بسم الله الرحمن الرحیم

تأسیسات نساجی

رشتهٔ صنایع نساجی

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۲۴۷۱

۶۷۷ صموتی، سیّد محمود
/۰۲۸ تأسیسات نساجی/ مؤلفان : سیّد محمود صموتی، علی ابراهیمی معتمد، محسن صفاکیش.
ت ۱۳۶ ص/ ــ [ویرایش دوم] / بازسازی و تجدیدنظر : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ صنایع نساجی.ــ تهران :
۱۳۹۳ شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۳.
۱۳۷ ص. : مصور. ــ(آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۲۴۷۱)
متون درسی رشتهٔ صنایع نساجی، زمینهٔ صنعت.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ صنایع نساجی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. نساجی ــ ماشین‌آلات. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ صنایع نساجی. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۹۳

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب بـه نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

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 ـ ۴۶۶/۱**

مؤلفان : **سیّدمحمود صموتی، علی ابراهیمی‌معتمد و محسن صفاکیش**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : **صغریٰ عابدی**

طراح جلد : **مریم کیوان**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)**

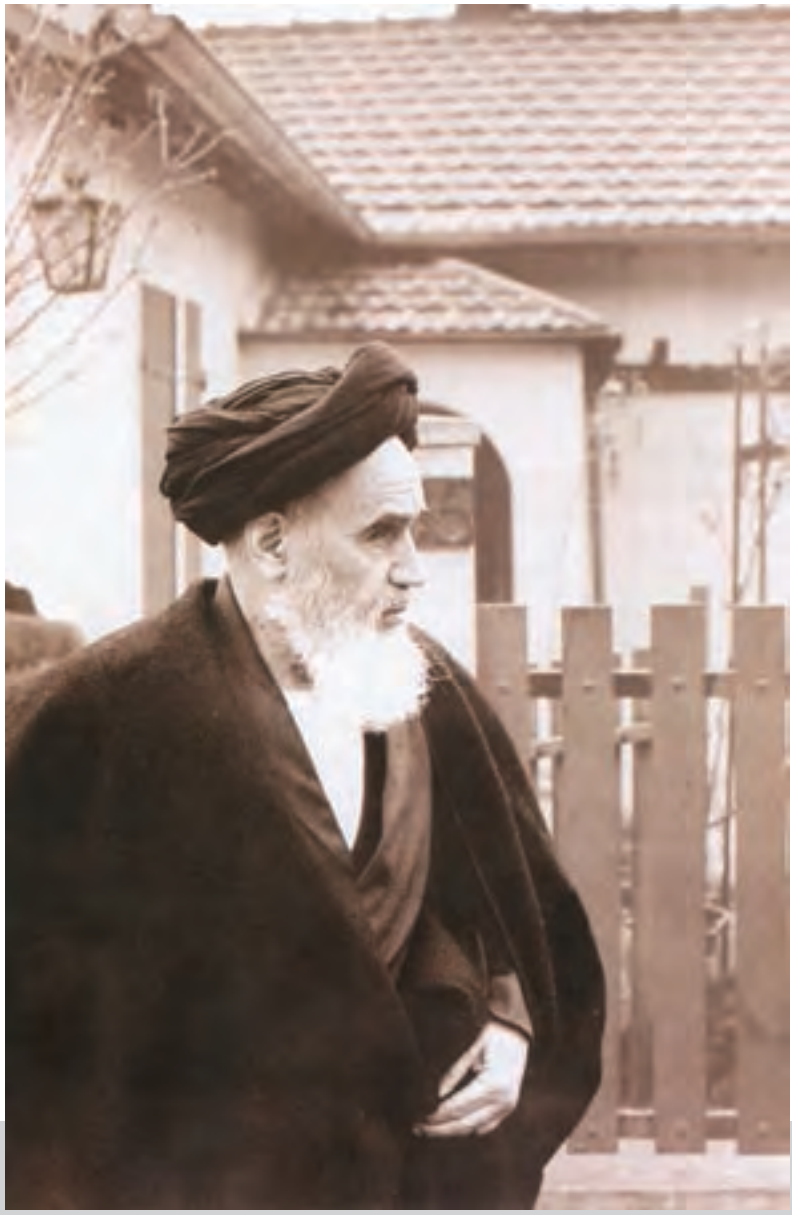
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **دانش‌پژوه**

سال انتشار : **۱۳۹۳**

حقّ چاپ محفوظ است.

ISBN 964-05-0999-X **شابک ۹۶۴-۰۵-۰۹۹۹-X**



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 «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست مطالب

مقدمه

بخش اوّل : الکتریسیته و برق

فصل اوّل : اصول الکتریسیته و کمیت‌های الکتریکی ۲

۱ـ۱ـ ساختمان ماده ۳

۱ـ۲ـ ساختمان اتم ۳

۱ـ۳ـ بار الکتریکی ۴

۱ـ۴ـ الکترون آزاد ۴

۱ـ۵ـ الکتریسیتهٔ ساکن و روش‌های تولید آن ۵

۱ـ۶ـ قانون کولن ۸

۱ـ۷ـ اختلاف سطح یا اختلاف پتانسیل الکتریکی ۹

۱ـ۸ـ جریان الکتریکی ۹

۱ـ۹ـ مقاومت الکتریکی ۱۰

۱ـ۱۰ـ ساده‌ترین مدار الکتریکی ۱۱

۱ـ۱۱ـ قانون اهم ۱۲

۱ـ۱۲ـ مولتی‌متر ۱۴

۱ـ۱۳ـ قدرت الکتریکی ۱۵

۱ـ۱۴ـ انرژی الکتریکی ۱۵

۱ـ۱۵ـ جریان مستقیم یا DC ۱۶

۱ـ۱۶ـ جریان متناوب یا AC ۱۶

فصل دوم : حفاظت و ایمنی در صنعت برق ۱۸
۲ـ۱ـ اثرات فیزیولوژیکی برق در بدن انسان ۱۸
۲ـ۲ـ ولتاژ تماس خطرناک ۲۰
۲ـ۳ـ عوارض ناشی از برق‌گرفتگی ۲۰
۲ـ۴ـ کمک‌های اولیه به افراد برق‌گرفته ۲۱
۲ـ۵ـ ساختمان و اصول کار فیوزها ۲۳
۲ـ۶ـ اتصال زمین (سیم ارت) ۲۵

فصل سوم : اتصالات و مدارهای الکتریکی و محاسبات آن‌ها ۲۸
۳ـ۱ـ شناسایی انواع سیم‌ها ۲۸
۳ـ۲ـ اتصال سیم‌ها به یکدیگر ۲۹
۳ـ۳ـ لحیم کاری ۳۰
۳ـ۴ـ مواد کمکی لحیم‌کاری ۳۰
۳ـ۵ـ لحیم ۳۱
۳ـ۶ـ وسایل لحیم‌کاری ۳۲
۳ـ۷ـ طریقهٔ لحیم‌کاری ۳۴
۳ـ۸ـ علامت اختصاری چیست؟ ۳۶
۳ـ۹ـ مدار الکتریکی و اجزای آن ۳۶
۳ـ۱۰ـ اتصال مقاومت‌ها ۳۷
۳ـ۱۱ـ توان مصرفی در مدار سری ۴۲
۳ـ۱۲ـ توان در مدار موازی ۴۳
۳ـ۱۳ـ شناسایی اجزای مدار ۴۴

فصل چهارم : اصول کار ماشین‌های الکتریکی ۵۴
۴ـ۱ـ تعریف آهن‌ربا ۵۴
۴ـ۲ـ مادهٔ مغناطیسی ۵۵
۴ـ۳ـ انواع آهن‌ربا ۵۵
۴ـ۴ـ طرز تشخیص قطب‌های آهن‌ربا ۵۶
۴ـ۵ـ ترانسفورماتور ۵۶
۴ـ۶ـ ژنراتورها ۵۸

۴ـ۷ـ اساس کار ژنراتورهای AC ۵۸
۴ـ۸ـ روتور و استاتور ۵۹
۴ـ۹ـ موتورهای الکتریکی ۶۰
۴ـ۱۰ـ ساختمان و اصول کار موتورهای DC ۶۰
۴ـ۱۱ـ طرز کار موتور DC ۶۳
۴ـ۱۲ـ موتورهای AC ۶۳
۴ـ۱۳ـ اتصال ستاره یا Y ۶۴
۴ـ۱۴ـ اتصال مثلث یا Δ ۶۵
۴ـ۱۵ـ طرز کار موتور AC ۶۵

فصل پنجم : انواع کلیدها و تجهیزات تابلو ۶۷
۵ـ۱ـ انواع کلید ۶۷
۵ـ۲ـ رلهٔ حرارتی ۷۰
۵ـ۳ـ مدار فرمان و قدرت ۷۰
۵ـ۴ـ انواع کابل‌ها ومشخصات آن‌ها ۷۱
۵ـ۵ـ میکروسوئیچ‌ها (Micro Swiches) ۷۲
۵ـ۶ـ تابلوی برق و تجهیزات آن ۷۳

بخش دوم : تأسیسات

فصل ششم : آب ۷۷
۶ـ۱ـ آب ۷۷
۶ـ۲ـ ناخالصی‌های آب ۷۸
۶ـ۳ـ تصفیهٔ آب ۷۸
۶ـ۴ـ مصارف آب ۸۲
۶ـ۵ـ تصفیهٔ آب جهت مصارف صنعتی ۸۲
۶ـ۶ـ اهمّیت تصفیهٔ آب در صنعت نساجی ۸۴
۶ـ۷ـ موارد اختلاف آب آشامیدنی و صنعتی ۸۵
۶ـ۸ـ انواع سختی آب ۸۷
۶ـ۹ـ دستگاه‌های تصفیهٔ آب ۸۸

فصل هفتم : هوا و مشخّصات آن ۹۵
۷ـ۱ـ هوا و اجزای تشکیل دهندهٔ آن ۹۵
۷ـ۲ـ تأثیر رطوبت بر الیاف ۹۶
۷ـ۳ـ تأثیر رطوبت بر الیاف نساجی ۹۷
۷ـ۴ـ رطوبت‌زنی ۹۸
۷ـ۵ـ دستگاه‌های رطوبت‌زن ۹۸
۷ـ۶ـ اهمیت کنترل رطوبت و حرارت در مراحل ریسندگی و بافندگی ۱۰۱

فصل هشتم : روش‌های تولید گرما و انتقال آن ۱۰۶
۸ـ۱ـ ماهیت گرما ۱۰۶
۸ـ۲ـ بررسی تغییر حالت اجسام در اثر انرژی گرمایی ۱۰۷
۸ـ۳ـ روش‌های تولید گرما ۱۱۱
۸ـ۴ـ انتقال حرارت ۱۱۱

فصل نهم : دیگ بخار ۱۱۵
۹ـ۱ـ آب بهترین عامل انتقال گرما ۱۱۵
۹ـ۲ـ حالات آب در فشار و دماهای مختلف ۱۱۵
۹ـ۳ـ حالات مختلف بخار آب ۱۱۶
۹ـ۴ـ استفاده از بخار آب در انتقال گرما ۱۱۷
۹ـ۵ـ خواص بخار آب ۱۱۸
۹ـ۶ـ استفاده از بخار آب در صنایع نساجی ۱۱۸
۹ـ۷ـ دستگاه مواد بخار (دیگ بخار) و طرز کار آن ۱۲۰
۹ـ۸ـ سیستم‌های کنترل‌کننده و فرمان‌دهنده ۱۲۴
۹ـ۹ـ مسایل ایمنی در دیگ‌های بخار ۱۲۷

فصل دهم : تصفیهٔ پساب ۱۳۱
۱۰ـ۱ـ آزمایش پساب ۱۳۲
۱۰ـ۲ـ روش‌های تصفیهٔ پساب ۱۳۳

منابع و مآخذ ۱۳۷

مقدمه

در دنیای صنعتی امروز، صنایع نساجی، پیشرفت قابل‌توجهی کرده است. اختراعات جدید در خصوص ماشینی کردن صنایع، سرعت بیش‌تری به‌کار 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 درجهٔ حرارت و میزان رطوبت، تغییر می‌کند. گاهی الیاف در ضمن عملیات ریسندگی، به علّت ناهماهنگی در عوامل مذکور، حاوی بار الکتریسیتهٔ ساکن می‌شود درنتیجه در تولید اخلال به‌وجود می‌آید. یکی دیگر از مشکلات عمدهٔ 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 تصفیهٔ آب است که بدون وجود آن، کارخانه‌های نساجی قادر به ادامهٔ 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 اوّل، دوم و سوم کتاب به مباحث کاربردی در زمینهٔ برق اختصاص داده شده است.

گروه بازسازی

هدف کلی درس

پس از پایان این درس از فراگیر انتظار می‌رود که :

۱ـ اصول الکتریسیته و کمیت‌های الکتریکی را بداند و محاسبات مربوط به مدارات سادهٔ الکتریکی را انجام دهد.

۲ـ حفاظت و ایمنی در مقابل جریان‌های الکتریکی و مشخصات جریان‌های خطرناک را بداند.

۳ـ مشخصات انواع اتصالات و مدارهای الکتریکی را بداند و محاسبات آن‌ها را انجام دهد.

۴ـ اصول کار ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم و متناوب و طرز بستن آن‌ها به شبکه را بداند.

۵ ـ مشخصات انواع کلیدها و تجهیزات تابلوهای الکتریکی را بشناسد.

۶ـ مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب را بداند و چگونگی تصفیهٔ آب و انواع روش‌های تصفیه را بشناسد.

۷ـ مشخصات فیزیکی هوا، چگونگی تغییر شرایط هوا و اثرات هوا بر روی ماشین‌های ریسندگی را بداند.

۸ ـ قوانین انتقال گرما، اثرات گرما و روش‌های تولید گرما را بداند.

۹ـ چگونگی کار دیگ بخار، قسمت‌های مختلف دیگ بخار، سیستم‌های کنترل‌کننده و مسایل ایمنی آن را بداند.

۱۰ ـ خصوصیات پساب نساجی و روش‌های تصفیهٔ آن را بداند.

بخش اوّل

الکتریسیته و برق

فصل اوّل

اصول الکتریسیته و کمیت‌های الکتریکی

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

ـ ساختمان ماده را توضیح دهد.

ـ ساختمان اتم را توضیح دهد.

ـ بار الکتریکی را تعریف کند.

ـ نیروی جاذبه و دافعه‌ی بارهای الکتریکی را توضیح دهد.

ـ الکترون آزاد را تعریف کند.

ـ الکتریسیته‌ی ساکن را توضیح دهد.

ـ روش‌های تولید الکتریسیته‌ی ساکن را توضیح دهد.

ـ قانون کولن در جاذبه و دافعه‌ی بارهای الکتریکی را توضیح دهد.

ـ نیروی جاذبه و دافعه بین بارهای الکتریکی را حساب کند.

ـ نیروی محرکه‌ی الکتریکی و واحد آن را توضیح دهد.

ـ جریان الکتریکی و واحد آن را توضیح دهد.

ـ مقاومت الکتریکی و واحد آن را توضیح دهد.

ـ قانون اهم را توضیح دهد.

ـ مولتی‌متر و کار آن را توضیح دهد.

ـ توان الکتریکی را محاسبه کند.

ـ انرژی الکتریکی را محاسبه کند.

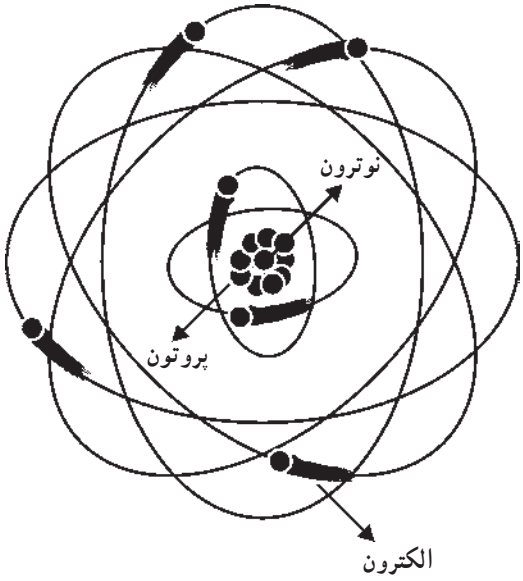
ـ جریان مستقیم و متناوب را توضیح دهد.

۱ــ۱ــ ساختمان ماده

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

۱ــ۲ــ ساختمان اتم

مواد پیرامون ما از ذره‌های بسیار ریزی به‌نام مولکول ساخته شده‌اند. مولکول کوچک‌ترین ذره‌ی هر ماده است که ماهیت آن ماده را در خود دارد. مولکول‌ها نیز به ذره‌های ریزتری به‌نام 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 درحال گردش هستند. شکل ۱ــ۱ ساختمان یک اتم را نشان می‌دهد.

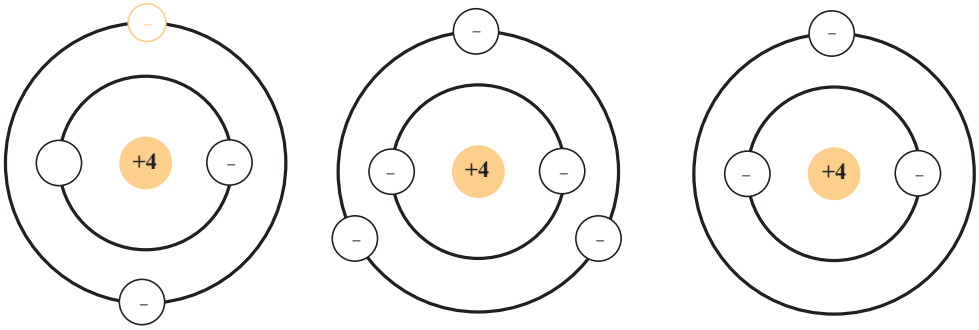


شکل ۱ــ۱

۱ــ۳ــ 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 ۱ــ۲ یک اتم خنثی، یک اتم دارای بار منفی و یک اتم دارای بار مثبت را نشان می‌دهد.



اتم خنثی　　اتم دارای بار منفی　　اتم دارای بار مثبت

شکل ۱ــ۲

۱ــ۳ــ۱ــ 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 $۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}$ الکترون است ؛ یعنی اگر $۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}$ 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.

۱ــ۳ــ۲ــ 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.

۱ــ۴ــ 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.

۱ــ۵ــ 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.

۱ــ۵ــ۱ــ 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 این‌صورت در میله‌ی پلاستیکی الکتریسیته‌ی منفی تولید شده است. شکل ۱ــ۳ این حالت را نشان می‌دهد.

شکل ۱ــ۳

۱ــ۵ــ۲ــ تولید الکتریسیته 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 الکتریسیته تولید می‌کند.

۱ــ۵ــ۳ــ تولید الکتریسیته با استفاده از حرارت: برخی از فلزات الکترون از دست می‌دهند و برخی دیگر آن را جذب می‌کنند، از این‌رو 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 به‌طور منفی باردار می‌شود. اگر به محل اتصال دو فلز حرارت دهیم، الکترون‌های بیش‌تری آزاد می‌شوند. به این روش ترموالکتریک و به اتصال دو فلز ترموکوپل گفته می‌شود. شکل ۱ــ۴ این حالت را نشان می‌دهد.

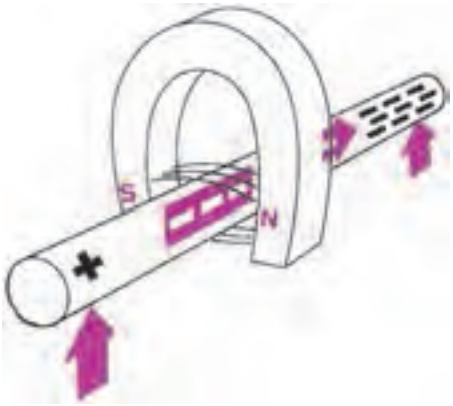
شکل ۱ــ۴ــ تولید الکتریسیته به روش حرارتی

۱ــ۵ــ۴ــ تولید الکتریسیته 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 به‌طور مستقیم به الکتریسیته تبدیل کنند. از این خاصیت در ساختمان پیل نوری استفاده می‌شود.

۱ــ۵ــ۵ــ تولید الکتریسیته با استفاده از خاصیت مغناطیسی: اگر یک هادی خوب مانند مس را درون یک میدان مغناطیسی حرکت دهیم، به‌طوری 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

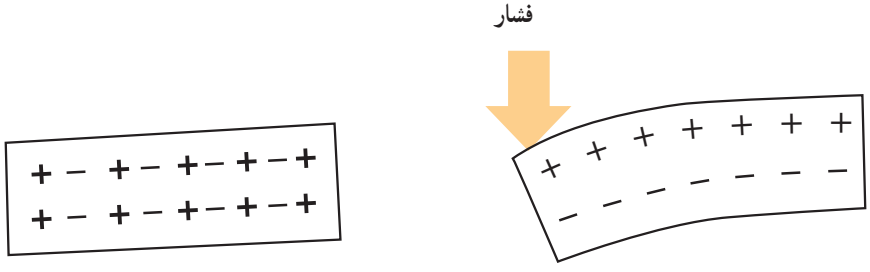
حرکت سیم بستگی دارد.

البته تنها حرکت هادی در داخل میدان باعث تولید الکتریسیته نمی‌شود ؛ بلکه اگر میدان مغناطیسی متغیر باشد نیز الکتریسیته تولید می‌گردد. این روش تولید الکتریسیته اساس کار ژنراتورهای الکتریکی است. شکل ۱ــ۵ این روش تولید الکتریسیته را نشان می‌دهد.



شکل ۱ــ۵ــ الکتریسیته‌ی مغناطیسی

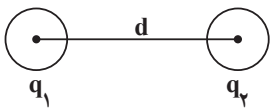
۱ــ۵ــ۶ــ تولید الکتریسیته با استفاده از فشار (پیزوالکتریک): اگر به بعضی اجسام مانند نمک روشل یا تیتانات باریم فشار وارد کنیم، نیروی فشار باعث به حرکت درآمدن الکترون‌ها و رفتن آن‌ها به یک طرف جسم می‌شوند. در این صورت، یک طرف جسم بار الکتریکی منفی و طرف دیگر بار الکتریکی مثبت پیدا می‌کند. اگر نیروی فشار قطع شود الکترون‌ها به مدارهای خود برمی‌گردند. به نیروی فشار برای تولید بارهای الکتریکی اثر پیزوالکتریک گویند. شکل ۱ــ۶ این حالت را نشان می‌دهد.



شکل ۱ــ۶

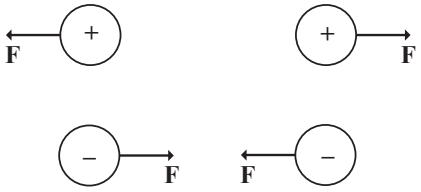
۱ــ۶ــ قانون کولن

در قرن هجدهم یک دانشمند فرانسوی به‌نام 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 درنظر 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 $q_۱$ و $q_۲$ 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 حاصل‌ضرب 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 $\frac{۱}{۴}$ مقدار اوّلیه‌اش می‌رسد و اگر فاصله‌ی بین دو بار الکتریکی سه برابر شود، نیرو به $\frac{۱}{۹}$ مقدار اوّلیه می‌رسد. این قانون به‌صورت رابطه‌ی $F = \frac{Kq_۱q_۲}{d^۲}$ 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 $K = ۹\times۱۰^۹ \frac{Nm^۲}{C^۲}$ 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 درنظر گرفته می‌شود. رابطه‌ی $F = \frac{Kq_۱q_۲}{d^۲}$ 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 چه‌قدر است؟

حل:

$$q_1 = q_2 = 1C$$

$$d = 1m$$

$$F = K\frac{q_1 q_2}{d^2} = 9\times10^9 \times \frac{1\times1}{(1)^2} = 9\times10^9 \text{ نیوتن}$$

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؟

حل: $1\mu c = \frac{1}{1000/000} = 1$ یک میکروکولن $= 10^{-6}c$ کولن

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

$$F = K\frac{q_1 q_2}{d^2} = 9\times10^9 \times \frac{10^{-6}\times10^{-6}}{(10)^2} = 9\times10^{-5} \text{ نیوتن}$$

۱ــ۷ــ 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 به‌ترتیب میلی‌ولت، میکروولت و کیلوولت است.

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

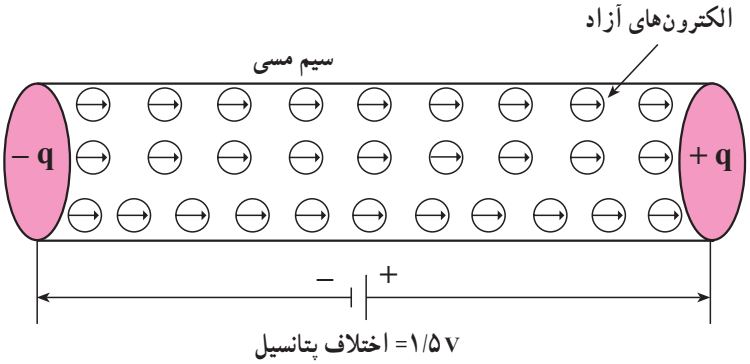
$1\mu V = \frac{1}{1000/000} = 10^{-6}$ ولت $=$ یک میکروولت

$1kV = 1000 = 10^3$ ولت $=$ یک کیلوولت

۱ــ۸ــ جریان الکتریکی

هرگاه دو نقطه‌ی دارای اختلاف سطح الکتریکی (مانند قطب مثبت و منفی یک باتری) را به‌وسیله‌ی یک سیم هادی به هم وصل کنیم، الکترون‌های اضافی موجود در قطب منفی به‌طرف قطب

مثبت حرکت می‌کنند و در طول سیم هادی جابه‌جا می‌شوند. جابه‌جایی الکترون‌ها در طول سیم هادی سبب برقراری جریان الکتریکی می‌شود. شکل ۱ــ۷ حرکت الکترون‌های آزاد درون سیم را نشان می‌دهد.



شکل ۱ــ۷ــ حرکت الکترون‌های آزاد

۱ــ۸ــ۱ــ واحد شدت جریان الکتریکی: واحد شدت جریان الکتریکی آمپر نام دارد. اگر در هر ثانیه از یک نقطه‌ی سیم $۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}$ الکترون (۱ کولن الکتریسیته) عبور کند، شدت جریان یک آمپر است. شدت جریان الکتریکی را با I و واحد آن را با A نشان می‌دهند. واحدهای کوچک‌تر آمپر، میلی‌آمپر و میکروآمپر نام دارد.

$$\text{یک میلی‌آمپر} = ۱\text{mA} = \frac{۱}{۱۰۰۰}\text{A} = ۱۰^{-۳}\text{A}$$

$$\text{یک میکروآمپر} = ۱\mu\text{A} = \frac{۱}{۱۰۰۰/۰۰۰}\text{A} = ۱۰^{-۶}\text{A}$$

جهت شدت جریان الکتریکی، طبق قرارداد، از قطب مثبت به طرف قطب منفی (خلاف حرکت الکترون‌ها) درنظر گرفته می‌شود.

۱ــ۹ــ مقاومت الکتریکی

هر عاملی که بتواند جریان الکتریکی را کُند یا متوقف کند، مقاومت الکتریکی نام دارد. هرچه مقدار مقاومت بیش‌تر باشد، شدت جریان الکتریکی کم‌تر است.

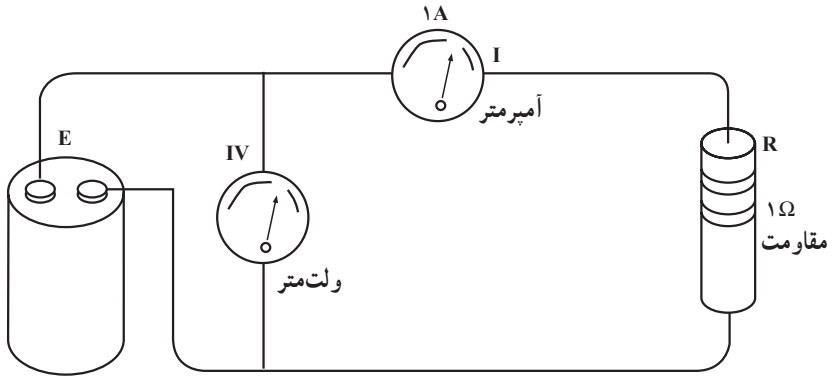
۱ــ۹ــ۱ــ واحد مقاومت الکتریکی: واحد مقاومت الکتریکی اهم نام دارد. یک اهم مقاومت الکتریکی یک سیم هادی است. اگر ولتاژی معادل یک ولت به دو سر آن وصل کنیم، جریانی به شدت یک آمپر از آن عبور می‌کند. اهم را با علامت (Ω) اُمِگا نشان می‌دهند. واحدهای بزرگ‌تر اهم، کیلواهم ($k\Omega$) و مگااهم ($M\Omega$) است.

۱kΩ = یک کیلو اهم ۱۰۰۰Ω $10^{3}\Omega$

۱MΩ = یک مگا اهم ۱۰۰۰/۰۰۰Ω $10^{6}\Omega$

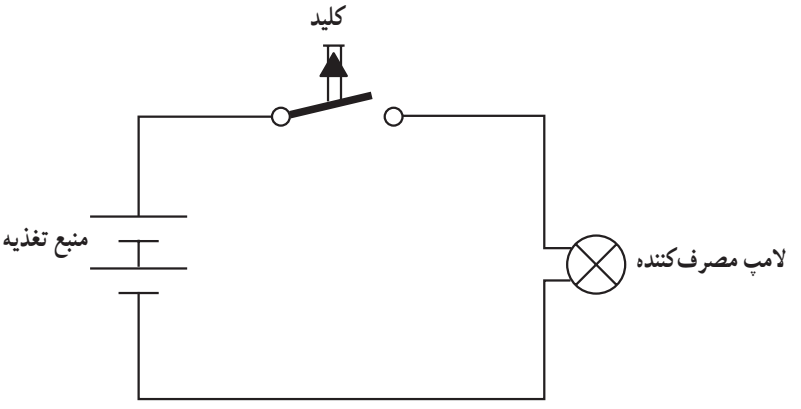
۱ــ۱۰ــ ساده‌ترین مدار الکتریکی

در شکل ۱ــ۸ ساده‌ترین نوع مدار الکتریکی رسم شده است. هر مدار الکتریکی حداقل دارای یک منبع ولتاژ، مصرف‌کننده و کلید قطع و وصل و سیم‌های رابط جهت هدایت جریان الکتریکی می‌باشد.



شکل ۱ــ۸

یکی از مدارهای ساده‌ی الکتریکی، چراغ‌قوه است. در چراغ‌قوه پیل‌ها به منزله‌ی مولد اختلاف پتانسیل، لامپ به منزله‌ی مصرف‌کننده و کلید خاموش و روشن به منزله‌ی کلید قطع و وصل عمل می‌کند. از بدنه‌ی چراغ‌قوه به منزله‌ی سیم رابط استفاده شده است. در شکل ۱ــ۹ مدار ساده الکتریکی یک چراغ‌قوه رسم شده است.



شکل ۱ــ۹

۱ــ۱۱ــ قانون اهم

ژرژ سیمون اهم کشف کرد که در یک مدار الکتریکی بین ولتاژ و جریان و مقاومت رابطه‌ای وجود دارد ؛ به‌طوری 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 که در یک مدار الکتریکی نسبت اختلاف سطح الکتریکی به شدت جریان الکتریکی برابر با مقاومت مدار است.

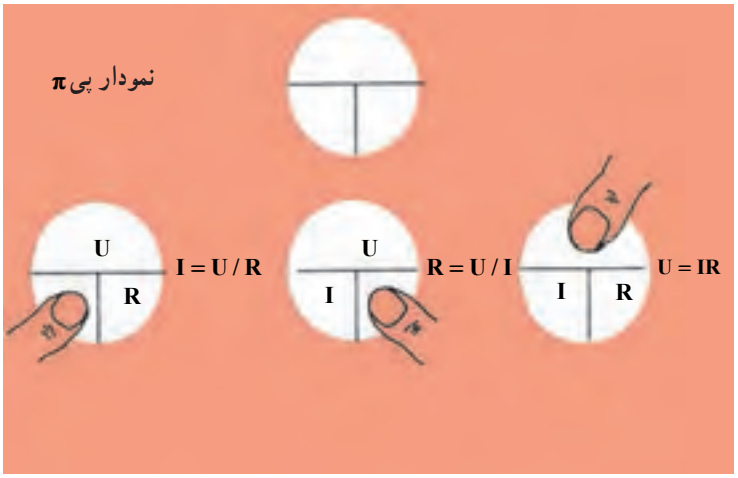
$$\text{مقاومت الکتریکی} = \frac{\text{اختلاف سطح الکتریکی}}{\text{شدت جریان الکتریکی}}$$

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

قانون اهم را می‌توان به شکل‌های مختلف نوشت :

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

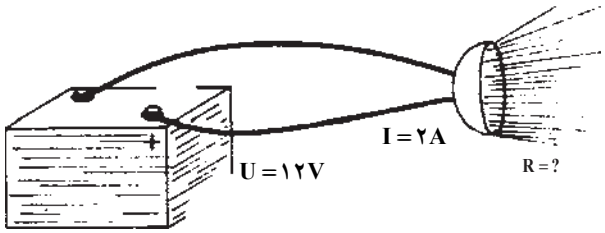
برای به‌دست آوردن هر کمیت مجهول در قانون اهم می‌توان از شکل ۱ــ۱۰ استفاده کرد.



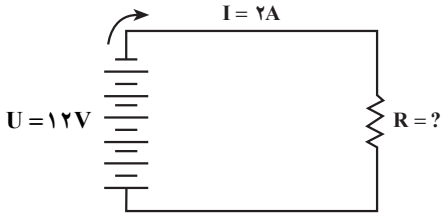
شکل ۱ــ۱۰

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

حل:



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

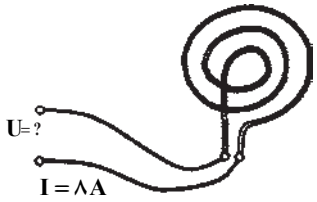


$R = \frac{۱۲}{۲}$

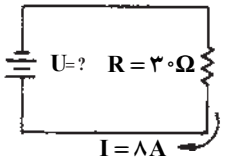
$R = ۶$ اهم

مثال ــ تعیین ولتاژ: یک اِلمان (رشته‌ی گرم‌شونده) اجاق برقی دارای مقاومت ۳۰ اهم است. اگر جریان مصرفی توسط اجاق برقی ۸ آمپر باشد، چه اختلاف سطحی لازم است تا اجاق را راه‌اندازی کند؟

حل:



$U = I \times R$



$U = ۸ \times ۳۰$

$U = ۲۴۰V$

مثال ــ تعیین جریان: یک مجموعه پیل نوری را که ولتاژ خروجی آن ۳ ولت است به یک مقاومت ۳۰۰۰ اهمی اتصال می‌دهیم، جریان مدار را به‌دست آورید.

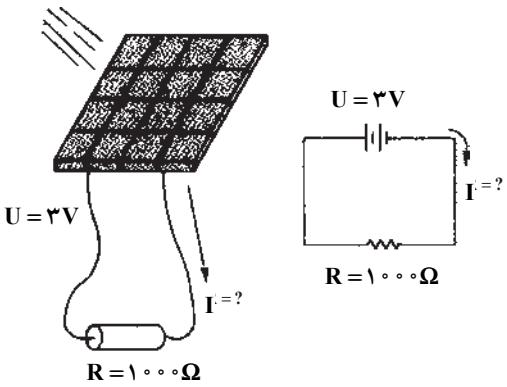
حل:

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

$$I = \frac{۳}{۱۰۰۰}$$

$$I = ۰/۰۰۳A$$

$$I = ۳mA$$



۱ــ۱۲ــ مولتی‌متر

مولتی‌متر دستگاهی است که به‌وسیله‌ی آن می‌توان چند کمیت الکتریکی را اندازه‌گیری نمود. معمولاً اغلب مولتی‌مترها قادر به اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و مقاومت الکتریکی هستند. مولتی‌متر را آوومتر (AVO meter) نیز می‌نامند. A مخفف آمپر، V به معنی ولت و O به منزله‌ی اهم است. در شکل ۱ــ۱۱ شمای ظاهری یک مولتی‌متر عقربه‌ای و دیجیتالی نشان داده شده است.

شکل ۱ــ۱۱

۱ــ۱۳ــ قدرت الکتریکی

حاصل‌ضرب 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 میکروووات و واحدهای بزرگ‌تر آن کیلووات و مگاوات است.

$۱mW = ۱۰^{-۳}W$ = یک میلی‌وات

$۱\mu W = ۱۰^{-۶}W$ = یک میکروووات

$۱kW = ۱۰^{+۳}W$ = یک کیلووات

$۱MW = ۱۰^{+۶}W$ = یک مگاوات

واحد دیگر توان، اسب بخار است. یک اسب بخار برابر ۷۳۶ وات می‌باشد. توان را می‌توان از رابطه‌های $P = \frac{U^۲}{R}$ یا $P = RI^۲$ هم به‌دست آورد.

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

حل:

$P = ۱۰۰W$ $\qquad$ $U = ۲۲۰V$

$P = UI$ $\qquad$ $\Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{۱۰۰}{۲۲۰} = ۰/۴۵A$

۱ــ۱۴ــ انرژی الکتریکی

حاصل‌ضرب توان الکتریکی در مدت زمان را انرژی الکتریکی می‌نامند. واحد تجاری انرژی الکتریکی کیلووات ساعت است. انرژی الکتریکی را با W نشان می‌دهند :

$W = P \times t$

کیلووات ساعت = کیلووات × ساعت = kWh

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:

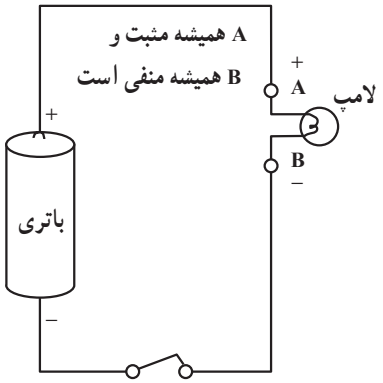
$P = ۱۰۰۰W = ۱kW$

$W = P \times t$ $\qquad$ $t = ۳۰ \times ۲۴ = ۷۲۰$

$W = ۱ \times ۷۲۰ = ۷۲۰kWh$

۱ــ۱۵ــ جریان مستقیم یا DC[1]

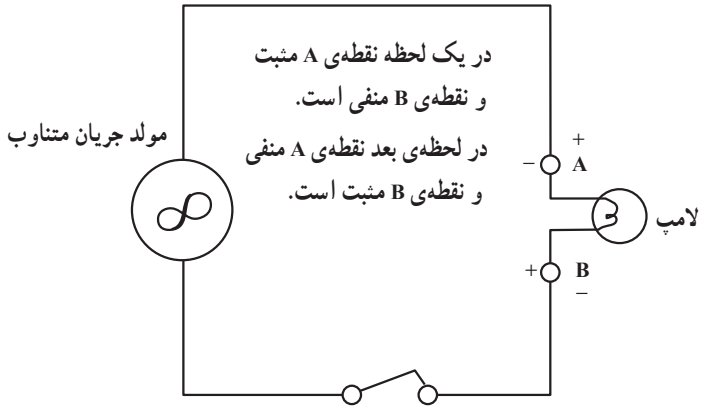
هرگاه دو قطب ولتاژ نسبت به زمان ثابت بماند، جریان فقط در یک جهت جاری می‌شود و مقدار و جهت آن در طول زمان تغییر نمی‌کند. به این جریان، جریان DC یا مستقیم گویند. باتری‌ها مولد جریان DC هستند. شکل ۱ــ۱۲ مدار یک جریان مستقیم را نشان می‌دهد.



شکل ۱ــ۱۲

۱ــ۱۶ــ جریان متناوب یا AC[2]

هرگاه جهت قطب‌های یک مولد به‌طور متناوب تغییر کند، جهت جریان نیز به‌طور متناوب تغییر می‌کند. این نوع جریان را جریان متناوب گویند و آن را به‌صورت AC نشان می‌دهند. از انواع جریان AC می‌توان برق شهر و مولدهای کوچک برق اضطراری را نام برد. شکل ۱ــ۱۳ مدار یک جریان AC را نشان می‌دهد.



شکل ۱ــ۱۳

۱ــ DC = Direct Current ۲ــ AC = Alternating Current

پرسش

۱ــ ماده و اتم را تعریف کنید.

۲ــ روش‌های مختلف تولید الکتریسیته را نام ببرید.

۳ــ کمیت‌های ولتاژ، جریان و مقاومت را شرح دهید و واحد آن‌ها را بیان کنید.

۴ــ قانون اهم را شرح دهید و حالت‌های آن را به‌صورت فرمول بنویسید.

۵ــ مولتی‌متر چه کمیت‌هایی را می‌تواند اندازه بگیرد؟

۶ــ جریان مستقیم و متناوب را شرح دهید.

۷ــ هرگاه دو بار نقطه‌ای $q_1 = \pm ۱۰\mu c$ و $q_2 = -۵\mu c$ در فاصله‌ی دو متری از یکدیگر قرار گرفته باشند، الف) نیروی جاذبه بین دو بار چه‌قدر است؟ ب) جهت نیرو را مشخص کنید.

۸ــ ۱۰۰ میکروولت چند میلی‌ولت و چند ولت است؟

۹ــ جریان‌های زیر را به‌ترتیب از چپ به راست و از کم‌ترین مقدار به بیش‌ترین مقدار مرتّب کنید.

$۲۰۰mA - ۱۰۰\mu A$ و $۰/۰۵A - ۰/۳mA - ۴۵۰\mu A$

۱۰ــ به دو سر یک مقاومت ۶۰ اهمی ولتاژی برابر ۳۰ ولت وصل شده است. جریان عبوری از مقاومت چه‌قدر است؟

۱۱ــ یک لامپ دارای مقاومت ۱۵۰ اهم است. اگر از این لامپ جریان ۰/۵ آمپر عبور کند، افت ولتاژ دو سر لامپ چه‌قدر است؟

۱۲ــ اگر ولتاژ ۱۰۰ ولت را به دو سر یک مقاومت وصل کنیم و از مقاومت ۲A جریان بگذرد، مقدار مقاومت چه‌قدر است؟

فصل دوم

حفاظت و ایمنی در صنعت برق

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

ـ اثرات فیزیولوژیک برق بر بدن را شرح دهد.

ـ حدود ولتاژ برق خطرناک را بیان کند.

ـ عوارض برق‌گرفتگی را شرح دهد.

ـ کمک‌های اوّلیه در برق‌گرفتگی را توضیح دهد.

ـ اصول کار فیوز را توضیح دهد.

ـ اتصال زمین دستگاه‌های الکتریکی را شرح دهد.

۲ـ۱ـ 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 ۲ـ۱ اثر جریان برق روی انسان در فرکانس ۵۰ هرتز نشان داده شده است.

جدول ۲ــ۱ــ تأثیر جریان بر بدن انسان

جریان دائم (مستقیم)	جریان متناوب ۵۰ تا ۶۰ هرتز	شدت جریان به میلی‌آمپر
۱ــ در این محدوده جریانی احساس عارض نمی‌شود.	احساس عبور جریان لرزش کم انگشتان دست	۰/۶ تا ۱/۵
۲ــ در این محدوده جریانی احساس عارض نمی‌شود.	لرزش شدید انگشتان دست	۲ تا ۳
۳ــ درد با خارش، احساس گرما	تشنج دست‌ها	۵ تا ۷
۴ــ احساس شدید گرما	دست‌ها به سختی تکان می‌خورد، ولی می‌توان آن‌ها را از الکترودها جدا نمود ــ درد شدید در انگشتان و مفاصل دست‌ها ــ بی‌حسی دست‌ها	۸ تا ۱۰
۵ــ احساس شدید گرما	تشنج عضلات تا شانه‌ها ادامه یافته، درد شدیدی احساس می‌شود. تماس با الکترودها را تا ۳۵ ثانیه می‌توان تحمل کرد.	۱۱ تا ۱۲
۶ــ احساس شدید گرما	رها کردن الکترودها با اشکال امکان دارد و تماس با الکترودها را تا ۱۵ ثانیه می‌توان تحمل کرد.	۱۳ تا ۱۴
۷ــ احساس شدید گرما	رها کردن الکترودها غیرممکن بوده و تعرق دست‌ها به‌وجود می‌آید.	۱۵
۸ــ احساس شدید گرما، انقباض کم عضلات، دست	دست‌ها ناگهان فلج می‌شود. الکترودها را می‌توان رها کرد، درد شدید عارض می‌شود و تنگی نفس به‌وجود می‌آید.	۲۰ تا ۲۵
۹ــ احساس ازدیاد شدت گرما، انقباض عضلات، تشنج و سختی تنفس	بند آمدن نفس ــ لرزش در بطن‌های قلب	۵۰ تا ۸۰
۱۰ــ بند آمدن نفس	قطع تنفس که اگر بیش از سه ثانیه طول بکشد، قلب فلج شده حرکات بطن‌های قلب قطع می‌شود.	۹۰ تا ۱۰۰

۲ــ۲ــ ولتاژ تماس خطرناک

در فرکانس ۵۰ تا ۶۰ هرتز جریانی که وارد بدن می‌شود تقریباً به‌طور یکسان در بدن تقسیم می‌گردد. حد ولتاژ خطرناک برای این‌که جریان از ۵۰ میلی‌آمپر بیش‌تر باشد ۶۵ ولت است. این ولتاژ برای حداقل مقاومت بدن (۱۳۰۰Ω) محاسبه شده است :

$$U = RI = (۱۳۰۰\Omega)(۰/۰۵A) = ۶۵V$$

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

۲ــ۳ــ عوارض ناشی از برق‌گرفتگی

برق‌گرفتگی ممکن است به یکی از صورت‌های زیر اتفاق بیفتد.

۲ــ۳ــ۱ــ شوک الکتریکی سطحی: در این حالت بدن شخص در مقابل جریان الکتریکی واکنش نشان می‌دهد و به‌طور 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.

۲ــ۳ــ۲ــ 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.

۲ــ۳ــ۳ــ 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 ۲ــ۲ مسیر عبور جریان الکتریکی و درصد جریانی که از قلب می‌گذرد نشان داده شده است.

جدول ۲ــ۲

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

۲ــ۴ــ 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 الکتریسیته 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 اوّل 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 :

ــ تمام البسه‌ی مصدوم را که موجب تنگی‌نفس می‌شود، باز یا پاره کرده یا از تن او بیرون آورید.

ــ 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.

ــ 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.

۲ــ۴ــ۱ــ روش‌های مختلف تنفس مصنوعی

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

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

ب) روش سیلوستر (کمک دو نفره): اگر تعداد کمک‌دهندگان بیش از یک نفر باشد، در این روش مصدوم را به پشت بخوابانید و زیر شانه‌ی او لباس یا پتو قرار دهید، به‌طوری 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 ببندید 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 اوّل 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 ۲ــ۱ روش سیلوستر در تنفس مصنوعی را نشان می‌دهد.

شکل ۲ــ۱

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 این‌که هوای وارد شده از ریه‌ی مصدوم خارج شود، بینی را رها کنید و به آرامی به قفسه‌ی سینه‌اش فشار آورید. این عمل آن‌قدر 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 این‌که مصدوم می‌تواند تنفس کند برای ۱۵ تا ۲۰ ثانیه تنفس مصنوعی را قطع کنید. درصورتی که مصدوم بتواند تنفس کند، ولی تعداد تنفس‌های او کم‌تر از حد طبیعی باشد باید به‌کار 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 ۲ــ۲ روش دهان به دهان را نشان می‌دهد.

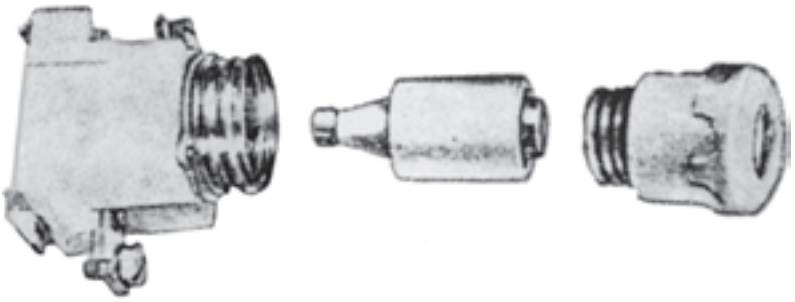
شکل ۲ــ۲ــ روش دهان به دهان

۲ــ۵ــ 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.

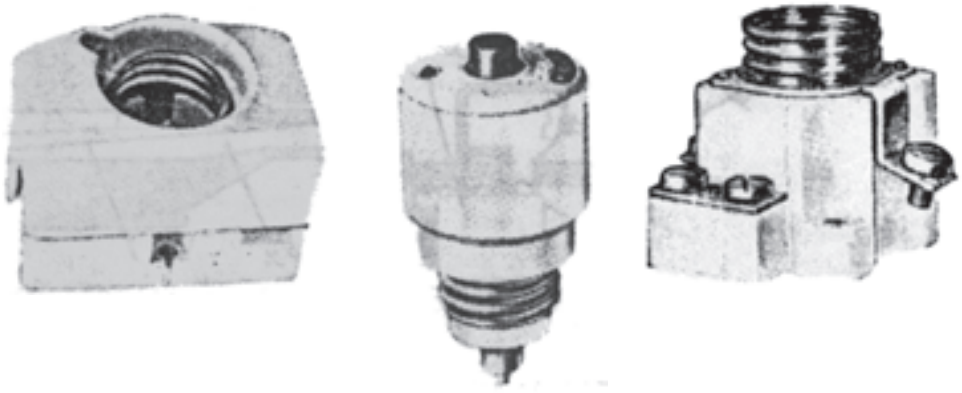
۲ــ۵ــ۱ــ فیوز ذوب‌شونده: فیوز ذوب‌شونده یا فشنگی از سه قسمت اصلی کلاهک، فشنگ و پایه تشکیل می‌شود. شکل ۲ــ۳ این سه قسمت را نشان می‌دهد.



کلاهک　　فشنگ　　پایه

شکل ۲ــ۳

۲ــ۵ــ۲ــ 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 ۲ــ۴ این فیوز را نشان می‌دهد.



پایه‌ی فیوز بدون درپوش　　فیوز آلفا (اتوماتیک)　　پایه‌ی کامل فیوز

شکل ۲ــ۴

۲ــ۵ــ۳ــ کلید فیوز مینیاتوری: ساختمان و کاربرد این نوع فیوزها شبیه فیوز اتوماتیک است. شکل ۲ــ۵ این نوع فیوز را نشان می‌دهد.

شکل ۲ــ۵

۲ــ۶ــ اتصال زمین (سیم ارت)

یکی از موارد بسیار مهمی که در تأمین سیستم‌های حفاظتی اشخاص و دستگاه‌های الکتریکی به‌کار 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. به‌طورکلی اتصال زمین حفاظتی عبارت است از اتصال دادن قسمت‌های فلزی دستگاه‌های الکتریکی به زمین که در کار اصلی دستگاه‌ها دخالت ندارند و از ولتاژ ۱۱۰ ولت به بالا استفاده از آن جزء موارد اجباری نیز محسوب می‌شود. به همین جهت سیم‌کشی وسایل یک فاز سه سیمه و انشعاب‌های سه‌فاز چهارسیمه هستند. باید توجه داشت که سیم صفر یا نول در دستگاه‌های سه‌فازه غیر از سیم اتصال زمین است.

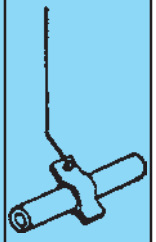
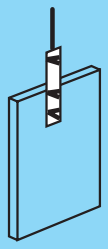
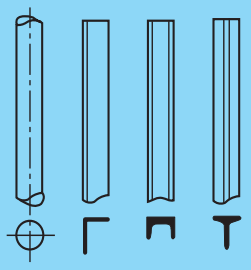
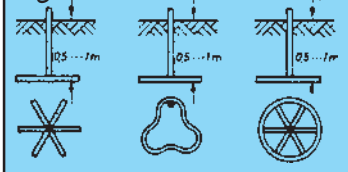
۲ــ۶ــ۱ــ روش‌های ایجاد یک سیستم اتصال زمین

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

ب) استفاده از نوارهای تابیده 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 قلع‌اندود شده به شکل‌های شبکه‌ای، حلقه‌ای یا شعاعی (شکل ۲ــ۶).

۲ــ۶ــ۲ــ 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 به‌وسیله‌ی سیم اتصال بدنه به کلیه‌ی مصرف‌کننده‌ها متصل گردد. شکل ۲ــ۶ انواع این عوامل اتصال زمین را نشان می‌دهد.

شبکه‌ی لوله‌کشی آب	عامل زمین صفحه‌ای	عامل زمین لوله‌ای	عامل زمین نواری
 در مورد جریان مستقیم مجاز نیست اجرای اتصال بر طبق VDEO190	 ورق فولاد به ضخامت ۳ ورق مسی به ضخامت ۲		عامل زمین شبکه‌ای عامل زمین حلقه‌ای عامل زمین شعاعی  نوار تسمه‌ی فولادی با مقطع ۱۰۰ میلی‌مترمربع و ≤ ۳ میلی‌متر ضخامت. سیم تابیده‌ی اتصال به زمین (که از رشته‌های خیلی نازک نیست) ۹۵ میلی‌متر مربع، از فولاد و قشر مس ۵۰ میلی‌مترمربع. درصورتی که نوار مسی به‌کار رود مقطع آن ۵۰ میلی‌مترمربع و ضخامت ≤ ۲ میلی‌متر و سیم اتصال به زمین از مس ۳۵ میلی‌مترمربع (که رشته‌های آن خیلی نازک می‌باشد).

شکل ۲ــ۶ــ انواع عوامل اتصال زمین

پرسش

۱ــ جریان و ولتاژ مجاز در مقابل خطر برق‌گرفتگی چه‌قدر است؟

۲ــ حدود مقاومت بدن انسان چه‌قدر است؟

۳ــ خطرناک‌ترین مسیر عبور جریان برق از بدن کدام مسیر است؟

۴ــ روش‌های مختلف تنفس مصنوعی برای یک شخص برق گرفته را شرح دهید.

۵ــ فیوزها در مدارهای الکتریکی چه نقشی دارند؟

۶ــ اتصال زمین چه نقشی در سیستم حفاظتی دستگاه‌های الکتریکی دارد؟

۷ــ سیستم اتصال زمین را شرح دهید.

۸ــ حداکثر مقاومت اتصال زمین چند اهم است؟

فصل سوم

اتصالات و مدارهای الکتریکی و محاسبات آن‌ها

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
ـ انواع سیم‌ها و اتصال آن‌ها را توضیح دهد.
ـ لحیم‌کاری و انواع هویه‌ها را توضیح دهد.
ـ مدار الکتریکی و اجزای آن را توضیح دهد.
ـ اتصال مقاومت‌ها را توضیح دهد.
ـ مقاومت معادل مدارهای سری را محاسبه کند.
ـ توان و انرژی الکتریکی در یک مدار سری را محاسبه کند.
ـ مقاومت معادل مدارهای موازی را محاسبه کند.
ـ توان و انرژی الکتریکی در یک مدار موازی را محاسبه کند.
ـ طرز کار انواع کلیدها، پریز، جعبه تقسیم، لامپ و سرپیچ را بداند.
ـ اصول کار لامپ فلوئورسنت را توضیح دهد.
ـ اصول کار زنگ اخبار را توضیح دهد.

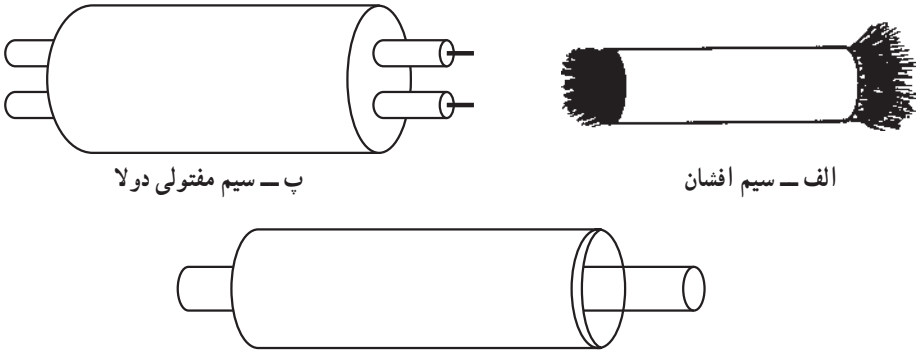
۳ـ۱ـ شناسایی انواع سیم‌ها

در صنعت برق سیم‌های گوناگونی وجود دارد که هرکدام 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 آن‌را می‌توان نام برد. در شکل ۳ـ۱ـ 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

مناسب‌اند (شکل ۳ــ۱ــ ب).



الف ــ سیم افشان

پ ــ سیم مفتولی دولا

ب ــ سیم مفتولی

شکل ۳ــ۱ــ انواع سیم‌ها

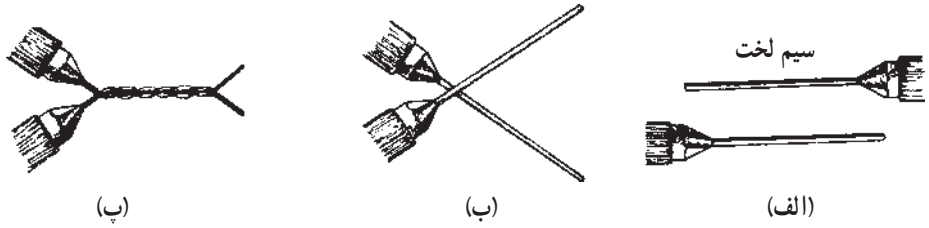
سیم‌های افشان و مفتولی به‌صورت یک‌لا و چندلا ساخته می‌شوند. در نوع چندلا معمولاً دو یا چند رشته سیم که خود عایق جداگانه‌ای دارند، در کنار هم در یک روپوش قرار داده می‌شوند. در شکل ۳ــ۱ــ پ سیم مفتولی دولایه نشان داده شده است.

جهت تفکیک انواع سیم‌ها از یکدیگر معمولاً سیم‌ها را با حروف و شماره‌های رمز مشخص می‌کنند و کد رمز مربوط به هر سیم را روی عایق آن می‌نویسند.

۳ــ۲ــ اتصال سیم‌ها به یکدیگر

در اکثر سیم‌کشی‌ها مواردی پیش می‌آید که باید دو سیم را به هم وصل کنیم. اتصال سیم‌ها به یکدیگر روش‌های مختلفی دارد که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود :

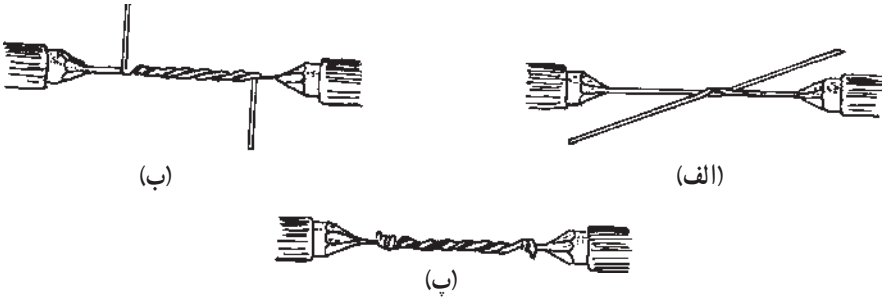
❊ اتصال سر به سر که در شکل ۳ــ۲ نشان داده شده است.



(الف) (ب) (پ)

شکل ۳ــ۲ــ مراحل اتصال سربه‌سر

❊ اتصال طولی که در شکل ۳ــ۳ نشان داده شده است.

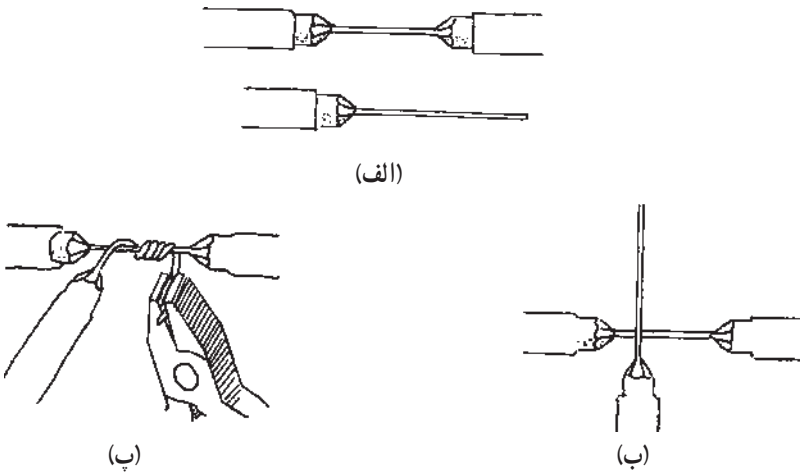


(ب) (الف)

(پ)

شکل ۳ــ۳

❊ اتصال سه راهی یا اتصال انشعابی بدون قطع سیم که در شکل ۳ــ۴ نشان داده شده است.



(الف)

(پ) (ب)

شکل ۳ــ۴

۳ــ۳ــ لحیم‌کاری

منظور از لحیم‌کاری اتصال دو یا چند قطعه به یکدیگر است. این عمل به وسیله‌ی آلیاژی از قلع و سرب یا سایر فلزات که آن‌ها را لحیم می‌نامند، انجام می‌شود. برای انجام لحیم‌کاری 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.

۳ــ۴ــ مواد کمکی لحیم‌کاری

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

لحیم‌کاری 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 بین‌بردن این عوامل از مواد پاک‌کننده یا روغن لحیم استفاده می‌شود. این مواد علاوه‌بر آن که ترکیبات مزاحم سطوح قطعات را پاک می‌کنند، مانع از اکسیدشدن محل اتصال در حین عمل لحیم‌کاری نیز می‌شوند. از این رو تمامی مواد پاک‌کننده که قادر هستند ترکیباتی نظیر اکسیدها و هیدرات‌ها را در خود حل کنند، می‌توانند در شمار روغن لحیم‌کاری به حساب آیند.

۳ــ۵ــ لحیم

لحیم آلیاژی است از سرب و قلع که نقطه‌ی ذوب آن پایین است. آلیاژ لحیم را به‌صورت 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 ۳ــ۵ چند نوع سیم لحیم نشان داده شده است.

شکل ۳ــ۵

۳ــ۶ــ وسایل لحیم‌کاری

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

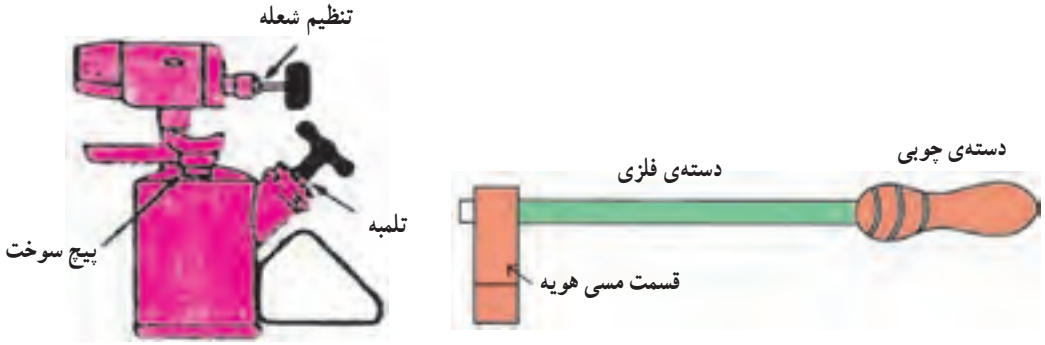
۳ــ۶ــ۱ــ هویه‌ی ساده: هویه‌ی ساده از سه قسمت تشکیل شده است :

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 به‌وسیله‌ی حرارت چراغ پریموس، گاز یا زغال گرم می‌شود و در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۳ــ۶ هویه‌ی ساده و دستگاه گرم‌کننده‌ی آن نشان داده شده است.

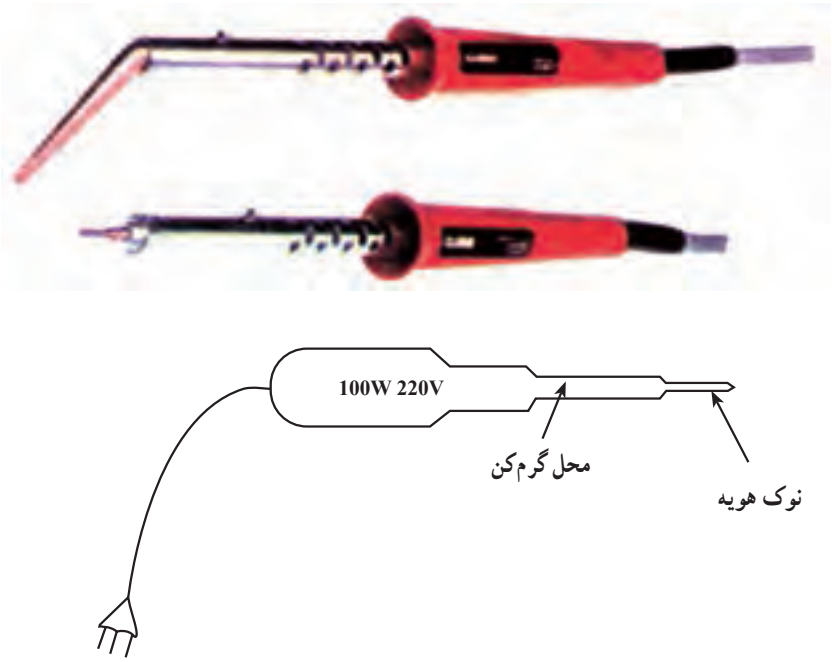


شکل ۳ــ۶

۳ــ۶ــ۲ــ هویه‌ی برقی: هویه‌ی برقی بر دو نوع است : هویه‌ی قلمی (مقاومتی) و هویه‌ی هفت‌تیری.

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

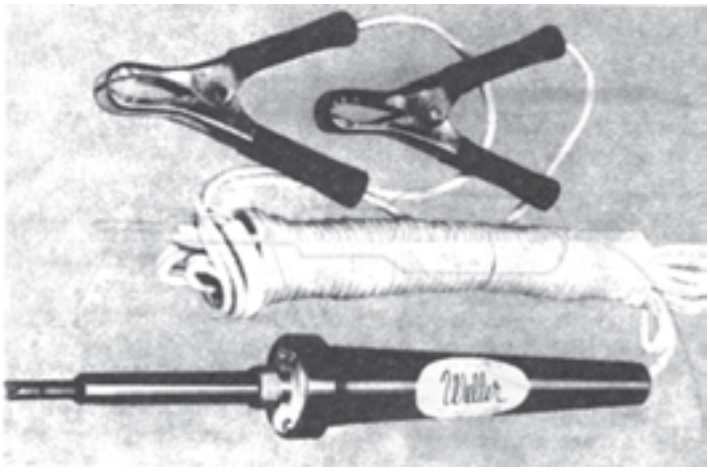
در این نوع هویه سیم‌گرم‌کن را روی عایقی از آجر نسوز که وسط آن خالی است می‌پیچند. یک میله‌ی مسی که همان نوک هویه است، در داخل محفظه‌ی خالی قرار می‌گیرد. در اثر عبور جریان از سیم گرم‌کن حرارت ایجاد می‌شود. حرارت به میله‌ی مسی انتقال می‌یابد. این هویه در اندازه‌های کوچک با قدرت ۱۰ وات تا اندازه‌های بزرگ با قدرت ۵۰۰ وات ساخته می‌شود. شکل ۳ــ۷ چند نمونه از این هویه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۷

۳ــ۶ــ۳ــ هویه‌ی قلمی قابل کار با باتری: برای آن که بتوان عمل لحیم‌کاری 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 ۳ــ۸ نمونه‌ای از این نوع هویه را نشان می‌دهد.



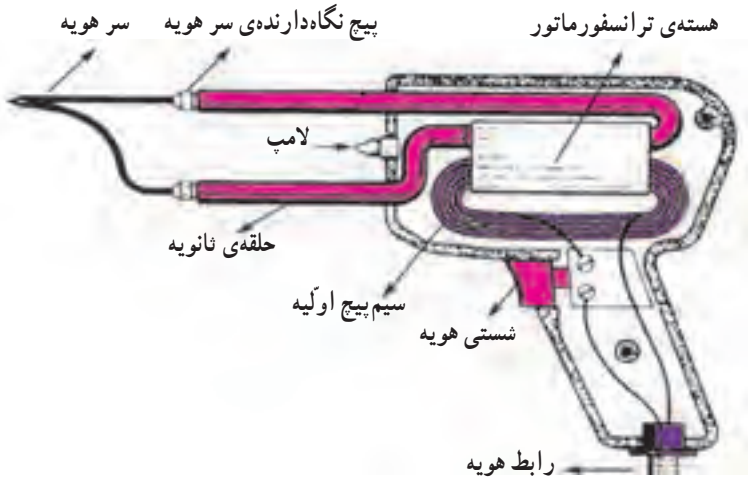
شکل ۳ــ۸

۳ــ۶ــ۴ــ هویه‌ی هفت‌تیری (ترانسفورماتوری): هویه‌ی هفت‌تیری براساس اصول کار ترانسفورماتور کار می‌کند. ترانسفورماتور یا ترانس دارای دو سیم‌پیچ به نام اوّلیه و ثانویه است. سیم‌پیچ‌های اوّلیه و ثانویه بر روی هسته‌ای آهنی به شکل U یا E پیچیده شده‌اند.

اوّلیه‌ی ترانسفورماتور از چندین حلقه سیم نازک تشکیل شده است. ثانویه‌ی ترانسفوماتور نیز از یک میله‌ی فلزی ساخته شده که دو انتهای آن به‌وسیله‌ی یک سیم مفتولی (نوک هویه) به هم مربوط می‌شود.

با فشاردادن شستی ماشه‌ای، جریان برقی که در سیم‌پیچ اوّلیه جاری می‌شود در سیم‌پیچ ثانویه جریان زیادی را برقرار می‌کند. این جریان باعث گرم‌شدن نوک هویه می‌شود. شکل **۳ــ۹** ساختمان داخلی یک هویه‌ی هفت‌تیری را نشان می‌دهد.

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



شکل ۳ــ۹

۳ــ۷ــ طریقه‌ی لحیم‌کاری

برای انجام لحیم‌کاری 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 می‌کند. برای انجام عمل لحیم‌کاری نکات زیر را رعایت کنید :

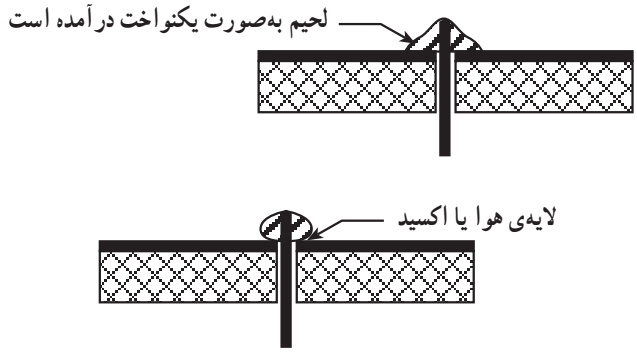
۱ــ از هویه‌ی با وات مناسب استفاده کنید. در لحیم‌کاری قطعات ظریف هویه‌های ۱۰ وات تا ۴۰ وات برای لحیم‌کاری مناسب‌اند.

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

۳ــ نوک هویه را کاملاً تمیز کنید.

۴ــ 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.

۵ــ 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 لحیم‌کاری سرد به‌وجود می‌آید. شکل ۳ــ۱۰ نحوه‌ی لحیم‌کاری صحیح و لحیم‌کاری سرد را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۱۰

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 حرکت‌دادن اتصال قبل از سردشدن و نیز کثیف‌بودن 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 لحیم‌کاری 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

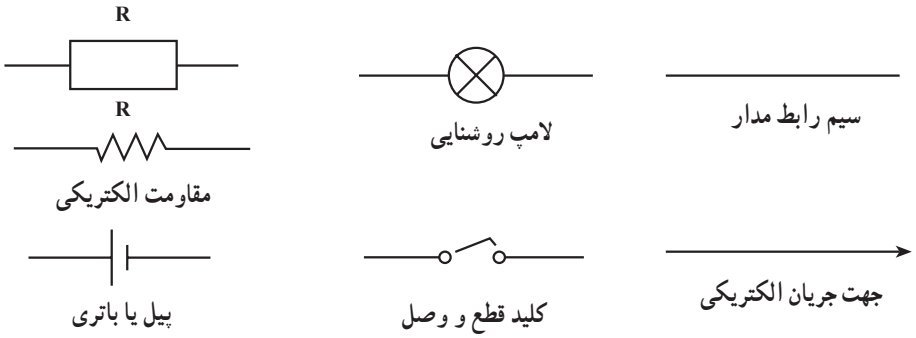
نبودن گرما در محل اتصال و در هنگام لحیم‌کاری است.

۶ــ اکثر قطعات الکترونیکی نظیر دیودها، ترانزیستورها و آی‌سی‌ها در مقابل افزایش حرارت مقاوم نیستند و این قطعات دراثر گرمای زیاد آسیب می‌بینند.

۷ــ یک اتصال لحیم‌کاری شده‌ی خوب علاوه‌بر دارا بودن استقامت مکانیکی و هدایت الکتریکی باید دارای سطحی براق و درخشان باشد.

۳ــ۸ــ علامت اختصاری چیست؟

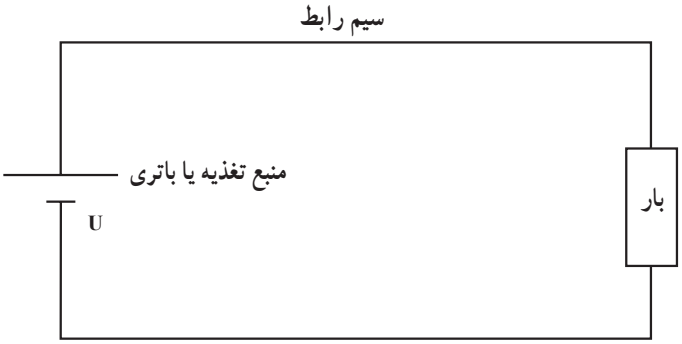
اگر بخواهیم در ترسیم نقشه‌های الکتریکی از تصویر ظاهری عناصر استفاده کنیم، نقشه شلوغ و ترسیم آن فوق‌العاده مشکل می‌شود. برای برطرف‌کردن این مسأله از علائم اختصاری استفاده می‌کنند. علامت اختصاری هر عنصر یا المان الکتریکی به وسیله‌ی سازمان های استاندارد بین‌المللی تعیین می‌شود. هر علامت اختصاری باید تا حد امکان ساده باشد و تا حدودی مشخصات کار عنصر مورد نظر را ارائه دهد. در شکل ۳ــ۱۱ چند نمونه علامت اختصاری ترسیم شده است.



شکل ۳ــ۱۱

۳ــ۹ــ مدار الکتریکی و اجزای آن

اجزای هر مدار الکتریکی به‌طورکلی عبارتند از : منبع ولتاژ، سیم‌های رابط و مصرف‌کننده 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 ۳ــ۱۲ یک مدار کامل و بسته را نشان می‌دهد.

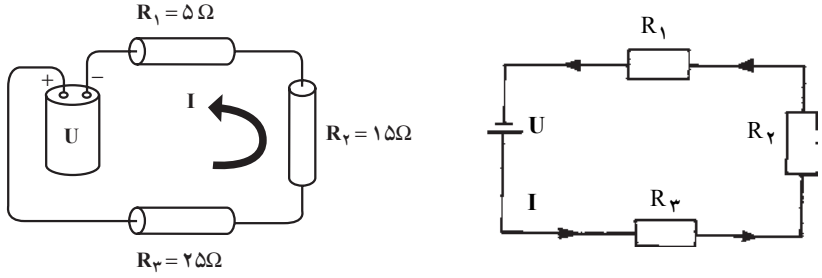


شکل ۳ــ۱۲

۳ــ۱۰ــ اتصال مقاومت‌ها

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

۳ــ۱۰ــ۱ــ اتصال سری مقاومت‌ها: هرگاه انتهای یک مقاومت به انتهای مقاومت دیگر وصل شود، مقاومت‌ها به‌صورت سری (متوالی و پشت سر هم) به یکدیگر متصل شده‌اند. توجه داشته باشید که در مدار سری هیچ‌گونه انشعابی وجود ندارد. شکل ۳ــ۱۳ اتصال سری مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۱۳

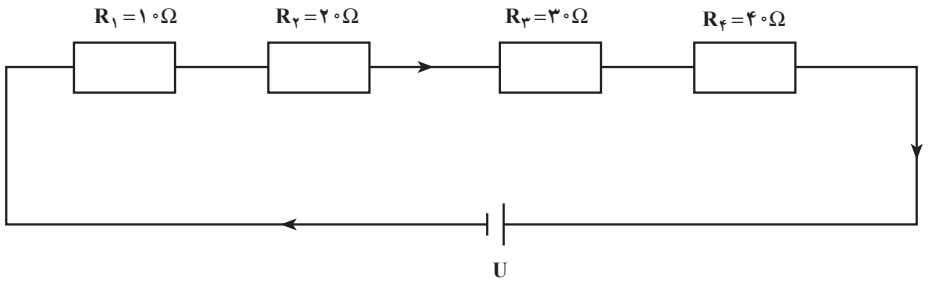
۳ــ۱۰ــ۲ــ مقاومت معادل در مدار سری: مقاومت معادل عبارت از مقاومتی است که می‌توان جای‌گزین کلیه‌ی مقاومت‌ها نمود. مقاومت معادل در مدار سری از مجموع تک تک مقاومت‌ها به‌دست می‌آید، مثلاً در شکل ۳ــ۱۳ مقاومت معادل برابر است با :

$$R = R_۱ + R_۲ + R_۳$$

$$R = ۵ + ۱۵ + ۲۵ = ۴۵\Omega$$

مثال:

در مدار شکل زیر مقاومت معادل چه‌قدر است؟



$$R = R_۱ + R_۲ + R_۳ + R_۴$$

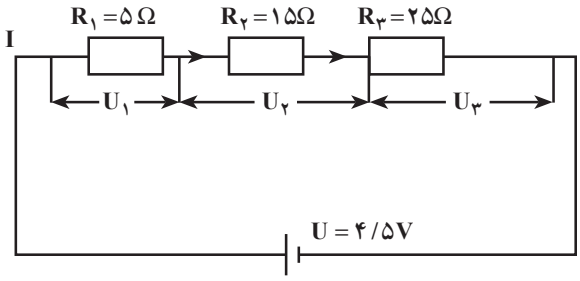
$$R = ۱۰ + ۲۰ + ۳۰ + ۴۰ = ۱۰۰\Omega$$

$R = ۱۰۰\Omega$

۳ــ۱۰ــ۳ــ 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 می‌شود. برای به‌دست‌آوردن شدت جریان ابتدا مقاومت معادل را محاسبه می کنیم ؛ سپس از تقسیم اختلاف سطح بر مقاومت معادل شدت جریان را به‌دست می‌آوریم. برای محاسبه‌ی 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.



$$R = R_۱ + R_۲ + R_۳$$

$$R = ۵ + ۱۵ + ۲۵ = ۴۵\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{۴/۵}{۴۵} = ۰/۱A$$

$$U_۱ = IR_۱ = ۵ \times ۰/۱ = ۰/۵V$$

$$U_۲ = IR_۲ = ۱۵ \times ۰/۱ = ۱/۵V$$

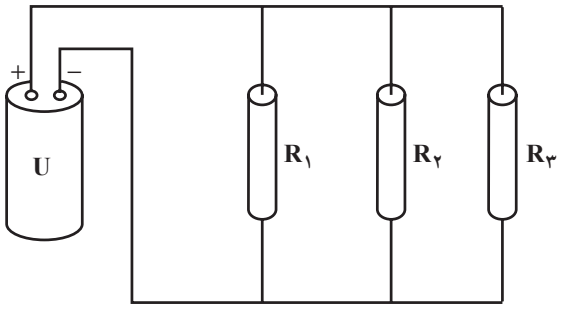
$$U_۳ = IR_۳ = ۲۵ \times ۰/۱ = ۲/۵V$$

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

$$U = U_۱ + U_۲ + U_۳ = ۰/۵ + ۱/۵ + ۲/۵ = ۴/۵$$

چون مجموع ولتاژها در دو سر مقاومت‌ها برابر با ۴/۵ ولت است ؛ پاسخ به‌دست‌آمده صحیح است.

۳ــ۱۰ــ۴ــ اتصال موازی مقاومت‌ها: اگر دو یا چند مقاومت را طبق شکل ۳ــ۱۴ طوری به هم ببندیم که دو انتهای مقاومت‌ها به یکدیگر وصل شوند، مقاومت‌ها به‌طور موازی به هم اتصال داده شده‌اند.

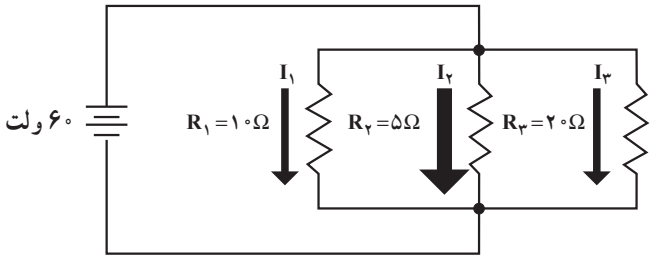


شکل ۳ــ۱۴

۳ــ۱۰ــ۵ــ مقاومت معادل در مدار موازی: عکس مقاومت معادل در مدار موازی برابر است با مجموع عکس تک تک مقاومت‌ها ؛ مثلاً در مورد شکل ۳ــ۱۵ داریم :

$$\frac{۱}{R} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳}$$

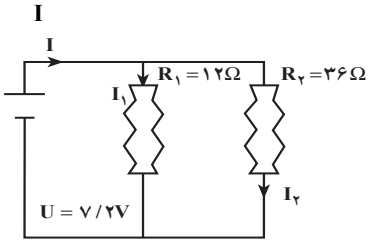
$$\frac{۱}{R} = \frac{۱}{۱۰} + \frac{۱}{۵} + \frac{۱}{۲۰} = \frac{۲+۴+۱}{۲۰} = \frac{۷}{۲۰} \quad R = \frac{۲۰}{۷} \quad R = ۲/۸۵\Omega$$



شکل ۳ــ۱۵

مثال:

در مدار شکل زیر، مقاومت معادل را به‌دست آورید :



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

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

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

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

$$\boxed{R = 9\Omega}$$

۳ــ۱۰ــ۶ــ شدت‌جریان و ولتاژ در مدارهای موازی: در مدار موازی اختلاف سطح دوسر هر مقاومت برابر با اختلاف سطح کل مدار است و شدت جریان به نسبت مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. برای به‌دست‌آوردن 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 هریک از مقاومت‌ها به‌دست می‌آید. بنابراین در مثال بالا خواهیم داشت :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{۷/۲}{۹} = ۰/۸A$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{۷/۲}{۱۲} = ۰/۶A$$

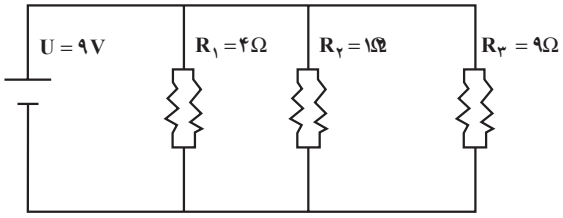
$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{۷/۲}{۳۶} = ۰/۲A$$

شدت جریان کل را می‌توان از مجموع شدت جریان هریک ازمقاومت‌ها نیز به دست آورد.

$$I = I_1 + I_2 = ۰/۶ + ۰/۲ = ۰/۸A$$

مثال:

در مدار شکل زیر، شدت جریان کل، مقاومت معادل و شدت جریان در هر شاخه را به‌دست‌آورید.



$$\frac{۱}{R}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}$$

$$\frac{۱}{R}=\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۹}$$

$$\frac{۱}{R}=\frac{۹+۳+۴}{۳۶}$$

$$\frac{۱}{R}=\frac{۱۶}{۳۶}=\frac{۴}{۹}$$

$$R=\frac{۹}{۴}=۲/۲۵ \qquad \boxed{R=۲/۲۵\Omega}$$

$$I=\frac{U}{R}=\frac{۹}{۲/۲۵}=۴A$$

$$I_۱=\frac{U}{R_۱}=\frac{۹}{۴}=۲/۲۵A$$

$$I_۲=\frac{U}{R_۲}=\frac{۹}{۱۲}=۰/۷۵A$$

$$I_۳=\frac{U}{R_۳}=\frac{۹}{۹}=۱A$$

شدت جریان کل از رابطه‌ی زیر نیز قابل تعیین است :

$$I=I_۱+I_۲+I_۳$$

$$I=۲/۲۵+۰/۷۵+۱=۴A$$

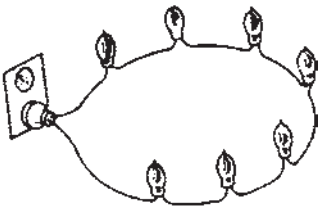
نکات مهم:

۱ــ در مدار سری همیشه مقاومت معادل از بزرگ‌ترین مقاومت مدار بزرگ‌تراست.

۲ــ در مدار موازی همیشه مقاومت معادل از کوچک‌ترین مقاومت موجود در مدار کوچک‌تر است.

۳ــ در شکل زیر اتصال لامپ‌ها را به‌صورت سری و موازی مشاهده می‌کنید.

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



اتصال لامپ‌ها به‌صورت سری

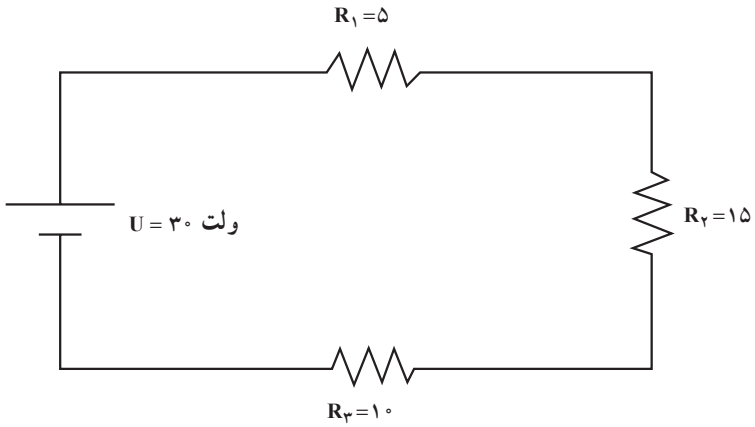
اتصال لامپ‌ها به‌صورت موازی

۳ــ۱۱ــ توان مصرفی در مدار سری

توان تولیدشده توسط منبع در یک مدار سری برابر با توانی است که به‌وسیله‌ی مقاومت‌ها مصرف می‌شود. از مجموع توان مصرف‌شده‌ی هریک از مقاومت‌ها می‌توان توان کل را به‌دست آورد ؛ یعنی $P_t = P_۱ + P_۲ + \cdots + P_n$

مثال:

توان مصرفی کل مدار شکل ۳ــ۱۶ را حساب کنید.



شکل ۳ــ۱۶

$R_t = R_۱ + R_۲ + R_۳ = ۵ + ۱۵ + ۱۰ = ۳۰$

مقاومت کل $R_t = ۳۰$

جریان مدار $I = \frac{۳۰}{۳۰} = ۱A \Rightarrow P_{کل} = UI = ۳۰ \times ۱ = ۳۰$ وات

$P_۱ = U_۱ \times I = R_۱ I^۲ = (۵ \times ۱^۲) = ۵W$

$P_۲ = U_۲ \times I = R_۲ I^۲ = (۱۵ \times ۱^۲) = ۱۵W$

$$P_۳ = U_۳ \times I = R_۳ I^۲ = (۱۰ \times ۱^۲) = ۱۰W$$

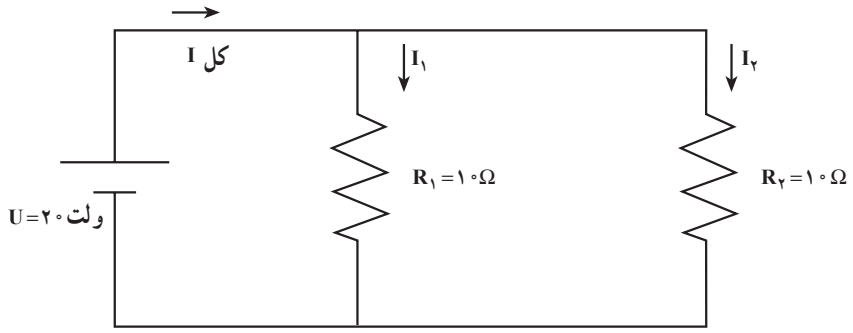
کل $P = P_۱ + P_۲ + P_۳ = ۵ + ۱۵ + ۱۰ = ۳۰W$

۳ــ۱۲ــ توان در مدار موازی

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

مثال:

توان کل منبع در شکل ۳ــ۱۷ چقدر است؟



شکل ۳ــ۱۷

حل:

$$I_۱ = \frac{U}{R_۱} = \frac{۲۰}{۱۰} = ۲A$$

$$I_۲ = \frac{U}{R_۲} = \frac{۲۰}{۱۰} = ۲A$$

کل $I = I_۱ + I_۲ = ۴A$

کل $P = UI = ۲۰ \times ۴ = ۸۰W$

و یا $P_۱ = U \times I_۱ = R_۱ I_۱^۲ = (۲۰ \times ۲) = ۴۰W$

$P_۲ = U \times I_۲ = R_۲ I_۲^۲ = (۲۰ \times ۲) = ۴۰W$

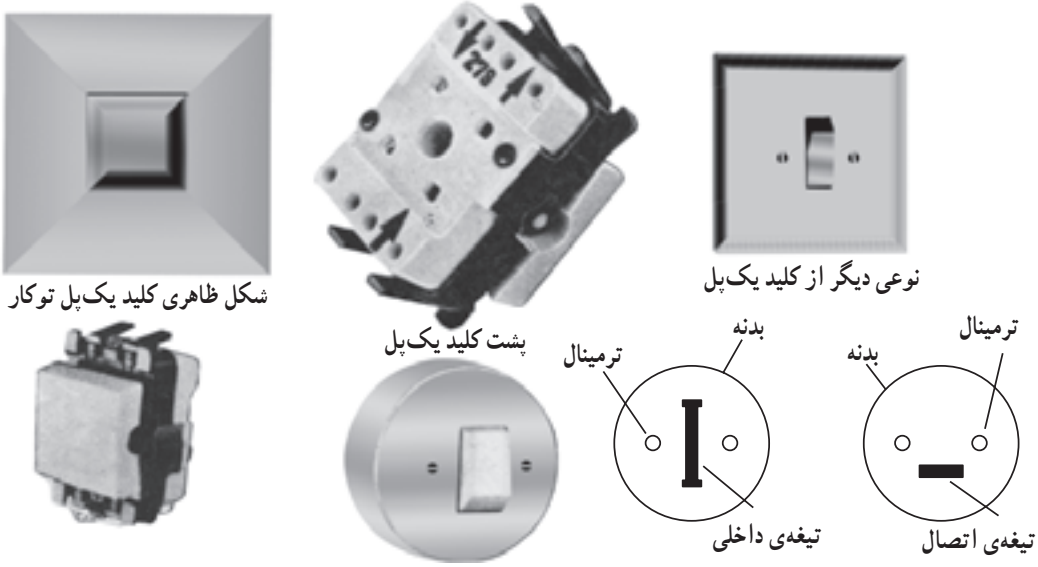
کل $P = P_۱ + P_۲ = ۴۰ + ۴۰ = ۸۰W$

۳ــ۱۳ــ شناسایی اجزای مدار

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

۳ــ۱۳ــ۱ــ 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 یک‌راهه:** کلید یک‌پل یک راهه، کلیدی است که جهت قطع و وصل یک یا چند لامپ به‌کار 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 ۳ــ۱۸ نشان داده شده است.



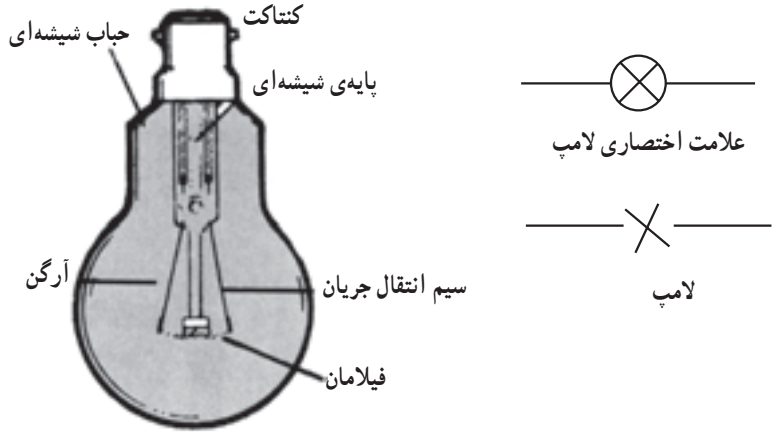
شکل ۳ــ۱۸ــ انواع کلید یک‌پل، ساختمان داخلی و علامت اختصاری آن

۳ــ۱۳ــ۲ــ سرپیچ: سرپیچ وسیله‌ای است که لامپ را به آن اتصال می‌دهند. بدنه‌ی سرپیچ را معمولاً از عایق می‌سازند. داخل سرپیچ شبیه مهره دنده شده است ؛ به‌طوری که به‌آسانی می‌توان

لامپ را روی آن نصب کرد. در داخل سرپیچ دو زائده فلزی قرار دارد که یکی به ته لامپ و دیگری به قسمت فلزی لامپ متصل می‌شود. در انتهای سرپیچ دو ترمینال وجود دارد که سیم‌های برق را به آن اتصال می‌دهند. در شکل ۳ــ۱۹ سه نمونه سرپیچ را مشاهده می‌کنید. در نقشه‌ها، سرپیچ و لامپ را با هم مشخص می‌کنند.

شکل ۳ــ۱۹ــ انواع سرپیچ

۳ــ۱۳ــ۳ــ لامپ: همان‌طورکه 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 اکسیده‌شدن 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 ۳ــ۲۰ تصویر ظاهری لامپ، ساختمان داخلی و علامت اختصاری آن نشان داده شده است.

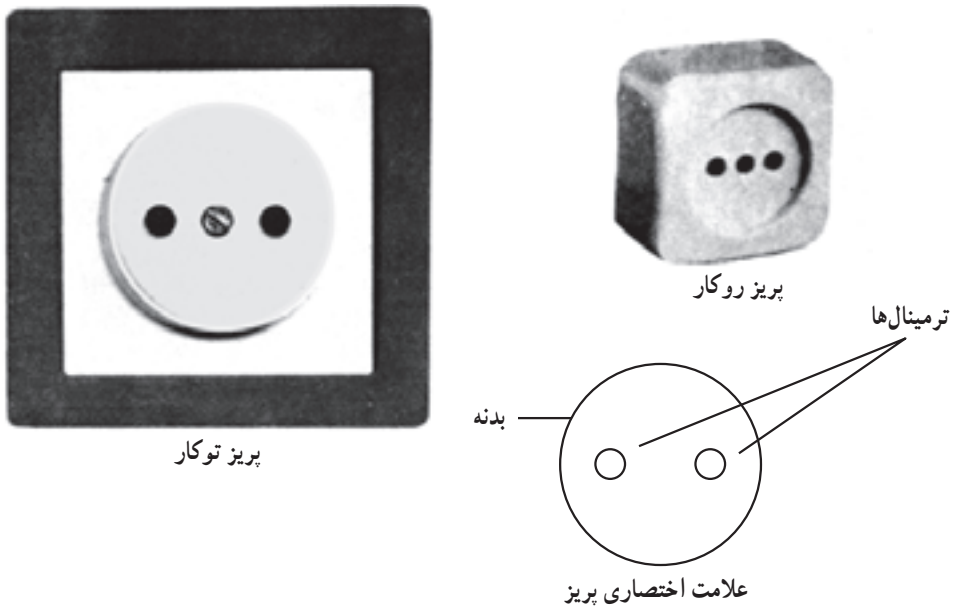


شکل ۳ــ۲۰ــ ساختمان داخلی لامپ و علامت اختصاری آن

۳ــ۱۳ــ۴ــ قوطی تقسیم: قوطی تقسیم را جهت دریافت انشعاب به‌کار می‌برند. معمولاً در هر ساختمان تعدادی قوطی تقسیم وجود دارد که انشعابات 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 به‌صورت ◯ است.

۳ــ۱۳ــ۵ــ 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 (به‌منظور جلوگیری از برق‌گرفتگی) به‌کار می رود. در شکل ۳ــ۲۱ شکل ظاهری پریز یک فاز روکار و توکار و علامت اختصاری آن را مشاهده می‌کنید.



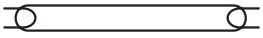
شکل ۳ــ۲۱ــ پریزهای توکار و روکار یک فاز و علامت اختصاری آن

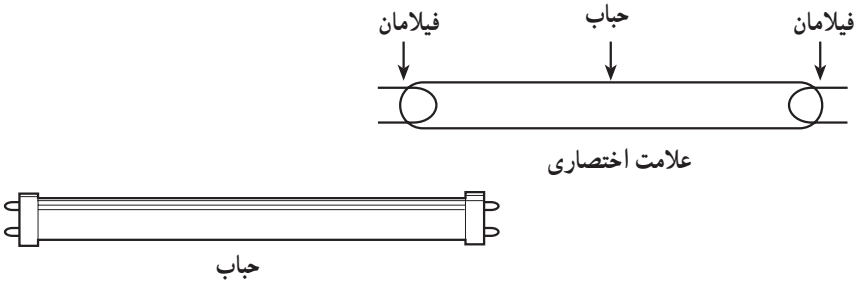
❊ پریز سه‌فاز: جهت مصرف انرژی الکتریکی سه‌فاز از پریزهای سه‌فاز استفاده می‌کنند. در شکل ۳ــ۲۲ شکل ظاهری پریز سه‌فاز را مشاهده می‌کنید.

شکل ۳ــ۲۲ــ پریز سه‌فاز

۳ــ۱۳ــ۶ــ لامپ فلورسنت (مهتابی): چون قدرت مصرفی لامپ‌های فلورسنت نسبت به لامپ‌های معمولی کم است، این لامپ کاربرد فراوانی دارد. لامپ فلورسنت تقریباً در کلیه‌ی اماکنی که نیاز به نور دارند مشاهده می‌شود. قسمت‌های اصلی لامپ فلورسنت عبارت است از :

۱ــ حباب لامپ
۲ــ چُک یا ترانس
۳ــ استارتر
۴ــ پایه‌ها یا سوکت
۵ــ مدار لامپ

❊ حباب لامپ فلورسنت: حباب‌های لامپ فلورسنت را به‌صورت استوانه‌ای دراز یا مُدَوَر می‌سازند. در هر انتهای حباب لامپ دو زائده وجود دارد که به فیلامان‌های لامپ متصل است. در شکل۳ــ۲۳ حباب لامپ فلورسنت را مشاهده می‌کنید. لامپ‌های فلورسنت دراز و در اندازه‌های ۶۰ سانتی‌متری و ۱۰۰ سانتی‌متری ساخته می‌شوند. علامت اختصاری حباب لامپ به‌صورت  است.

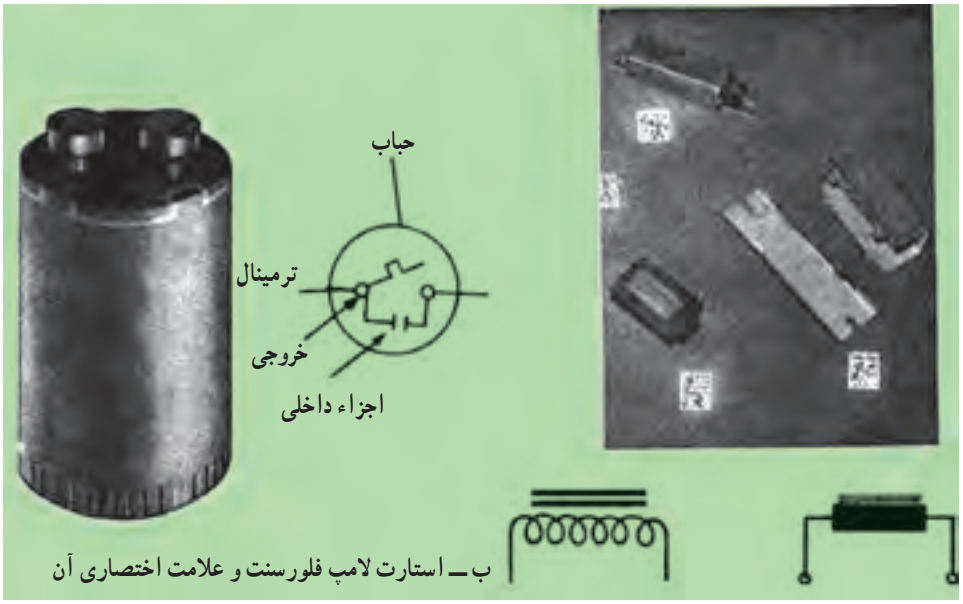


شکل ۳ــ۲۳ــ حباب لامپ فلورسنت

❊ **چک یا ترانس (Choke):** چک لامپ مهتابی به‌صورت سری با فیلامان‌ها قرار می‌گیرد. کار این چک تولید ولتاژ زیاد در لحظه‌ی روشن‌شدن لامپ است. چک لامپ فلورسنت را در اصطلاح ترانس مهتابی نیز می‌نامند.

در شکل ۳ــ۲۴ــ الف ــ چک لامپ فلورسنت نشان داده شده است. چک دارای دو ترمینال جهت اتصال به لامپ است. علامت اختصاری چک به‌صورت یا 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 ۳ــ۲۴ــ ب ــ شکل ظاهری استارتر را ملاحظه می‌کنید. علامت اختصاری استارت به‌صورت است.



ب ــ استارت لامپ فلورسنت و علامت اختصاری آن

الف ــ چک لامپ فلورسنت و علامت اختصاری آن

شکل ۳ــ۲۴

❊ **پایه‌های لامپ فلورسنت:** برای اتصال دو انتهای حباب لامپ و استارت 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 ۳ــ۲۵ انواع پایه‌های لامپ فلورسنت نشان داده شده است. البته در لامپ‌های فلورسنت گرد

به جای پایه از سوکت‌های مخصوص چهارترمینالی استفاده می‌کنند. در نقشه‌های فنی پایه‌های لامپ را نشان نمی‌دهند.

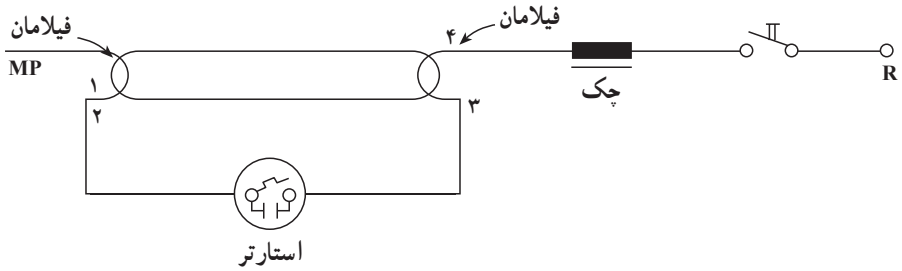
پایه‌ی ساده

پایه‌ی ساده و پایه‌ی استارتر

پایه‌ی ساده و پایه‌ی استارتر

شکل ۳ــ۲۵ــ انواع پایه‌های لامپ فلورسنت

در شکل ۳ــ۲۶ مدار لامپ فلورسنت ترسیم شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌کنید، سیم فاز از طریق کلید به چک و از طرف دیگر چک به پایه‌ی شماره‌ی ۴ (فیلامان) متصل می‌شود. پایه‌ی شماره‌ی ۳ فیلامان از طریق استارت به پایه‌ی شماره‌ی ۲ در انتهای دیگر لامپ اتصال داده می‌شود. سیم نول نیز به پایه‌ی شماره‌ی ۱ وصل می‌شود.



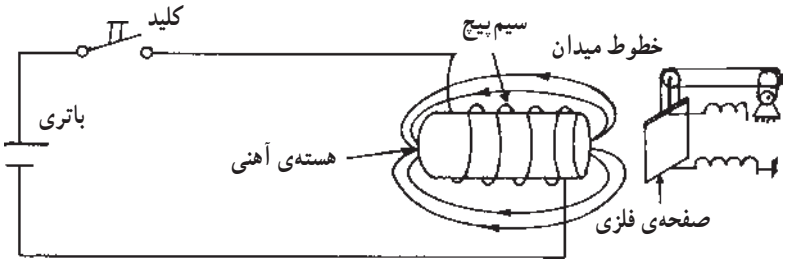
شکل ۳ــ۲۶ــ اتصال لامپ فلورسنت

۳ــ۱۳ــ۷ــ زنگ اخبار: زنگ اخبار در کلیه‌ی منازل به‌عنوان یک وسیله‌ی خبری به‌کار می‌رود و در انواع AC و DC ساخته می‌شود. ولتاژ کار زنگ اخبار AC ممکن است ۲۲۰ ولت یا کم‌تر (۶، ۱۲ و ...) باشد. زنگ اخبار در انواع ساده، پیانویی، بلبلی و ... ساخته می‌شود. جهت به‌کارانداختن زنگ اخبار از شستی استفاده می‌کنند. کار شستی شبیه کلید یک پل است، با این تفاوت که با برداشتن دست از روی دگمه مدار قطع می‌شود ؛ زیرا در زیردگمه یک فنر وجود دارد که دگمه را به حالت اوّلیه برمی‌گرداند. علامت اختصاری زنگ اخبار به‌صورت و شستی به‌صورت

است. زنگ اخبار و شستی هرکدام دارای دو ترمینال خارجی جهت اتصال سیم می‌باشد.

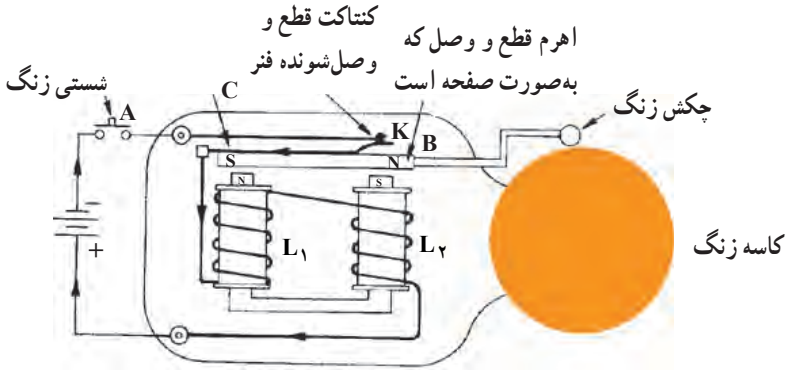
❊ اصول کار زنگ اخبار

مغناطیس مصنوعی: مدار شکل ۳ــ۲۷ را مورد بررسی قرار دهید. هنگامی که کلید وصل می‌شود، چه اتفاقی می‌افتد؟ دراثر عبور جریان از سیم‌پیچ، هسته‌ی آهنی تبدیل به آهن‌ربا شده صفحه‌ی فلزی را به سمت خود جذب می‌کند. بنابراین با استفاده از جریان الکتریکی توانسته‌ایم آهن‌ربا یا مغناطیس بسازیم. چنین آهن‌ربایی را آهن‌ربای مصنوعی می‌نامند. چنانچه کلید را قطع کنیم، خاصیت مغناطیسی از بین می‌رود و صفحه‌ی فلزی دوباره رها می‌شود. از آهن‌ربای مصنوعی در جرثقیل‌ها، رله‌ها، کنتاکتورها و زنگ‌های اخبار استفاده می‌شود. سیم‌پیچ یا هسته‌ی آهنی را بوبین یا سولونوئید نیز می‌نامند.



شکل ۳ــ۲۷ــ مغناطیس مصنوعی

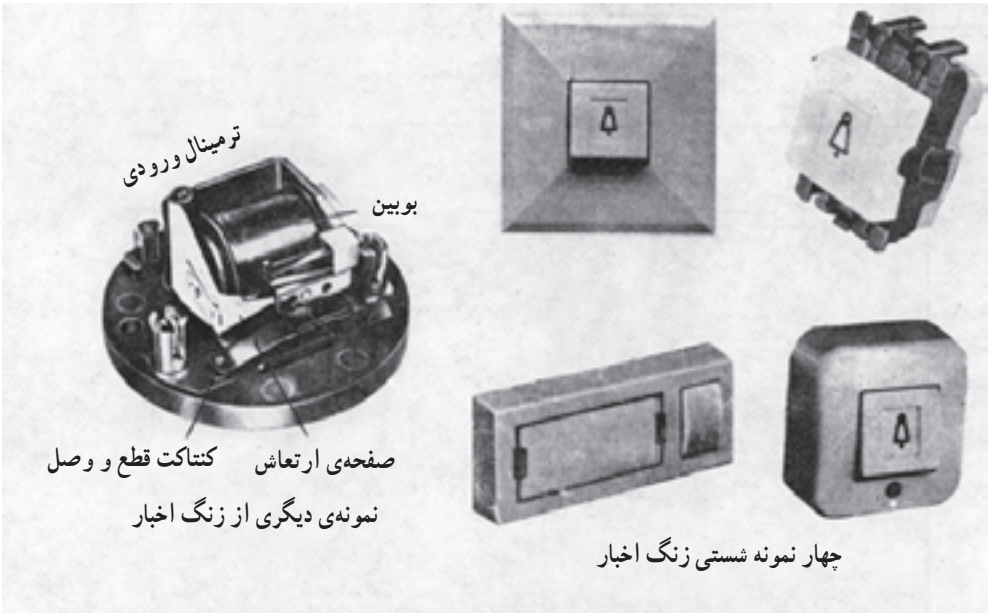
❊ زنگ اخبار چگونه کار می‌کند؟ در شکل ۳ــ۲۸ ساختمان داخلی زنگ اخبار نشان داده شده است. با فشاردادن شستی A، جریان الکتریکی از طریق کنتاکت قطع و وصل K وارد سیم‌پیچ‌های L_1 و L_2 شده مدار بسته می‌شود. در اثر عبور جریان از بوبین‌های L_1 و L_2، هسته‌ی آهنی بوبین



شکل ۳ــ۲۸ــ ساختمان داخلی زنگ اخبار

مغناطیسی شده اهرم B را به‌سمت خود می‌کشد. در اثر حرکت اهرم، کنتاکت K قطع شده جریان بوبین قطع می‌گردد و خاصیت مغناطیسی هسته نیز از بین می‌رود. با از بین‌رفتن میدان مغناطیسی، فنر C دوباره اهرم را به محل اوّلیه بازمی‌گرداند و کنتاکت را وصل می‌کند. با اتصال جریان به بوبین‌های L_1 و L_2 مراحل فوق دوباره تکرار می‌شود و تا وقتی که کلید A وصل است، اهرم B به‌طور متناوب به بالا و پایین می‌رود. به انتهای اهرم یک چکش وصل است که به کاسه زنگ ضربه می‌زند. به این ترتیب از این وسیله به‌عنوان یک خبردهنده یا هشداردهنده استفاده می‌شود.

در شکل ۳ــ۲۹ نمونه‌ی دیگری از زنگ اخبار و انواع شستی‌های روکار و توکار را نشان داده‌ایم. همیشه شستی‌های زنگ اخبار را به‌صورت موازی می‌بندند.



شکل ۳ــ۲۹ــ انواع شستی‌های زنگ اخبار و نمونه‌ی دیگری از زنگ اخبار

پرسش

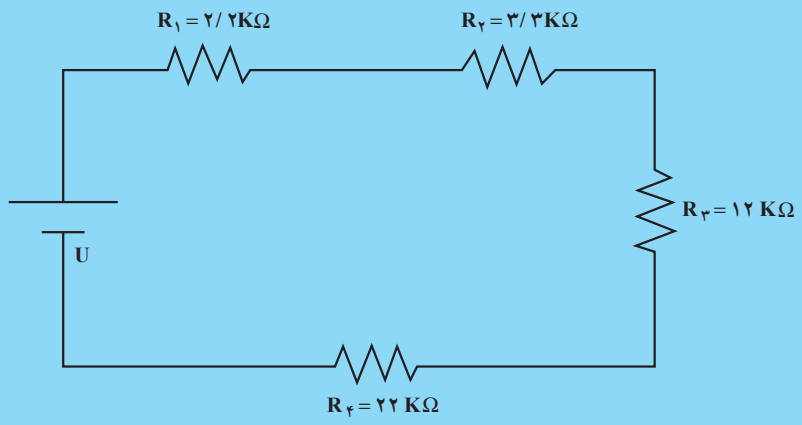
۱ــ انواع سیم را نام ببرید.

۲ــ روش‌های مختلف اتصال سیم‌ها به یکدیگر را شرح دهید.

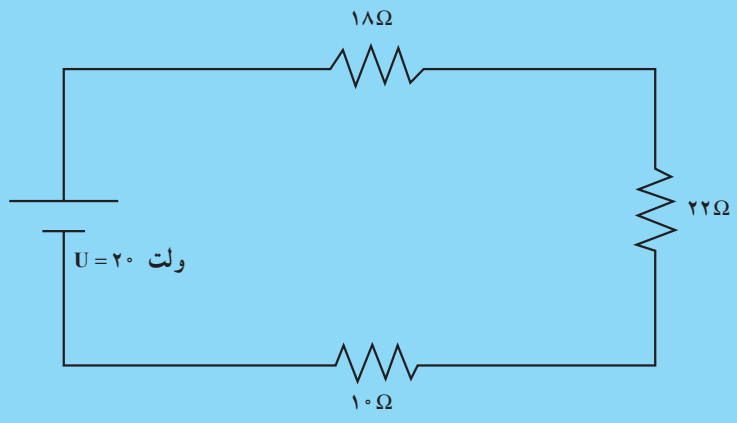
۳ــ لحیم از چه عناصری تهیه می‌شود و درصد مناسب آلیاژ آن چیست؟

۴ــ طریقه‌ی لحیم‌کاری را شرح دهید.

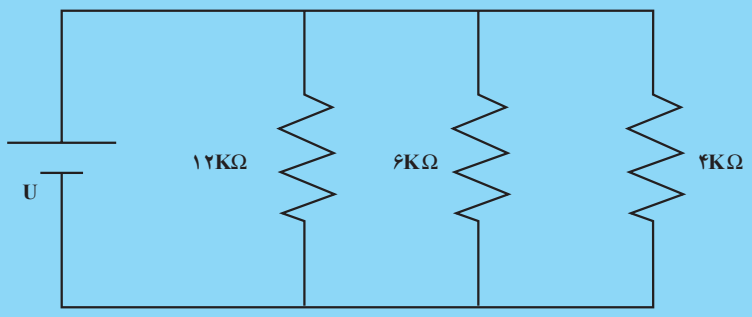
۵ــ مقاومت کل مدار چه‌قدر است؟



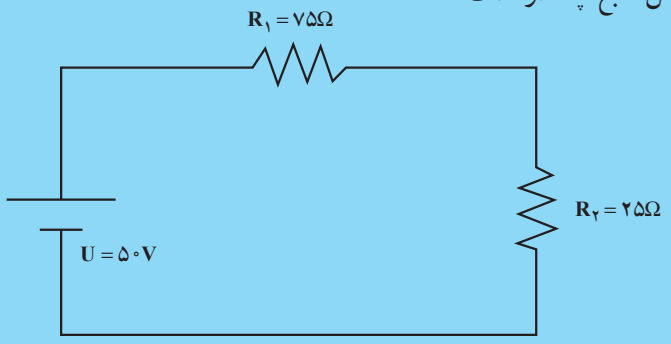
۶ــ جریان در مدار چه‌قدر است؟



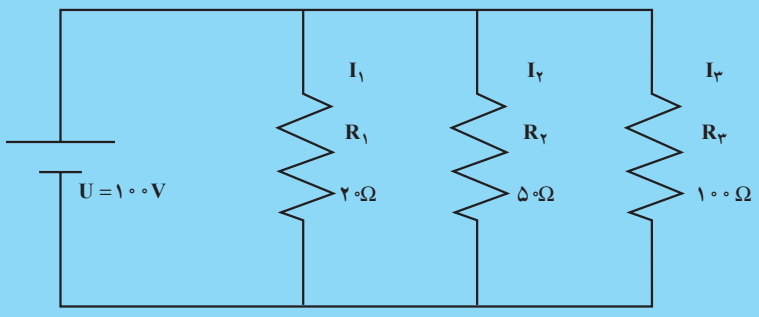
۷ــ مقاومت کل مدار چه‌قدر است؟



۸ــ توان کل منبع چه‌قدر است؟



۹ــ توان مصرفی هر مقاومت و توان کل داده شده توسط منبع چه‌قدر است؟



۱۰ــ قطعاتی که در سیم‌کشی ساختمان به‌کار می‌روند نام ببرید.

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

۱۲ــ اصول کار زنگ اخبار را شرح دهید.

فصل چهارم

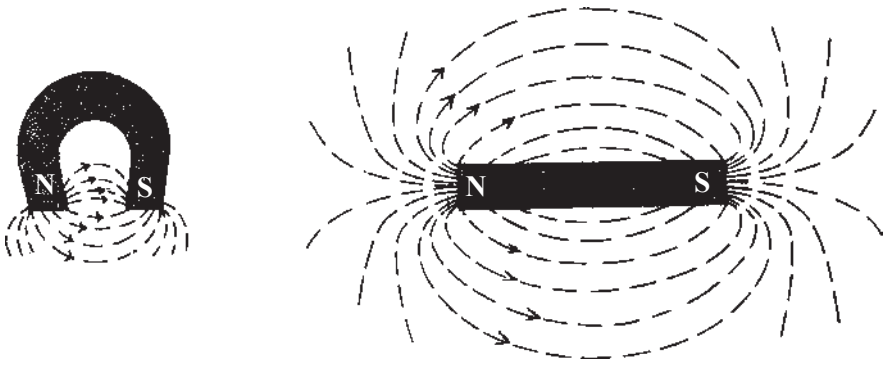
اصول کار ماشین‌های الکتریکی

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

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

۴ـ۱ـ تعریف آهن‌ربا

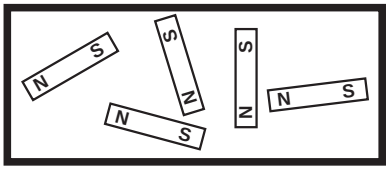
آهن‌ربا دارای خاصیتی است که می‌تواند ذرات کوچک آهن را به سمت خود جذب کند. از یک سر آهن‌ربا فوران مغناطیسی خارج می‌شود و این فوران‌ها به سر دیگر آن وارد می‌شوند. این خطوط فوران نامریی هستند. شکل ۴ـ۱ نشان می‌دهد که چگونه فوران از یک سر آهن‌ربا خارج و به سر دیگر آن وارد می‌شود. سرهای آهن‌ربا قطب‌های آن نام دارند. قطبی که فوران از آن خارج می‌شود قطب N و قطبی که فوران به آن وارد می‌شود قطب S نام دارد.



شکل ۴ــ۱

۴ــ۲ــ 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 ۴ــ۲ آهن رباهای کوچک یک جسم را که در حالت عادی نامنظم هستند نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۲

۴ــ۳ــ 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.

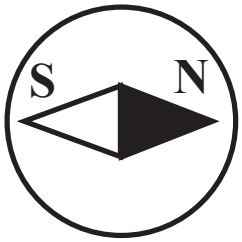
❊ **آهن‌ربای مصنوعی:** اگر از یک سیم جریان عبور کند، در اطراف آن سیم میدانی مغناطیسی

شبیه آهن‌ربا ایجاد می‌شود. اگر یک قطعه آهن در مسیر فوران‌های مغناطیسی قرار گیرد، آهن‌رباهای کوچک آن منظم شده آهن به آهن‌ربا تبدیل می‌شود. اگر فوران قطع شود، آهن خاصیت آهن‌ربایی خود را از دست می‌دهد. اگر به جای آهن نرم از آهن سخت استفاده کنیم، هنگام قطع فوران مغناطیسی نظم آهن‌رباهای کوچک آهن به هم نمی‌خورد و آهن سخت به آهن‌ربا تبدیل می‌شود. در صنعت برای تهیه‌ی آهن‌ربای مصنوعی ابتدا یک مفتول با ترکیب مناسب آهن تهیه می‌کنند و سپس آن را در یک میدان مغناطیسی قوی قرار می‌دهند پس از مدتی مفتول به آهن‌ربا تبدیل می‌شود.

۴ــ۴ــ طرز تشخیص قطب‌های آهن‌ربا

برای تعیین قطب‌های آهن‌ربا از قطب‌نما استفاده می‌کنند. قطب‌نما خود یک آهن‌ربای کوچک است که قطب‌های آن از قبل مشخص شده است. چون در آهن‌ربا قطب‌های هم‌نام یک‌دیگر را دفع و قطب‌های غیرهم نام هم‌دیگر را جذب می‌کنند، با نزدیک کردن آهن‌ربا به قطب‌نما یک طرف قطب‌نما به سمت آهن‌ربا جذب می‌شود. در این صورت قطب آهن‌ربا مخالف قطب قطب‌نما است. شکل ۴ــ۳ این حالت را نشان می‌دهد.

میله‌ی مغناطیسی



قطب نما

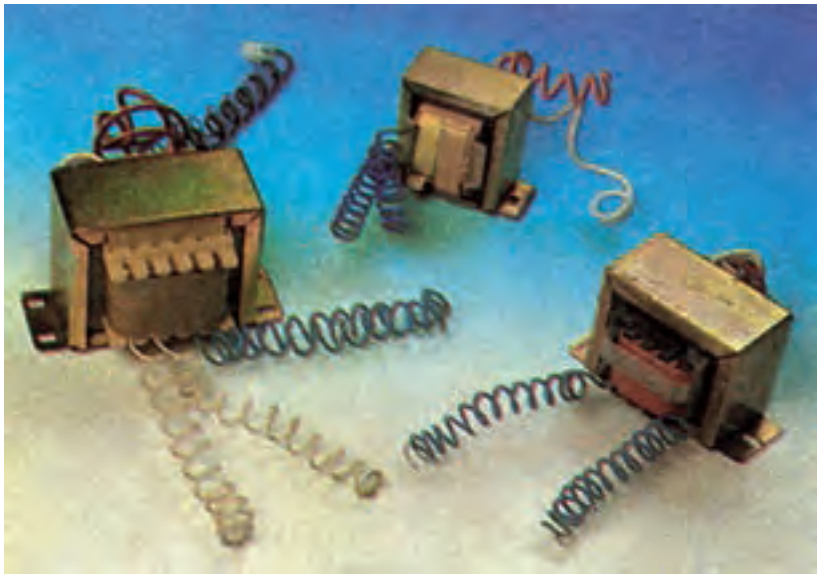
شکل ۴ــ۳

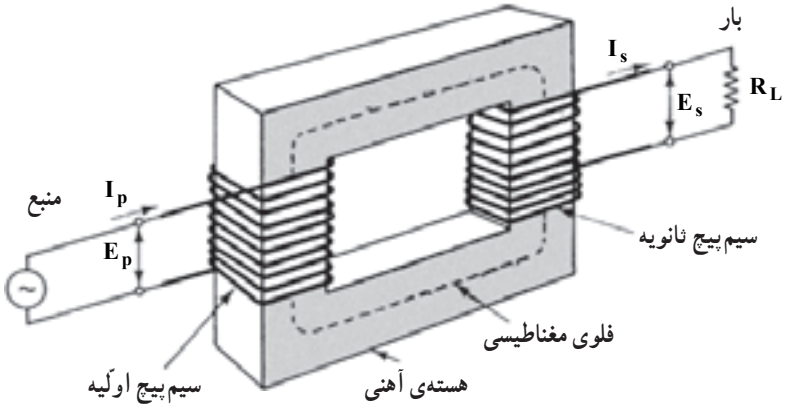
۴ــ۵ــ ترانسفورماتور

ترانسفورماتور دستگاهی است که یک ولتاژ متناوب (AC) را به ولتاژی کم‌تر یا بیش‌تر تبدیل می‌کند.

هر ترانسفورماتور یک سیم پیچ اوّلیه و یک یا چند سیم‌پیچ ثانویه دارد. اگر سیم‌پیچ اوّلیه را به یک منبع انرژی متناوب مثلاً برق شهر وصل کنیم، از سیم‌پیچ اوّلیه جریان I_1 عبور می‌کند و در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. سیم‌پیچ ثانویه این میدان را قطع می‌کند و در دو سر سیم‌پیچ ولتاژ ایجاد می‌شود. اگر به دو سر سیم‌پیچ ثانویه مصرف‌کننده‌ای را وصل کنیم، از آن مصرف کننده جریان

می‌گذرد. اگر ولتاژ اوّلیه 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 ۴ــ۴ ساختمان یک ترانسفورماتور و چند ترانسفورماتور ساخته شده را مشاهده می‌کنید.

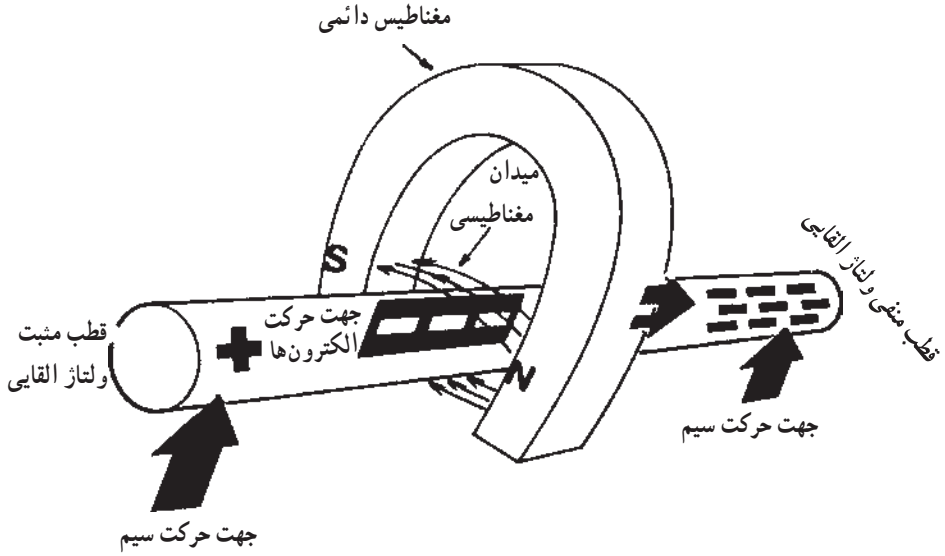




شکل ۴ــ۴

۴ــ۶ــ 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.



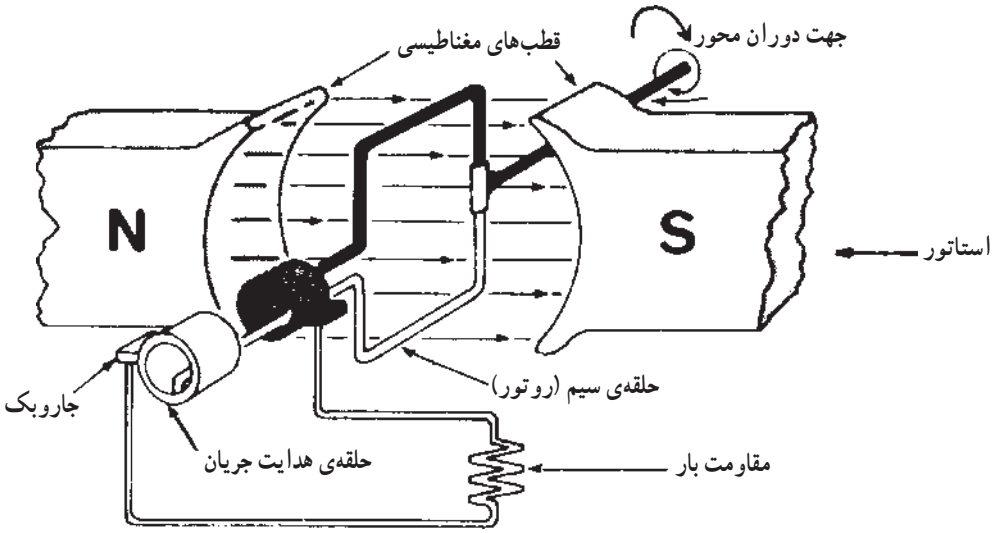
شکل ۴ــ۵ــ تولید ولتاژ با استفاده از حرکت وقتی یک سیم در میدان مغناطیسی حرکت داده می‌شود، الکترون‌های داخل سیم آزاد شده، در سیم به حرکت درمی‌آید.

همان‌طور که قبلاً بیان شد، هرگاه سیمی را در یک میدان مغناطیسی حرکت دهیم به‌طوری 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 ۴ــ۵ 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.

۴ــ۷ــ اساس کار ژنراتورهای AC

چنانچه مطابق شکل ۴ــ۶ یک حلقه را در میدان مغناطیسی دوران دهیم، در داخل حلقه ولتاژ متناوب سینوسی تولید می‌شود. کلیه‌ی 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[1] می‌گویند.



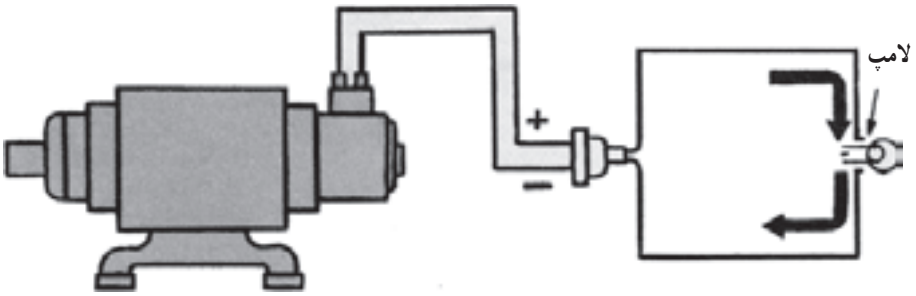
شکل ۴ــ۶ــ ساده‌ترین مولد AC

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 به‌وجود می‌آورند.

۴ــ۸ــ روتور و استاتور

قسمت ثابت هر مولد را استاتور (Stator) و قسمت متحرک آن را روتور (Rotor) می‌نامند. در شکل ۴ــ۷ 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 دوحلقه‌ی لغزنده از یک استوانه استفاده می‌کنند. معمولاً استوانه را به قطعات کوچک تقسیم می‌کنند تا بتوانند ولتاژ DC به دست آورند.

۱ــ Collector

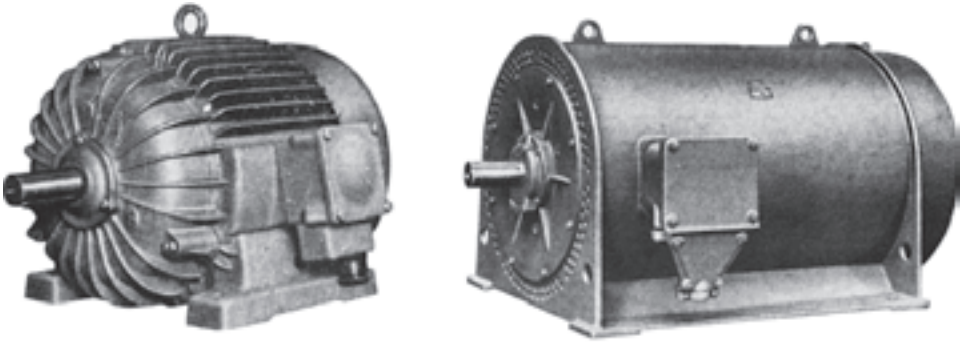


شکل ظاهری ژنراتور DC　　ژنراتور DC

شکل ۴ــ۷ــ ساختمان داخلی یک ژنراتور ساده DC

۴ــ۹ــ 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 چرخ‌خیاطی و ماشین تراش را نام برد. در شکل ۴ــ۸ دو نمونه از موتورهای الکتریکی نشان داده شده است.



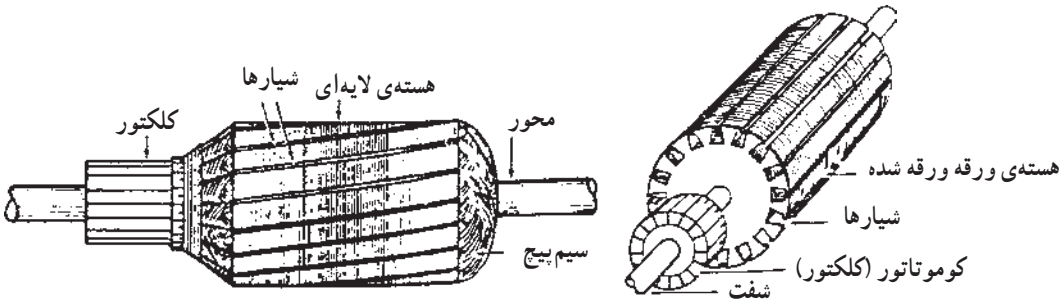
(ب) نوع DC　　(الف) نوع AC

شکل ۴ــ۸

۴ــ۱۰ــ 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.

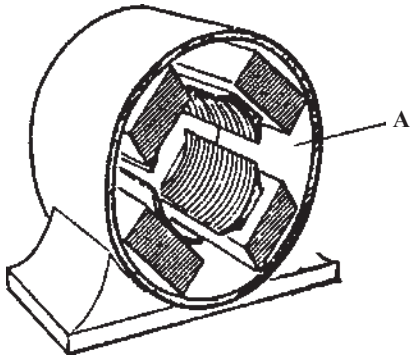
❊ **آرمیچر:** آرمیچر قسمت گردان موتور است و از هسته‌ی فولادی ورقه ورقه شده با شیارهایی که در آن کلاف سیم‌پیچی قرار دارد، تشکیل یافته است. هسته روی یک محور فولادی پرس می‌شود و روی محور کلکتور قرار می‌گیرد. کلکتور جریان را از جاروبک‌های زغالی به کلاف داخل شیارها هدایت می‌کند. شکل ۴ــ۹ یک نمونه آرمیچر را نشان می‌دهد.



(ب) آرمیچر سیم‌پیچی شده (الف) آرمیچر بدون سیم‌پیچی

شکل ۴ــ۹

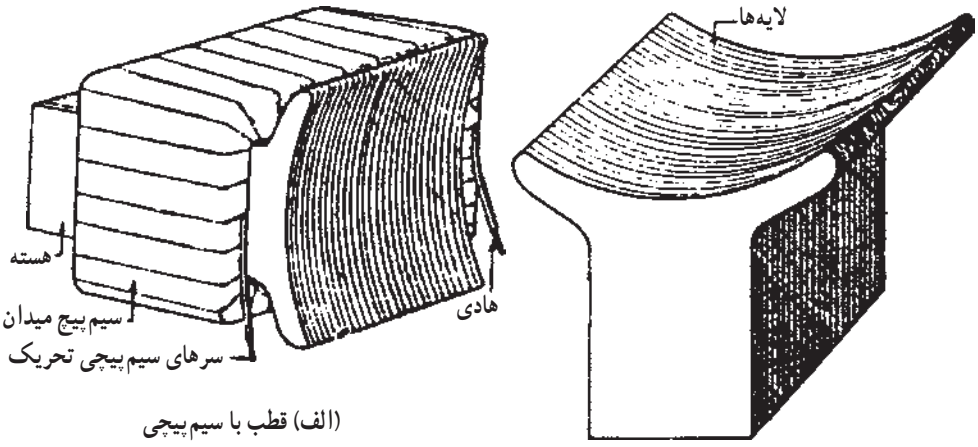
❊ **قاب بدنه:** بدنه‌ی موتور DC از فولاد یا آهن ریخته می‌شود و معمولاً مقطع آن به شکل دایره است. شکل ۴ ــ۱۰ قاب بدنه‌ی یک موتور را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۱۰

❊ **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

۴ــ۱۱ قطب‌های میدان تحریک را نشان می‌دهد.



(الف) قطب با سیم‌پیچی

(ب) قطب بدون سیم‌پیچی

شکل ۴ــ۱۱

❊ **کاسه‌های موتور (درپوش‌ها):** درپوش‌ها که جارو نگه‌دارها هم روی آن سوار هستند، با پیچ و مهره به بدنه وصل می‌شوند. شکل ۴ــ۱۲ درپوش‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۴ــ۱۲

۴ــ۱۱ــ 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 به‌وجود می‌آید. به این ترتیب بر هادی داخل آرمیچر نیرویی 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.

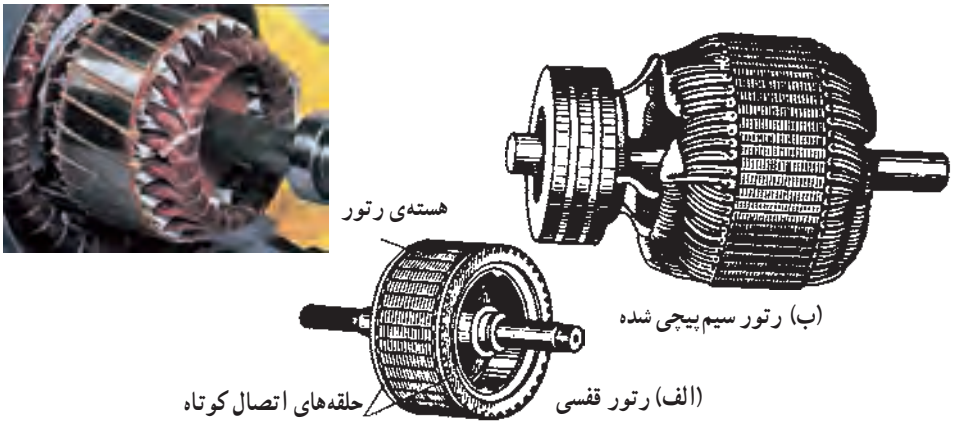
۴ــ۱۲ــ موتورهای AC

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

❊ **استاتور:** استاتور این موتورها مانند شکل ۴ــ۱۳ شیارهایی دارد که در داخل آن‌ها سیم‌پیچ‌ها قرار می‌گیرد تا میدان مغناطیسی لازم را برای گردش رتور ایجاد کند.

شکل ۴ــ۱۳

❊ **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 ۴ــ۱۴ این دو نوع رتور را نشان می‌دهد.

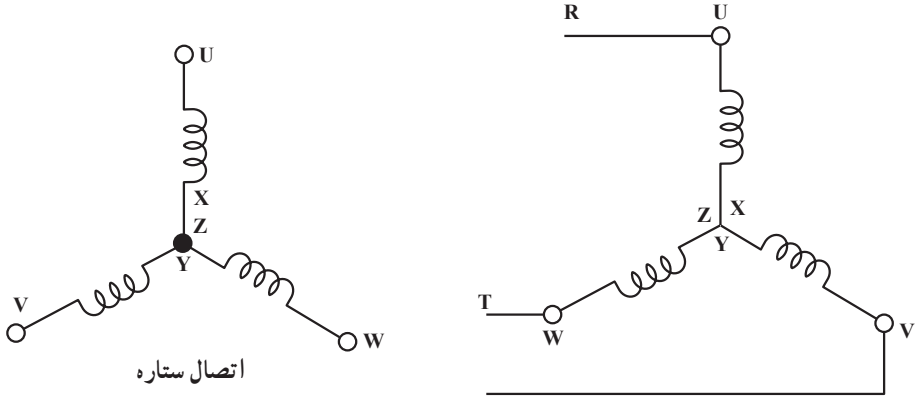


شکل ۴ــ۱۴

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

۴ــ۱۳ــ اتصال ستاره یا Y

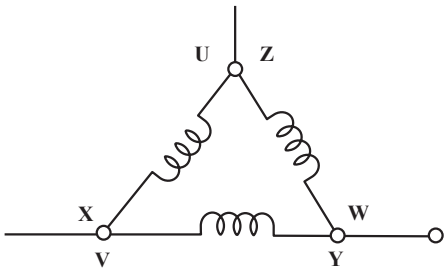
در اتصال ستاره یک سر کلاف‌ها را به صورت مشترک به یک‌دیگر وصل می‌کنیم، سپس سیم‌های فاز R و S و T را به سرهای باقی‌مانده متصل می‌کنیم. شکل ۴ــ۱۵ اتصال ستاره و اتصال سیم‌های فاز به کلاف‌های موتور را نشان می‌دهد. در این حالت سیم نول به محل اتصال Z و Y و X وصل می‌شود.



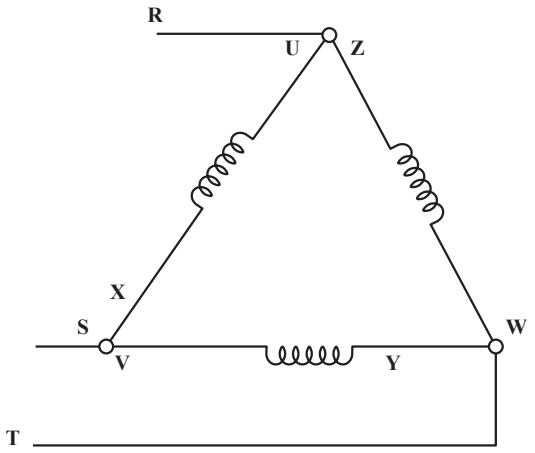
شکل ۴ــ۱۵

۴ــ۱۴ــ اتصال مثلث یا Δ

در این اتصال سر هر کلاف به ته کلاف بعدی وصل می‌شود و سیم‌های فاز به نقاط مشترک سر و ته کلاف اتصال می‌یابد. شکل ۴ــ۱۶ اتصال مثلث و اتصال سیم‌های فاز را به آن نشان می‌دهد.



اتصال مثلث



شکل ۴ــ۱۶

۴ــ۱۵ــ طرز کار موتور AC

وقتی به سه سیم‌پیچ موتور سه فاز ولتاژ سه فازه وصل کنیم، یک میدان مغناطیسی در داخل استاتور به‌وجود 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

۱ــ ماده‌ی مغناطیسی را توضیح دهید.

۲ ــ انواع آهن‌ربا را نام ببرید.

۳ــ آهن‌ربای مصنوعی را چگونه می‌سازند؟

۴ــ طرز تشخیص قطب‌های یک آهن‌ربا را شرح دهید.

۵ــ اگر بخواهیم برق شبکه (۲۲۰V) را به ۶ ولت تبدیل کنیم، از چه دستگاهی استفاده می‌کنیم؟

۶ــ نقش آرمیچر در موتور DC چیست؟

۷ــ یک موتور DC چگونه می‌چرخد؟

۸ــ یک موتور AC از چه قسمت‌هایی تشکیل شده است؟

۹ــ اتصال ستاره و مثلث را رسم کنید.

۱۰ــ طرز کار موتور AC را شرح دهید.

فصل پنجم

انواع کلیدها و تجهیزات تابلو

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

ـ انواع کلید را توضیح دهد.

ـ اصول کار کنتاکتور را توضیح دهد.

ـ اصول کار رله‌ی حرارتی را توضیح دهد.

ـ مدار فرمان و قدرت را توضیح دهد.

ـ انواع کابل‌ها و مشخصات آن‌ها را بداند.

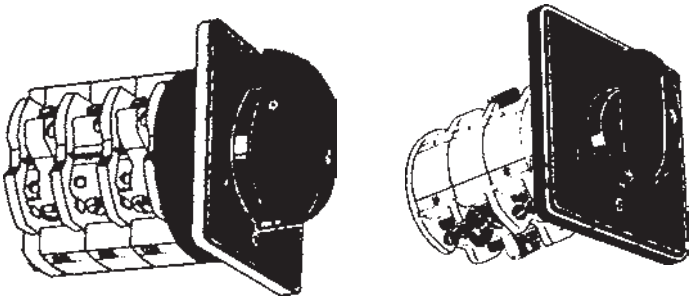
ـ طرز کار میکروسوئیچ‌ها را توضیح دهد.

ـ تابلوی برق و اجزای آن را توضیح دهد.

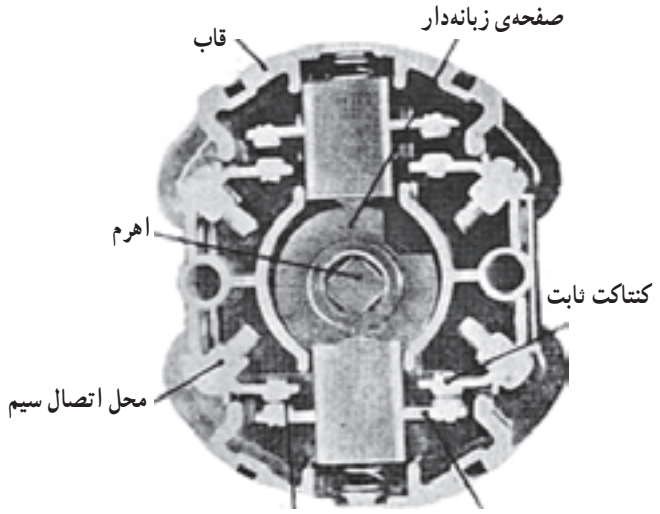
۵ـ۱ـ انواع کلید

کلیدها به انواع مختلف زیر تقسیم‌بندی می‌شوند :

۵ـ۱ـ۱ـ 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 ۵ـ۱ 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.

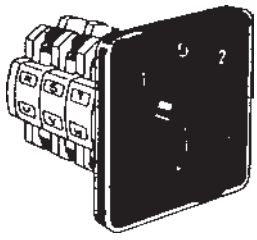


شکل ۵ـ۱



ادامه‌ی شکل ۵ــ۱

انواع دیگر کلید زبانه‌ای کلید چپ گرد و راست گرد است. شکل ۵ــ۲ این کلید را نشان می‌دهد.

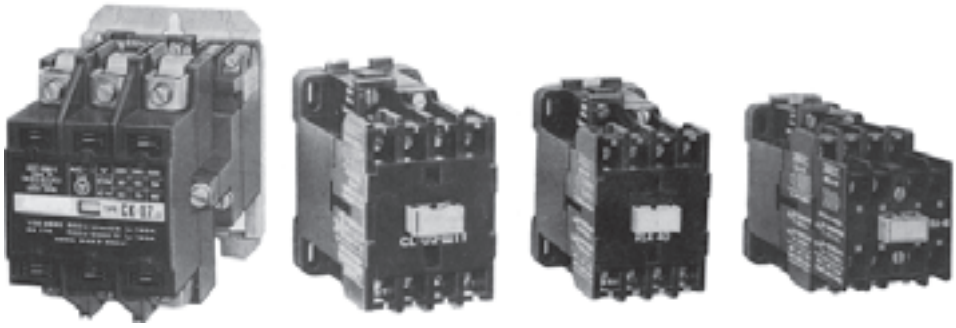


شکل ۵ــ۲

۵ــ۱ــ۲ــ کلید ستاره مثلث زبانه‌ای: برای راه‌اندازی موتورها 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 ۵ــ۳ این کلید را نشان می‌دهد.

شکل ۵ــ۳

۵ــ۱ــ۳ــ 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 ۵ــ۴ نمونه‌هایی از کنتاکتورها را نشان می‌دهد.



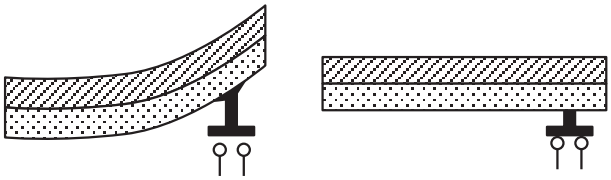
شکل ۵ــ۴

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 اوّل خود باز می‌گردد. در شکل ۵ــ۵ چند نمونه کلید شستی را مشاهده می‌کنید.

شکل ۵ــ۵

۵ــ۲ــ رله‌ی حرارتی

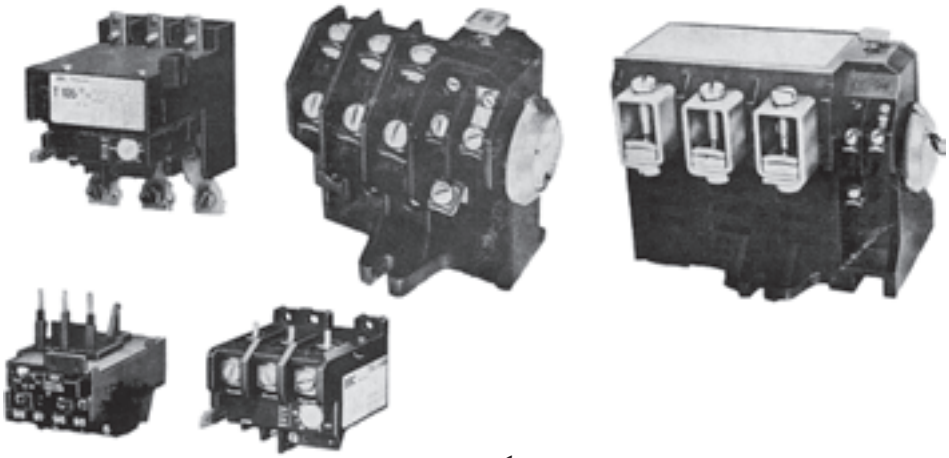
اگر دو فلز مختلف را به هم پرس کرده این مجموعه را گرم کنیم، به علت ضریب انبساط متفاوت دو فلز، مجموعه خم می‌شود و در این حالت قادر می‌شود به کنتاکت‌ها فرمان بدهد. شکل ۵ــ۶ این حالت را نشان می‌دهد.



دو فلز پرس شده در حالت سرد　　دو فلز پرس شده در حالت گرم

شکل ۵ــ۶

در رله‌ی حرارتی به دور مجموعه‌ی دو فلز، سیم مقاومت‌دار می‌پیچند و جریان مصرف کننده را از این سیم عبور می‌دهند. اگر جریان از مقدار تنظیم شده بیش‌تر شود، گرمای حاصل از افزایش جریان عبوری سبب خم‌شدن دو فلز می‌شود و در نتیجه، کنتاکتی را قطع یا وصل می‌کند. در شکل ۵ــ۷ نمونه‌ی چند رله‌ی حرارتی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۵ــ۷

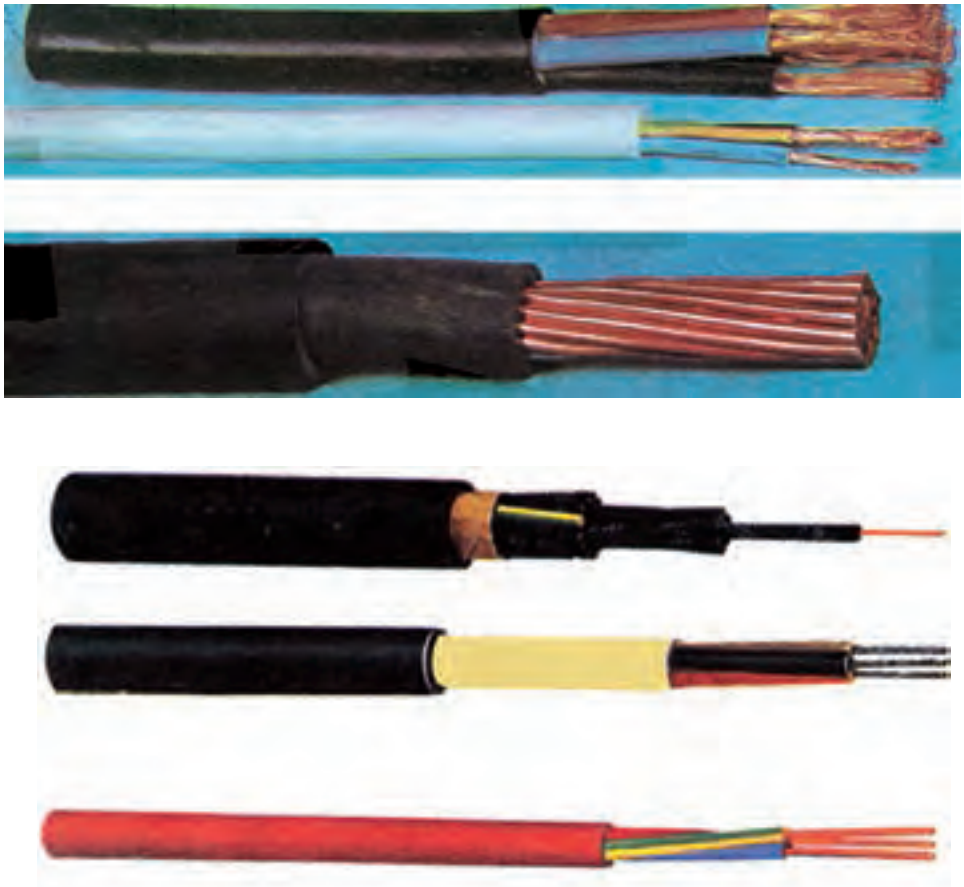
۵ــ۳ــ مدار فرمان و قدرت

۵ــ۳ــ۱ــ مدار فرمان: منظور از مدار فرمان، فرمان و کنترل کنتاکتور اصلی برای قطع و وصل مصرف کننده به شبکه است. در مدار فرمان برای راه‌اندازی کنتاکتورها و در نتیجه مصرف‌کننده‌ها و تغییر حالت مدار از کلید شستی استفاده می‌شود.

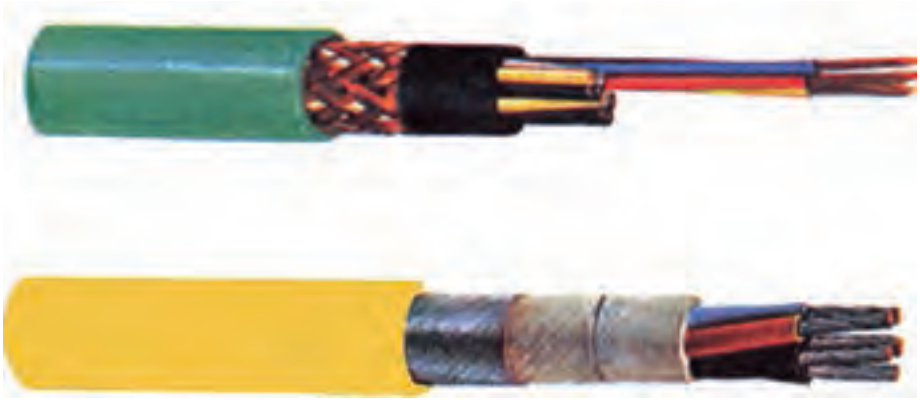
۵ــ۳ــ۲ــ مدار قدرت: منظور از مدار قدرت در نقشه‌ها، نشان دادن مسیرهای جریان عبوری مصرف کننده است. در نقشه‌های مدار قدرت فیوزها، رله‌ی حرارتی و مصرف کننده‌ها نشان داده می‌شوند.

۵ــ۴ــ انواع کابل‌ها و مشخصات آن‌ها

کابل‌ها در تغذیه‌ی مصارف الکتریکی و پخش 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 ۵ــ۸ انواع کابل‌ها را نشان می‌دهد.



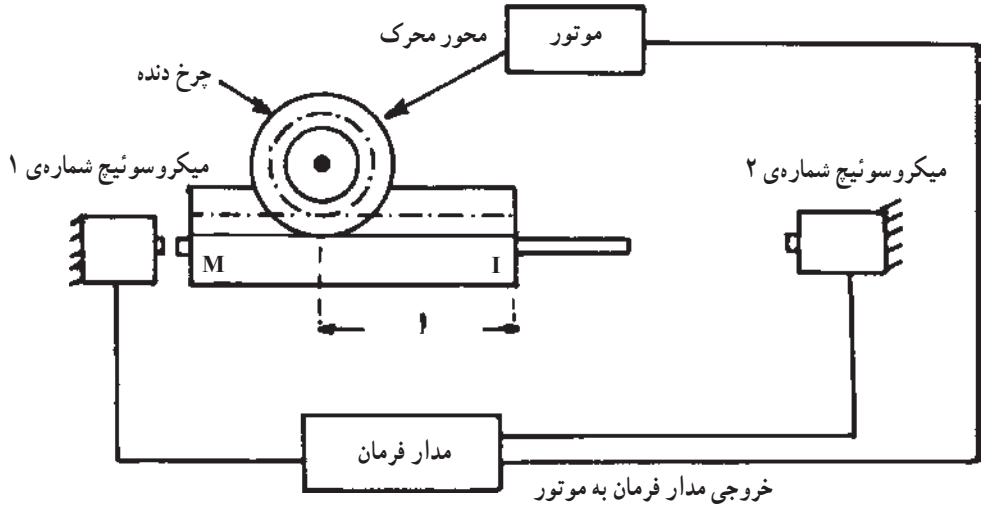
شکل ۵ــ۸



ادامه‌ی شکل ۵ــ۸

۵ــ۵ــ میکروسوئیچ‌ها (Micro Swiches)

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 ۵ــ۹ با استفاده از یک موتور و یک چرخ‌دنده، میله‌ی دندانه‌دار M فاصله‌ی l را طی می‌کند، سپس در انتهای فاصله با میکروسوئیچ شماره‌ی ۲ تماس پیدا کرده آن را وصل می‌کند.

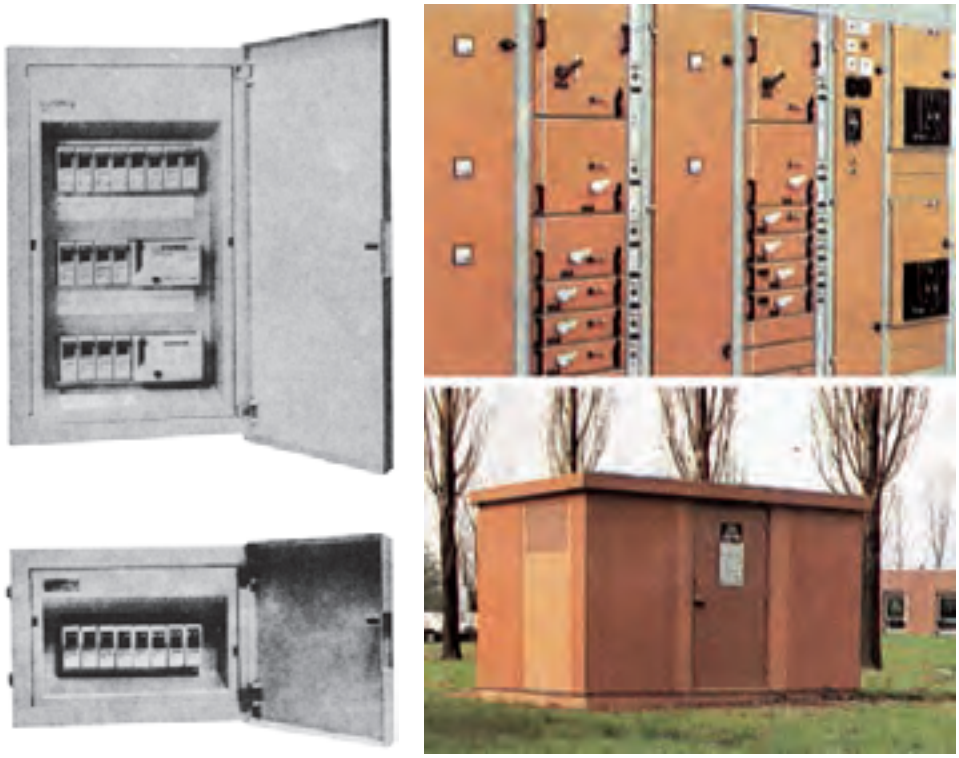


شکل ۵ــ۹ــ طرز کار میکروسوئیچ

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

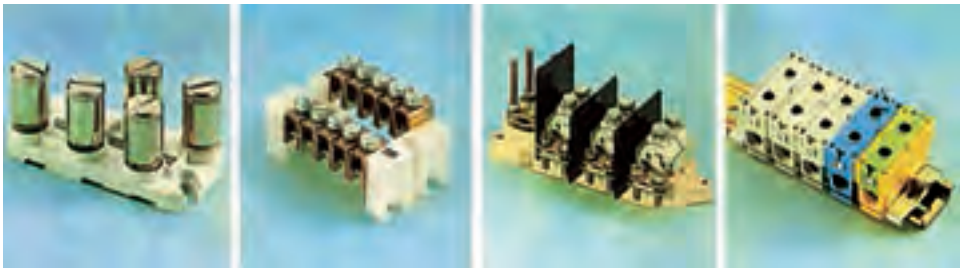
۵ــ۶ــ تابلوی برق و تجهیزات آن

تابلوی برق یک مرکز توزیع انرژی الکتریکی بین مصرف کننده‌ها 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 ۵ــ۱۰ چند تابلو را نشان می‌دهد. یک کارخانه یا مرکز توزیع انرژی در



شکل ۵ــ۱۰

یک شهر نیاز به تابلوی بزرگ با تجهیزات بیش‌تر دارد. ورودی تابلو معمولاً برق شبکه‌ی سراسری و خروجی آن مصرف کننده‌ها است. برای اتصال تابلو به ورودی‌ها و خروجی‌ها معمولاً از ترمینال‌ها استفاده می‌کنند. شکل ۵ــ۱۱ این ترمینال‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۵ــ۱۱ــ 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

۱ــ انواع کلید را شرح دهید.

۲ــ رله‌ی حرارتی چگونه کار می‌کند؟

۳ــ مدار فرمان و مدار قدرت را توضیح دهید.

۴ــ میکروسوئیچ چیست و چه کاربردی دارد؟

۵ــ تجهیزات یک تابلوی برق صنعتی را نام ببرید.

بخش دوّم

تأسیسات

فصل ششم

آب

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
ـ آب در طبیعت را شرح دهد.
ـ ناخالصی‌های آب را توضیح دهد.
ـ تصفیه‌ی آب را با روش‌های فیزیکی و شیمیایی شرح دهد.
ـ انواع صافی‌ها را توضیح دهد.
ـ دستگاه‌های تصفیه را شرح دهد.

۶ـ۱ـ 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 هرکدام از این سه حالت در صنایع مختلف به کار می‌روند. در صنعت نسّاجی، آب نه تنها به عنوان یک ماده‌ی اساسی برای گرم کردن یا خشک کردن به کار می‌رود، بلکه بیش‌تر عملیّات تکمیلی از قبیل شست‌وشو، سفیدگری، رنگرزی و چاپ در محیط آبی انجام می‌گردد. بنابراین مشخصّات آب مورد مصرف در این صنعت اهمیت بسیاری دارد.

ـ **نزولات آسمانی:** این نوع آب، شامل آب باران و برف است. این آب‌ها قبل از رسیدن به زمین به علّت 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 ئیدروژن و دی اکسید گوگرد و گاهی با موادّ آلی و گرد و غبار همراه است.

ـ **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.

ــ **آب‌های زیرزمینی:** آب‌های زیرزمینی از نفوذ آب‌های سطحی به عمق زمین به‌وجود می‌آیند ؛ مانند آب چاه‌ها و چشمه‌ها. معمولاً این آب‌ها به هنگام نفوذ در زمین موادّ 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.

۶ــ۲ــ 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 معلّق از قبیل گِل، 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.

۶ــ۳ــ تصفیه‌ی آب

منظور از تصفیه‌ی آب جداسازی مواد زائد از آب و از بین‌بردن 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.

۶ــ۳ــ۱ــ تصفیه‌ی آب به روش فیزیکی

ــ ***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.

ــ ***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 ئیدروژن) که موجب زنگ‌زدگی درون دستگاه‌های صنعتی هستند، از آن خارج شوند.

ــ ***روش ته‌نشینی:*** اگر هدف تصفیه‌ی آب جداسازی و حذف مواد معلق و کلوئیدی[1] 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 لجن‌کش، تخلیه می‌کنند.

ــ ***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 بارالکتریکی 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 منعقد کننده در حوض مخلوط کننده 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

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

ذرات و به‌وجود آمدن ذرات سنگین‌تر، آب از حوض «مخلوط کننده» به حوض دیگری به نام حوض «یکنواخت» کننده هدایت می‌شود و در این حوض، به آرامی هم‌زده می‌شود. در نتیجه‌ی این حرکت آرام و مخلوط شدن، امکان برخورد بین ذرات و چسبیدن آن‌ها به یک‌دیگر به‌وجود می‌آید ؛ پس از این مرحله، آب به حوض دیگری به نام حوض «ته‌نشینی» هدایت می‌شود و در این‌جا ذرات درشت به‌وجود آمده، به صورت رسوبات و لجن، ته‌نشین می‌شوند و از دریچه‌های تخلیه و یا به وسیله‌ی پمپ‌های لجن‌کش از حوض خارج می‌شوند. جدول ۶ــ۱ مواد منعقدکننده‌ای را که در تصفیه خانه‌های آب به کار می‌رود، با فرمول شیمیایی آن‌ها نشان می‌دهد و چون انتخاب هر یک از مواد منعقدکننده به pH[1] آب و جنس مواد معلق در آب بستگی دارد، pH آب نیز در جدول درج شده است.

جدول ۶ــ۱ــ مواد منعقدکننده و pH آب

منعقدکننده	فرمول شیمیایی	pH
سولفات آلومینیوم (آلوم)	$Al_2(SO_4)_3,18H_2O$	۴ تا ۷
سولفات و آهن II	$FeSO_4,7H_2O$	۸/۵ 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	$Na_2Al_2O_4$	

ــ صافی‌ها: برای جداکردن کلیه‌ی مواد به دست آمده از عمل انعقاد در آب، از صافی‌ها استفاده می‌شود. کار صافی‌ها عبور دادن آب از منافذ بسیار ریز و جداکردن ذرات جامد معلق در آب است. در انتخاب صافی باید توجه خاصی به سهولت پاک‌کردن منافذ و ارزانی آن کرد. در اکثر تصفیه‌خانه‌های بزرگ از صافی‌های شنی استفاده می‌شود.

در ساختمان این نوع صافی‌ها دانه‌های گرد سنگ‌های سیلیس، مرمر، آنتراسیت به ابعاد مختلف بر روی یک‌دیگر قرار گرفته که آب از روی طبقات مختلف این سنگ‌ها عبور می‌کند. اگر آب برای تصفیه‌ی مقدماتی دیگ بخار مورد استفاده قرار گیرد، بهتر است که از سنگ‌های سیلیس استفاده

۱ــ pH نشان‌دهنده‌ی کیفیت اسیدی و بازی محیط محلول است و بین ۱۴ــ۰ تغییر می‌کند اگر pH محیط ۷ــ۰ باشد محیط اسیدی و اگر ۷ باشد محیط خنثی از (۱۴ــ۷) 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 معلّق را جا می‌گذارد و صاف و تصفیه شده، خارج می‌شود. لازم به یادآوری است که صافی‌ها پس از مدتی کارکردن، به علت بسته‌شدن سوراخ‌هایشان از کار می‌افتند ؛ در این صورت مسیر عبور آب در صافی را برعکس می‌کنند تا ذرات «گیرکرده» در سوراخ‌های صافی، به صورت ذرّات معلق در سطح صافی درآید و سپس با سرریز از سطح ورودی آن خارج شود. پس از این عمل صافی مجدداً آماده‌ی بهره‌برداری می‌شود.

۶ــ۳ــ۲ــ 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 ــ 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.

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + CaCO_3 \downarrow$$

$$(CO_3H)_2Ca + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$

ب ــ روش استفاده از زئولیت‌ها: زئولیت‌ها دارای ترکیب پیچیده‌ای هستند ولی به طور مختصر می‌توان آن‌ها را با $R - Na_2$ 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.

$$R - Na_2 + MgSO_4 \rightarrow R - Mg_{\downarrow} + Na_2SO_4$$

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.

$$R - Ca + 2NaCl \rightarrow R - Na + CaCl_2$$

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

۶ــ۴ــ مصارف آب

آب باید برای هر مصرفی ویژگی خاصی داشته باشد به عنوان مثال آب‌هایی که در کشاورزی به کار می‌روند، باید شامل خصوصیاتی 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 قرارگرفته، 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 حدّ 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.

۶ــ۵ــ 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 [۱] (یک قسمت ناخالصی، در یک میلیون قسمت آب نمونه) تعیین می‌کنند. اعداد به دست آمده را در جدولی با اسم ناخالصی‌ها یادداشت می‌کنند.

۱ــ ppm: PARTPER Million

جدول ۶ــ۲ــ نتیجه‌ی آزمایشگاهی شش نمونه‌ی آب

نمونه	مقدار جامد حل شده	کم شدن وزن مقدار جامدات در اثر حرارت	مقدار SiO_2	مقدار آهن به‌صورت Fe_2O_3	مقدار کلسیم به‌صورت Ca^{++}	مقدار منیزیم به‌صورت Mg^{++}	مقدار بی‌کربنات CO_3H^-	مقدار سولفات SO_4^-	مقدار کلرید Cl^-	مقدار نیترات NO_3^-	CO_3Ca
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
۱	۱۲۷۳	۸۰	۲۲	۰/۴۸	۱۱۳	۳۳	۱۹۶	۹۲	۵۴۸	۲/۸	۴۱۸
۲	۲۸	۲/۵	۲/۶	۰/۰۴	۴/۵	۱/۲	۱۱	۷/۷	۱/۰	۰/۴۹	۶
۳	۹۶۹	—	۱۶	۰/۱۴	۲۰۳	۷۴	۵۰۴	۴۰۴	۸/۰	۰/۰	۱۱
۴	۴۳۴	۱۷	۱۰	۰/۰۹	۹۲	۳۴	۳۳۹	۸۴	۹/۶	۱۳	۳۶۹
۵	۱۴۸	—	۸/۲	۰/۲	۲۸	۴/۶	۲۷	۶۰	۱۳	۰/۸	۶۶
۶ آب دریا	۳۴۳۰۰	—	۲/۴	۰/۲	۴۰۷	۱۲۷۰	۱۳۷	۲۶۴۰	۱۹۰۰۰	۰/۹	۶۲۵۰

حال، با توجه به مصارف مختلف صنعتی، هرکدام 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 ۶ــ۳ نتیجه‌ی تصفیه‌ی یکی از نمونه‌های جدول ۶ــ۲ به روش رسوب دادن و استفاده از زئولیت را نشان می‌دهد که جهت مصرف در دیگ‌های بخار است.

جدول ۶ــ۳ــ نتیجه‌ی تصفیه کردن به روش‌های مختلف

یون یا ترکیب	تصفیه نشده		تصفیه شده به روش آهک کربنات سدیم		تصفیه شده به روش زئولیت سدیم	
	ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm
ئیدروکسیل (OH)	۰	۰/۰۰	۶/۸	۰/۴۰	۰	۰/۰۰
کربنات (CO_3)	۰	۰/۰۰	۲۱	۰/۲۰	۰	۰/۰۰
بی‌کربنات (HCO_3)	۳۳۹	۵/۵۶	۰	۰/۰۰	۳۳۹	۵/۶
سولفات (SO_4)	۸۴	۱/۷۵	۸۴	۱/۷۵	۸۴	۱/۷۵
کلرید (Cl)	۹/۶	۰/۲۷	۹/۶	۰/۲۷	۹/۶	۰/۲۷
نیترات (NO_3)	۱۳	۰/۲۱	۱۳	۰/۲۱	۱۳	۰/۲۱
سیلیس (Si)	۱۰	۰/۳۳	۵	۰/۱۷	۱۰	۰/۳۳
آهن (Fe)	۰/۰۹	—	—	—	—	—
کلسیم (Ca)	۹۲	۴/۶۰	۶	۰/۳۰	۲	۰/۱۰
منیزیم (Mg)	۳۴	۲/۰۸	۱	۰/۰۸	۰/۵	۰/۰۴
سدیم (Na)	۹	۰/۳۹	۶۸	۰/۹۵	۱۷۶	۷/۶۵
ئیدروژن (H)	—	—	—	—	—	—
سختی	۳۶۹	۷/۳۸	۱۹	۰/۳۸	۷	۰/۱۴

یک قسمت در یک میلیون قسمت = ppm اِکی‌والان گرم در یک میلیون قسمت = epm

۶ــ۶ــ اهمیّت تصفیه‌ی آب در صنعت نساجی

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

$$۲RCOONa + Ca^{++} \rightarrow (RCOO)_۲Ca_{\downarrow} + ۲Na^{+}$$

برخی از این نمک‌ها در آب با مواد مصرفی مانند صابون ترکیب می‌شوند و موادی را به‌وجود می‌آورند که عمل رنگرزی و شست‌وشو را با اشکال مواجه می‌کند.

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

۶ــ۷ــ 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 به‌وسیله‌ی 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 مریض‌شدن 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 مشکل چندانی 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 خوش‌مزه شدن آب کمک می‌کند. علل کاهش سختی آب‌های آشامیدنی شهری به قرار زیر است :

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

ــ کم‌کردن کار شست‌وشو و زیاد کردن عمر لباس‌ها

ــ جلوگیری از ته‌نشین شدن رسوبات در آب گرمکن‌ها

ــ بهتر کردن کیفیت آب در حمام‌ها

ــ گوارا کردن آب

ــ جلوگیری از ایجاد طعم نامطلوب آب.

آب‌های صنعتی نیز باید دارای خصوصیاتی 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 ۶ــ۴ 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 ۶ــ۴ــ جدول ناخالصی‌های معمولی در آب و اثرات آن‌ها

کیفیت ناخالصی	اسم ناخالصی		تولید علت یا اثرات آن در آب
مواد معلّق	۱ــ باکتری‌ها		تولید بیماری
	۲ــ خزه و موجودات میکروسکپی		تولید بو، رنگ، تیرگی
	۳ــ مواد کلوئیدی		تولید تیرگی
مواد محلول	نمک‌ها	کلسیم بی‌کربنات	تولید قلیایی و سختی
		کربنات	تولید قلیایی و سختی
		سولفات	تولید سختی
		منیزیم کلرید	تولید سختی، ساییدگی در فلزات
			دیگ بخار
		سدیم بی‌کربنات	تولید قلیایی
		کربنات	تولید قلیایی
		سولفات	تولید کف در دیگ بخار
		فلورید	جلوگیری از پوسیدگی دندان
		کلرید	تولید مزه
	اکسید آهن		تولید مزه، رنگ، خورندگی فلزات، سختی
	منگنز		تولید رنگ
	رنگ‌های گیاهی		تولید رنگ، اسیدی کردن
	گازها	اکسیژن	تولید خورندگی در فلزات
		دی‌اکسیدکربن	تولید خورندگی فلزات، اسیدی کردن
		SH_2	تولید بو، اسیدی کردن، خورندگی در
		نیتروژن	فلزات

ناخالصی‌هایی که یک کارخانه‌ی صنعتی باید از آب خود خارج کند عبارت‌اند از :

ــ مواد معلق مانند گل و لای و سیلیس که ممکن است به وسیله‌ی صافی‌های شنی از آب خارج شود.

ــ گازهای محلول در برخی از آب‌ها مانند گازکربنیک، اکسیژن و سولفید ئیدروژن 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.

۶ــ۸ــ انواع سختی آب

۶ــ۸ــ ۱ــ 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.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$MgCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Mg(HCO_3)_2$$

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

$$Ca(CO_3H)_2 \xleftarrow{100^\circ C} CaCO_{3\downarrow} + CO_2 + H_2O$$

$$Mg(CO_3H)_2 \xleftarrow{100^\circ C} MgCO_{3\downarrow} + CO_2 + H_2O$$

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

$$MgCO_3 + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + CO_2$$

$$CaCO_3 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + CO_2$$

۶ــ۸ــ۲ــ 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.

۶ــ۸ــ۳ــ سختی کل: مجموع نمک‌های کلسیم ــ منیزیم چه به صورت بی‌کربنات‌ها و چه به صورت نیترات‌ها، 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.

۶ــ۹ــ 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 :

ــ تصفیه‌خانه‌ی آب با صافی‌های تندشنی

ــ دستگاه صافی‌های فشاری

ــ دستگاه‌های سختی‌گیر

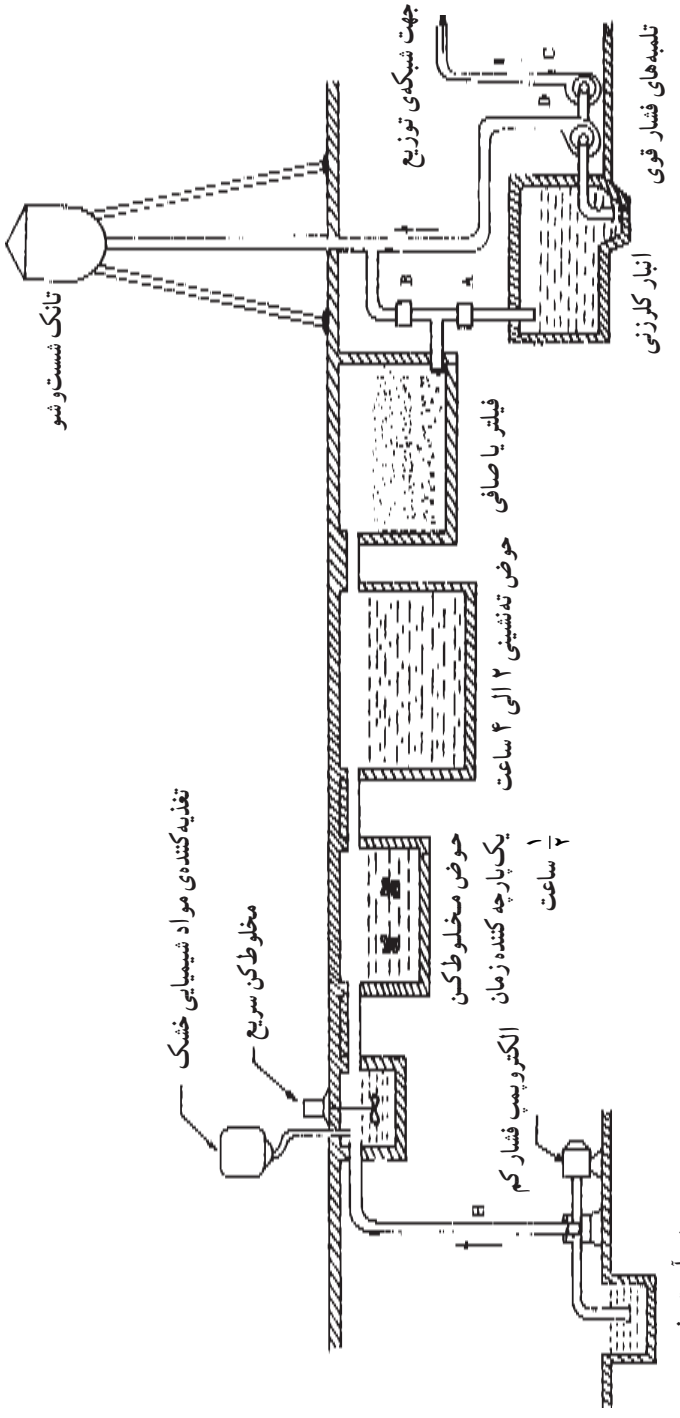
۶ــ۹ــ۱ــ تصفیه‌خانه‌ی آب با صافی‌های تندشنی: شکل ۶ــ۱ نمای یک تصفیه خانه‌ی ساده را نشان می‌دهد. باید توجه شود که در تصفیه‌خانه‌ی صافی‌های تندشنی، حتماً باید از منعقدکننده‌ها استفاده شود تا کیفیت تصفیه بالا باشد.

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 «یک‌پارچه کننده» 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

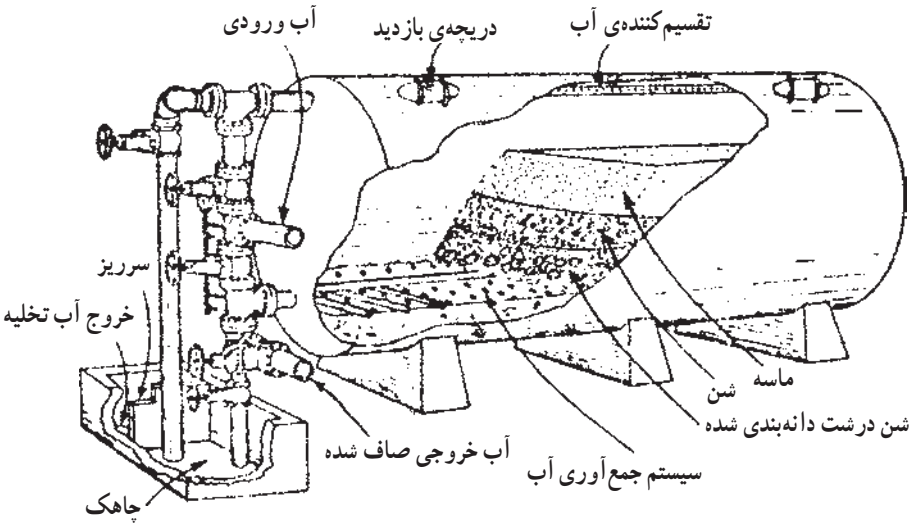
(فیلتر) که شامل طبقات ماسه‌شن و شن‌های درشت است کلیه ذرات معلق در خود را در لابه‌لای این طبقات جا می‌گذارد و پس از تصفیه‌شدن، وارد انبار دیگری به نام «انبار کلرزنی» می‌شود.



شکل ۶ـ۱ ـ تصفیه‌خانه‌ی آب با صافی‌های تند شنی

در انبار کلرزنی، برای از بین بردن میکروب‌ها و ضدعفونی 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.

۶ــ۹ــ۲ــ صافی‌های فشاری: شکل ۶ــ۲ 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 زده‌شدن و یک پارچه شدن و ته‌نشینی، وارد صافی می‌شود و آب تصفیه شده از خط خروجی آن بیرون می‌آید.

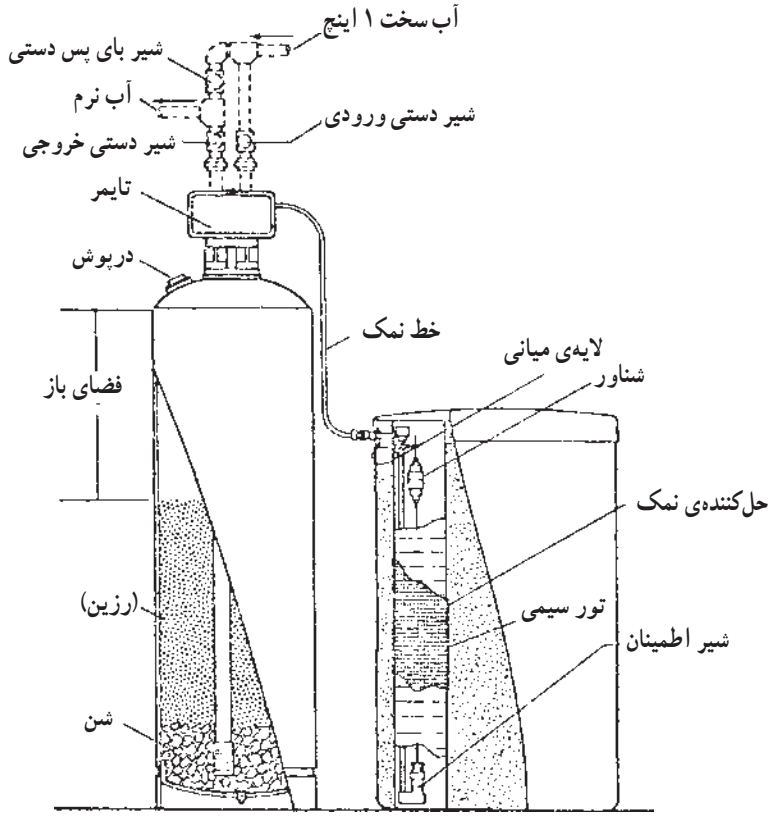


شکل ۶ــ۲ــ صافی فشاری

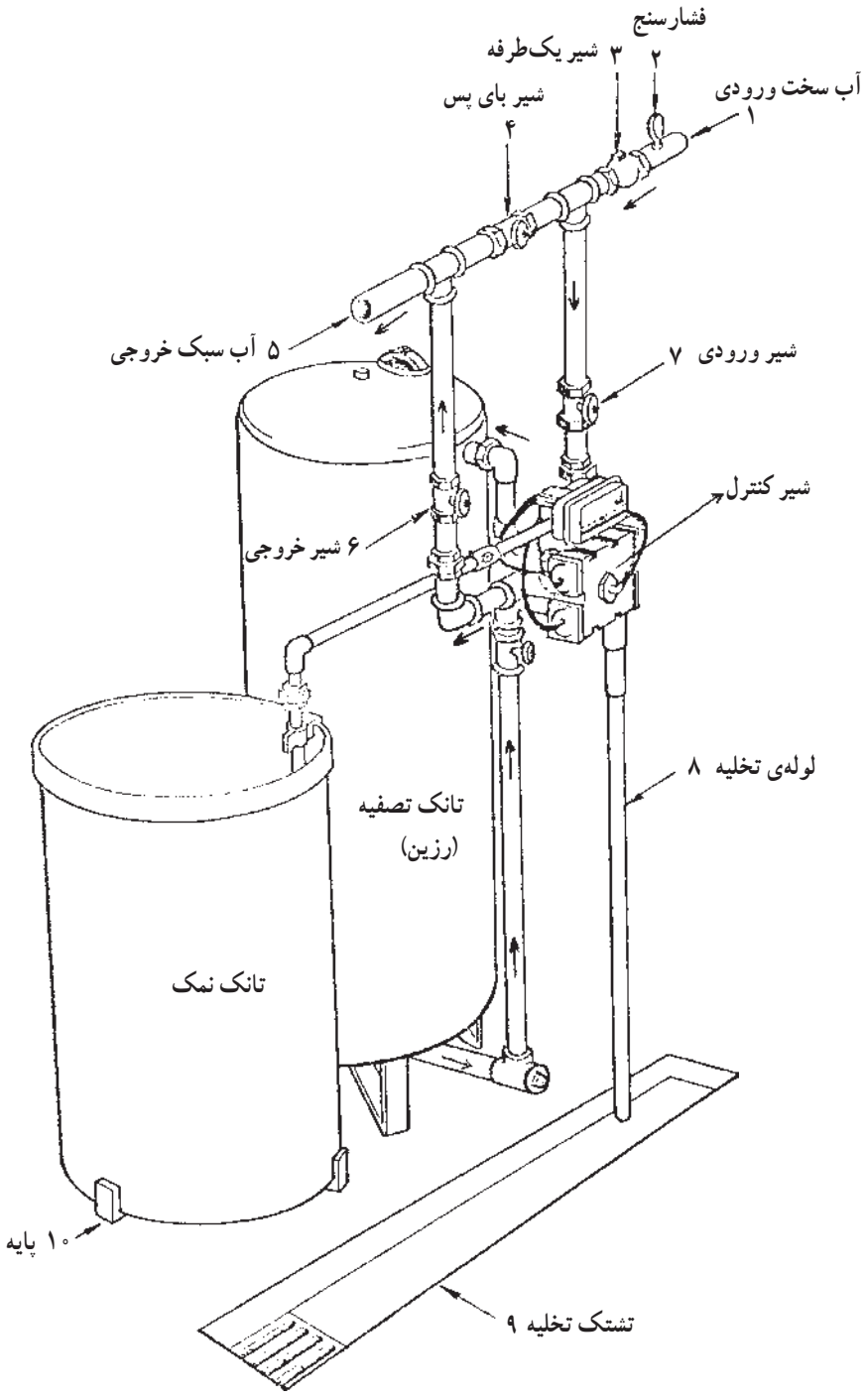
شکل ۶ــ۲ دستگاه صافی برش داده‌شده‌ای است که طرز قرارگرفتن لایه‌های ماسه، شن و شن‌های درشت و سیستم لوله‌کشی آن را نشان می‌دهد. معمولاً منعقدکننده‌های این نوع صافی‌ها،

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

۶ــ۹ــ۳ــ دستگاه‌های سختی‌گیر: دستگاه‌هایی که به این منظور ساخته می‌شوند، دارای دو تانک استوانه‌ای شکل هستند. یکی از تانک‌ها، مجهّز 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 ۶ــ۳ و ۶ــ۴ نمونه‌ای از این نوع دستگاه‌های تصفیه‌اند که در موتورخانه‌های بخار جزء نیازهای اساسی هستند و در قسمتی از موتورخانه، جهت تأمین آب تغذیه دیگ‌ها نصب می‌شوند.



شکل ۶ــ۳ــ نمونه‌ی برش داده شده‌ی دستگاه تصفیه



شکل ۶ــ۴ــ دستگاه تصفیه

با توجه به شکل ۶ــ۴ آب سخت ورودی، پس از عبور از شیر ورودی از طریق شیر کنترل، وارد قسمت بالای تانک سرپوشیده می‌شود و هنگام عبور از لابه‌لای رزین‌های تعویض کننده‌ی 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 تعویض کننده‌ی 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 مجدّد، 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 کنتور آب را در خط مصرف قرار می‌دهند و شماره‌ی صفحه‌ی کنتور آب را یادداشت می‌کنند ؛ وقتی که میزان آب مصرفی تصفیه شده، به حدّ ظرفیّت 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

۱ــ انواع آب‌ها را برحسب منشأ طبیعی آن‌ها نام برده، درباره‌ی هر یک، توضیح دهید.

۲ــ چرا در بعضی از کشورها، باران‌های اسیدی می‌بارد؟

۳ــ روش‌های تصفیه‌ی آب به طریق فیزیکی را نام برده، هر کدام را شرح دهید.

۴ــ با ذکر نام چند منعقدکننده، توضیح دهید که چگونه منعقدکننده‌ها باعث تصفیه‌ی آب می‌شوند.

۵ــ مفاهیم زیر را تعریف کنید :

آب سبک، آب برنده، سختی دایم، سختی موقت، سختی کل

۶ــ آب تصفیه نشده باعث ایجاد چه مشکلاتی در رنگرزی و عملیّات تکمیلی می‌شود؟ توضیح دهید.

۷ــ دلایل جداکردن سختی آب شرب شهری را توضیح دهید.

۸ــ روش تصفیه‌ی آب به وسیله‌ی زئولیت‌ها و رسوب‌دادن را شرح دهید.

۹ــ دستگاه سختی‌گیر رزین‌های تعویض کننده‌ی یونی (مثل زئولیت‌ها) را شرح دهید.

فصل هفتم

هوا و مشخّصات آن

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
ـ هوا و ترکیبات آن را توضیح دهد.
ـ انواع دستگاه‌های رطوبت‌زنی را توضیح دهد.

۷ـ۱ـ هوا و اجزای تشکیل دهنده‌ی آن

اجزای تشکیل دهنده‌ی هوای خشک، بدون درنظر گرفتن بخار آب، به نسبت حجم ترکیبی آن، در جدول ۷ـ۱ 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.

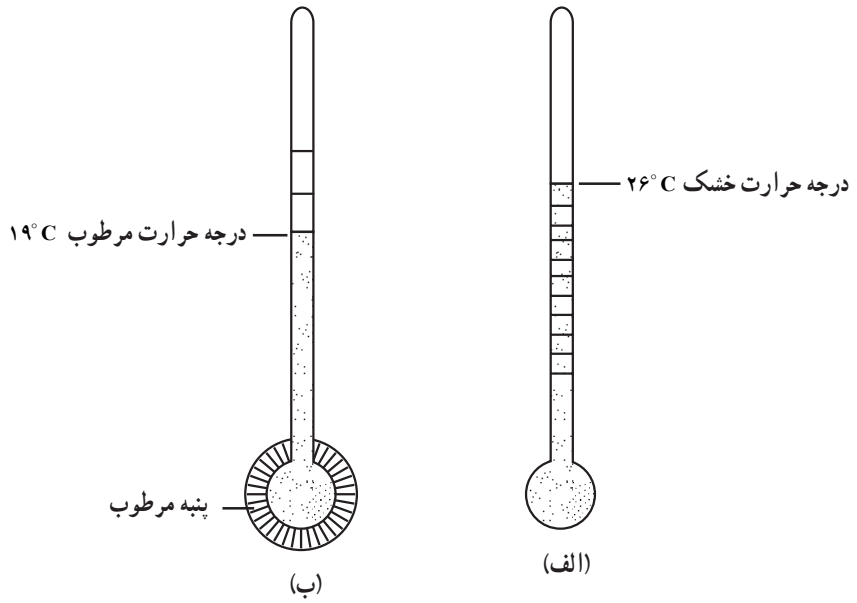
جدول ۷ـ۱ـ اجزای تشکیل‌دهنده‌ی هوای خشک

اجزای تشکیل‌دهنده‌ی هوای خشک	
ازت	٪۷۸/۰۳
اکسیژن	٪۲۰/۹۹
آرگن	٪۰/۹۳۲
دی‌اکسیدکربن	٪۰/۰۳
ئیدروژن	٪۰/۰۱
نئون	٪۰/۰۱۸
کریپتون	٪۰/۰۰۰۱
هلیوم	٪۰/۰۰۰۵
اُزُن	٪۰/۰۰۰۰۶
گزنون	٪۰/۰۰۰۰۰۹
	٪۱۰۰= ٪۹۹/۹۹۴۴۶۹

۷ــ۲ــ تأثیر رطوبت بر الیاف

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

ــ درجه حرارت خشک (Dry.Bulb.Temprature) (DBT): دمای معینی از هوا است که به‌وسیله‌ی دماسنج اندازه‌گیری می‌شود و رطوبت هوا روی آن تأثیر ندارد. با توجّه به شکل ۷ــ۱ الف، هرگاه دماسنجی را در مجاورت هوا قرار دهیم، ماده‌ی درون دماسنج (الکل یا جیوه) درنتیجه‌ی دمای محیط بالا می‌رود و در دمای معیّنی 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.



شکل ۷ــ۱

ــ درجه حرارت مرطوب (تر) (Wet.Bulb.Temprature) (WBT): هرگاه اطراف مخزن دماسنج الف را که درجه حرارت خشک هوا را نشان می‌دهد (۲۶°C)، به‌وسیله‌ی پنبه‌ی مرطوبی دایماً مرطوب نگه داریم هوای اطراف پنبه‌ی مرطوب درنتیجه‌ی جذب رطوبت پنبه، سردتر می‌شود و سطح جیوه‌ی دماسنج کم‌کم پایین می‌آید و بالاخره در مقابل عددی مثلاً ۱۹°C ثابت می‌شود. درجه حرارتی را که به این طریق به‌دست می‌آید، «درجه حرارت مرطوب» هوا می‌نامند. بنابراین همواره درجه حرارت مرطوب هوا کم‌تر از درجه حرارت خشک هوا می‌باشد، یعنی $DBT > WBT$.

نقطه‌ی شبنم: هرگاه هوایی مرطوب را به‌تدریج سرد کنیم، به نقطه‌ای می‌رسیم که اوّلین 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، درنتیجه‌ی سرد شدن (میعان) به‌صورت قطرات شبنم در سطح شیشه‌ی پنجره ظاهر می‌شود.

۷ــ۳ــ 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 به‌ترتیب حدود ۵، ۱۴ و ۱۶ درصد افزایش می‌یابد. طول ویسکوز ریون حدود ۳ تا ۵ درصد و قطر آن حدود ۲۶درصد افزایش می‌یابد. دامنه‌ی تغییرات ابعاد الیاف به‌عوامل 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 ۲/۶ گرم بر دنیر است ولی در حالت تر به ۱/۴ گرم بر دنیر کاهش می‌یابد. استحکام الیاف استات سلولز در حالت خشک ۱/۴ گرم بر دنیر و در حالت تر ۰/۹ گرم بر دنیر است. استحکام الیاف پنبه به‌دلیل افزایش آرایش یافتگی زنجیرهای پلیمری در اثر جذب رطوبت بیش‌تر می‌شود.

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

اثر رطوبت برروی 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 الکتریسیته‌ی ساکن طیّ فرآیندهای مختلف نساجی از طریق افزایش رطوبت هوا برای الیاف مختلف متفاوت می‌باشد ؛ برای مثال الکتریسیته‌ی ساکن ایجاد شده برروی الیاف پنبه و پشم را می‌توان از طریق افزایش رطوبت هوا کاهش داد ؛ درحالی که درمورد الیاف نایلون و پلی‌استر به‌دلیل درصد کم جذب رطوبت، نمی‌توان با افزایش رطوبت محیط، الکتریسیته‌ی ساکن را کاهش داد. لذا ما برای انجام فرآیندهای نساجی برروی الیاف مختلف، شرایط تعریف شده‌ی

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

۷ــ۴ــ رطوبت‌زنی

بالا بردن رطوبت پایین محیط را به‌روش‌های 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.

۷ــ۵ــ دستگاه‌های رطوبت‌زن

۷ــ۵ــ۱ــ استفاده از جهت‌های آب: در این روش آب را با فشار از لوله‌هایی که انتهای‌شان دارای سوراخ‌های ریز نازل مانندی است، عبور می‌دهند، درنتیجه ذرات آب به‌صورت پودر در سالن پخش می‌گردد.

۷ــ۵ــ۲ــ استفاده از پنکه‌های مخصوص: در این روش که نمونه‌ی آن در شکل ۷ــ۲ نشان داده شده است، آب به‌وسیله‌ی پروانه‌های مخصوصی که با سرعت می‌چرخند، به‌صورت پودر درآمده، در هوا پخش می‌گردد. این ذرات سپس به‌صورت بخار آب درآمده، توسط سیستم تهویه مکیده می‌شوند.

شکل ۷ــ۲ــ پنکه‌های مخصوص رطوبت‌زنی

۷ــ۵ــ۳ــ طرز کار دستگاه تهویه‌ی مطبوع مرکزی: اهداف کلی سیستم تهویه‌ی مطبوع مرکزی عبارت‌اند از :

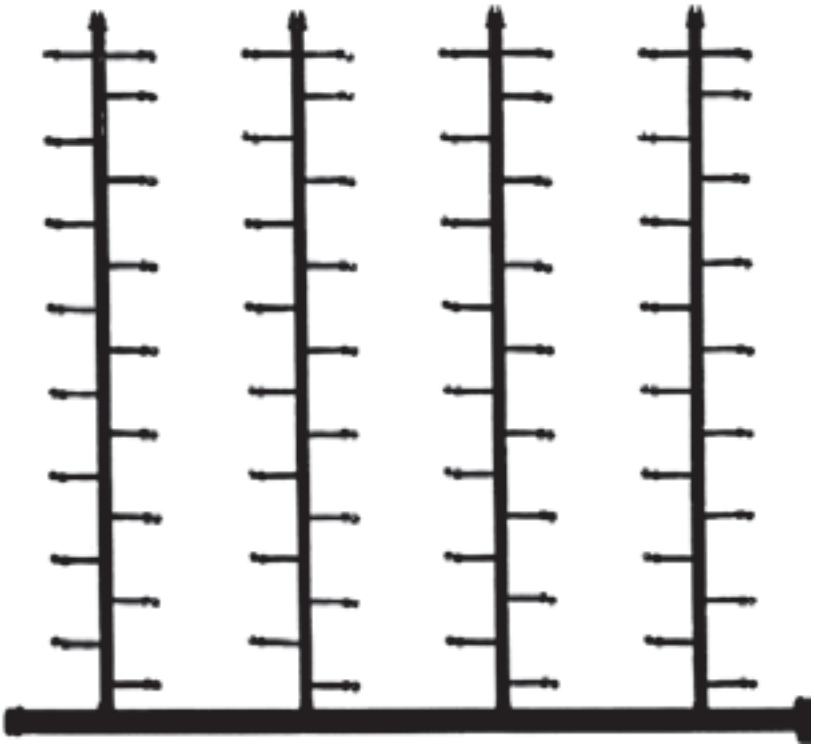
ــ تهویه‌ی مطبوع

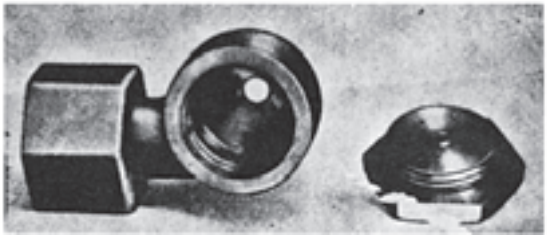
ـ جریان دادن هوا

ـ صاف کردن و پاک کردن هوای سالن

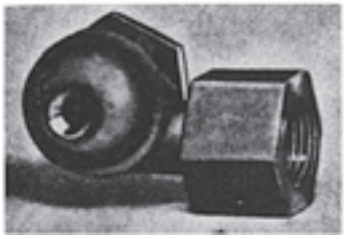
هوای درون سالن از طریق کانال‌هایی که در کف سالن تعبیه شده است به درون سیستم مکیده می‌شود. گرد و غبار و ضایعات و الیاف موجود در هوای برگشتی از سالن، توسط یک «صافی گردان» از هوا جدا شده، هوای صاف به‌داخل سیستم تهویه، هدایت می‌شود. هوای صاف شده مطابق با شرایط حرارتی موردنیاز سالن، از یک واحد گرمادهی که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

هوای مزبور در یک محفظه‌ی اختلاط با هوای تازه ترکیب شده، به‌سمت قسمت رطوبت‌زنی هدایت می‌شود. در این قسمت توسط آب‌فشان‌هایی (مطابق شکل ۷ـ۳) رطوبت لازم به هوا اضافه





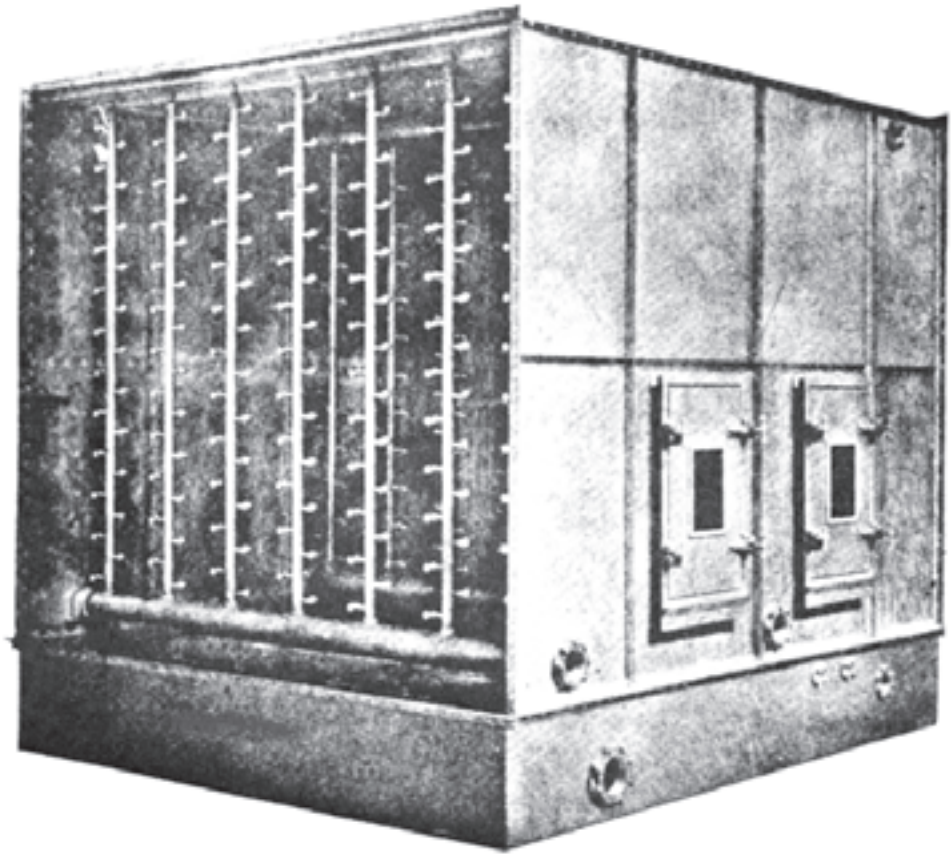
آب‌فشان پودرکننده بدون درپوش



آب‌فشان پودرکننده

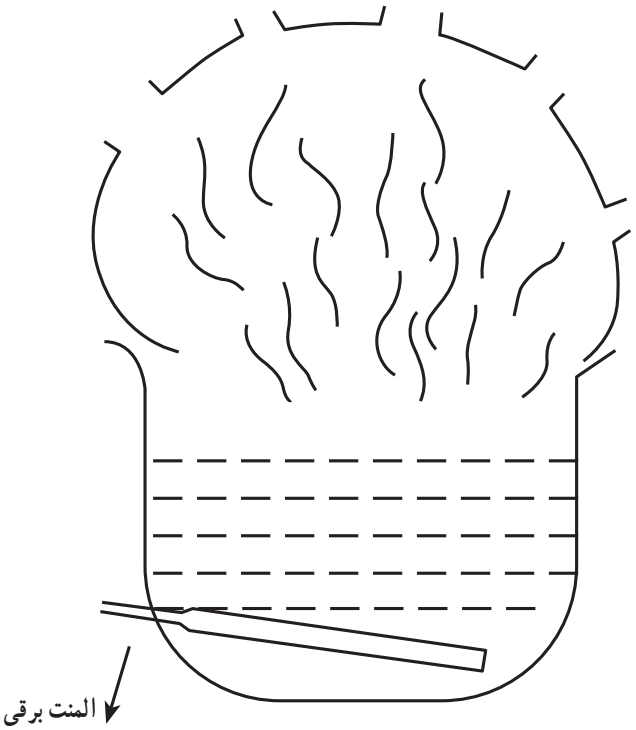
شکل ۷ـ۳ـ سیستم لوله‌کشی آب‌فشان‌ها

می‌شود. یک سیستم آبگیر قطرات درشت آب را از هوای گرم و مرطوب درحال عبور، جدا می‌نماید. سرانجام هوای مزبور به‌وسیله‌ی چند بادرسان به کانال‌های داخل سالن هدایت می‌شود. در شکل ۷ــ۴ یک دستگاه رطوبت‌زن بدون اتصال کانال‌های ورودی هوا نشان داده شده است.



شکل ۷ــ۴ــ دستگاه رطوبت‌زن بدون اتصال کانال‌های ورودی هوا

۷ــ۵ــ۴ــ دستگاه رطوبت‌زن الکتریکی: در این روش آب درون دستگاه، به‌وسیله‌ی «المنت» الکتریکی گرم شده، بخارهای به‌دست آمده به‌تدریج در فضای محیط پخش می‌شود.



شکل ۷ــ۵ــ دستگاه رطوبت‌زن الکتریکی

۷ــ۶ــ 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 به‌کار می‌کند، نمایان است. برای مثال براثر 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 برروی الیاف بیش‌تر شده، با دفع یکدیگر در فاصله‌ی بیش‌تری نسبت به هم قرار می‌گیرند. در بررسی میکروسکوپی از الیاف، در فتیله‌ها و نیمچه نخ‌های 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 نیمچه نخ‌های به‌دست آمده، اهمیّت دارد).

در قسمت چند لاکنی این فتیله‌ها نمی‌توانند از شیپوری قسمت کویلر عبور کنند، درنتیجه تولید متوقف می‌شود. با افزایش رطوبت نسبی، مقدار الکتریسیته‌ی ساکن ایجاد شده برروی 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 رطوبت‌نسبی بیش از اندازه در مراحل تولیدی نخ از الیاف بلند پنبه‌ای، موجب پیچیدن الیاف به دور غلتک‌های کششی می‌گردد.

۷ــ۶ــ۱ــ پیچش الیاف به دور غلتک: کمبود رطوبت موجب خشک شدن الیاف و درنتیجه تولید بارهای الکتریسیته‌ی ساکن در آن‌ها می‌گردد. بارهای الکتریسیته‌ی ساکن تولید شده سطح غلتک و بین الیاف، غیرهم‌نام بوده، درنتیجه یک نیروی جاذبه‌ی الکترواستاتیکی بین آن‌ها ایجاد می‌گردد.

در این حالت، درصورتی 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 حدّ امکان از پیچیده شدن این قبیل الیاف به دور غلتک جلوگیری می‌نمایند. ولیکن درصورت 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، درنتیجه عمل پیچیدن الیاف به‌دور غلتک ادامه یافته، موجب پارگی رشته‌ی مواد تولیدی و کاهش کارایی و بازدهی محصول می‌گردد.

۷ــ۶ــ۲ــ 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، درنتیجه رشته‌ی تولیدی به‌صورت بالن دیده می‌شود. در چنین حالتی، اگر اصطکاک بین الیاف به‌اندازه کافی نباشد، فرار و پراکندگی الیاف از یکدیگر فزونی یافته، درنتیجه رشته‌ی تولیدی پاره می‌شود و بازدهی محصول کاهش می‌یابد و اگر درصورت 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 مشخص‌شدن اهمیت تأثیر رطوبت در بافندگی پارچه‌های پنبه‌ای، به شرح زیر می‌باشد :

۱ــ اضافه‌شدن رطوبت نسبی از ۵۳٪ به ۶۸٪ موجب کاهش پارگی نخ‌ها به میزان ۳۳/۵٪ می‌شود.

۲ــ اضافه‌شدن رطوبت نسبی تا ۷۸٪ مقدار پارگی را به میزان ۱۲/۵٪ کاهش می‌دهد.

۳ــ اضافه‌شدن درصد رطوبت تا ۸۸٪ هیچ‌گونه تأثیری به وجود نمی‌آورد.

۴ــ افزودن رطوبت نسبی از ۶۰٪ به ۷۰٪ در حالت الاستیسیته نخ تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته، موجب افزوده‌شدن الاستیسیته به میزان ۱۵/۸٪ می‌شود و پارگی را به میزان ۳۳/۵٪ کاهش می‌دهد.

این موضوع بیان‌گر آن است که رطوبت‌های نسبی بالاتر از ۷۸٪ هیچ‌گونه تأثیری در وضع کارآیی محصول پیش نمی‌آورد. اگرچه دست‌یابی به میزان مناسب رطوبت نسبی در کارخانه‌ها از طریق تجربه به‌دست می‌آید. نمونه‌ای از شرایط پیشنهادی محیطی در سالن‌های مختلف صنایع نساجی در جدول ۷ــ۲ نشان داده شده است.

جدول ۷ــ۲ــ شرایط محیطی سالن‌های ریسندگی و بافندگی پنبه‌ای

قسمت سالن‌ها	فصول مختلف سال			
	فصل سرما و معتدل		فصل گرما	
	درجه حرارت °C	رطوبت نسبی ٪	درجه حرارت °C	رطوبت نسبی ٪
بازکردن الیاف	۲۰ــ۲۲	۵۰	۲۴ــ۲۸	۵۰
حلاجی	۱۸ــ۲۰	۵۰	۲۴ــ۲۸	۵۰
کاردینگ	۲۰ــ۲۵	۵۰ــ۵۵	۲۴ــ۲۸	۵۰ــ۵۵
بالش	۲۰ــ۲۲	۵۰	۲۴ــ۲۸	۵۰
فتیله	۲۲ــ۲۴	۵۵ــ۶۰	۲۴ــ۲۶	۵۵ــ۶۰
فلایر و رینگ	۲۴ــ۲۶	۵۵ــ۶۰	۲۶ــ۲۸	۵۰ــ۵۵
ماسوره‌پیچی و چله‌کشی	۲۰ــ۲۴	۶۵ــ۷۰	۲۳ــ۲۴	۶۵ــ۷۰
بافندگی دابی	۲۰ــ۲۴	۶۵ــ۷۰	۲۳ــ۲۴	۶۵ــ۷۰
بافندگی ژاکارد	۲۲ــ۲۶	۶۰ــ۶۵	۲۴ــ۲۶	۶۰ــ۶۵

در جدول ۷ــ۳ و ۷ــ۴ شرایط محیطی سالن‌های ریسندگی و بافندگی پشمی و فاستونی نشان داده شده است.

جدول ۷ــ۳ــ شرایط محیطی سالن‌های ریسندگی و بافندگی پشمی

قسمت (سالن)	فصل‌های مختلف سال			
	فصل سرما و متوسط		فصل گرما	
	درجه حرارت °C	رطوبت نسبی ٪	درجه حرارت °C	رطوبت نسبی ٪
حلاجی ــ مخلوط کنی	۱۸ــ۲۰	طبیعی	۲۴ــ۲۸	طبیعی
کاردینگ	۲۰ــ۲۵	۵۰ــ۵۵	۲۴ــ۲۸	۵۰ــ۵۵
ریسندگی و بوبین پیچی برای نمره‌های :				
الف) ۶ تا ۱۲	۲۲ــ۲۵	۶۰ــ۶۵	۲۶ــ۲۸	۵۵ــ۶۰
ب) بیشتر از ۱۲	۲۲ــ۲۵	۶۰ــ۶۵	۲۵ــ۲۷	۵۵ــ۶۰
چله‌کشی	۲۰ــ۲۲	۶۰ــ۶۵	۲۴ــ۲۶	۶۰ــ۶۵
بافندگی	۲۰ــ۲۳	۶۵ــ۷۰	۲۳ــ۲۴	۶۵ــ۷۰

جدول ۷ــ۴ــ شرایط محیطی سالن‌های ریسندگی و بافندگی فاستونی

قسمت (سالن)	فصل‌های مختلف سال			
	فصل سرما و متوسط		فصل گرما	
	درجه حرارت °C	رطوبت نسبی ٪	درجه حرارت °C	رطوبت نسبی ٪
مقدمات ریسندگی	۱۸ــ۲۰	طبیعی	۲۴ــ۲۸	طبیعی
کاردینگ و شانه‌زنی	۲۰ــ۲۳	۵۵ــ۶۰	۲۶ــ۲۸	۶۰ــ۶۵
فتیله ــ گیل‌باکس برای :				
الیاف پشم متوسط	۲۰ــ۲۴	۶۵ــ۷۰	۲۴ــ۲۶	۶۰ــ۶۵
الیاف پشم ظریف	۲۰ــ۲۴	۷۰ــ۷۵	۲۳ــ۲۶	۶۰ــ۶۵
نیمچه نخ برای الیاف پشم :				
الف) متوسط	۲۰ــ۲۴	۷۰ــ۷۵	۲۳ــ۲۵	۶۵ــ۷۵
ب) ظریف	۲۰ــ۲۳	۷۵ــ۸۰	۲۳ــ۲۴	۷۰ــ۷۵
ریسندگی از الیاف پشم ظریف :				
الف) نمره‌های ۱۶ تا ۳۲	۲۲ــ۲۴	۷۰ــ۷۵	۲۳ــ۲۵	۶۵ــ۷۵
ب) بیش‌تر از ۳۲	۲۲ــ۲۴	۷۰ــ۷۵	۲۳ــ۲۵	۶۵ــ۷۵
انبار فتیله و نیمچه نخ	۱۶ــ۱۸	۷۵ــ۸۰	۲۰ــ۲۴	۷۰ــ۷۵
مقدمات بافندگی و بافندگی	۲۰ــ۲۲	۷۰ــ۷۵	۲۳ــ۲۴	۶۵ــ۷۰

پرسش

۱ــ رطوبت را تعریف و واحدهای آن را نام ببرید.

۲ــ انواع رطوبت را نام ببرید و درباره‌ی آن‌ها توضیح دهید.

۳ــ اثر رطوبت بر روی الیاف را توضیح دهید.

۴ــ انواع دستگاه‌های رطوبت‌زن را نام ببرید.

۵ــ تأمین رطوبت، به‌وسیله‌ی افشانک‌ها را توضیح دهید.

۶ــ نقطه‌ی شبنم را تعریف کنید.

۷ــ نقش درجه حرارت و رطوبت هوا را در سالن‌های نساجی توضیح دهید.

۸ــ عواملی را که در تهویه باید مورد نظر قرار گیرد، توضیح دهید.

۹ــ اهداف سیستم تهویه مطبوع مرکزی را نام ببرید.

۱۰ــ اثرات کنترل رطوبت و حرارت را در مراحل ریسندگی و بافندگی بنویسید.

فصل هشتم

روش‌های تولید گرما و انتقال آن

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
ـ ماهیت گرما را شرح دهد.
ـ تغییرات حالت اجسام در اثر گرما را بررسی کند و توضیح دهد.
ـ روش‌های تولید گرما را توضیح دهد.
ـ روش‌های انتقال حرارت را شرح دهد.

۸ـ۱ـ 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. به‌طوری که در ۲۷۳/۱۵ ـ 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 دراکثر 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 :

$$1kcal = 1000cal$$

$1cal = 4/2J$

$1kcal = 4200J$

برای گرم‌کردن هر جسم و بالابردن دمای آن، برحسب جنس جسم، مقداری حرارت لازم است، این حرارت برای اجسام مختلف مقادیر متفاوتی دارد. برای مشخص‌کردن مقدار گرمایی که هر جنس برای بالارفتن دمای خود نیاز دارد، از کمیتی به نام «ظرفیت گرمای ویژه» استفاده می‌کنند.

ظرفیت گرمای ویژه‌ی هر جسم عبارت است از : مقدار حرارتی که یک گرم از جسم مورد نظر می‌گیرد تا دمای آن یک درجه سانتی‌گراد بالا رود که معمولاً با حرف C نمایش داده می‌شود و واحد آن $\frac{cal}{gr.^\circ C}$ و یا $\frac{J}{kg.^\circ C}$ است. در جدول ۸ــ۱ ظرفیت گرمایی ویژه‌ی چند جسم را برحسب $\frac{J}{kg.^\circ C}$ مشاهده می‌کنید.

جدول ۸ــ۱ــ ظرفیت گرمایی ویژه‌ی چند ماده برحسب $\frac{J}{kg^\circ C}$

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

براساس جدول، ظرفیت گرمایی ویژه‌ی اجسام در حالت‌های مختلف فیزیکی متفاوت است.

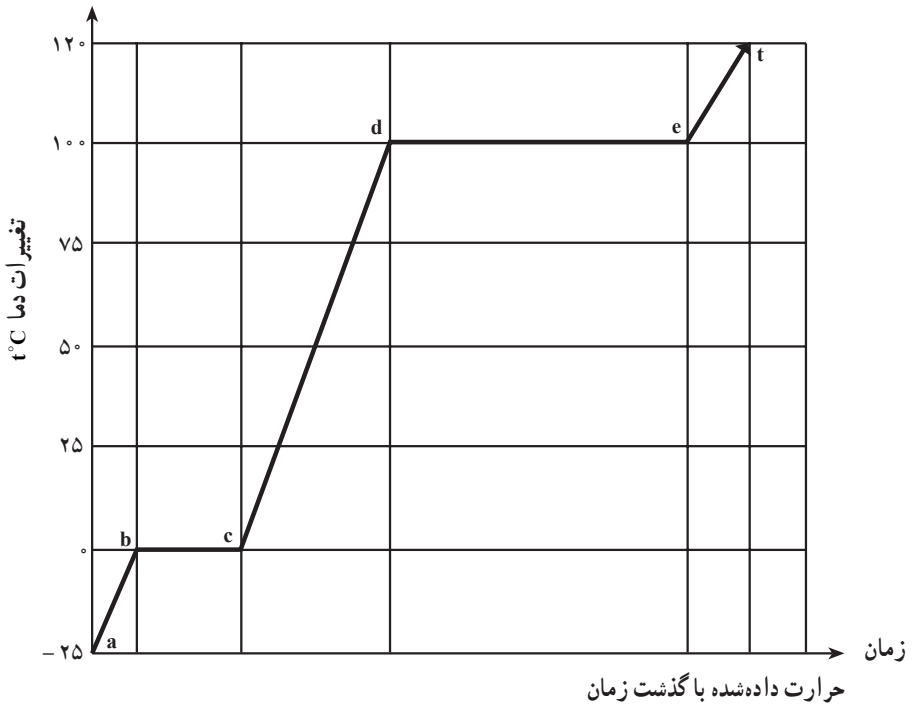
گرمای ویژه‌ی یخ $2100\frac{J}{kg.^\circ C}$ و گرمای ویژه‌ی آب $4200\frac{J}{kg.^\circ C}$ است.

۸ــ۲ــ بررسی تغییر حالت اجسام در اثر انرژی گرمایی

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

فرض کنید مقداری یخ $-25^{\circ}C$ در دست باشد ؛ یخ را خرد کرده، در ظرفی می‌ریزیم و دماسنجی را در آن قرار می‌دهیم و جهت گرما دادن، در اطراف ظرف سیم‌پیچ الکتریکی قرار می‌دهیم، چنان که گرما از طریق دیگر، وارد ظرف نشود. با درنظر گرفتن گذشت زمان، حرارتی که به ظرف داده می‌شود و دماهایی را که دماسنج نشان می‌دهد، یادداشت می‌کنیم و اعداد به‌دست آمده را مطابق شکل، در دو محور عمودبرهم می‌نویسیم و نمودار تغییرات دما در زمان‌های مختلف حرارت دادن را رسم می‌کنیم[1].

گرم شدن یخ تا دمای $0^{\circ}C$ (که نمودارش، قسمت ab از شکل ۸ــ۱ است) ادامه دارد در این فاصله‌ی دمایی، گرمای ویژه‌ی یخ، در حدود $2100\frac{J}{kg.^{\circ}C}$ است.



شکل ۸ــ۱ــ نمودار تغییرات دما برحسب زمان

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

۱ــ این آزمایش در شرایط استاندارد انجام می‌شود.

گرما به‌همان اندازه‌ی قبل وجود دارد، دما در $0^\circ C$ ثابت می‌ماند تا بالاخره تمام یخ ذوب شود.

همین که آخرین ذرّه‌ی یخ ذوب شد، دمای آب از نقطه‌ی $0^\circ C$ 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 $100^\circ C$ 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 $100^\circ C$ باقی می‌ماند. در این‌جا 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 ۸ــ۱ که مقداری یخ $-25^\circ C$ درنتیجه‌ی گرما دادن به‌ترتیب 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 ؛ درنتیجه اولاً دمای آن از $120^\circ C$ به $100^\circ C$ 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، $100^\circ C$ است. به‌همین 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 $0^\circ C$ 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 $0^\circ C$ ثابت می‌ماند، تمامی مایع به جامد تبدیل می‌شود و از b به a، با کاهش دما از جامد به یخ $-25^\circ C$ می‌رسد. باید توجه داشت که نقطه‌ی b درموقع افزایش گرمای یخ، نقطه‌ی ذوب بوده است و نقطه‌ی c درموقع کاهش دما از مایع، نقطه‌ی انجماد و درجه دمای هر دو نقطه $0^\circ C$ 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 هرحال دمای مخلوط $0^{\circ}C$ 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 به‌حال جامد وجود دارد. با توجه به نمودار، نقطه‌ی d را که دمای مایع در آن نقطه $100^{\circ}C$ 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 $0^{\circ}C$، و از نقطه‌ی d تا نقطه‌ی e یعنی تغییر حالت از مایع به‌بخار در دمای ثابت $100^{\circ}C$ به‌علت انجام عمل تغییر حالت، جسم، به‌مقداری 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[1] و تبخیر[2] چند ماده را در جدول ۸ــ۲ مشاهده می‌کنید.

جدول ۸ــ۲ــ گرمای نهان تبخیر و ذوب چند جسم

نام جسم	دمای ذوب به $^{\circ}C$	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

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

۲ــ 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.

۸ــ۳ــ 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 ــ تولید انرژی گرمایی با سوختن اجسام

ب ــ تولید انرژی گرمایی با الکتریسیته

ــ 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.

ــ 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.

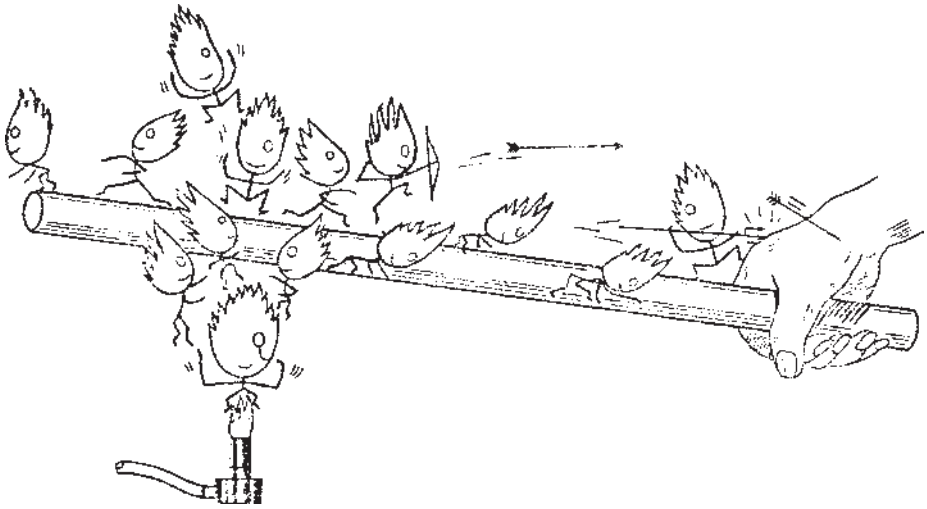
۸ــ۴ــ انتقال حرارت

انرژی گرمایی به سه طریق منتقل می‌شود :

ــ 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 ۸ــ۲ 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

چوب‌پنبه و هوا جزء مواد نارسانا هستند.

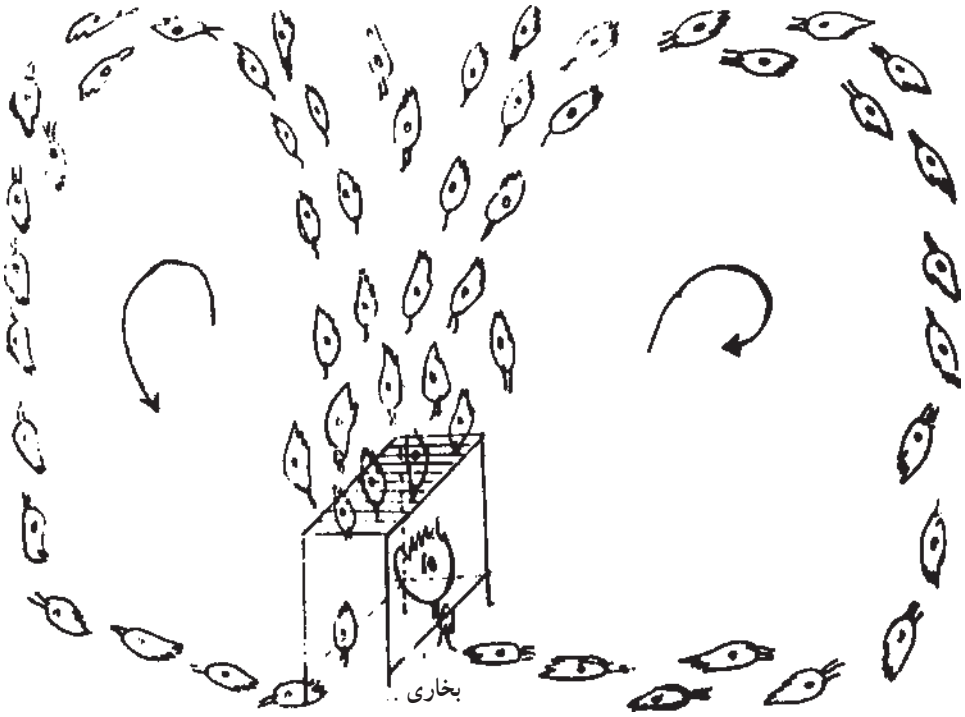


شکل ۸ــ۲ــ نحوه‌ی انتقال گرما به‌وسیله‌ی هدایت

در صنعت و آزمایشگاه و در زندگی از هر دو دسته اجسام رسانا و نارسانا برای کنترل انتقال گرما استفاده می‌شود. رساناها را هنگامی به‌کار می‌برند که بخواهند گرما را از جایی به‌جای 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 به‌خوبی هدایت کنند. و نارسانا را وقتی به‌کار می‌برند که بخواهند از انتقال گرما جلوگیری کنند، برای مثال عایق‌بندی (پشم شیشه) لوله‌های آب‌گرم.

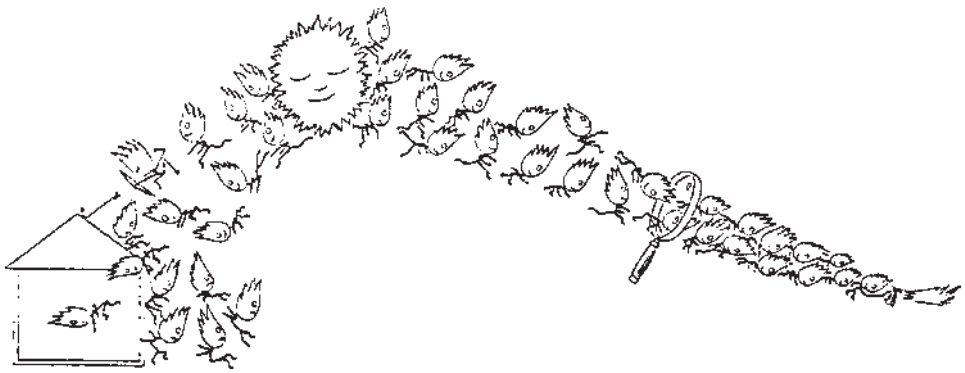
ــ هم‌رفت یا کنوکسیون: در مایعات و گازها که رساناهای خوبی نیستند، انتقال گرما به‌وسیله‌ی جریانی، از مایع یا گاز صورت می‌گیرد. این جریان، در اثر اختلاف دما، بین دو نقطه‌ی درون آن‌ها برقرار می‌شود و تا وقتی که اختلاف دما وجود دارد، ادامه می‌یابد. در ضمن این جریان، هر قسمت از مایع یا گاز به نوبت با گرم‌کن تماس مستقیم پیدا می‌کند و گرم می‌شود و گرما را با خود به‌جایی که دمایش کم‌تر است منتقل می‌کند. روش انتقال گرما را به‌وسیله‌ی 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 به‌وجود می‌آید. به این ترتیب هوای مجاور بخاری یا رادیاتور شوفاژ گرم می‌شود و انبساط می‌یابد و سبک‌تر از هوای محیط اطراف خود می‌شود و درنتیجه هوای سرد، جای آن را می‌گیرد و آن را به‌طرف بالای اتاق می‌راند. نحوه‌ی جریان سیال، در شکل ۸ــ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۸ــ۳ــ نحوه‌ی انتقال گرما به‌صورت هم‌رفت

ــ **تابشی یا تشعشعی:** در این روش انتقال حرارت از طریق فضا و بدون هیچ واسطه‌ای صورت می‌گیرد ؛ مانند گرم شدن زمین به‌وسیله‌ی 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 به‌روش تابشی در شکل ۸ــ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۸ــ۴ــ نحوه‌ی انتقال گرما به‌روش تابشی

پرسش

۱ــ روش‌های تولید گرما را شرح دهید.

۲ــ روش‌های انتقال گرما را نام برده، هریک را شرح دهید.

۳ــ «گرمای ویژه» و «گرمای نهان ذوب» و «گرمای نهان تبخیر» را تعریف کنید.

۴ــ یک تکه یخ از $-۱۰^{\circ}C$ ، با گرما به بخار $۱۲۰^{\circ}C$ تبدیل می‌شود نمودار تغییرات دمای آن را رسم کنید و توضیح دهید.

۵ــ به چه دلیل معمولاً در یخچال برای یخ زدن آب از ظروف آلومینیومی استفاده می‌شود؟

۶ــ چرا غالباً رادیاتور شوفاژ را در زیر پنجره نصب می‌کنند؟

فصل نهم

دیگ بخار

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
ــ دلیل این‌که چرا آب بهترین عامل انتقال گرماست را بیان کند.
ــ حالات آب در فشار و دماهای مختلف را توضیح دهد.
ــ استفاده از بخار آب در انتقال گرما را بیان کند.
ــ خواص بخار آب را توضیح دهد.
ــ استفاده از بخار آب در صنعت نساجی را شرح دهد.
ــ دستگاه مولد بخار و طرز کار آن را بیان کند.
ــ اصول احتراق و مراحل و راه‌اندازی دیگ بخار را بیان کند.

۹ــ۱ــ آب بهترین عامل انتقال گرما

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

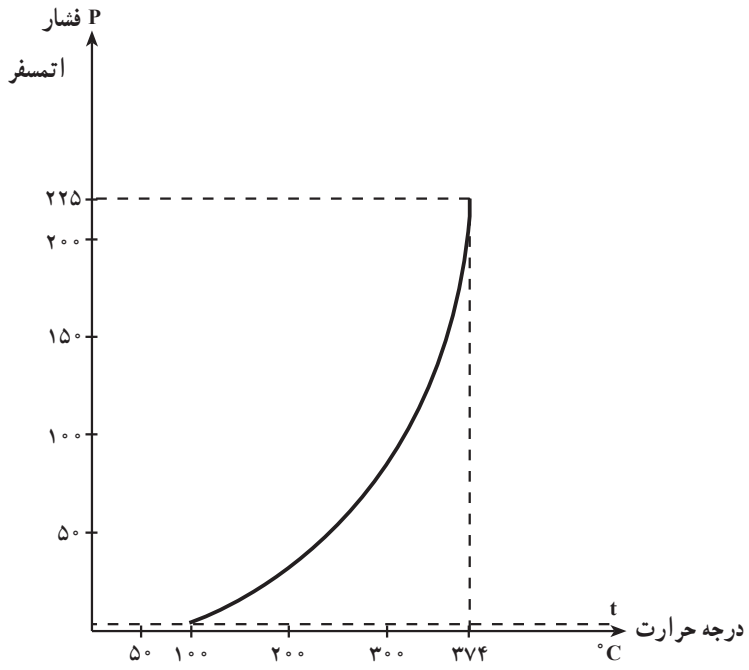
بنابراین در دیگ‌های بخار، آب به علت داشتن شرایط فیزیکی بهتر نسبت به جذب انرژی حرارتی در مقایسه با سایر مواد موجود در طبیعت، بهترین عامل انتقال انرژی گرمایی است.

۹ــ۲ــ 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 ۱۰۰ 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 ۹ــ۱ 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 $374^{\circ}C$ می‌جوشد. هرگاه فشار سطح مایع به یک اتمسفر کاهش یابد، دمای نقطه‌ی جوش آب به $100^{\circ}C$ تنزل می‌یابد.



شکل ۹ــ۱ــ درجه حرارت جوش آب نسبت به فشار

۹ــ۳ــ 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 به‌صورت 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 غیرقابل 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 می شود. البته برای این‌که در این حالت فشار درجه حرارت جوش ثابت باشد، بخاری که تولید می‌شود باید دایماً 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 به‌دست 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.

۹ــ۴ــ 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 مصرف کننده، 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 ۶۰°C از مرکز گرمایی به رادیاتورها وارد و با ۴۰°C خارج شود، دمای آن ۲۰°C 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 ازدست می‌دهد. پس استفاده از بخار آب در

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

۹ــ۵ــ 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 وگو می‌شود، مقصود نیرویی است که سیال ساکن در هر نقطه بر واحد سطح اعمال می‌کند. با توجه به تعریف فشار، بُعد فیزیکی آن از تقسیم ابعاد نیرو بر سطح به‌دست می‌آید. واحد فشار، «نیوتن» و واحد سطح «مترمربع» است ؛ بنابراین واحد فشار نیوتن بر مترمربع می‌باشد که آن را «پاسکال» (Pa) نیز می‌گویند. در صنعت واحد فشار را برحسب اتمسفر (atm) و یا پوند بر اینچ مربع (Psi) بیان می‌کنند. رابطه‌ی بین اتمسفر، پاسکال و پوند بر اینچ مربع به شرح زیر می‌باشد :

$$1atm = 10^5 Pa = 10^5 N/m^2 = 14/7 Psi$$

حجم مخصوص: حجم مخصوص عکس چگالی (ρ) می‌باشد. با توجه به تعریف چگالی که عبارت از جرم واحد حجم سیال است، می‌توان حجم مخصوص را حجم اشغال شده توسط واحد جرم سیال تعریف کرد. واحد حجم مخصوص مترمکعب بر کیلوگرم می‌باشد.

درجه حرارت: سومین عامل مشخص‌کننده‌ی حالت بخار است. معمولاً در صنعت درجه حرارت را برحسب درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری می‌کنند که درجه صفر آن برابر دمای ذوب یخ و درجه‌ی ۱۰۰ آن دمای جوش آب است (در سطح دریا و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه).

۹ــ۶ــ استفاده از بخار آب در صنایع نساجی

۹ــ۶ــ۱ــ کاربرد بخار آب در صنایع نساجی: در تثبیت رنگ، پختن و خشک کردن پارچه استفاده می‌شود. در بعضی از ماشین‌های خشک صنایع نساجی از انرژی گرمایی بخار استفاده می‌شود. در نوعی از ماشین‌های خشک‌کن، بخار وارد کویل حرارتی می‌شود و پروانه ضمن کار کردن، هوای آزاد را از شیارهای کویل حرارتی عبور می‌دهد و هوای گرم را وارد اتاقک دستگاه خشک‌کن می‌کند، مکانیزم درونی دستگاه که به سیستم خاص خود مجهز است پارچه را از درون اتاقک عبور داده، موجب خشک شدن پارچه می‌شود. در بعضی از دستگاه‌های خشک‌کن غلتکی بخار، وارد لوله‌های غلتک می‌شود و پس از میعان، از طرف دیگر غلتک خارج می‌شود. پارچه ضمن تماس با سطح جانبی غلتک گرم و اتو شده، رطوبت خود را از دست داده، خشک می‌شود.

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 درنظر 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 به‌کار رفته، پارچه را بخار و یا حرارت می‌دهند.

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

۹ــ۶ــ۲ــ 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 لابه‌لای لوله‌های بخار کویل‌ها، تبادل حرارتی انجام می‌دهد، در نتیجه هوای گرم ازقسمت 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 فن‌کویل 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.

۹ــ۷ــ 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 کنترل کننده و فرمان دهنده.

۹ــ۷ــ۱ــ 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 به‌وسیله‌ی دستگاه‌های غلتک قوی نورد داده (به شکل استوانه درمی‌آورند) و درزهای آن را جوش‌کاری می‌کنند.

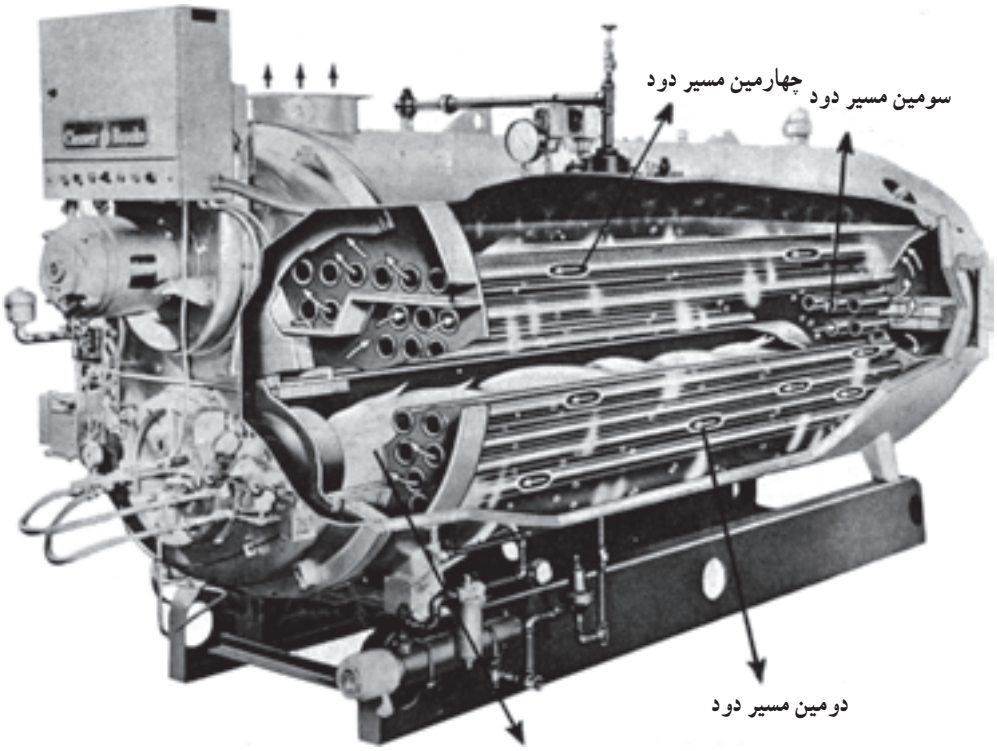
یکی از مشخصات مهم دیگ، که در روی پلاک بدنه‌ی آن نوشته می‌شود، عدد حداکثر فشاری است که پوسته‌ی دیگ می‌تواند تحمل کند و عدم رعایت این نکته منجر به ضررهای جبران‌ناپذیری خواهد شد.

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.

۹ــ۷ــ۲ــ محفظه‌ی احتراق: لوله‌ی استوانه شکلی 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 مارپیچی‌شکل شعله در مسیر کوره‌ی احتراق می‌شود. در شکل **۹ــ۲** محفظه‌ی احتراق نمایش داده شده است.



شکل ۹ــ۲ــ نمای داخلی یک دیگ بخار

۹ــ۷ــ۳ــ 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 **۹ــ۲** 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 عایق بندی 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 **۹ــ۲** نمایش داده شده است.

۹ــ۷ــ۴ــ منبع تغذیه: چنان‌که در شکل **۹ــ۳** مشخص است آبی که سختی آن گرفته شده است از دستگاه سختی‌گیر به‌وسیله‌ی 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.

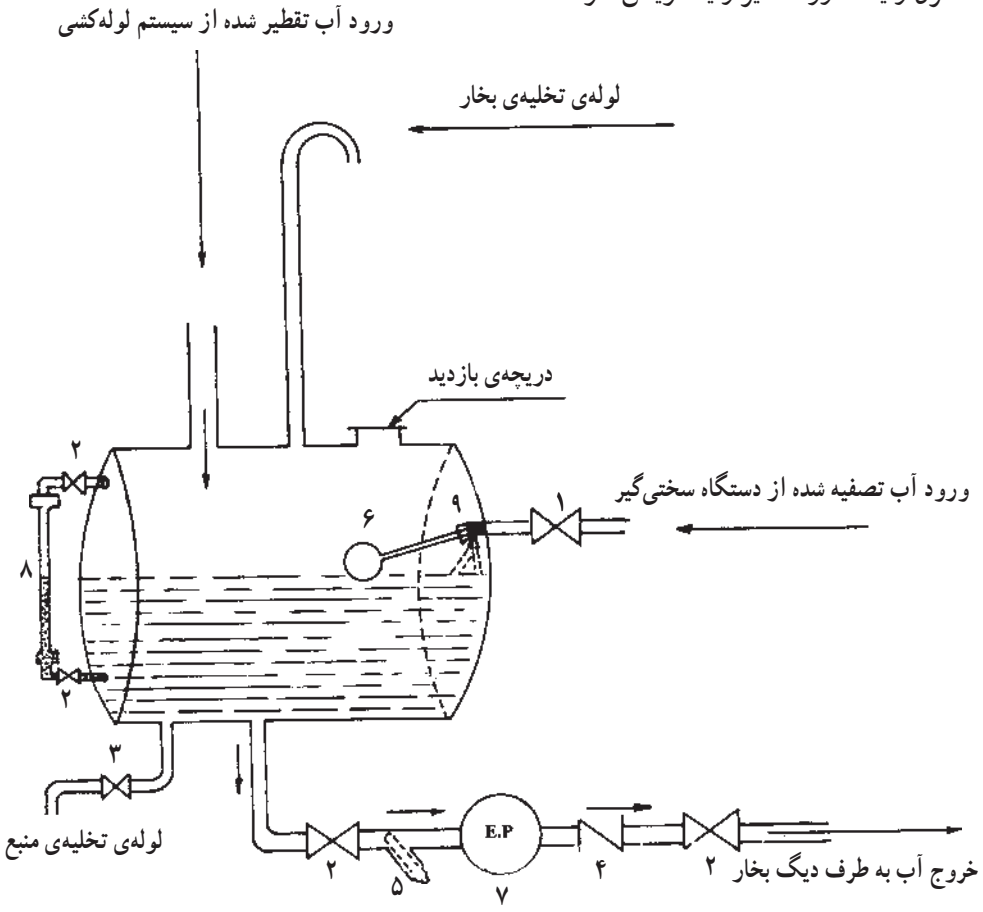
باید توجه داشت که اگر به عللی شناور و یا شیر کنترل ورود آب خراب باشد دو حالت اتفاق می‌افتد ؛ یا آب بیش از حدّ وارد مخزن می‌شود و در نتیجه، آب تصفیه شده از دریچه‌ی بازدید سرریز کرده، به فاضلاب می‌رود و باعث می‌شود که دستگاه تصفیه، بیش از حد معمولی کار کند و کنترل عادی دستگاه سختی‌گیر با اشکال مواجه شود، و یا این که آب وارد مخزن نمی‌شود و در نتیجه‌ی کمبود آب، احتمال سوختن دیگ بخار پیش‌بینی 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 شست‌وشو تخلیه و یا از طریق دریچه‌ی بازدید، شیر کنترل و یا شناور، تعمیر و یا تعویض شود.



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

شکل ۹ــ۳ــ منبع تغذیه

۹ــ۷ــ۵ــ 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 دراثر 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 به‌وجود می‌آورد. برای این که مواد موجود در نفت با اکسیژن به‌خوبی 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.

۹ــ۸ــ سیستم‌های کنترل کننده و فرمان‌دهنده

اساس برنامه‌ی کارکرد هر دستگاهی، بر کنترل کننده‌های آن متکی است. کنترل‌کننده‌های مختلف کیفیت درونی دستگاه را کنترل کرده، فرمان راه‌اندازی و ادامه‌ی کارکرد صحیح دستگاه را به‌عهده دارند. هرچه تعداد کنترل‌کننده‌های 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 کنترل‌کننده‌ها، 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

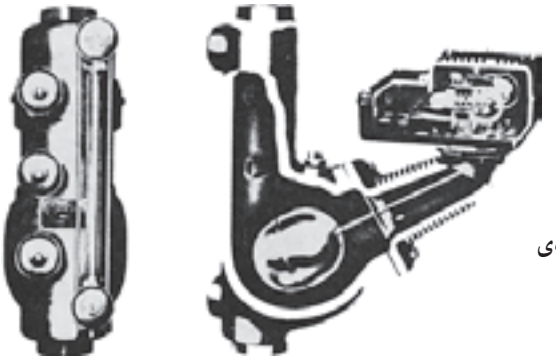
❊ کنترل کننده‌ی فشار در دیگ‌های بخار

۹ــ۸ــ۱ــ کنترل‌کننده‌ی سطح آب در دیگ‌های بخار: یکی از کنترل‌کننده‌های مهمّ دیگ‌های بخار، کنترل‌کننده‌ی سطح آب درون پوسته‌ی دیگ‌های بخار است. سطح آب در درون پوسته‌ی دیگ باید تا حدی باشد که تمام لوله‌های عبور حرارت و دود داخل آب قرار گیرند.

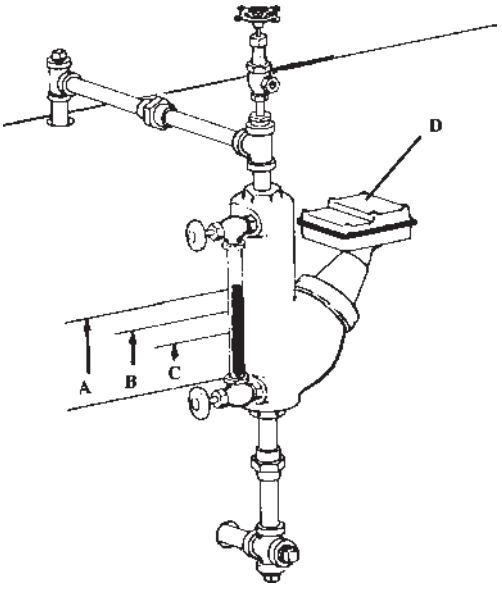
اگر سطح آب، پایین‌تر از سطح لوله‌های عبور دود باشد، عبور حرارت از درون لوله‌ها و تبادل حرارت با محیط بیرونی لوله‌ها (آب درون پوسته) انجام نمی‌گیرد و حرارت لوله‌های عبور دود بالا می‌رود و سرانجام لوله‌ها پیچیدگی و تاب برداشته، سوراخ می‌شوند. در این حالت، آب درون دیگ با مسیر شعله و دود، ارتباط پیدا می‌کند 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

پیچیدگی 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 تعمیرکاران 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 به‌کار 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 این‌که 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 ۹ــ۴ دستگاه کنترل سطح آب دیگ‌های بخار نشان داده شده است.



نمای برش‌خورده‌ی دستگاه کنترل‌کننده‌ی سطح آب دیگ‌های بخار



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

شکل ۹ــ۴ــ دستگاه کنترل‌کننده‌ی سطح آب دیگ‌های بخار

۹ــ۸ــ۲ــ کنترل کننده‌ی فشار در دیگ‌های بخار: یکی از مشخصات مهمّ 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.

بنابراین مصرف‌کننده، یا راه‌انداز موتورخانه، مجاز نیست دیگ را تحت شرایطی که فشار بخارش بالاتر از حدّ تعیین شده باشد، راه اندازی 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 ۹ــ۵ دستگاه کنترل‌کننده‌ی فشار نمایش داده شده است.

شکل ۹ــ۵ــ 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، درنظر 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.

۹ــ۹ــ مسایل ایمنی در دیگ‌های بخار

خطرات احتمالی شامل موارد زیر هستند :

ــ 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 اوّلیه، لایه‌ی ظریفی در دیوار داخلی لوله‌های مسیر دود به‌جا می‌گذارد. در مرحله‌ی اوّل 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 اوّل 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 به جا می‌گذارد نیز زیادتر 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 تمیزکردن 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 کنده‌شده‌ی دود خارج می‌کنند. با انجام این عمل، کلیّه لوله‌ها تمیز شده، آماده‌ی بهره‌برداری می‌شوند. لوله و برس دوده‌گیر در شکل ۹ــ۶ 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 به‌وجود 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 ۹ــ۶ــ میله و برس دوده‌گیری

ــ رسوب بیش از حد در دیگ: به‌طوری 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 به‌عمل نیاید، قطر لایه‌های رسوب زیادتر از حد معمول می‌شود و کارایی حرارتی دیگ را به حداقل رسانده، دیگ از خط بهره‌برداری خارج می‌شود.

ــ افزایش فشار بیش از حد مجاز و عمل نکردن کنترل کننده‌ها: 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 حدّ 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 مواجه 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 نگه‌دارنده در کنترل‌کننده‌ها، به اهمیّت وظیفه‌ی آن‌ها مربوط می‌شود. کنترل‌کننده‌ای که دارای دکمه نگه‌دارنده 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

۱ــ حالات مختلف بخار آب را با رسم منحنی نشان دهید.

۲ــ استفاده از بخار آب در انتقال گرما را توضیح دهید.

۳ــ عواملی را که در حالت‌های بخار مؤثرند، توضیح دهید.

۴ــ کاربرد بخار آب در صنایع نساجی را توضیح دهید.

۵ــ قسمت‌های دیگ بخار را نام ببرید.

۶ــ سوخت مشعل‌های دیگ بخار چند نوع است؟ نام ببرید.

۷ــ مسایل ایمنی در دیگ‌های بخار را توضیح دهید.

فصل دهم

تصفیه‌ی پساب

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
ـ انواع آلودگی آب و مواد آلاینده‌ی نساجی در آب را توضیح دهد.
ـ انواع آزمایشات لازم برای پساب را توضیح دهد.
ـ 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 آب‌زی ضروری است. اگر میزان اکسیژن محلول در آب از حد $^{۶mg}/_{eit}$ کم‌تر شود، ادامه‌ی زندگی در آب برای موجودات آب‌زی غیرممکن می‌گردد ؛ در آب‌های آلوده به علّت 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، دراثر 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 به‌کارگیری 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 نساجی از لحاظ میزان مواد آلوده‌کننده در سطح بالایی قرار دارند. مهمترین قسمت کارخانه‌های نساجی که پساب زیادی به‌وجود می‌آورد سالنی است که بیش‌تر عملیات در آن صورت می‌گیرد. پساب‌های به‌دست آمده از کارخانه‌های نساجی که از قسمت‌های مختلفی مانند شست وشو، پخت، سفیدگری، رنگرزی و چاپ حاصل می‌شود، می‌تواند حاوی مواد معلّقی 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 علّت 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 اهمیّت بیش‌تری پیدا می‌کند ؛ مثلاً در رنگرزی سلولز با مواد رنگ‌زای گوگردی از «سولفید سدیم» استفاده می‌شود که سولفید ئیدروژن تولید می‌کند ؛ که برای موجودات آب‌زی سمی و خطرناک است و خارج ساختن و یا به حدّاقل رساندن آن در پساب، بسیار ضروری است.

۱۰ــ۱ــ 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 دندانه 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 :

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

ــ اندازه‌گیری BOD[1] : 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.

ــ اندازه‌گیری COD[2] : به میزان اکسیژنی که برای اکسیداسیون حجم مشخصی از آلودگی به

۱ــ Biologic Oxygen Demand ۲ــ Chemical Oxygen Demand

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

ــ اندازه‌گیری مواد معلق ؛

ــ اندازه‌گیری مواد پاک‌کننده و روغن‌ها و مواد آلی ؛

ــ اندازه‌گیری مواد سمی و فلزات سنگین.

۱۰ــ۲ــ 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 خرده الیاف جدا شود.

دومین مرحله‌ی تصفیه‌ی پساب، تنظیم «pH» آن است. معمولاً پساب‌ها باید به حدّ ۸ــ۷ pH برسند. در عمل اختلاط پساب‌ها با یکدیگر تا حدودی pH مناسب به‌دست 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 :

ــ رسوب دادن ؛

ــ جذب مواد معلق به وسیله‌ی زغال فعال ؛

ــ اکسیداسیون ؛

ــ عبور دادن پساب از صافی‌ها با سوراخ‌های بسیار ریز.

۱۰ــ۲ــ۱ــ 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 به‌وجود 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 :

ــ کاهش ثبات ذرات در محلول ؛

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

ـ 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.

۱۰ـ۲ـ۲ـ 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.

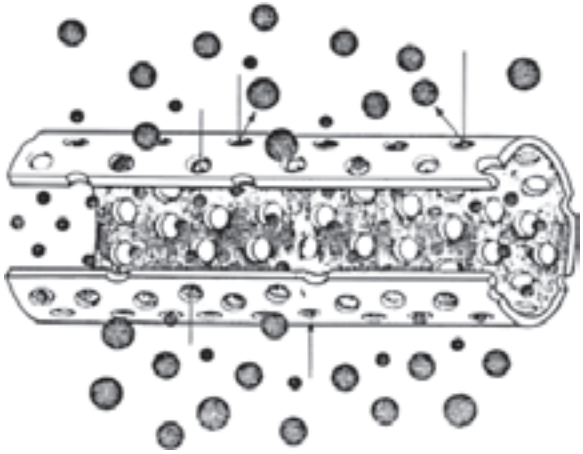
ستون‌های زغال فعال، استوانه‌های فلزی هستند که ارتفاع آن‌ها به چند متر می‌رسد. مدت زمان تماس پساب با زغال فعال بسته به میزان آلودگی در پساب، تا حدّ نیم ساعت، متغیر است. نوعی از زغال‌های فعال قابلیت بازیابی دارند و پس از جداسازی مواد می‌توان مجدداً آن‌ها را مورد استفاده قرار داد.

۱۰ـ۲ـ۳ـ اکسیداسیون: در عمل اکسیداسیون ناخالصی‌های پساب و اکسیژن موجود در هوا نیز در هوادهی پساب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. عمق حوض‌های هوادهی حدود ۴ـ۲ 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 هواده‌های مکانیکی که ارزان‌تر از استفاده از هوای تحت‌فشار 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 پرکسید ئیدروژن، این اثرات نامطلوب را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد.

۱۰ـ۲ـ۴ـ عبور دادن پساب از صافی‌های بسیار ریز: صافی‌های بسیار ریز (membrain) 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 پلی‌وینیل الکل 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 ۱۰ــ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱۰ــ۱ــ جداسازی ذرات ناخالص از آب به‌وسیله‌ی صافی بسیار ریز

پرسش

۱ــ نقش تصفیه‌ی پساب در زیست موجودات را شرح دهید.

۲ــ آزمایش پساب در کارخانه چگونه انجام می‌گیرد؟

۳ــ اندازه‌گیری BOD و COD را شرح دهید.

۴ــ روش‌های تصفیه‌ی پساب را نام ببرید.

۵ ــ روش «رسوب دادن» را شرح دهید.

۶ــ روش جذب مواد معلق به وسیله‌ی زغال فعال را توضیح دهید.

۷ــ روش «اکسیداسیون» را توضیح دهید.

۸ ــ روش عبور دادن پساب از صافی‌های بسیار ریز را شرح دهید.

منابع و مآخذ

۱ــ اطلاعات عمومی در مورد دیگ بخار و تأسیسات رشته‌ی شیمی نساجی ــ تألیف : سیروس مجتهدی و علی صباغی.

۲ــ کاربرد تهویه در نساجی ــ دکتر گودرز افشاری و مهندس محمد قانع.