۱-۵ این روش تولید الکتريسيته را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۵ الکتريسيته‌ی مغناطیسی

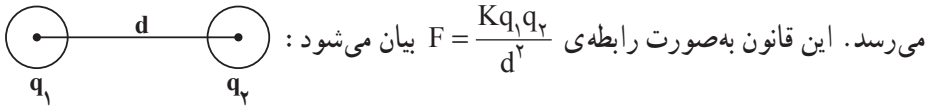
۱-۵-۶- تولید الکتريسيته با استفاده از فشار (پیزوالکتريک): اگر به بعضی اجسام مانند نمک روشل یا تیتانات باریم فشار وارد کنیم، نیروی فشار باعث به حرکت درآمدن الکترون‌ها و رفتن آن‌ها به یک طرف جسم می‌شوند. در این صورت، یک طرف جسم بار الکتريکی منفی و طرف دیگر بار الکتريکی مثبت پیدا می‌کند. اگر نیروی فشار قطع شود الکترون‌ها به مدارهای خود برمی‌گردند. به نیروی فشار برای تولید بارهای الکتريکی اثر پیزوالکتريک گویند. شکل ۱-۶ این حالت را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۶

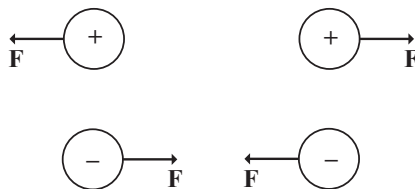
## ۱-۶- قانون کولن

در قرن هجدهم یک دانشمند فرانسوی به نام کولن روی بارهای الکتریکی آزمایش‌هایی انجام داد و قانونی را در مورد جاذبه و دافعه‌ی بین بارهای الکتریکی کشف کرد که به آن قانون کولن گویند. کولن چنین بیان نمود که هرگاه دو جسم باردار خیلی کوچک را در نظر بگیرید که بتوان آن‌ها را در حکم نقطه‌ی باردار دانست یا هرگاه دو جسم کروی را فرض کنید که بار الکتریکی به‌طور یکنواخت روی آن‌ها توزیع شده باشد، اگر بار این دو جسم را با  $q_1$  و  $q_2$  و فاصله‌ی بین آن‌ها را با  $d$  نشان دهیم نیروی جاذبه یا دافعه‌ی بین این بارها متناسب است با مقدار بار الکتریکی هر یک از آن‌ها. به عبارت دیگر، متناسب است با حاصل ضرب دو بار الکتریکی. در ضمن این نیرو با عکس مجذور فاصله‌ی دو بار الکتریکی نیز متناسب است؛ یعنی اگر فاصله‌ی بین دو بار دو برابر شود، نیروی بین آن‌ها به  $\frac{1}{4}$  مقدار اولیه‌اش می‌رسد و اگر فاصله‌ی بین دو بار الکتریکی سه برابر شود، نیرو به  $\frac{1}{9}$  مقدار اولیه می‌رسد. این قانون به صورت رابطه‌ی  $F = \frac{Kq_1q_2}{d^2}$  بیان می‌شود:



$K$  ضریبی است که بستگی دارد به واحدهای انتخاب شده و جنس محیطی که دو جسم باردار در آن قرار گرفته‌اند. اگر اندازه‌گیری نیرو در خلأ صورت گیرد و در دستگاه بین‌المللی واحدها (SI) که در آن  $F$  برحسب نیوتن و  $q$  برحسب کولن و  $d$  برحسب متر است،  $K$  تقریباً برابر با  $K = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$  می‌شود.

اگر در هنگام محاسبه، بار مثبت را با علامت مثبت و بار منفی را با علامت منفی نشان دهیم، نیروی دافعه‌ی بین دو بار هم‌نام با علامت مثبت و نیروی جاذبه‌ی بین دو بار غیرهم‌نام با علامت منفی در نظر گرفته می‌شود. رابطه‌ی  $F = \frac{Kq_1q_2}{d^2}$  فقط اندازه‌ی نیروی کولن را تعیین می‌کند. راستای این نیرو همواره در امتداد خطی است که دو جسم را به یکدیگر وصل می‌نماید. جهت نیرو بستگی به نوع بارهای الکتریکی دو جسم دارد. چنان‌چه گفته شد، بارهای هم‌نام یکدیگر را دفع و بارهای غیرهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند:



مثال (۱): نیروی بین دو بار الکتریکی مثبت که مقدار بار هر یک از آن‌ها یک کولن است و در فاصله‌ی یک متری از یکدیگر قرار دارند چه قدر است؟

حل:

$$q_1 = q_2 = 1\text{C}$$

$$d = 1\text{m}$$

$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 1}{(1)^2} = 9 \times 10^9 \text{ نیوتن}$$

مثال (۲): اگر دو بار منفی به مقدار یک میکروکولن به فاصله‌ی ۱۰ متر از یکدیگر قرار داشته

باشند، نیروی دافعه‌ی بین آن‌ها چند نیوتن است؟

$$\text{حل: } c = 10^{-6} \text{ کولن} = \frac{1}{1000000} = 1.0 \times 10^{-6} \text{ یک میکروکولن}$$

$$q_1 = q_2 = 10^{-6} \text{c} \quad d = 10 \text{m}$$

$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-6} \times 10^{-6}}{(10)^2} = 9 \times 10^{-5} \text{ نیوتن}$$

## ۱-۷- اختلاف سطح یا اختلاف پتانسیل الکتریکی

هرگاه بین دو نقطه از نظر تعداد الکترون تفاوت وجود داشته باشد، بین آن دو نقطه اختلاف

سطح الکتریکی دیده می‌شود. اختلاف سطح الکتریکی را اختلاف پتانسیل یا اختلاف فشار الکتریکی هم می‌نامند. اختلاف سطح الکتریکی را با  $V$  یا  $U$  نشان می‌دهند.

واحد اختلاف سطح الکتریکی ولت است. واحد کوچک‌تر و بزرگ‌تر اختلاف سطح الکتریکی

به ترتیب میلی‌ولت، میکروولت و کیلوولت است.

$$\text{ولت } 10^{-3} = \text{ولت } \frac{1}{1000} = 1\text{mV} = \text{یک میلی‌ولت}$$

$$\text{ولت } 10^{-6} = \text{ولت } \frac{1}{1000000} = 1.0 \text{V} = \text{یک میکروولت}$$

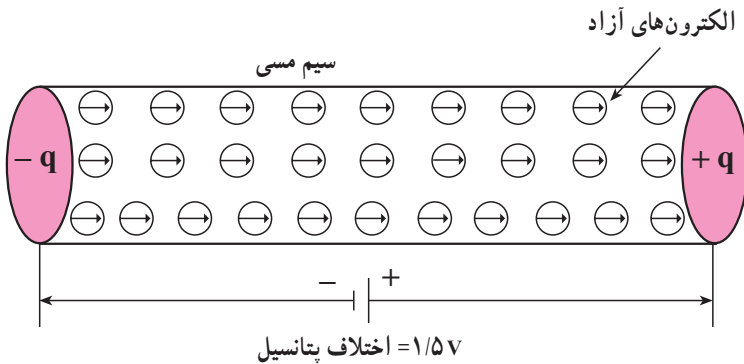
$$\text{ولت } 10^3 = \text{ولت } 1000 = 1\text{kV} = \text{یک کیلوولت}$$

## ۱-۸- جریان الکتریکی

هرگاه دو نقطه‌ی دارای اختلاف سطح الکتریکی (مانند قطب مثبت و منفی یک باتری) را

به وسیله‌ی یک سیم هادی به هم وصل کنیم، الکترون‌های اضافی موجود در قطب منفی به طرف قطب

مثبت حرکت می کنند و در طول سیم هادی جا به جا می شوند. جا به جایی الکترون ها در طول سیم هادی سبب برقراری جریان الکتریکی می شود. شکل ۱-۷ حرکت الکترون های آزاد درون سیم را نشان می دهد.



شکل ۱-۷ حرکت الکترون های آزاد

۱-۸-۱ واحد شدت جریان الکتریکی: واحد شدت جریان الکتریکی آمپر نام دارد. اگر در هر ثانیه از یک نقطه ی سیم  $6/28 \times 10^{18}$  الکترون (۱ کولن الکتریسته) عبور کند، شدت جریان یک آمپر است. شدت جریان الکتریکی را با I و واحد آن را با A نشان می دهند. واحدهای کوچک تر آمپر، میلی آمپر و میکرو آمپر نام دارد.

$$\text{یک میلی آمپر} = 1\text{mA} = \frac{1}{1000} \text{A} = 10^{-3} \text{A}$$

$$\text{یک میکرو آمپر} = 1 \mu\text{A} = \frac{1}{1000000} \text{A} = 10^{-6} \text{A}$$

جهت شدت جریان الکتریکی، طبق قرارداد، از قطب مثبت به طرف قطب منفی (خلاف حرکت الکترون ها) در نظر گرفته می شود.

## ۱-۹ مقاومت الکتریکی

هر عاملی که بتواند جریان الکتریکی را کند یا متوقف کند، مقاومت الکتریکی نام دارد. هرچه مقدار مقاومت بیش تر باشد، شدت جریان الکتریکی کم تر است.

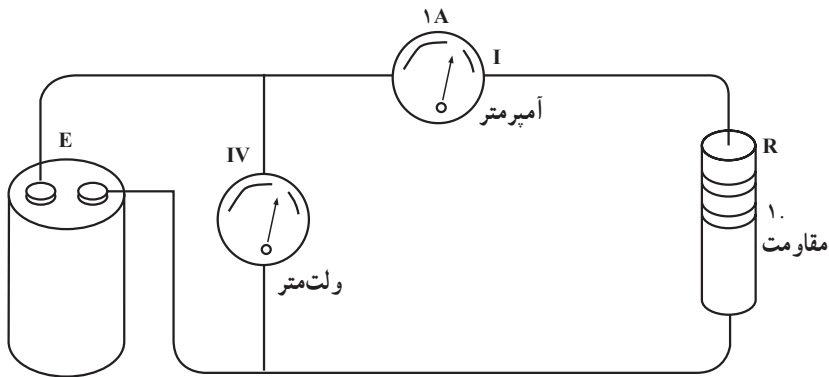
۱-۹-۱ واحد مقاومت الکتریکی: واحد مقاومت الکتریکی اهم نام دارد. یک اهم مقاومت الکتریکی یک سیم هادی است. اگر ولتاژی معادل یک ولت به دو سر آن وصل کنیم، جریانی به شدت یک آمپر از آن عبور می کند. اهم را با علامت (.) امگا نشان می دهند. واحدهای بزرگ تر اهم، کیلو اهم (k.) و مگا اهم (M.) است.

$1k = 10^3 = 1000 =$  یک کیلو اهم

$1M = 10^6 = 1000/000 =$  یک مگا اهم

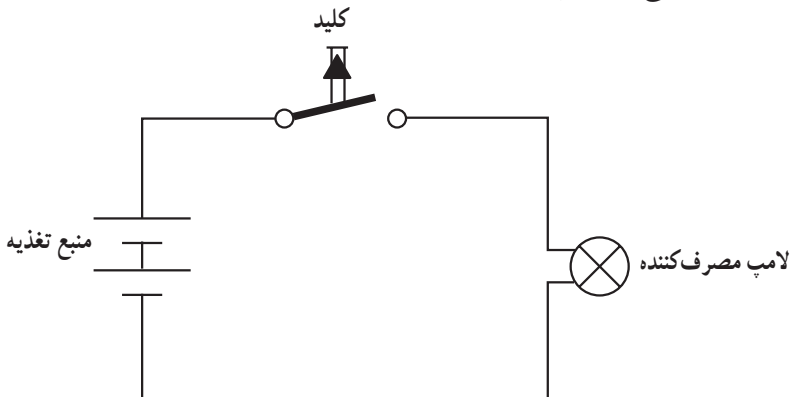
### ۱-۱۰ ساده ترین مدار الکتریکی

در شکل ۱-۸ ساده ترین نوع مدار الکتریکی رسم شده است. هر مدار الکتریکی حداقل دارای یک منبع ولتاژ، مصرف کننده و کلید قطع و وصل و سیم های رابط جهت هدایت جریان الکتریکی می باشد.



شکل ۱-۸

یکی از مدارهای ساده ی الکتریکی، چراغ قوه است. در چراغ قوه پیل ها به منزله ی مولد اختلاف پتانسیل، لامپ به منزله ی مصرف کننده و کلید خاموش و روشن به منزله ی کلید قطع و وصل عمل می کند. از بدنه ی چراغ قوه به منزله ی سیم رابط استفاده شده است. در شکل ۱-۹ مدار ساده الکتریکی یک چراغ قوه رسم شده است.



شکل ۱-۹

## ۱-۱-۱ قانون اهم

ژرژ سیمون اهم کشف کرد که در یک مدار الکتریکی بین ولتاژ و جریان و مقاومت رابطه‌ای وجود دارد؛ به طوری که اگر مقاومت مدار ثابت نگاه داشته شود و مقدار ولتاژ منبع افزایش یابد، شدت جریان نیز زیاد می‌شود و اگر ولتاژ کاهش یابد، شدت جریان هم کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، اهم دریافت کرد که در یک مدار الکتریکی نسبت اختلاف سطح الکتریکی به شدت جریان الکتریکی برابر با مقاومت مدار است.

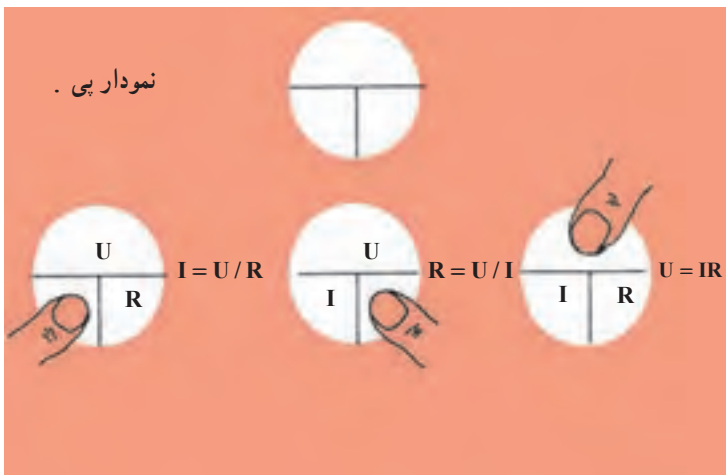
$$\text{مقاومت الکتریکی} = \frac{\text{اختلاف سطح الکتریکی}}{\text{شدت جریان الکتریکی}}$$

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{اهم} = \frac{\text{ولت}}{\text{آمپر}}$$

قانون اهم را می‌توان به شکل‌های مختلف نوشت:

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{یا} \quad U = RI \quad \text{یا} \quad R = \frac{U}{I}$$

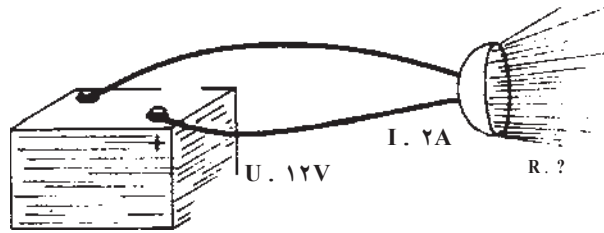
برای به دست آوردن هر کمیت مجهول در قانون اهم می‌توان از شکل ۱-۱ استفاده کرد.



شکل ۱-۱

مثال — تعیین مقاومت: یک باتری ۱۲ ولتی اتومبیل، لامپ چراغ راهنمای اتومبیل را که ۲ آمپر جریان می‌کشد روشن می‌کند. مقاومت لامپ چراغ راهنمای اتومبیل چه قدر است؟

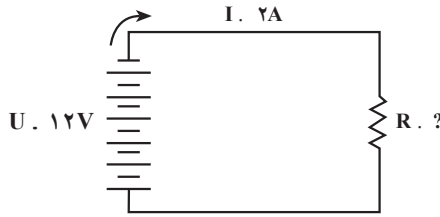
حل:



$$R = \frac{U}{I}$$

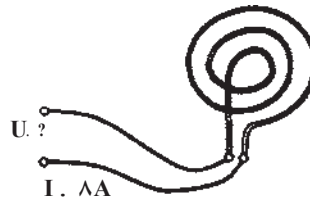
$$R = \frac{12}{2}$$

$$R = 6 \text{ اهم}$$



مثال - تعیین ولتاژ: یک المان (رشته‌ی گرم‌شونده) اجاق برقی دارای مقاومت  $30 \text{ اهم}$  است. اگر جریان مصرفی توسط اجاق برقی  $8 \text{ آمپر}$  باشد، چه اختلاف سطحی لازم است تا اجاق را راه‌اندازی کند؟

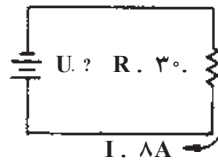
حل:



$$U = I \times R$$

$$U = 8 \times 30$$

$$U = 240 \text{ V}$$



مثال - تعیین جریان: یک مجموعه پیل نوری را که ولتاژ خروجی آن ۳ ولت است به یک مقاومت ۳۰۰۰ اهمی اتصال می دهیم، جریان مدار را به دست آورید.

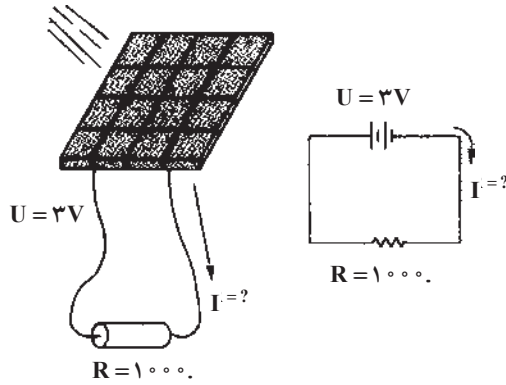
حل:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{3}{1000}$$

$$I = 0.003A$$

$$I = 3mA$$



## ۱-۱۲- مولتی متر

مولتی متر دستگاهی است که به وسیله ی آن می توان چند کمیت الکتریکی را اندازه گیری نمود. معمولاً اغلب مولتی مترها قادر به اندازه گیری ولتاژ، جریان و مقاومت الکتریکی هستند. مولتی متر را آوومتر (AVO meter) نیز می نامند. A مخفف آمپر، V به معنی ولت و O به منزله ی اهم است. در شکل ۱-۱۱ شمای ظاهری یک مولتی متر عقربه ای و دیجیتالی نشان داده شده است.





## ۱-۱۳- قدرت الکتریکی

حاصل ضرب ولتاژ در شدت جریان الکتریکی را قدرت یا توان الکتریکی گویند ( $P = UI$ ). توان الکتریکی عبارت است از انرژی مصرف شده در واحد زمان. قدرت الکتریکی را با  $P$  نمایش می‌دهند. واحد قدرت الکتریکی وات (Watt) است. واحدهای کوچک‌تر توان الکتریکی میلی‌وات و میکرووات و واحدهای بزرگ‌تر آن کیلووات و مگاوات است.

$$1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W} = \text{یک میلی‌وات}$$

$$1 \text{ } \mu\text{W} = 10^{-6} \text{ W} = \text{یک میکرووات}$$

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W} = \text{یک کیلووات}$$

$$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W} = \text{یک مگاوات}$$

واحد دیگر توان، اسب بخار است. یک اسب بخار برابر ۷۳۶ وات می‌باشد. توان را می‌توان

از رابطه‌های  $P = \frac{U^2}{R}$  یا  $P = RI^2$  هم به دست آورد.

مثال: شدت جریان عبوری از یک لامپ ۱۰۰ وات با ولتاژ کار ۲۲۰ ولت چه قدر است؟

حل:

$$P = 100 \text{ W}$$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$P = UI$$

$$\Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{100}{220} = 0.45 \text{ A}$$

## ۱-۱۴- انرژی الکتریکی

حاصل ضرب توان الکتریکی در مدت زمان را انرژی الکتریکی می‌نامند. واحد تجاری انرژی

الکتریکی کیلووات ساعت است. انرژی الکتریکی را با  $W$  نشان می‌دهند:

$$W = P \times t$$

$$\text{kWh} = \text{ساعت} \times \text{کیلووات} = \text{کیلووات ساعت}$$

برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی از کنتور استفاده می‌کنند.

مثال: توان مصرفی یک آپارتمان ۱۰۰۰ وات است؛ انرژی مصرف شده در مدت ۳۰ روز را

حساب کنید.

حل:

$$P = 1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$$

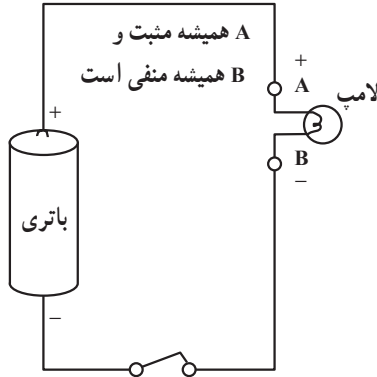
$$W = P \times t$$

$$t = 30 \times 24 = 720$$

$$W = 1 \times 720 = 720 \text{ kWh}$$

## ۱-۱۵- جریان مستقیم یا DC<sup>۱</sup>

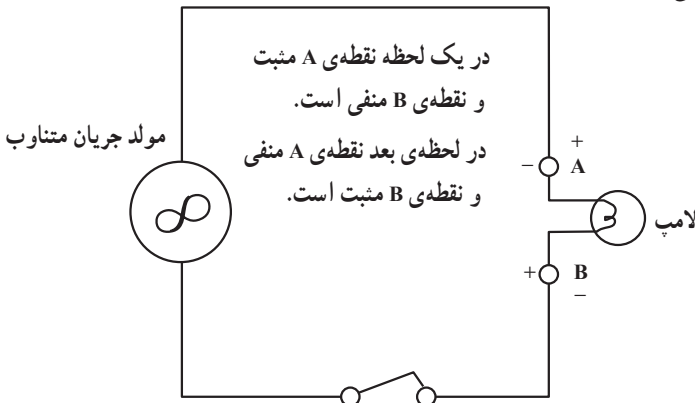
هرگاه دو قطب ولتاژ نسبت به زمان ثابت بماند، جریان فقط در یک جهت جاری می‌شود و مقدار و جهت آن در طول زمان تغییر نمی‌کند. به این جریان، جریان DC یا مستقیم گویند. باتری‌ها مولد جریان DC هستند. شکل ۱-۱۲ مدار یک جریان مستقیم را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۲

## ۱-۱۶- جریان متناوب یا AC<sup>۲</sup>

هرگاه جهت قطب‌های یک مولد به طور متناوب تغییر کند، جهت جریان نیز به طور متناوب تغییر می‌کند. این نوع جریان را جریان متناوب گویند و آن را به صورت AC نشان می‌دهند. از انواع جریان AC می‌توان برق شهر و مولدهای کوچک برق اضطراری را نام برد. شکل ۱-۱۳ مدار یک جریان AC را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۳

<sup>۱</sup>- DC = Direct Current

<sup>۲</sup>- AC = Alternating Current

- ۱- ماده و اتم را تعریف کنید.
- ۲- روش‌های مختلف تولید الکتریسیته را نام ببرید.
- ۳- کمیت‌های ولتاژ، جریان و مقاومت را شرح دهید و واحد آن‌ها را بیان کنید.
- ۴- قانون اهم را شرح دهید و حالت‌های آن را به صورت فرمول بنویسید.
- ۵- مولتی‌متر چه کمیت‌هایی را می‌تواند اندازه بگیرد؟
- ۶- جریان مستقیم و متناوب را شرح دهید.
- ۷- هرگاه دو بار نقطه‌ای  $q_1 = 10^{-5} \text{ C}$  و  $q_2 = -5 \times 10^{-5} \text{ C}$  در فاصله‌ی دو متری از یکدیگر قرار گرفته باشند، الف) نیروی جاذبه بین دو بار چه قدر است؟ ب) جهت نیرو را مشخص کنید.
- ۸-  $100$  میکروولت چند میلی‌ولت و چند ولت است؟
- ۹- جریان‌های زیر را به ترتیب از چپ به راست و از کم‌ترین مقدار به بیش‌ترین مقدار مرتب کنید.

$$200 \text{ mA} - 100 \text{ A} \text{ و } 0.05 \text{ A} - 0.3 \text{ mA} - 450 \text{ A}$$

- ۱۰- به دو سر یک مقاومت  $60$  اهمی ولتاژی برابر  $30$  ولت وصل شده است. جریان عبوری از مقاومت چه قدر است؟
- ۱۱- یک لامپ دارای مقاومت  $150$  اهم است. اگر از این لامپ جریان  $5/0$  آمپر عبور کند، افت ولتاژ دو سر لامپ چه قدر است؟
- ۱۲- اگر ولتاژ  $100$  ولت را به دو سر یک مقاومت وصل کنیم و از مقاومت  $2 \text{ A}$  جریان بگذرد، مقدار مقاومت چه قدر است؟

### حفاظت و ایمنی در صنعت برق

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- اثرات فیزیولوژیک برق بر بدن را شرح دهد.
- حدود ولتاژ برق خطرناک را بیان کند.
- عوارض برق‌گرفتگی را شرح دهد.
- کمک‌های اولیه در برق‌گرفتگی را توضیح دهد.
- اصول کار فیوز را توضیح دهد.
- اتصال زمین دستگاه‌های الکتریکی را شرح دهد.

#### ۱-۲- اثرات فیزیولوژیکی برق در بدن انسان

مقدار جریانی که ممکن است بدون هیچ‌گونه خطری از بدن انسان عبور کند، به ویژگی‌های جسمی شخص، دامنه‌ی جریان، نوع جریان، مسیر و طول مدت عبور جریان بستگی دارد. مقاومت الکتریکی بدن در صورتی که پوست سالم و خشک باشد، حدود ۱۳۰۰ تا ۳۰۰۰ اهم است. مقاومت بدن در اثر رطوبت نیز کاهش می‌یابد. همچنین خراش، زخم و سوختگی می‌تواند باعث پایین آمدن مقاومت بدن شود.

جریان کم، حدود یک یا دو میلی‌آمپر، بی‌خطر است و امکان دارد تنها به‌صورت یک لرزش خفیف در بدن ظاهر شود. در جریان‌های بیش‌تر از ۱۰ تا ۱۵ میلی‌آمپر ممکن است شوک به‌صورت گذرا از سطح بدن عبور کند؛ اما در جریان‌های بالاتر این اثر به‌صورت گرفتگی ماهیچه نمایان می‌شود. جریان‌های بالاتر ایجاد درد شدید می‌کند؛ به‌طوری که در جریان حدود ۳۰ تا ۵۰ میلی‌آمپر درد غیرقابل تحمل است. البته حدود ۵۰ میلی‌آمپر به بالا کشنده است. در جدول ۱-۲ اثر جریان برق روی انسان در فرکانس ۵۰ هرتز نشان داده شده است.

جدول ۱-۲- تأثیر جریان بر بدن انسان

شدت جریان به میلی آمپر	جریان متناوب ۵۰ تا ۶۰ هرترز	جریان دائم (مستقیم)
۱/۶ تا ۵/۱	احساس عبور جریان لرزش کم انگشتان دست	۱- در این محدوده جریانی احساس عارض نمی شود.
۲ تا ۳	لرزش شدید انگشتان دست	۲- در این محدوده جریانی احساس عارض نمی شود.
۵ تا ۷	تشنج دستها	۳- درد با خارش، احساس گرما
۸ تا ۱۰	دستها به سختی تکان می خورد، ولی می توان آنها را از الکترودها جدا نمود - درد شدید در انگشتان و مفاصل دستها - بی حسی دستها	۴- احساس شدید گرما
۱۱ تا ۱۲	تشنج عضلات تا شانها ادامه یافته، درد شدیدی احساس می شود. تماس با الکترودها را تا ۳۵ ثانیه می توان تحمل کرد.	۵- احساس شدید گرما
۱۳ تا ۱۴	رها کردن الکترودها با اشکال امکان دارد و تماس با الکترودها را تا ۱۵ ثانیه می توان تحمل کرد.	۶- احساس شدید گرما
۱۵	رها کردن الکترودها غیرممکن بوده و تعلق دستها به وجود می آید.	۷- احساس شدید گرما
۲۰ تا ۲۵	دستها ناگهان فلج می شود. الکترودها را می توان رها کرد، درد شدید عارض می شود و تنگی نفس به وجود می آید.	۸- احساس شدید گرما، انقباض کم عضلات، دست
۵۰ تا ۸۰	بند آمدن نفس - لرزش در بطنهای قلب	۹- احساس ازدیاد شدت گرما، انقباض عضلات، تشنج و سختی تنفس
۹۰ تا ۱۰۰	قطع تنفس که اگر بیش از سه ثانیه طول بکشد، قلب فلج شده حرکات بطنهای قلب قطع می شود.	۱۰- بند آمدن نفس

## ۲-۲- ولتاژ تماس خطرناک

در فرکانس ۵۰ تا ۶۰ هرتز جریانی که وارد بدن می‌شود تقریباً به طور یکسان در بدن تقسیم می‌گردد. حد ولتاژ خطرناک برای این که جریان از ۵۰ میلی‌آمپر بیش تر باشد ۶۵ ولت است. این ولتاژ برای حداقل مقاومت بدن (۱۳۰۰۰) محاسبه شده است:

$$U = RI = (13000) (0.5A) = 65V$$

از نظر نوع جریان، جریان متناوب به ویژه فرکانس ۵۰ هرتز از جریان مستقیم خطرناک تر است: در فرکانس‌های خیلی زیاد (از ۱۰ kHz به بیشتر) جریان ورودی به بدن به سطوح خارجی محدود می‌شود و از قسمت‌های حساس داخل بدن عبور نمی‌کند.

## ۲-۳- عوارض ناشی از برق‌گرفتگی

برق‌گرفتگی ممکن است به یکی از صورت‌های زیر اتفاق بیفتد.

### ۲-۳-۱- شوک الکتریکی سطحی: در این حالت بدن شخص در مقابل جریان الکتریکی

واکنش نشان می‌دهد و به طور تصادفی از نقطه‌ی اتصال رها شده به سمت دیگر پرتاب می‌شود. احتمال مرگ در این حالت نسبتاً کم است؛ اما احتمال خطراتی نظیر شکستگی استخوان، زخمی شدن و سوختگی پوستی وجود دارد.

### ۲-۳-۲- شوک الکتریکی عمیق: در این حالت شخص به محل اتصال چسبیده قادر به

رها کردن آن نیست. اگر زمان عبور جریان از بدن طولانی شود، حتماً منجر به مرگ خواهد شد. با توجه به محل اتصال ممکن است جریان از مغز عبور کرده سلسله اعصاب را فلج کند یا از قلب بگذرد و آن را از حرکت بازدارد.

### ۲-۳-۳- مسیر عبور جریان الکتریکی از بدن: مسیر عبور جریان از بدن، یکی از نکات

مهم در برق‌گرفتگی است؛ زیرا ممکن است این مسیر از قلب و سیستم تنفسی یا از مغز بگذرد. علاوه بر مسیر، مقدار عبور جریان از قلب یا سیستم تنفسی و شدت برق‌گرفتگی به محل اتصال بستگی دارد. در جدول ۲-۲ مسیر عبور جریان الکتریکی و درصد جریانی که از قلب می‌گذرد نشان داده شده است.

جدول ۲-۲

درصد کل جریانی که از قلب می‌گذرد	مسیر عبور جریان الکتریکی
۳/۳٪	دست به دست
۳/۷٪	دست چپ به پاها
۶/۷٪	دست راست به پاها
۰/۴٪	پا به پا

## ۲-۴- کمک‌های اولیه به افراد برق گرفته

اگرچه صدمات خارجی برق‌زدگی (سوختگی) مهم است، ولی انسان از این اثرات کم‌تر دچار مرگ می‌شود. خطرات اساسی که مرگ را به‌دنبال دارد، در اثر تأثیرات داخلی و نفوذی الکتروسیسته در بدن است. به همین دلیل باید نکاتی که در این قسمت اشاره می‌شود، مورد توجه و دقت زیادی قرار گیرد. به‌خصوص افرادی که با جریان‌های برق سر و کار دارند ملزم به دانستن طرز جلوگیری از خطرات و روش‌های احیاء و تنفس مصنوعی مصدوم هستند.

برای کمک به شخص برق گرفته ابتدا در کمال خونسردی فوراً کلید اصلی برق را قطع کنید و اگر کلید برق در دسترس نبود به‌وسیله‌ی یک شیء عایق مانند چوب خشک، عامل برق‌دار را از بدن مصدوم جدا کنید. البته در این حالت ممکن است فرد مصدوم در حالت اغما باشد. اگر قلب و اعضای تنفسی شخص آسیبی ندیده باشد کافی است پنجره‌های محل را گشوده دگمه‌های لباس را برای تنفس راحت‌تر باز کنید؛ سپس کمی آمونیاک یا سرکه زیر بینی مصدوم بگیرید. اگر تنفس وی منقطع و ضربان قلب قطع شد، نشانه‌ی شوک الکتریکی است که فلج تنفسی یا فلج قلبی را به‌وجود آورده است. در این حالت یک مرگ لحظه‌ای اتفاق می‌افتد، ولی به احتمال زیاد می‌توان زندگی را دوباره به مصدوم بازگرداند. آمار نشان می‌دهد اگر در دقیقه‌ی اول به مصدوم کمک شود ۹۰٪ احتمال نجات او وجود دارد؛ اما پس از ۶ دقیقه ۱۰٪، پس از ۱۲ دقیقه احتمال بسیار کمی برای نجات مصدوم و ادامه‌ی زندگی او وجود خواهد داشت. پس از جداسازی مصدوم از عامل برق‌دار فوراً باید تنفس مصنوعی را آغاز کرد. البته قبل از آغاز تنفس مصنوعی باید به نکات زیر توجه شود:

— تمام البسه‌ی مصدوم را که موجب تنگی نفس می‌شود، باز یا پاره کرده یا از تن او بیرون آورید.

— دهان مصدوم را با وسیله‌ای مانند مداد یا قاشق به آهستگی باز کنید و این وسیله را بین دندان‌های شخص در کنج دهان قرار دهید.

— دهان مصدوم را از اشیای خارجی (دندان مصنوعی یا خوراکی) تمیز کنید و زبان را به سمت جلو بکشید؛ زیرا در موقع برق‌گرفتگی زبان به‌صورت یک گلوله در ته گلو جمع می‌شود و جلوی مجرای تنفسی را مسدود می‌کند. تنفس مصنوعی بستگی به تعداد کمک‌دهندگان دارد و عملیات آن به روش‌های زیر انجام می‌گیرد.

## ۲-۴-۱- روش‌های مختلف تنفس مصنوعی

**الف) روش شیفر (کمک یا نفری):** در این حالت مصدوم را روی شکم بخوابانید و طوری روی زانوئ او بنشینید که بتوانید دست‌های خود را به‌راحتی زیر ستون فقرات در کنار بدن مصدوم

قرار دهید. سپس به طور متوالی (نسبت به تنفس خود) به دیافراگم قلب فشار آورید و رها کنید تا بدین وسیله قلب تحریک شود و شروع به حرکت کند. این عمل باعث تجدید تنفس می شود.

ب) روش سیلوستر (کمک دو نفره): اگر تعداد کمک دهندگان بیش از یک نفر باشد، در این روش مصدوم را به پشت بخوابانید و زیر شانه‌ی او لباس یا پتو قرار دهید، به طوری که سر به سمت پشت بیفتد و سینه رو به بالا قرار گیرد. سپس دست‌های مصدوم را بگیرید و تا آرنج در کنار بدن وی بیندید و به آن فشار آورید. فرد کمکی باید زبان مصدوم را بگیرد و به آهستگی به طرف چانه بکشد. برای جلوگیری از ورود کف و احتمالاً استفراغ به مجاری تنفسی باید سر مصدوم به یک طرف چرخانده شده باشد. در هر دو حالت تعداد حرکات عیناً مثل تنفس انسان (۱۵ تا ۳۰ مرتبه در دقیقه) است. عمل تنفس مصنوعی ممکن است چند ساعت طول بکشد.

در موقع تنفس مصنوعی باید مواظب باشید که به قفسه‌ی سینه مصدوم بیش از حد فشار وارد نشود؛ زیرا در اثر فشار زیاد ممکن است استخوان‌های قفسه‌ی سینه صدمه ببیند. در روش اول سعی شود که به معده‌ی مصدوم فشار زیاد وارد نشود؛ زیرا ممکن است درون معده را بالا آورده و جلوی ورود هوا به ریه را مسدود کند. همچنین در روش دوم ممکن است حرکات تند دست‌های مصدوم باعث شکستگی یا دررفتگی استخوان شود.

در هنگام تنفس مصنوعی باید سعی کرد که بدن مصدوم حرارت خود را حفظ کند. برای این کار باید او را با وسیله‌ای گرم پوشاند و روی پاها و بدن شخص کیسه‌ی آب گرم قرار داد. این عمل باید همراه با تنفس مصنوعی و بدون قطع آن انجام شود. شکل ۱-۲ روش سیلوستر در تنفس مصنوعی را نشان می دهد.



شکل ۱-۲



پ) روش دهان به دهان: این روش که از اهمیت بیش‌تری برخوردار است، به این ترتیب اجرا می‌شود که: ابتدا مصدوم را به پشت خوابانده دگمه‌های لباس و یقه‌ی او را باز کنید؛ سپس بینی مصدوم را با یک دست بگیرید و با دست دیگر چانه‌ی او را طوری نگاه دارید که سر به سمت عقب زاویه پیدا کند. در این حالت به‌عنوان عمل‌کننده، دهان خود را به دهان مصدوم بگذارید و ریه‌ی او را از هوا پر کنید. هنگام دمیدن هوا بینی شخص را محکم به حالت بسته نگاه دارید و در موقع بازدم برای این که هوای وارد شده از ریه‌ی مصدوم خارج شود، بینی را رها کنید و به آرامی به قفسه‌ی سینه‌اش فشار آورید. این عمل آن قدر تکرار می‌شود تا مصدوم بتواند تنفس کند. تناوب دم و بازدم باید با تنفس شخص کمک‌دهنده هم‌زمان باشد.

یکی دیگر از نکات مؤثر در این نوع تنفس مصنوعی ماساژ دادن قلب شخص در لحظه‌ای است که هوای داخل ریه خارج می‌شود. معمولاً پس از هر چهار تا پنج دقیقه تنفس مصنوعی، اگر حرکتی مشاهده شد مبنی بر این که مصدوم می‌تواند تنفس کند برای ۱۵ تا ۲۰ ثانیه تنفس مصنوعی را قطع کنید. در صورتی که مصدوم بتواند تنفس کند، ولی تعداد تنفس‌های او کم‌تر از حد طبیعی باشد باید به کار خود ادامه دهید. باید توجه داشت که مصدوم را چه قبل از تنفس مصنوعی و چه بعد از آن تا رسیدن پزشک جابه‌جا نکنید و او را گرم نگه‌دارید. در صورت موجود بودن کپسول اکسیژن و نیاز به آن تنها هنگام حضور پزشک آن را مورد استفاده قرار دهید. شکل ۲-۲ روش دهان به دهان را نشان می‌دهد.



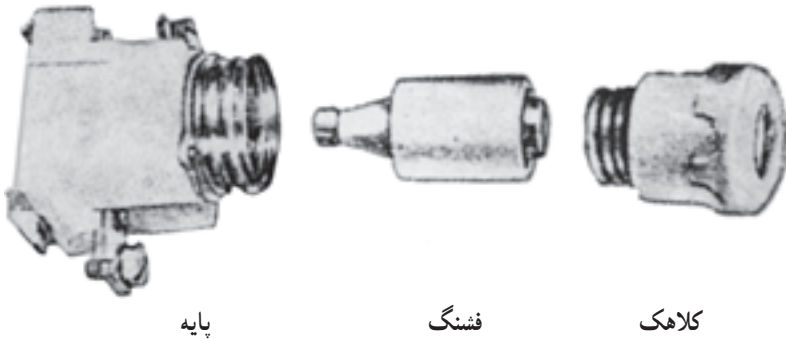
شکل ۲-۲- روش دهان به دهان

## ۲-۵- ساختمان و اصول کار فیوزها

فیوزها وسایل حفاظتی هستند که در مدار الکتریکی به‌طور سری قرار می‌گیرند و مصرف‌کننده را در مقابل عبور جریان اضافی حفاظت می‌کنند. اگر جریان بیش از جریان مجاز فیوز باشد، سیم

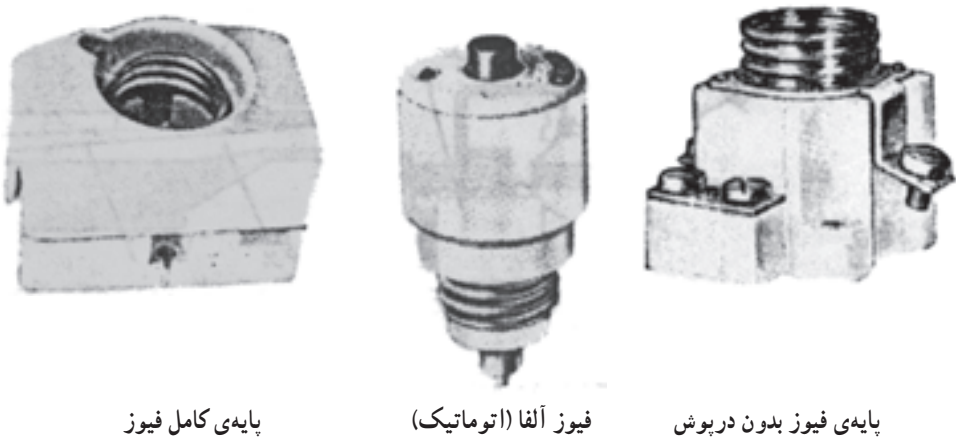
داخل فیوز ذوب و فیوز قطع می‌شود. فیوزها انواع مختلفی دارند که در زیر، درباره‌ی هر یک توضیح داده می‌شود.

۲-۵-۱- فیوز ذوب‌شونده: فیوز ذوب‌شونده یا فشنگی از سه قسمت اصلی کلاهک، فشنگ و پایه تشکیل می‌شود. شکل ۲-۳ این سه قسمت را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳

۲-۵-۲- فیوز اتوماتیک: این نوع فیوز از دو عنصر حرارتی و مغناطیسی تشکیل شده است. اگر از مدار جریان زیادی بگذرد، دگمه‌ی فشاری بالای فیوز به سمت بیرون می‌پرد و مدار قطع می‌شود. برای اتصال مجدد کافی است که پس از چند لحظه با فشاری دگمه فیوز به داخل رانده شود. شکل ۲-۴ این فیوز را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴

۲-۵-۳- کلید فیوز مینیاتوری: ساختمان و کاربرد این نوع فیوزها شبیه فیوز اتوماتیک است. شکل ۲-۵ این نوع فیوز را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۵

## ۲-۶- اتصال زمین (سیم ارت)

یکی از موارد بسیار مهمی که در تأمین سیستم‌های حفاظتی اشخاص و دستگاه‌های الکتریکی به کار می‌رود، استفاده از اتصال زمین است.

اتصال زمین باعث جلوگیری از خطرات برق‌گرفتگی کارگران در کارخانه‌ها و کارگاه‌ها و همچنین ساکنان منازل می‌شود. یک سیستم حفاظت در مقابل صاعقه در شبکه‌ها و تأسیسات الکتریکی، دکل‌ها، برج‌های فلزی، آنتن‌ها و حتی ساختمان‌های مسکونی بزرگ نیز می‌تواند توسط اتصال زمین ایجاد شود. به‌طور کلی اتصال زمین حفاظتی عبارت است از اتصال دادن قسمت‌های فلزی دستگاه‌های الکتریکی به زمین که در کار اصلی دستگاه‌ها دخالت ندارند و از ولتاژ  $110^\circ$  ولت به بالا استفاده از آن جزء موارد اجباری نیز محسوب می‌شود. به همین جهت سیم‌کشی وسایل یک فاز سه سیمه و انشعاب‌های سه فاز چهارسیمه هستند. باید توجه داشت که سیم صفر یا نول در دستگاه‌های سه‌فاز غیر از سیم اتصال زمین است.

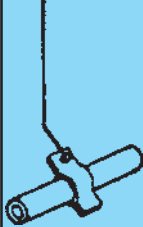
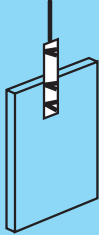
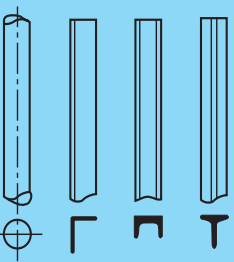
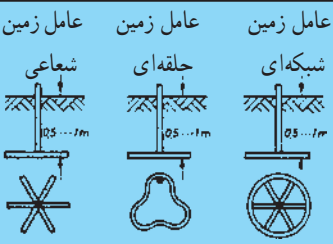
## ۲-۶-۱- روش‌های ایجاد یک سیستم اتصال زمین

الف) استفاده از صفحات فلزی قلع‌اندود در عمق زمین: کاربرد صفحات فلزی به دلیل مقاومت بیش‌تر نسبت به دو حالت بعدی (نوار فلزی و روکش شده) کم‌تر است.

ب) استفاده از نوارهای تاییده شده‌ی مسی در مکان‌هایی که دستیابی به عمق زمین به علت سختی آن غیرممکن یا سخت است.

پ) قرار دادن میله‌ها یا لوله‌های مسی یا فولادی قلع اندود شده به شکل‌های شبکه‌ای، حلقه‌ای یا شعاعی (شکل ۲-۶).

۲-۶-۲- مقاومت اتصال زمین: پس از احداث چاه اتصال زمین لازم است ابتدا مقاومت زمین اندازه‌گیری شود. مقدار این مقاومت معمولاً نباید از ۴ اهم بیش‌تر باشد. به جهت اطمینان خاطر هر چند ماه یک‌بار باید مقاومت زمین اندازه‌گیری شود. معمولاً برای کاهش مقاومت زمین، در چاه اتصال زمین همراه خاک درصدی براده‌ی مس، زغال و نمک اضافه می‌کنند. سیم خارج شده از چاه یا عامل اتصال زمین باید وارد تابلوی اصلی مصرف شود و از آن‌جا به وسیله‌ی سیم اتصال بدنه به کلیه‌ی مصرف‌کننده‌ها متصل گردد. شکل ۲-۶ انواع این عوامل اتصال زمین را نشان می‌دهد.

شبه‌کشی لوله‌کشی آب	عامل زمین صفحه‌ای	عامل زمین لوله‌ای	عامل زمین نواری
 <p>در مورد جریان مستقیم مجاز نیست اجرای اتصال بر طبق VDE0190</p>	 <p>ورق فولاد به ضخامت ۳ ورق مسی به ضخامت ۲</p>	 <p>لوله‌ی مسی ۳×۲ یا فولاد ۲...۰۰۰۰۰۰ 65×65×7 U.Stt6 1/2 T.Stt6</p>	 <p>عامل زمین شعاعی عامل زمین حلقه‌ای عامل زمین شبکه‌ای</p> <p>نوار تسمه‌ی فولادی با مقطع ۱۰ میلی‌متر مربع و ۳ میلی‌متر ضخامت. سیم تابیده‌ی اتصال به زمین (که از رشته‌های خیلی نازک نیست) ۹۵ میلی‌متر مربع. از فولاد و قشر مس ۵۰ میلی‌متر مربع. در صورتی که نوار مسی به کار رود مقطع آن ۵۰ میلی‌متر مربع و ضخامت ۲ میلی‌متر و سیم اتصال به زمین از مس ۳۵ میلی‌متر مربع (که رشته‌های آن خیلی نازک می‌باشد).</p>

شکل ۲-۶- انواع عوامل اتصال زمین

## پرسش

- ۱- جریان و ولتاژ مجاز در مقابل خطر برق‌گرفتگی چه قدر است؟
- ۲- حدود مقاومت بدن انسان چه قدر است؟
- ۳- خطرناک‌ترین مسیر عبور جریان برق از بدن کدام مسیر است؟
- ۴- روش‌های مختلف تنفس مصنوعی برای یک شخص برق‌گرفته را شرح دهید.
- ۵- فیوزها در مدارهای الکتریکی چه نقشی دارند؟
- ۶- اتصال زمین چه نقشی در سیستم حفاظتی دستگاه‌های الکتریکی دارد؟
- ۷- سیستم اتصال زمین را شرح دهید.
- ۸- حداکثر مقاومت اتصال زمین چند اهم است؟

### اتصالات و مدارهای الکتریکی و محاسبات آنها

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- انواع سیم‌ها و اتصال آنها را توضیح دهد.
- لحیم کاری و انواع هویه‌ها را توضیح دهد.
- مدار الکتریکی و اجزای آن را توضیح دهد.
- اتصال مقاومت‌ها را توضیح دهد.
- مقاومت معادل مدارهای سری را محاسبه کند.
- توان و انرژی الکتریکی در یک مدار سری را محاسبه کند.
- مقاومت معادل مدارهای موازی را محاسبه کند.
- توان و انرژی الکتریکی در یک مدار موازی را محاسبه کند.
- طرز کار انواع کلیدها، پرز، جعبه تقسیم، لامپ و سربیس را بداند.
- اصول کار لامپ فلوروسنت را توضیح دهد.
- اصول کار زنگ اخبار را توضیح دهد.

#### ۳-۱- شناسایی انواع سیم‌ها

در صنعت برق سیم‌های گوناگونی وجود دارد که هر کدام برای کار خاصی ساخته شده‌اند. سیم‌ها را به‌طور عمومی به دو دسته‌ی افشان و مفتولی تقسیم می‌کنند.

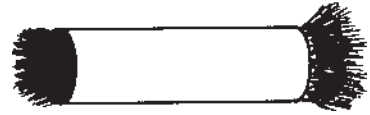
**سیم افشان:** سیم افشان از چند رشته‌ی نازک تشکیل شده که در داخل روپوش پلاستیکی جای می‌گیرد. از مزایای سیم‌های افشان قابلیت انعطاف آن را می‌توان نام برد. در شکل ۳-۱ الف یک نوع سیم افشان نشان داده شده است.

**سیم مفتولی:** این سیم‌ها از یک مفتول مسی تشکیل شده است که یک روپوش پلاستیکی به‌عنوان عایق روی آن کشیده می‌شود. این سیم‌ها قابلیت انعطاف بسیار کمی دارند و برای فرم‌کاری

مناسب اند (شکل ۳-۱-ب).



ب - سیم مفتولی دولا



الف - سیم افشان



ب - سیم مفتولی

شکل ۳-۱- انواع سیم ها

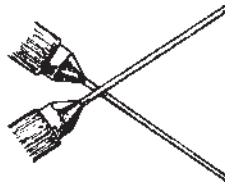
سیم های افشان و مفتولی به صورت یک لا و چند لا ساخته می شوند. در نوع چند لا معمولاً دو یا چند رشته سیم که خود عایق جداگانه ای دارند، در کنار هم در یک روپوش قرار داده می شوند. در شکل ۳-۱- پ سیم مفتولی دولایه نشان داده شده است. جهت تفکیک انواع سیم ها از یکدیگر معمولاً سیم ها را با حروف و شماره های رمز مشخص می کنند و کد رمز مربوط به هر سیم را روی عایق آن می نویسند.

### ۳-۲- اتصال سیم ها به یکدیگر

در اکثر سیم کشی ها مواردی پیش می آید که باید دو سیم را به هم وصل کنیم. اتصال سیم ها به یکدیگر روش های مختلفی دارد که در زیر به آن ها اشاره می شود:  
\* اتصال سر به سر که در شکل ۳-۲ نشان داده شده است.



(ب)



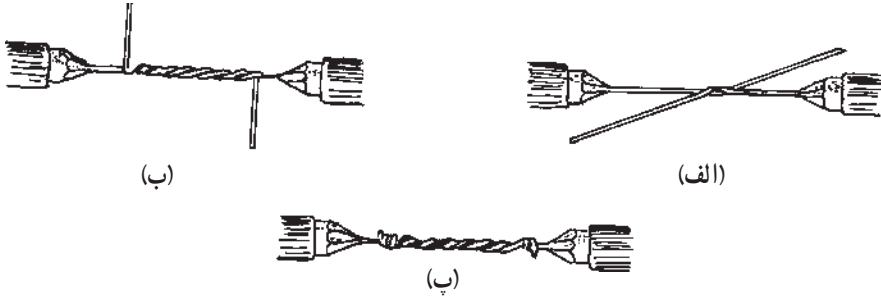
(ب)



(الف)

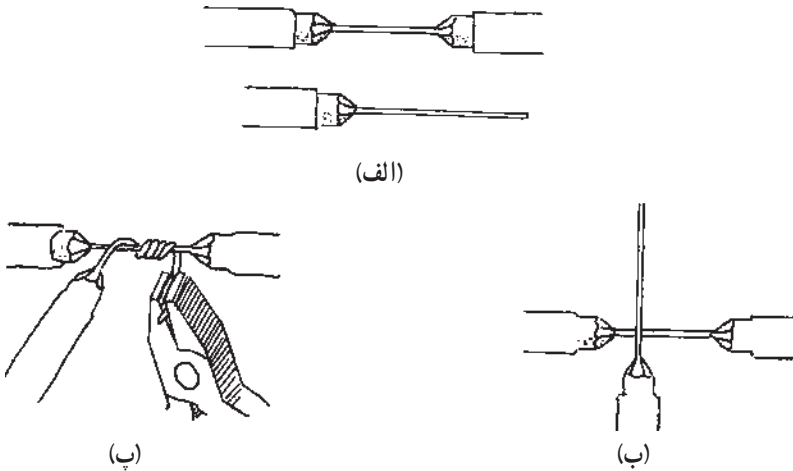
شکل ۳-۲- مراحل اتصال سر به سر

\* اتصال طولی که در شکل ۳-۳ نشان داده شده است.



شکل ۳-۳

\* اتصال سه راهی یا اتصال انشعابی بدون قطع سیم که در شکل ۴-۳ نشان داده شده است.



شکل ۴-۳

### ۳-۳- لحیم کاری

منظور از لحیم کاری اتصال دو یا چند قطعه به یکدیگر است. این عمل به وسیله آلیاژی از قلع و سرب یا سایر فلزات که آن‌ها را لحیم می‌نامند، انجام می‌شود. برای انجام لحیم کاری ابتدا با وسیله‌ای محل اتصال دو فلز را در حدی گرم می‌کنیم تا به نقطه‌ی ذوب لحیم برسد. در این مرحله لحیم در محل اتصال ذوب می‌شود و پس از سرد شدن دو قطعه را به هم متصل می‌کند.

### ۴-۳- مواد کمکی لحیم کاری

برای انجام عمل لحیم کاری از وسایل و مواد کمکی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها روغن



لحیم کاری است. تمامی عناصری که قرار است به یکدیگر متصل شوند، ممکن است در اثر عوامل جوی اکسید شوند یا سطوح خارجی آن‌ها کثیف و آلوده باشد. برای از بین بردن این عوامل از مواد پاک کننده یا روغن لحیم استفاده می‌شود. این مواد علاوه بر آن که ترکیبات مزاحم سطوح قطعات را پاک می‌کنند، مانع از اکسید شدن محل اتصال در حین عمل لحیم کاری نیز می‌شوند. از این رو تمامی مواد پاک کننده که قادر هستند ترکیباتی نظیر اکسیدها و هیدرات‌ها را در خود حل کنند، می‌توانند در شمار روغن لحیم کاری به حساب آیند.

### ۳-۵- لحیم

لحیم آلیاژی است از سرب و قلع که نقطه‌ی ذوب آن پایین است. آلیاژ لحیم را به صورت سیم‌های استوانه‌ای با قطرهای محدود ۰/۵ تا ۴ میلی‌متر می‌سازند. معمولاً در داخل این سیم‌ها سوراخی سرتاسری وجود دارد که در داخل آن روغن لحیم قرار می‌گیرد (سیم لحیم با مغزی روغن). نسبت قلع و سرب در آلیاژ لحیم بین ۴۰ تا ۶۰ درصد تغییر می‌کند. در عمل سیم‌های لحیم را معمولاً با آلیاژهای ۶۰/۴۰، ۵۰/۵۰ و ۴۰/۶۰ می‌سازند. لحیم ۶۰/۴۰ آلیاژی است که در آن ترکیب ۶۰ درصد قلع و ۴۰ درصد سرب وجود دارد. هرچه درصد قلع بیش‌تر باشد، لحیم در درجه‌ی حرارت کم‌تر ذوب می‌شود. در شکل ۳-۵ چند نوع سیم لحیم نشان داده شده است.



شکل ۳-۵

### ۳-۶- وسایل لحیم کاری

برای لحیم کاری دو یا چند قطعه‌ی فلزی به یکدیگر باید ابتدا آن‌ها را گرم کنیم و سپس عمل لحیم کاری را انجام دهیم. وسیله‌ای که حرارت مورد نیاز برای لحیم کاری را تأمین می‌کند هویه نام دارد. هویه بر دو نوع است: هویه‌ی ساده و هویه‌ی برقی.

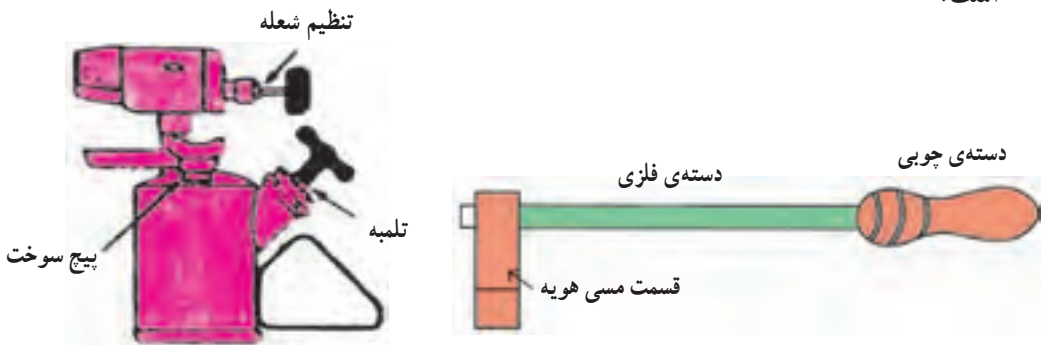
۳-۶-۱- هویه‌ی ساده: هویه‌ی ساده از سه قسمت تشکیل شده است:

الف. سر هویه که شبیه چکش و از جنس مس است.

ب. دسته‌ی هویه که مفتولی از آهن است.

پ. دسته‌ی چوبی هویه که در انتهای دسته‌ی فلزی قرار دارد.

هویه‌ی ساده به وسیله‌ی حرارت چراغ پرموس، گاز یا زغال گرم می‌شود و در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۳-۶ هویه‌ی ساده و دستگاه گرم‌کننده‌ی آن نشان داده شده است.



شکل ۳-۶

۳-۶-۲- هویه‌ی برقی: هویه‌ی برقی بر دو نوع است: هویه‌ی قلمی (مقاومتی) و هویه‌ی

هفت تیری.

الف. هویه‌ی قلمی: در ساختمان این نوع هویه‌ها معمولاً از سیم‌های حرارتی مانند کرم نیکل

یا کرم آلومینیم استفاده می‌شود.

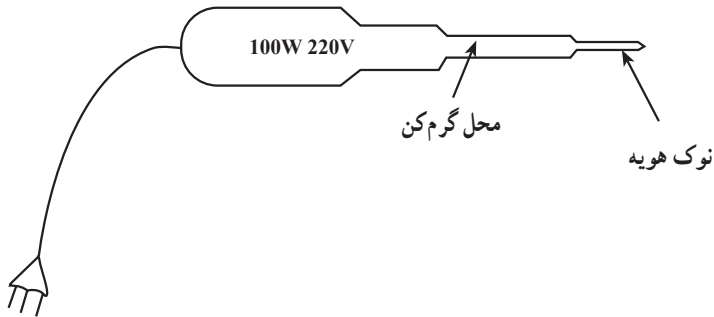
در این نوع هویه سیم گرم‌کن را روی عایقی از آجر نسوز که وسط آن خالی است می‌پیچند.

یک میله‌ی مسی که همان نوک هویه است، در داخل محفظه‌ی خالی قرار می‌گیرد. در اثر عبور

جریان از سیم گرم‌کن حرارت ایجاد می‌شود. حرارت به میله‌ی مسی انتقال می‌یابد. این هویه در

اندازه‌های کوچک با قدرت ۱۰ وات تا اندازه‌های بزرگ با قدرت ۵۰۰ وات ساخته می‌شود. شکل

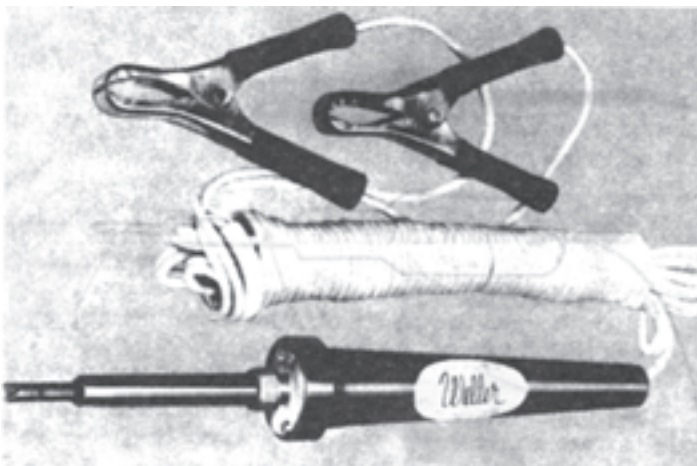
۳-۷ چند نمونه از این هویه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷

۳-۶-۳- هویه‌ی قلمی قابل کار با باتری: برای آن که بتوان عمل لحیم کاری را در مکان‌هایی که برق شهری وجود ندارد نیز انجام داد، از هویه‌های قلمی قابل کار با باتری استفاده می‌کنند.

این هویه‌ها طوری طراحی شده‌اند که می‌توانند با باتری اتومبیل نیز کار کنند. شکل ۳-۸ نمونه‌ای از این نوع هویه را نشان می‌دهد.

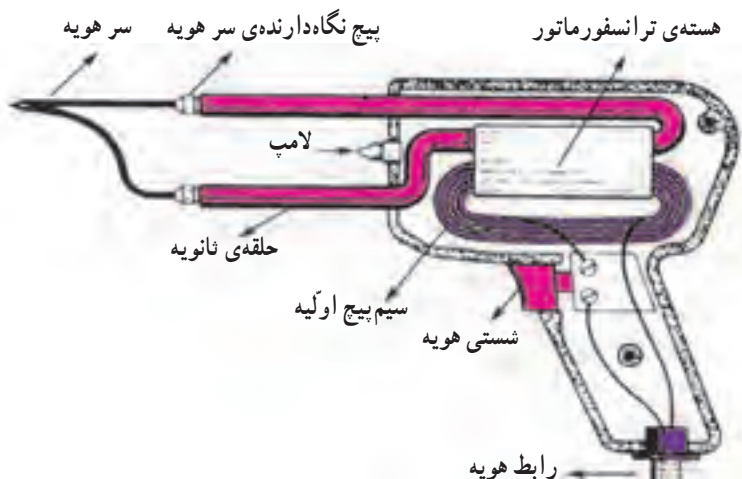


شکل ۳-۸

۳-۶-۴- هویه‌ی هفت تیری (ترانسفورماتوری): هویه‌ی هفت تیری براساس اصول کار ترانسفورماتور کار می‌کند. ترانسفورماتور یا ترانس دارای دو سیم پیچ به نام اولیه و ثانویه است. سیم پیچ‌های اولیه و ثانویه بر روی هسته‌ای آهنی به شکل U یا E پیچیده شده‌اند. اولیه‌ی ترانسفورماتور از چندین حلقه سیم نازک تشکیل شده است. ثانویه‌ی ترانسفورماتور نیز از یک میله‌ی فلزی ساخته شده که دو انتهای آن به وسیله‌ی یک سیم مفتولی (نوک هویه) به هم مربوط می‌شود.

با فشار دادن شستی ماشه‌ای، جریان برقی که در سیم پیچ اولیه جاری می‌شود در سیم پیچ ثانویه جریان زیادی را برقرار می‌کند. این جریان باعث گرم شدن نوک هویه می‌شود. شکل ۳-۹ ساختمان داخلی یک هویه‌ی هفت تیری را نشان می‌دهد.

تفاوت هویه‌ی هفت تیری با هویه‌ی قلمی در این است که هویه‌ی هفت تیری در مدت زمان کوتاه‌تری گرم می‌شود. این هویه‌ها برای تولید توان‌های بالا ساخته می‌شوند.



شکل ۳-۹

### ۳-۷-۷- طریقه‌ی لحیم کاری

برای انجام لحیم کاری ابتدا نوک هویه را که در اثر کارکردن کثیف شده است، با برس سیمی یا سمباده‌ی نرم تمیز کنید. سپس هویه را به برق وصل کنید تا گرم شود. پس از این که نوک هویه به درجه‌ی حرارت ذوب لحیم رسید، مقداری لحیم روی آن قرار دهید تا نوک هویه آغشته به یک لایه‌ی

نازک لحیم شود. این عمل از اکسیدشدن نوک هویه جلوگیری می کند. برای انجام عمل لحیم کاری نکات زیر را رعایت کنید :

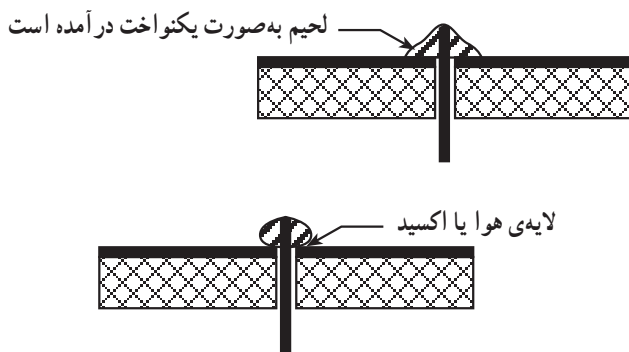
۱- از هویه‌ی با وات مناسب استفاده کنید. در لحیم کاری قطعات ظریف هویه‌های ۱۰ وات تا ۴۰ وات برای لحیم کاری مناسب‌اند.

۲- نقاط مورد نظر برای لحیم کاری را با سمباده‌ی نرم یا پارچه‌ی زبر تمیز کنید؛ زیرا عمل لحیم کاری روی سیم‌های کثیف و اکسیدشده انجام نمی‌گیرد.

۳- نوک هویه را کاملاً تمیز کنید.

۴- سیم‌ها و عناصری را که می‌خواهید به یکدیگر متصل کنید به‌طور جداگانه حرارت دهید و صبر کنید تا درجه حرارت محل اتصال افزایش یابد، سپس سیم لحیم را روی اتصال گرم‌شده قرار دهید تا ذوب شود و بتواند محل تقاطع دو سیم یا محل اتصال عناصر را کاملاً بپوشاند.

۵- هویه را به‌طور پی‌درپی از سطح کار جدا نکنید، زیرا این عمل علاوه‌بر صرف وقت زیاد موجب لحیم بد در محل اتصال می‌شود. یعنی در این حالت لحیم در محل اتصال به‌طور کامل پخش نمی‌شود و یک اتصال با لحیم کاری سرد به‌وجود می‌آید. شکل ۳-۱۰ نحوه‌ی لحیم کاری صحیح و لحیم کاری سرد را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۰

در اتصال با لحیم سرد اگرچه مقدار قلع ظاهراً کافی به نظر می‌رسد، ولی در زیر لحیم قشری از هوا تشکیل می‌شود که مانع برقراری اتصال الکتریکی می‌گردد. لحیم سرد ممکن است در اثر عوامل دیگری نیز به وجود آید؛ مثلاً حرکت دادن اتصال قبل از سردشدن و نیز کثیف بودن محل اتصال. همچنین گرم‌شدن زیاد، محل اتصال سطح دو فلز را اکسید می‌کند و سبب تولید یک لایه اکسید بین دو فلز می‌شود. بروز این حالت در لحیم کاری را نیز لحیم سرد گویند. اگر هویه به‌طور مناسب به محل اتصال تماس داده نشود نیز لحیم سرد ایجاد می‌شود. به هر حال مهم‌ترین عامل ایجاد لحیم سرد کافی

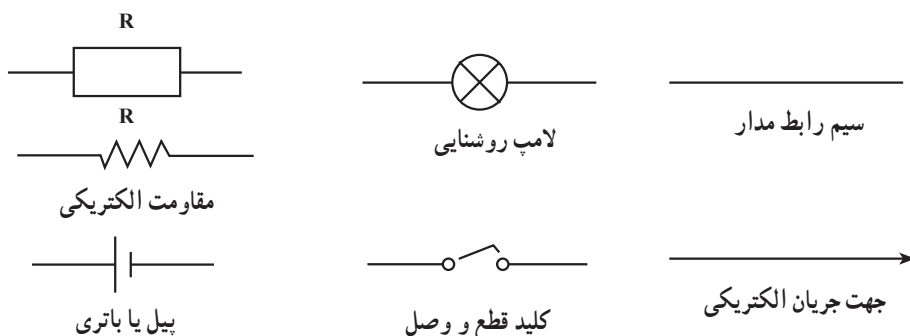
نبودن گرما در محل اتصال و در هنگام لحیم کاری است.

۶- اکثر قطعات الکترونیکی نظیر دیودها، ترانزیستورها و آی سی ها در مقابل افزایش حرارت مقاوم نیستند و این قطعات در اثر گرمای زیاد آسیب می بینند.

۷- یک اتصال لحیم کاری شده ی خوب علاوه بر دارا بودن استقامت مکانیکی و هدایت الکتریکی باید دارای سطحی براق و درخشان باشد.

### ۳-۸- علامت اختصاری چیست؟

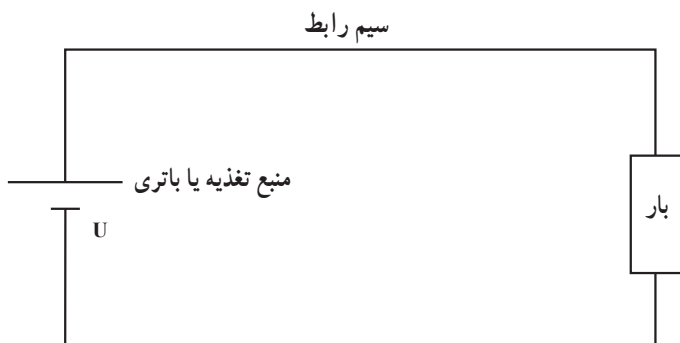
اگر بخواهیم در ترسیم نقشه های الکتریکی از تصویر ظاهری عناصر استفاده کنیم، نقشه شلوغ و ترسیم آن فوق العاده مشکل می شود. برای برطرف کردن این مسأله از علائم اختصاری استفاده می کنند. علامت اختصاری هر عنصر یا المان الکتریکی به وسیله ی سازمان های استاندارد بین المللی تعیین می شود. هر علامت اختصاری باید تا حد امکان ساده باشد و تا حدودی مشخصات کار عنصر مورد نظر را ارائه دهد. در شکل ۳-۱۱ چند نمونه علامت اختصاری ترسیم شده است.



شکل ۳-۱۱

### ۳-۹- مدار الکتریکی و اجزای آن

اجزای هر مدار الکتریکی به طور کلی عبارتند از: منبع ولتاژ، سیم های رابط و مصرف کننده یا بار. برای آن که جریان الکتریکی در یک مدار برقرار شود، لازم است مدار کاملی برای عبور جریان از قطب مثبت مولد به قطب منفی وجود داشته باشد. شکل ۳-۱۲ یک مدار کامل و بسته را نشان می دهد.

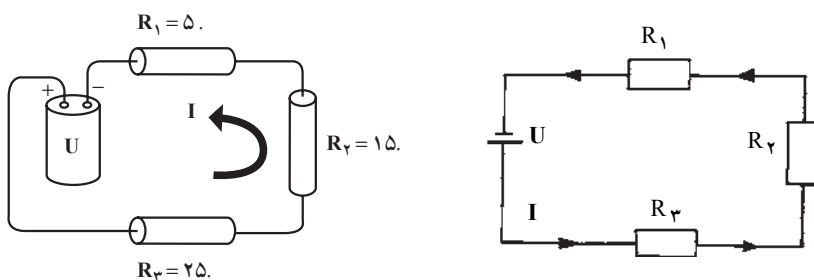


شکل ۱۲-۳

### ۳-۱۰- اتصال مقاومت‌ها

در مدارها اتصال مقاومت‌ها به یکدیگر ممکن است به صورت سری یا موازی و یا به صورت ترکیبی (سری و موازی) باشد.

۳-۱۰-۱- اتصال سری مقاومت‌ها: هرگاه انتهای یک مقاومت به انتهای مقاومت دیگر وصل شود، مقاومت‌ها به صورت سری (متوالی و پشت سر هم) به یکدیگر متصل شده‌اند. توجه داشته باشید که در مدار سری هیچ‌گونه انشعابی وجود ندارد. شکل ۱۳-۳ اتصال سری مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳-۳

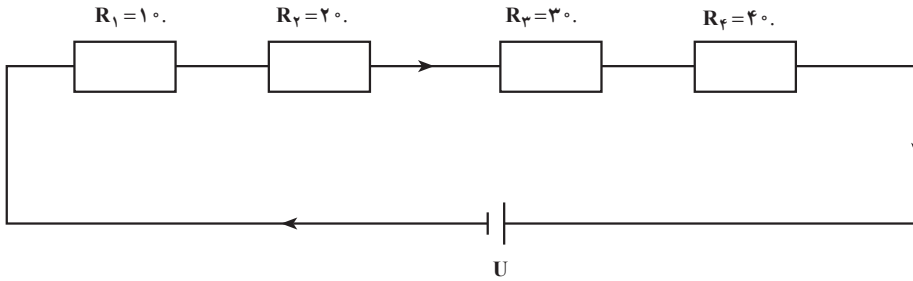
۳-۱۰-۲- مقاومت معادل در مدار سری: مقاومت معادل عبارت از مقاومتی است که می‌توان جایگزین کلیه مقاومت‌ها نمود. مقاومت معادل در مدار سری از مجموع تک تک مقاومت‌ها به دست می‌آید، مثلاً در شکل ۱۳-۳ مقاومت معادل برابر است با:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R = 5 + 15 + 25 = 45.$$

مثال:

در مدار شکل زیر مقاومت معادل چه قدر است؟



$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

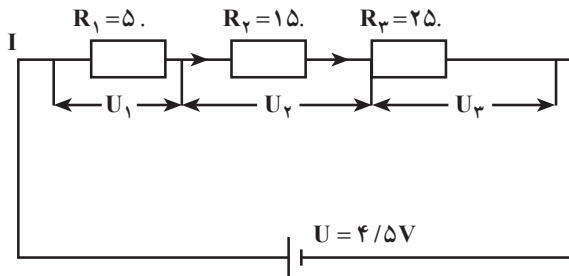
$$R = 10 + 20 + 30 + 40 = 100$$

$R = 100$

۳-۱۰-۳ شدت جریان و اختلاف سطح در مدار سری: در مدار سری شدت جریان در تمامی نقاط ثابت است و اختلاف سطح به نسبت تک تک مقاومت ها تقسیم می شود. برای به دست آوردن شدت جریان ابتدا مقاومت معادل را محاسبه می کنیم؛ سپس از تقسیم اختلاف سطح بر مقاومت معادل شدت جریان را به دست می آوریم. برای محاسبه ی اختلاف سطح در دو سر هر مقاومت کافی است که شدت جریان را در مقاومت مورد نظر ضرب کنیم.

مثال:

در مدار شکل زیر، مقاومت معادل، شدت جریان و اختلاف سطح در دو سر هر مقاومت را محاسبه کنید.



$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R = 5 + 15 + 25 = 45$$



$$I = \frac{U}{R} = \frac{4/5}{45} = 0/1A$$

$$U_1 = IR_1 = 5 \times 0/1 = 0/5V$$

$$U_2 = IR_2 = 15 \times 0/1 = 1/5V$$

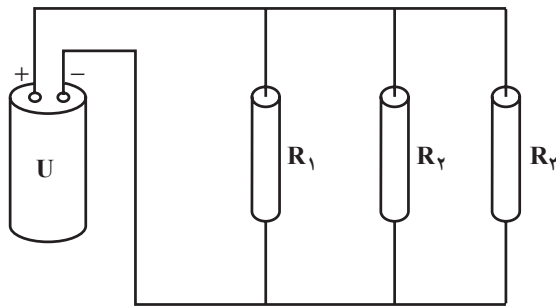
$$U_3 = IR_3 = 25 \times 0/1 = 2/5V$$

نکته‌ی مهم: همیشه باید مجموع اختلاف سطح دو سر مقاومت‌ها برابر با اختلاف سطح منبع ولتاژ باشد. از این روش می‌توان به صحیح بودن راه‌حل مسأله پی برد. حال مثال بالا را از این زاویه مورد بررسی قرار می‌دهیم:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 0/5 + 1/5 + 2/5 = 4/5$$

چون مجموع ولتاژها در دو سر مقاومت‌ها برابر با  $4/5$  ولت است؛ پاسخ به دست آمده صحیح است.

۳-۱-۴ اتصال موازی مقاومت‌ها: اگر دو یا چند مقاومت را طبق شکل ۳-۱۴ طوری به هم ببندیم که دو انتهای مقاومت‌ها به یکدیگر وصل شوند، مقاومت‌ها به‌طور موازی به هم اتصال داده شده‌اند.

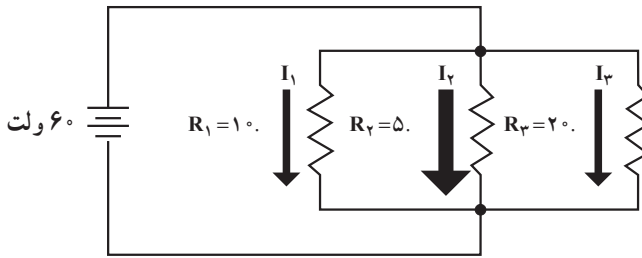


شکل ۳-۱۴

۳-۱-۵ مقاومت معادل در مدار موازی: عکس مقاومت معادل در مدار موازی برابر است با مجموع عکس تک تک مقاومت‌ها؛ مثلاً در مورد شکل ۳-۱۵ داریم:

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

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{20} = \frac{2+4+1}{20} = \frac{7}{20} \quad R = \frac{20}{7} \quad R = 2/85.$$



شکل ۳-۱۵

مثال:

در مدار شکل زیر، مقاومت معادل را به دست آورید:

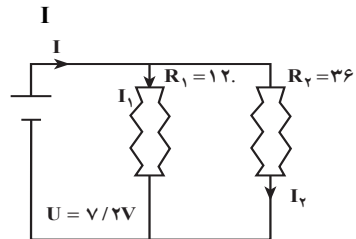
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{12} + \frac{1}{36}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{3+1}{36} = \frac{4}{36}$$

$$R = \frac{36}{4} = 9$$

$R = 9$



۳-۱۰-۶- شدت جریان و ولتاژ در مدارهای موازی: در مدار موازی اختلاف سطح

دو سر هر مقاومت برابر با اختلاف سطح کل مدار است و شدت جریان به نسبت مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. برای به دست آوردن شدت جریان کل باید اختلاف سطح دو سر مدار را بر مقاومت کل تقسیم کنیم. شدت جریان عبوری از هر مقاومت از تقسیم اختلاف سطح مدار بر هر یک از مقاومت‌ها به دست می‌آید. بنابراین در مثال بالا خواهیم داشت:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{7/2}{9} = 0/88 \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{7/2}{12} = 0/6 \text{ A}$$

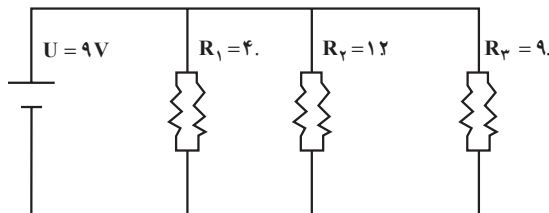
$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{7/2}{36} = 0/2 \text{ A}$$

شدت جریان کل را می‌توان از مجموع شدت جریان هر یک از مقاومت‌ها نیز به دست آورد.

$$I = I_1 + I_2 = 0/6 + 0/2 = 0/8 \text{ A}$$

### مثال:

در مدار شکل زیر، شدت جریان کل، مقاومت معادل و شدت جریان در هر شاخه را به دست آورید.



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

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9}{2/25} = 4A$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} + \frac{1}{9}$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{9}{4} = 2/25A$$

$$\frac{1}{R} = \frac{9+3+4}{36}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{9}{12} = 0/75A$$

$$\frac{1}{R} = \frac{16}{36} = \frac{4}{9}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{9}{9} = 1A$$

$$R = \frac{9}{4} = 2/25$$

$$R = 2/25.$$

شدت جریان کل از رابطه‌ی زیر نیز قابل تعیین است:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = 2/25 + 0/75 + 1 = 4A$$

### نکات مهم:

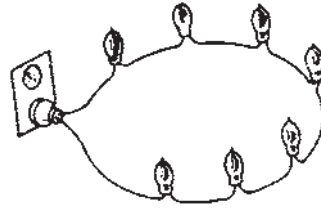
- ۱- در مدار سری همیشه مقاومت معادل از بزرگ‌ترین مقاومت مدار بزرگ‌تر است.
- ۲- در مدار موازی همیشه مقاومت معادل از کوچک‌ترین مقاومت موجود در مدار کوچک‌تر است.

۳- در شکل زیر اتصال لامپ‌ها را به صورت سری و موازی مشاهده می‌کنید.

- ۴- در مدارهای سری و موازی، قدرت مصرفی کل برابر است با مجموع قدرت مصرف‌شده در مقاومت‌ها.



اتصال لامپ‌ها به صورت موازی



اتصال لامپ‌ها به صورت سری

### ۱۱-۳- توان مصرفی در مدار سری

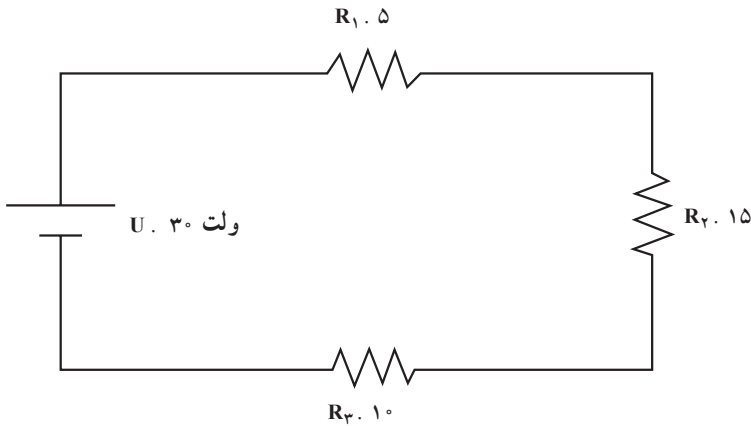
توان تولیدشده توسط منبع در یک مدار سری برابر با توانی است که به وسیله‌ی مقاومت‌ها مصرف می‌شود. از مجموع توان مصرف‌شده‌ی هریک از مقاومت‌ها می‌توان توان کل را به دست

$$P_t = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

آورد؛ یعنی

مثال:

توان مصرفی کل مدار شکل ۱۶-۳ را حساب کنید.



شکل ۱۶-۳

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 = 5 + 15 + 10 = 30$$

مقاومت کل  $R_t = 30$

$$\text{وات} = UI = 30 \times 1 = 30 \quad P_{\text{کل}} = \frac{30}{30} = 1 \text{ A}$$

$$P_1 = U_1 \times I = R_1 I^2 = (5 \times 1^2) = 5 \text{ W}$$

$$P_2 = U_2 \times I = R_2 I^2 = (15 \times 1^2) = 15 \text{ W}$$

$$P_3 = U_3 \times I = R_3 I^2 = (10 \times 1^2) = 10 \text{ W}$$

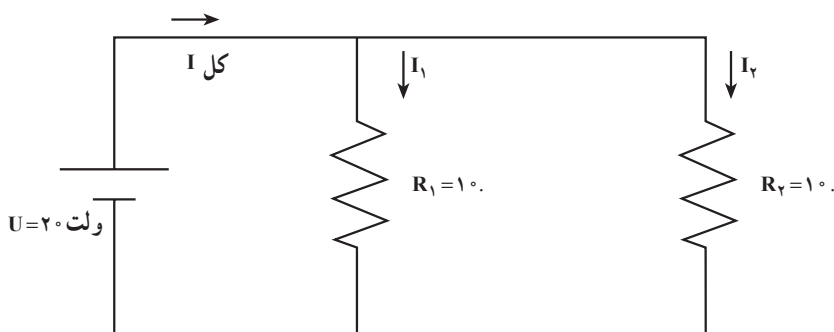
$$\text{کل } P = P_1 + P_2 + P_3 = 5 + 15 + 10 = 30 \text{ W}$$

### ۱۲-۳- توان در مدار موازی

در مدار موازی هم توان تولیدشده به وسیله‌ی منبع برابر جمع توان‌های مصرف‌شده در هر مقاومت است.

مثال:

توان کل منبع در شکل ۱۷-۳ چقدر است؟



شکل ۱۷-۳

حل:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{20}{10} = 2 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{20}{10} = 2 \text{ A}$$

$$\text{کل } I = I_1 + I_2 = 4 \text{ A}$$

$$\text{کل } P = UI = 20 \times 4 = 80 \text{ W}$$

$$P_1 = U \times I_1 = R_1 I_1^2 = (20 \times 2) = 40 \text{ W} \text{ و یا}$$

$$P_2 = U \times I_2 = R_2 I_2^2 = (20 \times 2) = 40 \text{ W}$$

$$\text{کل } P = P_1 + P_2 = 40 + 40 = 80 \text{ W}$$

### ۳-۱۳- شناسایی اجزای مدار

قطعاتی که در تأسیسات صنعتی برقی از جمله سیم‌کشی ساختمان به کار می‌رود، بسیار متنوع است. در این قسمت به شرح تعداد محدودی از اجزای مدار می‌پردازیم.

۳-۱۳-۱- کلیدها: کلیدها براساس نوع کار و مکان مورد استفاده تقسیم‌بندی می‌شوند. به فرض اگر بخواهیم یک لامپ را از دو نقطه کنترل کنیم باید از کلید تبدیل استفاده نماییم. البته نوع کلید مورد استفاده در اماکن مرطوب یا مناطق خشک با یکدیگر تفاوت دارد.

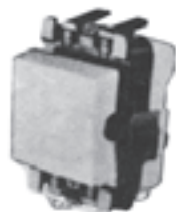
✱ کلید یک پل یک راهه: کلید یک پل یک راهه، کلیدی است که جهت قطع و وصل یک یا چند لامپ به کار می‌رود. این نوع کلید دارای دو پیچ یا ترمینال جهت اتصال سیم می‌باشد. در قسمت خارجی کلید یک دگمه یا شستی وجود دارد که می‌توان آن را در حالت خاموش یا روشن قرار داد. در داخل کلید تیغه‌ای وجود دارد که دو ترمینال خروجی را به هم وصل یا از هم جدا می‌کند. شکل ظاهری، ساختمان داخلی و شمای فنی کلید یک پل در شکل ۳-۱۸ نشان داده شده است.



شکل ظاهری کلید یک پل توکار



نوعی دیگر از کلید یک پل

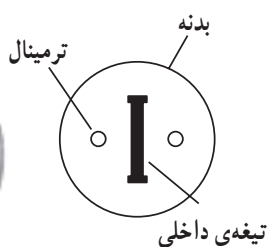


قسمت داخلی کلید یک پل

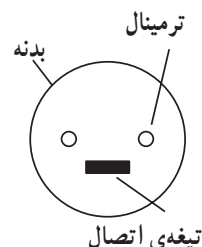


پشت کلید یک پل

کلید یک پل روکار



علامت اختصاری کلید یک پل دوراهه



تیغه‌ی اتصال

شکل ۳-۱۸- انواع کلید یک پل، ساختمان داخلی و علامت اختصاری آن

۳-۱۳-۲- سریپیچ: سریپیچ وسیله‌ای است که لامپ را به آن اتصال می‌دهند. بدنه‌ی سریپیچ را معمولاً از عایق می‌سازند. داخل سریپیچ شبیه مهره دنده شده است؛ به طوری که به آسانی می‌توان

لامپ را روی آن نصب کرد. در داخل سریپیچ دو زائده فلزی قرار دارد که یکی به ته لامپ و دیگری به قسمت فلزی لامپ متصل می‌شود. در انتهای سریپیچ دو ترمینال وجود دارد که سیم‌های برق را به آن اتصال می‌دهند. در شکل ۳-۱۹ سه نمونه سریپیچ را مشاهده می‌کنید. در نقشه‌ها، سریپیچ و لامپ را با هم مشخص می‌کنند.



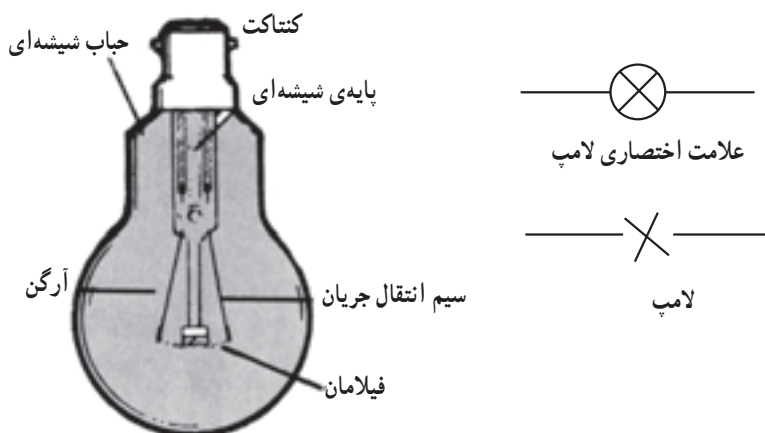
سریپیچ دیواری

سریپیچ آویز

سریپیچ آویز


شکل ۳-۱۹- انواع سریپیچ

۳-۱۳-۳ لامپ: همان‌طور که می‌دانید از لامپ جهت تولید نور استفاده می‌شود. لامپ از سه قسمت حباب، فیلامان و ته لامپ تشکیل شده است. قسمت نوردهنده‌ی لامپ، فیلامان نامیده می‌شود که در داخل حباب لامپ جای دارد. جهت جلوگیری از اکسیدشدن فیلامان، داخل حباب را از هوا تخلیه کرده و مقدار کمی گاز آرگون یا نئون یا ... به آن تزریق می‌کنند. دو انتهای فیلامان از طریق انتهای حباب به ته لامپ که شبیه پیچ ساخته شده و فلزی هم است متصل می‌شود. در شکل ۳-۲۰ تصویر ظاهری لامپ، ساختمان داخلی و علامت اختصاری آن نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۰- ساختمان داخلی لامپ و علامت اختصاری آن

### ۳-۱۳-۴- قوطی تقسیم: قوطی تقسیم را جهت دریافت اشعاب به کار می‌برند. معمولاً

در هر ساختمان تعدادی قوطی تقسیم وجود دارد که اشعابات مورد نظر از آن گرفته می‌شود. قوطی تقسیم در دو نوع روکار و توکار ساخته می‌شود. نوع روکار آن دارای تعدادی ترمینال جهت اتصال سیم است. قوطی تقسیم توکار فاقد ترمینال است و در آن سیم‌ها را مستقیماً به هم اتصال می‌دهند و با نوار چسب عایق‌بندی می‌کنند و در نهایت در قوطی را می‌بندند. علامت اختصاری قوطی تقسیم به صورت  است.

### ۳-۱۳-۵- پریز: اغلب دستگاه‌های برقی مانند رادیو، تلویزیون، سماور و ... دارای مکان

ثابتی نیستند و آن‌ها را در نقاط مختلف مورد استفاده قرار می‌دهیم. در این حالت نیاز به وسیله‌ای داریم که از طریق آن بتوانیم دستگاه را به برق وصل یا از آن جدا کنیم، برای این منظور از پریزها استفاده می‌شود. پریزها در دو نوع با اتصال زمین و ساده ساخته می‌شوند.

### \* پریز یک‌فاز: پریز یک‌فاز ساده دارای ۲ ترمینال (مادگی) و پریز با اتصال زمین دارای سه

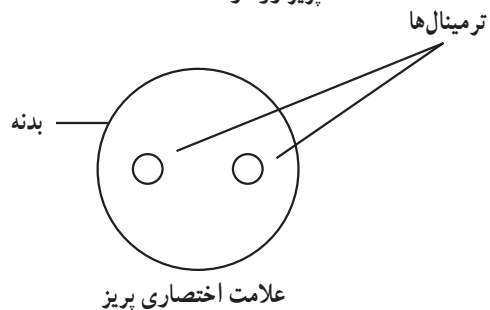
ترمینال است که دو ترمینال آن جهت اتصال سیم‌های فاز و نول و ترمینال سوم جهت اتصال به زمین (به منظور جلوگیری از برق‌گرفتگی) به کار می‌رود. در شکل ۳-۲۱ شکل ظاهری پریز یک‌فاز روکار و توکار و علامت اختصاری آن را مشاهده می‌کنید.



پریز توکار



پریز روکار



علامت اختصاری پریز

شکل ۳-۲۱- پریزهای توکار و روکار یک‌فاز و علامت اختصاری آن




\* پریز سه فاز: جهت مصرف انرژی الکتریکی سه فاز از پریزهای سه فاز استفاده می کنند. در شکل ۲۲-۳ شکل ظاهری پریز سه فاز را مشاهده می کنید.

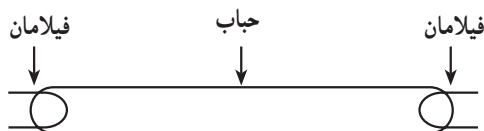


شکل ۲۲-۳- پریز سه فاز

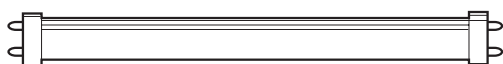
۳-۱۳-۶- لامپ فلورسنت (مهمتایی): چون قدرت مصرفی لامپ های فلورسنت نسبت به لامپ های معمولی کم است، این لامپ کاربرد فراوانی دارد. لامپ فلورسنت تقریباً در کلیه اماکنی که نیاز به نور دارند مشاهده می شود. قسمت های اصلی لامپ فلورسنت عبارت است از:

- ۱- حباب لامپ
- ۲- چُک یا ترانس
- ۳- استارتر
- ۴- پایه ها یا سوکت
- ۵- مدار لامپ

\* حباب لامپ فلورسنت: حباب های لامپ فلورسنت را به صورت استوانه ای دراز یا مدور می سازند. در هر انتهای حباب لامپ دو زائده وجود دارد که به فیلامان های لامپ متصل است. در شکل ۲۳-۳ حباب لامپ فلورسنت را مشاهده می کنید. لامپ های فلورسنت دراز و در اندازه های ۶۰ سانتی متری و ۱۰۰ سانتی متری ساخته می شوند. علامت اختصاری حباب لامپ به صورت  است.



علامت اختصاری



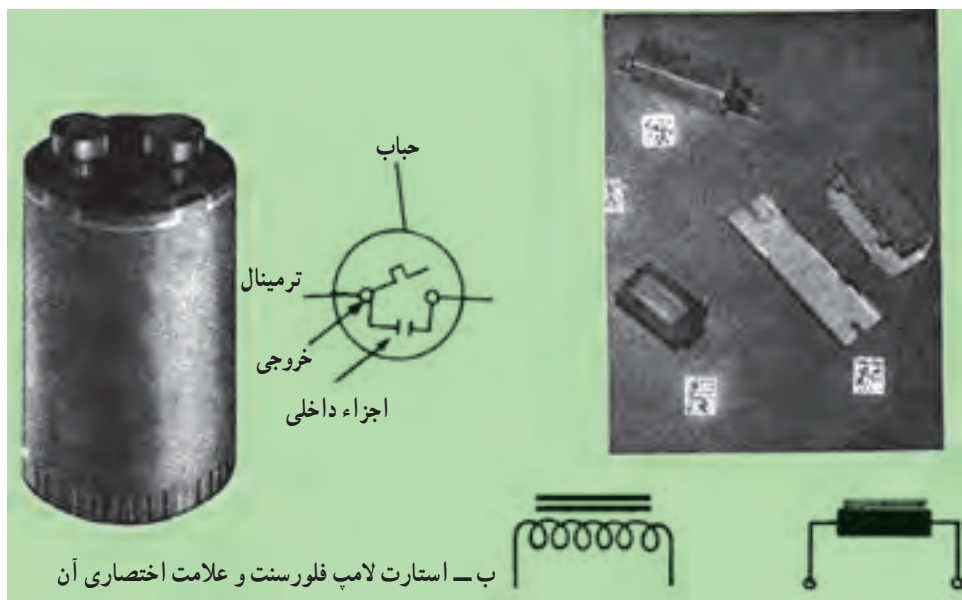
حباب

شکل ۲۳-۳- حباب لامپ فلورسنت

\* چک یا ترانس (Choke): چک لامپ مهتابی به صورت سری با فیلامان‌ها قرار می‌گیرد. کار این چک تولید ولتاژ زیاد در لحظه‌ی روشن شدن لامپ است. چک لامپ فلورسنت را در اصطلاح ترانس مهتابی نیز می‌نامند.

در شکل ۳-۲۴ الف - چک لامپ فلورسنت نشان داده شده است. چک دارای دو ترمینال جهت اتصال به لامپ است. علامت اختصاری چک به صورت  $\text{---} \overline{\text{---}} \text{---}$  یا  $\text{---} \text{---}$  می‌باشد.

\* استارتر: استارتر وسیله‌ای است که در شروع کار لامپ، مدار را قطع و وصل می‌کند تا ولتاژ زیاد در داخل چک تولید شود. استارتر دارای دو زائده خارجی است که به فیلامان‌های دو طرف لامپ فلورسنت متصل می‌شود. در شکل ۳-۲۴ ب - شکل ظاهری استارتر را ملاحظه می‌کنید. علامت اختصاری استارتر به صورت  $\text{---} \text{---}$  است.



ب - استارتر لامپ فلورسنت و علامت اختصاری آن

الف - چک لامپ فلورسنت و علامت اختصاری آن

شکل ۳-۲۴

\* پایه‌های لامپ فلورسنت: برای اتصال دو انتهای جاب لامپ و استارتر به یکدیگر از سوکت‌های مخصوص که پایه‌ی لامپ فلورسنت نامیده می‌شود استفاده می‌کنند. معمولاً روی یکی از پایه‌های لامپ فلورسنت پایه‌ی دیگری وجود دارد که استارتر روی آن نصب می‌شود. در شکل ۳-۲۵ انواع پایه‌های لامپ فلورسنت نشان داده شده است. البته در لامپ‌های فلورسنت گرد

به جای پایه از سوکت های مخصوص چهار ترمینالی استفاده می کنند. در نقشه های فنی پایه های لامپ را نشان نمی دهند.



پایه ی ساده و پایه ی استارتر



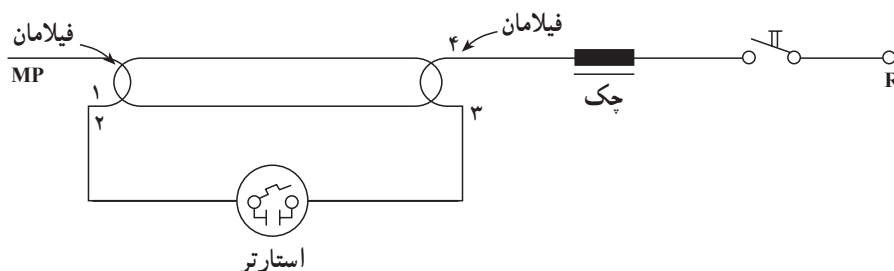
پایه ی ساده و پایه ی استارتر



پایه ی ساده

شکل ۳-۲۵- انواع پایه های لامپ فلورسنت

در شکل ۳-۲۶ مدار لامپ فلورسنت ترسیم شده است. همان طور که ملاحظه می کنید، سیم فاز از طریق کلید به چک و از طرف دیگر چک به پایه ی شماره ۴ (فیلامان) متصل می شود. پایه ی شماره ۳ فیلامان از طریق استارتر به پایه ی شماره ۲ در انتهای دیگر لامپ اتصال داده می شود. سیم نول نیز به پایه ی شماره ۱ وصل می شود.



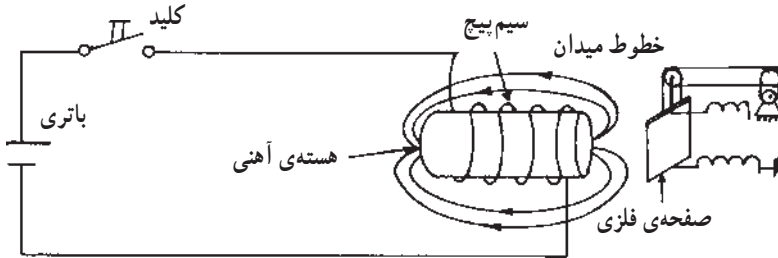
شکل ۳-۲۶- اتصال لامپ فلورسنت

۳-۱۳-۷- زنگ اخبار: زنگ اخبار در کلیه منازل به عنوان یک وسیله ی خبری به کار می رود و در انواع AC و DC ساخته می شود. ولتاژ کار زنگ اخبار AC ممکن است ۲۲۰ ولت یا کم تر (۶، ۱۲ و ...) باشد. زنگ اخبار در انواع ساده، بیانویی، بلبلی و ... ساخته می شود. جهت به کار انداختن زنگ اخبار از شستی استفاده می کنند. کار شستی شبیه کلید یک پل است، با این تفاوت که با برداشتن دست از روی دگمه مدار قطع می شود؛ زیرا در زیر دگمه یک فنر وجود دارد که دگمه را به حالت اولیه برمی گرداند. علامت اختصاری زنگ اخبار به صورت ( ] و شستی به صورت

زنگ است. زنگ اخبار و شستی هر کدام دارای دو ترمینال خارجی جهت اتصال سیم می باشد.

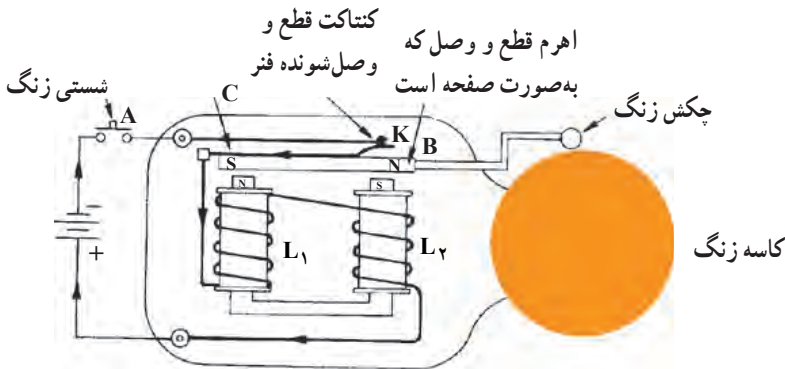
### \* اصول کار زنگ اخبار

**مغناطیس مصنوعی:** مدار شکل ۳-۲۷ را مورد بررسی قرار دهید. هنگامی که کلید وصل می شود، چه اتفاقی می افتد؟ در اثر عبور جریان از سیم پیچ، هسته ی آهنی تبدیل به آهن ربا شده صفحه ی فلزی را به سمت خود جذب می کند. بنابراین با استفاده از جریان الکتریکی توانسته ایم آهن ربا یا مغناطیس بسازیم. چنین آهن ربایی را آهن ربای مصنوعی می نامند. چنانچه کلید را قطع کنیم، خاصیت مغناطیسی از بین می رود و صفحه ی فلزی دوباره رها می شود. از آهن ربای مصنوعی در جرثقیل ها، رله ها، کنتاکتورها و زنگ های اخبار استفاده می شود. سیم پیچ یا هسته ی آهنی را بوبین یا سولنوئید نیز می نامند.



شکل ۳-۲۷- مغناطیس مصنوعی

\* زنگ اخبار چگونه کار می کند؟ در شکل ۳-۲۸ ساختمان داخلی زنگ اخبار نشان داده شده است. با فشار دادن شستی A، جریان الکتریکی از طریق کنتاکت قطع و وصل K وارد سیم پیچ های  $L_1$  و  $L_2$  شده مدار بسته می شود. در اثر عبور جریان از بوبین های  $L_1$  و  $L_2$ ، هسته ی آهنی بوبین

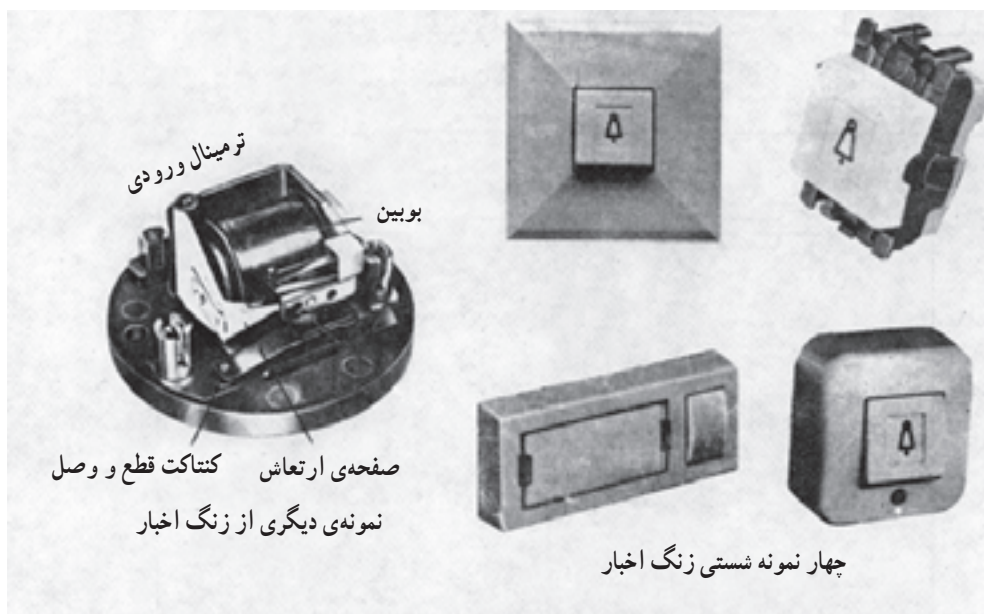


شکل ۳-۲۸- ساختمان داخلی زنگ اخبار

مغناطیسی شده اهرم B را به سمت خود می کشد. در اثر حرکت اهرم، کنتاکت K قطع شده جریان بوبین قطع می گردد و خاصیت مغناطیسی هسته نیز از بین می رود. با از بین رفتن میدان مغناطیسی، فنر C دوباره اهرم را به محل اولیه بازمی گرداند و کنتاکت را وصل می کند. با اتصال جریان به بوبین های  $L_1$  و  $L_2$  مراحل فوق دوباره تکرار می شود و تا وقتی که کلید A وصل است، اهرم B به طور متناوب به بالا و پایین می رود. به انتهای اهرم یک چکش وصل است که به کاسه زنگ ضربه می زند. به این ترتیب از این وسیله به عنوان یک خبردهنده یا هشداردهنده استفاده می شود.

در شکل ۳-۲۹ نمونه‌ی دیگری از زنگ اخبار و انواع شستی های روکار و توکار را نشان

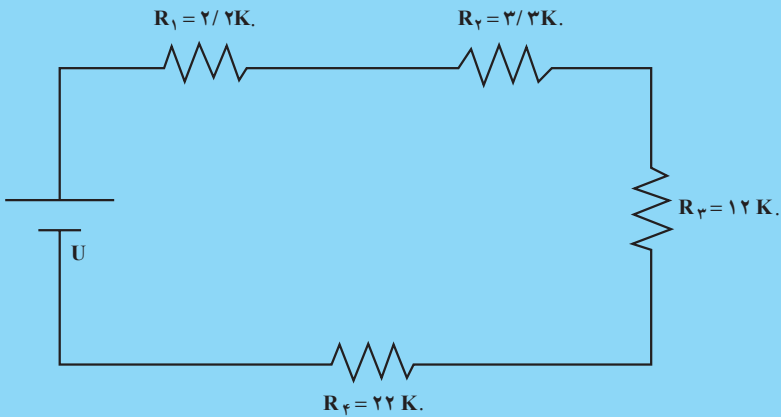
داده ایم. همیشه شستی های زنگ اخبار را به صورت موازی می بندند.



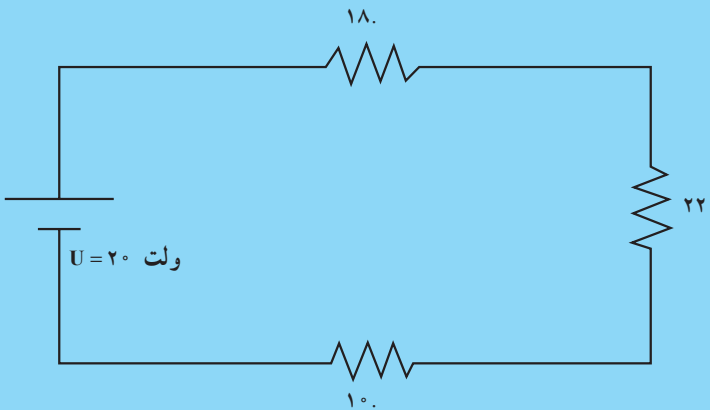
شکل ۳-۲۹- انواع شستی های زنگ اخبار و نمونه‌ی دیگری از زنگ اخبار

پرسش

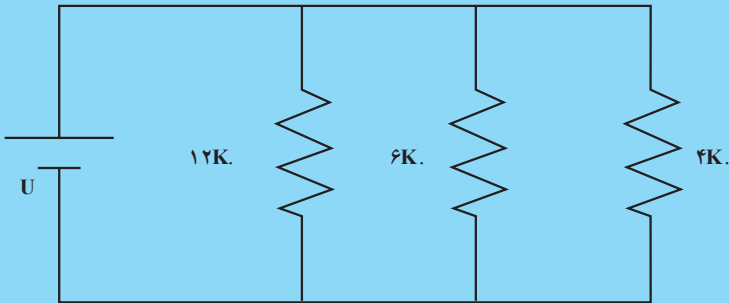
- ۱- انواع سیم را نام ببرید.
- ۲- روش‌های مختلف اتصال سیم‌ها به یکدیگر را شرح دهید.
- ۳- لحیم از چه عناصری تهیه می‌شود و درصد مناسب آلیاژ آن چیست؟
- ۴- طریقه‌ی لحیم‌کاری را شرح دهید.
- ۵- مقاومت کل مدار چه قدر است؟



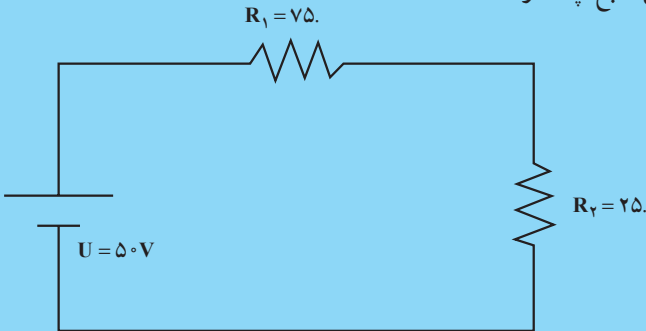
- ۶- جریان در مدار چه قدر است؟



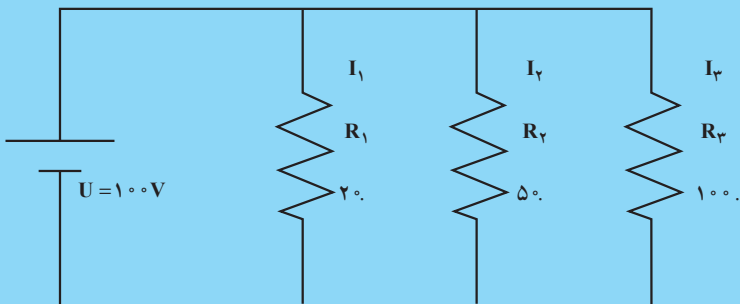
۷- مقاومت کل مدار چه قدر است؟



۸- توان کل منبع چه قدر است؟



۹- توان مصرفی هر مقاومت و توان کل داده شده توسط منبع چه قدر است؟



۱۰- قطعاتی که در سیم کشی ساختمان به کار می روند نام ببرید.

۱۱- طرز کار لامپ فلورسنت را شرح دهید و مدار الکتریکی آن را رسم کنید.

۱۲- اصول کار زنگ اخبار را شرح دهید.

### اصول کار ماشین‌های الکتریکی

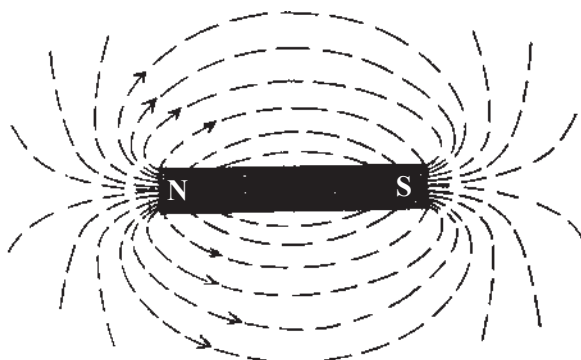
هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- ماده‌ی مغناطیسی را توضیح دهد.
- انواع آهن‌ربا را بشناسد.
- طرز تشخیص قطب‌های آهن‌ربا را توضیح دهد.
- اثرات الکتریکی مغناطیس را توضیح دهد.
- اصول کار ترانسفورماتور را بیان کند.
- اصول کار ژنراتورها را توضیح دهد.
- اصول کار موتورهای الکتریکی را بیان کند.
- ساختمان و اصول کار موتورهای DC را توضیح دهد.
- اصول کار موتورهای AC را توضیح دهد.
- ساختمان و اصول کار موتورهای تک‌فاز را توضیح دهد.
- ساختمان و اصول کار موتورهای سه‌فاز را توضیح دهد.
- اتصالات ستاره و مثلث را بدانند.

#### ۴-۱- تعریف آهن‌ربا

آهن‌ربا دارای خاصیتی است که می‌تواند ذرات کوچک آهن را به سمت خود جذب کند. از یک سر آهن‌ربا فوران مغناطیسی خارج می‌شود و این فوران‌ها به سر دیگر آن وارد می‌شوند. این خطوط فوران نامریی هستند. شکل ۴-۱ نشان می‌دهد که چگونه فوران از یک سر آهن‌ربا خارج و به سر دیگر آن وارد می‌شود. سرهای آهن‌ربا قطب‌های آن نام دارند. قطبی که فوران از آن خارج می‌شود قطب N و قطبی که فوران به آن وارد می‌شود قطب S نام دارد.

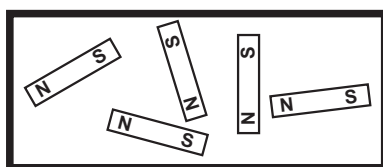




شکل ۴-۱

#### ۴-۲- ماده‌ی مغناطیسی

تمام اجسام از آهن‌رباهای بسیار کوچک تشکیل یافته‌اند (مولکول‌های یک جسم در واقع نقش آهن‌ربا را دارند). در حالت عادی آهن‌رباهای کوچک به صورت منظم نیستند و فوران مغناطیسی برآیند صفر است. اگر به طریقی این آهن‌رباهای کوچک را منظم کنیم، جسم به آهن‌ربا تبدیل می‌شود. در بعضی اجسام مانند پلاستیک این کار غیرممکن است؛ ولی در اجسامی نظیر آهن، آهن‌رباهای کوچک به سادگی منظم می‌گردند، یعنی آهن به آهن‌ربا تبدیل می‌شود. به ماده‌ای که بتواند آهن‌رباهای کوچک را نظم دهد، ماده‌ی مغناطیسی گویند. شکل ۴-۲ آهن‌رباهای کوچک یک جسم را که در حالت عادی نامنظم هستند نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲

#### ۴-۳- انواع آهن‌ربا

آهن‌ربا بر دو نوع است که در زیر به آن اشاره می‌شود:

- \* آهن‌ربای طبیعی: این آهن‌ربا به صورت طبیعی در معادن وجود دارد و با استخراج سنگ معدن و به وسیله‌ی ابزارهای مناسب آن را به صورت دلخواه درمی‌آورند.
- \* آهن‌ربای مصنوعی: اگر از یک سیم جریان عبور کند، در اطراف آن سیم میدانی مغناطیسی

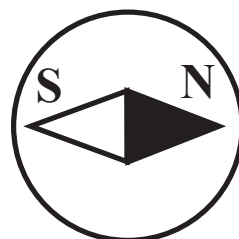
شبه آهن ربا ایجاد می شود. اگر یک قطعه آهن در مسیر فوران های مغناطیسی قرار گیرد، آهن ربا های کوچک آن منظم شده آهن به آهن ربا تبدیل می شود. اگر فوران قطع شود، آهن خاصیت آهن ربایی خود را از دست می دهد. اگر به جای آهن نرم از آهن سخت استفاده کنیم، هنگام قطع فوران مغناطیسی نظم آهن ربا های کوچک آهن به هم نمی خورد و آهن سخت به آهن ربا تبدیل می شود. در صنعت برای تهیه آهن ربای مصنوعی ابتدا یک مفتول با ترکیب مناسب آهن تهیه می کنند و سپس آن را در یک میدان مغناطیسی قوی قرار می دهند پس از مدتی مفتول به آهن ربا تبدیل می شود.

#### ۴-۴- طرز تشخیص قطب های آهن ربا

برای تعیین قطب های آهن ربا از قطب نما استفاده می کنند. قطب نما خود یک آهن ربای کوچک است که قطب های آن از قبل مشخص شده است. چون در آهن ربا قطب های هم نام یک دیگر را دفع و قطب های غیر هم نام هم دیگر را جذب می کنند، با نزدیک کردن آهن ربا به قطب نما یک طرف قطب نما به سمت آهن ربا جذب می شود. در این صورت قطب آهن ربا مخالف قطب قطب نما است. شکل ۳-۴ این حالت را نشان می دهد.



میله ی مغناطیسی



قطب نما

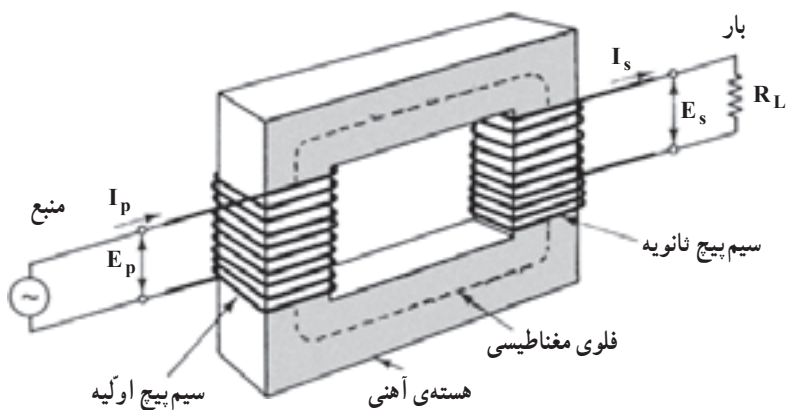
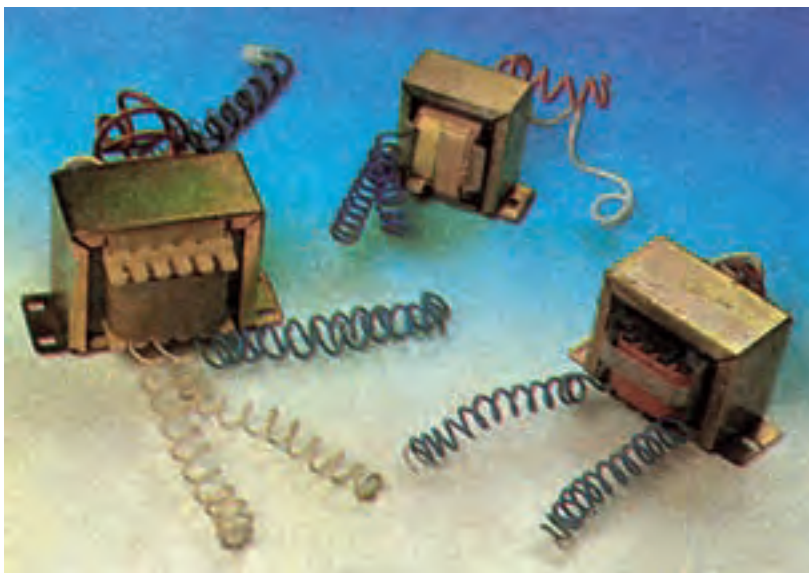
شکل ۳-۴

#### ۴-۵- ترانسفورماتور

ترانسفورماتور دستگاهی است که یک ولتاژ متناوب (AC) را به ولتاژی کم تر یا بیش تر تبدیل می کند.

هر ترانسفورماتور یک سیم پیچ اولیه و یک یا چند سیم پیچ ثانویه دارد. اگر سیم پیچ اولیه را به یک منبع انرژی متناوب مثلاً برق شهر وصل کنیم، از سیم پیچ اولیه جریان  $I_1$  عبور می کند و در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می شود. سیم پیچ ثانویه این میدان را قطع می کند و در دو سر سیم پیچ ولتاژ ایجاد می شود. اگر به دو سر سیم پیچ ثانویه مصرف کننده ای را وصل کنیم، از آن مصرف کننده جریان

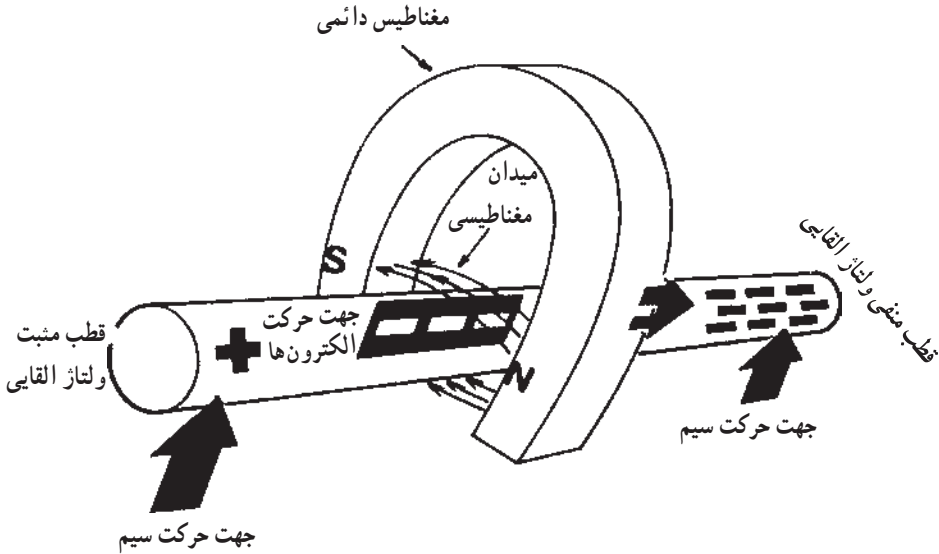
می‌گذرد. اگر ولتاژ اولیه  $U_1$  و جریان آن  $I_1$  باشد و ولتاژ ثانویه  $U_2$  و جریان آن  $I_2$  باشد، در حالت مطلوب، ترانسفورماتور همواره  $U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2$  است. سپس ترانسفورماتور قدرتی با جریان و ولتاژ معین را به همان قدرت ولی با ولتاژ و جریان دیگر تبدیل می‌کند. در شکل ۴-۴ ساختمان یک ترانسفورماتور و چند ترانسفورماتور ساخته شده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴-۴

## ۴-۶- ژنراتورها

ژنراتور دستگاهی است که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. ژنراتورها در دو نوع DC و AC ساخته می‌شود. ژنراتورهای DC ولتاژ مستقیم (DC) تولید می‌کنند؛ در حالی که ژنراتورهای AC مولد ولتاژ متناوب (AC) هستند.



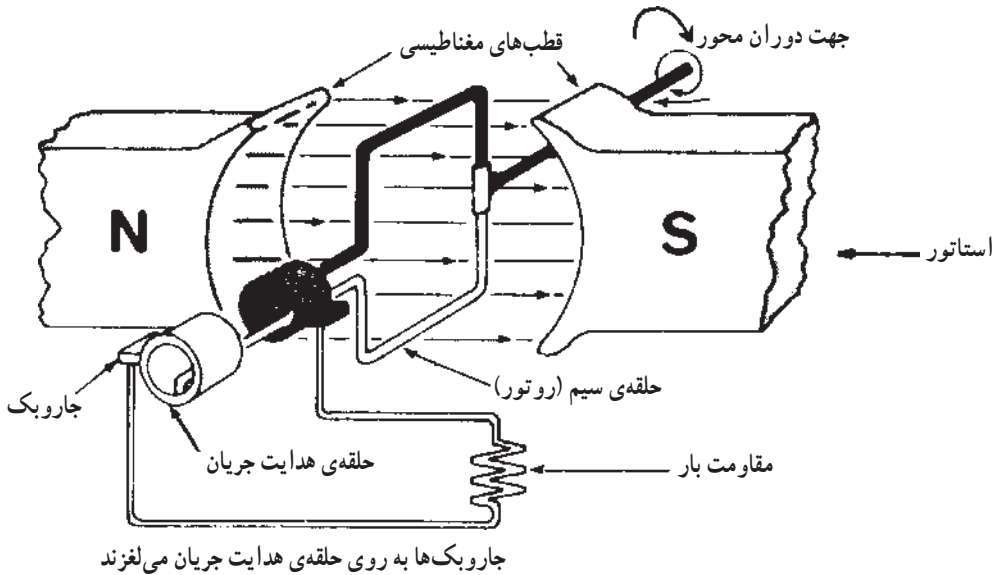
شکل ۴-۵- تولید ولتاژ با استفاده از حرکت وقتی یک سیم در میدان مغناطیسی حرکت داده می‌شود، الکترون‌های داخل سیم آزاد شده، در سیم به حرکت درمی‌آید.

همان‌طور که قبلاً بیان شد، هرگاه سیمی را در یک میدان مغناطیسی حرکت دهیم به طوری که خطوط میدان را قطع کند، در آن ولتاژی القا می‌شود که مقدار آن بستگی به طول سیم، سرعت حرکت سیم و شدت میدان مغناطیسی دارد. در شکل ۴-۵ تولید ولتاژ با استفاده از حرکت نشان داده شده است. هرگاه سرعت حرکت یکنواخت باشد و جهت آن تغییر نکند، ولتاژ القایی DC خواهد بود.

## ۴-۷- اساس کار ژنراتورهای AC

چنانچه مطابق شکل ۴-۶ یک حلقه را در میدان مغناطیسی دوران دهیم، در داخل حلقه ولتاژ متناوب سینوسی تولید می‌شود. کلیه ی مولدهای AC بر این اساس کار می‌کنند. اگر حلقه را ثابت نگاه داریم و میدان مغناطیسی را دوران دهیم، باز هم در حلقه ولتاژ AC القا می‌شود. چون حلقه در حال دوران است، برای دریافت ولتاژ از دو سر حلقه معمولاً از جاروبک‌های مخصوصی که روی

حلقه‌های استوانه‌ای می‌لغزد استفاده می‌کنند. حلقه‌های استوانه‌ای را کلکتور<sup>۱</sup> می‌گویند.



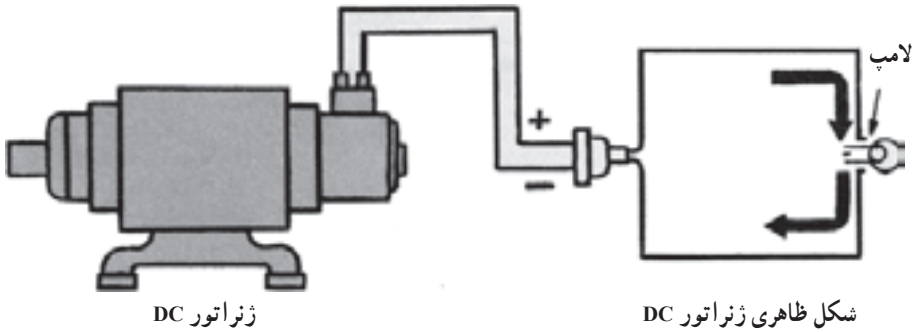
شکل ۴-۶- ساده‌ترین مولد AC

مقدار ولتاژ خروجی بستگی به سرعت حرکت حلقه، تعداد حلقه‌ها و شدت میدان مغناطیسی دارد. در صورتی که چند حلقه را به صورت کلاف درآوریم، میزان ولتاژ تولید شده بالا می‌رود. در ژنراتورها معمولاً تعداد کلاف‌ها و تعداد قطبین مغناطیس زیاد است و در مجموع یک مولد را به وجود می‌آورند.

#### ۴-۸- روتور و استاتور

قسمت ثابت هر مولد را استاتور (Stator) و قسمت متحرک آن را روتور (Rotor) می‌نامند. در شکل ۴-۷ شکل ظاهری یک ژنراتور DC نشان داده شده است. در این نوع ژنراتور روتور در داخل استاتور جای می‌گیرد و دوران می‌کند. از انواع ژنراتورهای DC می‌توان دینام دوچرخه، دینام اتومبیل و ... و از انواع ژنراتورهای AC می‌توان مولدهای کوچک خانگی و مولدهای بزرگ شهری را نام برد. در ژنراتورهای DC به جای دو حلقه‌ی لغزنده از یک استوانه استفاده می‌کنند. معمولاً استوانه را به قطعات کوچک تقسیم می‌کنند تا بتوانند ولتاژ DC به دست آورند.

<sup>۱</sup> Collector



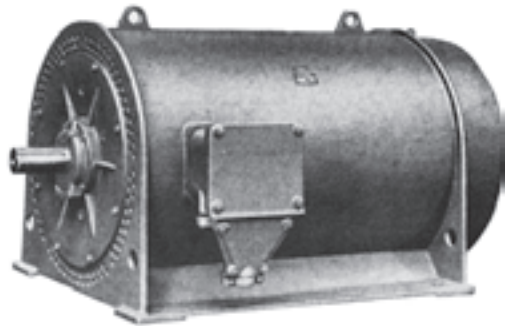
شکل ۴-۷- ساختمان داخلی یک ژنراتور ساده DC

#### ۴-۹- موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی دستگاه‌هایی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. موتورها از نظر تغذیه‌ی برق به دو نوع DC (جریان مستقیم) و AC (جریان متناوب) تقسیم‌بندی می‌شوند. موتورهای AC نیز خود به دو دسته‌ی موتورهای تک فاز و موتورهای سه فاز تقسیم می‌شوند. از انواع موتورهای DC می‌توان موتور دستگاه ضبط صوت، اسباب‌بازی و استارت اتومبیل و از انواع موتورهای AC می‌توان موتور چرخ خیاطی و ماشین تراش را نام برد. در شکل ۴-۸ دو نمونه از موتورهای الکتریکی نشان داده شده است.



(الف) نوع AC



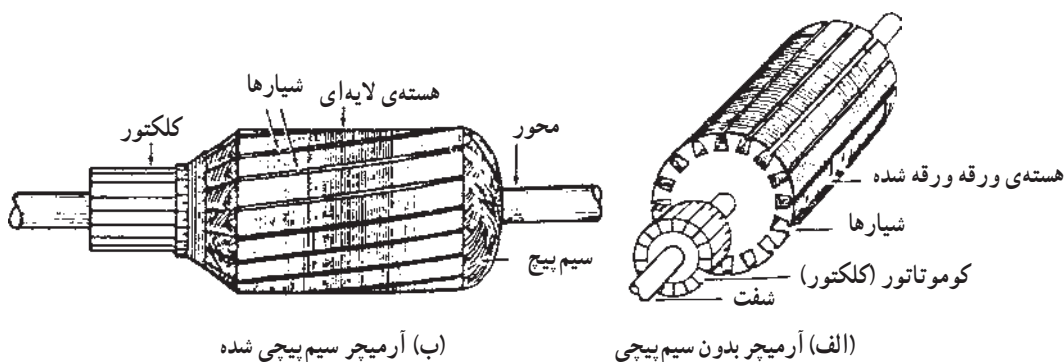
(ب) نوع DC

شکل ۴-۸

#### ۴-۱۰- ساختمان و اصول کار موتورهای DC

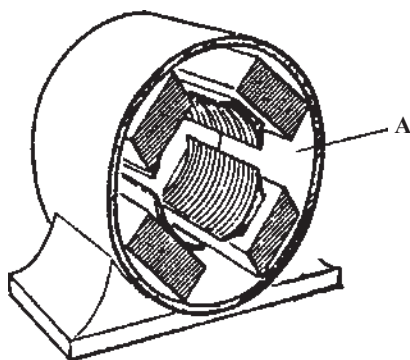
یک موتور DC از قسمت‌های زیر تشکیل یافته است: آرمیچر، قاب (بدنه)، قطب‌های میدان تحریک، کاسه‌های موتور (درپوش‌ها) و جاروبک‌ها.

\* **آرمیچر:** آرمیچر قسمت گردان موتور است و از هسته‌ی فولادی ورقه ورقه شده با شیارهایی که در آن کلاف سیم پیچی قرار دارد، تشکیل یافته است. هسته روی یک محور فولادی پرس می‌شود و روی محور کلکتور قرار می‌گیرد. کلکتور جریان را از جاروبک‌های زغالی به کلاف داخل شیارها هدایت می‌کند. شکل ۹-۴ یک نمونه آرمیچر را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۴

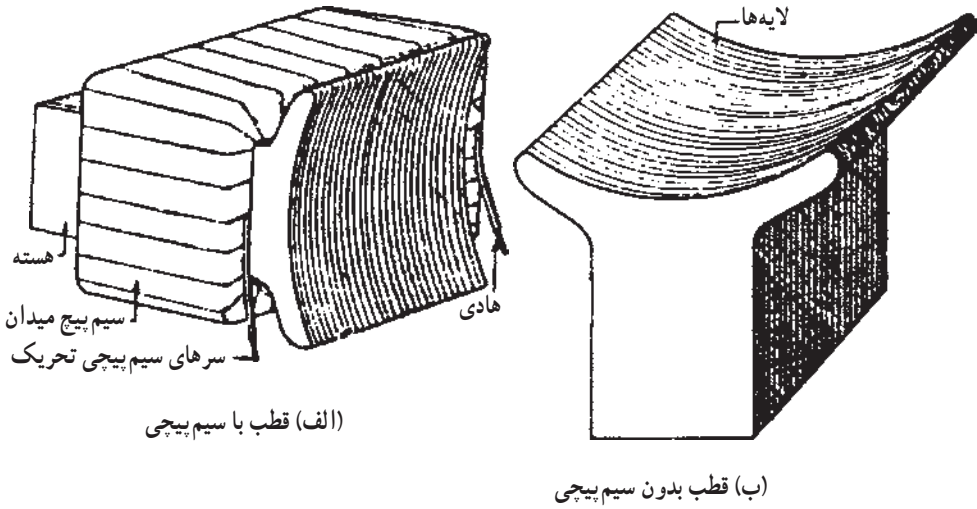
\* **قاب بدنه:** بدنه‌ی موتور DC از فولاد یا آهن ریخته می‌شود و معمولاً مقطع آن به شکل دایره است. شکل ۱۰-۴ قاب بدنه‌ی یک موتور را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰-۴

\* **قطب‌های میدان تحریک:** قطب‌های میدان تحریک از فولاد ورقه ورقه شده درست می‌شود. در موتورهای کوچک قطب‌های موتورها با بدنه به صورت یکپارچه ساخته می‌شوند. شکل

۱۱-۴ قطب‌های میدان تحریک را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۴

\* کاسه‌های موتور (درپوش‌ها): درپوش‌ها که جارو نگه‌دارها هم روی آن سوار هستند، با پیچ و مهره به بدنه وصل می‌شوند. شکل ۱۲-۴ درپوش‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲-۴



#### ۴-۱۱- طرز کار موتور DC

ابتدا به وسیله‌ی جاروبک به سیم‌بندی آرمیچر ولتاژ اعمال می‌شود؛ سپس به سیم‌پیچ تحریک هم ولتاژ دیگری اعمال می‌گردد. با عبور جریان از سیم‌پیچ تحریک، در آن میدان مغناطیسی به وجود می‌آید. به این ترتیب بر هادی داخل آرمیچر نیروی وارد شده باعث می‌شود آرمیچر بچرخد. کلکتور هم به طور مرتب جریان را در هادی که زیر یک قطب مشخص قرار گرفته است، در یک جهت نگاه می‌دارد.

#### ۴-۱۲- موتورهای AC

موتورهای القایی از دو قسمت اصلی تشکیل یافته‌اند: قسمت ثابت (استاتور) و قسمت متحرک یا چرخان (رتور).

\* استاتور: استاتور این موتورها مانند شکل ۴-۱۳ شیارهایی دارد که در داخل آنها سیم‌پیچ‌ها قرار می‌گیرد تا میدان مغناطیسی لازم را برای گردش رتور ایجاد کند.

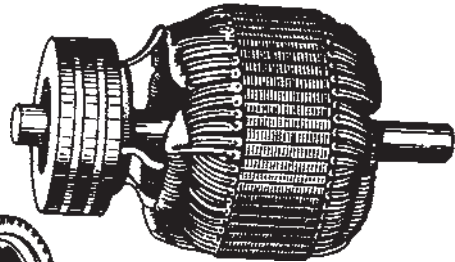


شکل ۴-۱۳

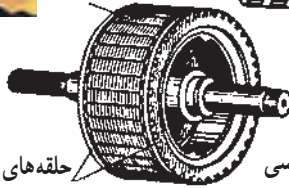
\* رتور: رتور ممکن است از استوانه‌ی آهنی دارای ورقه‌های مخصوص فولادی که نسبت به هم عایق هستند، ساخته شود. این رتورها، رتور قفسی نام دارند. در بعضی از موتورهای القایی به جای رتور قفسی از رتور سیم‌پیچی شده استفاده می‌کنند. شکل ۴-۱۴ این دو نوع رتور را نشان می‌دهد.



هسته‌ی رتور



(ب) رتور سیم پیچی شده



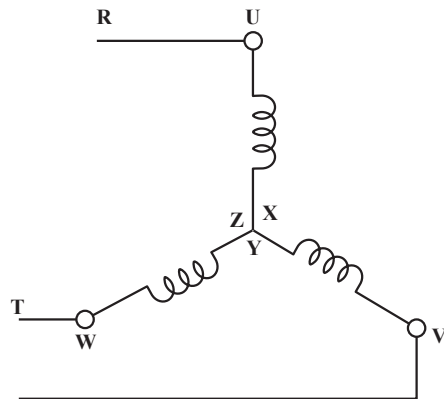
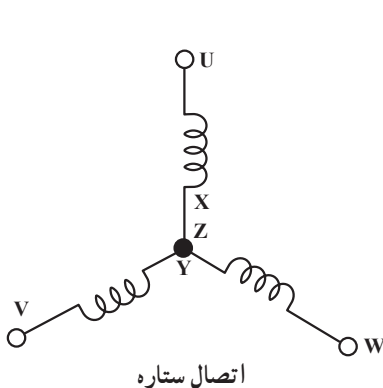
(الف) رتور قفسی حلقه‌های اتصال کوتاه

شکل ۴-۱۴

ساختمان موتورهای یک فاز القایی شبیه ساختمان موتورهای سه فاز است؛ با این تفاوت که در موتورهای القایی سه فاز سه سیم پیچ (برای هر فاز یک سیم پیچ) وجود دارد، ولی در موتورهای یک فاز دو سیم پیچ و گاهی در بعضی موتورهای خاص فقط یک سیم پیچ وجود دارد. در موتورهای سه فاز که سه سیم پیچ وجود دارد، این سه سیم پیچ در ارتباط با یکدیگر به دو صورت می‌توانند بسته شوند: اتصال ستاره؛ اتصال مثلث

### ۴-۱۳- اتصال ستاره یا Y

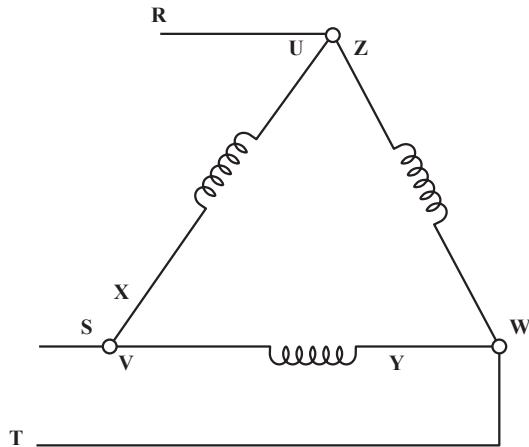
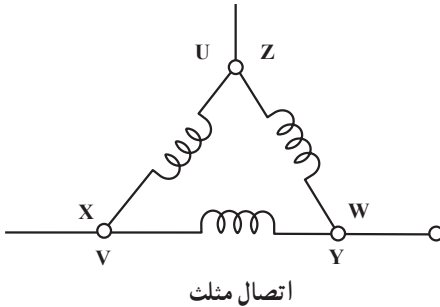
در اتصال ستاره یک سر کلاف‌ها را به صورت مشترک به یکدیگر وصل می‌کنیم، سپس سیم‌های فاز R و S و T را به سرهای باقی‌مانده متصل می‌کنیم. شکل ۴-۱۵ اتصال ستاره و اتصال سیم‌های فاز به کلاف‌های موتور را نشان می‌دهد. در این حالت سیم نول به محل اتصال X و Y و Z وصل می‌شود.



شکل ۴-۱۵

#### ۴-۱۴- اتصال مثلث یا .

در این اتصال سر هر کلاف به ته کلاف بعدی وصل می‌شود و سیم‌های فاز به نقاط مشترک سرو ته کلاف اتصال می‌یابد. شکل ۴-۱۶ اتصال مثلث و اتصال سیم‌های فاز را به آن نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۶

#### ۴-۱۵- طرز کار موتور AC

وقتی به سه سیم پیچ موتور سه فاز ولتاژ سه فاز وصل کنیم، یک میدان مغناطیسی در داخل استاتور به وجود می‌آید و در نتیجه، در هادی‌های رتور جریان القا می‌شود. جریان عبوری از هادی‌های رتور به نوبه‌ی خود یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. چون میدان مغناطیسی استاتور دوار است با میدان مغناطیسی رتور درگیر شده باعث به حرکت درآمدن رتور می‌شود.

## پرسش

- ۱- ماده‌ی مغناطیسی را توضیح دهید.
- ۲- انواع آهن‌ربا را نام ببرید.
- ۳- آهن‌ربای مصنوعی را چگونه می‌سازند؟
- ۴- طرز تشخیص قطب‌های یک آهن‌ربا را شرح دهید.
- ۵- اگر بخواهیم برق شبکه (۲۲۰V) را به ۶ ولت تبدیل کنیم، از چه دستگاهی استفاده می‌کنیم؟
- ۶- نقش آرمیچر در موتور DC چیست؟
- ۷- یک موتور DC چگونه می‌چرخد؟
- ۸- یک موتور AC از چه قسمت‌هایی تشکیل شده است؟
- ۹- اتصال ستاره و مثلث را رسم کنید.
- ۱۰- طرز کار موتور AC را شرح دهید.

## انواع کلیدها و تجهیزات تابلو

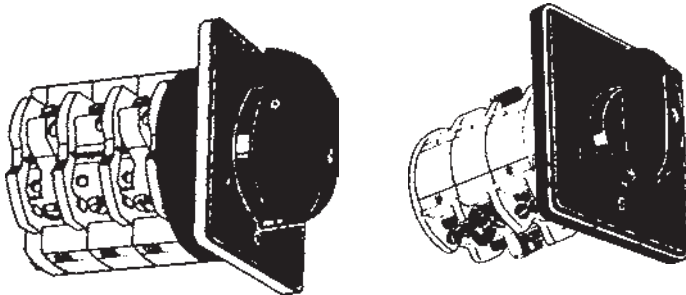
هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- انواع کلید را توضیح دهد.
- اصول کار کنتاکتور را توضیح دهد.
- اصول کار رله‌ی حرارتی را توضیح دهد.
- مدار فرمان و قدرت را توضیح دهد.
- انواع کابل‌ها و مشخصات آن‌ها را بداند.
- طرز کار میکروسوییچ‌ها را توضیح دهد.
- تابلوی برق و اجزای آن را توضیح دهد.

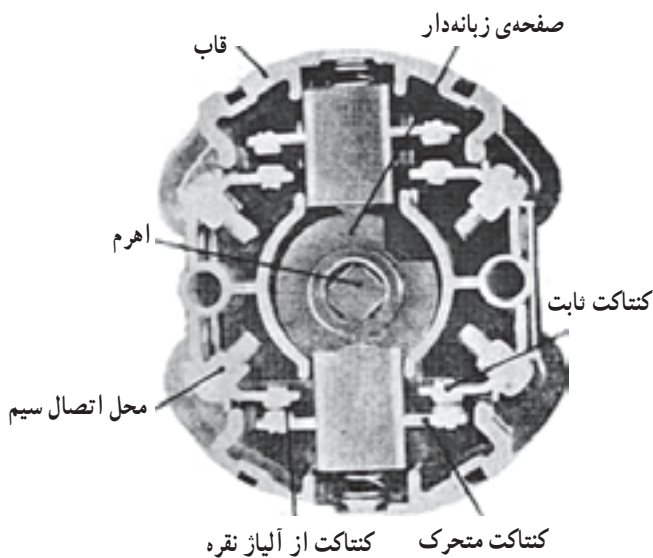
### ۵-۱- انواع کلید

کلیدها به انواع مختلف زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۵-۱-۱- کلیدهای دستی: در این کلیدها نیروی لازم برای قطع و وصل به وسیله‌ی دست اعمال می‌شود. یک نوع رایج کلیدهای دستی کلید ساده‌ی زبانه‌ای است. شکل ۵-۱ این نوع کلید را نشان می‌دهد. در این کلیدها به کمک اهرم نیروی مکانیکی لازم را با دست به کلید وارد می‌کنند. با چرخاندن اهرم، صفحه‌ی زبانه‌دار حول محور خود می‌چرخد و کنتاکت‌های متحرک را به کنتاکت ثابت وصل می‌کند و در نتیجه مدار الکتریکی وصل می‌شود.



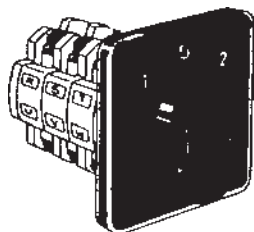
شکل ۵-۱



ادامه‌ی شکل ۱-۵

انواع دیگر کلید زبانه‌ای کلید چپ گرد و راست گرد است. شکل ۲-۵ این کلید را نشان

می‌دهد.



شکل ۲-۵

۱-۵-۲- کلید ستاره مثلث زبانه‌ای: برای راه‌اندازی موتورهای ممکن است ابتدا موتور

را به صورت ستاره راه‌اندازی کنند تا جریان کمی از شبکه کشیده شود؛ سپس اتصالات موتور را به

صورت مثلث درآورند. برای این منظور از کلید ستاره مثلث زبانه‌ای استفاده می‌کنند. شکل ۳-۵

این کلید را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵

۳-۱-۵- کلیدهای مغناطیسی: در این کلیدها با اعمال جریان الکتریکی به قسمت تحریک آن تعدادی کنتاکت باز، بسته و تعدادی کنتاکت بسته، باز می‌شود. کنتاکتورها از انواع کلیدهای مغناطیسی هستند. شکل ۴-۵ نمونه‌هایی از کنتاکتورها را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵

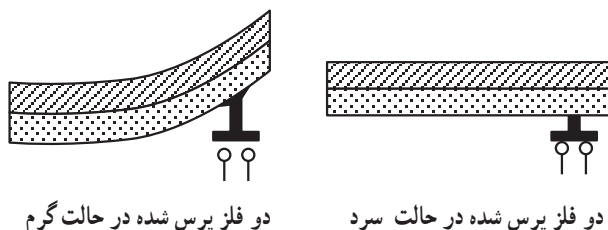
شستی یک کلید موقت است که معمولاً با فشار دست به حالت وصل (یا قطع) می‌رود و وقتی دست را از روی آن برداریم، به حالت اول خود باز می‌گردد. در شکل ۵-۵ چند نمونه کلید شستی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۵-۵

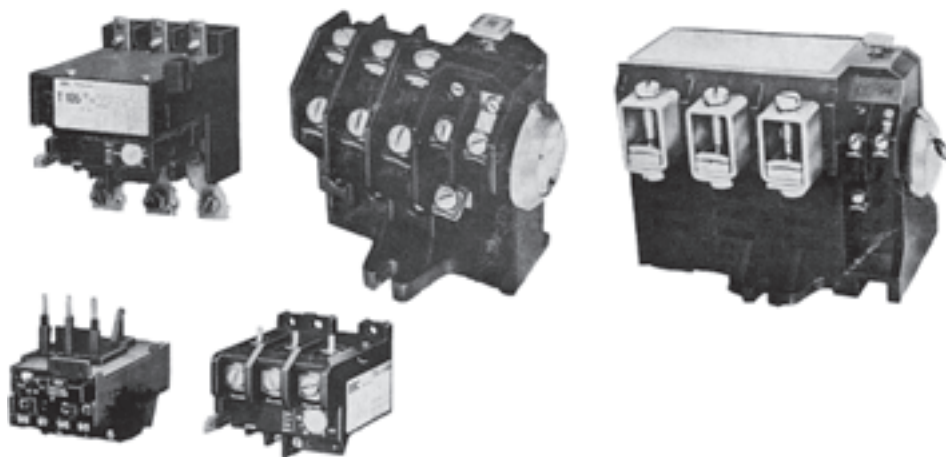
## ۲-۵- رله‌ی حرارتی

اگر دو فلز مختلف را به هم پرس کرده این مجموعه را گرم کنیم، به علت ضریب انبساط متفاوت دو فلز، مجموعه خم می‌شود و در این حالت قادر می‌شود به کنتاکت‌ها فرمان بدهد. شکل ۶-۵ این حالت را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۵

در رله‌ی حرارتی به دور مجموعه‌ی دو فلز، سیم مقاومت‌دار می‌پیچند و جریان مصرف‌کننده را از این سیم عبور می‌دهند. اگر جریان از مقدار تنظیم شده بیش‌تر شود، گرمای حاصل از افزایش جریان عبوری سبب خم شدن دو فلز می‌شود و در نتیجه، کنتاکتی را قطع یا وصل می‌کند. در شکل ۷-۵ نمونه‌ی چند رله‌ی حرارتی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۷-۵

## ۳-۵- مدار فرمان و قدرت

۱-۳-۵- مدار فرمان: منظور از مدار فرمان، فرمان و کنترل کنتاکتور اصلی برای قطع و وصل مصرف‌کننده به شبکه است. در مدار فرمان برای راه‌اندازی کنتاکتورها و در نتیجه مصرف‌کننده‌ها و تغییر حالت مدار از کلید شستی استفاده می‌شود.

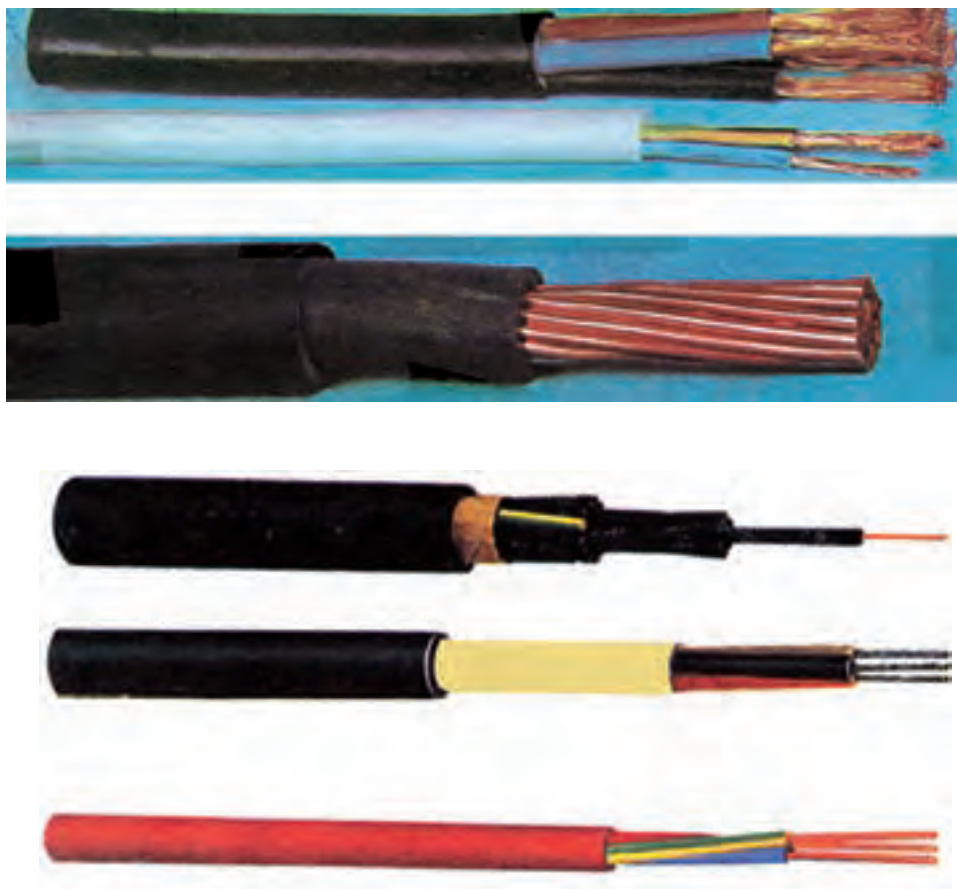


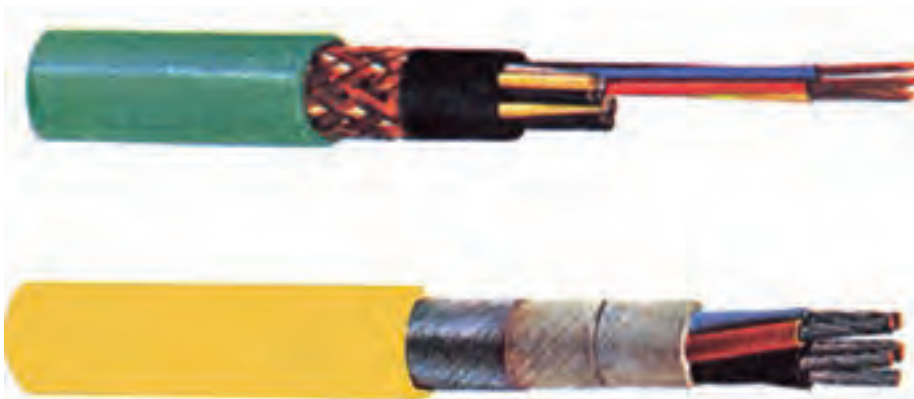
## ۵-۳-۲- مدار قدرت: منظور از مدار قدرت در نقشه‌ها، نشان دادن مسیرهای جریان

عبوری مصرف کننده است. در نقشه‌های مدار قدرت فیوزها، رله‌ی حرارتی و مصرف کننده‌ها نشان داده می‌شوند.

## ۵-۴- انواع کابل‌ها و مشخصات آن‌ها

کابل‌ها در تغذیه‌ی مصارف الکتریکی و بخش انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر کابل با سطح مقطع معین قادر به انتقال مقدار معینی از جریان است. اگر جریانی بیش از حد مجاز از کابل عبور کند، باعث سوختن کابل می‌شود. سیم هادی کابل معمولاً از مس یا آلومینیوم ساخته می‌شود و عایق روی کابل از ماده‌ی پی‌وی‌سی (PVC) است که روی هادی کشیده می‌شود. برای تشخیص دادن سیم کابل‌ها از یک‌دیگر معمولاً عایق آن‌ها را رنگی می‌سازند. سیم کابل‌ها ممکن است از هادی مفتولی یا افشان باشد. شکل ۵-۸ انواع کابل‌ها را نشان می‌دهد.

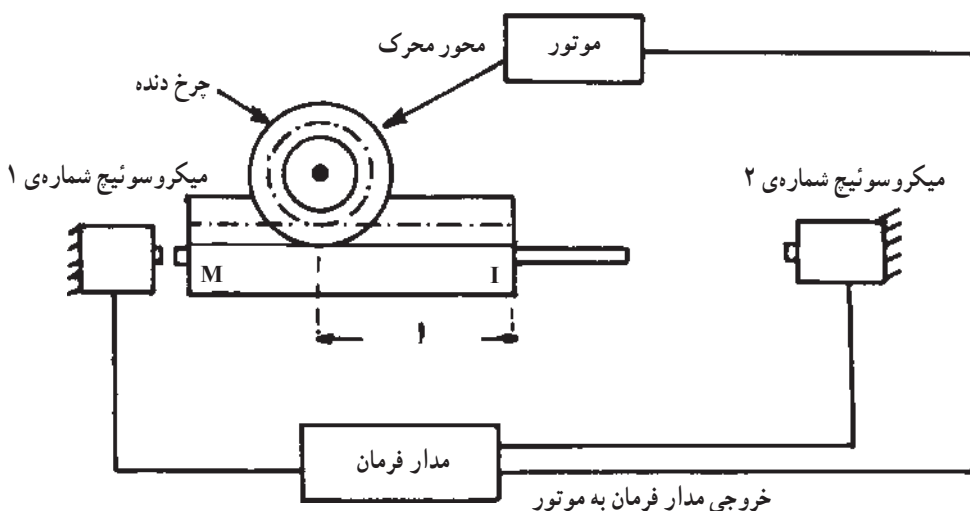




ادامه‌ی شکل ۵-۸

### ۵-۵- میکروسوئیچ‌ها (Micro Switches)

میکروسوئیچ‌ها کلیدهایی هستند که با اعمال ضربه یا فشار مکانیکی کار می‌کنند. در ماشین‌های نساجی از میکروسوئیچ به تعداد زیاد استفاده می‌شود. معمولاً در جایی که بخواهیم یک قطعه فاصله‌ی معینی را طی نماید و برگردد، از میکروسوئیچ استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، در شکل ۵-۹ با استفاده از یک موتور و یک چرخ‌دنده، میله‌ی دندانه‌دار M فاصله‌ی I را طی می‌کند، سپس در انتهای فاصله با میکروسوئیچ شماره‌ی ۲ تماس پیدا کرده آن را وصل می‌کند.

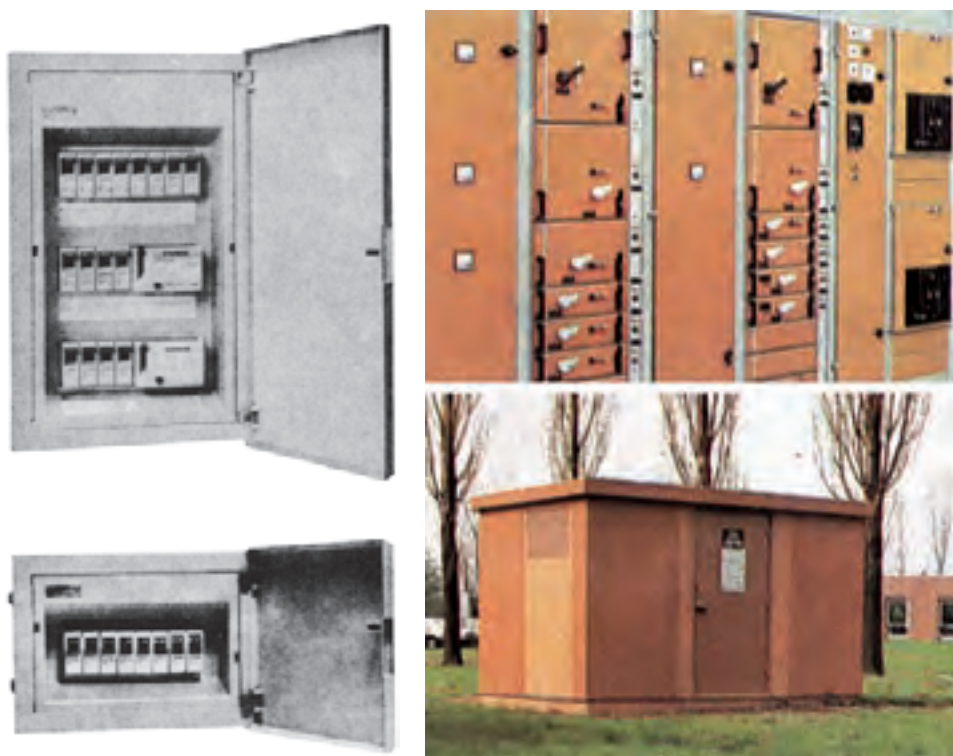


شکل ۵-۹- طرز کار میکروسوئیچ

در این حالت مدارهای فرمان به کار می‌افتد و جهت حرکت عوض می‌شود و میله به محل اولیه باز می‌گردد. در محل اولیه با میکروسوییچ شماره‌ی ۱ برخورد کرده دوباره دور موتور را عوض می‌کند. بنابراین میله M به طور متناوب جلو و عقب می‌رود.

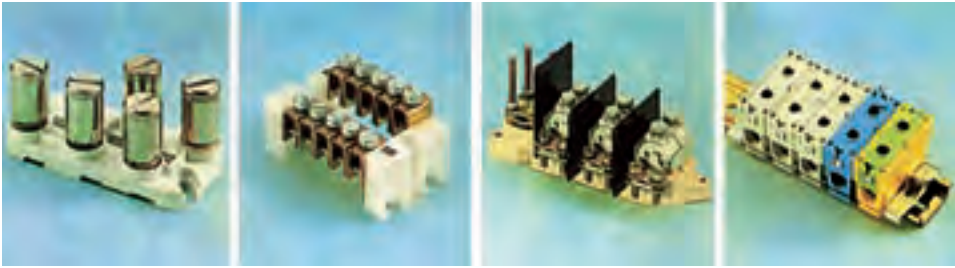
## ۵-۶- تابلوی برق و تجهیزات آن

تابلوی برق یک مرکز توزیع انرژی الکتریکی بین مصرف‌کننده‌ها است. تابلوهای برق با توجه به نیاز در ابعاد گوناگون و با تجهیزات مختلف ساخته می‌شود؛ مثلاً تابلوی برق یک منزل مسکونی تقریباً کوچک است. شکل ۵-۱۰ چند تابلو را نشان می‌دهد. یک کارخانه یا مرکز توزیع انرژی در



شکل ۵-۱۰

یک شهر نیاز به تابلوی بزرگ با تجهیزات بیشتر دارد. ورودی تابلو معمولاً برق شبکه‌ی سراسری و خروجی آن مصرف‌کننده‌ها است. برای اتصال تابلو به ورودی‌ها و خروجی‌ها معمولاً از ترمینال‌ها استفاده می‌کنند. شکل ۵-۱۱ این ترمینال‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۱- نمونه‌هایی از انواع ترمینال‌ها که در تابلوهای توزیع به‌کار می‌روند.

در تابلوهای توزیع وسایلی جهت نشان دادن یا پارامترهای الکتریکی مانند توان مصرفی، ولتاژ، جریان، انرژی و نیز وسایل حفاظتی مانند رله‌های جریان اضافی و فیوزها نصب می‌شوند. این وسایل در تابلوهای بزرگ عبارتند از ولت‌متر، آمپر‌متر، وات‌متر، کنتور، کلید فیوز و کلید اتوماتیک.

## پرسش

- ۱- انواع کلید را شرح دهید.
- ۲- رله‌ی حرارتی چگونه کار می‌کند؟
- ۳- مدار فرمان و مدار قدرت را توضیح دهید.
- ۴- میکروسوئیچ چیست و چه کاربردی دارد؟
- ۵- تجهیزات یک تابلوی برق صنعتی را نام ببرید.

## بخش دوم

### تأسیسات

### آب

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- آب در طبیعت را شرح دهد.
- ناخالصی‌های آب را توضیح دهد.
- تصفیه‌ی آب را با روش‌های فیزیکی و شیمیایی شرح دهد.
- انواع صافی‌ها را توضیح دهد.
- دستگاه‌های تصفیه را شرح دهد.

### ۶-۱- آب

یکی از ضروری‌ترین و فراوان‌ترین ترکیبات روی زمین، آب است. چون بسیاری از مواد جامد و مایع و گازی در آب حل می‌شوند، میکروب‌ها و املاح آن نیز بسیار است. آب در طبیعت به سه صورت؛ جامد، مایع و بخار وجود دارد، که هر کدام از این سه حالت در صنایع مختلف به کار می‌روند. در صنعت نساجی، آب نه تنها به عنوان یک ماده‌ی اساسی برای گرم کردن یا خشک کردن به کار می‌رود، بلکه بیش‌تر عملیات تکمیلی از قبیل شست‌وشو، سفیدگری، رنگرزی و چاپ در محیط آبی انجام می‌گردد. بنابراین مشخصات آب مورد مصرف در این صنعت اهمیت بسیاری دارد.

- نزولات آسمانی: این نوع آب، شامل آب باران و برف است. این آب‌ها قبل از رسیدن به زمین به علت گذشتن از جوّ زمین، گازهای اکسیژن و کربنیک را به صورت محلول در خود به سطح زمین می‌آورند. در شهرهای صنعتی که هوا آلوده است، قطرات باران و برف حاوی سولفید تیروژن و دی اکسید گوگرد و گاهی با مواد آلی و گرد و غبار همراه است.

- آب‌های سطحی: به آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها آب سطحی گویند. این آب‌ها علاوه بر مواد آلوده‌ی جوّی حاوی کربنات‌ها و بی‌کربنات‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و مقدار زیادی سولفات‌ها و کلریدهای فلزات مختلف هستند و میزان هر یک از این مواد، به جنس

زمین‌هایی که در مسیر حرکت آب قرار گرفته‌اند، بستگی دارد. هم‌چنین گاهی آب‌ها حاوی فلزات قیمتی و عناصر رادیواکتیو هستند. آبی که در هر لیتر آن تا یک گرم نمک وجود داشته باشد، آب شیرین و آبی که در هر لیتر آن بیش از یک گرم نمک وجود داشته باشد، آب شور خوانده می‌شود.

— آب‌های زیرزمینی: آب‌های زیرزمینی از نفوذ آب‌های سطحی به عمق زمین به وجود می‌آیند؛ مانند آب چاه‌ها و چشمه‌ها. معمولاً این آب‌ها به هنگام نفوذ در زمین مواد آهکی و املاح دیگری را در خود حل می‌کنند و به تدریج سنگین می‌شوند. این آب‌ها علاوه بر بی‌کربنات‌های کلسیم، منیزیم و احتمالاً آهن ممکن است حاوی بی‌کربنات سدیم و هم‌چنین گاز کربنیک آزاد باشند.

## ۲-۶- ناخالصی‌های آب

مواد جامد و املاح و گازهای محلولی که همراه با آب‌های طبیعی وجود دارند ناخالصی‌های آب نامیده می‌شوند. از نظر شیمیایی همه‌ی آب‌های موجود در طبیعت ناخالص‌اند، حتی آب باران هنگام رسیدن به زمین حاوی گازهای جوّی و مواد جامدی است که در هوا به صورت گرد و غبار وجود دارند. این ناخالصی‌ها در همه‌ی آب‌های زیرزمینی نیز به صورت محلول یا ذرات معلق وجود دارند؛ البته این آب‌ها چون مسافت زیادی را از میان سنگ‌ها و طبقات زمین طی می‌کنند معمولاً آن‌هایی که از نواحی سنگ‌های خارا و خاک‌های رُسی عبور می‌کنند از آب‌هایی که در نواحی سنگ‌های آهکی یافت می‌شوند، خالص‌تر هستند. هم‌چنین آب‌هایی که از مناطق سنگی عبور می‌کنند خالص‌تر از آب‌هایی هستند که از ناحیه‌ی خاکی عبور می‌کنند.

علاوه بر مواد محلول، مقدار زیادی ذرات معلق از قبیل گل، سیلیس و مواد آلی، در آب یافت می‌شوند. این ذرات و ناخالصی‌ها در آب‌های جاری مثل آب رودخانه‌ها و جویبارها بیش‌تراند. به عنوان نمونه، در آب چشمه‌های گرم، گازهای محلول و در آب چشمه‌های معدنی، املاح محلول و در آب رودخانه‌ها، مواد جامد معلق بسیاری یافت می‌شود.

## ۳-۶- تصفیه‌ی آب

منظور از تصفیه‌ی آب جداسازی مواد زائد از آب و از بین بردن ناخالصی‌های آن می‌باشد؛ به عنوان مثال آبی که در دیگ‌های بخار مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید از گازها و نمک‌های محلول که موجب زنگ‌زدن و تولید رسوبات در جدار داخلی دیگ می‌شوند، پاک‌سازی شده باشد. آب خوردن نیز باید سبک و بدون ذرات معلق و میکروب باشد. آب به دو روش تصفیه می‌شود: الف) فیزیکی، ب) شیمیایی.



## ۶-۳-۱- تصفیه‌ی آب به روش فیزیکی

— روش تبخیر: استفاده از این روش، موجب می‌شود که مواد جامد حل شده در آب، از آن جدا شوند. اسیدهای محلول در آب که نقطه‌ی جوش آن‌ها بیش‌تر از نقطه‌ی جوش آب است، جدا می‌شوند. در این روش آب تصفیه نشده را حرارت داده، می‌جوشانند و بخارهای به دست آمده را با سردکردن، به مایع تبدیل می‌کنند. آب تهیه شده، آب مقطر و خالص است. این روش به دلیل صرف وقت و انرژی بسیار از لحاظ صنعتی در مقیاس زیاد، قابل استفاده نیست.

— روش دمیدن هوا: استفاده از این روش، خروج گازهای محلول در آب تصفیه نشده را ممکن می‌سازد. در این روش به وسیله‌ی دستگاه‌هایی به نام کمپرسور، هوا به داخل آب دمیده می‌شود تا گازهای مزاحمی (مانند گاز اکسیژن، دی‌اکسید کربن و سولفید تیدروژن) که موجب زنگ‌زدگی درون دستگاه‌های صنعتی هستند، از آن خارج شوند.

— روش ته‌نشینی: اگر هدف تصفیه‌ی آب جداسازی و حذف مواد معلق و کلوئیدی<sup>۱</sup> موجود در آن باشد، از روش ته‌نشینی به حالت ساده و یا به همراه مواد منعقدکننده استفاده می‌کنند. در این طریق آب مورد نظر را به وسیله‌ی کانال‌هایی وارد حوضچه‌های مستطیل شکل می‌کنند و سرعت حرکت آن را به حداقل می‌رسانند و یا در صورت لزوم، ساکن می‌کنند. با این کار مواد معلق در آب مانند شن، ماسه و خاک که وزن مخصوصشان از آب بیش‌تر است، به مرور ته‌نشین می‌شوند. هرچه وزن مخصوص اجسام شناور در آب سبک‌تر باشد، دیرتر ته‌نشین می‌شوند. پس از صاف شدن و رفع تیرگی، آب حوضچه‌ها به انبار مرکزی هدایت شده، پس از کلرزنی وارد لوله‌ی اصلی شهر می‌شود و لجن ته‌نشین شده از ذرات معلق را به وسیله‌ی الکترو پمپ‌های لجن کش، تخلیه می‌کنند.

— روش ته‌نشینی با مواد منعقدکننده: برخی از عناصر (مانند رسوبات خاک رسی، مواد آلی و معدنی، باکتری‌ها و مواد رنگ‌دار که معمولاً بار منفی دارند)، به حالت کلوئیدی در آب موجودند. اگر تمام این مواد دارای بار الکتریکی یکسان باشند، درون آب یک‌دیگر را دفع کرده، سبب حرکت مداوم ذرات می‌شود. اگر بار الکتریکی این ذرات را از بین ببریم یا خنثی کنیم، در این صورت به یک‌دیگر متصل شده، به ذرات بزرگ‌تر تبدیل می‌شوند و به علت سنگینی زیاد ته‌نشین می‌شوند.

این بارها با استفاده از مواد منعقدکننده، خنثی می‌شوند. مواد منعقدکننده در حوض مخلوط‌کننده به آب اضافه می‌شود و به وسیله‌ی دستگاه‌های همزن با آب مخلوط می‌شود؛ در نتیجه بین منعقدکننده و ناخالصی آب ترکیب شیمیایی انجام می‌گیرد و ذرات قابل رسوب تولید می‌شود. بر اثر به هم چسبیدن

---

۱- کلوئیدها: ذرات کلوئیدی در آب، از دیگر ذرات حل شده بزرگ‌ترند و قطر آن‌ها در حد ۹ میکرون است. مواد کلوئیدی که ته‌نشین نمی‌شوند، باعث تیرگی آب می‌شوند. این مواد ممکن است از مواد خاک رسی باشند.

ذرات و به وجود آمدن ذرات سنگین تر، آب از حوض «مخلوط کننده» به حوض دیگری به نام حوض «یکنواخت» کننده هدایت می شود و در این حوض، به آرامی هم زده می شود. در نتیجه ی این حرکت آرام و مخلوط شدن، امکان برخورد بین ذرات و چسبیدن آن ها به یک دیگر به وجود می آید؛ پس از این مرحله، آب به حوض دیگری به نام حوض «ته نشینی» هدایت می شود و در این جا ذرات درشت به وجود آمده، به صورت رسوبات و لجن، ته نشین می شوند و از دریاچه های تخلیه و یا به وسیله ی پمپ های لجن کش از حوض خارج می شوند. جدول ۶-۱ مواد منعقدکننده ای را که در تصفیه خانه های آب به کار می رود، با فرمول شیمیایی آن ها نشان می دهد و چون انتخاب هر یک از مواد منعقدکننده به pH آب و جنس مواد معلق در آب بستگی دارد، pH آب نیز در جدول درج شده است.

جدول ۶-۱- مواد منعقدکننده و pH آب

منعقدکننده	فرمول شیمیایی	pH
سولفات آلومینیوم (آلوم)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	۴ تا ۷
سولفات و آهن II	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	۵/۸ و بالاتر
آهک	CaO	.....
سولفات آهن III	$Fe_2(SO_4)_3$	۳/۵ تا ۷ و از ۹ بالاتر
کلرید آهن III	$FeCl_3$	۳/۵ تا ۶/۵ و از ۸/۵ به بالا
آلومینات سدیم	$Na_2Al_2O_4$	

— **صافی ها:** برای جدا کردن کلیه ی مواد به دست آمده از عمل انعقاد در آب، از صافی ها استفاده می شود. کار صافی ها عبور دادن آب از منافذ بسیار ریز و جدا کردن ذرات جامد معلق در آب است. در انتخاب صافی باید توجه خاصی به سهولت پاک کردن منافذ و ارزانی آن کرد. در اکثر تصفیه خانه های بزرگ از صافی های شنی استفاده می شود.

در ساختمان این نوع صافی ها دانه های گرد سنگ های سیلیس، مرمر، آنتراسیت به ابعاد مختلف بر روی یک دیگر قرار گرفته که آب از روی طبقات مختلف این سنگ ها عبور می کند. اگر آب برای تصفیه ی مقدماتی دیگ بخار مورد استفاده قرار گیرد، بهتر است که از سنگ های سیلیس استفاده

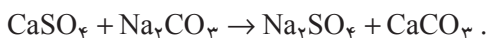
۱- pH نشان دهنده ی کیفیت اسیدی و بازی محیط محلول است و بین ۱۴- و تغییر می کند اگر pH محیط ۷- باشد محیط اسیدی و اگر ۷ باشد محیط خنثی از (۷-۱۴) محیط قلیایی است.

نشود، زیرا وجود مقدار کمی سیلیس، باعث خوردگی جدار داخلی دیگ می‌شود.

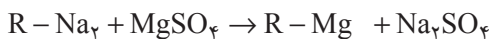
دانه‌های شن را برحسب بزرگی و کوچکی آن‌ها در داخل ظرف صافی روی هم قرار داده، آب را از روی آن‌ها عبور می‌دهند. آب در اثر گذشتن از بین ریگ‌ها، کلیه‌ی ذرات معلق را جا می‌گذارد و صاف و تصفیه شده، خارج می‌شود. لازم به یادآوری است که صافی‌ها پس از مدتی کار کردن، به علت بسته شدن سوراخ‌هایشان از کار می‌افتند؛ در این صورت مسیر عبور آب در صافی را برعکس می‌کنند تا ذرات «گیرکرده» در سوراخ‌های صافی، به صورت ذرات معلق در سطح صافی درآید و سپس با سرریز از سطح ورودی آن خارج شود. پس از این عمل صافی مجدداً آماده‌ی بهره‌برداری می‌شود.

**۶-۳-۲- تصفیه‌ی آب به روش شیمیایی:** آبی که در آن املاح کلسیم و منیزیم (Mg و Ca) وجود داشته باشد، «آب سخت» نامیده می‌شود و هر چه میزان این املاح بیش‌تر باشد، درجه‌ی سختی آب هم بیش‌تر است. برای جداسازی املاح کلسیم و منیزیم سخت، از روش‌های شیمیایی استفاده می‌شود. بعد از جداسازی، آب به دست آمده را «آب سبک یا نرم» می‌نامند. برای برطرف کردن املاح محلول در آب، دو روش وجود دارد:

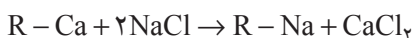
**الف- روش رسوب دادن:** در این روش با افزودن یک ماده‌ی شیمیایی، املاح محلول را به صورت نامحلول درآورده، رسوب می‌دهند. مهم‌ترین مواد رسوب‌دهنده، آهک و کربنات سدیم هستند. برای گرفتن سختی بیش‌تر آب، بهتر است که از مخلوط کربنات سدیم و آهک استفاده شود.



**ب- روش استفاده از زئولیت‌ها:** زئولیت‌ها دارای ترکیب پیچیده‌ای هستند ولی به طور مختصر می‌توان آن‌ها را با  $\text{R}-\text{Na}_2$  نمایش داد، که R نماینده‌ی باقی‌مانده‌ی مولکول زئولیت است. هرگاه آب سخت را از روی زئولیت عبور دهیم، عمل تعویض «یون» صورت می‌گیرد و یون‌های کلسیم و منیزیم جای خود را به یون‌های سدیم می‌دهند.



به این ترتیب، آب سبکی به دست می‌آید که املاح کلسیم و منیزیم خود را به زئولیت داده است. پس از مدتی، تمام یون‌های سدیم زئولیت، با کلسیم و منیزیم جای‌گزین می‌شود، و اثر سختی‌گیری خود را از دست می‌دهد. برای احیای زئولیت محلول غلیظ نمک طعام به کار می‌رود.



و پس از شست‌وشوی زئولیت، می‌توان از آن دوباره استفاده کرد.

## ۶-۴- مصارف آب

آب باید برای هر مصرفی ویژگی خاصی داشته باشد به عنوان مثال آب‌هایی که در کشاورزی به کار می‌روند، باید شامل خصوصیتی باشند که برای رشد نباتات لازم است. آب‌هایی که دارای املاح معدنی محلول زیاد باشند (آب دریاچه‌ها و یا دریا‌های شور)، جهت مصارف کشاورزی، مفید نیست و چه بسا که باعث توقف رشد و یا از بین رفتن محصولات کشاورزی شوند.

آب آشامیدنی باید از نظر ناخالصی‌ها مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته، با روش‌های فیزیکی و شیمیایی تصفیه شود. آب شرب باید بی‌بو، بی‌رنگ و عاری از وجود میکروب‌ها و یا باکتری‌های مولد امراضی مانند: حصبه، اسهال، وبا و ... باشد، برخی از نمک‌های محلول موجود در آب، مانند کلرید منیزیم، کلرید سدیم، سولفات منیزیم و سولفات سدیم برای انسان مفیدند و به هضم غذا نیز کمک می‌کنند بدین جهت آبی که این نمک‌ها را در حد لازم برای شرب دارا باشد، «آب بُرنده» نامیده می‌شود. بیش‌تر آب‌هایی که از طریق منابع مختلف تهیه می‌شوند، کم و بیش ناخالصی‌هایی دارند و با گرفتن این ناخالصی‌ها به وسیله‌ی دستگاه‌های تصفیه، آب به دست آمده مصرف صنعتی پیدا می‌کند.

## ۶-۵- تصفیه‌ی آب جهت مصارف صنعتی

قبل از این که آب را برای هر نوع مصرفی، مورد استفاده قرار دهند، نمونه‌ای از آن در آزمایشگاه‌ها بررسی می‌شود و میزان کلیه‌ی ناخالصی‌های آن بر حسب ppm<sup>۱</sup> (یک قسمت ناخالصی، در یک میلیون قسمت آب نمونه) تعیین می‌کنند. اعداد به دست آمده را در جدولی با اسم ناخالصی‌ها یادداشت می‌کنند.

---

<sup>۱</sup> ppm: PARTPER Million

جدول ۶-۲- نتیجه‌ی آزمایشگاهی شش نمونه‌ی آب

CO <sub>۳</sub> Ca	مقدار نیترات NO <sub>۳</sub> <sup>-</sup>	مقدار کلرید Cl <sup>-</sup>	مقدار سولفات SO <sub>۴</sub> <sup>-</sup>	مقدار بی‌کربنات CO <sub>۳</sub> H <sup>-</sup>	مقدار منیزیم به صورت Mg <sup>++</sup>	مقدار کلسیم به صورت Ca <sup>++</sup>	مقدار آهن به صورت Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	مقدار SiO <sub>۲</sub>	کم شدن وزن مقدار جامدات در اثر حرارت	مقدار جامد حل شده	نمونه
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
۴۱۸	۲/۸	۵۴۸	۹۲	۱۹۶	۳۳	۱۱۳	۰/۴۸	۲۲	۸۰	۱۲۷۳	۱
۶	۰/۴۹	۱/۰	۷/۷	۱۱	۱/۲	۴/۵	۰/۰۴	۲/۶	۲/۵	۲۸	۲
۱۱	۰/۰	۸/۰	۴۰۴	۵۰۴	۷۴	۲۰۳	۰/۱۴	۱۶	—	۹۶۹	۳
۳۶۹	۱۳	۹/۶	۸۴	۳۳۹	۳۴	۹۲	۰/۰۹	۱۰	۱۷	۴۳۴	۴
۶۶	۰/۸	۱۳	۶۰	۲۷	۴/۶	۲۸	۰/۲	۸/۲	—	۱۴۸	۵
۶۲۵۰	۰/۹	۱۹۰۰۰	۲۶۴۰	۱۳۷	۱۲۷۰	۴۰۷	۰/۲	۲/۴	—	۳۴۳۰۰	۶ آب دریا

حال، با توجه به مصارف مختلف صنعتی، هر کدام از ناخالصی‌های موجود در آب نمونه که مزاحم دستگاه‌ها و یا کیفیت محصولات آن‌ها می‌شوند، تشخیص داده شده، به وسیله‌ی دستگاه‌های مختلف تصفیه و با روش‌های مناسب، در حد لزوم جدا می‌شوند.

جدول ۶-۳ نتیجه‌ی تصفیه‌ی یکی از نمونه‌های جدول ۶-۲ به روش رسوب دادن و استفاده از زئولیت را نشان می‌دهد که جهت مصرف در دیگ‌های بخار است.

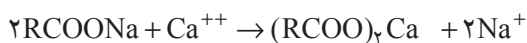
جدول ۶-۳- نتیجه‌ی تصفیه کردن به روش‌های مختلف

تصفیه شده به روش زئولیت سدیم		تصفیه شده به روش آهک کربنات سدیم		تصفیه نشده		یون یا ترکیب
epm	ppm	epm	ppm	epm	ppm	
۰/۰۰	۰	۰/۴۰	۶/۸	۰/۰۰	۰	تیدروکسیل (OH)
۰/۰۰	۰	۰/۲۰	۲۱	۰/۰۰	۰	کربنات (CO <sub>۳</sub> )
۵/۶	۳۳۹	۰/۰۰	۰	۵/۵۶	۳۳۹	بی کربنات (HCO <sub>۳</sub> )
۱/۷۵	۸۴	۱/۷۵	۸۴	۱/۷۵	۸۴	سولفات (SO <sub>۴</sub> )
۰/۲۷	۹/۶	۰/۲۷	۹/۶	۰/۲۷	۹/۶	کلرید (Cl)
۰/۲۱	۱۳	۰/۲۱	۱۳	۰/۲۱	۱۳	نیترات (NO <sub>۳</sub> )
۰/۳۳	۱۰	۰/۱۷	۵	۰/۳۳	۱۰	سیلیس (Si)
—	—	—	—	—	۰/۰۹	آهن (Fe)
۰/۱۰	۲	۰/۳۰	۶	۴/۶۰	۹۲	کلسیم (Ca)
۰/۰۴	۰/۵	۰/۰۸	۱	۲/۰۸	۳۴	منیزیم (Mg)
۷/۶۵	۱۷۶	۰/۹۵	۶۸	۰/۳۹	۹	سدیم (Na)
—	—	—	—	—	—	تیدروژن (H)
۰/۱۴	۷	۰/۳۸	۱۹	۷/۳۸	۳۶۹	سختی

یک قسمت در یک میلیون قسمت = ppm اکی والان گرم در یک میلیون قسمت = epm

## ۶-۶- اهمیت تصفیه‌ی آب در صنعت نساجی

در آب‌های سخت، وجود آهن و نمک‌های منیزیم و کلسیم مزاحمت زیادی ایجاد می‌کنند. علت دیر کف کردن صابون و یا کف نکردن آن در چنین آب‌هایی، ترکیب شدن صابون با این نمک‌هاست که منجر به تشکیل نمک‌های نامحلول می‌شود.



برخی از این نمک‌ها در آب با مواد مصرفی مانند صابون ترکیب می‌شوند و موادی را به وجود می‌آورند که عمل رنگریزی و شست و شو را با اشکال مواجه می‌کند.

تهیه‌ی آب صنعتی تصفیه شده در کارگاه‌های سفیدگری و رنگریزی برای کالاهای نساجی بسیار مهم است زیرا سختی موجود در آب با مواد رنگریزی موجود در حمام رنگریزی ترکیب شده،

رسوباتی از خود بر روی پارچه به جا می‌گذارند که باعث یک‌نواخت نبودن رنگ در پارچه می‌شود. در نتیجه پس از شست‌وشو و از بین رفتن رسوب‌ها لکه‌هایی روی پارچه باقی می‌ماند و هم‌چنین مقاومت سایشی پارچه را کاهش می‌دهند. اگر ترکیبات آهنی و منگنز در آب باشد سبب رسوب و تغییر رنگ و یا لک شدن پارچه می‌شود. نمک‌های این فلزات در قسمت سفیدگری، باعث تجزیه‌ی محلول حمام سفیدگری می‌شوند. در شست‌وشو معمولاً مواد شوینده با املاح موجود در آب‌های سخت واکنش داده و رسوب می‌کند. بدین ترتیب قدرت شویندگی به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. البته امروزه رنگ‌زداها و یا مواد شوینده‌ای ساخته شده است که با استفاده از آن‌ها، در آب سخت هم پارچه رنگ‌رزی و یا شست‌وشو می‌شود.

## ۶-۷- موارد اختلاف آب آشامیدنی و صنعتی

کلیه‌ی آب‌های به دست آمده از منابع طبیعی ناخالصی دارند. وجود ناخالصی‌ها باعث ایجاد مشکلاتی در مصرف می‌شود؛ از بین بردن این اشکالات به وسیله‌ی دستگاه‌های تصفیه، نسبت به نوع مصرف آن (آشامیدنی یا صنعتی) متفاوت است، مثلاً وجود مواد کلوئیدی سبب تیرگی آب و کمبود فلوئور موجود در آب شده، باعث فساد دندان می‌شود و وجود باکتری‌های میکروسکپی، باعث مریض شدن انسان و بودن نمک طعام در آب، باعث تغییر مزه‌ی آن می‌شود.

بنابراین، آبی که ناخالصی‌های فوق را داشته باشد، علاوه بر این که کیفیت مطلوب شرب را ندارد، مشکلات بهداشتی نیز ایجاد می‌کند. در صورتی که اگر هدف، مصرف صنعتی آب باشد، نسبت به نوع مصرف مثلاً در دیگ‌های بخار، از لحاظ بهداشتی مشکل‌چندانی ایجاد نمی‌کند.

جهت قابل شرب ساختن آب بیش‌تر ناخالصی‌های موجود به وسیله‌ی دستگاه‌های تصفیه گرفته می‌شوند و برای ضدعفونی کردن آب آشامیدنی از مواد شیمیایی مثل هیپوکلریت کلسیم استفاده می‌شود. ناگفته نماند که وجود بعضی از نمک‌های محلول در آب، در حد استاندارد، به گوارا و خوش مزه شدن آب کمک می‌کند. علل کاهش سختی آب‌های آشامیدنی شهری به قرار زیر است:

- جلوگیری از مصرف زیاد بودرهای لباس‌شویی و صابون (صابون در آب‌هایی که سختی زیاد دارند، کف نمی‌کند).

- کم کردن کار شست‌وشو و زیاد کردن عمر لباس‌ها

- جلوگیری از ته‌نشین شدن رسوبات در آب گرمکن‌ها

- بهتر کردن کیفیت آب در حمام‌ها

- گوارا کردن آب

– جلوگیری از ایجاد طعم نامطلوب آب.

آب‌های صنعتی نیز باید دارای خصوصیتی متناسب با موارد کاربردشان باشند، برای مثال آب‌های مصرفی در صنعت نساجی باید دارای سختی کمی باشند تا کیفیت محصولات به دست آمده بالا رود. جدول ۴-۶ مواد ناخالصی معمولی در آب را نشان می‌دهد و مشکلات ناشی از این مواد را (در صورتی که بیش از حد باشد) معین می‌کند.

جدول ۴-۶- جدول ناخالصی‌های معمولی در آب و اثرات آن‌ها

کیفیت ناخالصی	اسم ناخالصی	تولید علت یا اثرات آن در آب
مواد معلق	۱- باکتری‌ها	تولید بیماری
	۲- خزه و موجودات میکروسکوپی	تولید بو، رنگ، تیرگی
	۳- مواد کلوئیدی	تولید تیرگی
مواد محلول	کلسیم	بی‌کربنات
		کربنات
		سولفات
		کلرید
		منیزیم
	سدیم	بی‌کربنات
		کربنات
		سولفات
		فلورید
		کلرید
اکسید آهن منگنز رنگ‌های گیاهی	تولید مزه، رنگ، خوردگی فلزات، سختی تولید رنگ تولید رنگ، اسیدی کردن	
	گازها	تولید خوردگی در فلزات
		دی‌اکسیدکربن
SH <sub>۲</sub>		
	نیتروژن	تولید بو، اسیدی کردن، خوردگی در فلزات



ناخالصی‌هایی که یک کارخانه‌ی صنعتی باید از آب خود خارج کند عبارت‌اند از :  
 - مواد معلق مانند گل و لای و سیلیس که ممکن است به وسیله‌ی صافی‌های شنی از آب خارج شود.

- گازهای محلول در برخی از آب‌ها مانند گاز کربنیک، اکسیژن و سولفید یدروژن که مخصوصاً در دستگاه‌های صنعتی مزاحمت ایجاد می‌کنند و قبل از استفاده با حرارت دادن آب و عملیات دیگر، باید از آب خارج شوند.

املاح محلول در آب مخصوصاً بی‌کربنات و سولفات و کلریدهای کلسیم و منیزیم که به روش‌های مختلف از آب خارج می‌شوند.

## ۸-۶- انواع سختی آب

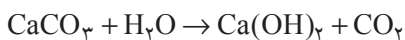
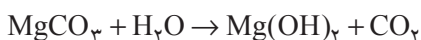
۸-۶-۱- سختی موقت: به طور کلی کربنات‌های کلسیم و منیزیم در آب نامحلول می‌باشد، اما وجود اکسید کربن آن‌ها را همواره به صورت بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزیم محلول در آب در می‌آورد.



بنابراین سختی موقت آب مجموع بی‌کربنات کلسیم و بی‌کربنات منیزیم موجود در آب می‌باشد. این بی‌کربنات‌ها در اثر جوشیدن در آب تجزیه شده گاز کربنیک و رسوبات کربنات کلسیم و کربنات منیزیم تولید می‌کنند که در نتیجه، با برطرف کردن این رسوبات سختی موقت آب از بین می‌رود.



در صورتی که رسوبات برطرف نشوند با آب ترکیب شده، قشری از کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیم به دست می‌آید.



۸-۶-۲- سختی دائم: کلریدها، سولفات‌ها و یا نیترات‌های کلسیم و منیزیم در آب محلول می‌باشند. بودن یا نبودن دی‌اکسید کربن، در حلالیت آن‌ها در آب، اثری ندارد. این نمک‌ها در اثر جوشیدن در آب تجزیه شده، رسوب نمی‌دهند، در نتیجه وجود آن‌ها موجب سختی دائم آب می‌شود.

۶-۸-۳- سختی کل: مجموع نمک‌های کلسیم - منیزیم چه به صورت بی‌کربنات‌ها و چه به صورت نترات‌ها، کلریدها، سولفات‌ها و سیلیکات‌ها در آب‌های مختلف را، «سختی کل» می‌نامند و مقدار نسبی آن‌ها در آب‌های مختلف متفاوت است. به عبارت دیگر مجموع سختی موقت و سختی دائم را سختی کل می‌نامند.

## ۶-۹- دستگاه‌های تصفیه‌ی آب

دستگاه‌های تصفیه‌ی آب یا به طور کلی تصفیه‌خانه‌های آب به منظورهای مختلف طراحی و یا تأسیس می‌شوند؛ یعنی با توجه به ناخالصی‌های موجود در آب، نوع دستگاه‌های تصفیه را انتخاب می‌کنند. در اینجا سه نمونه از این دستگاه‌ها معرفی می‌شود:

- تصفیه‌خانه‌ی آب با صافی‌های تندشنی

- دستگاه صافی‌های فشاری

- دستگاه‌های سختی‌گیر

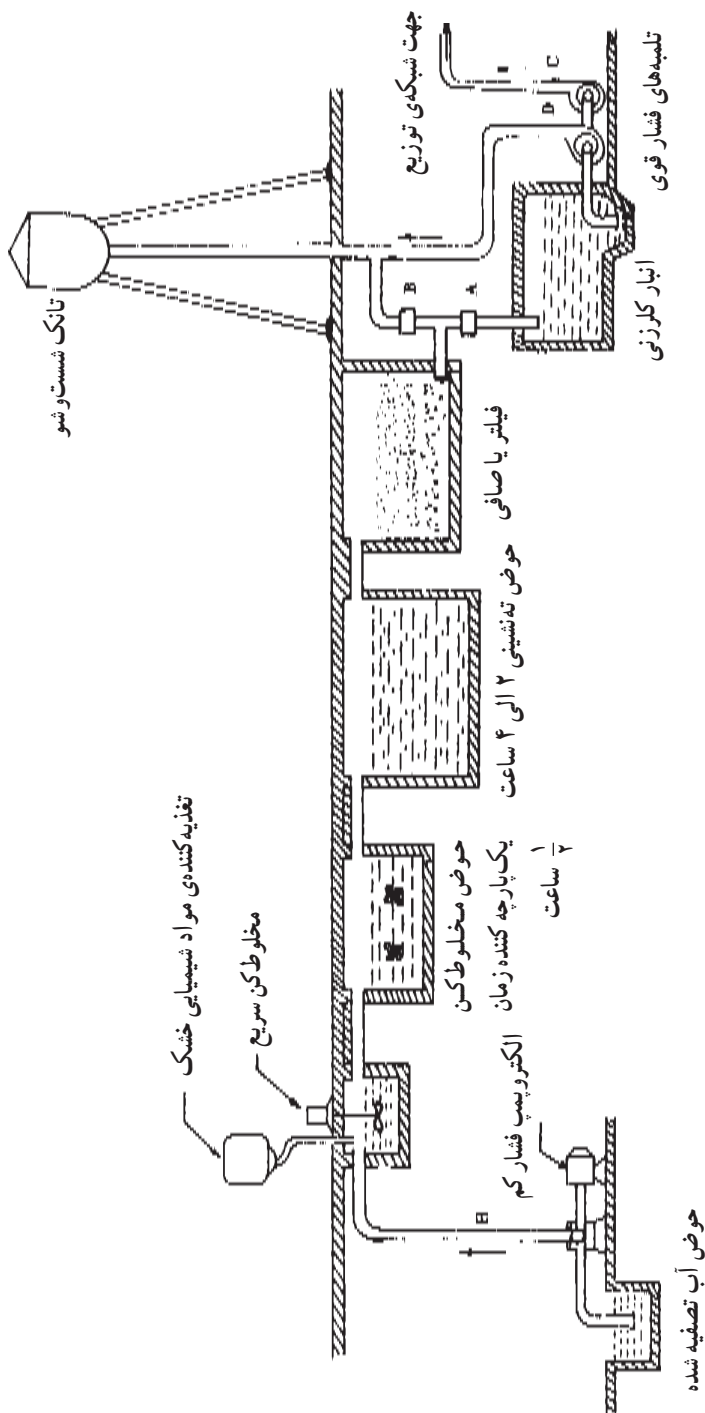
۶-۹-۱- تصفیه‌خانه‌ی آب با صافی‌های تندشنی: شکل ۶-۱ نمای یک تصفیه‌خانه‌ی ساده را نشان می‌دهد. باید توجه شود که در تصفیه‌خانه‌ی صافی‌های تندشنی، حتماً باید از منعقدکننده‌ها استفاده شود تا کیفیت تصفیه بالا باشد.

روش کار در این نوع تصفیه‌خانه‌ها بدین طریق است که آب به وسیله‌ی الکتروپمپ از منبع اصلی به حوض مخلوط‌کن منتقل می‌شود.

این حوض، مجهز به یک دستگاه همزنی است که با سرعت زیاد می‌چرخد، از طرفی مواد شیمیایی (منعقدکننده) به اندازه‌ی مورد نیاز، وارد حوض می‌شوند و به وسیله‌ی مخلوط‌کن با کلیه‌ی ذرات آب مخلوط می‌شوند، سپس آب وارد حوض دیگری به نام حوض «یک‌پارچه‌کننده» شده، ۳۰ دقیقه متوقف می‌شود. در این مدت، ترکیب شیمیایی بین مواد منعقدکننده و یون‌های Ca و Mg و سایر ناخالصی‌های محلول در آب انجام می‌شود و ذرات معلق در آب (کلوئید) درشت شده، به هم می‌چسبند. این مواد با دستگاه‌های همزن الکتریکی که با دور آرامی می‌چرخند مخلوط شده، وارد حوض دیگری به نام حوض «ته‌نشینی» می‌شوند، مدت توقف آن‌ها در این حوض ۲ الی ۴ ساعت است.

ذرات معلق در آب و املاح موجود در آن در اثر وزن خود به صورت لجن ته‌نشین می‌شوند. لجن به دست آمده را به وسیله‌ی پمپ‌های لجن‌کش بیرون می‌کشند و وارد خط فاضلاب می‌کنند. برای جداسازی ذرات ریز معلق، آب را وارد حوض فیلتر می‌کنند. آب ضمن عبور از طبقات صافی

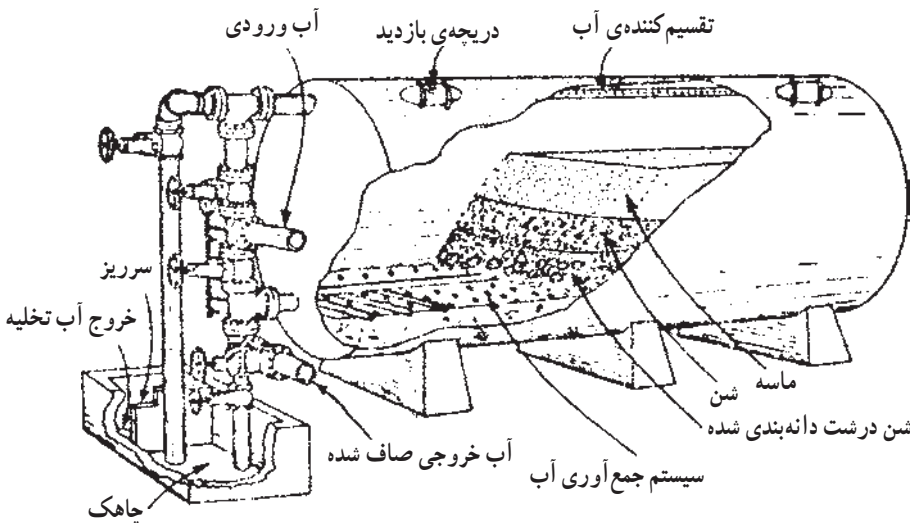
(فیلتر) که شامل طبقات ماسه‌شن و شن‌های درشت است کلیه ذرات معلق در خود را در لابه‌لای این طبقات جا می‌گذارد و پس از تصفیه‌شدن، وارد انبار دیگری به نام «انبار کلرزنی» می‌شود.



شکل ۱-۶- تصفیه‌خانه‌ی آب با صافی‌های تند شنی

در انبار کلرزی، برای از بین بردن میکروب‌ها و ضد عفونی کردن آب، گاز و یا مایع کلر به آن اضافه می‌شود و بدین طریق آب تصفیه شده از طریق تلمبه‌های فشارقوی به لوله‌های شبکه‌ی توزیع خط شهری تزریق می‌شود. صافی‌های تصفیه‌ی آب پس از مدتی کارکردن در اثر رسوبات ذرات چسبناک مسدود می‌شوند که برای پاک‌سازی صافی آن را شست‌وشو می‌دهند. نحوه‌ی کار بدین طریق است که تلمبه‌ی شماره‌ی D را راه‌اندازی می‌کنند تا آب در تانک شست‌وشو ذخیره شود. سپس شیر فلکه‌ی B را باز و شیر فلکه‌ی A را می‌بندند. آب از تانک شست‌وشو بر اثر فشار زیاد از قسمت پایینی صافی وارد شده، در جهت مسیر برعکس اولیه از لابه‌لای صافی عبور می‌کند و کلیه‌ی ذرات گیر کرده در طبقات صافی را به همراه خود به سطح صافی آورده، به صورت کف و لجن از محل سرریز صافی وارد خط فاضلاب می‌کند؛ این عمل تا تمیز شدن کامل صافی ادامه پیدا می‌کند.

**۶-۹-۲- صافی‌های فشاری:** شکل ۶-۲ دستگاه تصفیه‌ی صافی فشاری را نشان می‌دهد. در صافی‌های فشاری، فشار خروجی آن‌ها از یک اتمسفر بیش‌تر است. این صافی‌ها در تصفیه‌خانه‌های کوچک و هم‌چنین در کارخانه‌ها و استخرها مورد استفاده قرار می‌گیرند. طرز کار آن‌ها طوری است که آب، بعد از اضافه شدن مواد منعقد کننده، بدون به هم زده شدن و یک پارچه شدن و ته‌نشینی، وارد صافی می‌شود و آب تصفیه شده از خط خروجی آن بیرون می‌آید.



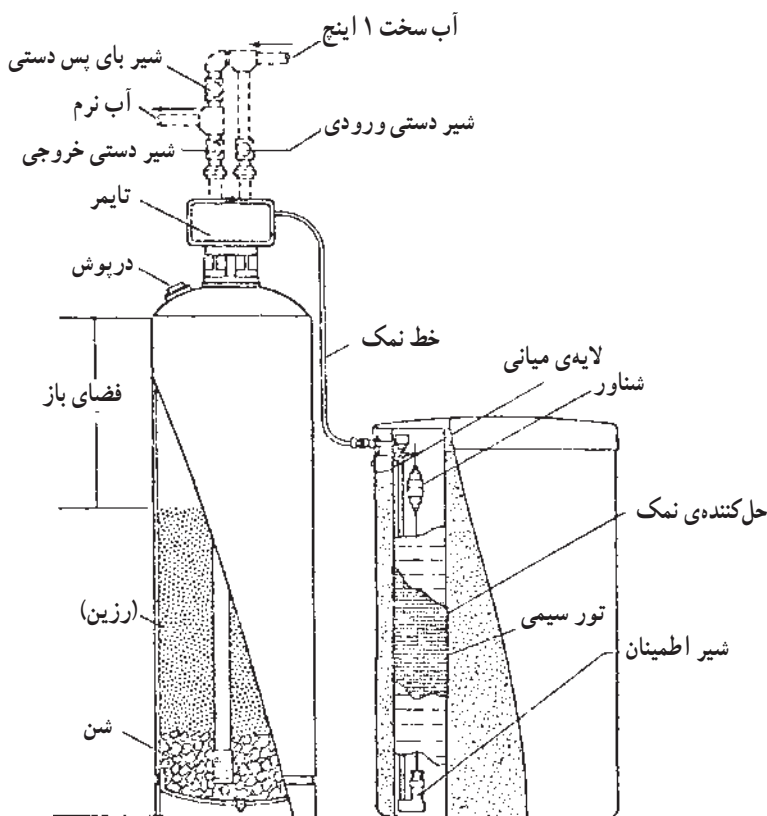
شکل ۶-۲- صافی فشاری

شکل ۶-۲ دستگاه صافی برش داده شده‌ای است که طرز قرارگرفتن لایه‌های ماسه، شن و شن‌های درشت و سیستم لوله‌کشی آن را نشان می‌دهد. معمولاً منعقدکننده‌های این نوع صافی‌ها،

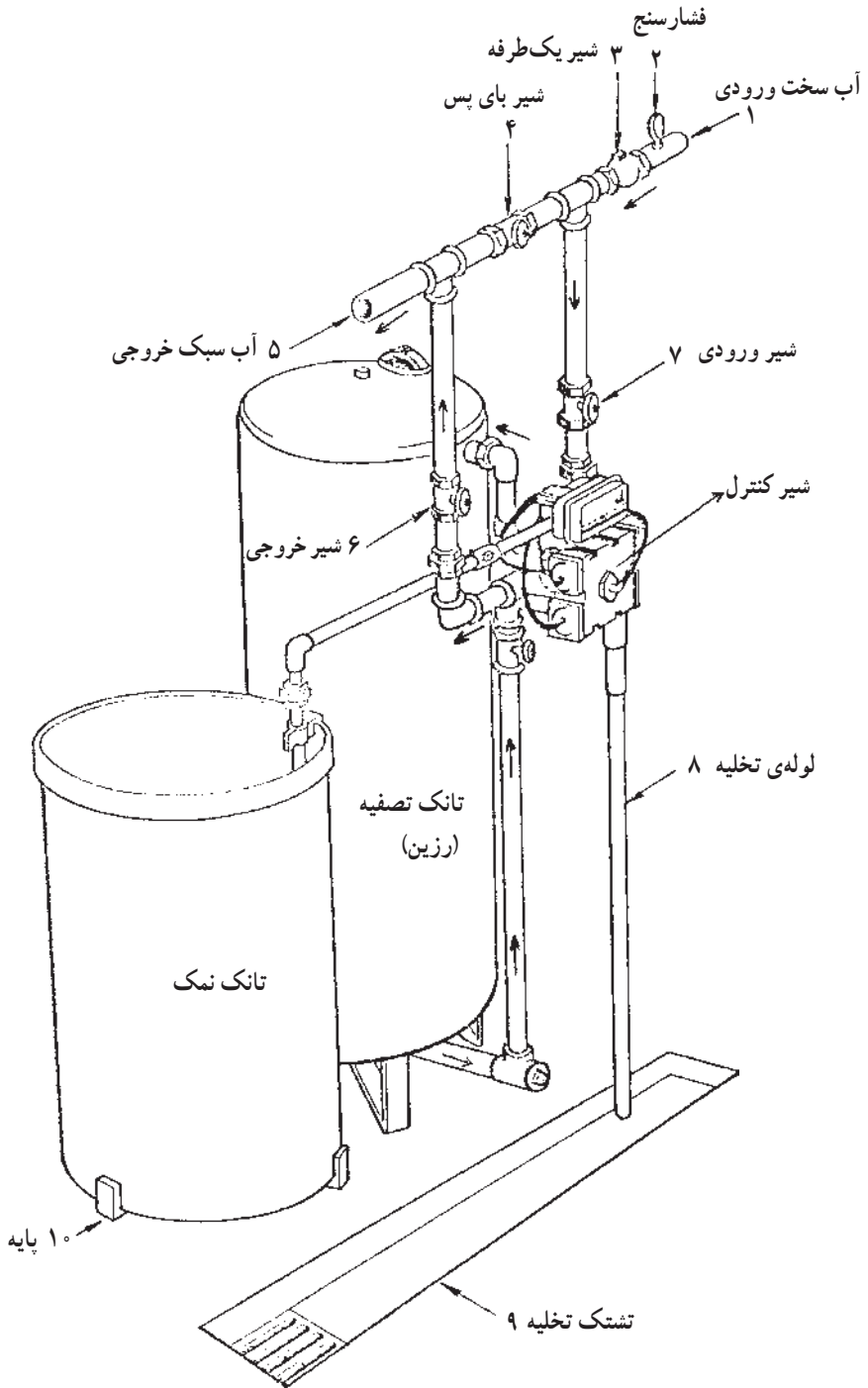
سولفات آلومینیم است که در یک محفظه‌ی کوچک، در خط ورودی آب به صافی، قرار می‌گیرند. مزیت این نوع صافی‌ها، کم حجم بودن آنهاست. آب خارج شده از این صافی‌ها اگر برای مصرف صنعتی باشد، احتیاج به کلر زنی ندارد ولی اگر مصرف بهداشتی و شرب داشته باشد، به کلر زنی نیاز دارد و برای آب‌هایی که گل و لای زیادی دارند از این صافی‌ها استفاده نمی‌شود.

### ۶-۹-۳- دستگاه‌های سختی‌گیر: دستگاه‌هایی که به این منظور ساخته می‌شوند، دارای

دو تانک استوانه‌ای شکل هستند. یکی از تانک‌ها، مجهز به سیستم لوله‌کشی آب و کنترل‌های برقی و شیرآلات است و قسمت درونی آن مثل صافی‌های شنی شامل لایه‌های شن درشت و مواد نرم‌کننده است. تانک دیگر، به منظور تأمین آب نمک به کار می‌رود و به وسیله‌ی لوله‌کشی، به تانک اولی مربوط می‌شود. شکل‌های ۳-۶ و ۴-۶ نمونه‌ای از این نوع دستگاه‌های تصفیه‌اند که در موتورخانه‌های بخار جزء نیازهای اساسی هستند و در قسمتی از موتورخانه، جهت تأمین آب تغذیه دیگرها نصب می‌شوند.



شکل ۳-۶- نمونه‌ی برش داده شده‌ی دستگاه تصفیه



شکل ۶-۴ - دستگاه تصفیه

با توجه به شکل ۶-۴ آب سخت ورودی، پس از عبور از شیر ورودی از طریق شیر کنترل، وارد قسمت بالای تانک سرپوشیده می‌شود و هنگام عبور از لایه لای رزین‌های تعویض‌کننده یونی (مثل زئولیت)، یون‌های کلسیم ( $Ca^{++}$ ) و منیزیم ( $Mg^{++}$ ) خود را از دست داده، سبک می‌شود و از قسمت پایین تانک به شیر کنترل برگشته، از راه آن وارد خط خروجی می‌شود. بدین طریق آب نرم یا سبک، پس از عبور از شیر خروجی جهت مصرف خارج می‌شود و این عمل تا زمانی که ماده‌ی تعویض‌کننده یونی درون تانک، از یون‌های Ca و Mg اشباع نشده، ادامه می‌یابد.

زمانی که رزین درون تانک، اشباع شد؛ مرحله‌ی بازسازی فرا می‌رسد. در این مرحله عمل سبک‌کردن آب متوقف شده، آب نمک از تانک دومی و از طریق شیر کنترل وارد قسمت بالای تانک می‌شود و ضمن عبور از لایه‌های رزین، یون‌های سدیم با یون‌های کلسیم و منیزیم عوض می‌شود و رزین دوباره بازسازی و آماده‌ی بهره‌برداری می‌شود. پس از بازسازی رزین، مرحله‌ی شست‌وشو فرا می‌رسد. بدین طریق که آب ورودی، به وسیله‌ی شیر کنترل، از قسمت بالای تانک وارد می‌شود و ارتباط لوله‌ی تخلیه با قسمت پایینی تانک به وسیله‌ی شیر کنترل برقرار می‌شود. آب نمکی که یون آن عوض شده است، همراه با سختی‌های جدا شده از رزین، از تانک تخلیه می‌شود. به این ترتیب درون تانک، شست‌وشو شده، دستگاه برای استفاده‌ی مجدد، آماده می‌شود. تنظیم این مراحل، به طور خودکار انجام می‌گیرد.

بعضی از این دستگاه‌ها خودکار نیستند و کلیه‌ی مراحل آن‌ها به صورت دستی انجام می‌گیرد. بدین طریق که کنترل‌آب را در خط مصرف قرار می‌دهند و شماره‌ی صفحه‌ی کنترل‌آب را یادداشت می‌کنند؛ وقتی که میزان آب مصرفی تصفیه شده، به حد ظرفیت تصفیه‌ی دستگاه سختی‌گیر رسید، شیر فلکه‌ی خروجی را بسته، برای بازسازی مواد شیمیایی درون دستگاه، اقدام می‌کنند و این اقدام در موتورخانه به صورت دستی انجام می‌گیرد.

## پرسش

- ۱- انواع آب‌ها را برحسب منشأ طبیعی آن‌ها نام برده، درباره‌ی هر یک، توضیح دهید.
- ۲- چرا در بعضی از کشورها، باران‌های اسیدی می‌بارد؟
- ۳- روش‌های تصفیه‌ی آب به طریق فیزیکی را نام برده، هر کدام را شرح دهید.
- ۴- با ذکر نام چند منعقدکننده، توضیح دهید که چگونه منعقدکننده‌ها باعث تصفیه‌ی آب می‌شوند.
- ۵- مفاهیم زیر را تعریف کنید:  
آب سبک، آب برنده، سختی دائم، سختی موقت، سختی کل
- ۶- آب تصفیه نشده باعث ایجاد چه مشکلاتی در رنگرزی و عملیات تکمیلی می‌شود؟ توضیح دهید.
- ۷- دلایل جداکردن سختی آب شرب شهری را توضیح دهید.
- ۸- روش تصفیه‌ی آب به وسیله‌ی زئولیت‌ها و رسوب‌دادن را شرح دهید.
- ۹- دستگاه سختی‌گیر رزین‌های تعویض‌کننده‌ی یونی (مثل زئولیت‌ها) را شرح دهید.



## هوا و مشخصات آن

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- هوا و ترکیبات آن را توضیح دهد.
- انواع دستگاه‌های رطوبت‌زنی را توضیح دهد.

### ۷-۱- هوا و اجزای تشکیل دهنده‌ی آن

اجزای تشکیل دهنده‌ی هوای خشک، بدون در نظر گرفتن بخار آب، به نسبت حجم ترکیبی آن، در جدول ۷-۱ نشان داده شده است. هم‌چنان که مشاهده می‌شود، ازت با ۷۸/۰۳٪ و اکسیژن با ۲۰/۹۹٪ بیش‌ترین موادی هستند که هوای خشک را تشکیل می‌دهند.

جدول ۷-۱- اجزای تشکیل دهنده‌ی هوای خشک

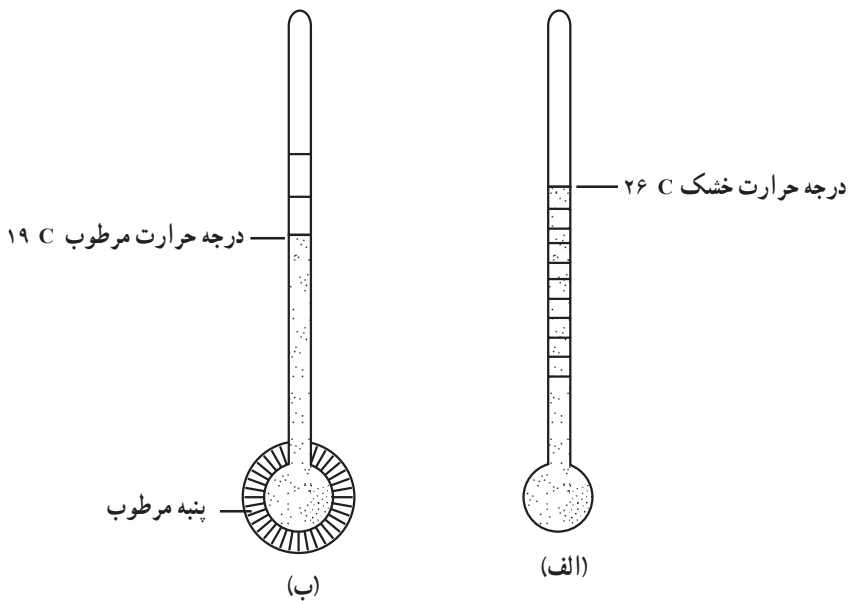
اجزای تشکیل دهنده‌ی هوای خشک	
ازت	۷۸/۰۳٪
اکسیژن	۲۰/۹۹٪
آرگن	۰/۹۳۲٪
دی‌اکسیدکربن	۰/۰۳٪
نیدروژن	۰/۰۱٪
نئون	۰/۰۱۸٪
کریپتون	۰/۰۰۰۱٪
هلیوم	۰/۰۰۰۰۵٪
ازن	۰/۰۰۰۰۰۶٪
گزنون	۰/۰۰۰۰۰۰۹٪
۱۰۰٪ = ۹۹/۹۹۴۴۶۹٪	

## ۲-۷- تأثیر رطوبت بر الیاف

قبل از وارد شدن به بحث اصلی، لازم است که چند اصطلاح توضیح داده شود.

— درجه حرارت خشک (Dry.Bulb.Temperature) (DBT): دمای معینی از هوا است

که به وسیله‌ی دماسنج اندازه‌گیری می‌شود و رطوبت هوا روی آن تأثیر ندارد. با توجه به شکل ۱-۷ الف، هرگاه دماسنجی را در مجاورت هوا قرار دهیم، ماده‌ی درون دماسنج (الکل یا جیوه) در نتیجه‌ی دمای محیط بالا می‌رود و در دمای معینی ثابت می‌شود. برحسب نوع درجه‌بندی دماسنج، دمای هوا به درجه‌ی سانتی‌گراد (C) و یا فارنهایت (F) تعیین می‌شود، که در اصطلاح آن را «درجه حرارت خشک» هوا می‌نامند.



— درجه حرارت مرطوب (تر) (Wet.Bulb.Temperature) (WBT): هرگاه اطراف مخزن

دماسنج الف را که درجه حرارت خشک هوا را نشان می‌دهد (C ۲۶)، به وسیله‌ی پنبه‌ی مرطوبی دائماً مرطوب نگه داریم هوای اطراف پنبه‌ی مرطوب در نتیجه‌ی جذب رطوبت پنبه، سردتر می‌شود و سطح جیوه‌ی دماسنج کم‌کم پایین می‌آید و بالاخره در مقابل عددی مثلاً C ۱۹ ثابت می‌شود. درجه حرارتی را که به این طریق به دست می‌آید، «درجه حرارت مرطوب» هوا می‌نامند. بنابراین همواره درجه حرارت مرطوب هوا کم‌تر از درجه حرارت خشک هوا می‌باشد، یعنی WBT . DBT .

نقطه‌ی شبنم: هرگاه هوایی مرطوب را به تدریج سرد کنیم، به نقطه‌ای می‌رسیم که اولین قطرات

آب ظاهر می‌شوند که آن نقطه را «نقطه‌ی شبنم» و دمایی را که در آن قطرات شبنم ظاهر شوند، «درجه حرارت نقطه‌ی شبنم» می‌نامند. برای مثال در تماس هوای اتاق با شیشه‌ی پنجره که در مجاورت هوای سرد بیرونی است مقداری از بخار آب هوای اتاق، در نتیجه‌ی سرد شدن (میعان) به صورت قطرات شبنم در سطح شیشه‌ی پنجره ظاهر می‌شود.

## ۷-۳- تأثیر رطوبت بر الیاف نساجی

ابعاد الیاف نساجی در اثر جذب رطوبت بیش‌تر می‌شود. این افزایش با توجه به نوع الیاف متفاوت است، برای مثال الیاف نایلون، پنبه و پشم در طول، حدود ۲ درصد و در قطر به ترتیب حدود ۵، ۱۴ و ۱۶ درصد افزایش می‌یابد. طول ویسکوز ریون حدود ۳ تا ۵ درصد و قطر آن حدود ۲۶ درصد افزایش می‌یابد. دامنه‌ی تغییرات ابعاد الیاف به عوامل مختلفی بستگی دارد که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: رطوبت، وسعت مناطق آمورف، تعداد کریستال‌ها، آرایش یافتگی، استحکام بیش‌تر الیاف نساجی، در اثر جذب رطوبت کاهش می‌یابد؛ برای مثال مقاومت الیاف ویکوز در حالت خشک  $2/6$  گرم بر دنیر است ولی در حالت تر به  $1/4$  گرم بر دنیر کاهش می‌یابد. استحکام الیاف استات سلولز در حالت خشک  $1/4$  گرم بر دنیر و در حالت تر  $9/9$  گرم بر دنیر است. استحکام الیاف پنبه به دلیل افزایش آرایش یافتگی زنجیرهای پلیمری در اثر جذب رطوبت بیش‌تر می‌شود.

رطوبت علاوه بر این که بر روی ابعاد و استحکام الیاف تأثیر می‌گذارد بر عوامل دیگری نظیر الاستیسیته و میزان الکتربسته‌ی ساکن ایجاد شده بر روی الیاف طی فرآیندهای نساجی از قبیل ریسندگی و بافندگی نیز مؤثر است. معمولاً با افزایش رطوبت هوا مقدار الکتربسته‌ی ساکن ایجاد شده بر روی الیاف پنبه و پشم کاهش می‌یابد و بدین ترتیب مشکلات ایجاد الکتربسته‌ی ساکن با افزایش رطوبت هوا کاهش پیدا می‌کند.

اثر رطوبت بر روی الیاف مختلف متفاوت است. هم‌چنان که ذکر شد استحکام اغلب الیاف در اثر جذب رطوبت کاهش می‌یابد و این میزان کاهش نیز در آن‌ها متفاوت است. درحالی که الیاف پنبه در اثر جذب رطوبت استحکامش افزایش می‌یابد. تغییر ابعاد الیاف در اثر جذب رطوبت نیز در الیاف مختلف، متفاوت است. حتی کاهش الکتربسته‌ی ساکن طی فرآیندهای مختلف نساجی از طریق افزایش رطوبت هوا برای الیاف مختلف متفاوت می‌باشد؛ برای مثال الکتربسته‌ی ساکن ایجاد شده بر روی الیاف پنبه و پشم را می‌توان از طریق افزایش رطوبت هوا کاهش داد؛ درحالی که در مورد الیاف نایلون و پلی‌استر به دلیل درصد کم جذب رطوبت، نمی‌توان با افزایش رطوبت محیط، الکتربسته‌ی ساکن را کاهش داد. لذا ما برای انجام فرآیندهای نساجی بر روی الیاف مختلف، شرایط تعریف شده‌ی

مختلفی را در نظر می‌گیریم، برای مثال الیاف ویسکوز ریون تحت رطوبت نسبی ۶۵٪ و دمای C ۲۱ ریسیده و بافته می‌شوند.

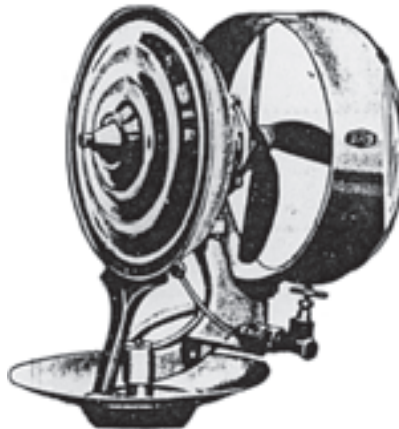
### ۴-۷- رطوبت‌زنی

بالا بردن رطوبت پایین محیط را به روش‌های مختلف، «رطوبت‌زنی» می‌گویند. منظور از عمل رطوبت‌زنی در این‌جا، افزایش میزان رطوبت نسبی محیطی است که مطابق با شرایط مناسب برای الیاف مورد مصرف باشد.

### ۵-۷- دستگاه‌های رطوبت‌زن

۱-۵-۷- استفاده از جهت‌های آب: در این روش آب را با فشار از لوله‌هایی که انتهای‌شان دارای سوراخ‌های ریز نازل ماندنی است، عبور می‌دهند، در نتیجه ذرات آب به صورت پودر در سالن پخش می‌گردد.

۲-۵-۷- استفاده از پنکه‌های مخصوص: در این روش که نمونه‌ی آن در شکل ۲-۷ نشان داده شده است، آب به وسیله‌ی پروانه‌های مخصوصی که با سرعت می‌چرخند، به صورت پودر درآمده، در هوا پخش می‌گردد. این ذرات سپس به صورت بخار آب درآمده، توسط سیستم تهویه مکیده می‌شوند.



شکل ۲-۷- پنکه‌های مخصوص رطوبت‌زنی

۳-۵-۷- طرز کار دستگاه تهویه مطبوع مرکزی: اهداف کلی سیستم تهویه مطبوع

مرکزی عبارت‌اند از:

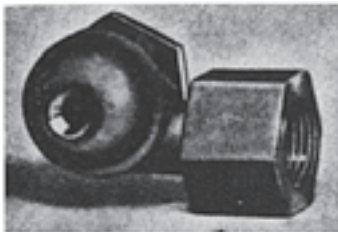
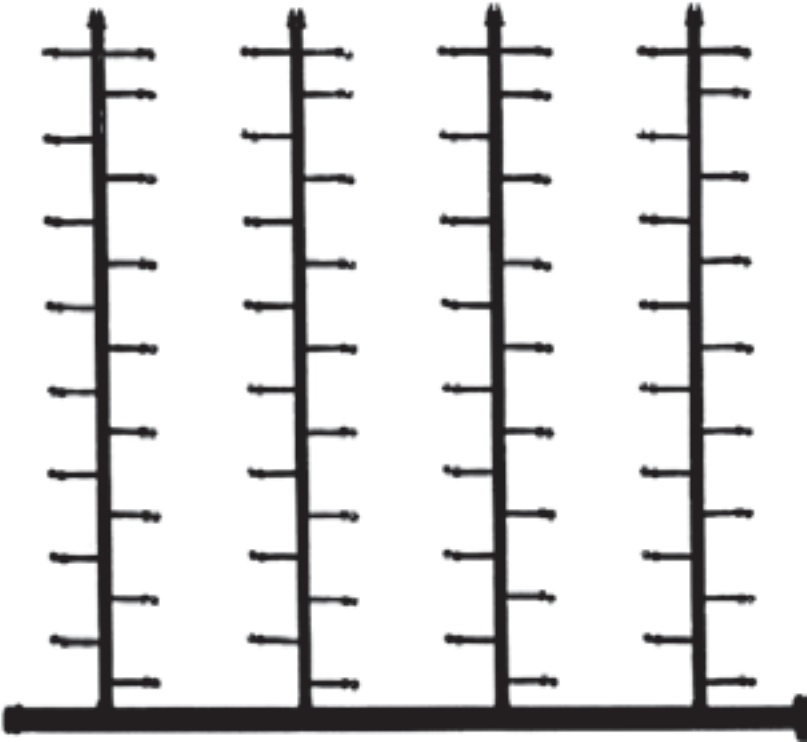
- تهویه مطبوع

– جریان دادن هوا

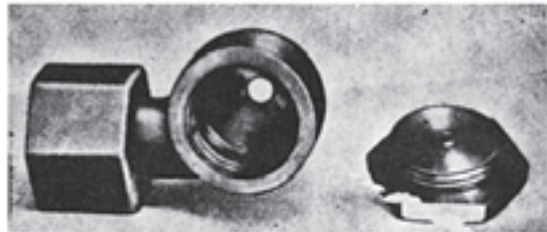
– صاف کردن و پاک کردن هوای سالن

هوای درون سالن از طریق کانال‌هایی که در کف سالن تعبیه شده است به درون سیستم مکیده می‌شود. گرد و غبار و ضایعات و الیاف موجود در هوای برگشتی از سالن، توسط یک «صافی گردان» از هوا جدا شده، هوای صاف به داخل سیستم تهویه، هدایت می‌شود. هوای صاف شده مطابق با شرایط حرارتی مورد نیاز سالن، از یک واحد گرمادهی که شامل «کویل‌های حرارتی» است عبور کرده، گرم می‌شود.

هوای مزبور در یک محفظه‌ی اختلاط با هوای تازه ترکیب شده، به سمت قسمت رطوبت‌زنی هدایت می‌شود. در این قسمت توسط آب‌فشان‌هایی (مطابق شکل ۷-۳) رطوبت لازم به هوا اضافه

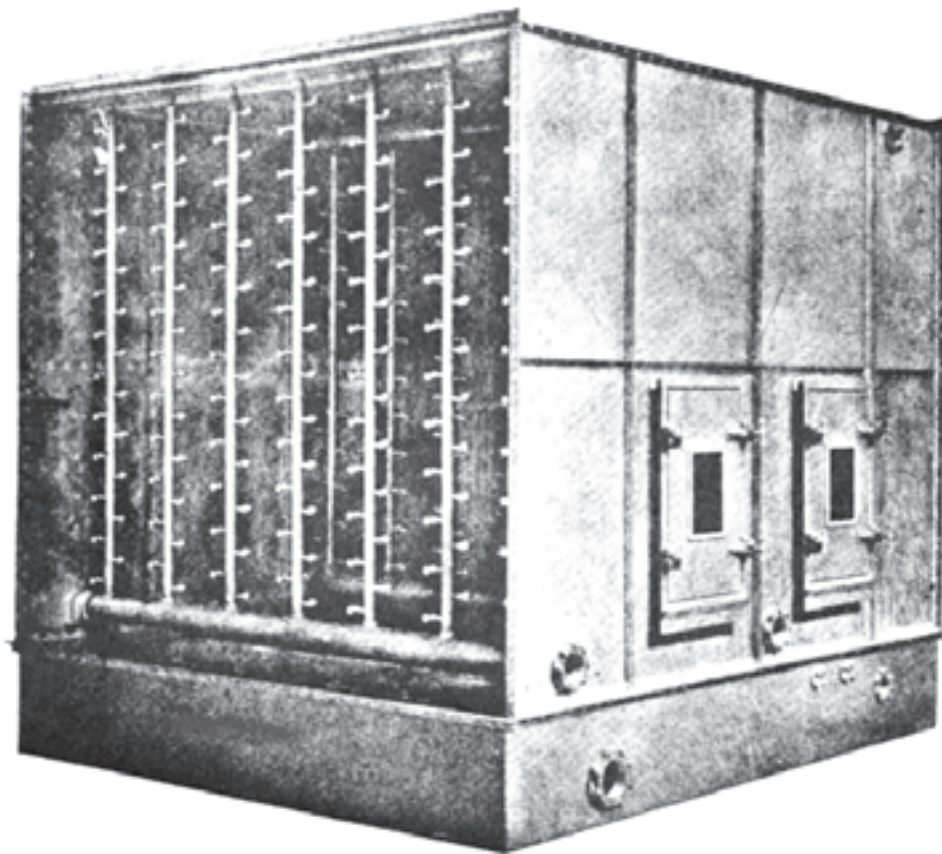


آب‌فشان پودرکننده



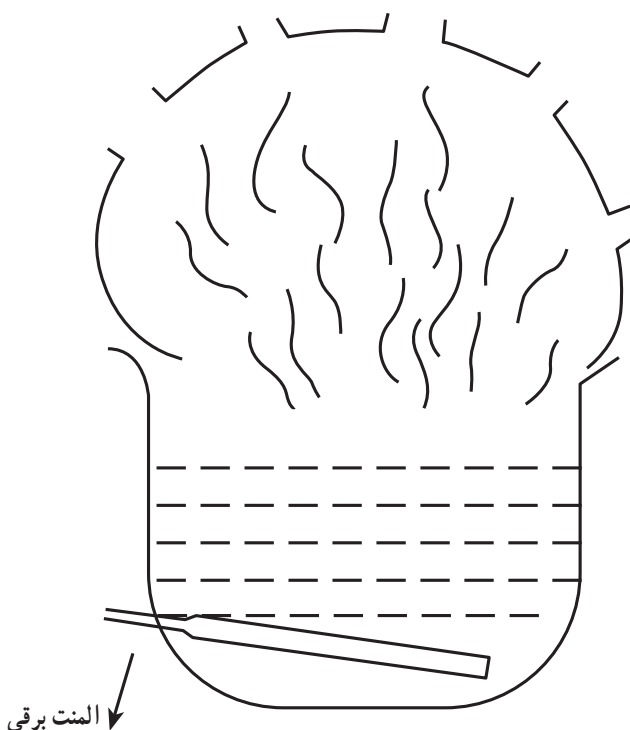
آب‌فشان پودرکننده بدون درپوش

می‌شود. یک سیستم آبگیر قطرات درشت آب را از هوای گرم و مرطوب در حال عبور، جدا می‌نماید. سرانجام هوای مزبور به وسیله‌ی چند بادریسان به کانال‌های داخل سالن هدایت می‌شود. در شکل ۴-۷ یک دستگاه رطوبت‌زن بدون اتصال کانال‌های ورودی هوا نشان داده شده است.



شکل ۴-۷- دستگاه رطوبت‌زن بدون اتصال کانال‌های ورودی هوا

۴-۵-۷- دستگاه رطوبت‌زن الکتریکی: در این روش آب درون دستگاه، به وسیله‌ی «المنت» الکتریکی گرم شده، بخارهای به دست آمده به تدریج در فضای محیط پخش می‌شود.



شکل ۷-۵- دستگاه رطوبت‌زن الکتریکی

## ۷-۶- اهمیت کنترل رطوبت و حرارت در مراحل ریسندگی و بافندگی

درجه حرارت و درصد رطوبت نسبی سالن ریسندگی و بافندگی نباید از حد معمول و استاندارد کم‌تر باشد. نوسان این دو عامل موجب عدم تعادل حرارتی سالن‌ها شده، در کارایی اثر نامطلوب خواهد داشت. برای مثال عدم تعادل در روز شنبه که کارخانه پس از یک روز تعطیل شروع به کار می‌کند، نمایان است. برای مثال بر اثر تغییرات درجه حرارت و رطوبت ایجاد شده، پارگی نخ‌ها بالاترین میزان را دارد؛ یعنی درحالتی که رطوبت نسبی سالن ریسندگی خیلی پایین باشد، فتیله‌ها و نیمچه‌نخ‌های پنبه‌ای با هر ظرافتی، حجیم‌تر و قطورتر از شکل طبیعی خود می‌باشند زیرا در رطوبت‌های پایین مقدار الکتریسیته‌ی ساکن ایجاد شده بر روی الیاف بیش‌تر شده، با دفع یکدیگر در فاصله‌ی بیش‌تری نسبت به هم قرار می‌گیرند. در بررسی میکروسکوپی از الیاف، در فتیله‌ها و نیمچه‌نخ‌های مذکور، حالت موج خوردگی بیش از اندازه‌ی الیاف نسبت به مواد مشابه تولید شده در رطوبت نسبی بالاتر به وضوح مشاهده می‌شود (توجه به این اشکال در مرحله‌ی بوبین‌پیچی نیمچه‌نخ‌های به‌دست آمده، اهمیت دارد).

در قسمت چند لاکنی این فتيله‌ها نمی‌توانند از شیپوری قسمت کویلر عبور کنند، در نتیجه تولید متوقف می‌شود. با افزایش رطوبت نسبی، مقدار الکتریسیته‌ی ساکن ایجاد شده بر روی الیاف پنبه در مرحله‌ی ریسندگی و بافندگی کم‌تر شده، عملیات فوق ساده‌تر انجام می‌شود. در شرایطی که نیاز به مراحل شانه‌زنی باشد، به‌منظور افزایش آرایش یافتگی الیاف و نخ‌ها، باید در سالن از رطوبت نسبی بیش‌تری استفاده نمود. به‌کار گرفتن رطوبت نسبی بیش از اندازه در مراحل تولیدی نخ از الیاف بلند پنبه‌ای، موجب پیچیدن الیاف به دور غلتک‌های کششی می‌گردد.

**۶-۱-۷ پیچش الیاف به دور غلتک:** کمبود رطوبت موجب خشک شدن الیاف و در نتیجه تولید بارهای الکتریسیته‌ی ساکن در آن‌ها می‌گردد. بارهای الکتریسیته‌ی ساکن تولید شده سطح غلتک و بین الیاف، غیرهم‌نام بوده، در نتیجه یک نیروی جاذبه‌ی الکترواستاتیکی بین آن‌ها ایجاد می‌گردد.

در این حالت، در صورتی که نیروی اصطکاک بین الیاف زیاد باشد، الیافی که در مجاورت با الیاف چسبیده به دور غلتک و در رشته‌ی تولیدی قرار دارند، آن‌ها را با خود کشیده، در حد امکان از پیچیده شدن این قبیل الیاف به دور غلتک جلوگیری می‌نمایند. ولیکن در صورت کم بودن بیش از اندازه‌ی اصطکاک بین الیاف، الیافی که در مجاورت با الیاف چسبیده و در رشته‌ی تولیدی قرار دارند، قادر به کشیدن این نوع الیاف نبوده، در نتیجه عمل پیچیدن الیاف به دور غلتک ادامه یافته، موجب پارگی رشته‌ی مواد تولیدی و کاهش کارایی و بازدهی محصول می‌گردد.

**۶-۲-۷ بالنی شدن الیاف:** وجود الکتریسیته‌ی ساکن در الیاف ممکن است اشکال دیگری موسوم به «بالنی شدن» الیاف را ایجاد نمایند. علت این پدیده، آن است که چون بارهای الکتریسیته‌ی ساکن موجود در خود الیاف هم‌نام است، الیاف میل به دور شدن از یکدیگر را داشته، در نتیجه رشته‌ی تولیدی به‌صورت بالن دیده می‌شود. در چنین حالتی، اگر اصطکاک بین الیاف به اندازه کافی نباشد، فرار و پراکندگی الیاف از یکدیگر فزونی یافته، در نتیجه رشته‌ی تولیدی پاره می‌شود و بازدهی محصول کاهش می‌یابد و اگر در صورت برطرف نشدن بارهای الکتریسیته‌ی ساکن در الیاف، نخ تولیدی نیز حاوی بارهای مذکور باشد، الیاف میل به دور قرار گرفتن از یکدیگر را دارند و این اشکال اصطلاحاً موسوم به پراکندگی الیاف در نخ می‌باشد.

رطوبت نسبی نیز در بافندگی پارچه‌های پنبه‌ای تأثیر دارد. یکی از نتایج آزمایشات انجام شده به‌منظور مشخص شدن اهمیت تأثیر رطوبت در بافندگی پارچه‌های پنبه‌ای، به شرح زیر می‌باشد:

۱- اضافه شدن رطوبت نسبی از ۵۳٪ به ۶۸٪ موجب کاهش پارگی نخ‌ها به میزان ۳۳/۵٪

می‌شود.



- ۲- اضافه شدن رطوبت نسبی تا ۷۸٪ مقدار پارگی را به میزان ۱۲/۵٪ کاهش می دهد.
- ۳- اضافه شدن درصد رطوبت تا ۸۸٪ هیچ گونه تأثیری به وجود نمی آورد.
- ۴- افزودن رطوبت نسبی از ۶۰٪ به ۷۰٪ در حالت الاستیسیته نخ تأثیر قابل ملاحظه ای داشته، موجب افزوده شدن الاستیسیته به میزان ۱۵/۸٪ می شود و پارگی را به میزان ۳۳/۵٪ کاهش می دهد.

این موضوع بیان گر آن است که رطوبت های نسبی بالاتر از ۷۸٪ هیچ گونه تأثیری در وضع کارایی محصول پیش نمی آورد. اگرچه دست یابی به میزان مناسب رطوبت نسبی در کارخانه ها از طریق تجربه به دست می آید. نمونه ای از شرایط پیشنهادی محیطی در سالن های مختلف صنایع نساجی در جدول ۲-۷ نشان داده شده است.

جدول ۲-۷- شرایط محیطی سالن های ریسندگی و بافندگی پنبه ای

فصول مختلف سال				قسمت سالن ها
فصل گرما		فصل سرما و معتدل		
رطوبت نسبی %	درجه حرارت C	رطوبت نسبی %	درجه حرارت C	
۵۰	۲۴-۲۸	۵۰	۲۰-۲۲	بازکردن الیاف
۵۰	۲۴-۲۸	۵۰	۱۸-۲۰	حلاجی
۵۰-۵۵	۲۴-۲۸	۵۰-۵۵	۲۰-۲۵	کاردینگ
۵۰	۲۴-۲۸	۵۰	۲۰-۲۲	بالش
۵۵-۶۰	۲۴-۲۶	۵۵-۶۰	۲۲-۲۴	فتیله
۵۰-۵۵	۲۶-۲۸	۵۵-۶۰	۲۴-۲۶	فلایر و رینگ
۶۵-۷۰	۲۳-۲۴	۶۵-۷۰	۲۰-۲۴	ماسوره پیچی و چله کشی
۶۵-۷۰	۲۳-۲۴	۶۵-۷۰	۲۰-۲۴	بافندگی دابی
۶۰-۶۵	۲۴-۲۶	۶۰-۶۵	۲۲-۲۶	بافندگی ژاکارد

در جدول ۳-۷ و ۴-۷ شرایط محیطی سالن های ریسندگی و بافندگی پشمی و فاستونی نشان داده شده است.

جدول ۷-۳- شرایط محیطی سالن‌های ریسندگی و بافندگی پشمی

فصل‌های مختلف سال				قسمت (سالن)
فصل سرما و متوسط		فصل گرما		
درجه حرارت C	رطوبت نسبی %	درجه حرارت C	رطوبت نسبی %	
۱۸-۲۰	طبیعی	۲۴-۲۸	طبیعی	حلاجی - مخلوط کنی
۲۰-۲۵	۵۰-۵۵	۲۴-۲۸	۵۰-۵۵	کار دینگ
ریسندگی و بوبین پیچی برای نمره‌های :				
۲۲-۲۵	۶۰-۶۵	۲۶-۲۸	۵۵-۶۰	الف) ۶ تا ۱۲
۲۲-۲۵	۶۰-۶۵	۲۵-۲۷	۵۵-۶۰	ب) بیشتر از ۱۲
۲۰-۲۲	۶۰-۶۵	۲۴-۲۶	۶۰-۶۵	چله کشی
۲۰-۲۳	۶۵-۷۰	۲۳-۲۴	۶۵-۷۰	بافندگی

جدول ۷-۴- شرایط محیطی سالن‌های ریسندگی و بافندگی فاستونی

فصل‌های مختلف سال				قسمت (سالن)
فصل سرما و متوسط		فصل گرما		
درجه حرارت C	رطوبت نسبی %	درجه حرارت C	رطوبت نسبی %	
۱۸-۲۰	طبیعی	۲۴-۲۸	طبیعی	مقدمات ریسندگی
۲۰-۲۳	۵۵-۶۰	۲۶-۲۸	۶۰-۶۵	کار دینگ و شانه زنی
فتیله - گیل باکس برای :				
۲۰-۲۴	۶۵-۷۰	۲۴-۲۶	۶۰-۶۵	الیاف پشم متوسط
۲۰-۲۴	۷۰-۷۵	۲۳-۲۶	۶۰-۶۵	الیاف پشم ظریف
نیمچه نخ برای الیاف پشم :				
۲۰-۲۴	۷۰-۷۵	۲۳-۲۵	۶۵-۷۵	الف) متوسط
۲۰-۲۳	۷۵-۸۰	۲۳-۲۴	۷۰-۷۵	ب) ظریف
ریسندگی از الیاف پشم ظریف :				
۲۲-۲۴	۷۰-۷۵	۲۳-۲۵	۶۵-۷۵	الف) نمره‌های ۱۶ تا ۳۲
۲۲-۲۴	۷۰-۷۵	۲۳-۲۵	۶۵-۷۵	ب) بیش تر از ۳۲
۱۶-۱۸	۷۵-۸۰	۲۰-۲۴	۷۰-۷۵	انبار فتیله و نیمچه نخ
۲۰-۲۲	۷۰-۷۵	۲۳-۲۴	۶۵-۷۰	مقدمات بافندگی و بافندگی

- ۱- رطوبت را تعریف و واحدهای آن را نام ببرید.
- ۲- انواع رطوبت را نام ببرید و درباره‌ی آن‌ها توضیح دهید.
- ۳- اثر رطوبت بر روی الیاف را توضیح دهید.
- ۴- انواع دستگاه‌های رطوبت‌زن را نام ببرید.
- ۵- تأمین رطوبت، به وسیله‌ی افشانک‌ها را توضیح دهید.
- ۶- نقطه‌ی شبنم را تعریف کنید.
- ۷- نقش درجه حرارت و رطوبت هوا را در سالن‌های نساجی توضیح دهید.
- ۸- عواملی را که در تهویه باید مورد نظر قرار گیرد، توضیح دهید.
- ۹- اهداف سیستم تهویه مطبوع مرکزی را نام ببرید.
- ۱۰- اثرات کنترل رطوبت و حرارت را در مراحل ریسندگی و بافندگی بنویسید.

### روش‌های تولید گرما و انتقال آن

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- ماهیت گرما را شرح دهد.
- تغییرات حالت اجسام در اثر گرما را بررسی کند و توضیح دهد.
- روش‌های تولید گرما را توضیح دهد.
- روش‌های انتقال حرارت را شرح دهد.

#### ۸-۱- ماهیت گرما

گرما نوعی انرژی است که در اثر حرکت سریع مولکول‌ها پدید می‌آید؛ و حرکت مولکول‌ها نیز وابسته به دما است، یعنی با کاهش دما، حرکت مولکول‌ها نیز کاهش می‌یابد. به طوری که در  $273/15$  - درجه سانتی‌گراد (پایین‌ترین درجه ممکن) حرکت مولکول‌ها کاملاً متوقف می‌شود. گرما بر اثر اختلاف دما، از جایی که دمایش بیش‌تر است به جایی که دمایش کم‌تر است انتقال می‌یابد. فرض کنیم که دو جسم A و B با هم در تماس‌اند و دمای جسم A بیش‌تر از دمای جسم B است، پس از مدتی انرژی گرمایی از جسم A به جسم B منتقل می‌شود تا جایی که این دو جسم به حالت تعادل برسند. این امر نشان می‌دهد که انرژی گرمایی از یک جسم به جسم دیگر منتقل شده است و عامل این انتقال نیز اختلاف دمای موجود بین دو جسم است. دانش اندازه‌گیری و سنجش گرما را «گرماسنجی» یا «کالری متری» می‌نامند. در این کتاب از دو واحد مهم‌تر سنجش انرژی گرمایی که در اکثر کشورها، متداول است استفاده می‌شود. این دو واحد، عبارت‌اند از: ژول (J) و کالری (cal).

در مواردی که نیاز به واحد بزرگ‌تری باشد از کیلوکالری که هزار برابر کالری است نیز استفاده می‌شود. روابط موجود برای تبدیل این واحدها به یک‌دیگر عبارت‌اند از:

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$$

$$1 \text{ cal} = 4/2 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 4200 \text{ J}$$

برای گرم کردن هر جسم و بالا بردن دمای آن، برحسب جنس جسم، مقداری حرارت لازم است، این حرارت برای اجسام مختلف مقادیر متفاوتی دارد. برای مشخص کردن مقدار گرمایی که هر جنس برای بالا رفتن دمای خود نیاز دارد، از کمیتی به نام «ظرفیت گرمای ویژه» استفاده می کنند.

ظرفیت گرمای ویژه هر جسم عبارت است از: مقدار حرارتی که یک گرم از جسم مورد نظر می گیرد تا دمای آن یک درجه سانتی گراد بالا رود که معمولاً با حرف C نمایش داده می شود و واحد آن  $\frac{\text{cal}}{\text{gr. C}}$  و یا  $\frac{\text{J}}{\text{kg. C}}$  است. در جدول ۸-۱ ظرفیت گرمایی ویژه ی چند جسم را برحسب  $\frac{\text{J}}{\text{kg. C}}$  مشاهده می کنید.

جدول ۸-۱- ظرفیت گرمایی ویژه ی چند ماده برحسب  $\frac{\text{J}}{\text{kg C}}$

جامدات	مایعات
آلومینیوم ۹۰۰	آب خالص ۴۲۰۰
آهن ۴۶۰	آب دریا ۳۹۰۰
برنج (آلیاژ یا مس و روی) ۳۸۰	جیوه ۱۴۰
سرب ۱۳۰	نفت ۲۴۰۰
شیشه ی معمولی ۶۷۰	
مس ۴۰۰	
یخ ۲۱۰۰	

بر اساس جدول، ظرفیت گرمایی ویژه ی اجسام در حالت های مختلف فیزیکی متفاوت است.

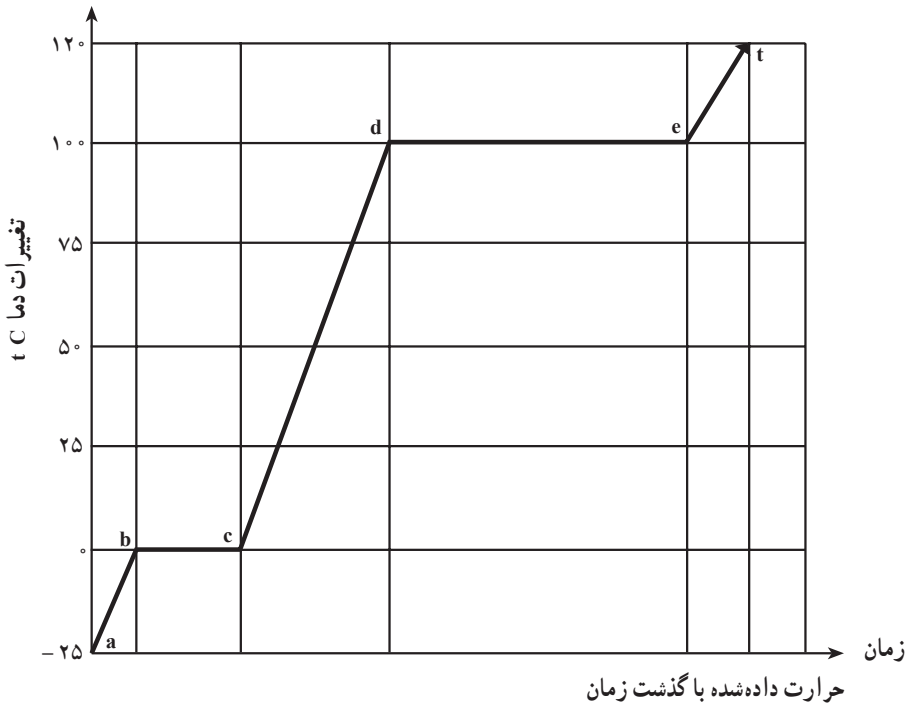
$$\text{گرمای ویژه ی یخ } \frac{2100 \text{ J}}{\text{kg. C}} \text{ و گرمای ویژه ی آب } \frac{4200 \text{ J}}{\text{kg. C}} \text{ است.}$$

## ۸-۲- بررسی تغییر حالت اجسام در اثر انرژی گرمایی

اجسام در طبیعت دارای سه حالت فیزیکی جامد، مایع و گاز هستند. به عنوان مثال، آب ممکن است به صورت های یخ (جامد) یا آب (مایع) و یا بخار (گاز) باشد.

فرض کنید مقداری یخ  $25^{\circ}\text{C}$  - در دست باشد؛ یخ را خرد کرده، در ظرفی می‌ریزیم و دماسنجی را در آن قرار می‌دهیم و جهت گرما دادن، در اطراف ظرف سیم پیچ الکتریکی قرار می‌دهیم، چنان که گرما از طریق دیگر، وارد ظرف نشود. با در نظر گرفتن گذشت زمان، حرارتی که به ظرف داده می‌شود و دماهایی را که دماسنج نشان می‌دهد، یادداشت می‌کنیم و اعداد به دست آمده را مطابق شکل، در دو محور عمودبرهم می‌نویسیم و نمودار تغییرات دما در زمان‌های مختلف حرارت دادن را رسم می‌کنیم<sup>۱</sup>.

گرم شدن یخ تا دمای  $0^{\circ}\text{C}$  (که نمودارش، قسمت ab از شکل ۸-۱ است) ادامه دارد در این فاصله‌ی دمایی، گرمای ویژه‌ی یخ، در حدود  $\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}}$   $2100^{\circ}$  است.



شکل ۸-۱ - نمودار تغییرات دما بر حسب زمان

لحظه‌ای پس از رسیدن به این دما ( $0^{\circ}\text{C}$  در نقطه‌ی b) در درون ظرف مقداری آب ظاهر می‌شود. به عبارت دیگر، یخ ذوب می‌شود. پدیده‌ی ذوب، تغییر حالت از حالت جامد به حالت مایع است. در تمام مدت ذوب، دماسنج افزایش دمایی را نشان نمی‌دهد و با وجود این که جریان انتقال

۱- این آزمایش در شرایط استاندارد انجام می‌شود.

گرما به همان اندازه‌ی قبل وجود دارد، دما در  $C$  ° ثابت می‌ماند تا بالاخره تمام یخ ذوب شود. همین که آخرین ذره‌ی یخ ذوب شد، دمای آب از نقطه‌ی  $C$  تا  $d$  افزایش می‌یابد. سرعت افزایش دما، در این مرحله کم‌تر از مرحله‌ی گرم شدن یخ است چرا که گرمای ویژه‌ی آب بیش از گرمای ویژه‌ی یخ است. همین که آب به دمای  $C$  ۱۰۰ رسید حباب‌های بخار (حالت گازی شکل آب) شروع به بالا آمدن از سطح آب می‌کنند که در اصطلاح می‌گوییم آب به جوش آمده است. دمای آب تا زمانی که تمام آن به بخار تبدیل نشده است، در  $C$  ۱۰۰ باقی می‌ماند. در این جا نیز نوع دیگری تغییر حالت از مایع به بخار پدید می‌آید. هرگاه بخار حاصل را در ظرفی جمع کرده، از پخش آن جلوگیری کنیم (برای این کار ظرف باید خیلی بزرگ باشد) می‌توان گرم کردن را باز هم ادامه داد (از نقطه‌ی  $e$  تا  $f$ )، گاز را در این حالت، «بخار داغ» می‌نامند. نظیر نمودار مذکور را که برای آب رسم شده است، در اکثر مواد دیگر نیز می‌توان رسم کرد.

حال با توجه به شکل ۸-۱ که مقداری یخ  $C$  ۲۵- در نتیجه‌ی گرما دادن به ترتیب از  $a$  به  $b$  و از نقطه‌ی  $b$  به  $c$  و... تا نقطه‌ی  $f$  رسانده شد، حرکت برعکس نیز می‌تواند انجام شود. به این منظور مقدار گرمایی را که از نقطه‌ی  $e$  تا  $f$  به بخار آب داده شده است تا بخار آب معمولی به بخار داغ تبدیل شود، از مولکول‌های بخار داغ می‌گیریم؛ در نتیجه اولاً دمای آن از  $C$  ۱۲۰ به  $C$  ۱۰۰ تنزل پیدا می‌کند، ثانیاً بخار داغ به بخار معمولی تبدیل می‌شود (یعنی رسیدن به نقطه‌ی  $e$  از نقطه‌ی  $f$ ). و اگر گرفتن گرما را از  $e$  به  $d$  ادامه دهیم، تمامی بخار آب به مایع تبدیل می‌شود. این نوع تغییر حالت را «میعان» می‌نامند.

در حین میعان، جسم همان گرمایی را که در تغییر حالت از مایع به بخار دریافت کرده بود، پس می‌دهد. بنابراین گرمای تبخیر و گرمای میعان با هم برابرند و دما در این حالت با توجه به دیاگرام منحنی،  $C$  ۱۰۰ است. به همین ترتیب، اگر از مایع گرما گرفته شود یعنی از نقطه‌ی  $d$  به نقطه‌ی  $c$  برسد، دمای مایع کم‌کم تنزل پیدا کرده، به اصطلاح آب خنک می‌شود. در نقطه‌ی  $c$  که دمایش  $C$  ° است، مایع به دمای انجماد می‌رسد. بنابراین، نقطه‌ی  $c$  را نقطه‌ی انجماد مایع می‌نامند.

مایع با از دست دادن گرما، از  $c$  به  $b$  می‌رسد، یعنی منجمد می‌شود. مقدار گرمایی را که یک گرم از مایعی در دمای معین از دست می‌دهد تا به جامد تبدیل شود، «گرمای انجماد» می‌نامند و اگر گرفتن گرما را از نقطه‌ی  $c$  تا  $b$  ادامه دهند، با توجه به این که دما در  $C$  ° ثابت می‌ماند، تمامی مایع به جامد تبدیل می‌شود و از  $b$  به  $a$ ، با کاهش دما از جامد به یخ  $C$  ۲۵- می‌رسد. باید توجه داشت که نقطه‌ی  $b$  در موقع افزایش گرمای یخ، نقطه‌ی ذوب بوده است و نقطه‌ی  $c$  در موقع کاهش دما از مایع، نقطه‌ی انجماد و درجه دمای هر دو نقطه  $C$  ° است. بنابراین، دمای انجماد، مساوی دمای ذوب است.

مقدار گرمایی که یک گرم از ماده‌ی جامد می‌گیرد تا به مایع تبدیل شود، «گرمای ذوب» نامیده می‌شود. بنابراین گرمای ذوب و انجماد با هم برابرند و نقاط ذوب و انجماد برهم منطبق‌اند. وقتی جسمی در دمای ذوب است به حسب این که حرارت به آن داده شود و یا از آن گرفته شود، ذوب و یا منجمد می‌شود. مثلاً هرگاه به مخلوط آب و یخ حرارت داده شود، قسمتی از یخ به آب تبدیل می‌شود و اگر از آن حرارت گرفته شود، قسمتی از آب منجمد می‌شود. ولی در هر حال دمای مخلوط C است. هم‌چنین می‌توان نتیجه گرفت که نقطه‌ی ذوب، دمایی است که در آن، جامد و مایع یک جسم می‌توانند به حال تعادل در جوار یکدیگر باشند. بالاتر از این دما، جسم فقط به حال مایع، یا کم‌تر از آن فقط به حال جامد وجود دارد. با توجه به نمودار، نقطه‌ی d را که دمای مایع در آن نقطه C ۱۰۰ است و شروع به جوشیدن می‌کند، «نقطه‌ی جوش» گویند در تمام مدت زمان جوشیدن مایع، دمای آن ثابت می‌ماند. و نقطه‌ی انجماد، نقطه‌ای است که در دمای ثابت، مایع، با از دست دادن دما منجمد می‌شود.

با توجه به منحنی، از نقطه‌ی b تا نقطه‌ی c یعنی تغییر حالت از جامد به مایع در دمای ثابت C ۰، و از نقطه‌ی d تا نقطه‌ی e یعنی تغییر حالت از مایع به بخار در دمای ثابت C ۱۰۰ به علت انجام عمل تغییر حالت، جسم، به مقداری حرارت احتیاج دارد که این مقدار گرما به «گرمای نهان» موسوم است. پس گرمای نهان عبارت است از مقدار حرارتی که جسم در درجه حرارت ثابت به خود می‌گیرد تا تغییر حالت دهد. گرمای نهان ذوب<sup>۱</sup> و تبخیر<sup>۲</sup> چند ماده را در جدول ۸-۲ مشاهده می‌کنید.

جدول ۸-۲- گرمای نهان تبخیر و ذوب چند جسم

نام جسم	دمای ذوب به C	گرمای نهان ذوب cal / gr	دمای جوش به درجه سانتی‌گراد	گرمای نهان تبخیر cal / gr
آب	۰	۷۹/۷	۱۰۰	۵۳۹
گوگرد	۱۱۹	۹/۱	۴۴۴/۶	۷۸
سرب	۳۲۷/۳	۵/۸۶	۱۷۵۰	۲۰۸
مس	۱۰۸۳	۳۲	۱۱۸۷	۱۲۱۱
طلا	۱۰۶۳	۱۵/۴	۲۶۶۰	۳۷۷

۱- گرمای نهان ذوب عبارت است از مقدار حرارتی که به یک کیلوگرم از جسم در نقطه‌ی ذوب خود داده می‌شود تا از جامد به مایع تبدیل شود.

۲- گرمای نهان تبخیر عبارت است از مقدار حرارتی که به یک کیلوگرم از جسم در دمای ثابت داده می‌شود تا از مایع به گاز تبدیل شود.



## ۸-۳- روش‌های تولید گرما

چنان که در فیزیک می‌خوانیم، انرژی خلق‌شدنی نیست و از بین نیز نمی‌رود؛ بلکه از یک حالت به حالت دیگر تبدیل می‌شود (به‌جز تبدیل‌های ماده و انرژی در هسته‌ی اتم). بنابراین تمام انرژی‌ها قابل تبدیل به انرژی گرمایی هستند. ولی امروزه به دلایل اقتصادی و سهولت تبدیل انرژی، از دو روش برای ایجاد انرژی گرمایی استفاده می‌کنند:

الف - تولید انرژی گرمایی با سوختن اجسام

ب - تولید انرژی گرمایی با الکتریسیته

- تولید انرژی گرمایی سوختن اجسام: به طور کلی اجسام قابل اشتعال به هنگام سوختن، انرژی شیمیایی نهفته در خود را، به‌صورت انرژی گرمایی آزاد می‌کنند. برای مثال کلیه فرآورده‌های نفتی (بنزین، نفت سفید و...)، چوب، زغال‌سنگ، گازهای طبیعی استخراج شده از منابع مختلف و گازهای مایع مثل گاز مصرفی خانگی از جمله مواد شناخته شده‌ای هستند که روزانه هزاران تن، از آن‌ها به‌عنوان سوخت سوزانده می‌شوند.

- تولید انرژی گرمایی با الکتریسیته: مقدار زیادی از انرژی الکتریکی، در سیم‌های با مقاومت زیاد، به‌صورت گرما ظاهر می‌شود. در اجاق‌های برقی، بخاری، سماور و گرم‌کن‌های برقی، تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی گرمایی صورت می‌گیرد.

در تغییر و تبدیل انرژی، در مواردی که هدف، تهیه‌ی گرماست، همیشه مقداری انرژی به‌صورت‌های دیگر تبدیل می‌شود؛ به این انرژی‌ها، «تلفات تبدیل انرژی» می‌گویند. این تلفات هر اندازه کم‌تر باشد، بازده دستگاه بیش‌تر خواهد بود.

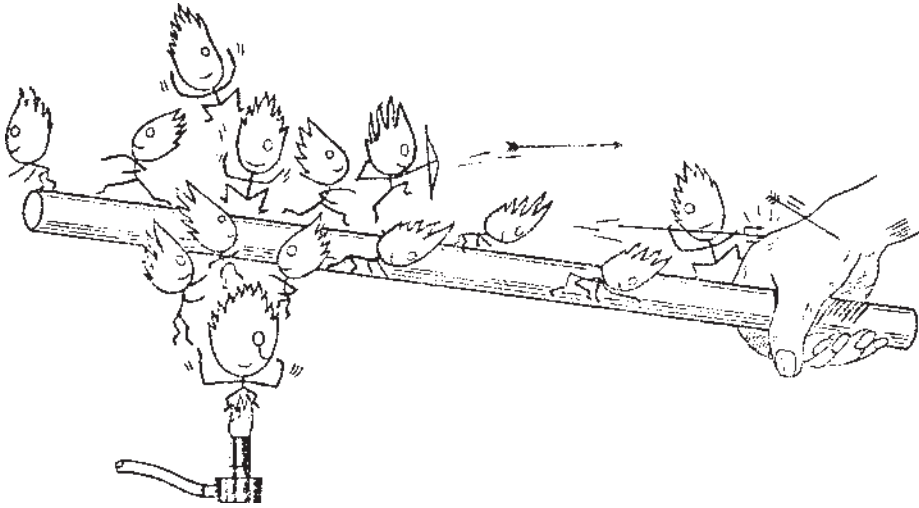
## ۸-۴- انتقال حرارت

انرژی گرمایی به سه طریق منتقل می‌شود:

- هدایت یا رسانایی: بسیاری از اجسام جامد به‌ویژه فلزات، انرژی گرمایی را از خود عبور می‌دهند، بدون آن که ذرات جسم جابه‌جا شوند. این روش انتقال گرما در اجسام جامد، «رسانایی» یا «هدایت» نامیده می‌شود. به‌عنوان مثال، اگر یک سر میله‌ی آهنی را روی آتش بگیریم، حرارت از آن نقطه به سر دیگر آن منتقل می‌شود، بدون آن که مولکول‌های نقاط گرم شده، منتقل شوند. در شکل ۸-۲ این حالت نمایش داده شده است.

جامداتی که گرما را به‌خوبی هدایت می‌کنند «رسانا» یا «هادی گرما» نامیده می‌شوند و موادی که گرما را هدایت نمی‌کنند «نارسانا» یا «عایق گرما» نامیده می‌شوند. مس و آهن جزء رساناها و

چوب‌نبه و هوا جزء مواد نارسانا هستند.

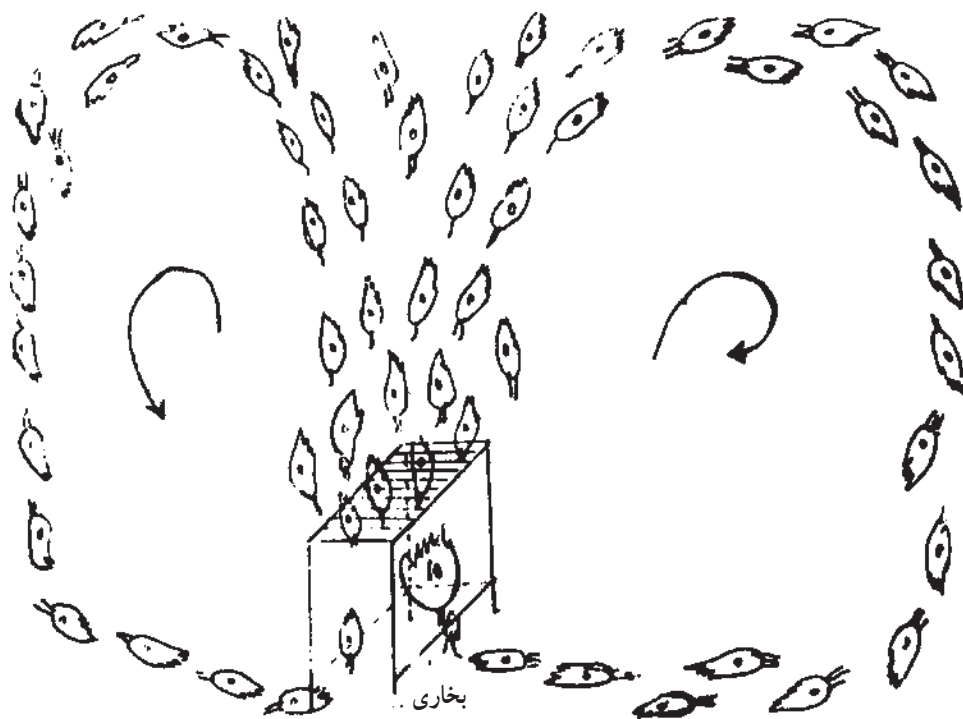


شکل ۸-۲- نحوه‌ی انتقال گرما به وسیله‌ی هدایت

در صنعت و آزمایشگاه و در زندگی از هر دو دسته اجسام رسانا و نارسانا برای کنترل انتقال گرما استفاده می‌شود. رساناها را هنگامی به کار می‌برند که بخواهند گرما را از جایی به جای دیگر منتقل کنند. مثلاً دیگ‌های آشپزخانه را از رساناهای خوبی مانند آلومینیوم یا مس می‌سازند تا گرما را از شعله به آنچه که درون آن‌هاست به خوبی هدایت کنند. و نارسانا را وقتی به کار می‌برند که بخواهند از انتقال گرما جلوگیری کنند، برای مثال عایق‌بندی (پشم شیشه) لوله‌های آب‌گرم.

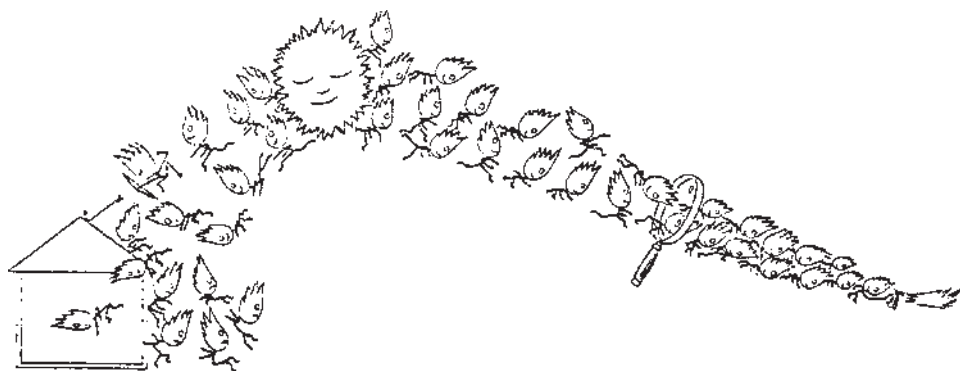
— هم‌رفت یا کنوکسیون: در مایعات و گازها که رساناهای خوبی نیستند، انتقال گرما به وسیله‌ی جریانی، از مایع یا گاز صورت می‌گیرد. این جریان، در اثر اختلاف دما، بین دو نقطه‌ی درون آن‌ها برقرار می‌شود و تا وقتی که اختلاف دما وجود دارد، ادامه می‌یابد. در ضمن این جریان، هر قسمت از مایع یا گاز به نوبت با گرم‌کن تماس مستقیم پیدا می‌کند و گرم می‌شود و گرما را با خود به جایی که دمایش کم‌تر است منتقل می‌کند. روش انتقال گرما را به وسیله‌ی جریانی از مایع یا گاز «هم‌رفت یا کنوکسیون» می‌نامند.

زمانی که مایع یا گازی گرم می‌شود، جریان هم‌رفتی خود به خود برقرار می‌شود. مثلاً در یک اتاق، هنگامی که بخاری یا رادیاتور شوفاژ روشن است، جریان هم‌رفتی به وجود می‌آید. به این ترتیب هوای مجاور بخاری یا رادیاتور شوفاژ گرم می‌شود و انبساط می‌یابد و سبک‌تر از هوای محیط اطراف خود می‌شود و در نتیجه هوای سرد، جای آن را می‌گیرد و آن را به طرف بالای اتاق می‌راند. نحوه‌ی جریان سیال، در شکل ۸-۳ نمایش داده شده است.



شکل ۸-۳- نحوه‌ی انتقال گرما به صورت همرفت

— تابشی یا تشعشعی: در این روش انتقال حرارت از طریق فضا و بدون هیچ واسطه‌ای صورت می‌گیرد؛ مانند گرم شدن زمین به وسیله‌ی امواج حرارتی تابیده شده از خورشید. امواج خورشید پس از برخورد به جسمی که تمام و یا قسمتی از امواج گرمایی را جذب می‌کند، به گرما تبدیل می‌شود. نحوه‌ی انتقال گرما به روش تابشی در شکل ۸-۴ نمایش داده شده است.



شکل ۸-۴- نحوه‌ی انتقال گرما به روش تابشی

## پرسش

- ۱- روش‌های تولید گرما را شرح دهید.
- ۲- روش‌های انتقال گرما را نام برده، هریک را شرح دهید.
- ۳- «گرمای ویژه» و «گرمای نهان ذوب» و «گرمای نهان تبخیر» را تعریف کنید.
- ۴- یک تکه یخ از  $10^{\circ}\text{C}$ ، با گرما به بخار  $120^{\circ}\text{C}$  تبدیل می‌شود نمودار تغییرات دمای آن را رسم کنید و توضیح دهید.
- ۵- به چه دلیل معمولاً در یخچال برای یخ زدن آب از ظروف آلومینیومی استفاده می‌شود؟
- ۶- چرا غالباً رادیاتور شوفاژ را در زیر پنجره نصب می‌کنند؟

### دیگ بخار

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- دلیل این که چرا آب بهترین عامل انتقال گرماست را بیان کند.
- حالات آب در فشار و دماهای مختلف را توضیح دهد.
- استفاده از بخار آب در انتقال گرما را بیان کند.
- خواص بخار آب را توضیح دهد.
- استفاده از بخار آب در صنعت نساجی را شرح دهد.
- دستگاه مولد بخار و طرز کار آن را بیان کند.
- اصول احتراق و مراحل و راه‌اندازی دیگ بخار را بیان کند.

#### ۹-۱- آب بهترین عامل انتقال گرما

آب ماده‌ای است که در طبیعت به حد وفور یافت می‌شود، و در حالت معمولی مایع است و به آسانی از طریق برودت جامد، و در اثر حرارت، تبدیل به بخار می‌شود. اجسام معمولاً دارای ظرفیت گرمایی ویژه کم‌تر از یک هستند ولی آب دارای گرمایی ویژه  $1 \text{ cal / gr } ^\circ\text{C}$  است. آب به علت داشتن ظرفیت گرمایی ویژه بیشتر، انرژی حرارتی بیشتری را جذب و حرارت بیشتری را نیز منتقل می‌کند.

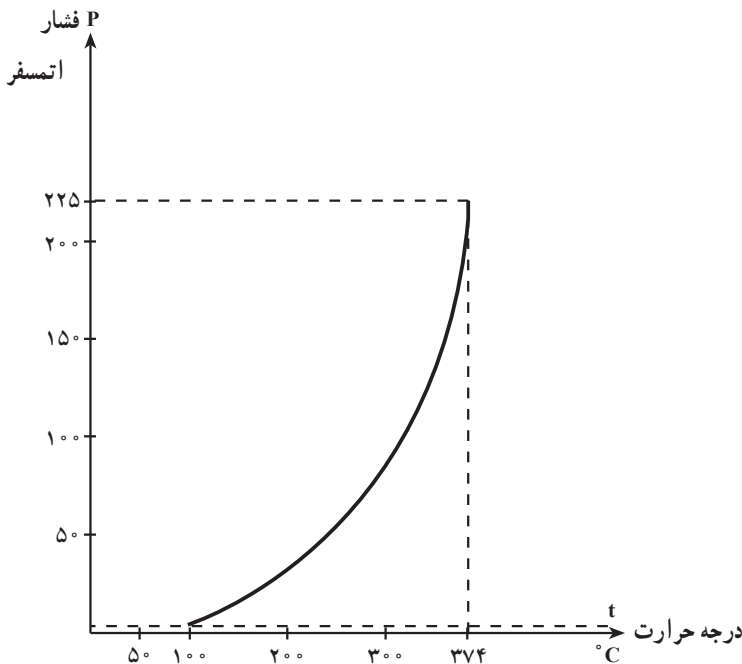
بنابراین در دیگ‌های بخار، آب به علت داشتن شرایط فیزیکی بهتر نسبت به جذب انرژی حرارتی در مقایسه با سایر مواد موجود در طبیعت، بهترین عامل انتقال انرژی گرمایی است.

#### ۹-۲- حالات آب در فشار و دماهای مختلف

نقطه‌ی جوش هر مایع به فشار روی سطح آن بستگی دارد. آب تحت هر فشاری دارای درجه حرارت جوش معین است. آب در فشار یک اتمسفر در دمای  $100^\circ$  درجه‌ی سانتی‌گراد به نقطه‌ی جوش

می‌رسد. اگر فشار سطح مایع افزایش یابد نقطه‌ی جوش نیز افزایش می‌یابد و اگر فشار سطح آب کاهش یابد نقطه‌ی جوش نیز کاهش می‌یابد.

شکل ۹-۱ منحنی تغییرات آب را در فشار و دماهای مختلف نشان می‌دهد. این منحنی بر حسب فشار (اتمسفر) و دما و درجه حرارت، تنظیم شده است. همچنان که از منحنی مشخص است آب تحت فشار ۲۲۵ اتمسفر در  $374^{\circ}\text{C}$  می‌جوشد. هرگاه فشار سطح مایع به یک اتمسفر کاهش یابد، دمای نقطه‌ی جوش آب به  $100^{\circ}\text{C}$  تنزل می‌یابد.



شکل ۹-۱- درجه حرارت جوش آب نسبت به فشار

### ۹-۳- حالات مختلف بخار آب

آب در اثر حرارت، تبدیل به بخار می‌شود و در موقع بخار شدن مقدار زیادی انرژی حرارتی در خود ذخیره می‌کند و قابلیت این را دارد که در ماشین‌های مولد نیرو مانند توربین‌های بخار، ماشین‌های بخار و دستگاه‌های حرارتی، قسمتی از همان انرژی را به صورت انرژی مکانیکی و یا حرارتی پس دهد.

اگر آب در فشار معمولی به بخار تبدیل شود، حجم آن افزایش می‌یابد که در ماشین‌های یاد شده و یا دستگاه‌های حرارتی غیر قابل استفاده می‌شود. برای جلوگیری از افزایش زیاد حجم بخار، آب را

در دیگ‌های مخصوص (مانند دیگ‌های بخار) تحت فشار زیاد، حرارت داده، تبدیل به بخار می‌کنند حجم بخار تشکیل شده متناسب با فشاری است که بر آب وارد شده است. هر قدر فشار زیادتر شود حجم آن کاهش خواهد یافت.

هرگاه آب را در منبعی، تحت فشار معین و ثابتی، حرارت دهند، آب کم‌کم گرم شده، درجه حرارت آن به درجه حرارت جوش می‌رسد. از این به بعد اگر آب را بیش‌تر حرارت دهند، درجه حرارت آن تغییری نمی‌کند و فقط می‌جوشد و قسمتی از آن به بخار تبدیل می‌شود. البته برای این‌که در این حالت فشار درجه حرارت جوش ثابت باشد، بخاری که تولید می‌شود باید دائماً از فضای تبخیر خارج شود؛ در این صورت تا زمانی که در ظرف، آب موجود است درجه حرارت بخار که همان درجه حرارت جوش است، ثابت می‌ماند.

چون این بخار مقداری آب و رطوبت همراه دارد آن را بخار خیس و یا بخار مرطوب می‌نامند پس از تبخیر آخرین قطره‌ی آب، بخار قابلیت آن را دارد که با حرارت دادن بیش‌تر درجه حرارت بالاتری به دست آورد. این بخار را می‌توان «بخار خشک اشباع» شده نامید، چون در این بخار از طرفی رطوبت و آب وجود ندارد و از طرف دیگر کاملاً اشباع است.

هرگاه بخار خشک اشباع شده را بیش‌تر حرارت دهند، درجه حرارت آن بالا می‌رود و تبدیل به بخار داغ می‌شود. حجم بخار مرطوب، کم‌تر از بخار خشک اشباع شده است و حجم بخار خشک کم‌تر از بخار داغ است.

## ۹-۴- استفاده از بخار آب در انتقال گرما

در دستگاه‌های حرارت مرکزی، تبخیر و میعان آب موجب انتقال گرما از منبع حرارتی به درون ساختمان و یا دستگاه‌های مصرف‌کننده‌ی بخار است. گرمای نهان تبخیر عبارت است از مقدار انرژی گرمایی که واحد جرم مایع در دمای ثابت و در حالت جوش می‌گیرد تا به بخار تبدیل شود. هر کیلوگرم آب هنگام تبخیر ۵۳۹ کیلوکالری گرما از منبع حرارتی دریافت کرده است که این گرما در درون ساختمان و یا در دستگاه‌های مصرف‌کننده، به مصرف می‌رسد (این رقم به شرطی صحیح است که فشار بخار، یک اتمسفر باشد). بنابراین دستگاه حرارت مرکزی، که با بخار کار می‌کند از دستگاهی که با آب گرم کار می‌کند، مقدار کم‌تری جرم به گردش درمی‌آورد.

وقتی ۲۷ گرم آب با دمای C ۶۰ از مرکز گرمایی به رادیاتورها وارد و با C ۴۰ خارج شود، دمای آن C ۲۰ کاهش یافته است؛ در این مثال آب می‌تواند ۵۴۰ کالری گرما جابه‌جا کند در حالی که هر یک گرم بخار، پس از میعان همین مقدار گرما از دست می‌دهد. پس استفاده از بخار آب در

انتقال گرما، نسبت به انتقال گرما با استفاده از آب، برتری دارد.

## ۹-۵- خواص بخار آب

قبل از این که به بحث پیرامون خواص بخار آب بپردازیم، لازم است که ابتدا «فشار» و «حجم مخصوص» تعریف شوند.

**فشار:** هنگامی که از فشار سیال گفت و گو می شود، مقصود نیرویی است که سیال ساکن در هر نقطه بر واحد سطح اعمال می کند. با توجه به تعریف فشار، بعد فیزیکی آن از تقسیم ابعاد نیرو بر سطح به دست می آید. واحد فشار، «نیوتن» و واحد سطح «مترمربع» است؛ بنابراین واحد فشار نیوتن بر مترمربع می باشد که آن را «پاسکال» (Pa) نیز می گویند. در صنعت واحد فشار را برحسب اتمسفر (atm) و یا پوند بر اینچ مربع (Psi) بیان می کنند. رابطه ی بین اتمسفر، پاسکال و پوند بر اینچ مربع به شرح زیر می باشد:

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 14.7 \text{ Psi}$$

**حجم مخصوص:** حجم مخصوص عکس چگالی (.) می باشد. با توجه به تعریف چگالی که عبارت از جرم واحد حجم سیال است، می توان حجم مخصوص را حجم اشغال شده توسط واحد جرم سیال تعریف کرد. واحد حجم مخصوص متر مکعب بر کیلوگرم می باشد.

**درجه حرارت:** سومین عامل مشخص کننده ی حالت بخار است. معمولاً در صنعت درجه حرارت را برحسب درجه سانتی گراد اندازه گیری می کنند که درجه صفر آن برابر دمای ذوب یخ و درجه ی ۱۰۰ آن دمای جوش آب است (در سطح دریا و فشار ۷۶۰ میلی متر جیوه).

## ۹-۶- استفاده از بخار آب در صنایع نساجی

**۹-۶-۱- کاربرد بخار آب در صنایع نساجی:** در تثبیت رنگ، پختن و خشک کردن پارچه استفاده می شود. در بعضی از ماشین های خشک صنایع نساجی از انرژی گرمایی بخار استفاده می شود. در نوعی از ماشین های خشک کن، بخار وارد کویل حرارتی می شود و پروانه ضمن کار کردن، هوای آزاد را از شیارهای کویل حرارتی عبور می دهد و هوای گرم را وارد اتاقک دستگاه خشک کن می کند، مکانیزم درونی دستگاه که به سیستم خاص خود مجهز است پارچه را از درون اتاقک عبور داده، موجب خشک شدن پارچه می شود. در بعضی از دستگاه های خشک کن غلتکی بخار، وارد لوله های غلتک می شود و پس از میعان، از طرف دیگر غلتک خارج می شود. پارچه ضمن تماس با سطح جانبی غلتک گرم و اتو شده، رطوبت خود را از دست داده، خشک می شود.



در نوعی از ماشین‌های خشک‌کن بخار، مستقیماً با درجه حرارت بین ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، وارد دستگاه می‌شود و ابتدا پارچه را به شدت گرم می‌کند، پارچه پس از بیرون آمدن از ماشین، حرارت خود را از دست می‌دهد و ضمن خارج شدن رطوبت، خشک می‌شود. لازم به یادآوری است که خشک کردن پارچه در دستگاه‌های خشک‌کن با در نظر گرفتن رطوبت لازم در الیاف پارچه انجام می‌گیرد. مطابق با دستورالعمل دستگاه، پارچه را نباید بیش از حد و یا کم‌تر از حد لازم، خشک کرد.

بیش‌تر مواد رنگزایی که روی پارچه‌ها چاپ می‌شوند، بعد از چاپ و خشک شدن، ثبات خوبی روی پارچه ندارند و باید در عملیات بعدی به وسیله‌ی حرارت یا بخار، روی پارچه تثبیت شوند. بعد از خشک کردن پارچه، برای تثبیت رنگ، نسبت به نوع پارچه و ماده‌ی رنگزای به کار رفته، پارچه را بخار و یا حرارت می‌دهند.

از بخار تولید شده در دیگ‌های موتورخانه‌ی مرکزی، برای تأمین آب گرم حمام‌های رنگزایی، که مجهز به سیستم کنترل درجه حرارت آب است، استفاده می‌شود. باید توجه داشت که کنترل دمای آب حمام‌های رنگزایی جهت انجام مراحل مختلف رنگزایی از اهمیت بسیاری برخوردار است.

**۹-۶-۲- نحوه‌ی کاربرد بخار در حرارت مرکزی:** منظور از کاربرد بخار در حرارت مرکزی، تأمین هوای گرم محیط کار و کارخانه در زمستان و تهیه‌ی آب گرم بهداشتی کلیه‌ی قسمت‌های کارخانه، در تمامی فصول سال است. جهت تأمین موارد فوق، از انرژی حرارتی بخار تولید شده، به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم استفاده می‌شود.

بخار تولید شده در دیگ‌های بخار از طریق لوله‌کشی مستقیماً وارد کویل‌های حرارتی دستگاه‌های هواساز می‌شود و پس از تبادل حرارتی، تقطیر شده، از طریق لوله‌های برگشت، آب تقطیر شده وارد منبع تغذیه‌ی دیگ می‌شود.

در دستگاه‌های هواساز پروانه‌های بزرگی پشت کویل‌های حرارتی قرار گرفته است که به وسیله‌ی الکتروموتور و رابط، تسمه پروانه با سرعت به حرکت دورانی درمی‌آید و از طریق کانال‌های رابط، هوا را از محیط کارگاه و محیط آزاد مکیده، وارد کویل‌های حرارتی دستگاه هواساز می‌کند. هوا ضمن عبور از لوله‌لای لوله‌های بخار کویل‌ها، تبادل حرارتی انجام می‌دهد، در نتیجه هوای گرم از قسمت کانال خروجی هواساز خارج می‌شود. هوای گرم را به وسیله‌ی کانال‌کشی به قسمت‌های مختلف کارخانه هدایت می‌کنند. بدین طریق، هوای گرم محیط کار اعم از اداری و تولیدی تأمین می‌شود.

در روش غیرمستقیم، بخار مستقیماً وارد مبدل‌های حرارتی می‌شود و آب مبدل‌های حرارتی

را گرم می‌کند. آب گرم شده به وسیله‌ی لوله‌کشی و الکتروپمپ گردش دهنده‌ی آب، وارد کویل دستگاه هواساز و یا مصرف‌کننده‌های دیگر، از قبیل دستگاه فن کویل و یا رادیاتور می‌شود و پس از تبادل حرارتی، مجدداً جهت گرم شدن، از راه لوله‌ها به مبدل‌های حرارتی برمی‌گردد؛ بدین طریق بخار، موجب گرم شدن آب می‌شود و آب گرم به وسیله‌ی دستگاه‌های هواساز، هوای گرم محیط را تأمین می‌کند.

جهت تأمین آب گرم بهداشتی محیط کارخانه، بخار مستقیماً وارد کویل حرارتی مخازن آب بهداشتی می‌شود و پس از تبادل حرارتی، آب منبع گرم شده، به مصارف مختلف بهداشتی از قبیل دوش‌های حمام و دستشویی‌ها و سرویس‌های بهداشتی و آب گرم آشپزخانه می‌رسد.

## ۹-۷- دستگاه مواد بخار (دیگ بخار) و طرز کار آن

دیگ بخار از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

پوسته‌ی دیگ؛

محفظه‌ی احتراق؛

مسیر دود؛

منبع تغذیه؛

مشعل؛

سیستم‌های کنترل‌کننده و فرمان دهنده.

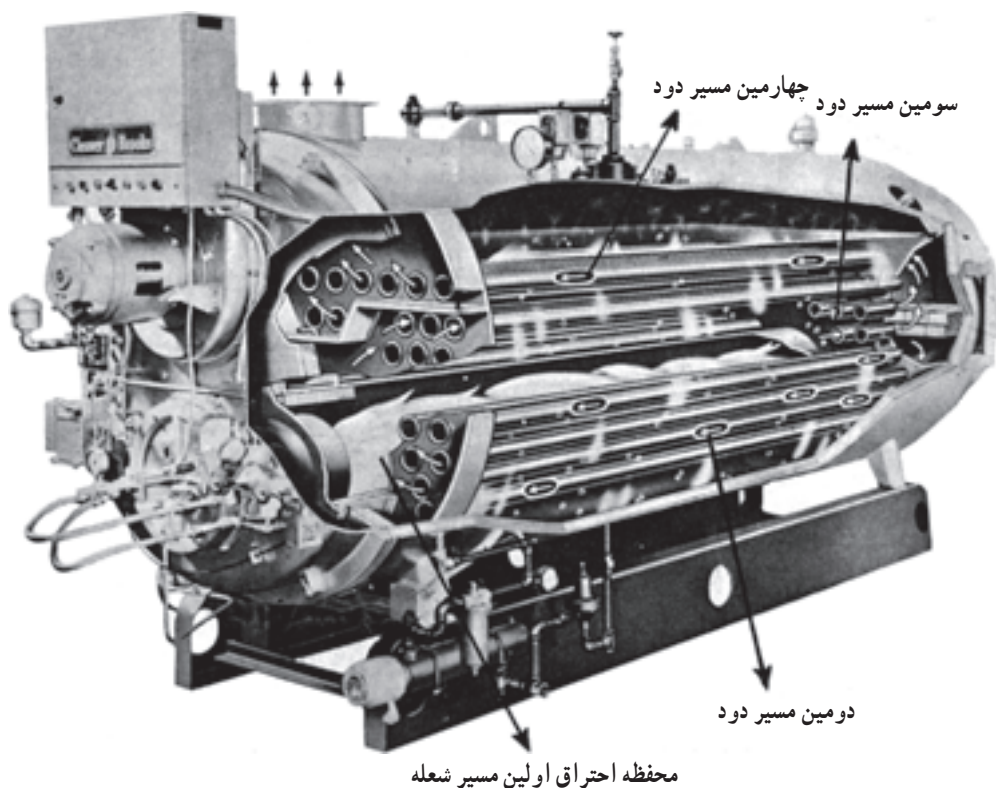
۹-۷-۱- پوسته‌ی دیگ: پوسته یا بدنه‌ی دیگ را از ورقه‌های مختلف آهن که ابعاد و ضخامت‌های متفاوت دارند؛ می‌سازند. بدین طریق که ورق آهن را که به شکل مستطیل است به وسیله‌ی دستگاه‌های غلتک قوی نورد داده (به شکل استوانه درمی‌آورند) و درزهای آن را جوش کاری می‌کنند.

یکی از مشخصات مهم دیگ، که در روی پلاک بدنه‌ی آن نوشته می‌شود، عدد حداکثر فشاری است که پوسته‌ی دیگ می‌تواند تحمل کند و عدم رعایت این نکته منجر به ضررهای جبران‌ناپذیری خواهد شد.

از لحاظ این که پوسته‌ی دیگ همواره در مجاورت آب قرار می‌گیرد، باید در مقابل خطرات ناشی از رطوبت، مثل زنگ‌زدگی (که منجر به پوسیدگی آن می‌شود) مقاوم باشد. هم‌چنین باید در برابر اثر رسوبات ته‌نشین شده در درون بدنه و اکسیژن و گازهای محلول در آب که منجر به اسیدی بودن محیط درون پوسته می‌شوند، حفاظت شود. بنابراین اگرچه باید به وسیله‌ی دستگاه‌های تصفیه‌ی آب

این عوامل حذف شود، ولی آلیاژ پوسته‌ی دیگ نیز باید در مقابل این عوامل مقاوم باشد.  
**۹-۷-۲- محفظه‌ی احتراق:** لوله‌ی استوانه‌شکلی را که محل استقرار آن در طول دیگ بین صفحات عقبی و جلویی آن است، «کوره» یا «محفظه‌ی احتراق» دیگ می‌نامند که از جنس فلزی مقاوم در مقابل شعله‌های آتش است.

از دهانه‌ی کوره مواد سوختی به وسیله‌ی مشعل به درون آن پاشیده می‌شود. از طرفی فن الکتریکی دیگ هوای فشرده را از شعله‌پخش‌کن مشعل، عبور می‌دهد و جریان گردبادی را در مسیر کوره به وجود می‌آورد که سبب ایجاد و گسترش حرکت ماریچی‌شکل شعله در مسیر کوره‌ی احتراق می‌شود. در شکل ۹-۲ محفظه‌ی احتراق نمایش داده شده است.



شکل ۹-۲- نمای داخلی یک دیگ بخار

**۹-۷-۳- مسیر دود:** لوله‌هایی که در طول دیگ به صفحات جلو و عقب آن پرچ و یا جوش شده‌اند، مسیر عبور دود یا حرارت شعله‌ی مشعل هستند. هم‌چنان که در شکل ۹-۲ مشخص است، درهای جلویی و عقبی دیگ‌ها، مانند صفحات عقبی و جلویی آن، دایره‌وار به شکل تشتکی که قسمت

محدب آن به سمت بیرون و قسمت مقعر آن به سمت درون دیگ است، شناخته شده‌اند. درها روی لولاهایی که در بدنه‌ی دیگ براق آن‌ها تعبیه شده است، پس از باز کردن پیچ‌های اطراف آن، به راحتی حرکت می‌کنند و باز می‌شوند که در این صورت تمامی لوله‌های مسیر دود، کاملاً مشخص می‌شوند، این عمل زمانی انجام می‌گیرد که بخواهند درون لوله‌های دود را سرویس و یا دودگیری، یا تعویض کنند. درون قسمت مقعر درهای دیگ را به وسیله‌ی خاک و یا ملات و یا آجرهای نسوز، کاملاً عایق‌بندی می‌کنند. منظور از اشاره به درهای دیگ، جهت تفهیم مسیر دود، این است که قسمت مقعر درها را نسبت به طرح و ساخت کارخانه سازنده، به وسیله‌ی صفحات آهن ورق و عایق‌بندی‌ها و قسمت‌های مجزا از هم، تقسیم کرده‌اند به طوری که وقتی در دیگ بسته می‌شود محفظه‌ی تقسیم‌بندی شده، مقابل یک ردیف از لوله‌های دود قرار می‌گیرد و نسبت به ردیف دیگر لوله‌های دود، کاملاً عایق‌بندی شده، راه ندارد. هرچه شعله و دود مسافت بیش‌تری از طول دیگ را بپیماید انرژی حرارتی بیش‌تری به لوله‌های مسیر می‌دهد که در نتیجه، کارایی حرارتی دیگ بیش‌تر می‌شود. مسیر دود در شکل ۹-۲ نمایش داده شده است.

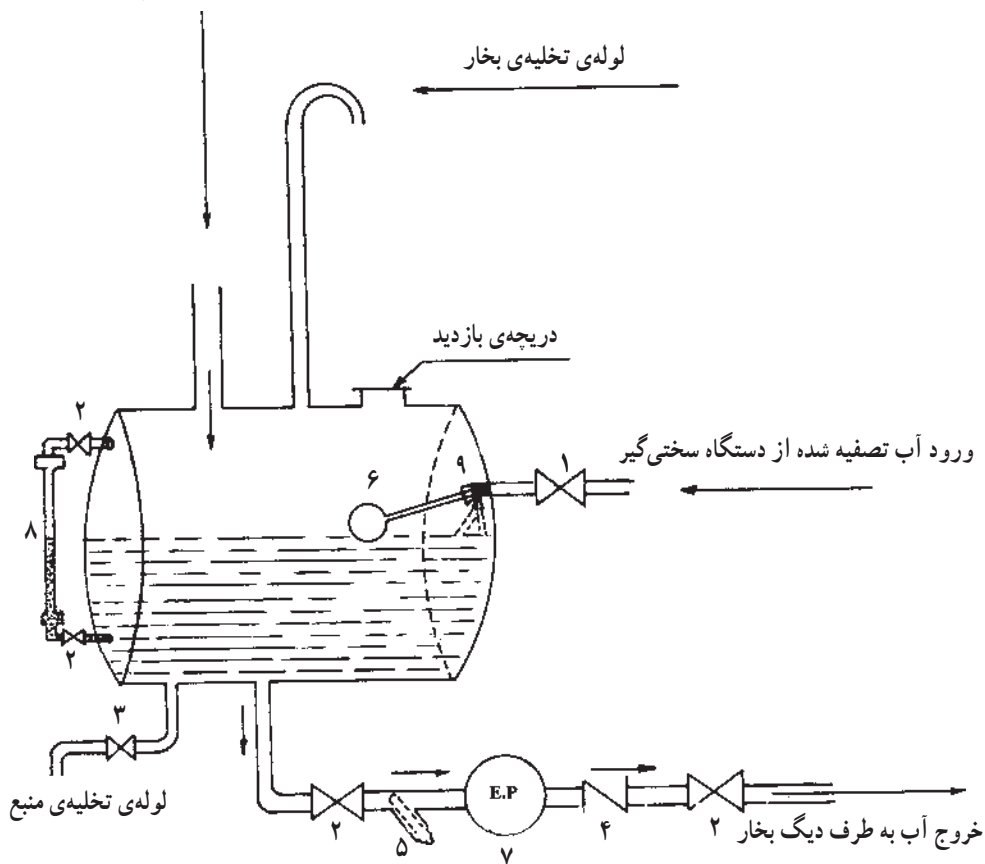
۹-۷-۴- منبع تغذیه: چنان‌که در شکل ۹-۳ مشخص است آبی که سختی آن گرفته شده است از دستگاه سختی‌گیر به وسیله‌ی لوله‌کشی، وارد منبع می‌شود. سطح آب در منبع به وسیله‌ی شناور شیر کنترل همواره در سطح معینی ثابت می‌شود. همیشه سطح آب، از طریق شیشه‌ی آب‌نما، برای مسئولان موتورخانه قابل رؤیت است و ثابت ماندن سطح آب در شیشه‌ی آب‌نما، دلالت بر صحت کارکرد شناور یا شیر کنترل ورود آب دارد.

باید توجه داشت که اگر به عللی شناور و یا شیر کنترل ورود آب خراب باشد دو حالت اتفاق می‌افتد؛ یا آب بیش از حد وارد مخزن می‌شود و در نتیجه، آب تصفیه شده از دریچه‌ی بازدید سرریز کرده، به فاضلاب می‌رود و باعث می‌شود که دستگاه تصفیه، بیش از حد معمولی کار کند و کنترل عادی دستگاه سختی‌گیر با اشکال مواجه شود، و یا این که آب وارد مخزن نمی‌شود و در نتیجه‌ی کمبود آب، احتمال سوختن دیگ بخار بیش‌بینی می‌شود، که هر دو حالت باعث ضرر مالی می‌شود. الکتروپمپ، (شماره‌ی ۷) در صورت کمبود آب در دیگ بخار، آب تصفیه شده از مخزن تغذیه را می‌مکد و وارد دیگ بخار می‌کند؛ به این وسیله آب دیگ، همیشه از طریق این منبع تأمین می‌شود و بر این اصل، این منبع را «منبع تغذیه» نام‌گذاری کرده‌اند. بخار مصرف شده در دستگاه‌های بخار، انرژی حرارتی خود را از دست می‌دهد و در نتیجه تقطیر شده، از طریق لوله‌های رابط، به منبع تغذیه برمی‌گردد.

لوله‌ی تغذیه‌ی بخار از منبع تغذیه تا محیط آزاد بیرون موتورخانه ادامه دارد، تا بخارهای

تولید شده در منبع را تخلیه کند و از مرطوب شدن محیط موتورخانه، جلوگیری کند. برای سرویس و تعمیر احتمالی منبع، دریچه‌ی بازدید و لوله‌ی تخلیه پیش‌بینی شده است تا در صورت لزوم، آب درون منبع، جهت نظافت و شست و شو تخلیه و یا از طریق دریچه‌ی بازدید، شیر کنترل و یا شناور، تعمیر و یا تعویض شود.

ورود آب تقطیر شده از سیستم لوله‌کشی



- |                            |   |
|----------------------------|---|
| ۱- شیر فلکه‌ی خط پرکن منبع | ۶- شناور شیر کنترل سطح آب منبع              |
| ۲- شیر فلکه‌های سرویس      | ۷- الکتروپمپ تأمین‌کننده‌ی آب دیگ           |
| ۳- شیر فلکه‌ی تخلیه منبع   | ۸- شیشه‌ی آب‌نما                            |
| ۴- شیر یک‌طرفه             | ۹- شیر کنترل آب که با حرکت شناور کار می‌کند |
| ۵- صافی                    |   |

شکل ۳-۹- منبع تغذیه

۹-۷-۵- مشعل: مشعل‌ها نسبت به نوع سوخت مصرفی به دو نوع تقسیم می‌شوند:

\* مشعل‌هایی که با سوخت مایع کار می‌کنند؛

\* مشعل‌هایی که با سوخت گاز کار می‌کنند.

حرارت مشعل در اثر عمل احتراق صورت می‌گیرد.

احتراق، عبارت است از یک واکنش شیمیایی که در نتیجه‌ی آن اکسیژن هوا با مواد موجود در نفت ترکیب شده، حرارت را به وجود می‌آورد. برای این که مواد موجود در نفت با اکسیژن به خوبی ترکیب شود، باید ابتدا نفت را به صورت ذرات ریز (پودر) درآورد و سپس این ذرات را با هوای کافی مخلوط کرده به درجه حرارت کافی رساند.

## ۹-۸- سیستم‌های کنترل کننده و فرمان دهنده

اساس برنامه‌ی کارکرد هر دستگاهی، بر کنترل کننده‌های آن متکی است. کنترل کننده‌های مختلف کیفیت درونی دستگاه را کنترل کرده، فرمان راه‌اندازی و ادامه‌ی کارکرد صحیح دستگاه را به عهده دارند. هرچه تعداد کنترل کننده‌های فرمان دهنده و نگه‌دارنده در حالت کار دستگاهی بیش‌تر باشد، دستگاه از اهمیت بیش‌تری برخوردار بوده، صحت کارکرد آن نیز تضمین بیش‌تری دارد. در این جا چند نمونه از کنترل کننده‌ها، جهت راه‌اندازی و کنترل ادامه‌ی کار دیگ‌های آب گرم و بخار و جلوگیری از خطرات ناشی از انفجار و بهره‌برداری صحیح و مطمئن توضیح داده می‌شوند.

\* کنترل کننده‌ی سطح آب در دیگ‌های بخار

\* کنترل کننده‌ی فشار در دیگ‌های بخار

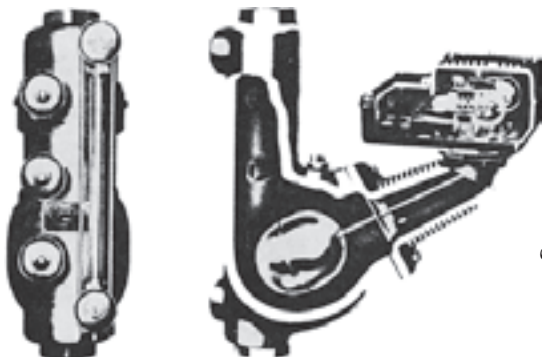
## ۹-۸-۱- کنترل کننده‌ی سطح آب در دیگ‌های بخار: یکی از کنترل کننده‌های مهم

دیگ‌های بخار، کنترل کننده‌ی سطح آب درون پوسته‌ی دیگ‌های بخار است. سطح آب درون پوسته‌ی دیگ باید تا حدی باشد که تمام لوله‌های عبور حرارت و دود داخل آب قرار گیرند.

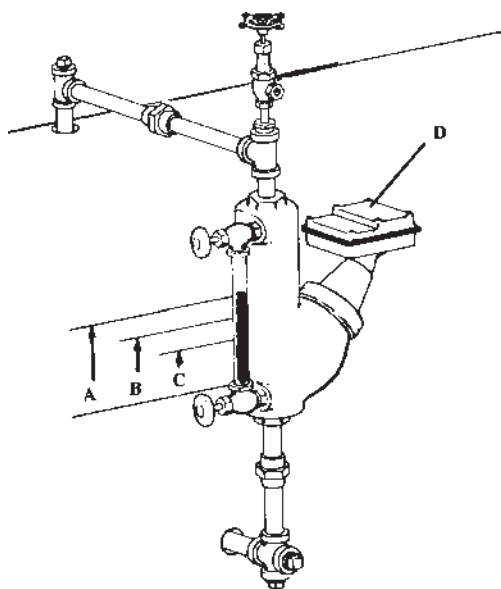
اگر سطح آب، پایین‌تر از سطح لوله‌های عبور دود باشد، عبور حرارت از درون لوله‌ها و تبادل حرارت با محیط بیرونی لوله‌ها (آب درون پوسته) انجام نمی‌گیرد و حرارت لوله‌های عبور دود بالا می‌رود و سرانجام لوله‌ها پپچیدگی و تاب برداشته، سوراخ می‌شوند. در این حالت، آب درون دیگ با مسیر شعله و دود، ارتباط پیدا می‌کند و در صورت پر کردن آب دیگ، آب از طریق درهای جلو و عقب به بیرون ریخته می‌شود که در چنین حالتی، می‌گویند لوله‌های دیگ سوخته است. اگر سطح آب در درون پوسته به حدی پایین باشد که اطراف کوره‌ی احتراق نیز خالی باشد، در نتیجه‌ی کار کردن مشعل و بالا رفتن حرارت، علاوه بر این که لوله‌های دود خسارت می‌بینند، خود کوره‌ی احتراق نیز

بیچیدگی و تاب برداشته، سوراخ می‌شود. در این حالت دیگ به‌طور کلی می‌سوزد و غیرقابل استفاده می‌شود. با توجه به مواردی که گفته شد، عدم وجود آب در درون پوسته، باعث سوختگی‌های جزئی و کلی می‌شود. اگر سوختگی جزئی باشد تعمیر کاران با تعویض لوله‌های سوخته، دیگ را مجدداً قابل استفاده می‌کنند، اما اگر سوختگی کلی باشد و کوره‌ی احتراق سوخته باشد، احتمالاً قابل تعمیر نیست و دیگ بخار به‌طور کلی غیرقابل استفاده می‌شود. دستگاه کنترل سطح آب، دارای شناوری است که همواره با تغییر سطح آب درون محفظه‌ی شناور، در حرکت است. سطح آب درون محفظه‌ی شناور با سطح آب درون پوسته‌ی دیگ تنظیم می‌شود از طرفی حرکت شناور به وسیله‌ی میله‌های رابط به جعبه‌ی کنترل دستگاه منتقل می‌شود؛ بدین معنی که هرگاه سطح آب در محفظه‌ی شناور پایین بیاید، شناور نیز با سطح آب پایین می‌آید و این حرکت به کلیدهای جعبه‌ی کنترل منتقل می‌شود و کلید راه‌اندازی الکتروپمپ آب‌رسان دیگ (الکتروپمپ تغذیه) وصل می‌شود؛ در نتیجه، پمپ تغذیه به کار افتاده، آب را از منبع تغذیه می‌کشد و دیگ را پُر کرده، سطح آب در محفظه‌ی شناور بالا می‌آید. هنگامی که آب به سطح مطلوب برسد، شناور نیز با سطح آب بالا می‌آید و از طریق میله‌های رابط، کلید وصل شده قطع می‌شود و پمپ از کار می‌افتد. این عمل قطع و وصل کلید فرمان پمپ به وسیله‌ی شناور با بالا و پایین آمدن سطح آب دیگ انجام می‌گیرد و به این ترتیب، سطح آب در درون پوسته‌ی دیگ دائماً کنترل می‌شود. حال اگر به عللی الکتروپمپ تغذیه کار نکند و کمبود آب دیگ جبران نشود، سطح آب در محفظه‌ی شناور از حد معمول خود پایین‌تر می‌آید و میله‌های رابط شناور، کلید دیگری را وصل می‌کنند در نتیجه، مدار فرمان آژیر خطر وصل شده، شروع به بوق زدن می‌کند و مأموران موتورخانه، جهت رفع اشکال اقدام می‌کنند.

گاهی همین کلید، مدار فرمان آژیر را با تغییر تنظیم به مدار فرمان راه‌اندازی مشعل متصل می‌کند؛ در این صورت به محض این که سطح آب به مرحله‌ی خطر سوختن دیگ برسد، مدار فرمان مشعل، قطع و مشعل خاموش می‌شود. با توجه به موارد فوق، اهمیت دستگاه کنترل‌کننده‌ی سطح آب برای هنرجویان مشخص می‌شود. در شکل ۹-۴ دستگاه کنترل سطح آب دیگ‌های بخار نشان داده شده است.



نمای برش‌خورده‌ی دستگاه کنترل‌کننده‌ی سطح آب دیگ‌های بخار



- A: بالاترین سطح آب. در این حد از سطح آب مدار فرمان پمپ تغذیه قطع می‌باشد.
- B: کم‌ترین سطح آب. در این حد از سطح آب، مدار فرمان پمپ تغذیه وصل می‌شود تا سطح آن به مرحله‌ی A برسد.
- C: کم‌ترین حد آب. در این حد از سطح آب مدار فرمان مشعل قطع می‌شود.
- D: جعبه‌ی کنترل سطح آب

شکل ۹-۴- دستگاه کنترل‌کننده‌ی سطح آب دیگ‌های بخار

### ۹-۸-۲- کنترل‌کننده‌ی فشار در دیگ‌های بخار: یکی از مشخصات مهم دیگ‌های

بخار، تعیین میزان فشاری است که پوسته و لوله‌های درون آن می‌تواند تحمل کند. این مورد توسط مهندسان طراح و سازندگان دیگ‌ها در کارخانه مورد آزمایش قرار می‌گیرند و به صورت عددی در روی پلاک بدنه‌ی دیگ نوشته می‌شود.

بنابر این مصرف‌کننده، یا راه‌انداز موتورخانه، مجاز نیست دیگ را تحت شرایطی که فشار بخارش بالاتر از حد تعیین شده باشد، راه‌اندازی کند. در صورت بالا رفتن فشار بخار از حد معین

شده، پوسته منفجر شده، خطرات جانی و مالی را سبب می‌شود. کنترل این امر، یکی از موارد مهمی است که هم از طرف کارخانه‌ی سازنده و هم از طرف مسئولان موتورخانه، مورد توجه قرار می‌گیرد. در شکل ۹-۵ دستگاه کنترل‌کننده‌ی فشار نمایش داده شده است.



شکل ۹-۵- دستگاه کنترل‌کننده‌ی فشار



معمولاً جهت پیش‌گیری از خطرات احتمالی انفجار، همواره عدد تنظیم شده در صفحه‌ی مدرج دستگاه کنترل را، کم‌تر از حداکثر فشاری که برای دیگ منظور شده، در نظر می‌گیرند. ضمن کارکرد دیگ، آب درون پوسته گرم می‌شود و بالاخره با گرفتن انرژی گرمایی بیش‌تر، کم‌کم به بخار تبدیل می‌شود. بخارهای به‌دست آمده، در محفظه‌ی بخار پوسته‌ی دیگ جمع می‌شوند و رفته‌رفته فشار آن بالا می‌رود. بالا رفتن میزان فشار بخار از روی عقربه‌ی فشارسنج مشخص می‌شود. ازدیاد فشار در درون پوسته، مستقیماً به دستگاه کنترل فشار اثر می‌کند. هرگاه فشار بخار ایجاد شده در دیگ بخواهد از عدد تنظیم شده روی دستگاه کنترل تجاوز کند، کلید مدار برق، مشعل را قطع کرده، آن را خاموش می‌کند تا از تولید بخار جلوگیری شود. بخار تولید شده در دستگاه‌های مصرف‌کننده، مصرف می‌شود و فشار بخار در پوسته‌ی دیگ تنزل پیدا می‌کند. با کم‌شدن فشار دیگ کلید به حالت قبلی خود برمی‌گردد و مدار برق، مشعل را وصل می‌کند. عمل روشن و خاموش شدن مشعل، برای تولید بخار، به وسیله‌ی این دستگاه کنترل می‌شود.

## ۹-۹- مسایل ایمنی در دیگ‌های بخار

خطرات احتمالی شامل موارد زیر هستند:

— گرفتگی لوله‌ها: ذرات گرد و غبار موجود در فضا همراه با هوای فشرده‌ای که پروانه‌ی مشعل جهت تأمین کوران شعله و آتش به کوره‌ی احتراق وارد می‌کند، با ذرات دوده‌ی حاصل از احتراق سوخت، ضمن عبور از مسیرهای دود دیگ در مراحل اولیه، لایه‌ی ظریفی در دیوار داخلی لوله‌های مسیر دود به‌جا می‌گذارد. در مرحله‌ی اول استارت دیگ، که هنوز دمپر موتور، دریچه‌ی ورود هوای مورد نیاز شعله را به‌طور کامل باز نکرده، یا به اصطلاح هماهنگی هوا و سوخت کامل نشده، احتراق شعله ناقص است و دود ایجاد می‌شود. ذرات همین دوده‌های مرحله‌ی اول استارت، ضخامت این لایه را افزایش می‌دهد.

هم‌چنین اگر احتراق در شعله، ناقص باشد، ذرات دوده در کوره‌ی احتراق بیش‌تر می‌شود. به‌خصوص اگر سوخت مشعل از سوخت‌های سنگین (مازوت) باشد و احتراق هم ناقص باشد وجود دوده در کوره‌ی احتراق زیاد است و در نتیجه ذرات دود چسبنده‌ای در دیواره‌های لوله‌ها به‌جا می‌گذارد نیز زیاده‌تر خواهد بود، که با گذشت زمان، ضخامت این لایه در جدار لوله‌های دود بیش‌تر می‌شود و احتیاج به تمیز کردن و دوده‌گیری پیدا می‌کند. معمولاً، در هر سال دو الی سه بار جهت تمیز کردن و دوده‌گیری، دیگ را خاموش و سرویس می‌کنند.

در هنگام سرویس هر دو در جلو و عقب دیگ را باز می‌کنند و برس‌های سیمی مخصوص را

از یک طرف لوله‌های دود وارد کرده، از طرف دیگر همراه با لایه‌های کنده شده‌ی دود خارج می‌کنند. با انجام این عمل، کلیه لوله‌ها تمیز شده، آماده‌ی بهره‌برداری می‌شوند. لوله و برس دوده‌گیر در شکل ۹-۶ نمایش داده شده است. اگر عمل دوده‌گیری انجام نگیرد ضخامت لایه‌ی جدار درونی لوله‌ها بیش‌تر و سخت‌تر می‌شود و با گذشت زمان استفاده از دیگ، از یک طرف ضخامت لایه‌ی رسوبی بیش‌تر می‌شود و گرفتگی لوله‌ها را به وجود می‌آورد و از طرف دیگر، لایه‌ی درونی رسوب که به جدار لوله چسبیده است، سبب خوردگی لوله‌ها می‌شود. و خوردگی لوله‌ها باعث سوراخ شدن آن‌ها خواهد شد. گرفتگی لوله‌ها، در مراحل اولیه، کارایی حرارتی دیگ را کم می‌کند و در مراحل بعدی، با ادامه‌ی گرفتگی، لوله‌ها مسدود و دیگ غیرقابل استفاده می‌شود. پس با توجه به موارد گفته شده، سرویس لوله‌های دود باید به موقع انجام گیرد. باید توجه داشت که تنظیم شعله‌ی مشعل برای احتراق کامل از تشکیل دوده جلوگیری می‌کند.



شکل ۹-۶- میله و برس دوده‌گیری

— رسوب بیش از حد در دیگ: به طوری که در فصل اول هم توضیح داده شد، وجود املاح Ca و Mg در آب، باعث تشکیل رسوب سختی در درون پوسته‌ی دیگ می‌شود. لایه‌های رسوب به تناسب آب جدیدی که وارد دیگ می‌شود در دیواره‌ی خارجی لوله‌های دود و کوره‌ی احتراق و سطح درونی پوسته، تشکیل می‌شوند. با تشکیل این لایه‌ها، کم‌کم ضخامت رسوب بیش‌تر شده، مزاحمت آن هم به تناسب ضخامتش بیش‌تر می‌شود. وجود لایه‌های رسوب در دیواره‌ی لوله‌های دود و کوره‌ی احتراق اولاً سبب ساییدگی لوله‌ها را فراهم می‌سازد و ثانیاً مانع تبادل حرارتی بین آب درون پوسته و انرژی حرارتی سوخت می‌شود؛ در نتیجه، کارایی حرارتی دیگ کم شده، انرژی حرارتی سوخت، تلف می‌شود. هرگاه از تشکیل رسوب جلوگیری به عمل نیاید، قطر لایه‌های رسوب زیادتر از حد معمول می‌شود و کارایی حرارتی دیگ را به حداقل رسانده، دیگ از خط بهره‌برداری خارج می‌شود.

— افزایش فشار بیش از حد مجاز و عمل نکردن کنترل‌کننده‌ها: اگر به عللی کنترل‌کننده‌ی درجه حرارت دیگ، عمل خود را در موقع روشن بودن مشعل انجام ندهد، برق مدار مشعل، قطع نمی‌شود و به کار خود ادامه می‌دهد؛ در نتیجه حرارت آب دیگ افزایش پیدا کرده، بخار بیش‌تری

تولید می‌شود و میزان فشار بخار از حد تنظیم دستگاه کنترل فشار دیگ، بالاتر می‌رود، در این حالت دستگاه کنترل‌کننده‌ی فشار، برق مدار مشعل را قطع می‌کند و مشعل خاموش می‌شود. پس از مصرف بخار و پایین آمدن فشار بخار دیگ، دستگاه کنترل‌کننده‌ی فشار برق مدار مشعل را به صورت خودکار وصل نمی‌کند. بنابراین، دیگ به‌طور کلی خاموش می‌ماند. مسئولان موتورخانه در مواجهه با این امر، متوجه می‌شوند که دستگاه کنترل‌کننده‌ی درجه حرارت دیگ وظیفه‌ی خود را انجام نداده است؛ بنابراین درصدد اصلاح و رفع عیب و یا تعویض دستگاه برمی‌آیند.

جهت وصل مجدد برق مدار فرمان مشعل، دکمه‌ی اهرم دستی کوچکی به نام اهرم «نگه‌دارنده‌ی دستی» در بدنه‌ی دستگاه کنترل فشار، تعبیه شده است که با فشار دادن آن، برق مدار فرمان مشعل، وصل می‌شود. وجود دکمه‌های نگاه‌دارنده در کنترل‌کننده‌ها، به اهمیت وظیفه‌ی آن‌ها مربوط می‌شود. کنترل‌کننده‌ای که دارای دکمه نگاه‌دارنده می‌باشد، از اهمیت خاصی برخوردار است. اگر بنا به عللی در موقع کار کردن دیگ، دستگاه کنترل فشار نیز وظیفه‌ی خود را انجام ندهد، فشار بخار پوسته‌ی دیگ افزایش بیش از حد پیدا می‌کند و در این حالت، شیر اطمینان نصب شده در پوسته‌ی دیگ، وارد عمل می‌شود و بخار اضافی با صدایی انفجار مانند، تخلیه می‌شود. ناگفته نماند که کنترل شیر اطمینان الکتریکی نیست بلکه مکانیکی است و به کارکرد مشعل، ارتباطی ندارد. اگر کنترل شیر اطمینان هم وظیفه‌ی خود را انجام ندهد در نتیجه‌ی بالا رفتن فشار بخار در پوسته‌ی دیگ انفجار رخ می‌دهد. بنابراین بازدید و آزمایش این کنترل‌کننده‌ها در سرویس‌های روزانه و ماهانه و سالانه از اهمیت خاصی برخوردار است.

## پرسش

- ۱- حالات مختلف بخار آب را با رسم منحنی نشان دهید.
- ۲- استفاده از بخار آب در انتقال گرما را توضیح دهید.
- ۳- عواملی را که در حالت‌های بخار مؤثرند، توضیح دهید.
- ۴- کاربرد بخار آب در صنایع نساجی را توضیح دهید.
- ۵- قسمت‌های دیگ بخار را نام ببرید.
- ۶- سوخت مشعل‌های دیگ بخار چند نوع است؟ نام ببرید.
- ۷- مسایل ایمنی در دیگ‌های بخار را توضیح دهید.

### تصفیه‌ی پساب

- هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:
- انواع آلودگی آب و مواد آلاینده‌ی نسابی در آب را توضیح دهد.
  - انواع آزمایشات لازم برای پساب را توضیح دهد.
  - روش‌های تصفیه‌ی پساب را نام ببرد و توضیح دهد.

یکی از عوامل مهم حیاتی در آب، اکسیژن محلول در آن است که برای زیست موجودات آبی ضروری است. اگر میزان اکسیژن محلول در آب از حد  $6 \text{ mg}/\text{lit}$  کم‌تر شود، ادامه‌ی زندگی در آب برای موجودات آبی غیرممکن می‌گردد؛ در آب‌های آلوده به علت آن که مقداری از این اکسیژن صرف اکسیداسیون آلودگی‌های موجود در آب می‌شود، میزان اکسیژن محلول کاهش می‌یابد. آلودگی آب فقط مربوط به آلوده کردن سطحی آب و تخلیه‌ی پساب‌ها در رودخانه‌ها و دریاها نیست، بلکه آب‌های زیرزمینی نیز از راه تخلیه‌ی پساب در چاه‌ها و قنات‌ها آلوده می‌شوند. بسیاری از مواد آلوده‌کننده، در اثر نیروی جاذبه می‌تواند به داخل لایه‌های خاک نفوذ کرده، به اعماق زمین فرو روند و آب‌های زیرزمینی را نیز آلوده کنند.

امروزه با پیشرفت تکنولوژی و ساخت وسایل و تجهیزات مختلف، متأسفانه به کارگیری ترکیبات جدید شیمیایی و تخلیه‌ی پساب‌های کارخانه‌ها در محیط زیست، باعث تنوع و تعدد آلودگی‌ها گردیده است، چنان‌که بیش‌ترین صدمات محیط زیست، معمولاً در اثر پساب‌های صنعتی است. کارخانه‌های نسابی از لحاظ میزان مواد آلوده‌کننده در سطح بالایی قرار دارند. مهم‌ترین قسمت کارخانه‌های نسابی که پساب زیادی به وجود می‌آورد سالنی است که بیش‌تر عملیات در آن صورت می‌گیرد. پساب‌های به دست آمده از کارخانه‌های نسابی که از قسمت‌های مختلفی مانند شست و شو، پخت، سفیدگری، رنگرزی و چاپ حاصل می‌شود، می‌تواند حاوی مواد معلق‌ی مانند روغن، چربی و یا مواد رسوب‌شدنی مانند خرده‌الیاف و کلوئیدها، و یا مواد محلول مانند صابون و مواد رنگ‌زا و اسید و قلیا

و نمک‌های مختلف باشد.

پساب‌های حاصل از شست‌وشوی پشم و پخت پنبه مقدار زیادی واکس و چربی دارند که معمولاً با اسیدی کردن پساب با اسید سولفوریک، از آب جدا شده، روی آب شناور می‌شوند و به سادگی از آب گرفته می‌شوند. در پساب‌های سفیدگری به علت استفاده از موادی که ساختمان ماده‌ی رنگ‌زا را متلاشی می‌کنند، خطرات ناشی از پساب بیش‌تر است.

در بعضی از مواد رنگ‌زا به دلیل استفاده از مواد تعاونی مخصوص، تصفیه‌ی پساب اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند؛ مثلاً در رنگ‌رزی سلولز با مواد رنگ‌زای گوگردی از «سولفید سدیم» استفاده می‌شود که سولفید تی‌دیروژن تولید می‌کند؛ که برای موجودات آب‌زی سمی و خطرناک است و خارج ساختن و یا به حداقل رساندن آن در پساب، بسیار ضروری است.

## ۱-۱- آزمایش پساب

برای این کار ابتدا باید از پساب موجود در کارخانه نمونه‌گیری کرد. پساب‌هایی که در قسمت‌های مختلف کارخانه تولید می‌شوند، از جهت نوع آلودگی با یکدیگر تفاوت دارند و مخلوط کردن پساب‌ها با یکدیگر در بعضی از موارد باعث بالا رفتن هزینه‌ی تصفیه می‌شود. به عنوان مثال اگر در یک رنگ‌رزی از دندان‌ها برای بالا بردن ثبات استفاده شود، با توجه به مشکلات و هزینه‌ی تصفیه‌ی فلزات سنگین، توصیه می‌گردد که پساب آن با پساب‌های قسمت‌های دیگر مخلوط نگردد زیرا حجم پساب زیاد، هزینه‌ی تصفیه‌ی فلزات سنگین را بیش‌تر می‌کند.

نمونه‌گیری از پساب باید در زمان‌های متفاوت صورت گیرد و نتیجه‌ی آن از جهت آلودگی، بررسی گردد تا نوع مواد آلوده‌کننده‌ای که در ساعات مختلف روز و یا در روزهای مختلف وارد پساب می‌شود، تعیین گردد. مهم‌ترین آزمایش‌های پساب‌های صنعتی عبارت‌اند از:

– اندازه‌گیری pH: برای تعیین اسیدی یا قلیایی بودن پساب؛

– اندازه‌گیری BOD<sup>۱</sup>: به میزان اکسیژنی که برای اکسیداسیون حجم مشخصی از آلودگی، به روش بیولوژیکی موردنیاز است، «BOD» گویند؛

برای اندازه‌گیری BOD، پساب را با قسمتی از آبی که میزان اکسیژن محلول آن زیاد است مخلوط کرده، ۵ روز ثابت نگه می‌دارند؛ سپس اکسیژن محلول آن را اندازه‌گیری و با فرمول‌ها و روش‌های آزمایشگاهی خاص، BOD آن را تعیین می‌کنند.

– اندازه‌گیری COD<sup>۲</sup>: به میزان اکسیژنی که برای اکسیداسیون حجم مشخصی از آلودگی به

۱- Biologic Oxygen Demand

۲- Chemical Oxygen Demand

روش شیمیایی مورد نیاز است، «COD» می‌گویند، اندازه‌گیری COD به چند ساعت وقت نیاز دارد که در مقایسه با BOD نسبتاً کم‌تر است؛

- اندازه‌گیری مواد معلق؛
- اندازه‌گیری مواد پاک‌کننده و روغن‌ها و مواد آلی؛
- اندازه‌گیری مواد سمی و فلزات سنگین.

## ۱۰-۲- روش‌های تصفیه‌ی پساب

این که چه پسابی و با چه روشی تصفیه گردد، به نوع ماده‌ی آلوده‌کننده در پساب و موقعیت جغرافیایی محل و امکانات تصفیه‌ی کارخانه بستگی دارد. معمولاً تصفیه‌ی فیزیکی، اولین مرحله‌ی تصفیه‌ی پساب است. برای این کار پساب را از صافی‌های مخصوصی عبور می‌دهند تا ذرات ریز معلق و خرده‌الیاف جدا شود.

دومین مرحله‌ی تصفیه‌ی پساب، تنظیم «pH» آن است. معمولاً پساب‌ها باید به حد ۷-۸ pH برسند. در عمل اختلاط پساب‌ها با یکدیگر تا حدودی pH مناسب به دست می‌آید. سومین مرحله در تصفیه‌ی پساب، جدا کردن مواد آلی یا معدنی موجود در آن است. مهم‌ترین روش‌های متداول برای جدا کردن ناخالصی‌های آلی یا معدنی عبارت‌اند از:

- رسوب دادن؛

- جذب مواد معلق به وسیله‌ی زغال فعال؛

- اکسیداسیون؛

- عبور دادن پساب از صافی‌ها با سوراخ‌های بسیار ریز.

۱۰-۲-۱- رسوب دادن: در رسوب دادن ناخالصی‌ها در پساب با منعقد کردن ناخالصی‌ها به وسیله‌ی مواد منعقدکننده و نامحلول کردن آن‌ها، امکان جداسازی آن‌ها را از پساب به وجود می‌آورند. انعقاد و نامحلول کردن پساب نیاز به صاف کردن دارد. ذرات ریز معلق کلوئیدی در پساب‌های نساجی را می‌توان از طریق افزودن مواد مناسب به حالتی درآورد که با روش‌های فیزیکی قابل جداسازی باشد؛ اگر ذرات معلق در پساب از بارهای منفی تشکیل شده باشد، با افزودن موادی با بارهای مثبت (مانند نمک‌های آهن و آلومینیوم) می‌توان آن‌ها را خنثی نموده و در یک جا جمع کرد. عمل انعقاد شامل مراحل زیر است:

- کاهش ثبات ذرات در محلول؛

- تجمع ذرات و تبدیل آن‌ها از ذرات ریز به درشت؛

– ایجاد ذرات درشت‌تر با تجمع بیش‌تر ذرات و رسوب آن‌ها.

مواد منعقدکننده باعث سنگین‌تر شدن ذرات و کاهش مدت زمان رسوب می‌گردند؛ مواد منعقدکننده شامل پلیمرهای محلول در آب هستند. برای مثال از نشاسته و الجینات سدیم می‌توان به‌عنوان مواد منعقدکننده استفاده نمود.

۱-۲-۲- جذب مواد معلق به وسیله‌ی زغال فعال: سوراخ‌های موجود بر روی زغال

فعال می‌تواند مواد معلق موجود در آب را به خود جذب کند. سال‌های زیادی است که از این روش برای حذف بو و رنگ آب استفاده می‌شود، ولی امروزه، مشخص شده است که زغال فعال علاوه بر مواد رنگی، حتی بعضی از مواد معدنی را نیز به خود جذب می‌کند. زغال فعال برحسب نوع سوراخ‌هایش انواع مختلفی دارد؛ سوراخ‌های زغال فعال حدود یک انگستروم است.

ستون‌های زغال فعال، استوانه‌های فلزی هستند که ارتفاع آن‌ها به چند متر می‌رسد. مدت زمان تماس پساب با زغال فعال بسته به میزان آلودگی در پساب، تا حد نیم ساعت، متغیر است. نوعی از زغال‌های فعال قابلیت بازیابی دارند و پس از جداسازی مواد می‌توان مجدداً آن‌ها را مورد استفاده قرار داد.

۱-۲-۳- اکسیداسیون: در عمل اکسیداسیون ناخالصی‌های پساب و اکسیژن موجود

در هوا نیز در هوادهی پساب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. عمق حوض‌های هوادهی حدود ۴-۲ متر و طول آن تا ۱۲۰ متر ساخته می‌شود. هوادهی یا با استفاده از هوای تحت فشار از طریق لوله‌کشی صورت می‌گیرد و یا با هوادهی مکانیکی که ارزان‌تر از استفاده از هوای تحت فشار است، انجام می‌گیرد.

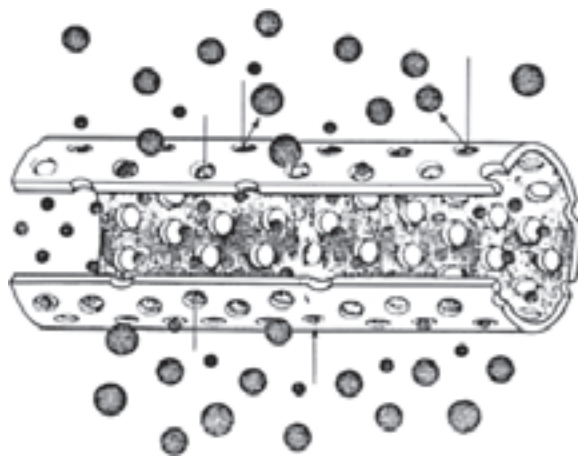
برای اکسیداسیون ناخالصی‌های پساب، به جای اکسیژن می‌توان از مواد اکسیدکننده استفاده نمود، به این ترتیب سرعت واکنش اکسیداسیون ناخالصی‌ها افزایش یافته، زمان کم‌تری لازم است. در اکسیداسیون پساب به وسیله‌ی مواد اکسیدکننده، به دلیل آن که از دمای معمولی استفاده می‌شود، اکسیداسیون به‌طور ناقص صورت می‌گیرد. کلر، یک ماده‌ی اکسیدکننده است که در صنعت به دلیل ارزان قیمت بودن به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی احتمال ایجاد ترکیبات کلردار آلی وجود دارد که تجزیه‌ی آن‌ها مشکل است. استفاده از پیرکسید تیروژن، این اثرات نامطلوب را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد.

۱-۲-۴- عبور دادن پساب از صافی‌های بسیار ریز: صافی‌های بسیار ریز

(membran) دارای سوراخ‌هایی هستند که فقط به مولکول‌هایی با اندازه‌ی مشخص اجازه‌ی عبور می‌دهند. پساب را با فشار زیاد از صافی‌های بسیار ریز عبور می‌دهند. این صافی‌ها فقط مولکول‌های



آب را از خود عبور داده، ترکیبات آلی دیگر را نگه می‌دارند. به کمک این روش حتی می‌توان آهار پلی‌وینیل‌الکل را مجدداً بازیابی و استفاده نمود. این روش از روش‌های جدید و پیشرفته‌ی تصفیه‌ی آب است. نحوه‌ی جداسازی ذرات ناخالص از آب به وسیله‌ی صافی بسیار ریز در شکل ۱-۱۰ نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱۰ جداسازی ذرات ناخالص از آب به وسیله‌ی صافی بسیار ریز

## پرسش

- ۱- نقش تصفیه‌ی پساب در زیست موجودات را شرح دهید.
- ۲- آزمایش پساب در کارخانه چگونه انجام می‌گیرد؟
- ۳- اندازه‌گیری BOD و COD را شرح دهید.
- ۴- روش‌های تصفیه‌ی پساب را نام ببرید.
- ۵- روش «رسوب دادن» را شرح دهید.
- ۶- روش جذب مواد معلق به وسیله‌ی زغال فعال را توضیح دهید.
- ۷- روش «اکسیداسیون» را توضیح دهید.
- ۸- روش عبور دادن پساب از صافی‌های بسیار ریز را شرح دهید.

## منابع و مأخذ

- ۱- اطلاعات عمومی در مورد دیگ بخار و تأسیسات رشته‌ی شیمی نساجی - تألیف : سیروس مجتهدی و علی صباغی.
- ۲- کاربرد تهویه در نساجی - دکتر گودرز افشاری و مهندس محمد قانع.

