

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



دانش فنی پایه

رشته تأسیسات مکانیکی

گروه مکانیک

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب:** دانش فنی پایه (رشته تأسیسات مکانیکی) - ۲۱۰۴۴۱
- پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** ناصر جمادی، حسن ضیغمی، سید وحید سجادی و عباسعلی می‌بئی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری:** اشکان پازوکی، سید عقیل حسینیان، میثم آقاجری، کیوان اسماعیلی و محمد زاده رستم (اعضای گروه تألیف)
- شناسه افزوده آماده‌سازی:** اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان:** احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - جواد صفری (مدیر هنری) - حسن ضیغمی (طراح جلد) - مریم وثوقی انباردان (صفحه‌آرا) - مریم دهقان زاده (رسام) - فاطمه سادات مهدوی مقدم، سیدکیوان حسینی، زیبا خاکسار ده‌آبادی، نیلوفر حکیم‌جوادی و حمید ثابت کلاچاهی (آماده‌سازی)
- ناشر:** تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب سایت: www.irtextbook.ir، www.chap.sch.ir
- چاپخانه:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹
- سال انتشار و نوبت چاپ:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
چاپ اول ۱۴۰۵

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین
برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه‌ها تا بازارها و کارخانه‌ها و مزارع و
باغستان‌ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.
امام خمینی (قَدَسَ سِرُّهُ)

پودمان اول: مبانی تأسیسات مکانیکی ۱

واحد یادگیری ۱: معرفی رشته تأسیسات مکانیکی ۲

واحد یادگیری ۲: کاربری مفاهیم فیزیکی ۲۲

پودمان دوم: مواد مهندسی ۴۳

واحد یادگیری ۱: کاربرد مواد مهندسی ۴۴

واحد یادگیری ۲: کاربرد سیالات ۶۰

پودمان سوم: تأسیسات گاز و آب ۷۷

واحد یادگیری ۱: محاسبات پایه و برآورد گاز ۷۸

واحد یادگیری ۲: تأسیسات آبی ۱۰۲

پودمان چهارم: برآورد تأسیسات بهداشتی ۱۲۵

واحد یادگیری ۱: محاسبات و برآورد آب ۱۲۶

واحد یادگیری ۲: محاسبات و برآورد فاضلاب ۱۴۴

پودمان پنجم: برق در تأسیسات ۱۶۳

واحد یادگیری ۱: کمیت‌های الکتریکی ۱۶۴

واحد یادگیری ۲: کاربرد تجهیزات الکتریکی ۱۸۴

منابع ۲۰۶

سخنی با هنر جویان عزیز

کتاب دانش فنی پایه رشته تأسیسات مکانیکی با هدف آشنایی شما با مفاهیم، اصول و کاربردهای اساسی این رشته تدوین شده است. در این کتاب، ابتدا با رشته تأسیسات مکانیکی و مفاهیم پایه فیزیک آشنا می‌شوید و سپس شناخت مواد مهندسی مورد استفاده در تأسیسات را فرا می‌گیرید. در ادامه، اصول اولیه محاسبات و برآورد در تأسیسات گاز و آب را خواهید آموخت. همچنین با مبانی محاسبه و برآورد تأسیسات بهداشتی، شامل سامانه‌های آب و فاضلاب آشنا خواهید شد. از آنجا که بسیاری از تجهیزات تأسیسات مکانیکی با انرژی و تجهیزات الکتریکی کار می‌کنند، در بخش پایانی با کمیت‌های الکتریکی و کاربرد تجهیزات برق در تأسیسات آشنا می‌شوید. هدف این کتاب تنها انتقال اطلاعات نیست، بلکه ایجاد نگرش فنی و توانایی حل مسائل ساده تأسیساتی در شماست. تلاش کنید مطالب را با دقت مطالعه کرده و ارتباط میان مفاهیم علمی و کاربردهای عملی آنها را درک کنید. امید است این کتاب نخستین گام مؤثر شما برای ورود به دنیای حرفه‌ای و تخصصی تأسیسات مکانیکی باشد.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

باتوجه به آموزه‌های اسلامی، کار و اشتغال از ارزش تربیتی برخوردار است و انسان از طریق کار، نفس سرکش را رام کرده و شخصیت وجودی خویش را صیقل داده، هویت خویش را تثبیت و زمینه ارتقای وجودی خویش را مهیا و امکان کسب روزی حلال و پاسخگویی به نیازهای جامعه را فراهم می‌آورد.

آموزش فناوری، کار و مهارت‌آموزی، باعث پیشرفت فردی، افزایش بهره‌وری، مشارکت در زندگی اجتماعی و اقتصادی، کاهش فقر، افزایش درآمد و توسعه یافتگی خواهد شد. برای رسیدن به این مهم، برنامه‌ریزی درسی حوزه دنیای کار و دنیای آموزش بر مبنای نیازسنجی شغلی صورت گرفته است.

درس‌های رشته‌های تحصیلی شاخه فنی و حرفه‌ای شامل دروس آموزش عمومی، دروس شایستگی‌های غیرفنی و شایستگی‌های فنی مورد نیاز بازار کار است. دروس دانش فنی از دروس شایستگی‌های فنی است که در هر رشته در دومرله طراحی شده است.

درس دانش فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم و کسب دانش فنی پایه در گروه و رشته تحصیلی است که هنرجویان در پایه دهم و در آغاز ورود به رشته تحصیلی خود می‌بایست آن را آموزش ببینند و شایستگی‌های لازم را در ارتباط با دروس عملی و ادامه تحصیل در رشته خود کسب نمایند.

درس دانش فنی تخصصی که در پایه دوازدهم طراحی شده است، شایستگی‌هایی را شامل می‌شود که موجب ارتقای دانش تخصصی حرفه‌ای شده و زمینه را برای ادامه تحصیل و توسعه حرفه‌ای هنرجویان در مقطع کاردانی پیوسته نیز فراهم می‌کند.

درضمن، آموزش این کتاب نیاز به پیش‌نیاز خاصی ندارد و براساس آموزش‌های قبلی تا پایه نهم به تحریر درآمده است. محتوای آموزشی کتاب دانش فنی پایه، آموزش‌های کارگاهی را عمق می‌بخشد و نیازهای هنرجویان را در راستای محتوای دانش نظری تأمین می‌کند.

تدریس کتاب در کلاس درس به صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعال صورت می‌گیرد.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش



نظر سنجی کتاب درسی



پودمان اول

مبانی تأسیسات مکانیکی



توسعه پایدار کشور نیازمند همسویی همه رشته‌ها در صنعت، خدمات و کشاورزی است؛ رشته تأسیسات مکانیکی نیز با کاربرد گسترده در نفت و گاز، ساختمان، آب و فاضلاب و صنایع تولیدی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دانش‌آموختگان این رشته علاوه بر اشتغال در پروژه‌های عمرانی و تأسیساتی، می‌توانند در رشته‌های مهندسی تهویه مطبوع، تبرید و تبدیل انرژی ادامه تحصیل دهند. با توجه به پیشرفت فناوری و توجه ویژه کشور به بهینه‌سازی انرژی و توسعه زیرساخت‌های نفتی و آبی، آموزش این رشته روزبه‌روز اهمیت یافته و زمینه اشتغال دانش‌آموختگان آن فراهم شده است.

واحد یادگیری ۱

معرفی رشته تأسیسات مکانیکی



استاندارد عملکرد

به کارگیری مفاهیم کاربردی رشته تأسیسات مکانیکی در بخش‌های مختلف صنعت و خدمات برابر استانداردها و مقررات ملی؛

ضرورت رشته تحصیلی تأسیسات

صنعت ساختمان و تأسیسات مکانیکی لازم و ملزوم یکدیگرند؛ زیرا تأمین گرما، سرما، آب آشامیدنی و آب گرم از نیازهای اولیه ساکنین است که طراحی آن برعهده مهندسان و اجرای آن به دست تکنسین‌ها و کارگران ماهر تأسیسات صورت می‌گیرد. پایه‌پای پیشرفت ساختمان‌سازی، فناوری‌هایی چون مدیریت هوشمند ساختمان (BMS)، اتاق‌های تمیز و ساختمان‌های سالم نیز توسعه یافته‌اند که شرایط محیطی مطلوب و بهینه‌سازی مصرف انرژی را فراهم می‌کنند. مقررات ملی ساختمان نیز دستورالعمل‌هایی برای ایمنی، مدیریت انرژی و استانداردسازی تأسیسات تدوین کرده که اجرای آن نیازمند نیروی انسانی ماهر و به‌روز است. بنابراین تربیت نیروی متخصص در سطوح مهندس، تکنسین و کارگر ماهر، به‌ویژه با ورود فناوری‌های نانو و هوش مصنوعی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

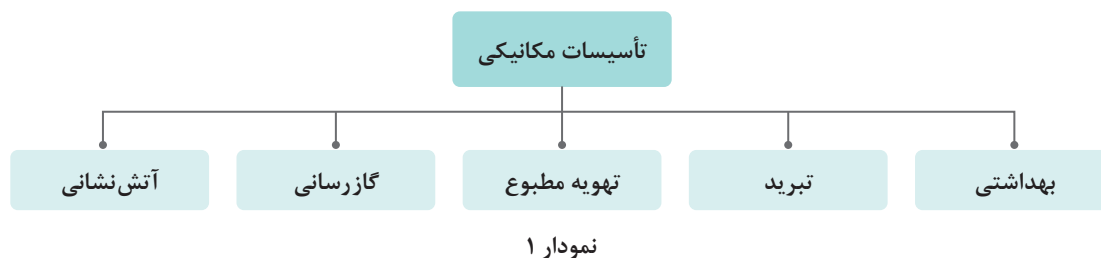
گرایش‌های تأسیسات مکانیکی

طراحی، نظارت و اجرای یک ساختمان دست‌کم توسط چهار گروه معماری، سازه، تأسیسات الکتریکی و تأسیسات مکانیکی انجام می‌شود. تأسیسات مکانیکی خود در پنج رشته در بازار کار شناخته می‌شود:





شکل ۱



طبقه‌بندی مشاغل



شکل ۲

یکی از وظایف مرکز آمار ایران طبقه‌بندی مشاغل کشور و گردآوری آمار در این زمینه است.

درمورد طبقه‌بندی مشاغل در ایران و ارتباط آن با طبقه‌بندی بین‌المللی ایسکو (ISCO) تحقیق نموده و نتیجه را به کلاس ارائه نمایید.

پژوهش



در طبقه‌بندی مشاغل ایران که در سال ۱۴۰۲ انجام شده است رشته‌های شغلی زیر در زمینه تأسیسات مکانیکی آورده شده است، طراحی رشته تأسیسات مکانیکی در هنرستان‌ها در سطح کارگر ماهر و کمک تکنسین در راستای پوشش دو گروه شغلی لوله‌کش‌های ساختمانی و صنعتی (۷۱۲۶) و نصابان و تعمیرکاران تجهیزات تهویه مطبوع و سرمایشی (۷۱۲۷) انجام شده است. بدیهی است که تعدادی از مشاغل نیز به صورت میان‌رشته‌ای است که در این رشته دیده شده است.



در جدول های زیر تعدادی شغل و کدهای مرتبط با آن در زمینه تأسیسات مکانیکی در دو سطح کارگر ماهر و کمک تکنسین آورده شده است. شغل دیگری می توانید به این مشاغل اضافه کنید؟

فهرست موضوعی طبقه بندی مشاغل ایران - ۱۴۰۲

۷۱۲۶	لوله کش های ساختمانی و صنعتی	۷۱۲۷	نصابان و تعمیرکاران تجهیزات تهویه مطبوع و سرمایشی
۷۱۲۶-۱	تعمیر کار لوله آب	۷۱۲۷-۱	تعمیر کار برج های خنک کننده
۷۱۲۶-۲	تکنسین زهکشی	۷۱۲۷-۲	تعمیر کار تأسیسات تهویه مطبوع
۷۱۲۶-۳	سرپرست لوله کشی	۷۱۲۷-۳	تعمیر کار تأسیسات حرارتی
۷۱۲۶-۴	سرکارگر لوله کشی	۷۱۲۷-۴	تعمیر کار تجهیزات تهویه مطبوع
۷۱۲۶-۵	کارگر تعمیرات لوله	۷۱۲۷-۵	تعمیر کار تجهیزات سرمایشی
۷۱۲۶-۶	کارگر لوله کش	۷۱۲۷-۶	تعمیر کار دستگاه تهویه
۷۱۲۶-۷	لوله کش	۷۱۲۷-۷	تعمیر کار شبکه گاز
۷۱۲۶-۸	لوله کش آب	۷۱۲۷-۸	تعمیر کار شوفاژ
۷۱۲۶-۹	لوله کش ساختمان	۷۱۲۷-۹	شوفاژ کار
۷۱۲۶-۱۰	لوله کش سیستم های تهویه	۷۱۲۷-۱۰	متصدی تعمیر تأسیسات تهویه مطبوع
۷۱۲۶-۱۱	لوله کش شوفاژ	۷۱۲۷-۱۱	متصدی تعمیر تجهیزات سردخانه
۷۱۲۶-۱۲	لوله کش صنعتی	۷۱۲۷-۱۲	متصدی نصب تأسیسات تهویه مطبوع
۷۱۲۶-۱۳	لوله کش فاضلاب	۷۱۲۷-۱۳	مکانیسین دستگاه های تهویه مطبوع و خنک کننده
۷۱۲۶-۱۴	لوله کش کشتی و هواپیما	۷۱۲۷-۱۴	مکانیک دستگاه های تهویه مطبوع و خنک کننده
۷۱۲۶-۱۵	لوله کش گاز (نصب و تعمیر لوله کشی گاز و وسایل گازسوز)	۷۱۲۷- ۱۵	مکانیسین تأسیسات تهویه مطبوع
۷۱۲۶-۱۶	لوله کش گاز خانگی	۷۱۲۷-۱۶	نصب کار دستگاه های سرد کننده و تهویه مطبوع
۷۱۲۶-۱۷	لوله کش وسایل نقلیه	۷۱۲۷-۱۷	نصب کننده شوفاژ
۷۱۲۶-۱۸	لوله گذار (برای لوله های بزرگ مانند فاضلاب و خط لوله انتقال نفت)		
۷۱۲۶-۱۹	متصدی اتصال لوله ها		
۷۱۲۶-۲۰	متصدی آب بندی لوله ها		
۷۱۲۶-۲۱	نشت یاب لوله ها		

فهرست پودمان‌های رشته تأسیسات مکانیکی

دردوره سه ساله این رشته تلاش شده است که موضوعات مرتبط با شغل‌های نامبرده آموزش داده شود.

کار کلاسی



درجدول زیر سی پودمان مرتبط با رشته تأسیسات مکانیکی آورده شده است. کد یا کدهای مرتبط با هرپودمان را از جدول مشاغل آورده و جدول را تکمیل کنید.

ردیف	نام پودمان	کد یا کدهای متناسب ایسکو
۱۰-۱	آبرسانی ساختمان	
۱۰-۲	دفع پساب ساختمان	
۱۰-۳	نصب لوازم بهداشتی	
۱۰-۴	تصفیه آب مصرفی	
۱۰-۵	تأمین آب مصرفی (مخزن و پمپ)	
۱۰-۶	ساخت کلکتور	
۱۰-۷	لوله کشی گاز	
۱۰-۸	نصب سامانه آتش نشانی	
۱۰-۹	نصب تجهیزات آتش نشانی	
۱۰-۱۰	نصب وسایل گازسوز	
۱۱-۱	نصب دستگاه‌های تولید آب گرم	
۱۱-۲	لوله کشی گرمایشی (مرکزی)	
۱۱-۳	نصب پخش کننده ها (رادیاتور و فن کویل)	
۱۱-۴	نصب پمپ و مشعل	
۱۱-۵	راه اندازی سیستم گرمایشی (موتورخانه)	
۱۱-۶	اجرای سامانه‌های تابشی غیرمستقیم (گرمایش کف)	
۱۱-۷	نصب و راه اندازی آب گرم کن‌ها	
۱۱-۸	نصب و راه اندازی پکیج گرمایشی	
۱۱-۹	نگهداری و تعمیر پکیج گرمایشی	
۱۱-۱۰	اجرای سامانه‌های تابشی مستقیم	
۱۲-۱	نصب سردکننده تراکمی	
۱۲-۲	نصب و راه اندازی کولرگازی	
۱۲-۳	نگهداری و تعمیر سردکننده‌ها	
۱۲-۴	نصب سیستم تهویه مطبوع کانالی	

ردیف	نام پودمان	کد یا کدهای متناسب ایسکو
۱۲-۵	نصب و راه اندازی سردکننده های تبخیری	
۱۲-۶	برق رسانی تأسیسات	
۱۲-۷	راه اندازی الکتروموتور	
۱۲-۸	کنترل هوشمند	
۱۲-۹	نگهداری و تعمیر مشعل	
۱۲-۱۰	نگهداری و تعمیر پمپ	

تأسیسات بهداشتی ساختمان

بخش تأسیسات بهداشتی در دو دسته کلی آب و فاضلاب در سیستم های شهری و ساختمانی قرار دارد. بخش آبرسانی به موضوعاتی همچون تأمین و تصفیه آب، انتقال و توزیع آب و نصب لوازم و شیرهای بهداشتی می پردازد. در فاضلاب از پساب وسایل بهداشتی شروع شده و به انتقال و دفع و تصفیه آن می پردازد.



شکل ۳



در بخش تأسیسات بهداشتی تجهیزاتی مانند روشویی، سینک ظرفشویی، دوش و فلاش تانک را لوله‌کشی، نصب و راه‌اندازی می‌کنند. درمورد وسایل یا تجهیزات و سیستم‌های نام برده در جدول زیر و ارتباط آن با تأسیسات بهداشتی (آب و فاضلاب) گفت‌وگو کنید و خلاصه‌ای از عملکرد آن را در جدول یادداشت نمایید.

نام	توضیح
لوله پوش فیت	
منهول	
بستر پمپ آبرسانی	
مخزن ذخیره آب خانگی	
تصفیه‌خانه آب	
تصفیه‌خانه فاضلاب	

هنرجویان رشته تأسیسات پس از گذراندن پودمان‌های مرتبط، توانایی‌های زیر را در بخش تأسیسات بهداشتی ساختمان کسب خواهند نمود:

- لوله‌کشی آبرسانی ساختمان با انواع لوله‌های پلیمری و فولادی
- لوله‌کشی فاضلاب و آب باران
- نصب مخازن آب
- نصب پمپ و بوسترپمپ آبرسانی
- نصب و راه‌اندازی دستگاه تصفیه آب خانگی و صنعتی
- نصب لوازم بهداشتی و انواع شیرها

تأسیسات تهویه مطبوع

تهویه مطبوع مجموعه‌ای از تأسیسات است که شرایط آسایش را از طریق کنترل دما و رطوبت هوا تأمین می‌کند و شامل دو بخش گرمایشی (زمستان) و سرمایشی (تابستان) می‌شود. این سیستم‌ها به دو نوع مستقل (برای آپارتمان‌های کم‌جمعیت) و مرکزی (برای فضاهای تجاری، اداری و مسکونی پرجمعیت) تقسیم می‌شوند.



شکل ۴

دستگاه‌های تأسیساتی نام‌برده در زیرمجموعه تأسیسات مستقل یا مرکزی یا هر دو طبقه‌بندی می‌شوند. در مورد هر کدام توضیح دهید.

نوع دستگاه	نوع تأسیسات و توضیح آن
پکیج شوفاژگازی دیواری	
دیگ آب گرم	
کولرگازی	
رادیاتور	
کولرآبی	
آب گرم کن فوری	
بخاری گازسوز	
سیستم گرمایش از کف	
چیلر جذبی / تراکمی	

گفت‌وگوی
کلاسی

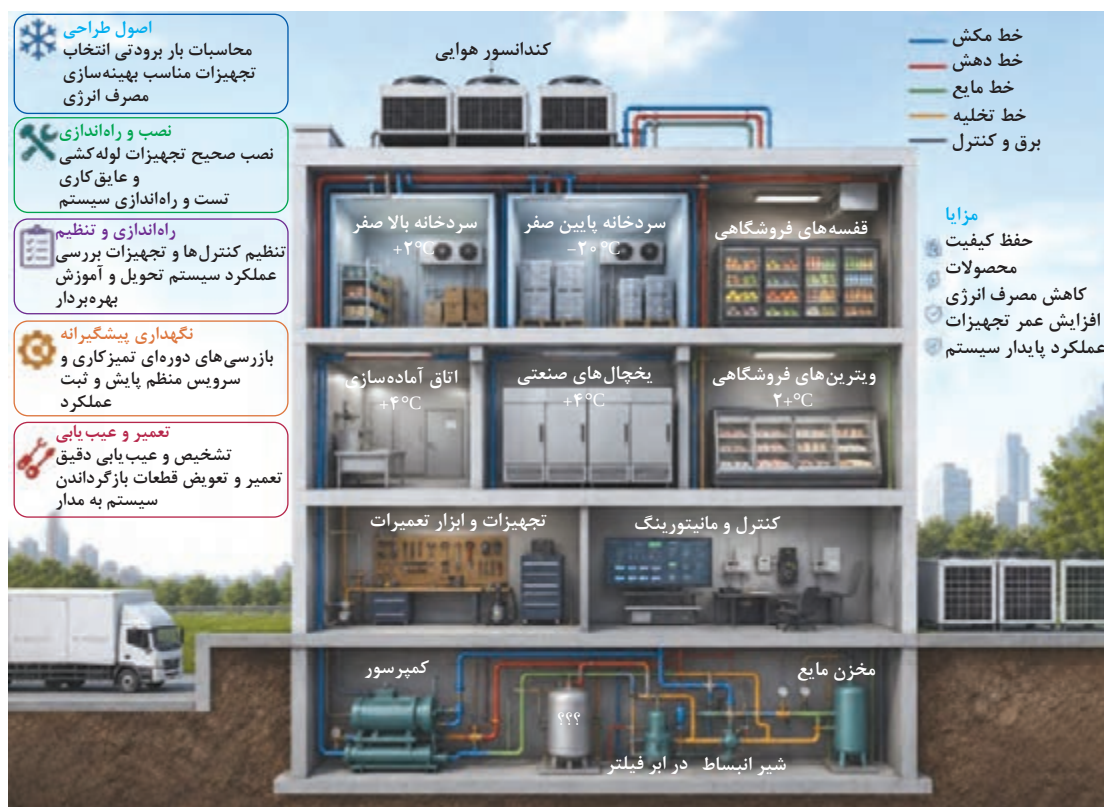


هنرجویان رشته تأسیسات پس از گذراندن پودمان‌های مرتبط، توانایی‌های زیر را در بخش تهویه مطبوع کسب خواهند نمود:

- لوله‌کشی، نصب و راه‌اندازی دستگاه‌های موتورخانه گرمایشی
- لوله‌کشی، نصب و راه‌اندازی دستگاه‌های پخش‌کننده گرما
- نصب و راه‌اندازی انواع پکیج گرمایشی
- لوله‌کشی، نصب و راه‌اندازی سیستم گرمایش از کف
- نصب پخش‌کننده‌های تابشی
- نصب و تعمیر انواع کولرگازی
- نصب و راه‌اندازی کولرآبی
- نگهداری و تعمیر پمپ و مشعل
- کنترل سیستم‌های تأسیساتی و هوشمندسازی

تأسیسات تبرید

تأسیسات تبرید به مجموعه‌ای از تجهیزات و دستگاه‌ها، لوله‌کشی‌ها، کنترل‌ها و اجزایی گفته می‌شود که وظیفه انتقال گرما از محیط با دمای پایین به محیط با دمای بالا برای حفظ دما را دارد و در آن تجهیزات سردکننده مانند سردخانه‌ها، چیلرها و یخچال‌های صنعتی بررسی و اجرا می‌شوند؛ همچنین نگهداری، عیب‌یابی و تعمیر سیستم‌های تبرید از مهم‌ترین مهارت‌های این حوزه است.



شکل ۵



درمورد عملکرد هر کدام از دستگاه‌ها یا سیستم‌های سردکننده زیر یک توضیح خلاصه ارائه کنید.

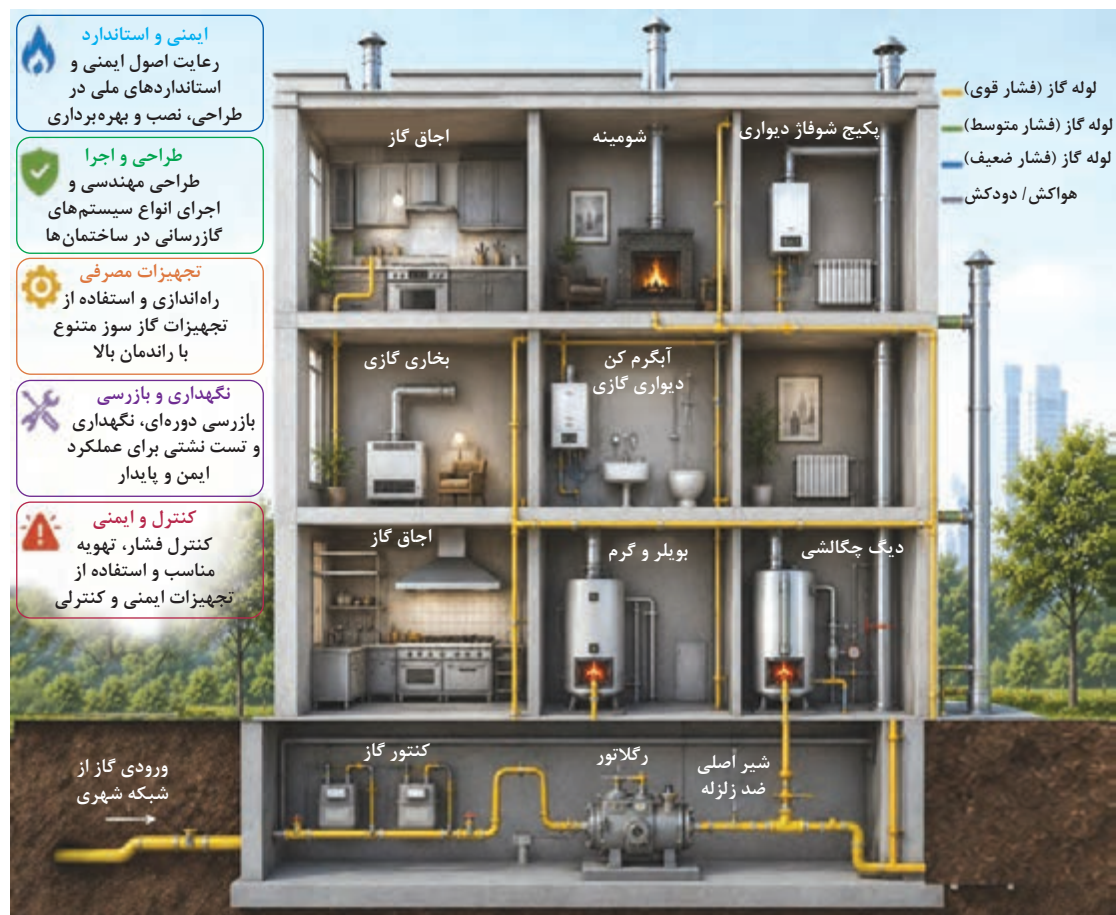
نوع دستگاه	توضیح
یخچال خانگی	
یخچال نفتی	
سردخانه بالای صفر/ زیر صفر	
کولرگازی	
سردخانه کامیونی / کشتی	
سیستم سردکننده تبخیری	
سیستم سردکننده خورشیدی	
بادگیر	

هنگامی که رشته تأسیسات پس از گذراندن پودمان‌های مرتبط، توانایی‌های زیر را در بخش تأسیسات تبرید کسب خواهند نمود:

- لوله‌کشی، نصب و راه‌اندازی سیستم‌های تبرید
- نگهداری و تعمیر دستگاه‌های تبرید خانگی و تجاری
- نگهداری و تعمیر دستگاه‌های تبرید تبخیری

تأسیسات گازرسانی

بخشی از تأسیسات است که برای انتقال، کنترل فشار، توزیع و رساندن گاز طبیعی از پالایشگاه به وسایل گازسوز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۶



در مورد عملکرد هر کدام از دستگاه‌ها یا سیستم‌های گازرسانی زیر توضیح خلاصه بنویسید.

دستگاه / سیستم	توضیح
خط لوله گاز شهری	
ایستگاه تقلیل فشار گاز	
رگلاتور	
کنترلر گاز	
شیر اصلی گاز	
تست نشتی	
هوای احتراق	
دودکش	
اجاق گاز	
وسایل گازسوز بدون دودکش	
محفظه احتراق بسته	
دودکش دوجداره	
بخاری	
مشعل گازسوز	

هنرجویان رشته تأسیسات پس از گذراندن پودمان‌های مرتبط، توانایی‌های زیر را در بخش تأسیسات گازرسانی کسب خواهند نمود:

- لوله‌کشی گاز
- نصب و راه‌اندازی دستگاه‌های گازسوز
- تعمیر دستگاه‌های گازسوز

تأسیسات آتش‌نشانی

به بخشی از تأسیسات گفته می‌شود که وظیفه اطفاء و خاموش کردن آتش در زمانی که از کنترل خارج شده است را برعهده دارد. این تأسیسات در دو بخش شهری و خانگی مطرح است.



شکل ۷



درمورد عملکرد هر کدام از دستگاه‌ها یا سیستم‌های آتش‌نشانی داخل ساختمان یا شهری زیر یک توضیح خلاصه بنویسید.

نوع دستگاه	توضیح
شیر هیدرانت خیابان	
اتصال دوقلو (سیامی)	
اعلان حریق	
اطفای حریق	
جعبه آتش‌نشانی	
شبکه بارنده (اسپرینکلر)	
خاموش‌کننده دستی	

هنرجویان رشته تأسیسات پس از گذراندن پودمان‌های مرتبط، توانایی‌های زیر را در بخش تأسیسات آتش‌نشانی کسب خواهند نمود:

- لوله‌کشی جعبه‌های آتش‌نشانی و شبکه بارنده
- نصب و راه‌انداز فایرباکس‌ها و اسپرینکلرها
- نصاب خاموش‌کننده‌های دستی
- نصاب و راه‌اندازی بوسترپمپ آتش‌نشانی

کسب اطلاعات فنی

برای آشنایی و کار صحیح با سیستم‌ها و دستگاه‌های تأسیساتی، لازم است اطلاعات فنی آنها را از طریق اسناد و استانداردهای معتبر ملی و بین‌المللی مطالعه کنیم. این اطلاعات به ما کمک می‌کند تا در مراحل مختلف مانند خرید، حمل، نصب، راه‌اندازی، نگهداری، تعمیر و بهره‌برداری، عملیات را مطابق اصول فنی و الزامات ایمنی انجام دهیم. منظور از اطلاعات فنی همه داده‌ها و توضیحاتی است که به طراحی، ساخت،



شکل ۸

عملکرد، نگهداری، مهندسی، تحقیق و ارزیابی سیستم‌ها و دستگاه‌ها مربوط می‌شود. منابع اطلاعات فنی ممکن است در قالب‌های زیر باشند:

- استاندارد، مقررات، آیین‌نامه، شیوه‌نامه و دستورالعمل
- نقشه، جدول و پلاک مشخصات دستگاه‌ها
- کتاب‌های مرجع
- راهنماها
- مقالات نشر یافته انجمن‌ها، نظر خبرگان، پایان‌نامه‌های دانشگاهی
- نرم افزارهای معتبر
- فضای مجازی و هوش مصنوعی

استاندارد



شکل ۹

استاندارد به ویژگی‌های فنی و مدارک قابل دسترسی گفته می‌شود که براساس دانش، فنون و تجربه‌های پذیرفته شده است. هدف از تدوین استانداردها، ارتقای بهره‌وری جامعه و هماهنگی بین دست‌اندرکاران است و معمولاً این استانداردها با همکاری و توافق یک نهاد معتبر تصویب می‌شود. درواقع، استاندارد مبنای مقایسه و ارزیابی کیفیت و کمیت محصولات و خدمات است. همچنین، استاندارد مرز پذیرش یا حداقل قابل قبول را مشخص می‌کند؛ به این معنا که به عنوان شاخص حداقلی کفایت می‌کند و نه حداکثری. با پیشرفت علم و تغییر شرایط اقتصادی، استانداردها نیز ممکن است تغییر یابند. برای به کارگیری صحیح استانداردها، باید دو نکته را مدنظر قرار داد:

۱. تعلق استاندارد به کدام نهاد یا مرجع صادرکننده است.

۲. موارد و کدهای کاری که در آن استاندارد آمده است، کدام‌اند.

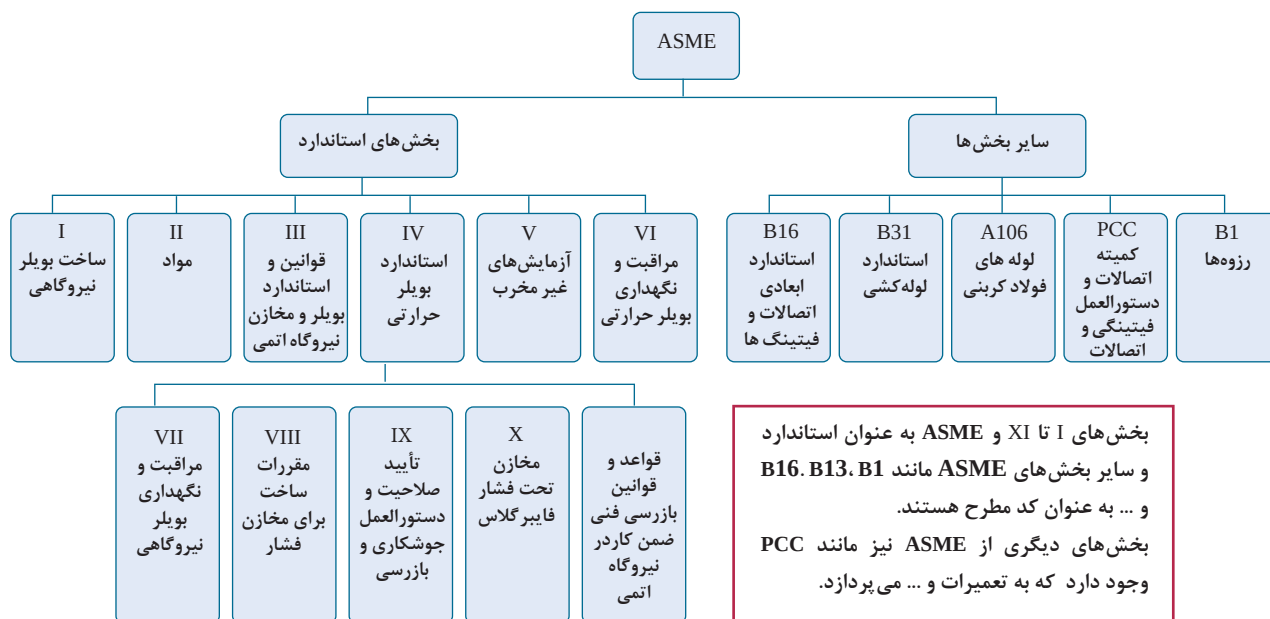
سازمان ملی استاندارد ایران (ISIRI) و سازمان بین‌المللی استانداردسازی (ISO) از جمله معتبرترین نهادهایی هستند که استانداردها را تهیه و تدوین می‌کنند. در رشته تأسیسات مکانیکی علاوه بر استفاده از استانداردهای DIN و BS نهادهایی دیگری همچون ASHRAE، NFPA، ASME و API بیشترین کاربرد را دارند.



مجموعه ASME دارای ده‌ها بخش و زیرمجموعه می‌باشد. این مجموعه شامل تحقیقات مدونی است که توسط انجمن مهندسين مکانیک ایالات متحده در زمینه لوله، ظروف تحت فشار و اتصالات جمع‌آوری شده است. می‌توان آنها را به صورت داده شده در شکل زیر تقسیم‌بندی کرد.



چارت کلی استاندارد ASME



شکل ۱۰



استاندارد API



انجمن پتروشیمی ایالات متحده در زمینه‌های مختلف مانند لوله کشی، اتصالات، شیرآلات و مخازن دارای مجموعه‌ای از استانداردها می‌باشد.



الزامات جوشکاری خطوط لوله و تأسیسات مرتبط با جوشکاری خطوط لوله و اتصالات مرتبط با آنها توضیح داده است. این استاندارد به بررسی عیوب جوش، آزمایش‌های لازم و ارزیابی کلی جوش می‌پردازد.

API 1104





استاندارد ساخت و متریال لوله‌های انتقال گاز، لوله‌های فولادی مورد استفاده در انتقال نفت و گاز.

API 5L





مشخصات و الزامات شیوه‌های مورد استفاده در خطوط لوله و پایپینگ

API 6D





بازرسی، ارزیابی وضعیت، تعمیر و تغییرات سیستم‌های لوله کشی در حال بهره‌برداری

API 570





کدهای API در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و پالایشگاهی از معتبرترین و پرکاربردترین استانداردهای بین‌المللی به‌شمار می‌روند.

شکل ۱۱

جدول زیر را کامل کنید.

SUBJECT	CODE	کاربرد
PIPELINE AND PIPING	.....	لوله کشی تحت فشار
	ASME A۳۱/۱	.....
	ASME B۳۶/۱ • M	.....

پرسش
کلاسی



مقررات

مقررات، مجموعه‌ای از قوانین، آیین‌نامه‌ها و بخش‌نامه‌هایی هستند که توسط نهادهای حکومتی تدوین و با ضمانت اجرایی منتشر می‌شوند. در حوزه‌های فنی، به مقررات الزام‌آور کُد (Code) گفته می‌شود و اسناد غیرالزام‌آور استاندارد نامیده می‌شوند. استانداردها فقط زمانی حالت الزام‌آور پیدا می‌کنند که یک نهاد رسمی یا کارفرما آنها را ابلاغ و الزام کند. در صنعت تأسیسات ایران، مباحث بیست و دوگانه مقررات ملی ساختمان و نشریات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی از مهم‌ترین کدهای لازم‌الاجرا در طراحی، اجرا و نظارت پروژه‌های ساختمانی و تأسیساتی به شمار می‌آیند.



شکل ۱۲

موارد کاربرد کدهای داده شده در جدول زیر را بنویسید؟ و فهرست مباحث‌های بیست و دوگانه را نیز ارائه کنید.

پژوهش



کد	نهاد ارائه‌دهنده	کاربرد
مبحث	۱۴	.....
	۱۶	.....
	۱۷	.....
	۱۹	.....
نشریه	۱۲۸	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

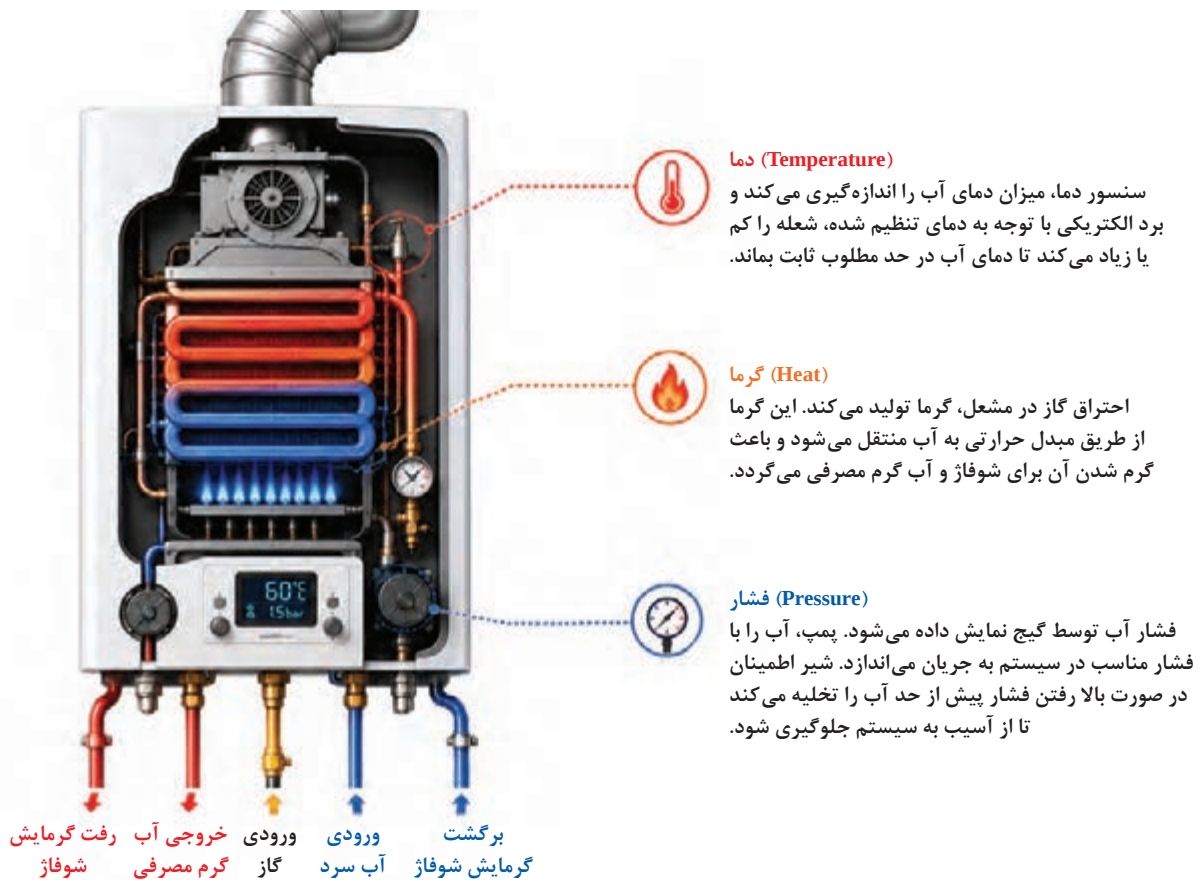
الگوی ارزشیابی شایستگی معرفی رشته تأسیسات مکانیکی

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد
۳	■ تشخیص ضرورت رشته تأسیسات مکانیکی برابر آمار ■ طبقه‌بندی مشاغل مرتبط با رشته برابر کدهای ایسکو ■ تشخیص کد و استانداردهای مرتبط با شغل	بالاتر از حد انتظار	به‌کارگیری مفاهیم کاربردی رشته تأسیسات مکانیکی در بخش‌های مختلف صنعت و خدمات این رشته برابر استانداردها و مقررات ملی
۲	■ تعیین گرایش‌ها و رشته‌های تأسیسات مکانیکی ■ تعیین جایگاه پودمان‌ها متناسب با مشاغل	در حد انتظار	
۱	ناتوانی در معرفی رشته تأسیسات	پایین‌تر از حد انتظار	
	نمره مستمر از ۵		
	نمره واحد یادگیری از یک تا سه		
	نمره واحد یادگیری از ۲۰		

- ☐ نمره شایستگی واحد یادگیری منحصراً شامل نمرات ۲، ۱ یا ۳ است.
- ☐ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.
- ☐ حداقل نمره قبولی ۱۲ از ۲۰ است.

واحد یادگیری ۲

کاربری مفاهیم فیزیکی



استاندارد عملکرد

به کارگیری مفاهیم دما، گرما و فشار و تحلیل کاربرد آنها در سیستم های مختلف تأسیسات مکانیکی، برابر مقررات و استانداردهای ملی.

مفاهیم فیزیکی



چگونه آب می‌تواند آتش را خاموش کند؟



چرا آتش نشان‌ها لباس‌های برق روشن می‌پوشند؟



چرا پارچه خیس که روی بند پهن شده است، ساعتی بعد خشک می‌شود؟



چگونه بادهای ساحلی به وجود می‌آیند؟



چگونه شیشه‌های دو جداره مانع از اتلاف گرما می‌شوند؟



چرا بیشتر پل‌ها به صورت بخش‌هایی مجزا ساخته می‌شوند که فاصله کمی بین آنها وجود دارد؟



چگونه موهای خرس‌های قطبی می‌تواند آنها را از سرمای کشنده قطب در امان نگه دارد؟

پاسخ این پرسش‌ها و بسیاری از پرسش‌های مشابه را می‌توان با بررسی مفهوم **دما** و **گرما** و اثرهای آن روی ماده به دست آورد.

مفهوم دما





برای نگهداری مواد غذایی و جلوگیری از فاسد شدن آنها، دمای یخچال بسیار مهم است و اگر دما نامناسب باشد، ممکن است در زمان کوتاهی مواد غذایی فاسد شود. بنابراین، ایجاد دمای معین و حفظ آن در زندگی روزمره و صنعت تأسیسات، اهمیت فراوان دارد.



دما کمیتی است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می‌کند. دما را می‌توان توصیفی از **سطح گرما** در نظر گرفت. سطح گرما نباید با مقدار گرما یا محتوای گرمایی یک ماده اشتباه گرفته شود. هرچه ماده گرمای بیشتری دریافت کند، حرکت (جنبش) مولکولی آن و در نتیجه دمایش افزایش می‌یابد.



برای اندازه‌گیری دما لازم است مقیاس دمایی داشته باشیم و برای این کار می‌توانیم از هر مشخصه قابل اندازه‌گیری بهره بگیریم که با گرمی و سردی جسم تغییر می‌کند. به این ویژگی، اصطلاحاً **کمیت دماسنجی** می‌گویند. تغییر کمیت دماسنجی، اساس کار دماسنج است.

ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنج، دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی است که در کتاب‌های علوم با آنها آشنا شده‌اید. در این دماسنج‌ها، کمیت دماسنجی، ارتفاع مایع درون لوله‌ی دماسنج است؛ زیرا به جز چند مورد استثنا، تمام مواد با افزایش دما، منبسط و یا کاهش آن منقبض می‌شوند.

⚠ جیوه ماده‌ای بسیار سمی است بنابراین امروزه بیشتر از دماسنج الکلی استفاده می‌کنند.

شکل روبرو نمونه‌ای از یک دماسنج الکلی را نشان می‌دهد.



مقیاس (درجه‌بندی)
عددی که نشان‌دهنده‌ی مقدار دما است

لوله باریک
ارتفاع مایع در این قسمت با تغییر دما تغییر می‌کند.

مخزن (حباب)
حبابی مایع الکلی که با تغییر دما منبسط یا منقبض می‌شود.

نکات کلیدی



- دما، میزان سردی یا گرمی یک جسم را مشخص می‌کند.
- افزایش گرما → افزایش جنبش مولکولی → افزایش دما
- دماسنج وسیله‌ای است برای اندازه‌گیری دما بر اساس تغییر کمیت دماسنجی.
- بیشتر مواد با افزایش دما منبسط و با کاهش دما منقبض می‌شوند.

شکل ۱۳

اگر دماسنج مورد استفاده از الکل پر شده باشد، آیا این دماسنج می‌تواند دمای جوش آب را اندازه‌گیری کند؟

کار کلاسی



مقیاس های دما



یکی از مقیاس های متداول دما، مقیاس دما برحسب درجه ی سلسیوس است. این مقیاس مبتنی بر دو نقطه ی ثابت است: یکی دمایی که در آن آب خالص در فشار جو متعارف شروع به **یخ زدن** می کند و دیگری دمایی که آب خالص در فشار جو متعارف در حال **جوشیدن** است.

مقیاس سلسیوس (°C)



به نقطه اول، عدد صفر و به نقطه دوم، عدد 100 را اختصاص می دهند و فاصله بین این دو را به 100 قسمت مساوی تقسیم می کنند و هر قسمت را 1 درجه می نامند.

°C یکای درجه ی سلسیوس را با نماد °C نمایش می دهند.

مقیاس کلون (K)

از سال 1948 میلادی، یکای دیگری به نام کلون به عنوان مقیاس بین المللی دما انتخاب شد. این یکا، با نماد K نمایش داده می شود.

$$K = ^\circ C + 273$$



صفر مطلق

پایین ترین دمای قابل دستیابی -273/15 درجه سلسیوس است. این همان دمایی است که در آن تمام حرکت های مولکولی متوقف می شوند و گرمایی وجود ندارد. این دما به نام «صفر مطلق» یا صفر کلون شناخته می شود.



البته این یک دمای نظری است زیرا حرکت مولکولی هرگز به طور کامل متوقف نشده است؛ با این حال، دانشمندان در آزمایشگاه توانسته اند دما را تا یک میلیونیم درجه بالاتر از صفر مطلق پایین بیاورند.

مقیاس فارنهایت (°F)



یکای دیگر در اندازه گیری دما (سیستم IP) درجه فارنهایت °F است. از معادله زیر برای تبدیل درجه سلسیوس به فارنهایت استفاده می شود.

$$^{\circ}F = \frac{1}{8} ^{\circ}C + 32$$

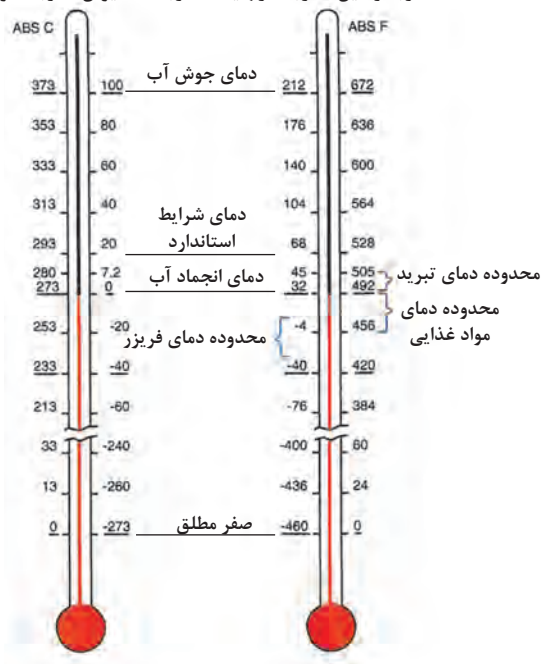


خلاصه مقیاس ها



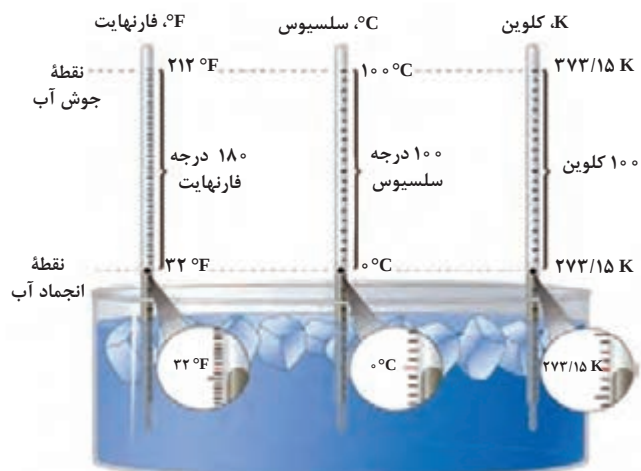
مقیاس	نقاط ثابت	رابطه با سلسیوس
سلسیوس (°C)	یخ زدن آب: 0 °C جوش آب: 100 °C	-
کلون (K)	یخ زدن آب: 273 K جوش آب: 373 K	$K = ^\circ C + 273$
فارنهایت (°F)	یخ زدن آب: 32 °F جوش آب: 212 °F	$^{\circ}F = \frac{9}{5} ^{\circ}C + 32$

درجه رنکین درجه فارنهایت درجه سلسیوس درجه کلون



شکل ۱۶

شکل های ۱۵ و ۱۶ نقطه جوش و نقطه انجماد آب در کنار دریای آزاد را برحسب سه مقیاس اندازه گیری دما نشان می دهند.



شکل ۱۵- مقایسه یکاهای فارنهایت، سلسیوس و کلون

سیستم اندازه گیری	IP (امپریال)	MKS (متریک)	SI (بین المللی)
واحد سنجش دما	°F	°C	K

دمای جوش آب (در فشار اتمسفر) چند درجه فارنهایت است؟

$$F = \frac{1}{1.8} C + 32$$

$$F = \frac{1}{1.8} \times 100 + 32$$

$$F = 180 + 32$$

$$F = 212$$

مثال



جدول زیر را تکمیل نمایید.

کار کلاسی



جسم	درجه سلسیوس	کلون	درجه فارنهایت
دمای سطح خورشید	.....	۵۷۷۸	.....
دمای جوش روغن سرخ کردنی	۲۲۰	.....	.....
دمای آب در حال جوش	.....	.....	۲۱۲
دمای یخ در حال ذوب	۰	.....	.....
دمای صفر مطلق	-۲۷۳	۰	.....



درجه رانکین چیست؟

چه رابطه‌ای بین اختلاف دمای سلسیوس و اختلاف دمای کلوین و اختلاف دمای فارنهایت برقرار است؟

جدول ۱- انواع دماسنج‌ها

تصویر	عملکرد	انواع دماسنج‌ها
	غلاف، روی لوله یا دستگاه نصب می‌شود تا با رساندن گرما لوله یا دستگاه به مخزن دماسنج، دما مشخص شود.	دماسنج غلافی
	بر اساس انبساط و انقباض دوفلز غیرهم‌جنس (که انبساط و انقباض طولی آنها بر اثر تغییر دما متفاوت است) کار می‌کند. در ساختمان این دستگاه‌ها از یک نوار بی‌متال (زوج فلز) استفاده شده است.	دماسنج بی‌متالی
	از یک مخزن و یک لوله مویی و صفحه‌ای به همراه یک عقربه تشکیل شده است. داخل مخزن و لوله مویی را معمولاً از جیوه یا گاز پر می‌کنند. دامنه کار نوع جیوه‌ای به « 39°C » (دمای انجماد جیوه) تا « 357°C » (دمای جوش جیوه) محدود می‌شود. اما نوع گازی آن از دمای « 260°C » تا حدود « 800°C » ساخته و استفاده می‌شود؛ به این نوع ترمومترها، ترمومتر «دنباله‌دار» نیز گفته می‌شود.	دماسنج با لوله مویین
	مقاومت الکتریکی فلز (مثلاً پلاتین) با دما تغییر می‌کند.	دماسنج مقاومتی (RTD)
	بر اساس اشعه مادون قرمز یا سنسورهای حرارتی دما را اندازه‌گیری می‌کند.	دماسنج دیجیتالی



گرما، دما و انتقال گرما





گرما

سوخت‌های
فسیلی

انرژی
دیگر

۱ در علوم نهم آموختیم که انرژی نه به‌وجود می‌آید و نه از بین می‌رود، بلکه تنها از شکلی به شکل دیگر **تبدیل** می‌شود. بنابراین بیشتر گرمایی که در جهان تجربه می‌کنیم، به‌طور مداوم تولید نمی‌شود، بلکه از **تبدیل** سایر شکل‌های انرژی مانند انرژی شیمیایی سوخت‌های فسیلی، گاز و نفت به‌دست می‌آید. این انرژی گرمایی هنگام انتقال از یک ماده به ماده دیگر نیز قابل اندازه‌گیری و محاسبه است.

۳ گرما همواره به‌صورت طبیعی از جسم گرم‌تر به جسم سردتر منتقل می‌شود. در این فرایند، مولکول‌های پرانرژی‌تر جسم گرم بخشی از انرژی خود را به مولکول‌های کم‌انرژی‌تر جسم سرد منتقل می‌کنند.



جسم گرم‌تر

جسم سردتر

برای مثال، زمانی که نوشابه گرم را داخل لیوانی پر از یخ می‌ریزیم، در واقع نوشابه، یخ را گرم می‌کند و بخشی از انرژی خود را به آن انتقال می‌دهد.

۲ دما کمیتی است که میزان گرمی یا سردی یک جسم را نسبت به صفر مطلق نشان می‌دهد.

صفر مطلق دمایی است که در آن حرکت مولکول‌ها به کمترین مقدار ممکن می‌رسد.



اختلاف دما نیروی محرکه انتقال گرما است؛ هرچه اختلاف دما بیشتر باشد، نرخ انتقال گرما نیز افزایش می‌یابد.

۵ طبق نظریه جنبشی مولکولی، مولکول‌های مواد همواره در حال حرکت‌اند؛ بنابراین دارای انرژی جنبشی هستند. همچنین به دلیل موقعیت و فاصله‌ای که نسبت به یکدیگر دارند، دارای انرژی پتانسیل نیز می‌باشند.

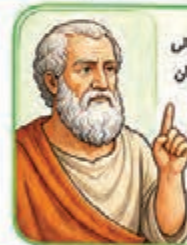
با گرم شدن یک جسم، انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.

در نتیجه، گرما را می‌توان مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل مولکول‌های ماده دانست.



۴ فلاسفه قدیم بر این باور بودند که گرما نوعی سالی نامرئی است که از جسم گرم به جسم سرد جریان دارد و آن را «کالری» می‌نامیدند.

اما امروزه گرما را نوعی انرژی ناشی از حرکت مولکول‌ها می‌دانند که این دیدگاه با عنوان نظریه جنبشی مولکولی شناخته می‌شود.



۷ مقدار گرما را با نماد **Q** نشان می‌دهند و پکای آن در سیستم SI ژول (J) است.

اگر مقدار مشخصی از انرژی گرمایی در مدت‌زمان معینی منتقل شود، نرخ انتقال آن را **توان گرمایی** می‌نامند که پکای آن وات (W) است.



۶

دما



نشان‌دهنده میانگین سرعت حرکت مولکول‌های یک جسم است.

≠

گرما



مقدار کل انرژی گرمایی موجود یا منتقل‌شده را بیان می‌کند و به تعداد مولکول‌ها نیز وابسته است.

۸ برای بیان کاهش گرما معمولاً از واژه «سرما» استفاده می‌شود. با این حال، سرما یک کمیت مستقل فیزیکی نیست، بلکه بیانگر کاهش یا نبود نسبی گرما است.

هنگامی که گفته می‌شود «هوا سرد است»، در واقع دمای محیط با دمای معمول یا مورد انتظار مقایسه می‌شود.

بنابراین سرما بیشتر یک مفهوم مقایسه‌ای است تا یک کمیت واقعی و مستقل.

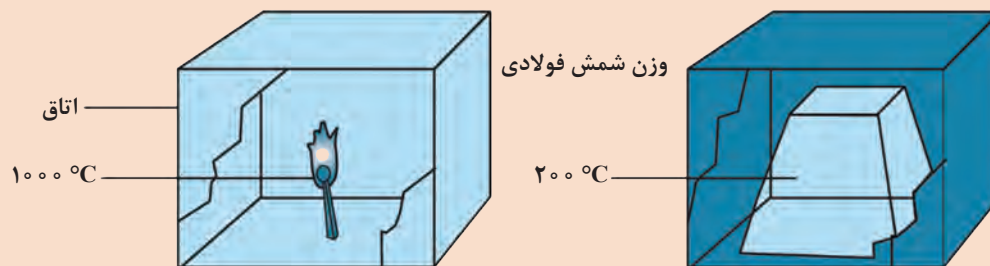





فکر کنید



با توجه به شکل زیر در صورتی که شمش فولادی و چوب کبریت در یک محیط کاملاً ایزوله قرار گرفته باشند، تغییرات دما و گرمای آن را با یکدیگر مقایسه نموده و نتایج کار خود را به کلاس ارائه دهید.



سنجش گرما

یکای سنجش گرما در یکای متریک از کالری (Cal) استفاده می کنند. یک کالری مقدار گرمایی است که اگر به یک گرم آب $14/5^{\circ}\text{C}$ دمای داده شود دمای آن تا یک درجه سلسیوس افزایش می یابد. یکای بزرگ تر آن کیلوکالری است که معادل ۱۰۰۰ کالری است. برخی از یکاها در اندازه گیری مقدار گرما به کار می روند که تعدادی از آنها در جدول زیر آمده است.

SI	MKS	IP	سیستم اندازه گیری
J	Kcal	Btu	واحد سنجش گرما

$$\text{Kcal} \xrightarrow[\div]{\times 3/97 \approx 4} \text{Btu} \xrightarrow[\div]{\times 252} \text{Cal} \xrightarrow[\div]{\times 4/186} \text{J}$$

کار کلاسی



یکای Btu بر چه اساسی تعریف شده است؟

کار کلاسی



جدول زیر را تکمیل نمایید.

۴۵۰۰۰ Btu	 cal	۱۲۰۰۰ Btu	 Kcal	۱ J	 Kcal
۲۰۰۰ cal	 J	۱۲۰۰۰ Btu	 J	۱۰۰ Kcal	 KJ

ظرفیت گرمایی ویژه

انرژی گرمایی لازم برای تغییر دمای یک کیلوگرم از یک جسم به اندازه یک درجه سلسیوس (یک کلوین) را گرمای ویژه گویند و آن را با نماد C نشان می‌دهند. بنابراین معادله گرما به صورت زیر است.

تغییر دما $\times$ ظرفیت گرمایی ویژه $\times$ جرم = گرمای منتقل شده

$$Q = mC(t_2 - t_1) = mC\Delta t$$

که در آن:

■ Q : گرمای منتقل شده (J)

■ m : جرم (kg)

■ C : ظرفیت گرمایی ویژه $\left(\frac{J}{kg \cdot K}\right)$ یا $\left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}\right)$

■ Δt : اختلاف دما

جدول ۲- گرمای ویژه مواد برحسب $\frac{J}{Kg \cdot K}$ در دمای $25^\circ C$

ماده	گرمای ویژه	ماده	گرمای ویژه	ماده	گرمای ویژه
هیدروژن (گاز)	۱۴۳۰۰	ازت (گاز)	۱۰۴۰	شیشه	۶۷۰
آب	۴۱۸۶	هوا در شرایط اتاق	۱۰۱۲	الماس	۵۰۹
الکل	۲۴۰۰	آلومینیوم	۸۹۷	آهن	۴۵۰
یخ $0^\circ C - 1^\circ C$	۲۰۰۰	بتن	۸۸۰	چوب	۴۲۰
بخار آب $100^\circ C$	۱۹۰۰	سنگ مرمر	۸۸۰	مس	۳۸۵
نایلون	۱۷۰۰	آجر	۸۴۰	جیوه	۱۴۰
طلا	۱۲۹۱	گرافیت	۷۱۰	سرب	۱۲۶

با مقایسه گرمای ویژه مواد مختلف در جدول ۲، به چه دلیل در سیستم‌های گرمایشی ساختمان از آب به عنوان انتقال‌دهنده گرما استفاده می‌کنند؟

بحث کلاسی



مثال



۲۰ کیلوگرم آب $25^\circ C$ را تا دمای $75^\circ C$ گرم می‌کنیم. مقدار گرمای انتقال یافته چند ژول است؟

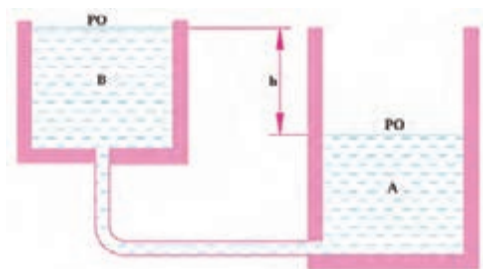
$$Q = (m)(c)(t_2 - t_1)$$

$$Q = (20 \text{ Kg}) \left(4186 \frac{J}{\text{Kg} \cdot ^\circ C} \right) (75 - 25)^\circ C$$

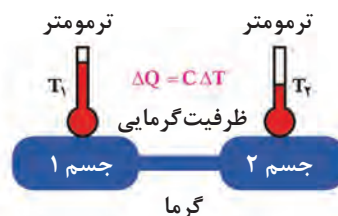
$$Q = 4186000 \text{ J} = 4186 \text{ kJ}$$

انتقال گرما:

وقتی اختلاف دما بین دو ماده وجود داشته باشد، انتقال گرما رخ می‌دهد.



جریان آب به دلیل اختلاف ارتفاع



انتقال گرما از جسم گرم‌تر به جسم سرد

شکل ۱۸- انتقال گرما یا انرژی

انتقال گرما به سه روش زیر انجام می‌شود:

■ رسانش (Conduction)

■ همرفت (Convection)

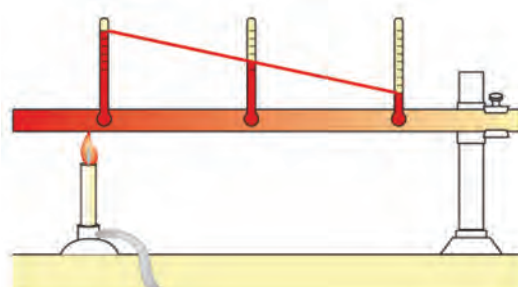
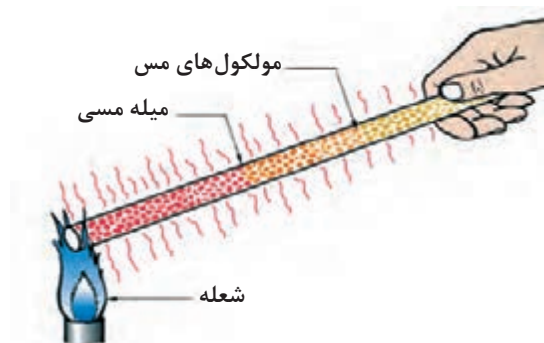
■ تابش (Radiation)



روش‌های انتقال گرما

شکل ۱۹

انتقال گرما به روش رسانش: انتقال گرما در اجسام جامد به روش رسانش انجام می‌شود. در کوره‌های هوای گرم و در دیگ‌ها، گرمای شعله از طریق بدنه فولادی یا چدنی اتاقک احتراق به سیال طرف دیگر که هوا یا آب است انتقال می‌یابد.



شکل ۲۰- انتقال گرما در اجسام جامد

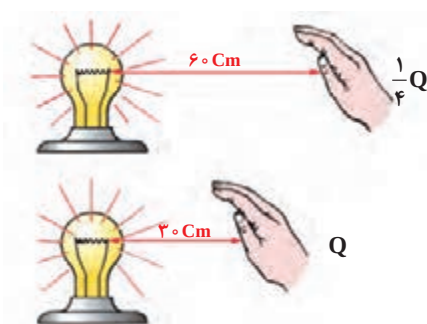
انتقال گرما به روش وزش: انتقال گرما در مایعات و گازها به وسیله «وزش» یا «جابه جایی» یا «همرفت» صورت می گیرد.

جریان باد کره زمین، گرمایی که از روی شعله بالا می رود، مکش دودکش بخاری نمونه هایی از «وزش طبیعی» هستند. استفاده از یک پمپ برای گردش آب گرم یا سرد یا استفاده از یک بادزن برای به جریان انداختن هوای گرم یا سرد، نمونه هایی از «وزش اجباری» هستند. وزش، انتقال گرما به وسیله حرکت مولکول ها از یک محل به محل دیگر است. هوا در اثر تماس با وسیله گرم کننده مانند رادیاتور یا بخاری گرم شده، انبساط می یابد و در نتیجه سبک تر شده، به طرف بالا حرکت می کند و هوای سرد و سنگین به آرامی جای آن را می گیرد و این عمل تکرار می شود.

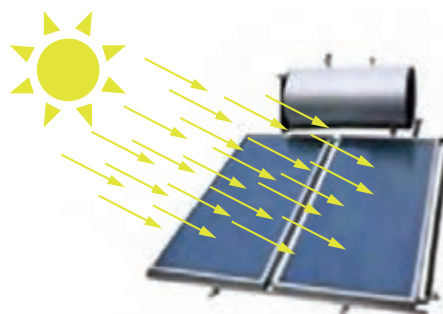


شکل ۲۲- انتقال گرما به روش وزش (همرفت، جابه جایی)

انتقال گرما به روش تابش: خورشید تقریباً ۱۵۰ میلیون کیلومتر از سطح زمین فاصله دارد، با این حال ما شدت گرمایش را احساس می کنیم. گرمای منتقل شده از طریق تابش، در فضا حرکت می کند بدون آنکه خود فضا را گرم کند و به وسیله اولین جسم جامدی که با آن برخورد می کند، جذب می شود. تابش، تنها نوع انتقال گرماست که می تواند در خلأ (مانند فضا) صورت گیرد، زیرا وابسته به وجود ماده به عنوان محیط انتقال گرما نیست. اما همرفت و رسانش برای انتقال، نیازمند وجود ماده ای مانند هوا یا آب هستند. زمین کل گرمای خورشید را دریافت نمی کند زیرا گرمای منتقل شده توسط تابش، براساس قانون عکس مجذور فاصله کاهش می یابد. به زبان ساده یعنی اگر فاصله دو برابر شود، شدت گرما به یک چهارم کاهش پیدا می کند.



شکل ۲۴



شکل ۲۳

ضریب کلی انتقال گرما یا U:

نشان می دهد گرما با چه سرعتی از یک جسم عبور می کند و یکای آن $\frac{W}{m^2.K}$ است.

اگر در زمستان کنار پنجره ساده قدیمی بایستیم احساس سرما بیشتری می کنیم تا کنار پنجره دوجداره قرار بگیریم، یعنی U پنجره ساده بیشتر از پنجره دوجداره است. هرچه قدر U کمتر اتلاف انرژی کمتر و صرفه جویی انرژی بیشتر است.

پرنسپ
کلاسی



آیا ضخامت جدار در میزان U اثر دارد؟
چرا در و پنجره دوجداره مقدار U کمتر از پنجره ساده است؟

توان گرمایی: برای آسان شدن محاسبات شدت انتقال گرما از هوای گرم داخل اتاق به هوای سرد خارج اتاق می توانیم از رابطه:

$$H = \frac{Q}{t} = UA(T_i - T_o)$$

H: نرخ انتقال گرما بر حسب وات (w) Q: مقدار انتقال گرما بر حسب ژول (J)
t: زمان انتقال گرما بر حسب ثانیه (s) A: مساحت انتقال گرما بر حسب مترمربع (m^2)

U: ضریب کلی انتقال گرما بر حسب ($\frac{W}{m^2.K}$) که مقدار آن براساس مصالح به کار رفته و ضخامت دیوار و سطح دیوار تعیین می گردد.

$T_i - T_o$: اختلاف دما بر حسب سلسیوس یا کلوین (K)

در ساختمان ها انتقال گرما به غیر از دیوارها می تواند از طریق در، پنجره، سقف و کف نیز صورت گیرد.

مثال



توان گرمای انتقال یافته از دیوار اتاقی به طول ۵ m و ارتفاع ۳ m چند وات است؟
دمای داخل اتاق $20^\circ C$ و دمای هوای بیرون $10^\circ C$ است و ضریب کلی انتقال گرمای این دیوار $U = 1/6 \frac{W}{m^2.C}$ می باشد.

$$H = U.A (T_i - T_o)$$

$$A = (\text{طول دیوار} \times \text{ارتفاع دیوار}) = 5m \times 3m = 15m^2$$

$$t_i = 20^\circ C \quad t_o = 10^\circ C$$

$$H = 1/6 \times 15 \times (20 - 10)$$

$$H = 1/6 \times 15 \times 10 = 1/6 \times 150$$

$$H = 25 W$$

کار کلاسی



توان گرمایی که از طریق پنجره‌ای به طول ۲/۵ m و ارتفاع ۱/۶ m از داخل اتاق با دمای °C ۲۰ به بیرون

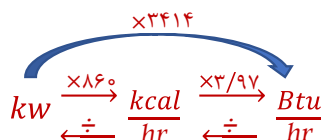
$$(U = 6 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}) \text{ با دمای } ^\circ C \text{ منتقل می شود چند وات است؟}$$

بحث کلاسی



از مقایسه مثال و کار کلاسی قبل چه نتیجه‌ای می گیرید؟

تبدیل واحدهای توان گرمایی: در تأسیسات گرمایی از یکای kw (کیلووات)، $\frac{kcal}{hr}$ (کیلوکالری بر ساعت) و $\frac{Btu}{hr}$ (بی تی یو بر ساعت) استفاده می شود.



مثال



توان گرمایی یک آب گرمکن دیواری $\frac{kcal}{hr}$ ۱۸۰۰۰ می باشد. این مقدار بر حسب kw و $\frac{Btu}{hr}$ چقدر است؟

$$۱۸۰۰۰ \frac{kcal}{hr} = ? kw \Rightarrow ۱۸۰۰۰ \div ۸۶۰ = ۲۱ kw$$

$$۱۸۰۰۰ \frac{kcal}{hr} = ? \frac{Btu}{hr} \Rightarrow ۱۸۰۰۰ \times ۳ / ۹۷ = ۷۱۴۶۰ \frac{Btu}{hr}$$

کار کلاسی

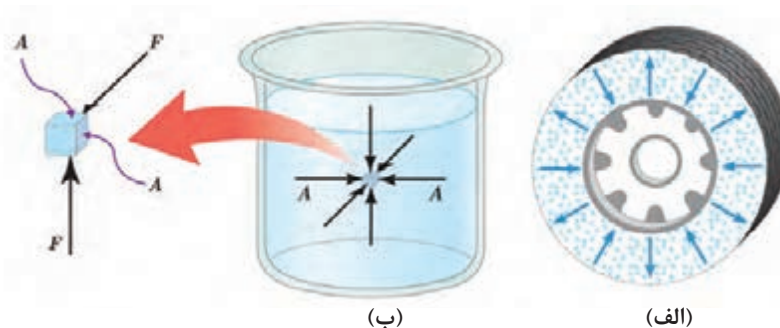


ظرفیت یک دستگاه آب گرمکن برقی kw ۵ می باشد. این مقدار را بر حسب $\frac{kcal}{hr}$ و $\frac{Btu}{hr}$ را محاسبه کنید؟

مقاومت گرمایی (R): نشان دهنده میزان مقاومت یک ماده در برابر عبور گرما می باشد. هرچه مقاومت گرمایی بیشتر باشد، انتقال گرما کاهش می یابد. برای افزایش مقاومت گرمایی در تأسیسات مکانیکی از عایق های گرمایی استفاده می کنند تا از هدررفت انرژی جلوگیری شود. برای مثال، عایق کاری لوله های آب گرم باعث می شود دمای آب در مسیر کاهش پیدا نکند و انرژی کمتری مصرف شود. به همین دلیل در طراحی سیستم های تأسیساتی، همواره تلاش می شود با استفاده از عایق مناسب، مقاومت گرمایی افزایش یافته و ضریب انتقال گرما کاهش پیدا کند تا مصرف انرژی، هزینه های بهره برداری و اتلاف حرارت به حداقل برسد.

فشار در سیال

وقتی سیال (مایع یا گاز) ساکن است، به هر سطحی که با آن در تماس باشد، مانند جدارهٔ یک ظرف یا سطح جسمی که در شاره غوطه‌ور است، نیرویی عمودی وارد می‌کند (شکل ۲۵). این همان نیرویی است که وقتی درون آب استخر قرار دارید روی پردهٔ گوش احساس می‌کنید. با وجود اینکه سیال به عنوان یک کل ساکن است، مولکول‌های آن در حال حرکت‌اند؛ نیرویی که توسط شاره به دیوارهٔ داخلی ظرف یا به جسم درون شاره وارد می‌شود، ناشی از حرکت‌ها و نیروهای تماسی بین مولکولی است. برای گازهای رقیق، به علت این که فاصلهٔ متوسط بین مولکول‌ها زیاد است، تقریباً تمام این نیرو ناشی از برخورد مولکول‌های گاز است.



الف) برخورد مولکول‌های هوای درون لاستیک به سطح داخلی آن سبب ایجاد نیروی عمودی می‌شود.
ب) به هر نقطه از سطح جسم غوطه‌ور در شاره (آب) نیرویی عمودی وارد می‌شود.

شکل ۲۵

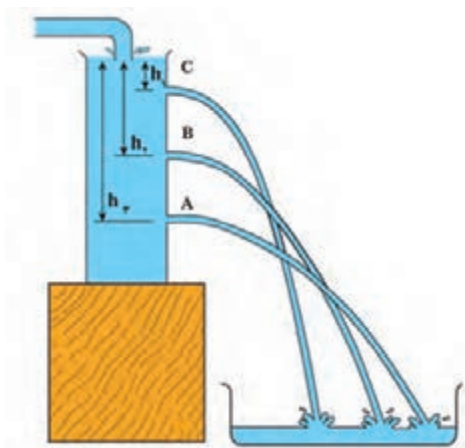
فشار P که به یک سطح فرضی A درون شاره وارد می‌شود به صورت نسبت اندازهٔ نیروی عمودی وارد بر این سطح به مساحت آن تعریف می‌شود:

$$P = \frac{F}{A}$$

یکای فشار در SI، پاسکال (Pa) است که در علوم سال نهم با آن آشنا شدید، به‌طوری که داریم:

$$1\text{Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

محاسبه فشار در سیال: فشار هوا در ارتفاع‌های بالا کمتر از فشار در سطح دریاست، به عنوان مثال در حین پرواز، باید فشار هوای کابین هواپیما را برای سلامت سرنشینان تنظیم‌کنند. یا وقتی به درون قسمت عمیق استخر می‌روید، با افزایش عمق آب، افزایش فشار را روی گوش‌های خود احساس می‌کنید. همچنین با انجام آزمایش‌هایی مشابه شکل ۲۶ مشاهده می‌گردد که با افزایش عمق از سطح شاره، فشار ناشی از سیال نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۲۶

برای محاسبه فشار در هر نقطه دلخواه درون یک سیال ساکن، فرض می‌کنیم شتاب گرانش g و چگالی سیال، یکنواخت و برابر باشند. نیرویی که بر عمق h وارد می‌شود را با F و نیروی وزن آب mg و نیرویی که هوا بر سطح آب وارد می‌کند را با F_0 نمایش می‌دهیم. بنابراین:

$$F = F_0 + mg$$

از طرفی $m = \rho V = \rho(Ah)$ ، با جایگذاری:

$$F = F_0 + \rho Ahg$$

که اگر عبارت را بر A تقسیم کنیم خواهیم داشت:

$$P = P_0 + \rho gh$$



شکل ۲۷

این رابطه نشان می‌دهد فشار در عمق h از سطح سیال به اندازه ρgh از فشار P_0 در سطح سیال بیشتر است. همان‌طور که خواهید دید فشار در سطح دریای آزاد، حدود 101325 پاسکال است و به آن 1 اتمسفر (atm) می‌گویند.

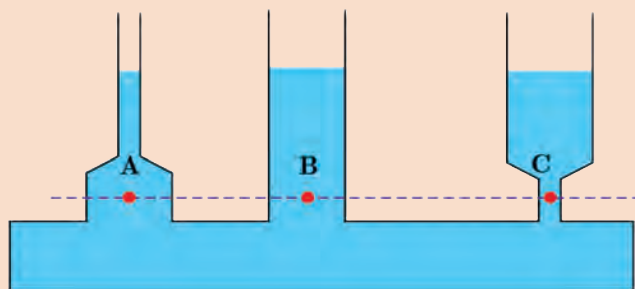


شکل ۲۸

رابطه‌های بالا برای سیال‌های ساکن و در حال تعادل کاربرد دارد، یعنی هم برای مایع‌ها و هم برای گازها می‌توان از آن استفاده کرد، مثلاً می‌توان اختلاف فشار آب در عمق‌های متفاوت یک اقیانوس یا اختلاف فشار هوای بالا و پایین یک ساختمان را با استفاده از این رابطه‌ها حساب کرد.

فشار گاز در تمام نقاط یک محفظه کوچک را می‌توان یکسان فرض کرد.

کار کلاسی



در علوم سال نهم دیدید که فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع ساکن مانند نقاط A، B و C در شکل یکسان است و به شکل ظرف بستگی ندارد. سازگاری این موضوع را با رابطه $P = P_0 + \rho gh$ توضیح دهید.

مثال



مخزنی به ظرفیت ۲۰۰۰ لیتر در پشت بام یک ساختمان به ارتفاع ۱۲ متر نصب شده است. اگر ارتفاع نقطه خروج آب از مخزن با اولین وسیله در طبقه اول ۱۱ متر باشد، فشار پشت شیر چند کیلوپاسکال است؟

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

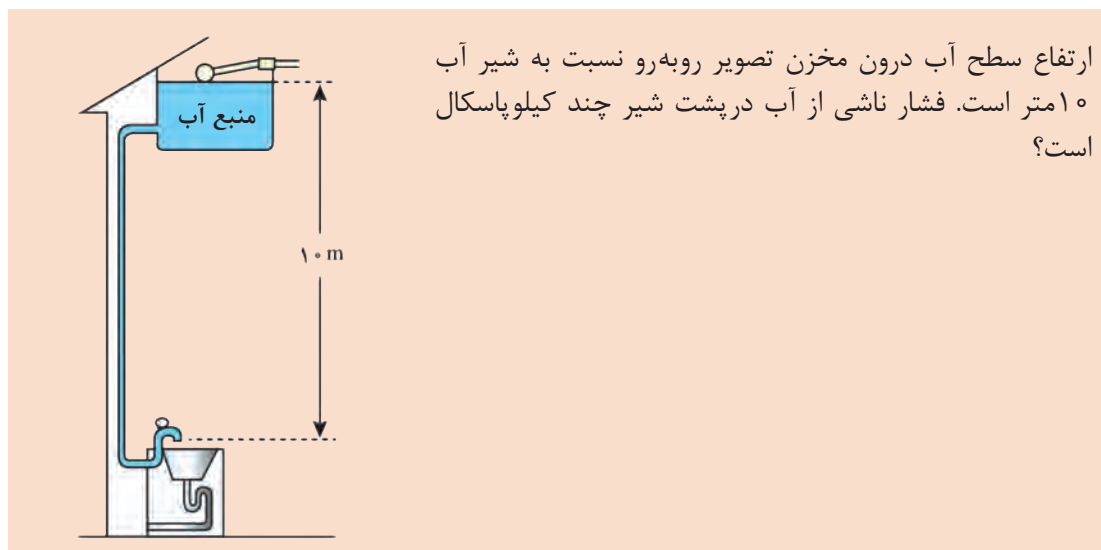
$$V = 2000 \text{ Lit}$$

$$H = 12 \text{ m}$$

$$h = 11 \text{ m}$$

$$P = ?$$

$$P = \rho gh = 1000 \times 10 \times 11 = 110000 = 110 \text{ kPa}$$

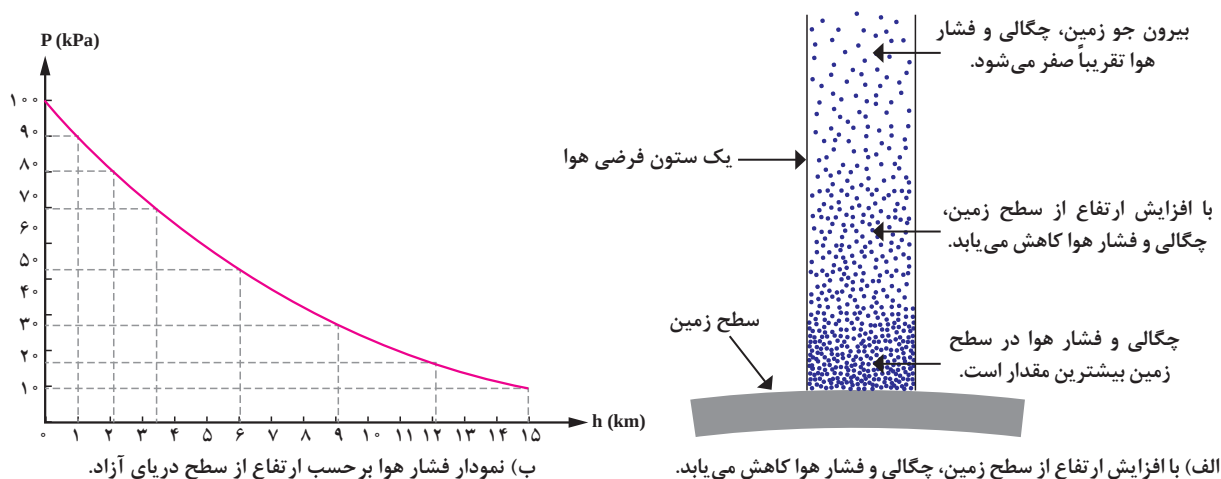


برای محاسبه اختلاف فشار بین دو نقطه از هوا که اختلاف ارتفاع قابل توجهی دارند، دیگر نمی‌توان از این رابطه $P = \rho gh$ استفاده کرد. برای مثال، اختلاف فشار قله دماوند و سطح دریا با استفاده از این رابطه و

در نظر گرفتن چگالی $\frac{1}{29} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ برای هوا، 71 KPa به دست می‌آید در حالی که مقدار واقعی آن نزدیک به 50 KPa است!

$$P = \frac{1}{29} \times 9.8 \times 5609 \sim 71 \text{ KPa}$$

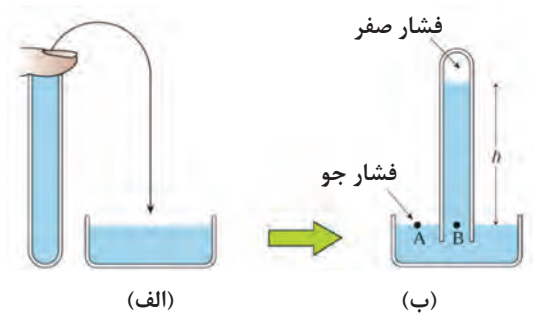
برای یافتن دلیل تفاوت آشکار بین این مقادیر، باید توجه کنیم که با افزایش ارتفاع از سطح زمین: (الف) چگالی هوا کاهش می‌یابد (شکل ۲۹-الف). محاسبه‌های دقیق‌تر نشان می‌دهند که تغییر فشار حسب ارتفاع از سطح زمین، مطابق نمودار (شکل ۲۹-ب) است. (ب) نیروی جاذبه زمین سبب می‌شود که لایه‌های زیرین هوا نسبت به لایه‌های بالایی هوا متراکم‌تر شوند. در نتیجه هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر شویم، چگالی و فشار هوا بیشتر می‌شود.



شکل ۲۹

فشارسنج هوا (بارومتر)

وسیله‌ای ساده که برای اندازه‌گیری فشار جو به کار می‌رود. این فشارسنج در سال ۱۶۴۳ میلادی توسط توریچلی فیزیک‌دان ایتالیایی اختراع شد.



شکل ۳۰

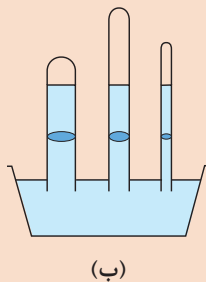
فشارسنج هوا شامل یک لوله شیشه‌ای بلند (به طول تقریبی ۸۰ سانتی‌متر) با یک سر بسته است که از جیوه پر شده (شکل ۳۰-الف) و سپس در یک ظرف محتوی جیوه به‌طور وارون قرار گرفته است (شکل ۳۰-ب). فضای خالی بالای ستون جیوه تنها محتوی بخار جیوه است که فشار آن ناچیز بوده و در عمل برابر صفر فرض می‌شود.

فشار در نقطه B برابر با ρgh و در نقطه A برابر P است. چون نقاط A و B هم‌ترازند، می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B = 0 + \rho gh = \rho gh$$

چون هوا دارای جرم بوده و در معرض جاذبه است، فشارسنج، فشار جو را به‌طور مستقیم با ارتفاع ستون جیوه درون لوله نشان می‌دهد که در سطح دریای آزاد این ارتفاع حدود $76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 101325 \text{ Pa}$ است. فشار جو یا فشار اتمسفر ثابت نبوده با ارتفاع تغییر می‌کند.

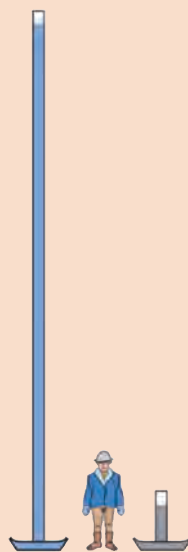
کار کلاسی



(ب)



(پ)



(الف)

الف) توضیح دهید چرا توریچلی در آزمایش خود ترجیح داد به جای آب از جیوه استفاده کند؟ (ممکن است شکل الف بتواند در پاسخ به این پرسش به شما کمک کند.)

ب) در آزمایش توریچلی از لوله‌های غیرمویی استفاده می‌شود. شکل (ب) این آزمایش را با سه لوله با سطح مقطع و طول متفاوت نشان می‌دهد. توضیح دهید چرا ارتفاع ستون جیوه در سه لوله برابر است؟

پ) در قلم خودکار، جوهر از طریق یک لوله وارد نوک قلم شده و در آنجا توسط یک گوی فلزی ضدزنگ غلتان، روی ورقه کاغذ پخش می‌شود. در بدنه لاک‌پشت یا درپوش بالایی این نوع قلم‌های خودکار، سوراخ‌ریزی ایجاد می‌کنند (شکل پ). دلیل این کار را توضیح دهید.



شکل ۳۱- فشارسنج نسبی

فشار نسبی: فشار نسبی یا فشار مانومتری فشاری است که فشارسنج نشان می‌دهد. فشارسنج‌ها فقط اختلاف فشار میان فشار واقعی سیال و فشار جو را اندازه می‌گیرند و طوری درجه‌بندی شده‌اند که در فشار جو، صفر را نشان می‌دهند. بدین لحاظ خواندن فشار راحت‌تر می‌شود. برای اندازه‌گیری فشار نسبی از مانومتر یا فشارسنج بوردون استفاده می‌شود.



شکل ۳۲- قسمت داخلی فشارسنج بوردون

فشارسنج بوردون: بسیاری از فشارسنج‌ها برای اندازه‌گیری فشار یک شاره، از یک لوله خمیده یک‌سر بسته و قابل انعطاف استفاده می‌کنند (شکل روبه‌رو). انتهای این لوله به عقربه‌ای متصل است که فشار را روی صفحه‌ای مدرج نشان می‌دهد. تغییر فشار پیمانه‌ای سیال درون لوله سبب تغییر شکل لوله و در نتیجه حرکت عقربه روی صفحه مدرج می‌شود. این فشارسنج‌ها که به فشارسنج بوردون شناخته می‌شوند معمولاً برای اندازه‌گیری فشار در مخزن‌های گاز و همچنین اندازه‌گیری فشار باد لاستیک و وسیله‌های نقلیه به کار می‌روند.

فشار مطلق: فشار کل یا واقعی یک سیال است. فشار مطلق مجموع فشار نسبی و فشار اتمسفر محلی است.

$$P_{ab} = P_{atm} + P_g$$

در صورتی که فشار نسبی کمتر از فشار جو باشد آن را با علامت منفی نشان می‌دهند.

در صورتی که فشار محلی 14.7 psi باشد و فشارسنج عدد 15 psi را نشان دهد، فشار مطلق چند psi است؟

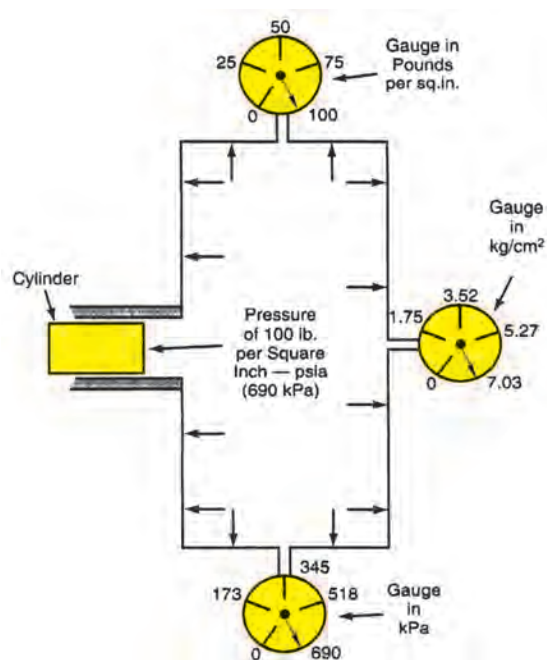
کار کلاسی



یکاهای فشار

در سیستم بین‌المللی یکاها (SI)، یکای فشار «پاسکال (Pa)» است. در سیستم IP یکای فشار «پوند بر اینچ مربع» است که به صورت «psi» یا « Lb/in^2 » و یا « Lb/sq in » نشان داده می‌شود. در سیستم «متریک»، یکای فشار «کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع» است که آن را به صورت « $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ » یا « $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$ » نشان می‌دهند.

یکی دیگر از یکاهای اندازه‌گیری فشار، «بار» است که معادل (10^5) پاسکال است و به صورت «bar» و یک هزارم آن «میلی‌بار» است که به صورت m.bar نشان داده می‌شود.



شکل ۳۳

فشار را برحسب ارتفاع ستون مایعات نیز اندازه گیری می کنند که از آن جمله می توان به موارد ذکر شده در زیر اشاره نمود:

- ۱ فوت آب (Ft.Wc)
- ۲ اینچ آب (in.Wc)
- ۳ اینچ جیوه (in.Hg)
- ۴ متر آب (m.Wc) یا (m.H₂O)
- ۵ سانتی متر جیوه (cm.Hg)

سیستم اندازه گیری	IP	MKS	SI
واحد سنجش فشار	psi	$\frac{\text{Kg}_f}{\text{cm}^2}$	Pa

تبدیل یکاهای فشار

گاهی لازم است یکای فشار از یک سیستم اندازه گیری به یکای سیستم اندازه گیری دیگری تبدیل گردد. در چنین مواردی از جدول هایی که به همین منظور تهیه شده است استفاده می شود.

جدول ۳- تبدیل فشار در یکاهای SI و IP

→ به	atm	bar	psi	torr	inHg	Pa	mWc
↓ از			(lb _f /in ²)	≈ mmHg	at °C	(N/m ²)	(mH ₂ O) at 4°C
atm	۱	۱/۰۱۳۲۵۰۱	۱۴/۶۹۵۹۵۰۲۵۴	۷۶۰/۰۰۰۰۶۶۰۰۵	۲۹/۹۲۱۲۵۸۳۰۰۱	۱۰۱۳۲۵/۰۱	۱۰/۳۳۴۹۲۱۳۵۶۷
bar	۰/۹۸۶۹۲۳۱۶۹	۱	۱۴/۵۰۳۷۷۳۸	۷۵۰/۰۶۱۶۷۳۸	۲۹/۵۲۹۹۸۳۰۷	۱۰۰۰۰۰	۱۰/۱۹۹۷۷۳۳۴
psi	۰/۰۶۸۰۴۵۹۵۷	۰/۰۶۸۹۴۷۵۷۳	۱	۵۱/۷۱۴۹۳۱۸۷	۲/۰۳۶۰۲۰۶۵۸	۶۸۹۴/۷۵۷۲۸۲	۰/۷۰۳۲۴۹۶۱۵
torr	۰/۰۰۱۳۱۵۷۸۹	۰/۰۰۱۳۳۳۲۲۴	۰/۰۱۱۹۳۳۶۷۷۵	۱	۰/۰۳۹۳۷۰۰۷۳	۱۳۳/۳۲۲۳۷	۰/۰۱۳۵۹۸۵۸
inHg	۰/۰۳۳۴۲۱۰۵۴	۰/۰۳۳۸۶۳۸۸۷	۰/۴۹۱۱۵۴۱۵۲	۲۵/۴۰۰۰۰۳۵۲	۱	۳۳۸۶/۳۸۸۶۶۷	۰/۳۴۵۴۰۳۹۶۸
Pa	۰/۰۰۰۰۰۹۸۶۹۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱۴۵۰۳۷۷	۰/۰۰۷۵۰۰۶۱۶۷	۰/۰۰۰۲۹۵۲۹۹۸	۱	۰/۰۰۰۱۰۱۹۹۷۷
mWc	۰/۰۹۶۷۵۹۳۲۴	۰/۰۹۸۰۴۱۳۹۴	۱/۴۲۱۹۷۰۲۰۶	۷۳/۵۳۷۰۹۲۳۳	۲/۸۹۵۱۶۰۷۱۵	۹۸۰۴/۱۳۹۴۳۲	۱

برای مثال: $1 \text{ atm} \approx 1/0 \text{ bar} \approx 14/7 \text{ psi} \approx 760 \text{ torr} \approx 29/92 \text{ inHg} \approx 101325 \text{ Pa} \approx 10/334 \text{ mWc}$

مثال



۱۴۷ psi چند atm است؟

ابتدا از جدول ۳ روی ستون (از ↓) psi را انتخاب می‌کنیم سپس روی ردیف افقی (به →) حرکت نموده تا به یکای فشار atm برسیم. آن‌گاه تبدیل فشار psi به atm را به‌دست می‌آوریم. هر psi برابر ۰/۰۶۸۰۴۵ اتمسفر است. پس خواهیم داشت:

$$۱ \text{ psi} = ۰/۰۶۸۰۴۵ \text{ atm}$$

$$۱۴۷ \text{ psi} = ? \text{ atm}$$

$$\frac{۱۴۷ \text{ psi} \times ۰/۰۶۸۰۴۵ \text{ atm}}{۱ \text{ psi}} = ۱۰ \text{ atm}$$

کار کلاسی



جدول روبه‌رو را تکمیل نمایید.

۲۵ bar	 kPa	۱۵ psi	 inHg
۷۶۰۰ mmHg	 Pa	۱۵ mWc	 bar

کار کلاسی

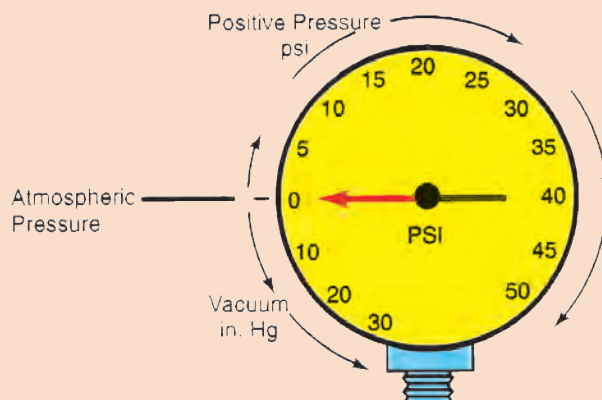


تقریباً به ازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا فشار هوا ۸/۴ mm.Hg کاهش می‌یابد. در ارتفاع ۱۵۰۰ متری فشار هوا چند بار است؟

کار کلاسی



در شکل زیر اعداد زیر صفر چه مفهومی را بیان می‌کنند؟



الگوی ارزشیابی شایستگی کاربری مفاهیم فیزیکی

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد
۳	■ تشخیص مفاهیم دما، گرما و فشار در یک موقعیت تأسیسات مکانیکی	بالاتر از حد انتظار	به کارگیری مفاهیم دما، گرما و فشار و تحلیل کاربرد آنها در سیستم‌های مختلف تأسیسات مکانیکی، برابر مقررات و استانداردهای ملی
۲	■ تبدیل واحدهای گرما برابر دستورالعمل ■ تبدیل واحدهای فشار برابر دستورالعمل ■ تبدیل واحدهای دما برابر دستورالعمل	در حد انتظار	
۱	ناتوانی در تبدیل واحد	پایین‌تر از حد انتظار	
	نمره مستمر از ۵		
	نمره واحد یادگیری از یک تا سه		
	نمره واحد یادگیری از ۲۰		

□ نمره شایستگی واحد یادگیری منحصراً شامل نمرات ۱، ۲ یا ۳ است.

□ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.

□ حداقل نمره قبولی ۱۲ از ۲۰ است.



پودمان دوم

مواد مهندسی



مواد مهندسی، بخش مهمی از تجهیزات و سامانه‌های تأسیسات مکانیکی ساختمان را تشکیل می‌دهند. لوله‌ها، اتصالات، شیرآلات، مخازن، تجهیزات گرمایشی و سرمایشی و ... از مواد مختلفی مانند فولاد، چدن، مس، آلومینیوم و انواع مواد پلیمری ساخته می‌شوند. انتخاب صحیح ماده در ساخت و اجرای تأسیسات، بر دوام، ایمنی، عملکرد و هزینه نگهداری سیستم تأثیر مستقیم دارد.

واحد یادگیری ۱

کاربرد مواد مهندسی



استاندارد عملکرد

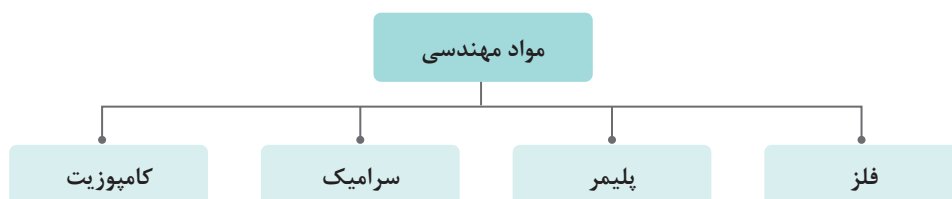
انتخاب و به کارگیری مواد مهندسی براساس ویژگی های فنی و شرایط محیطی

مواد مهندسی

مواد به صورت جامد، مایع و گازی در صنایع مختلف استفاده می‌شوند و آنها را می‌توان به روش‌های متفاوتی دسته‌بندی نمود. یکی از انواع دسته‌بندی، دسته‌بندی مواد به دو صورت مواد مهندسی و مواد غیرمهندسی است.

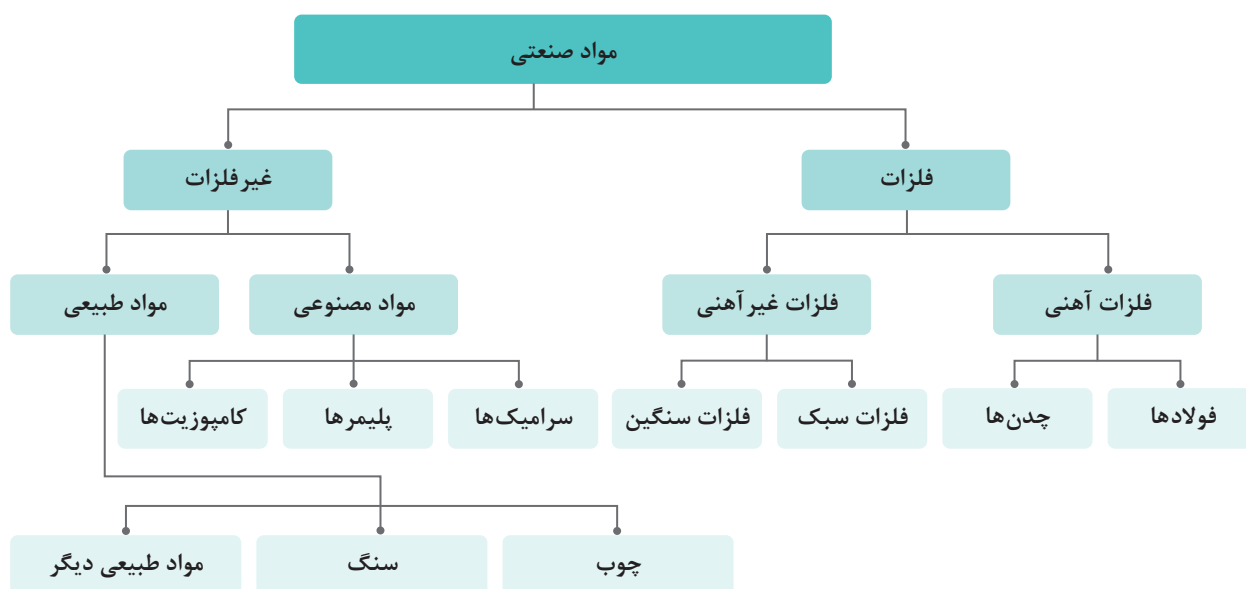
در این پودمان کاربرد مواد در دو شایستگی آورده شده است. واحد یادگیری نخست کاربرد مواد مهندسی در صنعت تأسیسات مکانیکی را بررسی می‌کند و واحد یادگیری دوم به آب و گاز و کاربرد آن در صنعت تأسیسات می‌پردازد.

مواد مهندسی، به موادی می‌گویند که سه ویژگی غیرزنده، جامد و کاربری مهندسی داشته باشند.



نمودار ۱- مواد مهندسی

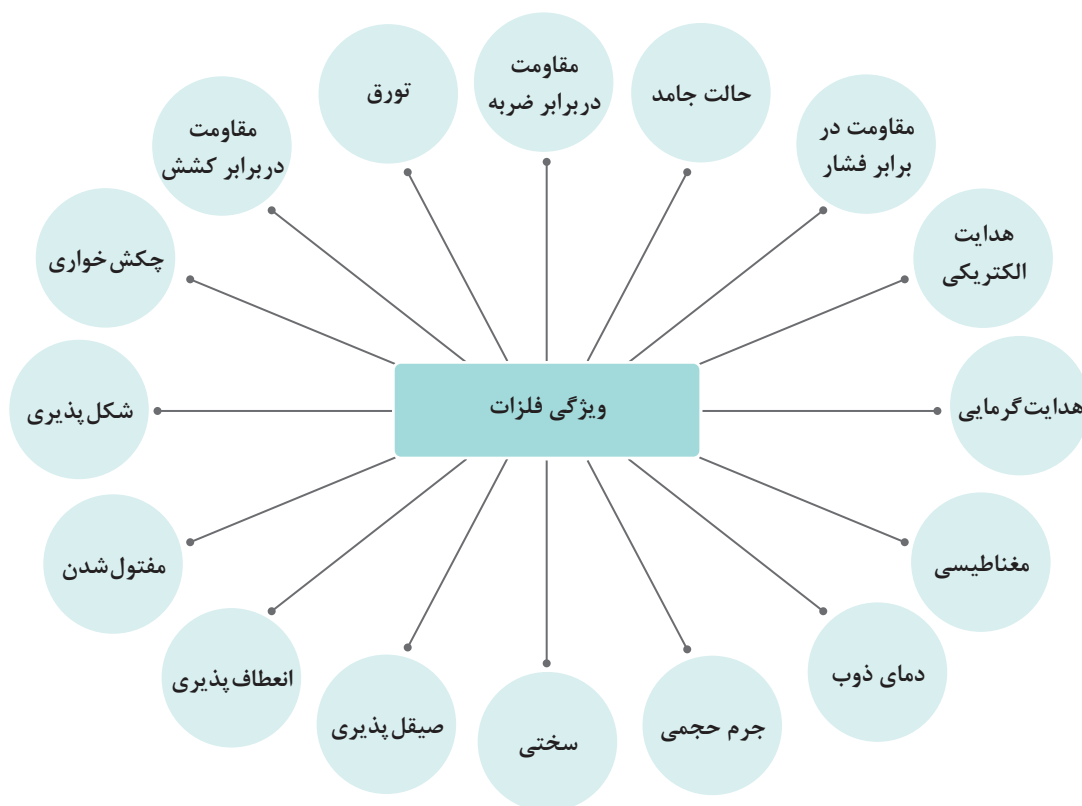
نوعی دیگر از دسته‌بندی مواد در نمودار زیر نشان داده شده است.



نمودار ۲- مواد صنعتی

فلزات

فلزات و آلیاژهای آنها به دو گروه فلزات آهنی و فلزات غیر آهنی دسته بندی می شوند. ویژگی فلزات: در چارت زیر ویژگی های فلزات در حالت طبیعی آورده شده است.



نمودار ۳-ویژگی فلزات

کدام فلز در دمای محیط مایع است؟ کاربرد آن در تأسیسات در کجا است؟

پرسش
کلاسی

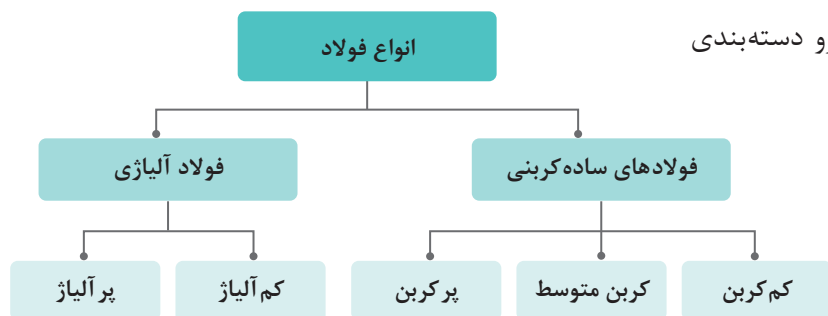


فلزات آهنی

عنصر اصلی تشکیل دهنده آنها آهن Fe می باشد و براساس میزان کربن به دو دسته کلی تقسیم بندی می شوند.

چدن ها	فولادها
بیش از ۲ تا حدود ۶ درصد کربن دارند.	کمتر از ۲ درصد کربن دارند.

فولادها مطابق نمودار روبه‌رو دسته‌بندی می‌شوند.



نمودار ۴- انواع فولاد

شکل‌های داده شده کدام قابلیت فلزات را نشان می‌دهند؟



پرنسپس
کلاسی

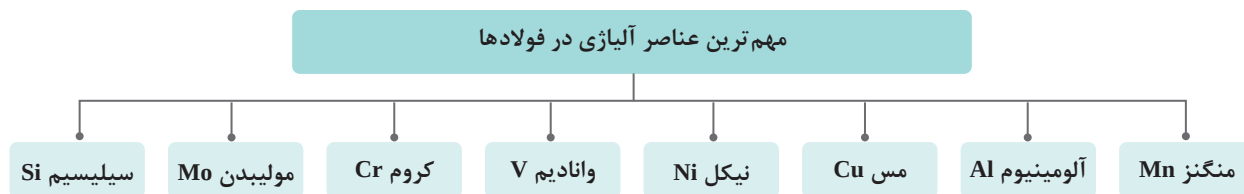


فولادهای ساده کربنی: همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود با افزایش درصد کربن استحکام فولاد افزایش پیدا نموده، قابلیت جوشکاری کاهش و مقاومت در مقابل سایش افزایش می‌یابد.

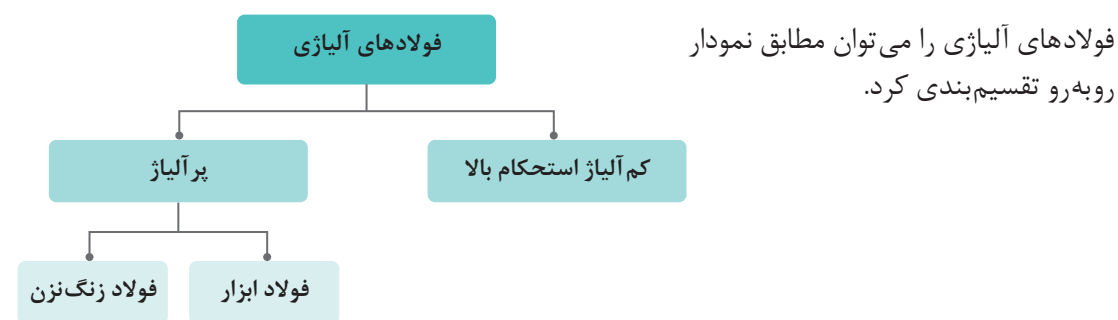
جدول ۱- فولادهای ساده کربنی

شکل	کاربرد	قابلیت	درصد کربن	نوع
	لوله، ورق، سیم و فولادهای ساختمانی	شکل‌پذیری، جوشکاری، مغناطیس‌شدن و استحکام کم	کمتر از ۰/۲۵ درصد	کم کربن
	چرخ واگن، ماشین‌آلات صنعتی، دیگ بخار	ماشین‌کاری، جوشکاری، سختی‌پذیری و استحکام متوسط	۰/۲۵ تا ۰/۶۵ درصد	کربن متوسط
	ابزارآلات، فنر و چرخ‌دنده‌ها	مقاومت به سایش، سختی بالا، جوشکاری ضعیف و استحکام زیاد	بیش از ۰/۶۵ درصد	پر کربن

فولادهای آلیاژی: برای بهبود ویژگی‌هایی همانند: افزایش مقاومت در برابر خوردگی، افزایش سختی، افزایش استحکام، افزایش مقاومت سایشی، بهبود خواص مغناطیسی و افزایش چقرمگی^۱، عناصری آلیاژی به فولاد افزوده می‌شود که مهم‌ترین عناصر آلیاژی در نمودار زیر مشاهده می‌شوند.

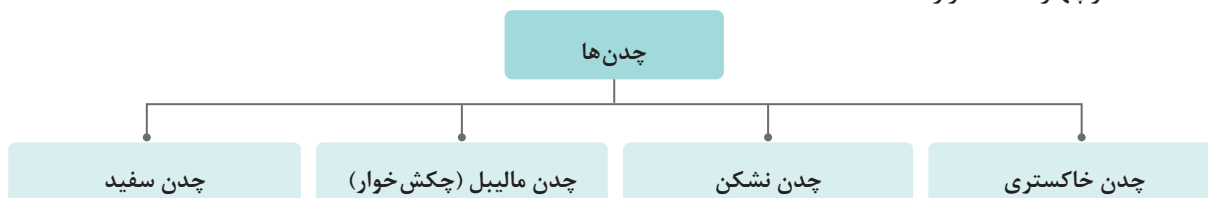


نمودار ۵- عناصر آلیاژی در فولاد



نمودار ۶- فولادهای آلیاژی

چدن: چدن دسته‌ای از آلیاژهای آهنی، محتوی کربن و سیلیسیم هستند. نقطه ذوب چدن نسبت به فولاد به کمتر است، بنابراین به راحتی ذوب و ریخته‌گری می‌شود. چدن ترد و شکننده است. چدن‌ها را می‌توان در چهار دسته قرار داد.



نمودار ۷

چند نمونه از موارد کاربرد چدن در تأسیسات مکانیکی را نام ببرید؟

پرسش
کلاسی



فلزات غیرآهنی

فلزات آلیاژی‌هایی هستند که بخش اصلی تشکیل‌دهنده و ترکیب آنها عنصری غیر از آهن می‌باشد. همانند مس، آلومینیوم، منیزیم، روی، قلع، سرب، نیکل و غیره.

۱- چقرمگی (Toughness): در علم متالورژی و مواد به مقاومت ماده در برابر شکست در اثر اعمال تنش گفته می‌شود.



دو مورد از فلزات غیر آهنی مورد استفاده در آن صنعت تأسیسات را نام ببرید.

آلومینیوم: آلومینیوم پس از فولاد پرکاربردترین فلز است. جرم حجمی آن حدود یک سوم فولاد می باشد. آلومینیوم و آلیاژهای آن دارای هدایت الکتریکی و گرمایی مناسب و منعکس کننده خوبی برای نور و گرما هستند و به دلیل مقاومت در مقابل خوردگی و قابلیت ریخته گری و شکل پذیری مناسب از آن برای تولید انواع لوله و پروفیل و ساخت مبدل های گرمایی استفاده می شود. در شکل ۱ کاربرد آلومینیوم در ساخت رادیاتور و مبدل گرمایی نشان داده شده است.



شکل ۱- رادیاتور و مبدل

مس: فلز مس قرمز رنگ است و دارای، هدایت الکتریکی، هدایت گرمایی، قابلیت شکل پذیری، قابلیت آلیاژ شدن و قابلیت چکش خواری بالا می باشد. در شکل ۲ چند مورد از کاربردهای مس نشان داده شده است.



مبدل گرمایی

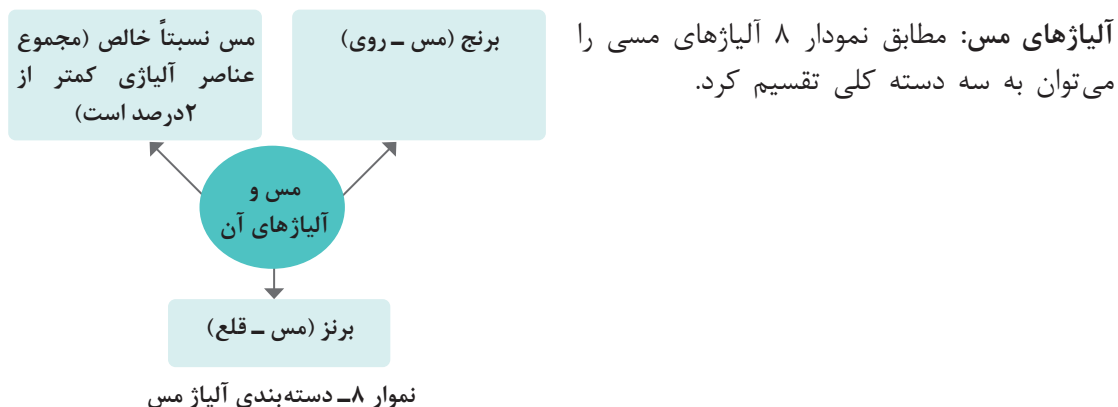


سیم برق



لوله و اتصالات

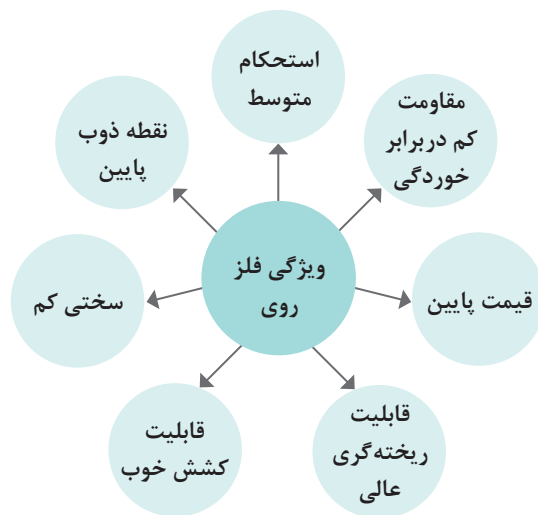
شکل ۲- کاربرد فلز مس



روی: در میان فلزات غیر آهنی، روی پس از آلومینیوم و مس بیشترین کاربرد را در صنعت دارد. ویژگی‌های روی در نمودار زیر آورده شده است. از فلز روی برای پوشش قطعات فولادی به منظور حفاظت در برابر خوردگی استفاده می‌شود. برای گالوانیزه کردن ورق‌ها، لوله‌ها و مقاطع فولادی از روش غوطه‌وری گرم یا پاشش حرارتی روی، در سطح فولاد استفاده می‌شود.



شکل ۳- کاربرد روی (لوله گالوانیزه)



نمودار ۹



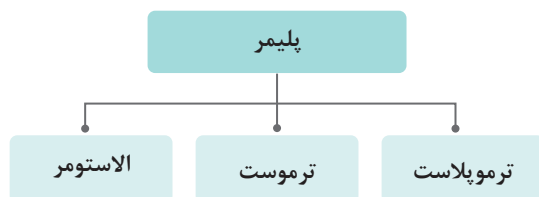
شکل ۴- کاربرد قلع (لحیم کاری)

قلع: قلع فلز دیگری است که برای پوشش‌های مقاوم به خوردگی، آلیاژسازی، لحیم‌کاری و غیره کاربرد دارد. قلع استحکام کمی دارد اما در ترکیب با فلزات دیگر مثل مس، سرب، تیتانیوم و روی باعث افزایش سختی و استحکام آنها می‌شود. ورق‌های فولادی قلع‌اندود قابلیت فرم‌دهی، جوشکاری و لحیم‌کاری دارند. از صفحات قلع‌اندود برای ظروف بسته‌بندی غذا استفاده می‌شود. ظرف‌های قلع‌اندود به حلبی معروف می‌باشند (شکل ۴).

غیر فلزات

می‌توان آنها را به دو دسته غیر فلزات طبیعی و مصنوعی دسته‌بندی نمود. طبیعی مانند: چوب، سنگ، پروتئین، پشم، ابریشم، پنبه، کتان، لاستیک طبیعی یا کائوچو و غیره و غیر فلزات مصنوعی تمام مواد ساخته شده دست بشر هستند که می‌توان آنها را در سه دسته: پلیمر، سرامیک و کامپوزیت جای داد.

پلیمر: پلیمر، درشت مولکول یا بسیار، مولکول‌های بزرگی هستند که از به هم چسبیدن تعداد زیادی مولکول کوچک‌تر تشکیل می‌شوند. مولکول‌های کوچک را مونومر و عمل اتصال آنها را بسپارسازی یا پلیمریزاسیون گویند. چنانچه مونومرها از یک نوع باشند آن را همونومر و اگر مونومرها متفاوت باشند به آن کوپلیمر گفته می‌شود.



نمودار ۱۰- انواع پلیمر

دسته‌بندی پلیمرها: پلیمرها را می‌توان برحسب ویژگی و رفتار آنها در برابر گرما و ویژگی‌های مکانیکی طبق نمودار روبه‌رو دسته‌بندی نمود.

ترموپلاست: ترموپلاستیک‌ها مواد آلی هستند که هنگامی که به آنها گرما داده می‌شود ذوب می‌شوند. ترموپلاستیک ترکیبی از پلاستیک و لاستیک می‌باشد. این ماده با دارا بودن نقاط قوت لاستیک و پلاستیک دارای خواص فیزیکی و مکانیکی ویژه‌ای است. از این مواد در ساخت لوله، خودروسازی و سایر صنایع استفاده می‌شود. این پلیمر دردمای اتاق به صورت جامد است اما در صورتی که دمای آن افزایش یابد به صورت یک مایع چسبناک درمی‌آید.

ترموست: ترموست برخلاف ترموپلاست در اثر افزایش دما تغییر شکل نمی‌دهد. رزین پلی‌استر، وینیل‌استر و اپوکسی از این نوع پلیمر بوده و از آن در ساخت ظروف ملامین و کلید و پریز و سایر تجهیزات برقی استفاده می‌شود.

الاستومر: پلیمری است که دردمای معمولی می‌تواند حداقل دو برابر طول اولیه‌اش کشیده شود و بعد از رهاسازی تقریباً به شکل و ابعاد اولیه‌اش برگردد. الاستومرها به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند. دو نوع متداول عایق NBR و EPDM برای عایق‌کاری تجهیزات تأسیسات سرمایشی لوله‌کشی‌های سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی استفاده می‌شود. در شکل ۵ کاربرد الاستومر مصنوعی برای عایق‌کاری لوله‌ها و تجهیزات تأسیساتی نشان داده شده است.



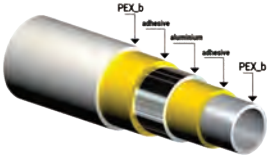
شکل ۵ - کاربرد EPDM روی دستگاه‌ها و لوله‌کشی

در ارتباط با الاستومرهای سلول باز و بسته و کاربردهای آن پژوهش کنید.

پژوهش



جدول ۲- انواع لوله پلی اتیلن

شکل	شرح	نوع
	به دلیل مقاوم نبودن، این لوله‌ها برای انتقال سیال با دمای بالا مناسب نیستند. از لوله پلی اتیلن با دانسیته بالا در شبکه‌های آب‌رسانی تحت فشار و گاز شهری استفاده می‌شود. این نوع لوله تا سایز ۱۱۰ mm با فشار کاری ۲-۴۰ bar به صورت کلاف تولید می‌شوند.	تک لایه PE
	این نوع لوله از پلی اتیلن با دانسیته بالا بوده که جداره بیرونی آن برای تحمل فشارهای مکانیکی خاک موج‌دار طراحی شده و داخل آن صاف می‌باشد. از آن برای انتقال آب و فاضلاب، زه‌کشی، منهول‌های دسترسی، غلاف کابل‌ها و ساخت سپتیک تانک‌ها استفاده می‌شود. لوله کاروگیت از قطر ۱۱۰-۳۰۰ mm تولید می‌گردد.	دو لایه کاروگیت
	این نوع لوله از تلفیق دو لایه پلی اتیلن مشبک شده و یک لایه آلومینیوم و دو لایه چسب مخصوص ساخته می‌شوند و برای حداکثر دمای ۹۵°C مناسب می‌باشند.	چند لایه PEX-AL-PEX
	از خانواده پلی اتیلن‌های سنگین بوده که دارای ساختمان شبکه‌ای است و در دسته پلیمرهای گرماسخت یا ترموست قرار می‌گیرد. از آن در سیستم‌های لوله‌کشی آب سرد و گرم، گرمایش از کف استفاده می‌شود. این لوله‌ها به صورت کلافی از قطر ۱۲ میلی‌متر تا ۳۲ میلی‌متر ساخته می‌شوند.	مشبک PEX
	از خانواده پلی اتیلن‌های سنگین بوده که در اثر گرما نرم و حالت داده شده است. برای لوله‌کشی آب سرد و گرم ساختمان تا دمای ۸۰°C مناسب می‌باشد. نوع پنج لایه آن از تلفیق دو لایه پلی اتیلن دما بالا، یک لایه آلومینیوم و دو لایه چسب مخصوص تشکیل شده است. این لوله‌ها به صورت کلافی از ۱۶-۷۵ mm ساخته می‌شوند.	دمای بالا PERT
	لوله پلی اتیلن با دانسیته پایین بوده که در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و در سایز ۱۶-۳۲ mm با فشار کاری ۶ bar - ۲/۵ تولید می‌شوند. این نوع لوله تحمل مناسب و بالایی در برابر فشار و اشعه UV خورشید دارند.	جدار نازک LDPE

علامت بازیافت روی اجناس پلیمری، نشان‌دهنده چرخه بازیافت است که فقط پلیمرهای ترموپلاست دارای آن هستند.

توجه کنید



سرامیک: سرامیک‌ها دسته دیگری از مواد صنعتی غیرفلزی معدنی هستند که از ویژگی‌های آنها می‌توان دیرگدازی بالا، سختی زیاد و مقاومت در برابر خوردگی و سایش را نام برد. از سرامیک در ساخت صفحه سنگ، سنباده، کارت‌ریج شیرهای مخلوط، تورچ دستگاه‌های جوشکاری، الکتروود جرقه دستگاه‌های گازسوز و ساخت وسایل بهداشتی استفاده می‌شود. در شکل ۶ کاربرد سرامیک‌ها نشان داده شده است.



الکتروود جرقه

کارت‌ریج

سنگ فرز

کاسه روشویی

شکل ۶ - کاربرد سرامیک

کامپوزیت: مواد کامپوزیتی یا مرکب، از دو فاز زمینه و تقویت‌کننده تشکیل شده‌اند. فاز زمینه با احاطه کردن فاز تقویت‌کننده آن را در محل خود نگه می‌دارد و فاز تقویت‌کننده موجب بهبود خواص مکانیکی ماده کامپوزیتی می‌شود. از ویژگی‌های مواد کامپوزیتی می‌توان به استحکام عالی، مقاومت در برابر خوردگی بالا و عایق گرمایی خوب را نام برد. مواد کامپوزیتی براساس فاز زمینه به سه دسته زمینه فلزی، زمینه سرامیکی و زمینه پلیمری دسته‌بندی می‌شوند. فایبرگلاس یکی از پرکاربردترین کامپوزیت‌های با زمینه پلیمری است که توسط فیبرشیشه تقویت شده است. در شکل ۷ موارد کاربرد کامپوزیت در تأسیسات مکانیکی نشان داده شده است.



مخزن آب GRP

سختی‌گیر FRP

زیردوشی فایبرگلاس

لوله GRP

شکل ۷ - موارد کاربرد کامپوزیت

مواد نانو

به هر ماده‌ای که حداقل یکی از ابعاد آن در مقیاس نانومتری یعنی زیر ۱۰۰ نانومتر باشد اطلاق می‌شود. از فناوری نانو در تأسیسات برای افزایش قابل توجه هدایت گرمایی سیالات، در حوزه تصفیه آب برای جدا کردن فلزات سنگین از آب و عایق کاری لوله‌ها و مخازن استفاده می‌شود. رنگ نانو دارای خواص ضد خوردگی ویژه‌ای بوده و باعث افزایش نفوذ این نوع پوشش به درون شکاف‌ها و منافذ بسیار ریز موجود در سطح فلز می‌گردد. چسبندگی رنگ‌های نانو با ضخامت فقط ۳۰ میکرون روی سطح نسبت به رنگ‌های معمولی ۷۰ مرتبه بیشتر بوده و از لحاظ ظاهری، فیلم حاصله بسیار صاف و براق است.



شکل ۸- رنگ نانو

انواع لوله

انواع لوله به صورت فلزی و غیرفلزی هستند که لوله‌های فلزی شامل سه دسته فولادی، چدنی و مسی می‌شوند. **■ لوله‌های فولادی:** در سه گروه وزنی سبک، نیمه سنگین و سنگین تولید شده و در سیستم‌های لوله‌کشی استفاده می‌شوند. برای محافظت لوله‌های فولادی در مقابل فرسایش و زنگ زدگی آنها را با فلز روی پوشش می‌دهند. لوله‌های فولادی به دو روش درزدار و بدون درز ساخته می‌شوند که به نوع بدون درز آن مانیسمن نیز گفته می‌شود (شکل ۹).



گالوانیزه



سیاه بدون درز



سیاه درزدار

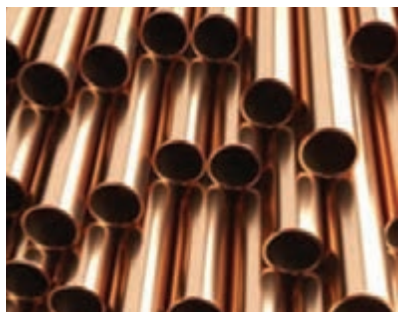
شکل ۹- انواع لوله فولادی

■ **لوله‌های چدنی:** این لوله‌ها در برابر فشار وارده به جداره‌های خارجی دارای مقاومت و استحکام خوبی بوده و فرسودگی این لوله‌ها کمتر از لوله‌های فولادی است. این نوع لوله‌ها به دو صورت سرتویی و سرتخت تولید می‌شوند. به دلیل داشتن وزن زیاد دیگر از آنها در لوله‌کشی فاضلاب و آب باران ساختمان‌ها استفاده نمی‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- انواع لوله چدنی

■ **لوله‌های مسی:** لوله‌های مسی به خاطر مقاومت کششی بالا می‌توان آنها را با جداره نازک تهیه کرد که باعث سبکی وزن می‌گردد. لوله‌های مسی سطح داخلی صافی دارند و مقاومت کمی در برابر جریان سیالات ایجاد می‌کنند. ظاهر این لوله‌ها تمیز است و در صورت ضرورت می‌توان آنها را آب کروم داد. انواع لوله مسی در دو دسته جای می‌گیرند، لوله‌هایی که در لوله‌کشی آب سرد و گرم، گاز و گازهای طبی مورد استفاده‌اند و لوله‌هایی که در سیستم تهویه مطبوع و تبرید کاربرد دارند که به آنها لوله ACR گفته می‌شود. در لوله‌های ACR قطر نامی لوله برابر قطر خارجی است ولی در لوله‌های مخصوص آب سرد و گرم و گاز قطر نامی برابر قطر داخلی است در نتیجه در یک قطر نامی لوله آب‌رسانی و گازرسانی بزرگ‌تر از لوله‌های ACR هستند. لوله مسی بدون درز که تحت استاندارد ۸۸ B ASTM/ANSI ساخته می‌شود و از نظر ضخامت جداره به انواع K سنگین، L وزن متوسط و M سبک تقسیم شده و به دو صورت سخت و نرم عرضه می‌شوند، در حالت نرم تا قطر ۱/۵ اینچ یا ۴۰ میلی‌متر به صورت کلاف و در حالت سخت به صورت شاخه‌ای به بازار عرضه می‌گردند (شکل ۱۱).



شاخه‌ای



کلافی

شکل ۱۱- انواع لوله مسی

ایراداتی نظیر پوسیدگی، رسوب گرفتگی، سختی اجرا و تعمیرات، حمل و نقل مشکل و قیمت بالا سبب شد لوله‌های فلزی که در سیستم‌های آب و فاضلاب ساختمان‌ها استفاده می‌شدند، جای خود را به لوله‌های پلیمری دهند.

لوله‌های پلیمری: لوله‌های پلیمری یک یا چند لایه، به دلیل داشتن ویژگی‌هایی همچون جداره صاف داخلی، سبکی وزن، مقاوم در برابر اسیدها و مواد خورنده، مقاوم در مقابل باکتری‌ها و قارچ‌ها در سیستم‌های لوله‌کشی ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته لوله‌های پلیمری مانند پلی اتیلن یا پلی پروپیلن دارای دو محدودیت مهم، ضریب انبساط حرارتی بالا و نفوذ اکسیژن بیشتر از لوله‌های فلزی خصوصاً در سیستم‌های گرمایشی هستند.



■ **لوله پلی‌بوتیلن PB:** این نوع لوله دارای دمای تحمل 82°C و فشار کاری $6/5 \text{ atm}$ بوده و در شبکه‌های آبرسانی سرد و گرم استفاده می‌شوند. این لوله‌ها به دلیل انعطاف‌پذیری بالا در تحمل تغییرات حرارتی و فشارهای مختلف، عملکرد خوبی دارند. رنگ آنها خاکستری بوده و تحت تأثیر اشعه UV خورشید قرار می‌گیرند (شکل ۱۲).

شکل ۱۲- لوله PB



■ **لوله ABS:** این لوله‌ها از ترکیب سه پلیمر اصلی با قابلیت کار در دمای 80°C ساخته می‌شوند که موجب مقاومت در برابر ضربه و خمش آنها می‌گردد. این لوله‌ها برای دفع فاضلاب و هواکش، مناسب هستند. اتصالات این نوع لوله‌ها جوشی، چسبی یا رزوه‌ای است. در ساخت این لوله‌ها از دوده استفاده شده تا در برابر اشعه خورشید مقاوم شوند.

شکل ۱۳- انواع لوله پلاستیکی



■ **لوله تقویت شده با الیاف شیشه GRP:** این نوع لوله گرما سخت بوده و جهت افزایش مقاومت استاتیکی آن از الیاف شیشه در ساخت آن استفاده شده است. از این لوله به علت مقاوم بودن در مقابل ضربه، فشار و کشش در کاربردهای گوناگون استفاده می‌شود. قطر این لوله‌ها $400 - 25 \text{ mm}$ است و اغلب برای انتقال آب، فاضلاب و مواد شیمیایی اسیدی و بازی استفاده می‌شوند (شکل ۱۴).

شکل ۱۴- لوله GRP

■ **لوله پلی‌وینیل کلراید PVC:** پی‌وی‌سی به دو دسته سخت و نرم تقسیم‌بندی می‌شود. پی‌وی‌سی سخت برای ساخت لوله و اتصالات فاضلابی و پروفیل در و پنجره‌ها و پی‌وی‌سی نرم برای روکش عایقی کابل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. لوله‌های PVC در دو نوع با جدار معمولی و جدار ضخیم در شاخه‌های ۶ متری با اتصالات سرکاسه‌دار یا پوش فیت تولید می‌شوند. لوله پی‌وی‌سی شکننده بوده و دمای تحمل آن تا 70°C است. لوله UPVC پلی‌وینیل کلراید بدون پلاستیک است که در برابر مواد شیمیایی و شرایط آب‌وهوایی کاملاً مقاوم است. با اضافه کردن کلر به رزین لوله پی‌وی‌سی نوع دیگری از این لوله به نام CPVC تولید می‌شود که برای لوله‌کشی آب سرد و گرم مصرفی و سیستم گرمایش کاربرد دارد. نحوه اتصال این لوله‌ها به اتصالات با چسب مخصوص می‌باشد (شکل ۱۵).



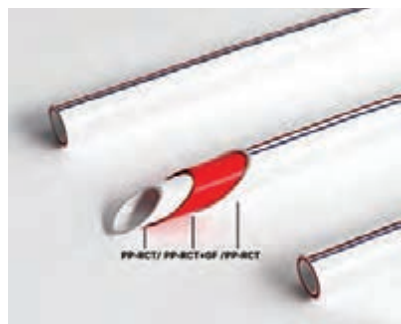
CPVC



UPVC

شکل ۱۵- انواع لوله PVC

■ **لوله پلی‌پروپیلن PP:** از لحاظ ساختاری، یک پلیمر مونومر بوده که در فشارهای پایین و دمای کمتر از 82°C مورد استفاده قرار می‌گیرد. این لوله در ابتدا با نام لوله سبز شناخته می‌شد و دارای سه تیپ هموپلیمر PP-H، بلاک کوپلیمر PP-B و رندوم کوپلیمر PP-R است. از لوله PP-R به دلیل مقاومت بالا در برابر گرما و مواد شیمیایی و کیفیت بالاتر از دو تیپ دیگر در سیستم لوله‌کشی آب مصرفی ساختمان‌ها استفاده می‌شود. با توجه به محدودیت‌های لوله‌های PP-R از قبیل عدم استفاده در دماهای بالای 80°C ، انبساط طولی زیاد و احتمال نفوذ اکسیژن تیپ چهارمی از لوله‌های رندوم کوپلیمر با تبلور اصلاح شده به نام PP-RCT تولید شده است که مقاومت فشاری، خواص حرارتی و ضریب انبساط طولی آن در دماهای بالا بهبود یافته است. این لوله نسل جدید لوله‌های پلی‌پروپیلن بوده که لایه داخل و خارج آن پلی‌پروپیلن و لایه میانی از کامپاند الیاف شیشه تشکیل شده است. از این نوع لوله می‌توان در تأسیسات گرمایشی استفاده نمود.



PP-RCT



PP-R

شکل ۱۶- انواع لوله PP

■ **لوله پلی اتیلن:** پلی اتیلن یک هیدروکربن با وزن مولکولی بالا با مزیت مهم ضربه پذیری است. از ویژگی های مهم لوله های پلی اتیلن قابلیت آسان اتصال به یکدیگر است. لوله های پلی اتیلن در سه نوع چگالی بالا، چگالی متوسط و چگالی سنگین که بالاتر از دو نوع قبلی است تولید می شوند. انواع لوله های پلی اتیلن عبارت اند از:

۱ پلی اتیلن تک لایه

۲ پلی اتیلن دو لایه

۳ پلی اتیلن چند لایه

۴ پلی اتیلن مشبک

۵ پلی اتیلن دمای بالا

۶ پلی اتیلن آبیاری

الگوی ارزشیابی شایستگی کاربرد مواد مهندسی

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد
۳	■ طبقه‌بندی مواد مهندسی و صنعتی برابر نمودار استاندارد ■ تشخیص ویژگی فلزات	بالاتر از حد انتظار	انتخاب و به‌کارگیری مواد مهندسی براساس ویژگی‌های فنی و شرایط محیطی
۲	■ تشخیص کاربرد فلزات در قطعات تأسیسات مکانیکی ■ تشخیص کاربرد غیرفلزات در قطعات تأسیسات مکانیکی	در حد انتظار	
۱	ناتوانی در تشخیص فلزات و غیرفلزات در تأسیسات مکانیکی	پایین‌تر از حد انتظار	
	نمره مستمر از ۵		
	نمره واحد یادگیری از یک تا سه		
	نمره واحد یادگیری از ۲۰		

- ☐ نمره شایستگی واحد یادگیری منحصراً شامل نمرات ۲، ۱ یا ۳ است.
- ☐ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.
- ☐ حداقل نمره قبولی ۱۲ از ۲۰ است.

واحد یادگیری ۲

کاربرد سیالات



آب و گاز طبیعی از مهم‌ترین سیالات مورد استفاده در زندگی روزمره و صنایع هستند و نقش اساسی در تأمین بهداشت، آسایش و انرژی دارند. آب پس از برداشت از منابع سطحی و زیرزمینی، در تصفیه‌خانه‌ها طی مراحلی مانند آشغال‌گیری، ته‌نشینی، فیلتراسیون و گندزدایی تصفیه می‌شود تا برای آشامیدن و مصرف شهری مناسب گردد. گاز طبیعی نیز پس از استخراج از مخازن زیرزمینی، برای حذف ناخالصی‌ها و مواد اسیدی وارد پالایشگاه شده و طی فرایند شیرین‌سازی و تصفیه، آماده انتقال و مصرف می‌شود. آشنایی با منابع، روش‌های تصفیه و کاربرد این سیالات، از مباحث مهم رشته تأسیسات مکانیکی به‌شمار می‌رود.

استاندارد عملکرد

تشخیص منابع آب و گاز طبیعی و تعیین مراحل تصفیه و شیرین‌سازی آنها و تبیین ویژگی‌های آنها براساس استانداردها در تأسیسات مکانیکی

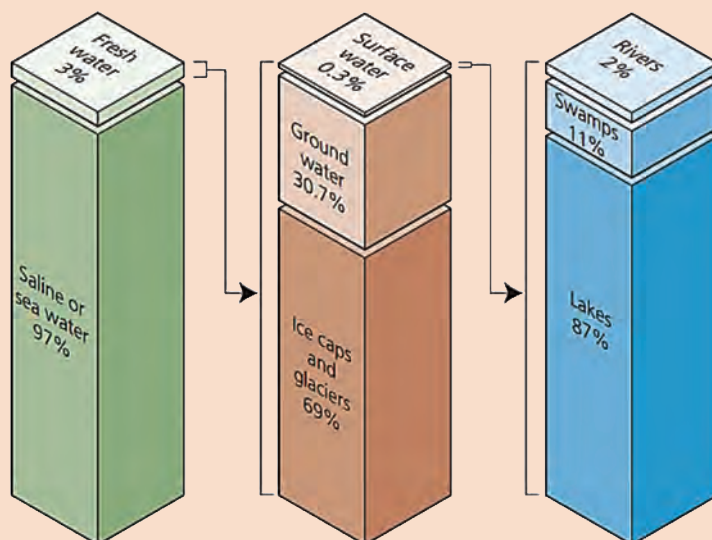
منابع آب

گرچه ۷۱ درصد سطح زمین را آب پوشانده است، اما نیمی از جمعیت جهان از کم آبی رنج می‌برند و $\frac{2}{3}$ مردم جهان با کمبود آب روبه‌رو هستند.

با توجه به شکل نشان داده شده جدول زیر را تکمیل کنید.

منابع آب	سهم (%)	منابع آب	سهم (%)	منابع آب	سهم (%)
آب شیرین	۳٪	آب‌های سطحی		رودخانه‌ها	
				تالاب‌ها	۱۱٪
				دریاچه‌ها	
		آب‌های زیرزمینی			
		پهنه‌های یخی و یخچال‌ها	۶۹٪		
آب شور (دریا)					

گفت‌وگوی
کلاسی



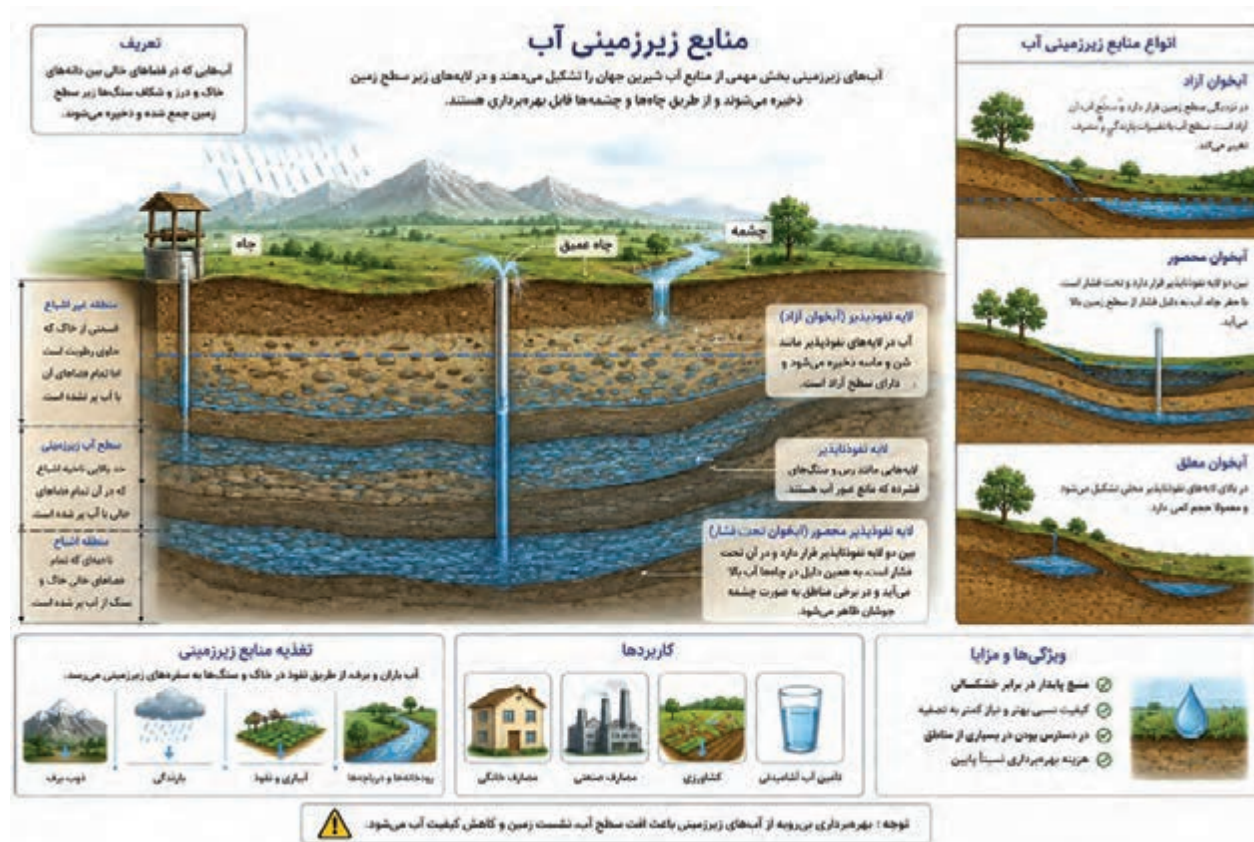
پژوهش



- ☐ متوسط بارندگی سالیانه ایران و جهان چند میلی‌متر است؟
- ☐ با توجه به این میزان بارندگی ایران جزء چه منطقه‌ای از نظر بارندگی محسوب می‌شود؟
- ☐ متوسط بارندگی سالیانه شهر خود را با توجه به اطلاعات سازمان هواشناسی بیابید.
- ☐ آب شهر شما از کدام منابع آب تأمین می‌شود؟

منابع زیرزمینی آب

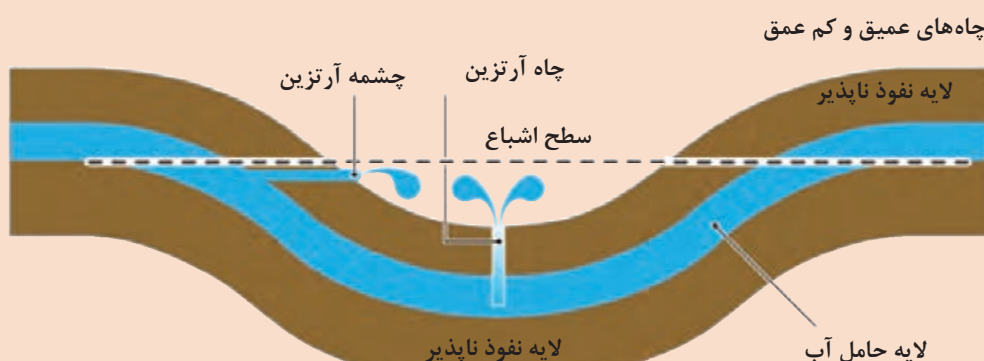
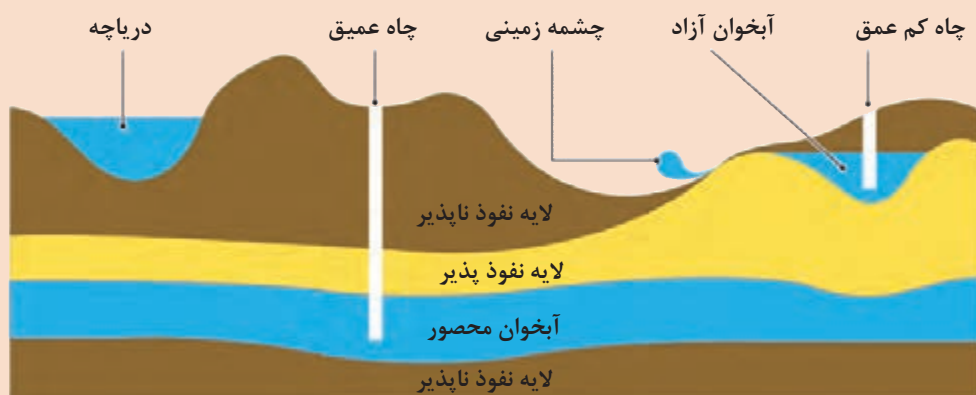
نفوذ آب حاصل از بارش باران و برف در زمین سبب پر شدن قسمتی از فضای خالی بین ذرات جامد زمین می‌شود. این نفوذ تحت تأثیر نیروی جاذبه زمین از نقاط بلندتر به سمت نقاط پست‌تر صورت می‌گیرد. سرعت این نفوذ یا حرکت، بسته به نوع زمین متفاوت است (شکل ۱۷). هنگام مواجه شدن با لایه‌های نفوذناپذیر مانند خاک رس، این آب‌ها متوقف شده تشکیل منابع‌های زیرزمینی را می‌دهد. در طبیعت غالباً چند منبع آبی روی هم قرار می‌گیرند که به وسیله لایه‌های نفوذناپذیر از هم جدا می‌شوند. سطح آب در منبع بالایی معمولاً ثابت نیست و با بارندگی‌های فصلی تغییر می‌کنند. لذا بهره‌برداری از منابع گودتر مطمئن‌تر ولی گران‌تر است. طبقات خاک خاصیت صاف‌کنندگی دارد بنابراین آب هنگام گذر از آنها تصفیه شده مواد معلق خود را از دست می‌دهد و از آلودگی سطحی در امان هستند و تنها نمک‌های محلول را در خود نگه می‌دارد.



شکل ۱۷- منابع زیر زمینی آب



- ۱ ایرانیان قبل از به‌کارگیری نیروی الکتریسیته چگونه از منابع آب شیرین زیرزمینی بهره‌برداری می‌کردند؟
- ۲ نام منابع آب شیرین در شکل نشان داده شده را در کنار هر منبع بنویسید.



شکل ۱۸

ویژگی‌های فیزیکی آب

- **جرم مخصوص:** آب در دمای 4°C بیش‌ترین جرم مخصوص خود را دارد که برابر یک گرم بر سانتی‌متر مکعب است.
- **دمای تبخیر:** آب خالص در فشار یک اتمسفر و در سطح دریای آزاد در 100°C به جوش آمده و به بخار تبدیل می‌شود.
- **انجماد آب:** آب خالص در فشار یک اتمسفر در دمای 0°C یخ می‌بندد و حجم آن حدود ۹ درصد افزایش می‌یابد.
- **انحلال‌پذیری گازها:** میزان حل شدن گازها در آب، در دمای پایین و فشار زیاد بیشتر است. با گرم شدن آب، گازهای محلول به تدریج از آن خارج می‌شوند.
- **هدایت الکتریکی:** آب خالص رسانایی الکتریکی بسیار کمی دارد، اما با حل شدن املاح و نمک‌ها، هدایت الکتریکی آن به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.



در مورد علت ترکیدگی لوله‌های آب در زمستان و درستی مطالب زیر هر شکل گفت‌وگو کنید.

ترکیدگی لوله گالوانیزه در اثر یخ زدن



علت و مکانیسم ترکیدگی:

ترکیدگی لوله پلیمری (پلی‌اتیلن) در اثر یخ زدن



علت و مکانیسم ترکیدگی:

ویژگی‌های فیزیکی آب آشامیدنی

- **دما:** دمای آب آشامیدنی باید بین 5°C تا 15°C باشد و مناسب‌ترین دما برای نوشیدن، حدود 8°C تا 12°C است. دمای آب‌های زیرزمینی در عمق حدود ۱۰ متر از سطح زمین معمولاً نزدیک به 10°C است.
- **رنگ:** آب آشامیدنی باید بی‌رنگ و زلال باشد. کدوری آب معمولاً به دلیل وجود ذرات و مواد معلق ایجاد می‌شود. گاهی ورود بیش از حد هوا به آب، باعث کدوری شیری‌رنگ آن می‌شود که پس از خروج هوای محلول، آب دوباره شفاف می‌گردد.
- **بو:** آب آشامیدنی باید بدون بو باشد. وجود موادی مانند هیدروژن سولفور، کلر، فنل و آمونیاک می‌تواند باعث ایجاد بوی نامطبوع در آب شود.
- **مزه:** مزه آب باید گوارا باشد. آب با درجه سختی خیلی کم، طعم بی‌مزه و ناخوشایندی دارد.

ویژگی‌های شیمیایی آب

به ویژگی‌هایی که بر اثر نوع و مقدار مواد حل‌شده در آب تغییر می‌کنند، ویژگی‌های شیمیایی آب گفته می‌شود. این ویژگی‌ها کیفیت آب و میزان مناسب بودن آن برای آشامیدن، صنعت و تأسیسات را مشخص می‌کنند. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های شیمیایی آب، سختی آب است که عمدتاً به دلیل وجود یون‌های کلسیم و منیزیم ایجاد می‌شود. از دیگر ویژگی‌های شیمیایی آب می‌توان به درجه اسیدی یا pH، قلیائیت، هدایت الکتریکی، حلالیت مواد و هدایت ویژه الکتریکی اشاره کرد.

تصفیه آب

آبی که در طبیعت یافت می‌شود معمولاً قابل استفاده مستقیم نیست و باید قبل از استفاده تصفیه شود. این کار به‌ویژه برای آب‌های روی زمینی بیشتر ضرورت دارد. هر آبی که ناخالصی‌های آن از حد استاندارد بیشتر باشد آن آب آلوده است و باید تصفیه شود. مراحل تصفیه آب در تصفیه‌خانه‌های آب شهری در شکل ۱۹ نشان داده شده است.

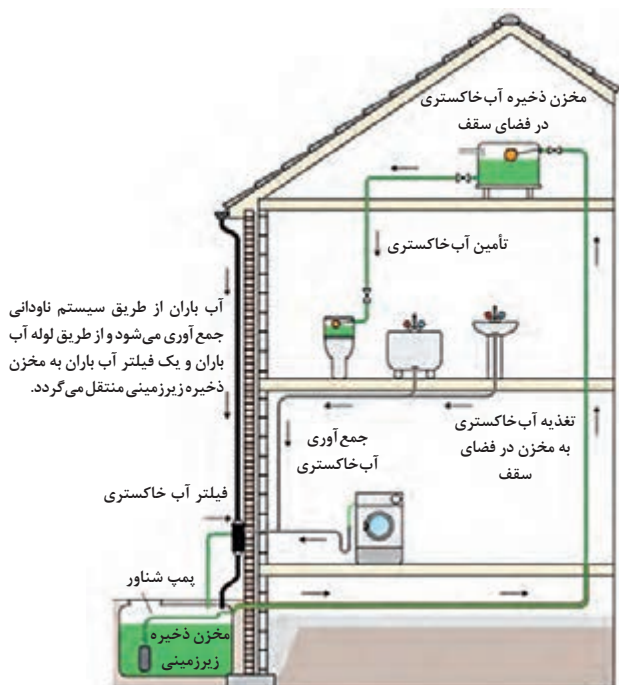
مراحل تصفیه آب در تصفیه‌خانه آب شهری



شکل ۱۹- مراحل تصفیه آب

آب خاکستری

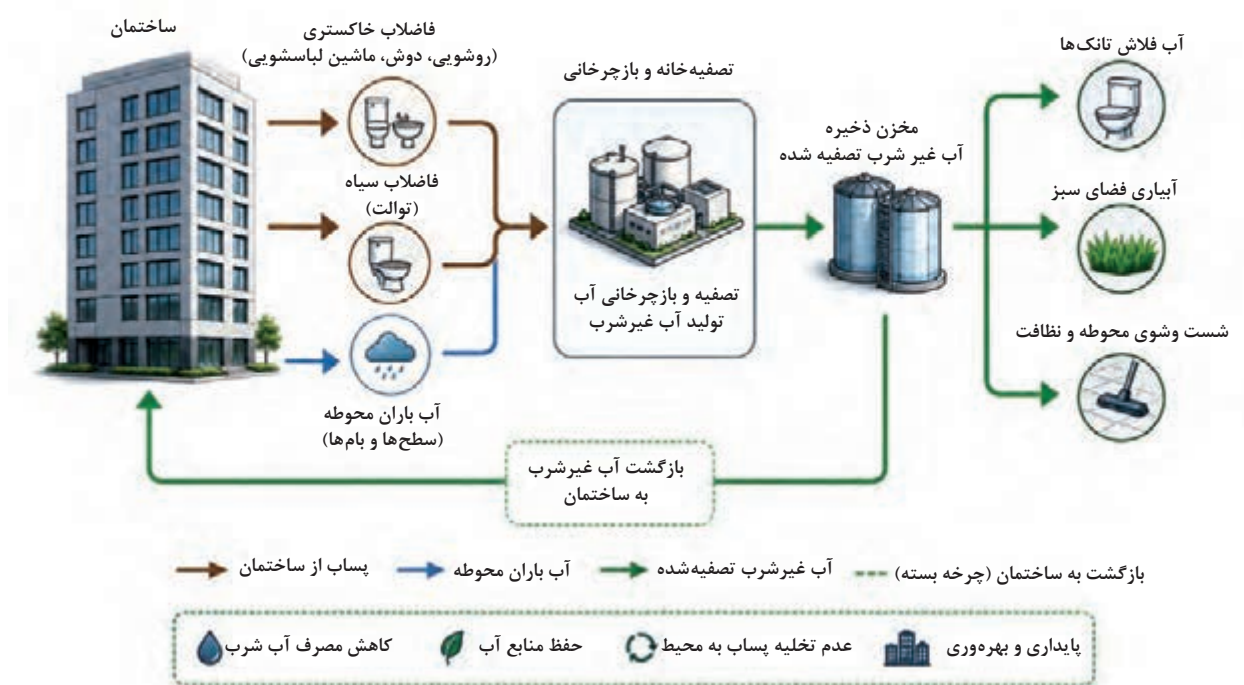
به پساب حاصل از روشویی، حمام، دوش و ماشین رختشویی که پس از تصفیه و بازچرخانی، بتواند دوباره مورد استفاده قرار گیرد، آب خاکستری گویند. این روش به عنوان یکی از راهکارهای مؤثر کاهش مصرف آب، در بسیاری از کشورهای جهان مورد توجه قرار گرفته است. از آب خاکستری تصفیه‌شده می‌توان برای تأمین آب فلاش‌تانک و فلاش‌والو، شست‌وشوی محوطه و آبیاری فضای سبز استفاده کرد. البته این آب برای آشامیدن و پخت‌وپز مناسب نیست (شکل ۲۰).



شکل ۲۰

در برخی شهرک‌ها و مجتمع‌ها مانند پارک فناوری پردیس، فاضلاب خروجی ساختمان‌ها و آب باران محوطه به تصفیه‌خانه هدایت می‌شود. این آب پس از تصفیه و بازچرخانی، به عنوان آب خاکستری برای آبیاری فضای سبز و تأمین آب فلاش‌تانک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش نقش مهمی در کاهش مصرف آب شرب، مدیریت منابع آب و کاهش تخلیه فاضلاب به محیط زیست دارد و از اصول سیستم‌های بازچرخانی آب پساب صفر (ZLD: Zero Liquid Discharge) پیروی می‌کند (شکل ۲۱).

سیستم بازچرخانی آب (ZLD) در ساختمان هیچ آبی از مجموعه خارج نمی‌شود



شکل ۲۱- سیستم بازچرخانی آب

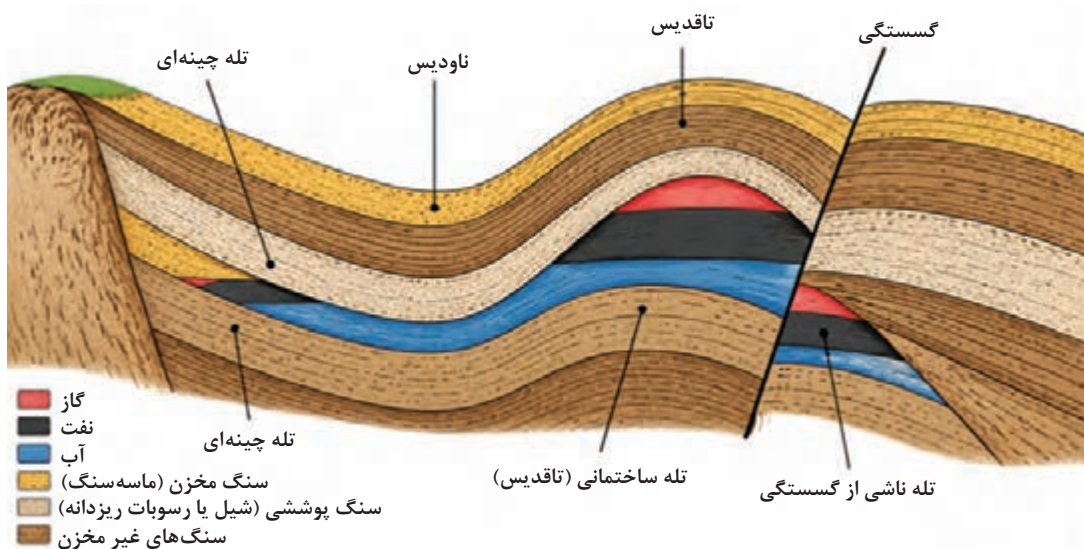
با توجه به بخش پیوست مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان، شرایط به کارگیری آب خاکستری را در ساختمان ارائه کنید.

پژوهش



منبع گاز طبیعی

گاز طبیعی در ایران بخش بزرگی از برق، گرمایش خانگی، صنایع و حتی خوراک پتروشیمی‌ها را تأمین می‌کند. ایران از نظر ذخایر گاز طبیعی جزء بزرگ‌ترین کشورهای جهان است و بخش عمده انرژی کشور بر پایه همین سوخت طراحی شده است. این گاز، مخلوطی از هیدروکربن‌های قابل اشتعال است که به‌طور طبیعی در مخازن زیرزمینی یافت می‌شود. گاز طبیعی ممکن است به‌صورت محلول در نفت خام، در زیرگندهای بالای لایه‌های نفتی، یا به‌طور مستقل در مخازن گازی وجود داشته باشد. مهم‌ترین منبع گاز ایران میدان عظیم گازی پارس جنوبی است که در خلیج فارس قرار دارد. شکل ۲۲ موقعیت نفت و گاز را در منابع زیرزمینی نشان می‌دهد.



شکل ۲۲- موقعیت نفت و گاز در منابع زیرزمینی

پالایش گاز

هنگام استخراج گاز طبیعی ممکن است، نفت، آب، آب‌نمک، هیدروژن سولفور و گازهای کربنیک نیز وجود داشته باشند. به این گاز «گاز ترش» گفته می‌شود که شامل مواد سمی، خورنده و ارزش گرمایی پایین است. بنابراین، گاز پس از استخراج به پالایشگاه منتقل شده و طی مراحل نم‌زدایی، حذف ناخالصی‌ها و جداسازی هیدروکربن‌های سنگین تصفیه می‌شود. سپس در واحد شیرین‌سازی مقدار ترکیبات اسیدی آن تا حد مجاز کاهش یافته و مواد بویایی به گاز اضافه می‌شود تا تشخیص نشتی آسان‌تر شود.

پس از پالایش، گاز طبیعی وارد خطوط انتقال سراسری می‌شود. برای جبران افت فشار در مسیر، ایستگاه‌های تقویت فشار با استفاده از کمپرسورها، فشار گاز را افزایش می‌دهند تا گاز بتواند مسافت‌های طولانی را طی کند. سپس گاز در ایستگاه‌های تقلیل فشار، متناسب با نوع مصرف، فشارش کاهش یافته و از طریق شبکه توزیع به مصرف‌کنندگان خانگی، تجاری و صنعتی منتقل می‌شود. در شکل ۲۳ مسیر گاز طبیعی از استخراج تا مصرف نشان داده شده است.



شکل ۲۳- مسیر گاز طبیعی از استخراج تا مصرف

ترکیبات گاز طبیعی شهری

ترکیب گاز طبیعی در میدان‌های مختلف ایران کمی متفاوت است، اما گاز شبکه سراسری ایران عمدتاً از متان تشکیل شده و مقادیر کمتری از اتان، پروپان، بوتان و گازهای غیراشتعال دارد. جدول ۲ یک ترکیب متداول و تقریبی برای گاز طبیعی مصرفی ایران را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ترکیب متداول و تقریبی برای گاز طبیعی مصرفی ایران

نام گاز	فرمول شیمیایی	چگالی نسبت به هوا	سهم از کل %	ارزش گرمایی (kcal/m ³)
متان	CH ₄	۰/۵۵	۸۵ تا ۹۲	۸۵۰۰
اتان	C ₂ H ₆	۱/۰۵	۳ تا ۸	۱۵۵۰۰
پروپان	C ₃ H ₈	۱/۵۲	۱ تا ۳	۲۲۲۰۰
بوتان	C ₄ H ₁₀	۲/۰	کمتر از ۱	۲۹۰۰۰
میانگین گاز طبیعی	Natural Gas	۰/۶-۰/۶۶	۱۰۰	۹۰۰۰-۹۵۰۰

خط‌های انتقال گاز

شبکه سراسری گاز ایران از مجموعه‌ای از خطوط انتقال فشارقوی تشکیل شده است که گاز طبیعی را از پالایشگاه‌ها و مناطق گازی جنوب کشور به شهرها، نیروگاه‌ها و صنایع منتقل می‌کنند. این خطوط که با نام اختصاری (IGAT: Iran Gas Trunkline) شناخته می‌شوند، دارای قطر لوله ۴۲ تا ۵۶ اینچ بوده و با فشارکاری حدود ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ psi فعالیت می‌کنند. فشار بالا امکان انتقال حجم زیادی از گاز را در مسافت‌های طولانی فراهم می‌کند. به دلیل استفاده بیشتر خطوط از گاز پارس جنوبی، چگالی و ارزش گرمایی گاز در اغلب آنها تقریباً مشابه است.

انواع گاز طبیعی

گاز طبیعی پس از پالایش، بسته به نوع مصرف به شکل‌های مختلفی ذخیره، انتقال و استفاده می‌شود. از مهم‌ترین انواع گازهای مورد استفاده می‌توان به گاز طبیعی (NG)، گاز مایع (LPG)، گاز طبیعی مایع شده (LNG) و گاز طبیعی فشرده (CNG) اشاره کرد. هر یک از این گازها دارای ویژگی‌ها، روش نگهداری و کاربردهای خاص خود هستند که آشنایی با آنها در صنعت تأسیسات و انرژی اهمیت زیادی دارد.

■ **گاز طبیعی NG (Natural Gas):** گاز طبیعی، سوخت اصلی مصرفی در منازل، صنایع و نیروگاه‌ها است. این گاز عمدتاً از متان تشکیل شده و از میدان‌های گازی استخراج می‌شود. گاز طبیعی پس از پالایش، از طریق خطوط لوله به شهرها منتقل می‌گردد و به دلیل پاک‌تر بودن نسبت به بسیاری از سوخت‌های فسیلی، کاربرد گسترده‌ای دارد.

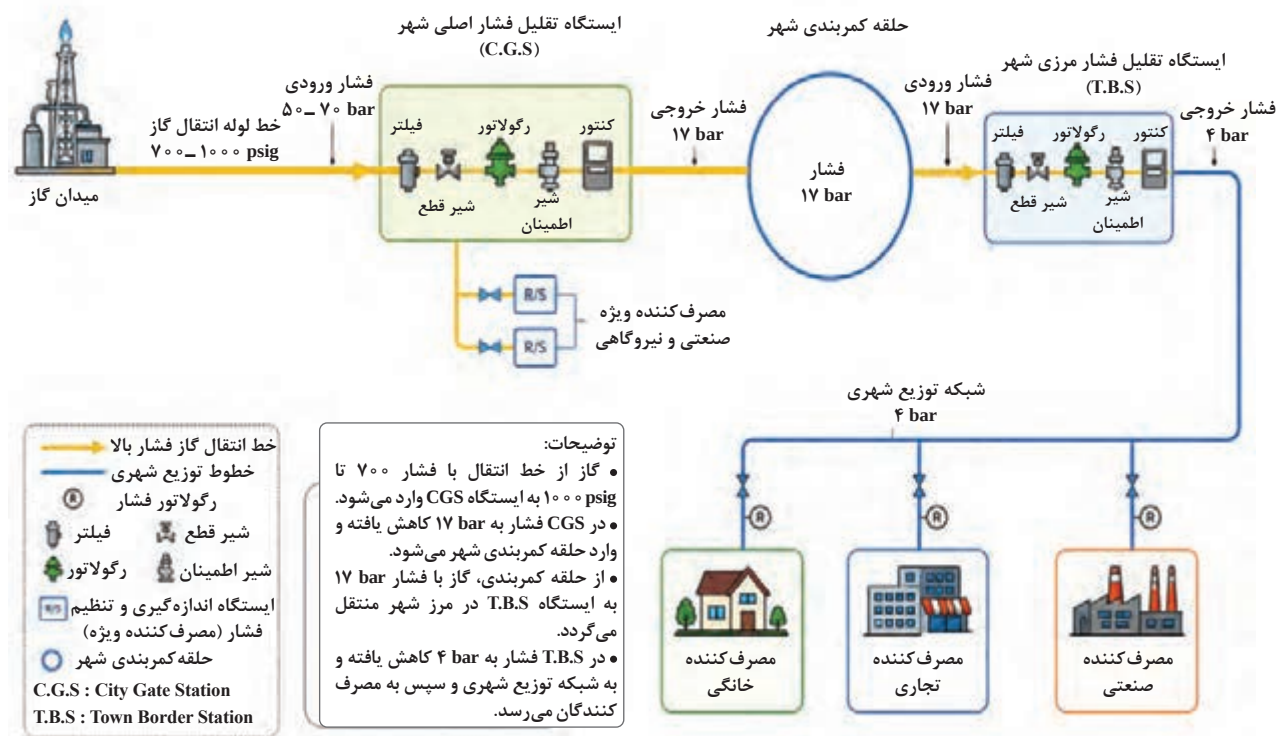
■ **گاز مایع LPG (Liquefied Petroleum Gas):** مخلوطی از پروپان و بوتان است که تحت فشار به مایع تبدیل می‌شود. این گاز معمولاً در سیلندرهایی خانگی، خودروهای گازسوز و برخی تجهیزات گرمایشی استفاده می‌شود. حمل و ذخیره‌سازی LPG آسان است و در مناطقی که شبکه گازرسانی وجود ندارد، کاربرد زیادی دارد.

■ **گاز طبیعی مایع شده (LNG):** همان گاز طبیعی است که در دمای حدود ۱۶۲- درجه سلسیوس به مایع تبدیل می شود. مایع شدن گاز باعث کاهش شدید حجم آن شده و حمل و نقل دریایی و ذخیره سازی آن را آسان تر می کند. LNG بیشتر برای صادرات و انتقال گاز به مناطق دوردست استفاده می شود.

■ **گاز طبیعی فشرده (CNG):** گاز طبیعی فشرده شده است که با فشار زیاد داخل مخازن ذخیره می شود. این گاز بیشتر به عنوان سوخت خودروها کاربرد دارد. CNG نسبت به بنزین آلودگی کمتری تولید می کند و از سوخت های اقتصادی و پاک تر محسوب می شود.

مصرف گاز

مصرف کنندگان گاز به سه دسته خانگی، تجاری و صنعتی تقسیم می شوند. گاز طبیعی از طریق خطوط انتقال و با فشاری حدود ۵۰ بار وارد ایستگاه تقلیل فشار اصلی شهر (C.G.S) می شود. سپس فشار آن در این ایستگاه به حدود ۱۷ بار کاهش یافته و از طریق خطوط اصلی شبکه تغذیه یا حلقه کمربندی شهر به ایستگاه های تقلیل فشار مرزی شهر (T.B.S) منتقل می گردد. اجزای این ایستگاه در شکل ۲۴ نشان داده شده است.



شکل ۲۴- ایستگاه تقلیل فشار

نقطه تحویل به مشترک

برابر مجموعه مقررات و شرایط استفاده از گاز طبیعی، شرکت ملی گاز ایران انواع مشترک به لحاظ مقدار مصرف در جدول ۳ آمده است.

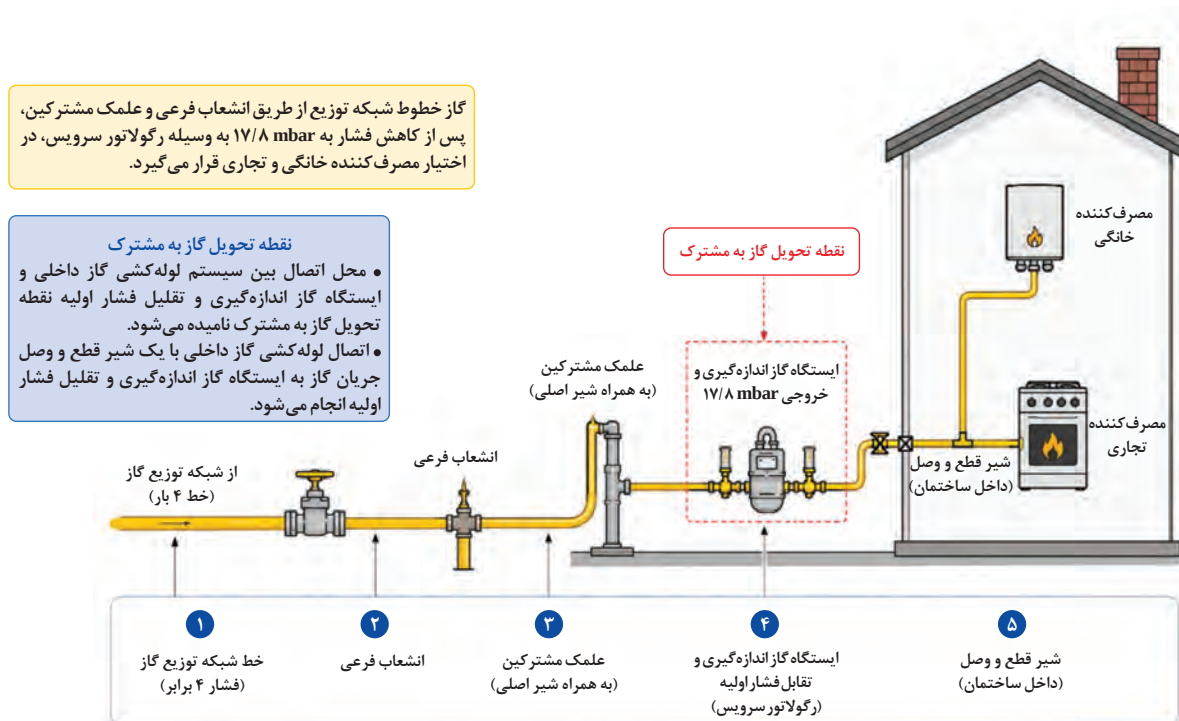
جدول ۳- انواع مشترک به لحاظ مقدار مصرف

مقدار مصرف (مترمکعب بر ساعت)	فشار تحویلی گاز	به لحاظ مقدار مصرف
تا ۱۰۰	$\frac{1}{4}$ psi $\approx$ ۱۷/۸ mbar	مشترک جزء
بیش از ۱۰۰	بیش از $\frac{1}{4}$ psi	مشترک عمده

جدول ۴- انواع مشترک به لحاظ مقدار مصرف

نام گروه	محدوده استفاده	به لحاظ نوع مصرف
مسکونی	وسایل گازسوز خانگی	خانگی
آموزشی، اماکن دولتی، مراکز مذهبی	مصرف غیر خانگی و غیر صنعتی	عمومی
تجاری، نانویی، گرمابه		خدماتی
نیروگاه‌هایی که برق خود را به شبکه سراسری برق تحویل می‌دهند.		نیروگاهی
صنعتی، حمل‌ونقل، کشاورزی		صنعتی

گاز خطوط شبکه توزیع از طریق انشعاب فرعی و علمک مشترکین، پس از کاهش فشار به ۱۷/۸ mbar به وسیله رگولاتور سرویس، در اختیار مصرف‌کننده خانگی قرار می‌گیرد (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- سیستم توزیع گاز (از شبکه ۴ بار تا مصرف‌کننده)

کاربرد هوا در تأسیسات مکانیکی

هوا یکی از سیالات در تأسیسات مکانیکی ساختمان است که نقش کلیدی در تأمین آسایش، ایمنی و بهره‌برداری مناسب از فضاهای مختلف دارد. در بسیاری از سامانه‌های تأسیساتی، هوا علاوه بر ایجاد شرایط آسایش حرارتی، برای تهویه فضاها، کنترل آلودگی، انتقال گرما، تخلیه دود و حفظ ایمنی ساختمان نیز به کار می‌رود. در سامانه‌های گرمایشی، سرمایشی و تهویه مطبوع، هوا به عنوان عامل انتقال گرما یا سرما عمل می‌کند و از طریق کانال‌ها، فن‌ها و دریچه‌ها به بخش‌های مختلف ساختمان هدایت می‌شود. همچنین در سیستم‌های تهویه، هوای تازه جایگزین هوای آلوده داخل ساختمان شده و کیفیت هوای محیط بهبود می‌یابد. این امر به ویژه در فضاهایی مانند آشپزخانه‌ها، سرویس‌های بهداشتی، پارکینگ‌ها، سالن‌های تجمع و موتورخانه‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد.

جرم حجمی هوا در شرایط استاندارد حدود $1/2$ کیلوگرم بر مترمکعب است. در مهندسی، چگالی نسبی مایعات و جامدات معمولاً نسبت به آب سنجیده می‌شود، در حالی که چگالی نسبی گازها نسبت به هوا بیان می‌گردد. به این ترتیب، وقتی گفته می‌شود چگالی گاز طبیعی $0/65$ است، منظور این است که چگالی آن $0/65$ برابر چگالی هوا بوده و بنابراین از هوا سبک‌تر است.

با توجه به شکل نشان داده شده در مورد کاربرد هوا در تأسیسات مکانیکی در هربخش گفت‌وگو کنید و در مورد چند سامانه دیگر کاربرد هوا در تأسیسات مکانیکی بحث کنید.

گفت‌وگوی
کلاسی



کاربرد هوا در تأسیسات مکانیکی

۱ سامانه‌های تهویه مطبوع (HVAC) تأمین هوای تازه، تهویه، سرمایش و گرمایش و کنترل شرایط محیطی	۲ هواسازها (AHU) تهویه، تصفیه، کویل‌گذاری و تنظیم شرایط هوا قبل از توزیع در ساختمان	۳ سامانه سرمایشی تأمین سرمایش با توزیع یکنواخت هوای سرد در فضاها	۴ سیستم‌های اگزاست و تخلیه هوا خارج کردن هوای آلوده، بو، رطوبت و آلاینده‌ها از فضا	۵ فن‌های فشار مثبت راه پله فن فشار مثبت متصل به کانال هوای تحت فشار به داخل راه پله درب خروج (در حالت بسته) ایجاد فشار مثبت در راه پله فرار برای جلوگیری از نفوذ دود و گازهای خطرناک در زمان حریق
۶ کولر آبی خروج هوای خنک ورود هوای گرم ورود آب گرم سرمایش هوا به روش تبخیری با مصرف انرژی کم و مناسب برای اقلیم گرم و خشک	۷ تهویه استخرها کنترل رطوبت، دما و کیفیت هوای محیط استخر	۸ سامانه‌های ایرواشر تصفیه، شست‌و شو و خنک‌سازی هوا برای بهبود کیفیت آن	۹ سیستم‌های هوارسان مترو و مراکز تجمع تأمین و توزیع هوای تازه و تخلیه هوای آلوده در مترو و فضاهای پرتردد	۱۰ سامانه‌های هوادهی تصفیه‌خانه‌ها تأمین اکسیژن مورد نیاز فرایندهای بیولوژیکی برای تصفیه آب و فاضلاب

کاربرد هوا در سامانه‌های آتش‌نشانی

هوا یکی از ارکان اصلی در مدیریت دود و آتش در زمان آتش‌سوزی محسوب می‌شود. هنگام آتش‌سوزی، دود به‌عنوان یکی از خطرناک‌ترین عوامل برای افراد داخل ساختمان می‌تواند مسیرهای خروج را در مدت کوتاهی غیرقابل استفاده کند. مطابق آمارهای جهانی، درمیان تلفات ناشی از حریق، مرگ بر اثر استنشاق دود (خفگی و مسمومیت ناشی از گازهای حاصل از احتراق) شایع‌تر از مرگ ناشی از سوختگی مستقیم است. بررسی‌های متعدد در حوزه حوادث حریق نشان می‌دهد که حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد مرگ‌ومیرها در آتش‌سوزی‌های ساختمانی به دلیل دود و گازهای سمی رخ می‌دهد، درحالی‌که سوختگی مستقیم سهم کمتری در علت اصلی مرگ دارد.

برای کنترل این وضعیت، از مجموعه‌ای از تجهیزات شامل فن فشار مثبت، دمپر دود و دمپر آتش استفاده می‌شود. فن‌های فشار مثبت با تزریق هوای تازه به راه‌پله‌ها و راهروهای فرار، فشار این فضاها را نسبت به محیط آلوده افزایش می‌دهند و از نفوذ دود به مسیرهای خروج جلوگیری می‌کنند.

در کنار آن، دمپرهای دود در کانال‌های تهویه نصب می‌شوند و در زمان وقوع حریق، با تشخیص دود یا دریافت فرمان از سیستم اعلام حریق، باز یا بسته می‌شوند تا از انتشار دود به سایر بخش‌های ساختمان جلوگیری کنند. همچنین دمپرهای آتش در برابر افزایش دما فعال شده و با مسدود کردن مسیر کانال‌ها، از گسترش شعله و انتقال گرما به فضاهای مجاور جلوگیری می‌کنند. بنابراین با طراحی مناسب می‌توان:

- مسیرهای خروج افراد در برابر دود را ایمن‌تر کرد.
- گسترش دود و آتش را در ساختمان کنترل کرد.
- فرصت کافی برای تخلیه اضطراری با امنیت بیشتری در اختیار قرار گیرد.
- نیروهای آتش‌نشانی دسترسی ایمن‌تری به محل حریق پیدا کنند.



شکل ۲۶- سیستم فن فشار مثبت

فن فشار مثبت راه پله

فن فشار مثبت باید به اندازه‌ای هوا وارد کند که دود را دور نگه دارد، اما فشار آن نباید آن قدر زیاد باشد که باز کردن درها سخت شود. این فن‌ها معمولاً روی بام ساختمان نصب می‌شوند و هوای تازه را از محلی دور از دود دریافت می‌کنند. هرچه درها و پنجره‌های ساختمان درزبندی بهتری داشته باشند، هوای کمتری از ساختمان خارج می‌شود و فن با توان کمتری می‌تواند فشار مناسب را ایجاد کند. اجزای مهم سیستم فشار مثبت عبارتند از:

فن تأمین هوای تازه، کانال انتقال هوا، درهای مقاوم در برابر حریق و سیستم کنترل خودکار برای روشن شدن فن هنگام آتش‌سوزی.

در محاسبات سرانگشتی حجم هوادهی فن ساختمان‌های مسکونی کم واحد را حدود ۴۰۰ cfm به ازای هر طبقه برآورد می‌کنند.

مثال

می‌خواهیم برای راه‌پله یک ساختمان مسکونی ۸ طبقه ۱۶ واحدی، سیستم فشار مثبت طراحی کنیم. حجم هوادهی فن آن را برآورد کنید.

$$Q = 400 \times F = 400 \times 8 = 3200 \text{ cfm}$$

دمپر دود (Smoke Damper): وسیله‌ای است که برای جلوگیری از گسترش دود از طریق کانال‌های هوا در زمان آتش‌سوزی به کار می‌رود. این دمپر‌ها معمولاً در داخل کانال‌های هوا، به‌ویژه در نزدیکی فن‌های اگزاست، هواسازها و مسیرهای اصلی توزیع هوا نصب می‌شوند. دمپر دود به سیستم اعلام حریق متصل است و در صورت وقوع حریق، از طریق فرمان صادر شده از پنل مرکزی اعلام حریق فعال می‌شود و مسیر عبور هوا یا دود را به‌صورت خودکار باز یا بسته می‌کند تا از انتقال دود به سایر بخش‌های ساختمان جلوگیری شود. انواع آن در شکل ۲۷ نشان داده شده است.



شکل ۲۷- دمپر دود

دمپر آتش: دمپر آتش برای جلوگیری از گسترش شعله و گرما از طریق کانال‌ها به بخش‌های دیگر ساختمان استفاده می‌شود. این دمپر روی دیوارهای ضدحریق یا کف‌های مقاوم در برابر آتش نصب می‌شود و در صورت افزایش دما تا حد مشخص، فیوز گرمایی آن ذوب شده و پره‌ها بسته می‌شوند. دمپر آتش معمولاً برای کنترل گسترش آتش در یک زون به کار می‌رود، در حالی که دمپر دود برای حفظ یک محیط ایمن و قابل تنفس در زمان آتش‌سوزی عمل می‌کند و از طریق کنترل دود مسیرهای خروج را پاک نگه می‌دارد. در سیستم‌های مدرن، از دمپرهای ترکیبی استفاده می‌شود که هر دو عملکرد آتش و دود را در یک واحد هماهنگ انجام می‌دهند (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- کارکرد ترکیبی دمپر دود با آتش (فیوزی)

در مورد انواع دمپر دود واکنشی و تزریق هوای تازه با سیستم فرمان مرکزی تحقیق نموده و نتیجه را ارائه کنید.

پژوهش



نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد
۳	■ تشخیص ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی برابر استانداردها ■ به‌کارگیری انواع روش‌های بازچرخانی آب برابر مبحث ۱۶	بالتر از حد انتظار	تشخیص منابع آب و گاز طبیعی و تعیین مراحل تصفیه و شیرین‌سازی آنها و تبیین ویژگی‌های آنها بر اساس استانداردها در تأسیسات مکانیکی
۲	■ تشخیص منابع آب برابر پوستر ■ تعیین مراحل تصفیه آب برابر پوستر ■ تعیین مراحل تحویل گاز طبیعی برابر پوستر ■ تشخیص کاربری هوا در تأسیسات مکانیکی برابر پوستر	در حد انتظار	
۱	ناتوانی در کاربرد آب و گاز در حرفه تأسیسات مکانیکی	پایین تر از حد انتظار	
	نمره مستمر از ۵		
	نمره واحد یادگیری از یک تا سه		
	نمره واحد یادگیری از ۲۰		

□ نمره شایستگی واحد یادگیری منحصراً شامل نمرات ۲، ۱ یا ۳ است.

□ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.

□ حداقل نمره قبولی ۱۲ از ۲۰ است.



پودمان سوم

تأسیسات گاز و آب

محاسبات فنی عمومی بر آورد گاز ساختمان

- محاسبه مصرف گاز تجهیزات
- انتخاب قطر لوله ها
- کنترل افت فشار
- الزامات ایمنی

محاسبات دبی

- افت فشار
- تبدیل واحدها
- فشار و توان

تأسیسات استخر

- گردش و تصفیه آب
- تجهیزات گرمایشی
- سیستم لوله کشی
- الزامات بهداشتی و ایمنی

کلرزن

پمپ

فیلتر

مبدل حرارتی

ایمنی

بهره‌وری انرژی

عملکرد بهینه

طراحی دقیق

استانداردها

تأسیسات مکانیکی ساختمان به عنوان یکی از ارکان اصلی صنعت ساختمان، نقش تعیین کننده‌ای در تأمین ایمنی، بهره‌وری انرژی، آسایش کاربران و عملکرد بهینه فضاهای ساختمانی ایفا می‌کند. طراحی، اجرا و بهره‌برداری صحیح از این سامانه‌ها مستلزم شناخت اصول فنی، استانداردهای مهندسی و روش‌های محاسباتی مرتبط است. با گسترش فناوری‌های ساختمانی و افزایش الزامات فنی و ایمنی، ضرورت تسلط بر مبانی مهندسی تأسیسات بیش از پیش احساس می‌شود. از این رو، کسب دانش و مهارت در زمینه تحلیل نیازهای پروژه، انجام محاسبات فنی و انتخاب راهکارهای مناسب، از مهم‌ترین پیش‌نیازهای فعالیت حرفه‌ای در این حوزه به شمار می‌آید.

واحد یادگیری ۱

محاسبات پایه و بر آورد گاز

یکای طول، سطح، حجم، جرم و تبدیل واحدها

محیط دایره و طول قوس

محیط دایره:
 $C = \pi \times D = 2\pi r$
 C : محیط دایره
 D : قطر دایره
 r : شعاع دایره

طول کمان:
 $L = \frac{\pi \times D \times \alpha}{360}$
 L : طول قوس
 alpha : زاویه (درجه)

مقایسه واحدهای طول در سیستم امپریال (IP) و بین المللی (SI)

یکای امپریال (IP)	یکای بین المللی (SI)	یکای مورد نظر
0.03937 in	1 mm	میلی متر (mm)
0.3937 in	1 cm	سانتی متر (cm)
3.2808 ft	1 m	متر (m)
0.3048 m	1 ft	فوت (ft)
25.4 mm	1 in	اینچ (in)

یکای سطح

هر سیستم بین المللی، یکای سطح متر مربع (m²) است.
 در سیستم امپریال، یکای سطح فوت مربع (ft²) یا اینچ مربع (in²) است.
 برای تبدیل یکای سطح، ضرایب تبدیل را به توان دو برسانید.

فرمول محاسبه سطح

$A = L \times W$
 A : سطح
 L : طول
 W : عرض

محاسبات

چگالی (جرم ویژه):
 $\rho = \frac{m}{V}$
 rho : چگالی (kg/m³)
 m : جرم (kg)
 V : حجم (m³)

دین : Q
 حجم : V
 زمان : t
 $Q = \frac{V}{t}$

لوله:
 $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$
 D : قطر
 Q : دین
 V : سرعت

محیط دایره:
 $C = \pi \times D$
 C : محیط
 D : قطر

حجم اتاق:
 $V = L \times W \times H$
 V : حجم
 L : طول
 W : عرض
 H : ارتفاع

محیط دایره (از حسب شعاع):
 $A = \pi r^2$
 A : مساحت
 r : شعاع

محیط دایره (از حسب قطر):
 $A = \frac{\pi D^2}{4}$
 A : مساحت
 D : قطر

جرم:
 $m = p \times V$
 m : جرم
 p : چگالی
 V : حجم

یکای حجم

هر سیستم بین المللی، یکای حجم متر مکعب (m³) است.
 در سیستم امپریال، یکای حجم فوت مکعب (ft³) است.
 برای تبدیل یکای حجم، ضرایب تبدیل را به توان سه برسانید.

فرمول محاسبه حجم

$V = L \times W \times H$
 V : حجم
 L : طول
 W : عرض
 H : ارتفاع

یکای جرم

هر سیستم بین المللی، یکای جرم کیلوگرم (kg) است.
 در سیستم امپریال، یکای جرم پوند (lb) است.
 1 kg = 2.205 lb 1 lb = 0.454 kg

تبدیلات پرکاربرد

1 m = 100 cm = 1000 mm

1 in = 25.4 mm

1 ft = 0.3048 m

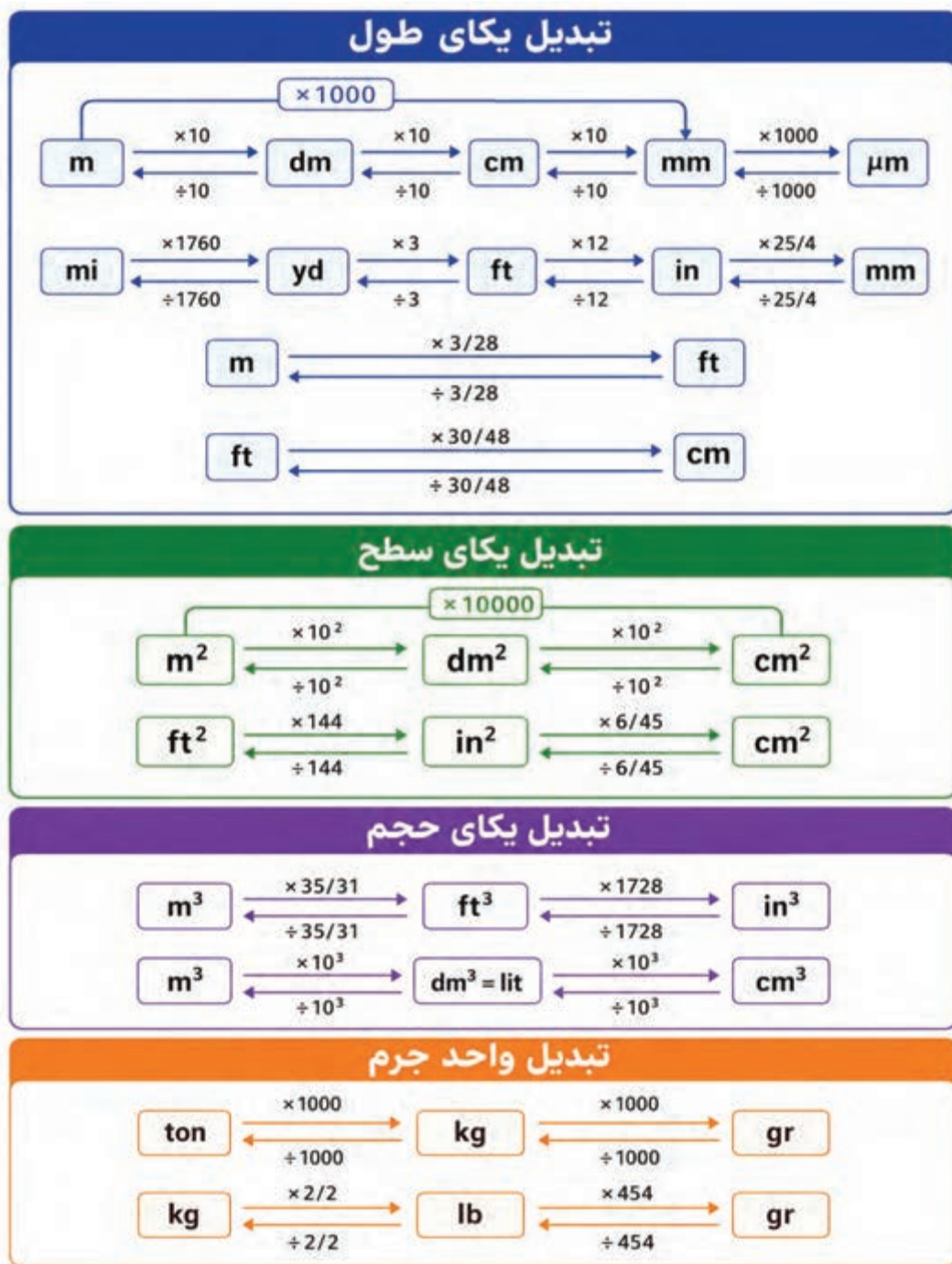
1 m³ = 1000 L

داده های مرجع لوله فولادی (SCH 40)

قطر داخلی (mm)	قطر خارجی (mm)	سایز لوله (اینچ)
1/2"	15.80	21.30
3/4"	20.93	26.67
1"	26.64	33.40

استاندارد عملکرد

محاسبه فنی و برآورد قطر لوله های گاز ساختمان از روی نقشه، جداول برابر استانداردها و مقررات ملی



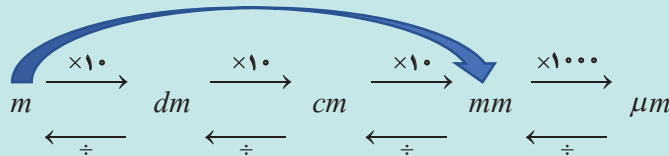
شکل ۱

در محاسبات نیازی به حفظ کردن ضرایب نمی‌باشد.

یکای اندازه گیری طول

یکای طول در سیستم بین المللی برابر متر است. یک متر طول مسیری است که نور در خلأ در زمان کوتاه ثانیه طی می کند.

تبدیل یکای طول



طول لوله ای ۶m است. این طول چند سانتی متر است؟

$$6m = ? \text{ cm}$$

$$6m \xrightarrow{\times 10^2} 600 \text{ cm}$$

مثال



قطر یک لوله فاضلاب ۱۲۵mm است. این مقدار چند سانتی متر است؟

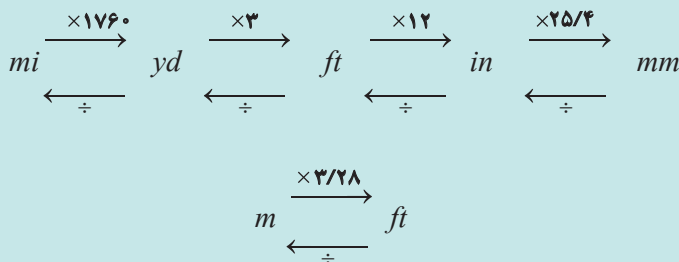
$$125 \text{ mm} = ? \text{ cm}$$

$$125 \text{ mm} \xrightarrow{\div 10} 12.5 \text{ cm}$$

مثال



در یکاهای امپریال (IP) اینچ (inch) را با in و به صورت نوشتاری با علامت (") و فوت (foot) را با ft، به صورت نوشتاری با علامت (') و یارد (yard) را با yd و مایل (mile) را با mi نشان می دهند.



قطر لوله مسی $\frac{5}{8}$ " است این مقدار چند میلی متر است؟

$$\frac{5}{8} \text{ in} = ? \text{ mm}$$

$$\frac{5}{8} \text{ in} \xrightarrow{\times 25.4} 15.875 \text{ mm}$$

مثال

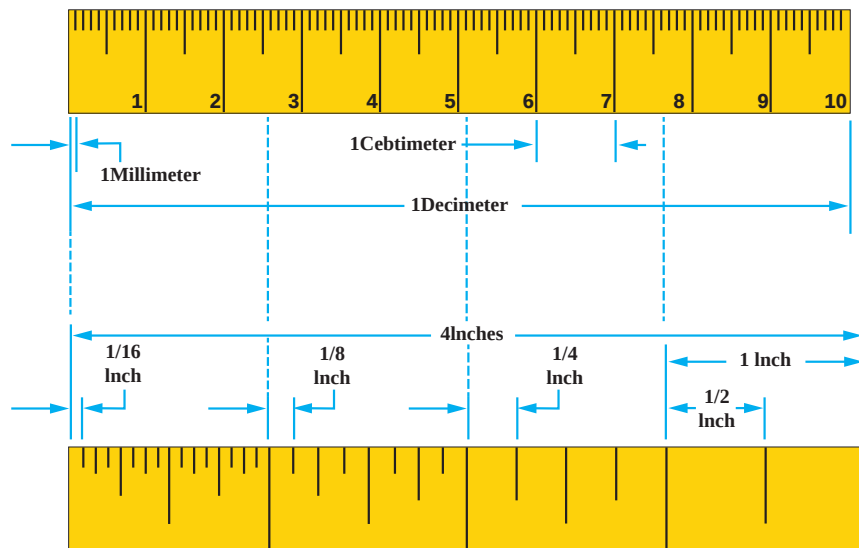


مثال



قطر یک لوله فولادی $1\frac{1}{4}$ " است. این مقدار چند میلی متر است؟

$$1\frac{1}{4} \text{ in} = \frac{1 \times 4 + 1}{4} \text{ in} = \frac{5}{4} \text{ in} \quad \frac{5}{4} \text{ in} \xrightarrow{\times 25/4} 31\frac{1}{4} \text{ mm}$$



شکل ۲- مقایسه واحدهای اندازه گیری طول در سیستم امپریال IP و سیستم بین المللی SI

کار کلاسی



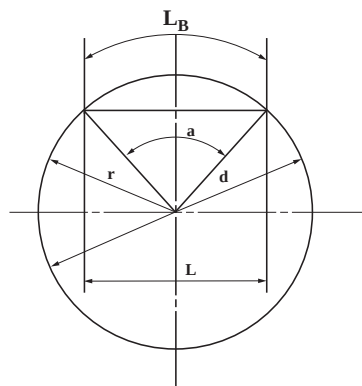
جدول زیر را تکمیل نمایید.

اندازه	ضریب تبدیل	یکای مورد نظر	اندازه	ضریب تبدیل	یکای مورد نظر
$\frac{3}{8}$ in		 cm	3 in	.....	..... cm
50 mm		 in	10 ft	.....	..... m
32 mm		 in	10 cm	.....	..... in

کار کلاسی



فشار اتمسفر تقریباً برابر ۳۴ فوت ستون آب است. این فشار را بر حسب اینچ ستون آب حساب کنید.



شکل ۳

محیط

در شکل زیر فرمول محاسبه محیط دایره و طول قوس قطاع یا قطعه دایره آورده شده است.

$$U = \pi \times d$$

$$l_B \approx \frac{\pi \times d \times a}{360}$$

علائم اختصاری

d= قطر دایره

a= زاویه مرکزی

l_B = قطعه دایره یا طول قطاع قوس

U= محیط

r= شعاع دایره

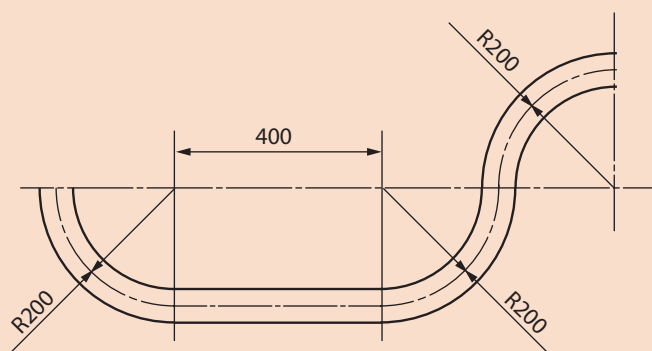
به طور کلی در اشکال هندسی محیط برابر مجموع اندازه ضلع‌های پیرامون آن شکل است.

- ۱ قطر دایره‌ای ۱۱۵/۷ میلی‌متر است، محیط آن را به دست آورید.
- ۲ محیط دایره‌ای ۶۲/۸ میلی‌متر است، قطر آن را به دست آورید.

کار کلاسی



طول لوله زیر را محاسبه کنید (برای محاسبه طول لوله، شعاع خم را از مرکز لوله محاسبه می‌کنیم که به آن تار خنثی می‌گویند).



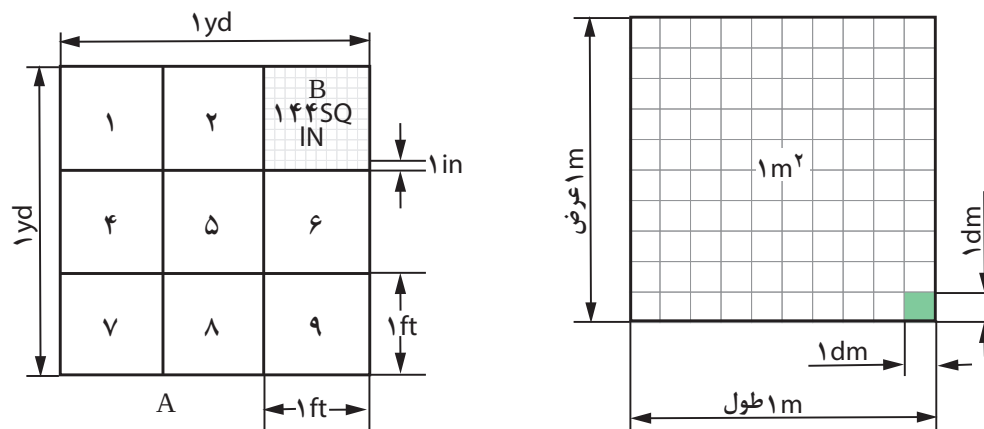
کار کلاسی



یکای اندازه‌گیری سطح

در سیستم بین‌المللی یکاها (SI)، یکای سطح، مترمربع است و سطحی مربع است که طول هر ضلع آن یک متر باشد.

دسی متر مربع و سانتی متر مربع یکاهای کوچک‌تری هستند که در این سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سیستم امپریال (IP)، یکای سطح، فوت مربع یا اینچ مربع است.



شکل ۴

برای تبدیل یکاهای سطح کافی است ضرایب تبدیل را به توان دو برسانیم.

$$\begin{aligned}
 & \text{m} \xrightarrow{\div \times 10} \text{dm} \xrightarrow{\div \times 10} \text{cm} \\
 & \text{ft} \xrightarrow{\div \times 12} \text{in} \\
 & \text{m}^2 \xrightarrow{\div \times 10^2} \text{dm}^2 \xrightarrow{\div \times 10^2} \text{cm}^2 \\
 & \text{ft}^2 \xrightarrow{\div \times 144} \text{in}^2 \xrightarrow{\div \times 6/45} \text{cm}^2
 \end{aligned}$$

- ۱ مساحت جانبی دیوار اتاقی به ابعاد $4 \times 3 \text{ m}$ و به ارتفاع $2/8$ متر، چند مترمربع است؟
- ۲ مقدار عایق موردنیاز برای کف این اتاق چند مترمربع است؟
- ۳ مقدار عایق xps برای سقف این اتاق چند مترمربع است؟

کار کلاسی



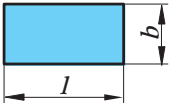
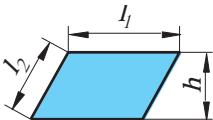
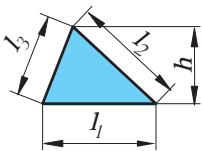
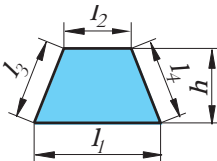
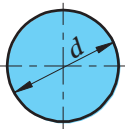
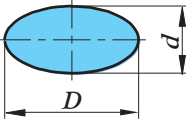
جدول زیر را تکمیل نمایید.

..... mm ^۲	 cm ^۲	 m ^۲	۲/۱ dm ^۲
-----------------------	-----------------------	----------------------	---------------------

کار کلاسی



جدول ۱- روابط محاسبه محیط و مساحت شکل های هندسی

مساحت	محیط	شکل
$A=L^2$	$U=4 \times l$	مربع 
$A=l \times b$	$U=2 \times (l+b)$	مستطیل 
$A=\frac{H \times h}{2}$	$U=4 \times l$	لوزی H=قطر بزرگ h=قطر کوچک 
$A=l_1 \times h$	$U=2 \times (l_1+l_2)$	متوازی الاضلاع 
$A=\frac{l_1 \times h}{2}$	$U=l_1+l_2+l_3$	مثلث 
$A=\frac{(l_1+l_2)}{2} \times h$	$U=l_1+l_2+l_3+l_4$	ذوزنقه 
$A=\frac{\pi \times d^2}{4}$	$U=\pi \times d$	دایره 
$A=\frac{\pi \times d \times D}{4}$	$U \approx \pi \times \frac{(d+D)}{2}$	بیضی 
$A=\frac{\pi \times D^2}{4}-\frac{\pi \times d^2}{4}$	$U=(\pi \times D)+(\pi \times d)$ محیط داخل و خارج تاج	تاج دایره 

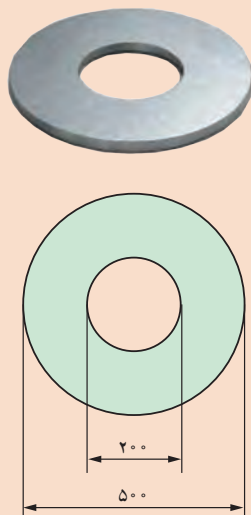
علائم اختصاری:

A=مساحت، U=محیط، l=طول، h=ارتفاع، D=قطر بزرگ، d=قطر کوچک، b=عرض

مثال



مساحت سطح واشر به کار رفته در قطعه داده شده چند دسی متر مربع است؟



پاسخ:

$$D = 500 \text{ mm} = 5 \text{ dm}$$

$$d = 200 \text{ mm} = 2 \text{ dm}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \left(\frac{3/14 \times 5^2}{4} - \frac{3/14 \times 2^2}{4} \right)$$

$$A = 16/485 \text{ dm}^2$$

کار کلاسی

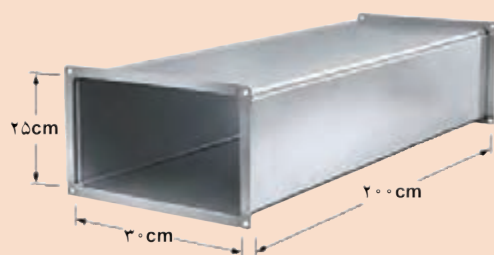


مساحت جانبی یک استوانه به قطر ۲ متر و ارتفاع ۳ متر چند مترمربع است؟

کار کلاسی



ابعاد یک کانال هوا از ورق گالوانیزه ۲۰۰×۲۵×۳۰ سانتی متر می باشد، سطح جانبی ورق به کار برده شده چند مترمربع است؟

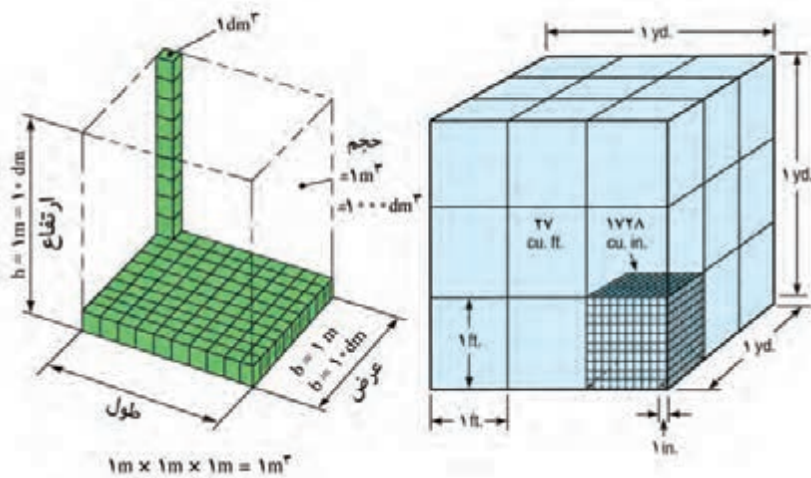


یکای اندازه گیری حجم

در سیستم بین المللی یکاها (SI)، یکای حجم مترمکعب است و حجم مکعبی است که طول، عرض و ارتفاع آن یک متر باشد.

دسی مترمکعب (لیتر)، سانتی مترمکعب و میلی مترمکعب یکاهای کوچک تری هستند که در سیستم مورد استفاده قرار می گیرند.

یکای اندازه گیری حجم در سیستم (IP)، فوت مکعب است.



شکل ۵

برای تبدیل یکای حجم به یکدیگر کافی است ضرایب تبدیل را به توان ۳ برسانیم:

$$\begin{array}{lcl}
 m & \xrightarrow[\div]{\times 10} & dm \xrightarrow[\div]{\times 10} cm \\
 ft & \xrightarrow[\div]{\times 12} & in
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{lcl}
 m^3 & \xrightarrow[\div]{\times 10^3} & dm^3 \xrightarrow[\div]{\times 10^3} cm^3 \\
 ft^3 & \xrightarrow[\div]{\times 1728} & in^3
 \end{array}$$

یکی از تبدیلات پر کاربرد در محاسبه حجم هوا عبارت است از:

$$m^3 \xrightarrow[\div]{\times 28.3} ft^3$$

یکای دیگری که در سیستم (SI) بیشتر برای اندازه گیری حجم مایعات استفاده می شود، لیتر است. (1 lit = 1 dm³)

$$m^3 \xrightarrow[\div]{\times 10^3} dm^3 = lit \xrightarrow[\div]{\times 10^3} cm^3$$

برای سیستم (IP) برای اندازه گیری حجم مایعات از «گالن» استفاده می شود که گالن متداول، 1 Gal = 3.785 lit است.

مثال



ابعاد اتاقی $6 \times 4 \times 3$ m است، حجم این اتاق چند لیتر و چند فوت مکعب است؟

$$V = 6 \times 4 \times 3 = 72 \text{ m}^3$$

$$72 \text{ m}^3 = ? \text{ lit} \Rightarrow 72 \times 10^3 = 72000 \text{ lit}$$

$$72 \text{ m}^3 = ? \text{ ft}^3 \Rightarrow 72 \div 0.0283 = 2544 \text{ ft}^3$$

کار کلاسی

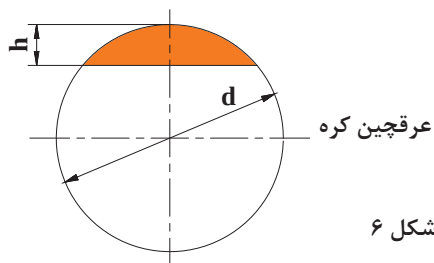


جدول زیر را تکمیل نمایید.

$103/2 \text{ cm}^3$	dm ³	2200 cm^3	m ³
1800 mm^3	 cm ³	425 dm^3	m ³
50 m^3	 ft ³	1500 m^3	 gal
2450 ft^3	 m ³	1700 ft^3	 dm ³

جدول ۲- روابط حجم، سطح جانبی و سطح کل حجم‌های هندسی

شکل	مساحت	حجم
استوانه	سطح قاعده بالا + سطح جانبی + سطح قاعده پایین = سطح کلی $A_o = A + A_M + A$ $A_M = \pi \times d \times h$	ارتفاع × مساحت قاعده = حجم
منشور چهارضلعی	سطح قاعده بالا + سطح جانبی + سطح قاعده پایین = سطح کلی $A_o = A + A_M + A$	ارتفاع × مساحت قاعده = حجم
کره	$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$	$V = \frac{\pi \times d^3}{6}$
علائم اختصاری: V = حجم A = سطح قاعده A_M = سطح جانبی A_o = سطح کلی d = قطر h = ارتفاع		



شکل ۶

$$A = \pi d h$$

$$V = \pi h^2 \left(\frac{d}{2} - \frac{h}{2} \right)$$



- ۱ حجم مخزن آب ساختمانی ۳۵۰۰ لیتر است، این مقدار معادل چند مترمکعب است؟
- ۲ آب موجود در مخزن استوانه‌ای به ارتفاع ۲ m و قطر ۹۰ cm چند گالن است؟
- ۳ آب موجود در ۱۰۰ متر لوله فولادی به قطر یک اینچ، چند لیتر است؟ (ابعاد لازم لوله فولادی را از جدول کتاب راهنمای هنرجو استخراج نمایید)

محاسبات جرم

یکای جرم در سیستم SI کیلوگرم است و یکای جرم در سیستم IP پوند lb است. به روابط آنها توجه کنید:

$$\text{ton} \xrightarrow[\div]{\times 1000} \text{kg} \xrightarrow[\div]{\times 1000} \text{gr} \qquad \text{kg} \xrightarrow[\div]{\times 2/2} \text{lb} \xrightarrow[\div]{\times 453} \text{gr}$$



جدول زیر را کامل نمایید.

۳۹۷۵۰ kg	 ton	۱۰۰ kg	 gr
$\frac{1}{2}$ kg	 gr	۴۵۳۰ gr	 Lb

جرم ویژه (چگالی):

جرم یکای حجم از هر ماده را جرم ویژه (جرم حجمی) آن ماده گویند.

$$\rho = \frac{m \text{ (جرم)}}{V \text{ (حجم)}} \quad \rho \text{ (جرم ویژه)}$$

یکای جرم ویژه در سیستم SI کیلوگرم بر مترمکعب است.

و یکاهای رایج دیگر عبارت‌اند از:

$$1 \left(\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right) = 1 \left(\frac{\text{kg}}{\text{lit}} \right) = 1 \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

جدول ۳- جرم ویژه بعضی از مواد

جرم ویژه گازها $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		جرم ویژه جامدات $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$				جرم ویژه مایعات $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$	
جرم ویژه	ماده	جرم ویژه	ماده	جرم ویژه	ماده	جرم ویژه	ماده
۱/۴۳	اکسیژن	۷/۳	قلع	۲۱/۵	پلاتین	۱	آب (۴°C)
۱/۲۹	هوا	۷/۲۵	چدن	۱۹/۳	طلا	۰/۹	روغن موتور
۱/۲۵	ازت	۷/۱۲	روی	۱۱/۳۵	سرب	۰/۸۵	نفت
۱/۱۷۱	استیلن	۲/۷	آلومینیوم	۸/۹	مس	۰/۸۵	گازوئیل
۰/۰۹	هیدروژن	۱/۲۶	چوب آب‌نوس	۷/۸۵	فولاد	۰/۷۲	بنزین

فکر کنید



علت شناور شدن بعضی از مواد روی آب چیست؟

محاسبه جرم:

با استفاده از تعریف جرم ویژه، می‌توان رابطه‌ای برای محاسبه جرم قطعات هندسی به‌دست آورد.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \times V$$

مثال



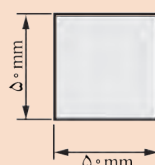
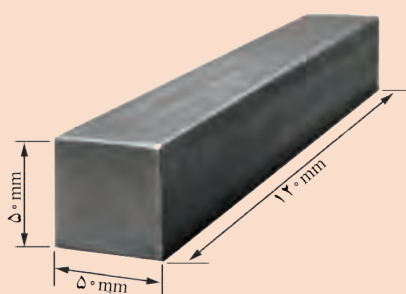
جرم شمش فولادی با مقطع مربع به ضلع ۵۰ میلی‌متر و طول ۱۲۰ میلی‌متر را به‌دست آورید.

$$۱۲۰ \text{ mm} = ۱۲ \text{ cm} = ۱/۲ \text{ dm}$$

$$۵۰ \text{ mm} = ۵ \text{ cm} = ۰/۵ \text{ dm}$$

$$V = A \times h = (۰/۵ \text{ dm})^2 \times ۱/۲ \text{ dm} = ۰/۳ \text{ dm}^3$$

$$m = \rho \cdot V = ۰/۳ \text{ dm}^3 \times ۷/۸۵ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = ۲/۳۵۵ \text{ kg}$$



مقطع: مربع
ضلع: ۵۰ mm
طول: ۱۲۰ mm



جرم شش متر لوله فولادی به قطر $\frac{3}{4}$ " و جرم آب درون آن چند کیلوگرم است؟
مشخصات لوله را از جدول زیر استخراج کنید.

ابعاد لوله فولادی 3/4 اینچ - استاندارد SCH 40			
		سایز اسمی: 3/4 اینچ (NPS 3/4) استاندارد: ASME B36.10 سری لوله: SCH 40 نوع لوله: بدون درز با درزدار (فولادی کربنی)	
ضخامت دیواره (T) (میلیمتر)	قطر داخلی (ID) (میلیمتر)	قطر خارجی (OD) (میلیمتر)	سایز اسمی (اینچ)
2.87 mm	20.93 mm	26.67 mm	3/4" SCH 40
توضیحات: • ابعاد طبق استاندارد ASME B36.10 برای لوله‌های فولادی سری SCH 40 می‌باشد. • مقادیر فوق بر حسب میلی‌متر بوده و ممکن است با تolerانس جزئی تغییر داشته باشند.			

دبی

حجم سیال در واحد زمان

دبی یکی از مهم‌ترین پارامترهای جریان سیال است که نشان می‌دهد چه مقدار سیال در هر واحد زمان از یک سطح عبور می‌کند.

فرمول کلی دبی

دبی (حجم در واحد زمان): q

حجم سیال عبوری: V

زمان عبور: t

$$q = \frac{V}{t}$$



واحدهای رایج دبی

گالن بر دقیقه (GPM)	لیتر بر دقیقه (L/min)	مترمکعب بر ساعت (m³/h)	مترمکعب بر ثانیه (m³/s)	لیتر بر ثانیه (L/s)

رابطه دبی با قطر و سرعت سیال در لوله

برای جریان پایا و سیال تراکم‌ناپذیر:

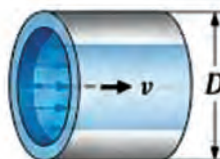
$$q = A \times V = \frac{\pi D^2}{4} \times V$$

دبی: q (m³/s)

A : سطح مقطع لوله (m²)

V : سرعت متوسط سیال (m/s)

D : قطر داخلی لوله (m)



دبی با مربع قطر لوله و با سرعت سیال به صورت مستقیم متناسب است.

رابطه دبی با معادله پیوستگی

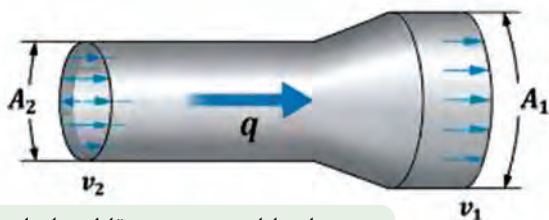
برای جریان پایا و سیال تراکم‌ناپذیر:

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 = q$$

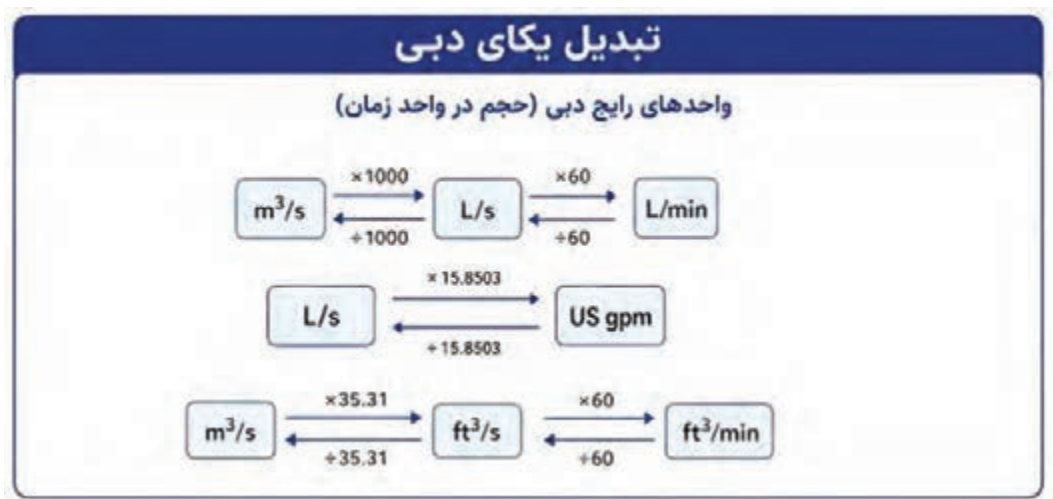
A : سطح مقطع (m²)

V : سرعت متوسط (m/s)

q : دبی (m³/s)



در جریان پایا، دبی در همه مقاطع برابر است.



شکل ۸

یک واحد مسکونی دارای تجهیزات زیر است:

روشویی: ۶ L/min سینک ظرفشویی: ۱۰ L/min دوش حمام: ۱۲ L/min

اگر هر سه هم‌زمان باز باشند:

۱ دبی کل چند GPM است؟

۲ دبی کل چند L/s است؟

پرسش
کلاسی



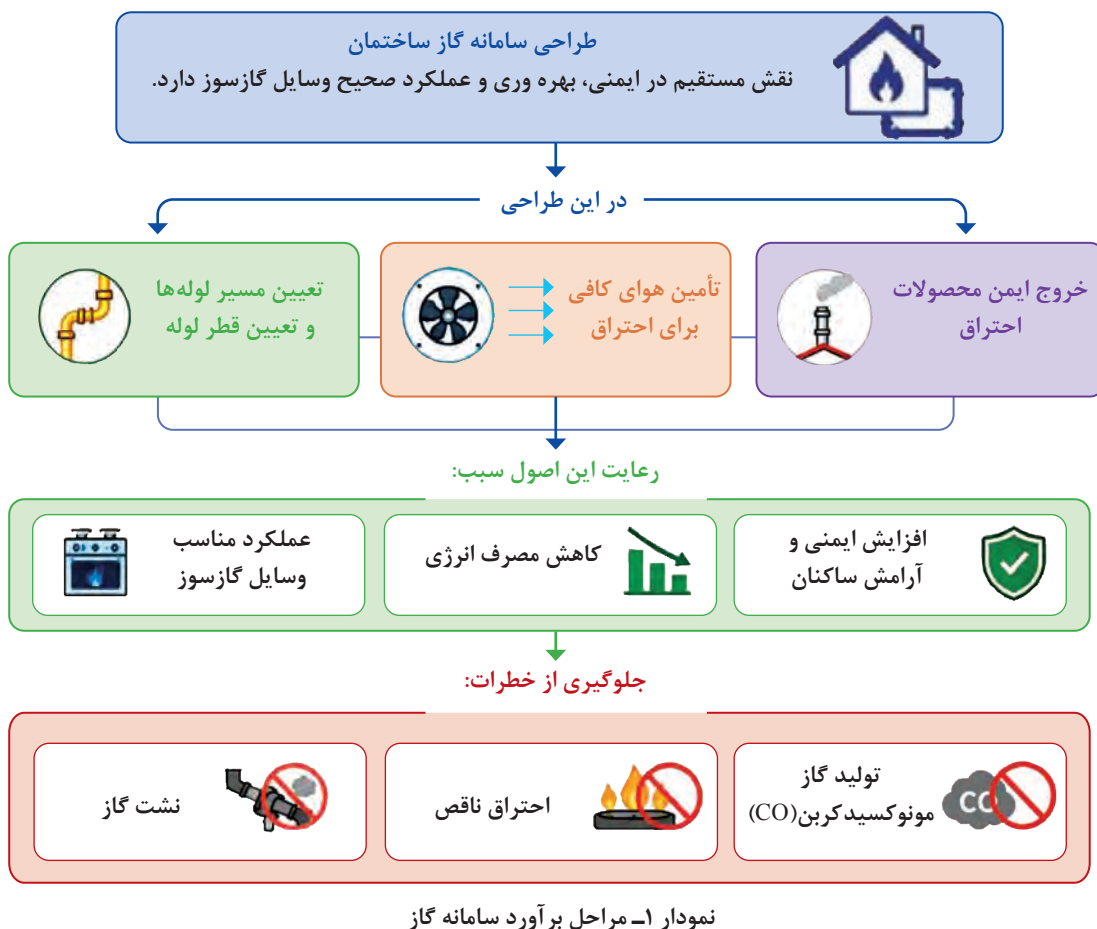
یک اتاق دارای حجم ۱۲۰ m³ است. اگر یک فن با دبی $\text{CFM}(\frac{\text{ft}^3}{\text{min}})$ ۱۰۰۰ در آن نصب شود، هوای اتاق تقریباً هر چند دقیقه یک‌بار تعویض می‌شود؟

پرسش
کلاسی



برآورد سامانه گاز ساختمان

برآورد بخش‌های مختلف سامانه گاز ساختمان نقش مستقیم در ایمنی، بهره‌وری و عملکرد صحیح وسایل گازسوز دارد. در این طراحی، علاوه بر انتخاب مسیر لوله‌ها و تعیین قطر آنها، اهمیت تأمین هوای کافی برای احتراق و خروج ایمن محصولات احتراق نیز از الزامات اساسی به‌شمار می‌رود. نمودار ۱ مراحل برآورد سامانه گاز را نشان می‌دهد.



تعیین قطر لوله گاز

برای تعیین قطر لوله گاز به دو عامل برآورد مصرف گاز و طولانی‌ترین مسیر نیاز داریم:

■ **برآورد مصرف گاز:** برای برآورد مصرف گاز، باید بیشترین میزان مصرف هروسیله گازسوز را در نظر گرفت با این فرض که همه وسایل به‌طور هم‌زمان در حال کار هستند. مقدار مصرف هر دستگاه نیز از دفترچه محاسبات یا کاتالوگ سازنده یا پلاک مشخصات آن دستگاه برداشت می‌شود. در جدول ۴ مقدار مصرف چند وسیله گازسوز رایج آورده شده است.

■ **محاسبه طول دورترین مسیر:** فاصله نقطه خروجی رگولاتور تا دورترین مصرف‌کننده را با توجه به مسیر و نقشه ایزومتریک محاسبه کرده و از آن برای تعیین قطر لوله‌ها براساس مقدار گاز عبوری استفاده می‌شود. طبق تعریف در هر پلان فقط یک مسیر طولانی مشخص شده و همه سائزها براساس آن تعیین می‌شود.

جدول ۴- مقدار مصرف چند دستگاه گازسوز متداول

دستگاه گازسوز	نماد (قراردادی)	مصرف تقریبی (مترمکعب در ساعت)
پکیج گرمایشی کوچک (کمتر از ۱۲۰ مترمربع)	Ps	۲/۵
پکیج گرمایشی بزرگ (بیشتر از ۱۲۰ مترمربع)	Pb	۳/۵ - ۵
آب گرم کن دیواری فوری	WHd	۲/۵
آب گرم کن زمینی مخزن دار	WHz	۱/۵
اجاق گاز خانگی	GC	۰/۷
اجاق گاز تجاری	Gcc	۲/۵ - ۴
بخاری خانگی	H	۰/۶
کباب پز و پلوپز خانگی	RC	۰/۳
شومینه	FP or SH	۰/۶
مشعل گرمایشی (B) برابر دفترچه محاسبات / دربرآورد: ۱/۵ مترمکعب بر ساعت به ازای هر صدمترمربع زیربنای گرمایی		

سایزنی (pipe sizing)

برای تعیین قطر لوله پس از تعیین مقدار مصرف و طول دورترین مسیر از جدول ۵ قطر لوله تعیین می شود.

- ☐ دربرآورد مصرف میزان مصرف دستگاه های رزرو در نظر گرفته نمی شود.
- ☐ چنانچه برابر محاسبات قطر لوله اصلی کمتر از یک اینچ باشد، قطر لوله اصلی تا نخستین انشعاب، باید دست کم یک اینچ در نظر گرفته شود.

توجه

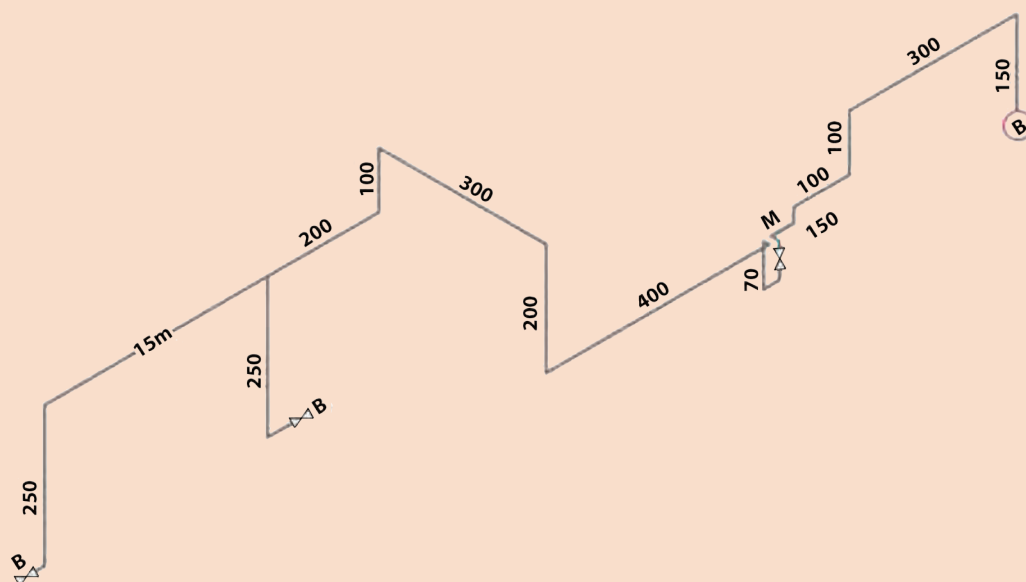


جدول ۵- ظرفیت لوله‌های فولادی به مترمکعب بر ساعت برای گاز طبیعی با فشار ۱۷۶ میلی‌متر ستون آب و چگالی نسبی ۰/۶۵

دورترین قطر	۱/۲	۳/۴	۱	۱۱/۴	۱۱/۲	۲	۲۱/۲	۳	۴
طول لوله (متر)	ظرفیت لوله‌های فولادی به مترمکعب بر ساعت								
۲	۵/۹	۱۲/۳	۲۳/۳	۴۷/۹	۷۲/۵	۱۳۸/۳	۲۲۰/۵	۳۹۰/۷	۸۰۱/۹
۴	۴/۵	۸/۵	۱۶/۵	۳۲/۹	۴۹/۴	۹۵/۱	۱۵۱/۲	۲۶۸/۵	۵۵۱/۱
۶	۳/۲	۶/۸	۱۲/۹	۲۶/۴	۳۹/۷	۷۶/۴	۱۲۱/۵	۲۱۵/۷	۴۴۲/۸
۸	۲/۸	۵/۸	۱۱/۵	۲۲/۶	۳۴/۵	۶۵/۴	۱۰۴/۵	۱۸۴/۷	۳۷۹/۱
۱۰	۲/۴	۵/۵	۹/۶	۱۹/۷	۲۹/۶	۵۹/۹	۹۵/۴	۱۶۵/۶	۳۲۹/۷
۱۲	۲/۲	۴/۷	۸/۸	۱۸/۱	۲۷/۳	۵۲/۵	۸۳/۴	۱۴۸/۲	۳۰۴/۳
۱۴	۲/۵	۴/۳	۸/۱	۱۶/۷	۲۵/۵	۴۸/۲	۷۶/۶	۱۳۶/۱	۲۷۹/۴
۱۶	۱/۹	۴/۵	۷/۵	۱۵/۵	۲۳/۳	۴۴/۸	۷۱/۳	۱۲۶/۷	۲۶۰/۵
۱۸	۱/۸	۳/۷	۷/۱	۱۴/۶	۲۱/۹	۴۲/۲	۶۷/۱	۱۱۹/۳	۲۴۴/۸
۲۰	۱/۷	۳/۵	۶/۷	۱۳/۸	۲۰/۷	۳۹/۸	۶۳/۳	۱۱۲/۵	۲۳۱/۵
۲۲	۱/۶	۳/۳	۶/۳	۱۳/۱	۱۹/۶	۳۷/۸	۶۰/۱	۱۰۶/۸	۲۱۹/۲
۲۴	۱/۵	۳/۲	۶/۱	۱۲/۵	۱۸/۷	۳۶/۱	۵۷/۴	۱۰۱/۹	۲۰۹/۹
۲۶	۱/۴	۳/۱	۵/۸	۱۲/۵	۱۸/۵	۳۴/۶	۵۵/۱	۹۷/۹	۲۰۵/۹
۲۸	۱/۴	۲/۹	۵/۵	۱۱/۴	۱۷/۲	۳۳/۱	۵۲/۶	۹۳/۶	۱۹۱/۵
۳۰	۱/۳	۲/۸	۵/۳	۱۱/۵	۱۶/۶	۳۱/۹	۵۰/۸	۹۰/۲	۱۸۵/۱
۳۵	۱/۲	۲/۶	۴/۹	۱۰/۲	۱۵/۳	۲۹/۴	۴۶/۸	۸۳/۱	۱۷۰/۶
۴۰	۱/۱	۲/۴	۴/۶	۹/۴	۱۴/۱	۲۷/۱	۴۳/۳	۷۶/۹	۱۵۷/۹
۴۵	۱/۱	۲/۲	۴/۳	۸/۸	۱۳/۳	۲۵/۵	۴۰/۶	۷۲/۲	۱۴۸/۱
۵۰	۱/۵	۲/۱	۴/۱	۸/۴	۱۲/۷	۲۴/۳	۳۸/۶	۶۸/۷	۱۴۱/۵
۵۵	۵/۹۹	۲/۵	۳/۹	۸/۵	۱۲/۵	۲۳/۱	۳۶/۷	۶۵/۲	۱۳۳/۹
۶۰	۵/۹۴	۱/۹	۳/۷	۷/۶	۱۱/۵	۲۲/۱	۳۵/۱	۶۲/۴	۱۲۸/۱
۷۰	۵/۸۵	۱/۸	۳/۳	۶/۹	۱۰/۴	۲۰/۵	۳۱/۸	۵۶/۵	۱۱۶/۱
۸۰	۵/۸۵	۱/۶	۳/۱	۶/۵	۹/۷	۱۸/۸	۲۹/۸	۵۳/۱	۱۰۸/۹
۹۰	۵/۷۵	۱/۵	۲/۹	۶/۱	۹/۱	۱۷/۶	۲۸/۵	۴۹/۷	۱۰۲/۵
۱۰۰	۵/۷۱	۱/۴	۲/۸	۵/۷	۸/۶	۱۶/۶	۲۶/۴	۴۷/۵	۹۶/۵



تأمین گرمایش و آب گرم مصرفی یک ساختمان با زیربنای گرمایشی ۲۰۰۰ مترمربع توسط دو دیگ که یکی رزرو می باشد طراحی شده است. با توجه به شکل ایزومتریک داده شده قطر لوله اصلی را برآورد کنید.



تعیین قطر درگام های زیر انجام می شود:

- ☐ تعیین دورترین مصرف کننده نسبت به رگولاتور: در صورت نبود عدد، عدد بزرگ تر انتخاب شود.
 - ☐ تعیین مقدار مصرف: جمع مصرف دستگاه های گازسوز
 - ☐ تعیین قطر با جدول سایزنی: مراجعه به جدول و حرکت از افقی تا رسیدن به مقدار مصرف یا عدد بزرگ تر
- برای محاسبه میزان مصرف گاز بویلرها بایستی به دفترچه محاسبات طراح محترم مراجعه کرد ولی در اینجا از برآورد استفاده می کنیم:

$$Q_{\text{Boiler}} = 2000 \times \frac{1/5}{100} = 30 \text{ m}^3 / \text{h}$$

چون یکی از بویلرها رزرو است در جمع مصرف منظور نمی شود.

نام مصرف کننده	مقدار مصرف m^3/h	دورترین مسیر (m)	قطر لوله انشعاب / اصلی (inch)
بویلر ۱	۳۰	۳۹	۲۱/۲"
بویلر ۲	۳۰	۳۹	۲۱/۲"
جمع مصرف	۳۰	۳۹	۲۱/۲"

در جدول ۵ دورترین طول لوله عدد ۳۹ نیست و عدد نزدیک تر به آن عدد ۴۰ متر را انتخاب می کنیم. با توجه به مقدار مصرف ۳۰ عدد ۴۳/۳ مترمکعب بر ساعت را انتخاب می کنیم، بنابراین قطر لوله اصلی انشعاب برابر $2\frac{1}{4}$ in خواهد شد.

جدول ظرفیت لوله های فولادی به مترمکعب بر ساعت برای گاز طبیعی با فشار ۱۷۶ میلی مترستون آب و چگالی نسبی ۰/۶۵

قطر	۱/۲	۳/۴	۱	۱۱/۴	۱۱/۲	۲	۲۱/۲	۳	۴
طول لوله (متر)	ظرفیت لوله های فولادی به مترمکعب بر ساعت								
۴۰	۱/۱	۲/۴	۴/۶	۹/۴	۱۴/۱	۲۷/۱	۴۳/۳	۷۶/۹	۱۵۷/۹

قطر و مصرف هر بخش را بر روی لوله مسیر بنویسید.

جدول ظرفیت لوله‌های فولادی به متر مکعب بر ساعت برای گاز طبیعی با فشار ۱۷۶ میلی متر ستون آب و چگالی نسبی ۰/۶۵

قطر	۱/۲	۳/۴	۱	۱۱/۴	۱۱/۲	۲	۲۱/۲	۳	۴
طول لوله (متر)	ظرفیت لوله‌های فولادی به متر مکعب بر ساعت								
۴۰	۱/۱	۲/۴	۴/۶	۹/۴	۱۴/۱	۲۷/۱	۴۳/۳	۷۶/۹	۱۵۷/۹

قطر و مصرف هر بخش را بر روی لوله مسیر بنویسید.

جدول ظرفیت لوله‌های فولادی به متر مکعب بر ساعت برای گاز طبیعی با فشار ۱۷۶ میلی متر ستون آب و چگالی نسبی ۰/۶۵

قطر	۱/۲	۳/۴	۱	۱۱/۴	۱۱/۲	۲	۲۱/۲	۳	۴
طول لوله (متر)	ظرفیت لوله‌های فولادی به متر مکعب بر ساعت								
۴۰	۱/۱	۲/۴	۴/۶	۹/۴	۱۴/۱	۲۷/۱	۴۳/۳	۷۶/۹	۱۵۷/۹

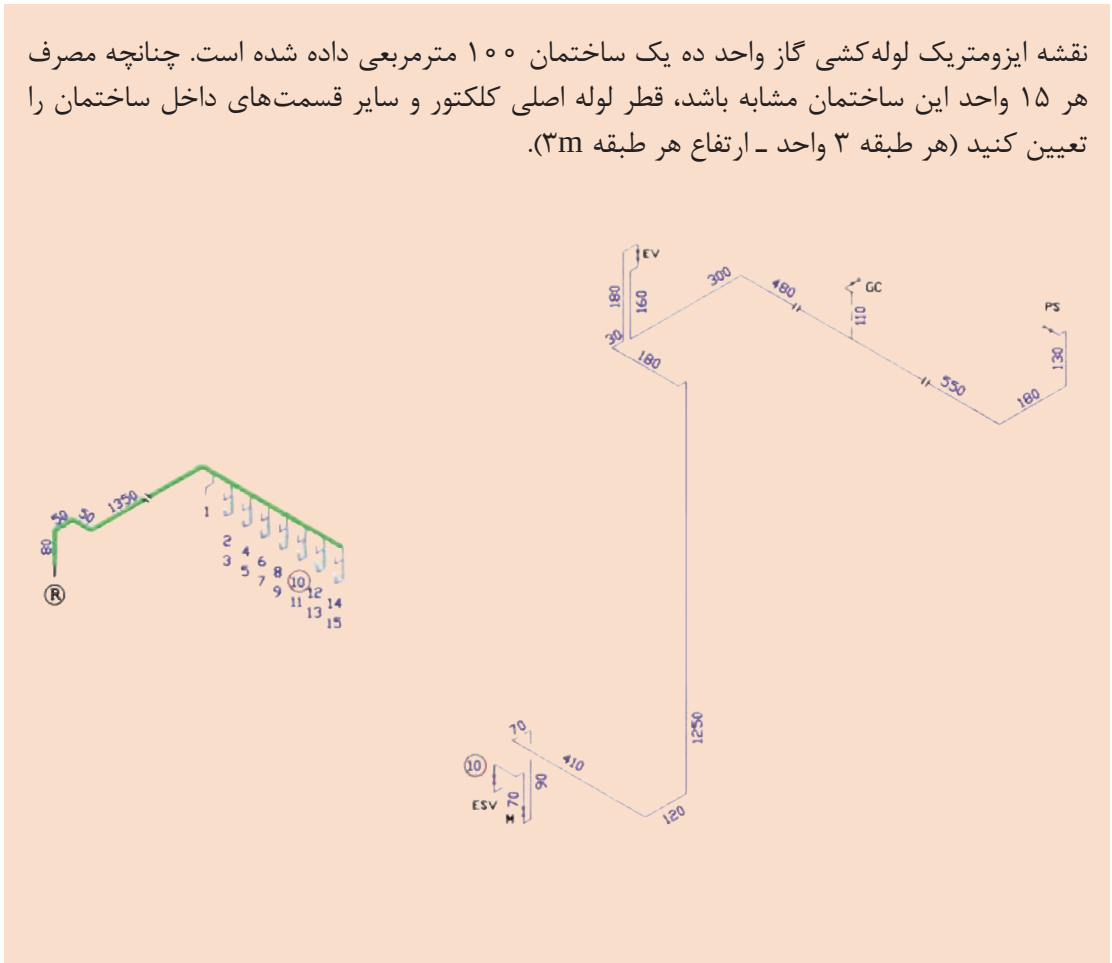
قطر و مصرف هر بخش را بر روی لوله مسیر بنویسید.

جدول ظرفیت لوله‌های فولادی به متر مکعب بر ساعت برای گاز طبیعی با فشار ۱۷۶ میلی متر ستون آب و چگالی نسبی ۰/۶۵

قطر	۱/۲	۳/۴	۱	۱۱/۴	۱۱/۲	۲	۲۱/۲	۳	۴
طول لوله (متر)	ظرفیت لوله‌های فولادی به متر مکعب بر ساعت								
۴۰	۱/۱	۲/۴	۴/۶	۹/۴	۱۴/۱	۲۷/۱	۴۳/۳	۷۶/۹	۱۵۷/۹

قطر و مصرف هر بخش را بر روی لوله مسیر بنویسید.

نقشه ایزومتریک لوله کشی گاز واحد ده یک ساختمان ۱۰۰ مترمربعی داده شده است. چنانچه مصرف هر ۱۵ واحد این ساختمان مشابه باشد، قطر لوله اصلی کلکتور و سایر قسمت‌های داخل ساختمان را تعیین کنید (هر طبقه ۳ واحد - ارتفاع هر طبقه ۳m).



تأمین هوای احتراق

برای عملکرد صحیح و ایمن وسایل گازسوز، تأمین هوای کافی برای احتراق الزامی است. هوای احتراق باید به گونه‌ای تأمین شود که شعله پایدار باقی بماند، انتشار گازهای سمی مانند مونوکسید کربن به حداقل برسد و راندمان سوخت بالا باشد. تأمین هوای احتراق ممکن است به صورت طبیعی (دریچه‌های ثابت یا کانال) یا مکانیکی (فن تأمین هوا) یا ترکیبی از این دو انجام شود. برای تأمین هوا توجه به چند عامل ضروری است:

- جمع ظرفیت گرمایی دستگاه‌های گازسوز محل نصب
- میزان نفوذ هوا به ساختمان (هوابند یا درزبند معمولی)
- حجم هوای اتاق محل نصب دستگاه

تأمین هوای ساختمان‌های مسکونی به طور معمول با روش طبیعی دودریچه ثابت انجام می‌شود و برای موتورخانه‌های بزرگ یا آنهایی که دسترسی مستقیم به فضای باز ندارند از روش مکانیکی استفاده می‌شود. مبحث هفدهم مقررات ملی ساختمان، سطح آزاد دریچه هوای مورد نیاز را با توجه به ظرفیت گرمایی دستگاه $(Q = \text{kcal/h})$ از روش زیر توصیه نموده است:

روش تأمین هوای طبیعی دو دریچه	$A = \frac{Q}{156} \text{ سطح آزاد هر باز شو (cm}^2\text{)}$
-------------------------------	--

- در صورت استفاده از دریچه فلزی برای سطح واقعی بایستی ۳۰ درصد به سطح آزاد اضافه شود.
- طول هر ضلع دریچه نبایستی از ۸ سانتی متر کمتر باشد.

توجه



مثال



وسایل گازسوز یک آپارتمان ۱۰۰ متری یک پکیج و یک اجاق گاز است. چنانچه هردو دستگاه در داخل فضای ساختمان نصب شده باشند و دودکش پکیج از نوع طبیعی باشد، سطح آزاد هر کدام از دریچه‌های تأمین هوای طبیعی چند سانتی متر مربع است؟ (ظرفیت گرمایی گاز 9500 kcal/m^3)
جمع مصرف دستگاه‌های گازسوز

$$V = 2/5 + 0/7 = 3/2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 3/2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 9500 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} = 30400 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

ظرفیت گرمایی دستگاه‌ها

$$A_{\text{free}} = \frac{Q}{156} = \frac{30400}{156} = 195 \text{ cm}^2$$

سطح آزاد هر باز شو

$$A_{\text{metal}} = A_{\text{free}} \times 1/3 = 195 \times 1/3 = 253 \text{ cm}^2$$

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{253} = 16 \text{ cm}$$

در صورت استفاده از دریچه مربعی ابعاد هر ضلع

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 253}{\pi}} = 18 \text{ cm}$$

و در صورت استفاده از دریچه گرد فلزی

تخلیه محصولات احتراق

در فرایند سوختن هر وسیله گازسوز، علاوه بر تولید انرژی گرمایی، گازهای ناشی از احتراق شامل دی اکسید کربن، بخار آب، مونوکسید کربن و ذرات ریز نیز تولید می شوند. عدم تخلیه صحیح این محصولات نه تنها موجب کاهش راندمان و بازدهی دستگاه می شود، بلکه می تواند خطرات جدی ایمنی و سلامت برای ساکنین ایجاد کند. به همین دلیل، طراحی و اجرای سیستم های تخلیه محصولات احتراق از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این سیستم ها باید بتوانند گازهای ناشی از احتراق را به طور کامل و ایمن از محیط داخلی ساختمان، بدون ایجاد بازگشت دود یا ورود هوای آلوده به فضاهای زندگی به خارج هدایت کنند. توجه کنید که حداقل سطح لوله رابط دودکش باید برابر سطح خروجی محصولات احتراق آن دستگاه گازسوز باشد. حداقل قطر دودکش با مکش طبیعی چند وسیله گازسوز در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶- حداقل قطر دودکش با مکش طبیعی چند وسیله گازسوز

نام دستگاه	حداقل قطر دودکش (cm)
بخاری	۱۰
پکیج گرمایشی و آب گرم کن فوری (محفظه احتراق باز)	۱۵
شومینه	۱۵

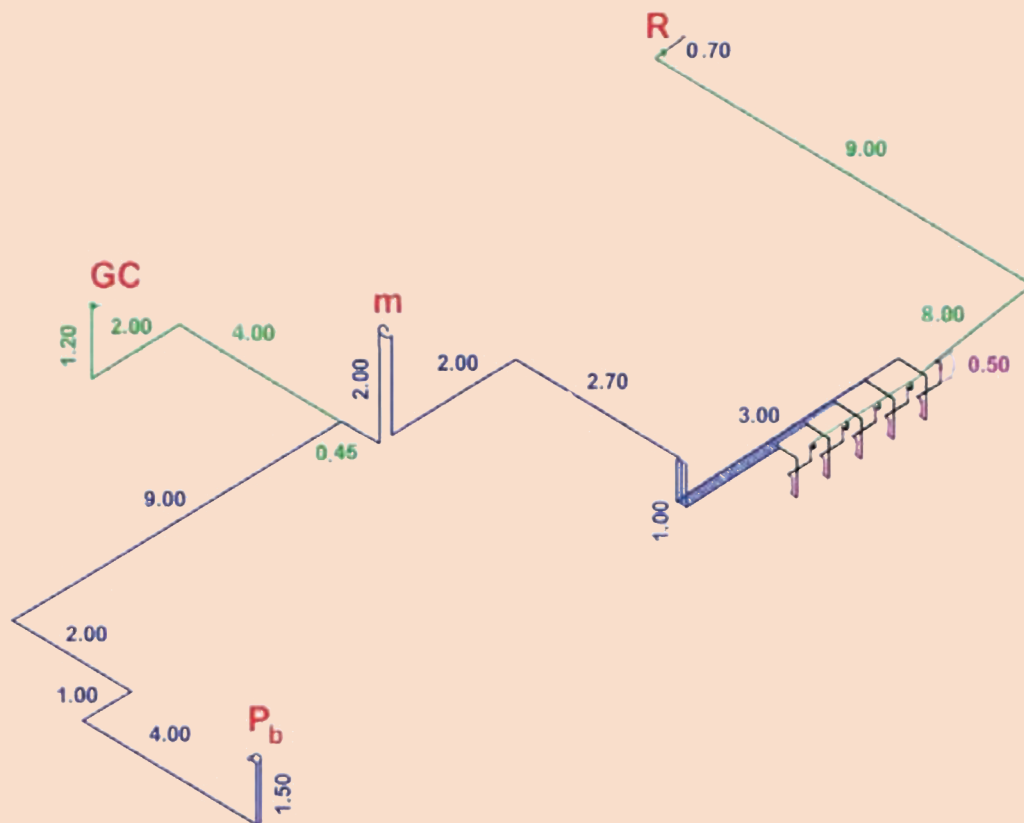
حداقل ارتفاع دودکش با مکش طبیعی باید ۳ متر باشد.

توجه





پروژه گازرسانی: نقشه ایزومتریک طبقه همکف یک ساختمان پنج طبقه تک واحدی نشان داده شده است. ارتفاع هر طبقه ۳ متر و تعداد وسایل گازسوز آن یک پکیج گرمایشی و یک اجاق گاز است. مساحت هر واحد ۱۵۰ مترمربع است. پکیج گرمایشی محفظه احتراق بسته در بالکن نصب شده است. قطر لوله رابط اصلی، قطر کلکتور، قطر رایزرها و قطر لوله‌های داخل واحد هر طبقه را محاسبه کرده و روی نقشه بنویسید. سطح آزاد هر کدام از دریچه‌های تأمین هوای طبیعی چند سانتی متر مربع است؟ قطر لوله هود آشپزخانه چند سانتی متر است؟



الگوی ارزشیابی شایستگی محاسبات پایه و برآورد گاز

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد
۳	■ محاسبه دبی سیال برابر معادله پیوستگی ■ محاسبه سطح بازشوهای تأمین هوای احتراق برابر مبحث ۱۷	بالاتر از حد انتظار	محاسبه فنی و برآورد قطر لوله‌های گاز ساختمان از روی نقشه، جداول برابر استانداردها و مقررات ملی
۲	■ محاسبه طول، سطح و حجم تجهیزات مرتبط با تأسیسات مکانیکی برابر معادله ■ برآورد قطر لوله گاز برابر مبحث ۱۷ ■ محاسبه قطر دودکش برابر مبحث ۱۷	در حد انتظار	
۱	ناتوانی در محاسبات فنی و گاز	پایین‌تر از حد انتظار	
	نمره مستمر از ۵		
	نمره واحد یادگیری از یک تا سه		
	نمره واحد یادگیری از ۲۰		

□ نمره شایستگی واحد یادگیری منحصراً شامل نمرات ۲، ۱ یا ۳ است.

□ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.

□ حداقل نمره قبولی ۱۲ از ۲۰ است.

واحد یادگیری ۲

تأسیسات آبی



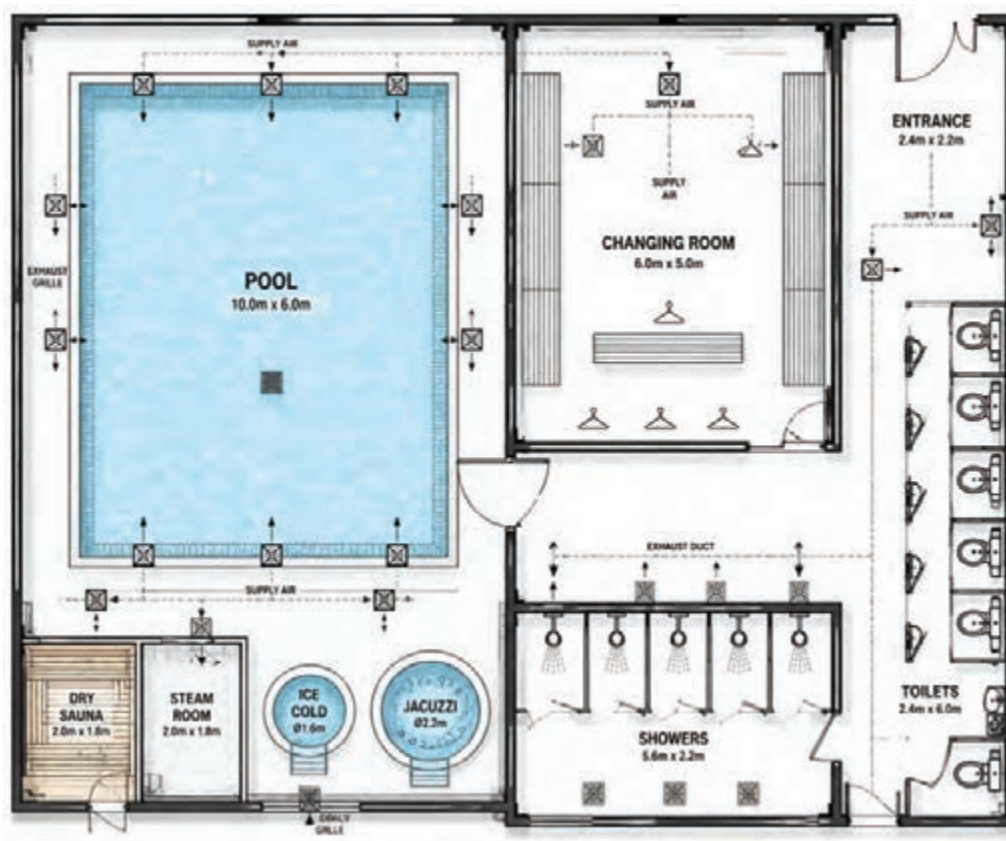
طراحی و نگهداری درست تأسیسات استخر، سونا و جکوزی نیازمند دانش دقیق در زمینه آب، گرما، تهویه و برق است. سوناها با بهره‌گیری از گرمایش خشک یا بخار، فضایی برای آرامش و تقویت سلامتی فراهم می‌کنند.

استاندارد عملکرد

تشخیص مراحل چرخه آب، مجموعه تأسیسات استخر شامل گردش، تصفیه، گرمایش و گندزدایی

استخر سازه‌ای مهندسی شده، برای نگهداری و ذخیره آب است که با اهدافی مانند شنا، ورزش، آموزش، تفریح یا درمان ساخته می‌شود و با استفاده از سامانه‌های تصفیه، گندزدایی و گردش آب، شرایط مناسب و ایمن را برای فعالیت‌های آبی و ورزشی فراهم می‌کند. مجموعه استخر به‌طور معمول دارای بخش‌های زیر است:

ورودی	رخت‌کن	سرویس توالت	سرویس دوش	سالن استخر
استخر شنا	جکوزی	سونای بخار	سونای خشک	حوضچه آب سرد



شکل ۱۰

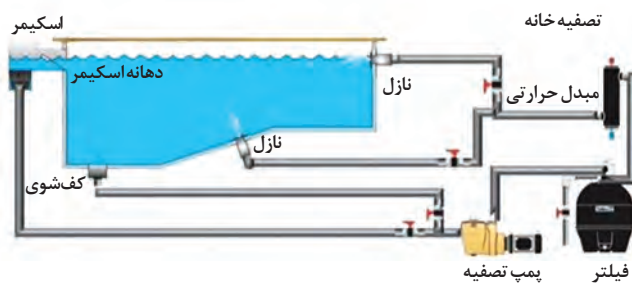
انواع استخر از نظر سیستم جمع‌آوری و تصفیه آب

استخرها از نظر نحوه جمع‌آوری آب سطحی و انتقال آن به سیستم تصفیه به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱ استخر اسکیمری (Skimmer Pool)

۲ استخر سرریزی (Overflow Pool)

هدف هر دو سیستم، جمع‌آوری آب، تصفیه، گندزدایی و بازگرداندن آب سالم به استخر است؛ اما روش جمع‌آوری آب سطحی در آنها متفاوت است.



شکل ۱۱

۱ استخر اسکیمری: در استخر اسکیمری،

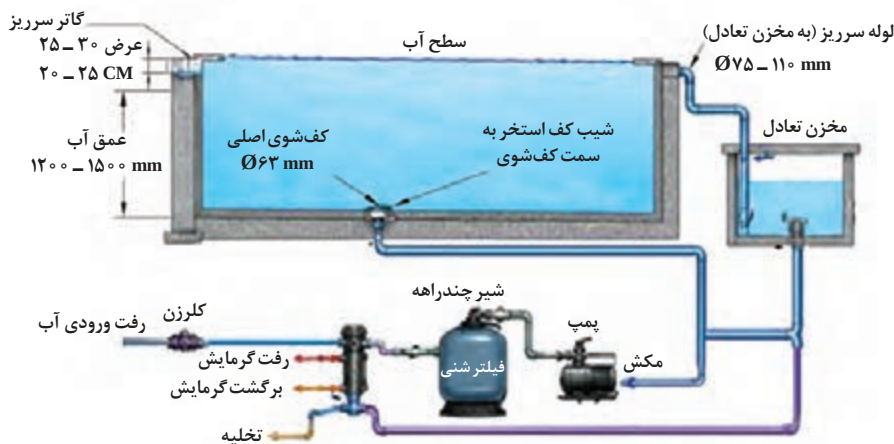
آب از طریق اسکیمرها نصب شده در دیواره استخر جمع آوری می شود. پمپ، آب را از اسکیمرها و کفشوی ها مکش کرده و پس از عبور از فیلتر، سیستم گندزدایی و تجهیزات گرمایش، مجدداً از طریق نازل های رفت به استخر بازمی گرداند.

مسیر حرکت آب در استخر اسکیمری

اسکیمر و کفش ← پمپ ← فیلتر شنی ← مبدل حرارتی (گرمایش) ← سیستم گندزدایی ← نازل های رفت ← استخر

۲ استخر سرریزی: در استخر سرریزی، سطح آب تقریباً هم تراز لبه استخر است. آب سطحی به صورت مداوم

با شنا کردن افراد یا ورود آب جدید از لبه های استخر سرریز شده و وارد کانال، گاتر یا گریل در اطراف استخر می شود. سپس آب در مخزن تعادل (که وظیفه ذخیره موقت آب سرریز شده و جبران تغییرات حجم آب استخر را برعهده دارد) جمع آوری شده و توسط پمپ به سیستم تصفیه (فیلتر شنی، تجهیزات گرمایش و سیستم گندزدایی) ارسال و مجدداً از طریق نازل های رفت به استخر بازمی گرداند.

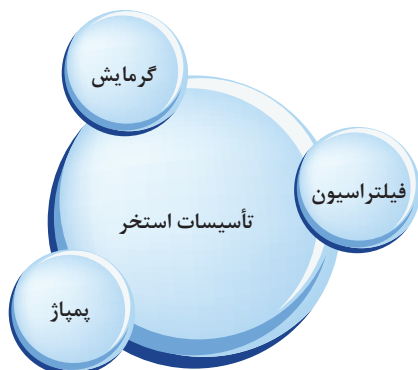


شکل ۱۲- نقشه شماتیک مدار تصفیه و گرمایش استخر (با گاتر سرریز)

مسیر حرکت آب در استخر سرریزی

استخر ← کانال گاتر سرریز ← مخزن تعادل ← پمپ ← فیلتر شنی ← مبدل حرارتی (گرمایش) ← سیستم گندزدایی ← نازل های رفت ← استخر

تأسیسات مکانیکی استخر



شکل ۱۳- بخش‌های تأسیسات استخر

تأسیسات استخر شامل ۳ بخش کلی می‌باشد:

■ تصفیه آب (فیلتراسیون و گندزدایی)

■ پمپاژ

■ واحد گرمایش (در صورت لزوم)

تأسیسات مکانیکی استخر مجموعه‌ای از بخش‌های نام برده شده است که کیفیت آب، ایمنی، بهداشت و شرایط آسایش برای بهره‌برداری را تأمین می‌کنند. در این سامانه، آب سرریز شده به گردش درآمده و به تجهیزات تصفیه هدایت می‌شود. پس از حذف ذرات معلق، در صورت نیاز، آب پیش از بازگشت به استخر توسط تجهیزات گرمایشی به دمای مطلوب رسانده می‌شود. سپس آب وارد بخش گندزدایی شده و باریکروبی آن کنترل می‌گردد. در نهایت آب تصفیه و ضدعفونی شده دوباره به استخر بازمی‌گردد و این چرخه تکرار می‌شود.

تجهیزات استخر

مهم‌ترین تجهیزات استخر عبارت‌اند از: اسکیم‌ر یا گاتر سرریز، کف‌شوی، نازل‌های رفت آب، پمپ تصفیه، فیلترشنی، سیستم گندزدایی، مبدل حرارتی یا هیتر، مخزن جبرانی (مخزن تعادل)، لوله‌ها و اتصالات، تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل کیفیت آب، چراغ‌های استخری و تجهیزات ایمنی.

■ کاسه استخر: محل اصلی نگهداری آب و فضای شنا بوده و بستر نصب تجهیزات داخلی استخر می‌باشد (شکل ۱۴).

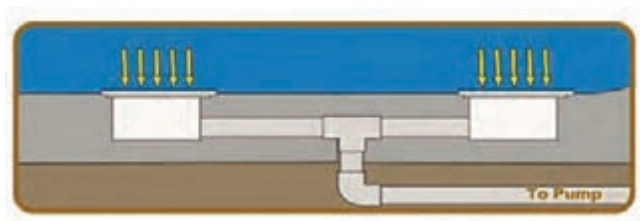


شکل ۱۴- کاسه استخر



■ **کفشوی:** در عمیق ترین نقطه استخر نصب می شود و آب را از کف استخر به سمت مدار تصفیه هدایت می کند (شکل های ۱۵ و ۱۶).

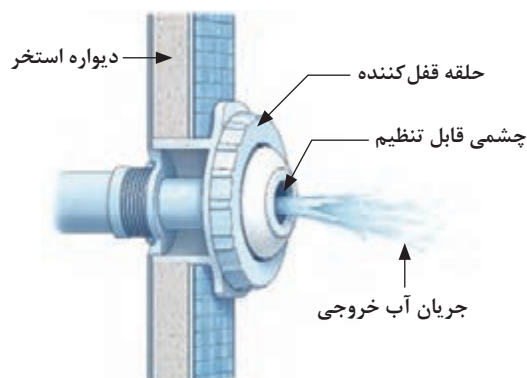
شکل ۱۵- کفشوی



شکل ۱۶- رعایت فاصله دو کفشوی

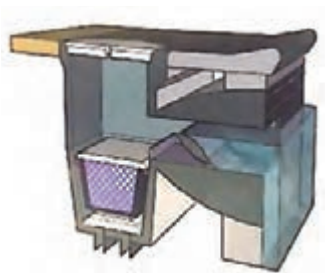
از وظایف آن تخلیه کامل آب استخر برای تعمیرات، کمک به گردش آب در سیستم تصفیه (مکش آب از کف)، جمع آوری ذرات سنگین که در کف ته نشین می شوند (مثل شن و رسوب).

■ **نازل های رفت:** آب تصفیه شده از موتورخانه را به داخل استخر باز می گرداند و آلودگی های سطحی روی آب را به محفظه آبگیر (اسکیمر) هدایت می کند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- نازل های دهش

■ **اسکیمر:** آلودگی های شناور در سطح آب توسط اسکیمر جمع آوری و از آنجا به سیستم تصفیه هدایت می شود (شکل ۱۸).

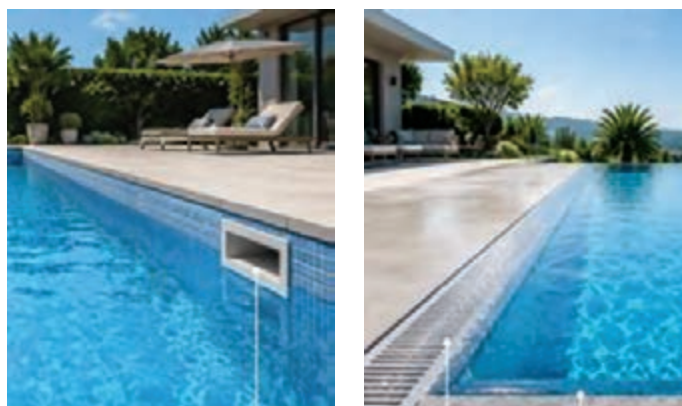


شکل ۱۸- اسکیمر

■ **گاتر سرریز:** جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی اطراف استخر و یا آب سرریز استخر، حفظ سطح آب در تراز ثابت و ایجاد ظاهری زیبا و یک‌دست.



شکل ۱۹- گاتر



در شکل ۲۰ دو استخر با سرریز گاتری و اسکیمری نشان داده شده است:

سرریز اسکیمری	سرریز گاتری

شکل ۲۰- انواع سرریز

در جدول ۷ مقایسه ویژگی‌های استخر با سرریز نقطه‌ای و کانالی آورده شده است:

جدول ۷- مقایسه ویژگی‌های استخر اسکیمری و گاتری

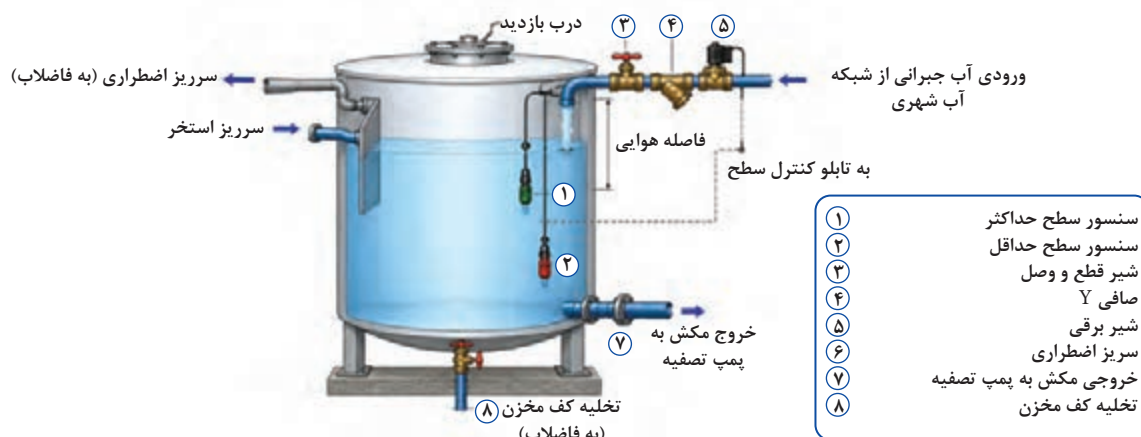
ویژگی	استخر اسکیمری	استخر کانالی (گاتر)
روش جمع‌آوری آب سطحی	از طریق اسکیمرهای دیواری	از طریق کانال گاتر دور استخر
کیفیت تمیزی سطح آب	متوسط	بالا (حذف کامل چربی و آلودگی سطحی)
یکنواختی تراز آب	۵ تا ۱۰ سانتی متر پایین‌تر از لبه استخر	کاملاً هم‌سطح با لبه استخر
هزینه اجرا	کمتر	بیشتر (به دلیل گاتر + مخزن تعادل)
تجهیزات جانبی	ساده‌تر (اسکیمر + پمپ)	پیچیده‌تر (گاتر + مخزن تعادل + پمپ قوی‌تر)
مصرف آب	کمتر	بیشتر (به دلیل تبخیر و سرریز)
نگهداری	آسان‌تر	نیازمند نگهداری بیشتر
زیبایی و جلوه بصری	معمولی	لوکس و حرفه‌ای
کاربرد رایج	استخرهای کوچک	هتل‌ها، استخرهای حرفه‌ای و عمومی

■ **پمپاژ:** آب را از اسکیمر و کف‌شوی مکش کرده و آن را به فیلتر و سایر تجهیزات تصفیه ارسال می‌نماید. در چرخه تصفیه و گرمایش از پمپ‌های خودمکش (Self - Priming) استفاده می‌شود. جنس پروانه و بدنه پمپ استخر از مواد پلیمری و مقاوم در مقابل خوردگی مواد شیمیایی می‌باشد.



شکل ۲۱- پمپ خودمکش استخری

■ **مخزن تأمین آب جبرانی:** برای حفظ تراز آب در کاسه استخر و جبران کاهش ناشی از تبخیر، شست‌وشوی فیلترها و آب سرریز شده توسط شناگران و سایر تلفات استفاده می‌شود. (Balancing tank)، (Float Valve) و تجهیزات کنترلی هستند.



شکل ۲۲ - مخزن تعادل (بالانس تانک) استخر با کنترل سطح و آب جبرانی

علت نیاز به مخزن متعادل‌کننده (Balance Tank) در استخرهای گاتری چیست؟ چرا در استخرهای اسکیمری از آن استفاده نمی‌شود؟

گفت‌وگوی کلاسی



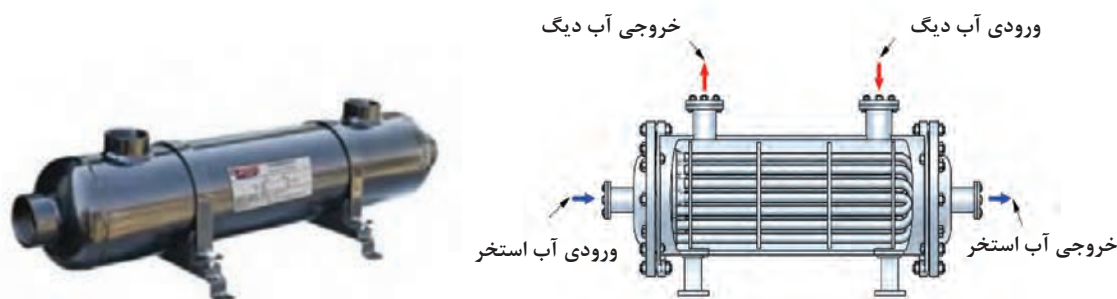
■ **فیلتراسیون آب:** برای حذف مداوم ذرات معلق و آلاینده‌ها و دستیابی به آب شفاف به کار می‌رود. کل حجم آب استخر باید در بازه زمانی ۶ تا ۸ ساعت برای استخرهای عمومی در یک دور کامل از فیلتر عبور کند. انواع فیلترها (شنی، کارتریجی، دیاتومه‌ای) و صافی موگیر (Strainer) قبل از پمپ نصب شده تا از آسیب ذرات درشت به پروانه پمپ جلوگیری کند (شکل زیر).

در مورد عملکرد و مزایا و معایب و کاربرد هر یک از فیلترهای گفته شده پژوهش نمایید.

پژوهش



■ گرمایش و کنترل دمای آب استخر: بازه دمایی استاندارد استخر (۲۶ تا ۳۰ درجه سلسیوس) و جکوزی (۳۶ تا ۴۰ درجه سلسیوس) بوده و برای این منظور از مبدل‌های گرمایی پوسته و لوله، دیگ‌های آب گرم یا پکیج‌های مخصوص استفاده می‌شود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- مبدل گرمایی پوسته و لوله

دمای هوای سالن باید همواره ۱ تا ۲ درجه گرم‌تر از دمای آب استخر باشد تا از تبخیر بیش از حد و ایجاد حس سرما در شناگر جلوگیری شود.

توجه کنید



■ تصفیه شیمیایی و گندزدایی آب: این مرحله برای نابودی یا غیرفعال‌سازی باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و جلوگیری از رشد جلبک‌ها به کار می‌رود. استفاده از مواد گندزدا، کنترل pH آب (محدوده ۷/۲ تا ۷/۸) ضروری است. خروج pH از این محدوده، اثربخشی مواد گندزدا را کاهش داده و می‌تواند موجب سوزش چشم، پوست و خوردگی تجهیزات شود. سامانه‌های کلرزی اتوماتیک، دستگاه‌های ازن‌زن و گندزدایی با اشعه فرابنفش (UV) از تجهیزات متداول استخرهای امروزی هستند. استفاده از ازن و UV در کنار کلر، ضمن افزایش کارایی گندزدایی، باعث کاهش بوی نامطبوع کلر، بهبود شفافیت آب و ارتقای کیفیت بهداشتی استخر می‌شود. در شکل ۲۴ انواع رایج دستگاه‌های گندزدایی آورده شده است.



کلرزن شناور



کلرزن نمکی



کلرزن خطی

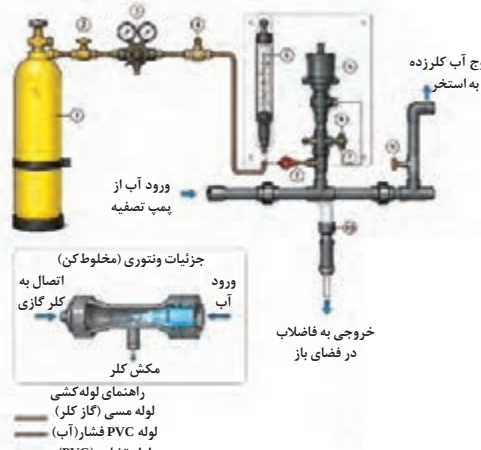
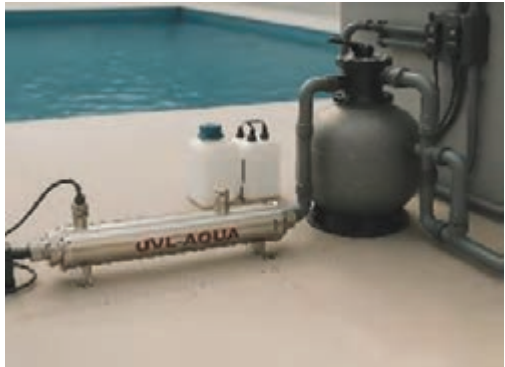
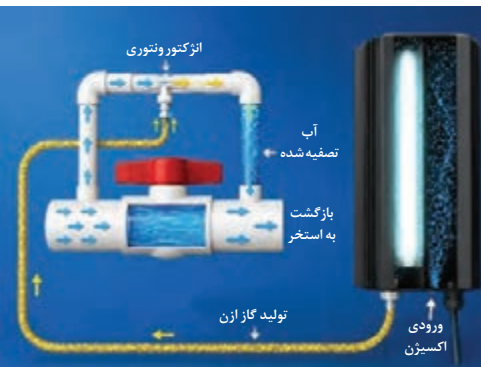
شکل ۲۴



با توجه به موارد زیر در منابع گوناگون جست‌وجو نموده و نتیجه را به کلاس ارائه نمایید.

۱ پیامدهای به کارگیری انواع کلر (پودری، مایع و گاز) در استخرها و تأثیر آن بر محیط‌زیست

۲ عملکرد چهار روش گندزدایی در شکل‌های نشان داده شده

	
دوزینگ پمپ کلر	کلرزنی گازی
	
گندزدایی با UV	ازن‌زنی



در مورد مزایا و معایب روش‌های گندزدایی آب استخر جدول زیر را کامل کنید.

روش	مزایا	معایب	توضیح
کلرزنی			غلظت مجاز کلر باقی‌مانده در آب استخر بین (۱-۳ mg/L)
ازن (O ₃)			غلظت مجاز ازن (کمتر از ۱/۱ میلی‌گرم برلیتر)
(UV) اشعه فرابنفش			برخلاف کلر و ازن، UV هیچ مقدار باقیمانده‌ای در آب ایجاد نمی‌کند؛ بنابراین برای UV، غلظت مجاز تعریف نمی‌کنند، بلکه دوز تابش را مشخص می‌کنند.

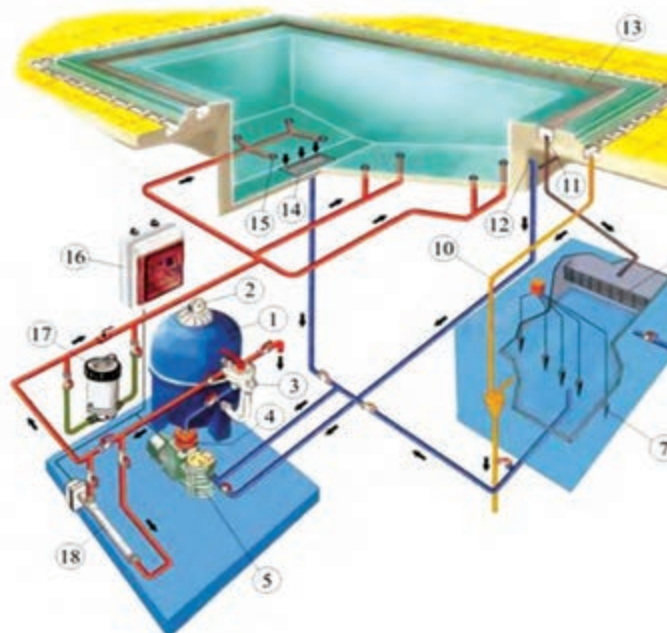
■ **تهویه و رطوبت‌زدایی سالن استخر:** برای جلوگیری از خوردگی سازه و تجهیزات ناشی از رطوبت بالا با تزریق هوای تازه از سقف و تخلیه هوای مرطوب و سنگین از نزدیکی سطح آب یا کف انجام می‌شود. محیط استخر باید نسبت به فضاهای مجاور (رخت‌کن و راهروها) دارای فشار منفی باشد تا بوی کلر و رطوبت به سایر بخش‌های ساختمان سرایت نکند.

کار کلاسی



با توجه به شکل زیر در مورد بخش‌های تأسیسات مکانیکی بحث کنید. نام تجهیزات مختلف استخر در جدول آمده است، با توجه به تصویر نام هر بخش را شماره‌گذاری و تکمیل کنید. آیا دستگاه یا سیستمی حذف شده است؟

شماره	نام	شماره	نام
	مخزن تعادل		شیر خودکار
	کف‌شوی		موگیر
	لوله سرریز		نازل ورودی
	پمپ		لوله پرکن مخزن تعادل
	فیلتر		گاتر سرریز
	واحد کنترل		فشارسنج
۱۸	مبدل		شیر چند وضعیتی
	سنسور سطح آب	۱۲	نازل اتصال جاروی استخر
۱۰	لوله پساب		کلرزن



لوله کشی استخر

طراحی و اجرای لوله کشی استخر، مجموعه‌ای از محاسبات و الزامات اجرایی است که از تعیین دبی گردش آب شروع می‌شود و تا انتخاب جنس لوله، تعیین قطر، نصب و آزمایش ادامه پیدا می‌کند.

تعیین مشخصات استخر

نخستین گام در انتخاب قطر لوله، تعیین حجم آب استخر و کاربری آن می‌باشد.

تعیین زمان گردش آب

مدت زمانی که کل حجم آب استخر یک بار از فیلتر عبور کند، بسته به نوع کاربری جکوزی، مسکونی و عمومی تغییر می‌کند برای مثال برای جکوزی ۳۰ دقیقه و برای استخرهای عمومی ۸ ساعت می‌باشد.

مدارهای لوله کشی

در هنگام اجرای لوله کشی بایستی به خط لوله کشی توجه کرد:

■ خط مکش: از استخر تا پمپ و فیلترها شامل مسیر اسکیم و کفشوی و جکوزی

■ خط دهش: از خروجی فیلتر به نازل‌های دهش (شکل ۲۵) و جت‌ها

■ انتخاب قطر لوله: برای انتخاب قطر لوله می‌توان از روش‌های سرعت مجاز آب در لوله و نمودارها و نرم‌افزار استفاده کرد. برای تعیین قطر لوله باید به گونه‌ای طراحی شود که سرعت آب در سمت پمپ سیرکولاسیون از ۲/۴ متربرثانیه تجاوز نکند. همچنین لوله کشی مکش باید به گونه‌ای سایزبندی شود که سرعت آب از ۱/۸ متربرثانیه بیشتر نشود. در جدول ۸ قطر لوله پیشنهادی دهش و مکش استخر با توجه به نرخ گذر آب داده شده است:

جدول ۸- قطر لوله پیشنهادی دهش و مکش

قطر لوله مکش (mm)	قطر لوله دهش (mm)	دبی آب (m ³ /hr)
۶۳	۵۰	۵-۱۰
۷۵	۶۳	۱۰-۱۸
۹۰	۷۵	۱۸-۳۰
۱۱۰	۹۰	۳۰-۵۰

لوله خروجی اسکیمرها به طور معمول ۶۳ و لوله خروجی گاتر هم‌سایز لوله مکش و حداقل ۷۵ انتخاب می‌شود.

توجه کنید



مثال



قطر لوله دهش و مکش یک استخر عمومی به ابعاد ۱۰×۶×۲m چند میلی‌متر است؟
دبی آب در گردش و ظرفیت پمپ از نسبت حجم استخر به زمان گردش آب برآورد می‌شود.

$$q = \frac{V}{t} = \frac{10 \times 6 \times 2 \text{ m}^3}{6 \text{ hr}} = \frac{120 \text{ m}^3}{6 \text{ hr}} = 20 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

با توجه به دبی در گردش طبق جدول ۸ قطر لوله دهش ۹۰ و قطر لوله مکش ۷۵ میلی‌متر خواهد شد.

انتخاب جنس لوله و اتصالات

جنس لوله‌های استخر با توجه به کاربری و دمای کار توسط طراح تعیین می‌شود. یکی از رایج‌ترین لوله‌های استخر، لوله یوپی‌وی‌سی (UPVC) استخری است که به دلیل ویژگی‌های زیر از آنها استفاده می‌شود:

- تحمل فشار تا ۱۶ بار
- تحمل دما تا ۸۰ درجه سلسیوس
- مقاوم در مقابل کلر
- سطح داخلی صاف
- نصب آسان (کلینیر + پرایمر + چسب)
- قیمت مناسب
- وزن کم و طول عمر بالا
- اتصالات و شیرهای با همان جنس

پلیمری

شکل ۲۵ لوله‌کشی موتورخانه یک استخر را با لوله پلیمری نشان می‌دهد.



شکل ۲۵- موتورخانه استخر

ترتیب عملیات تأسیسات مکانیکی استخر

پس از طراحی استخر مراحل (محاسبه حجم استخر، تعیین زمان گردش آب، محاسبه و انتخاب پمپ‌ها و فیلترها، تعیین نوع سرریز (گاتر یا اسکیمپر) و کف‌شوی، طراحی مسیر لوله‌ها، انتخاب جنس لوله و اتصالات، تعیین قطر لوله‌ها)، اجرای لوله‌کشی بعد از آرماتوربندی و قبل از بتن‌ریزی انجام می‌شود و پس از تست فشار، بتن‌ریزی و نازک‌کاری انجام می‌گردد. در این مرحله، نصب تجهیزات موتورخانه، مخزن متعادل‌کننده، سیستم گندزدایی اجرا شده و درنهایت تنظیم کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب سنجیده می‌شود.

نکات اجرایی لوله‌کشی

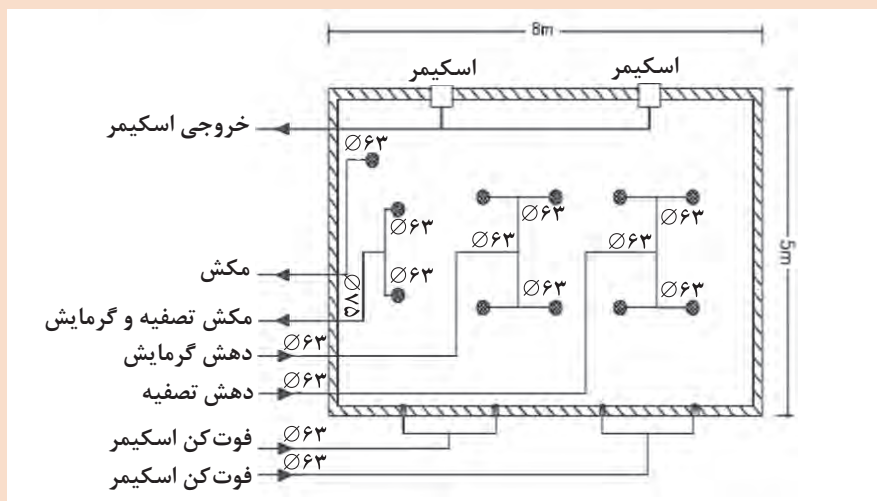
- لوله‌های مکش باید تا حد امکان مستقیم و بدون خم اضافی باشند تا افت فشار کم شود.
- در لوله‌های تخلیه و بخش‌هایی که باید کاملاً تخلیه شوند، شیب ملایم به سمت نقطه تخلیه توصیه می‌شود.
- موتورخانه بهتر است تا حد امکان نزدیک به استخر جانمایی شود.
- برای هر حدود ۳۰ تا ۴۰ متر مربع سطح آب، یک اسکیمپر در نظر گرفته می‌شود.
- در طراحی لوله‌کشی رفت، باید افت فشار مسیر هر نازل تا حد امکان برابر باشد (هر ۶ تا ۸ متر مربع یک نازل).
- از شیر تخلیه در پایین‌ترین نقطه سیستم استفاده شود.
- در استخرهای اسکیمپری که هم دارای نازل رفت از کف و هم دیواره استخر می‌باشد، معمولاً نازل‌های کف را به سیستم گرمایش استخر و نازل‌های رفت دیواره را به سیستم تصفیه استخر متصل می‌کنند.

نکته





نقشه زیر مربوط به لوله‌کشی استخر می باشد. با توجه به ابعاد استخر درستی سایز لوله‌ها و تعداد نازل‌ها و اسکیم‌های آن را بررسی و در صورت نیاز اصلاح کنید.



در مورد روش لوله‌کشی شکل‌های زیر و لوله‌های مکش و دهش و جنس لوله‌ها بحث کنید.



جکوزی

جکوزی (Jacuzzi) فضایی است برای آرامش، کاهش استرس و بهره‌مندی از آب گرم درمانی (Hydrotherapy) طراحی شده است. در حالی که هدف اصلی استخر شنا، انجام فعالیت بدنی و ورزش است، جکوزی حوضچه‌ای برای ماساژ عضلات و آب‌درمانی محسوب می‌شود که در آن آب، با فشار بالا و از طریق نازل‌های جت به سمت بدن هدایت می‌شود. این سیستم با ایجاد اثر ماساژ، نقش مؤثری در کاهش استرس، تسکین دردهای عضلانی و مفصلی و بهبود گردش خون دارد:

- جکوزی‌های پیش‌ساخته (فایبرگلاس/کامپوزیت): ساختاری مشابه وان حمام دارند و پمپ نصب‌شده بر روی بدنه آنها، فشار لازم برای عملکرد جت‌های ماساژ را تأمین می‌کند.
 - جکوزی‌های مصالح بنایی: در مجاورت استخرهای شنا احداث می‌شوند. به دلیل برخورداری از سامانه‌های مستقل تصفیه، سیرکولاسیون و گرمایش، عملکردی مشابه یک استخر کوچک اما تخصصی دارند.
- در شکل ۲۶ انواع جکوزی نشان داده شده است.



با مصالح ساختمانی



پیش‌ساخته

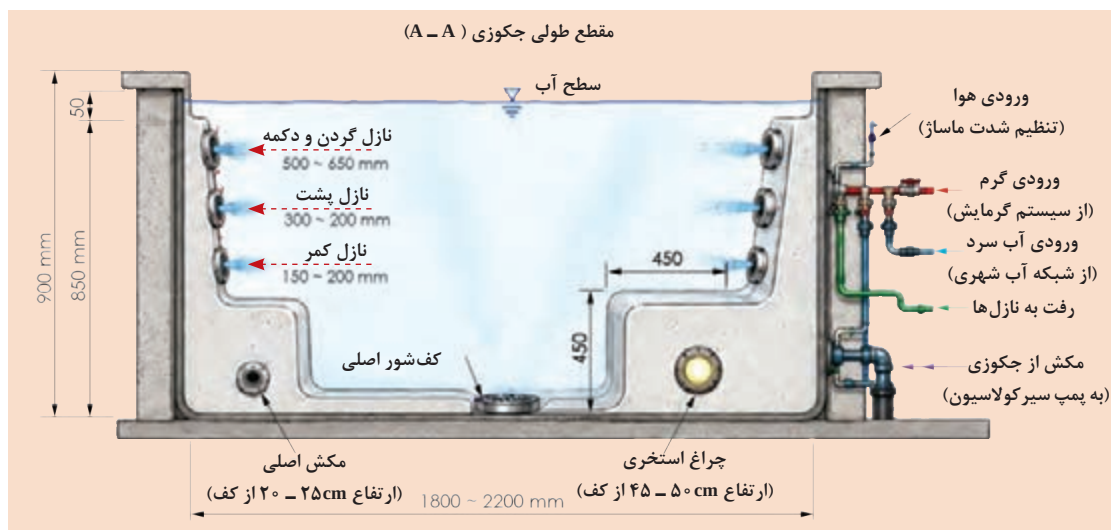
شکل ۲۶- انواع جکوزی

دمای استاندارد جکوزی: دمای مناسب آب جکوزی ۳۶ تا ۴۰ درجه سلسیوس است. توجه شود حداکثر زمان ماندگاری افراد در جکوزی باید ۱۵ تا ۲۰ دقیقه باشد، چون دمای بالا موجب افزایش ضربان قلب و فشار بر بدن می‌شود.

با توجه به پوستر جکوزی نشان داده شده در مورد اجزای اصلی جکوزی مانند کاسه جکوزی، کفشوی، نازل‌های جت آب و هوا، گاتر سرریز یا اسکیمر و پمپ جت گفت‌وگو کنید.

کار کلاسی

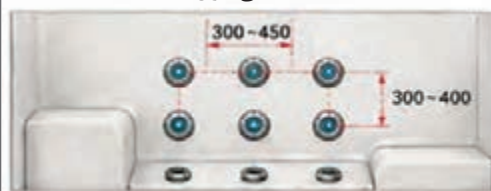




جدول ۹

خلاصه ابعاد مهم		
ردیف	مشخصه	مقدار استاندارد
۱	ارتفاع نشیمن	۴۵ سانتی متر
۲	عمق نشیمن	۴۵ سانتی متر
۳	عرض هر نفر	۶۰ تا ۷۰ سانتی متر
۴	عمق آب	۹۰ سانتی متر
۵	فاصله نازل ها	۳۰ تا ۴۵ سانتی متر
۶	نازل کمر	۱۵ تا ۲۰ سانتی متر بالای نشیمن
۷	نازل پشت	۳۰ تا ۴۰ سانتی متر بالای نشیمن
۸	نازل گردن	۵۰ تا ۶۵ سانتی متر بالای نشیمن

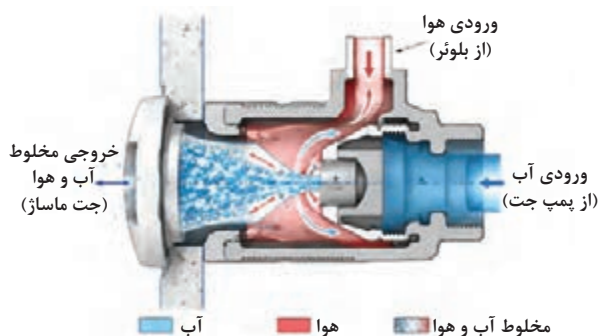
فاصله افقی نازل ها



فاصله در نازل مجاور: ۳۰۰ تا ۴۵۰ میلی متر

عملکرد جت های جکوزی

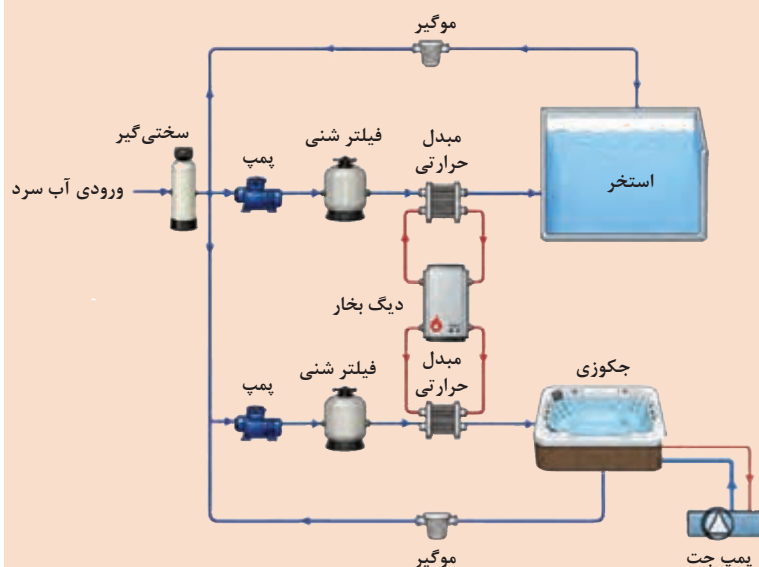
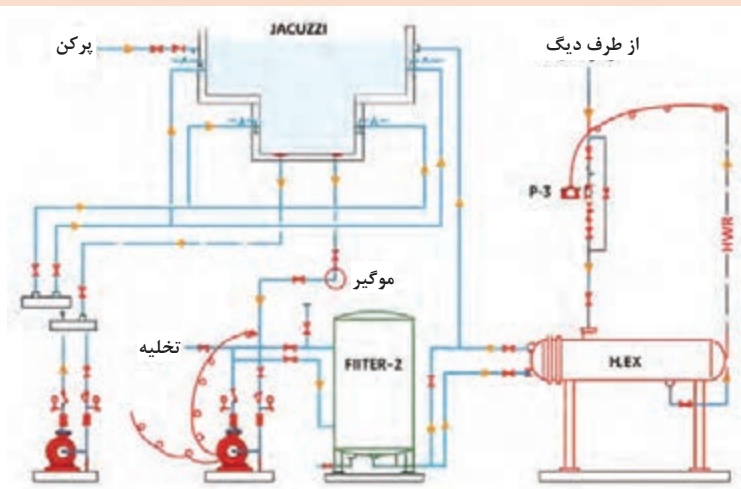
برای تولید جریان آب و هوای پرفشار (هیدرو-ایر ماساژ)، آب ابتدا توسط پمپ از کف حوضچه مکش شده و با فشار به سمت نازل های تعبیه شده در دیواره ها هدایت می شود. طراحی این نازل ها به گونه ای است که از طریق لوله های متصل به محیط خارج، هوا را دریافت می کنند؛ در اثر سرعت بالای عبور آب از گلوگاه نازل، هوا به داخل جریان آب کشیده شده و به صورت مخلوطی از آب و حباب های هوا با فشار به داخل جکوزی پرتاب می شود (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- جزئیات ایرجت



با توجه به فلود یا گرام نشان داده شده در مورد عملکرد هر بخش و مطابقت آن با تصویر لوله‌کشی گفت‌وگو کنید.



با توجه به فلود یا گرام نشان داده شده در مورد عملکرد هر بخش بحث کنید.

سونای خشک

سونای خشک (Dry Sauna Room) یکی از فضاهاى گرمایشی ویژه در مجموعه‌های ورزشی و رفاهی است که با استفاده از هوای گرم و خشک، موجب افزایش تعریق، بهبود گردش خون و آرامش عضلات می‌شود. در طراحی و اجرای سونای خشک، شناخت اصول انتقال گرما، تهویه، ایمنی و کنترل دما اهمیت فراوانی دارد. اجزای اصلی سونای خشک عبارت‌اند از:

- هیترالکتریکی یا کوره هوای گرم برای تولید گرما با توان گرمایی متناسب با حجم اتاق
 - عایق کاری گرمایی و رطوبتی دیواره‌ها و سقف (پشم سنگ - فویل بخاربند - چوب مقاوم به گرما (Thermowood))
 - سیستم تهویه و کنترل دما برای حفظ شرایط پایدار
 - ألان‌های ایمنی مانند ترموستات، فیوز گرمایی و تهویه اضطراری
- دمای اتاق را معمولاً بین ۶۵ تا ۱۰۰ درجه سلسیوس در نظر می‌گیرند. برای دستیابی به این شرایط، مجموعه‌ای از تجهیزات مکانیکی، الکتریکی و ساختمانی باید هماهنگ عمل کنند.



شکل ۲۸- تأسیسات سونای خشک

سونای بخار

سونای بخار (Steam Room) که به آن حمام یا اتاق بخار نیز گفته می‌شود، فضایی است که با هدف ایجاد محیطی با رطوبت بسیار بالا و دمای ملایم برای بهبود گردش خون، پاکسازی پوست و کاهش تنش‌های عضلانی طراحی شده است. دمای کار سونای بخار در محدوده دمایی بین ۴۰ تا ۵۰ درجه سلسیوس است. دماهای بالاتر از ۵۵ درجه سلسیوس می‌تواند باعث سوختگی‌های پوستی یا تنفسی شود. سونای بخار از چهار بخش اصلی زیر تشکیل شده است:

- **اتاقک:** کاملاً آب‌بند است. سقف این اتاقک‌ها برخلاف سونای خشک، باید به صورت قوسی یا شیب‌دار ساخته شود تا قطرات آب تقطیرشده، از روی سقف به دیوارها لیز بخورند و روی سرکاربران نریزد.
 - **بخارساز:** دستگاهی است که آب را به بخار تبدیل می‌کند. این دستگاه در یک فضای مجاور (موتورخانه یا باکس فنی) نصب می‌شود و بخار تولیدی را از طریق لوله‌کشی به داخل اتاق هدایت می‌کند.
 - **نازل بخار:** قطعه‌ای که بخار را در داخل سونا پخش می‌کند. به دلیل دمای بالای خروجی، باید در مکانی دور از دسترس مستقیم کاربران نصب شود (معمولاً نزدیک به کف).
 - **سیستم زهکشی:** به دلیل تقطیر مداوم بخار، کف سونا باید دارای شیب استاندارد به سمت کف‌شوی باشد تا از تجمع آب جلوگیری شود.
- در شکل ۲۹ اتاق بخار و موتورخانه آن نشان داده شده است.



شکل ۲۹- اتاق بخار و موتورخانه آن

آبنما

آبنما (Water Feature) یکی از عناصر مهم معماری و محوطه‌سازی است که علاوه بر زیبایی بصری، موجب ایجاد آرامش، کاهش آلودگی صوتی محیط و افزایش رطوبت هوا می‌شود. امروزه آبنماها در فضاهای مختلفی مانند پارک‌ها، میدان‌ها، مجتمع‌های تجاری، هتل‌ها، حیاط ساختمان‌ها و فضاهای شهری استفاده می‌شوند. تأسیسات مکانیکی آبنما مجموعه تجهیزاتی است که وظیفه گردش، پمپاژ، تصفیه، کنترل سطح و توزیع آب را برعهده دارند. این تجهیزات باعث می‌شوند آب با فشار مناسب به نازل‌ها رسیده و جلوه‌های مختلفی مانند فواره، آبشار یا رقص آب ایجاد شود. همچنین تأسیسات مکانیکی از کدر شدن آب، رشد جلبک‌ها و آسیب دیدن تجهیزات جلوگیری می‌کند.

طراحی صحیح تأسیسات آبنما اهمیت زیادی دارد؛ زیرا انتخاب نامناسب پمپ، لوله‌کشی یا فیلتر می‌تواند باعث کاهش ارتفاع فواره‌ها، افزایش مصرف انرژی، ایجاد صدا و خرابی تجهیزات شود. به همین دلیل در طراحی آبنما باید عواملی مانند دبی آب، افت فشار، نوع نازل، کیفیت آب و نحوه نگهداری سیستم به دقت بررسی شوند. در شکل ۳۰ چهار نوع آبنمای متداول و موتورخانه آن نشان داده شده است.



شکل ۳۰



با توجه به موتورخانه آبنمای نشان داده شده، تأسیسات مکانیکی و تجهیزات آبنما با استخر را مقایسه کرده و تفاوت‌ها را مشخص کنید.



الگوی ارزشیابی شایستگی تأسیسات آبی

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد
۳	■ تشخیص موقعیت دستگاه‌ها و تجهیزات سونای بخار و خشک برابر پوستر ■ تشخیص موقعیت دستگاه‌ها و تجهیزات آب‌نما برابر پوستر	بالتر از حد انتظار	تشخیص مراحل چرخه آب، مجموعه تأسیسات استخر شامل گردش، تصفیه، گرمایش و گندزدایی
۲	■ تشخیص موقعیت دستگاه‌ها و تجهیزات تأسیسات مکانیکی استخر برابر پوستر ■ تشخیص موقعیت دستگاه‌ها و تجهیزات جکوزی برابر پوستر	در حد انتظار	
۱	ناتوانی در تشخیص موقعیت دستگاه‌ها و تجهیزات انواع تأسیسات آبی	پایین تر از حد انتظار	
	نمره مستمر از ۵		
	نمره واحد یادگیری از یک تا سه		
	نمره واحد یادگیری از ۲۰		

□ نمره شایستگی واحد یادگیری منحصراً شامل نمرات ۱، ۲ یا ۳ است.

□ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.

□ حداقل نمره قبولی ۱۲ از ۲۰ است.





پودمان چهارم

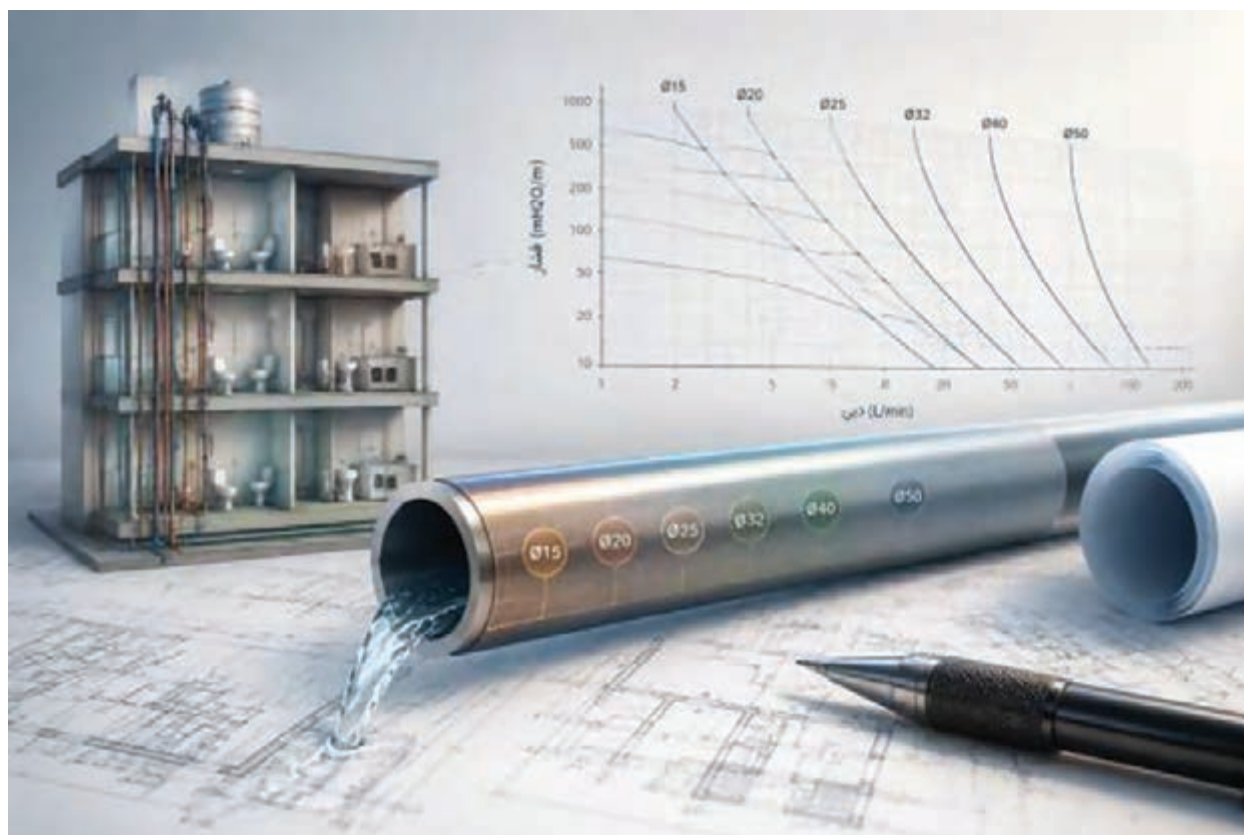
بر آورد تأسیسات بهداشتی



در طراحی تأسیسات بهداشتی ساختمان، محاسبه و بر آورد صحیح قطر لوله‌های آب، فاضلاب، ونت، آب باران نقش مهمی در عملکرد مناسب سیستم دارد. همچنین توجه به روش‌های دفع فاضلاب و آب باران و بر آورد سپتیک تانک و چربی گیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر آوردهای انجام شده با توجه به دبی جریان، طول مسیر لوله و شرایط بهره‌برداری انجام می‌شود تا انتقال سیالات بدون گرفتگی، افت فشار یا ایجاد بو صورت گیرد. همچنین طراحی مناسب مسیرهای تخلیه هوا و تهویه، موجب بهبود عملکرد شبکه فاضلاب ساختمان می‌شود.

واحد یادگیری ۱

محاسبات و برآورد آب



استاندارد عملکرد

محاسبه و برآورد قطر لوله‌های آب ساختمان برابر استانداردها و مقررات ملی

یادآوری

ریاضی و فیزیک پایه

گستره تأسیسات بهداشتی

ضوابط فنی عمومی اجرای کار تأسیسات بهداشتی ساختمان شامل طراحی^۱، ترسیم^۲، انتخاب مصالح^۳، چگونگی اجرا^۴، آزمایش^۵، راه اندازی^۶ و نگهداری^۷ تأسیسات بهداشتی است که به منظور تأمین شرایط آسایش، داخل ساختمان و یا محوطه آن به کار می رود که شامل موارد زیر است:

- ۱ لوله کشی آب سرد و گرم مصرفی در داخل ساختمان
- ۲ شبکه تهیه و ذخیره آب گرم مصرفی
- ۳ شبکه تأمین فشار آب سرد مصرفی و آب گرم مصرفی
- ۴ شبکه جمع آوری و هدایت فاضلاب داخل ساختمان تا نقطه دفع از ساختمان شامل:
 - چاه
 - انباره سیتیک
 - فاضلاب شهری
- ۵ شبکه لوله کشی هواکش فاضلاب
- ۶ شبکه جمع آوری و هدایت آب باران
- چاه جذبی
- تبدیل به آب خاکستری
- ۷ تجهیزات بهداشتی داخل ساختمان

طراحان تأسیسات مکانیکی با انجام محاسبات دقیق و استفاده از نرم افزارهای مرتبط، براساس توصیه های مقررات ملی ساختمان و نشریه ۱۲۸، فرایند تأمین آب مصرفی را به طور اصولی انجام می دهند. در این واحد یادگیری تلاش شده است علاوه بر آموزش مراحل طراحی تأمین آب مصرفی ساختمان، هنرجو بتواند این موارد را نیز برآورد کند. گام های تأمین آب مصرفی ساختمان در نمودار ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مراحل طراحی تأمین آب مصرفی



هر کدام از بخش‌های تأمین آب مصرفی منزل شما مجهز به کدام سیستم است؟

نام سیستم	نمونه	منزل شما
ذخیره‌سازی	مخزن هم‌کف	
تأمین فشار	پمپ/ مخزن روی بام/ فشار آب شهر	
قطر لوله	قطر نامی بین ۲۵ تا ۴۰ میلی‌متر	
تأمین آب گرم مصرفی	موتورخانه مرکزی و مخزن دوجداره	

ذخیره‌سازی

میزان آب مصرفی با توجه به سطح بهداشت مناطق متفاوت است. برابر اندازه‌گیری‌های انجام شده متوسط مصرف یک فرد ایرانی ۱۵۰ لیتر در شبانه‌روز است. الگوی روزانه مصرف سازمان آبفا ۴۰۰ لیتر به ازای هرواحد مسکونی می‌باشد.

قطر لوله (pipe sizing)

روش‌های برآورد ساینز لوله آب داخل ساختمان را می‌توان به چند دسته اصلی تقسیم کرد. در تأسیسات مکانیکی ساختمان، انتخاب قطر لوله باید به گونه‌ای باشد که:

- فشار کافی در دورترین مصرف‌کننده وجود داشته باشد.
- سرعت آب از حد مجاز بیشتر نشود.
- افت فشار قابل قبول باشد.
- صدای جریان و استهلاک ایجاد نشود.
- هزینه اجرا نیز اقتصادی باشد.

در مورد تأثیر هر کدام از عوامل زیر در تعیین قطر لوله گفت‌وگو کنید:



عامل	میزان تأثیر و چرایی
تعداد طبقات	
تعداد واحدها	
ارتفاع ساختمان	
سرعت آب در لوله	
قطر کنتور آب	
قطر لوله اصلی آب	
افت فشار شبکه لوله‌کشی	

رایج‌ترین روش‌های برآورد سائز لوله در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- روش‌های برآورد سائز لوله

برای تعیین دقیق قطر لوله، روش‌های مهندسی مختلفی در استانداردها و کدهای فنی ارائه شده است. در این روش‌ها، طراح علاوه بر دبی و سرعت آب، باید عواملی مانند فشار آب ورودی، نوع کنتور، جنس لوله، تعداد طبقات، طول مسیر لوله‌کشی، فشار مورد نیاز مصرف‌کننده و افت فشار شبکه را نیز در نظر بگیرد. قطر لوله‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شود که آب به صورت متعادل و با فشار مناسب بین مصرف‌کننده‌ها توزیع شود. رایج‌ترین روش تعیین قطر لوله که توسط کدهای بین‌المللی و مقررات ملی ساختمان ایران توصیه شده است، روش تعیین قطر لوله با دبی محتمل و افت فشار ثابت است. **برآورد قطر لوله (IPC):** برای تعیین قطر لوله با روش دبی محتمل و افت فشار ثابت بایستی گام‌های زیر برداشته شود:

- ۱ تعیین واحدهای مصرف و تبدیل آن به دبی محتمل
- ۲ تعیین جنس لوله و فرض افت فشار ثابت
- ۳ تعیین محدوده سرعت
- ۴ تعیین قطر لوله‌های اصلی و انشعاب
- ۵ تعیین سائز کنتور آب

واحد مصرف آبرسانی (Water Supply Fixture Unite)

در اوایل قرن بیستم، با گسترش ساختمان‌های چندطبقه، مهندسان با یک مشکل روبه‌رو شدند. دبی واقعی مصرف آب کم‌تر از جمع‌زدن مصرف تک‌تک شیرها بود. چرا؟

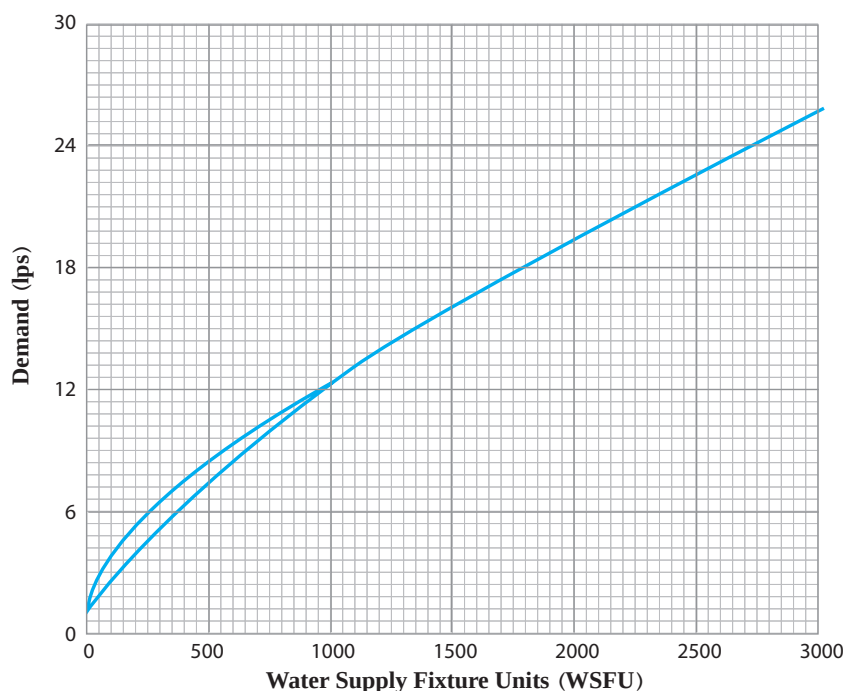
مهندس هانتز (Roy B. Hunter) با بررسی آماری استفاده از لوازم بهداشتی (توالت، روشویی، دوش و...) یک مدل احتمالاتی پیشنهاد داد که نشان می‌داد:

■ مصرف هم‌زمان وسایل محدود است.

■ احتمال استفاده هم‌زمان به نوع ساختمان بستگی دارد.

■ می‌توان مصرف را به یک «واحد وزن‌دهی شده» تبدیل کرد.

در نهایت او مفهومی به نام Fixture Unit را معرفی کرد که به منحنی هانتز (Hunter's Curve) نیز شناخته شد. این منحنی به مهندسان اجازه داد، به جای جمع دبی واقعی از جمع واحدهای مصرف و سپس تبدیل آن به دبی محتمل استفاده کنند. نمودار ۱ منحنی هانتز، رابطه بین واحد مصرف و دبی محتمل را برای دو سیستم فلاش تانک و فلاش‌والو نشان می‌دهد.



نمودار ۱- منحنی هانتز برای فلاش تانک و فلاش‌والو

واحد مصرف آبرسانی عددی است که اثر یک وسیله بهداشتی را بر بار شبکه آب ساختمان از نظر دبی و احتمال استفاده هم‌زمان نشان می‌دهد. واحد مصرف آبرسانی (W.S.F.U) تعدادی از لوازم بهداشتی در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱- واحد مصرف لوازم بهداشتی

لوازم بهداشتی	WSFU			لوازم بهداشتی	WSFU		
	آب سرد	آب گرم	کل		آب سرد	آب گرم	کل
ساختمان خصوصی				ساختمان عمومی			
حمام کامل	۲/۷	۱/۵	۳/۶	فلاش‌والو	۱۰	۰	۱۰
دوش	۱	۱	۱/۴	دوش	۳	۳	۴
سینک آشپزخانه	۱	۱	۱/۴	سینک آشپزخانه	۳	۳	۴
ماشین رخت‌شویی	۱	۱	۱/۴	ماشین رخت‌شویی	۳	۳	۴
ماشین ظرف‌شویی	۱	۱	۱/۴	آب‌خوری	۰/۲۵	۰	۰/۲۵
فلاش‌تانک	۲/۲	۰	۲/۲	فلاش‌تانک	۵	۰	۵
روشویی	۰/۵	۰/۵	۰/۷	روشویی	۱/۵	۱/۵	۲
شیرتوال	۰/۵	۰/۵	۰/۷	شیرتوال	۱/۵	۱/۵	۲

برای برآورد قطر لوله اصلی واحد، چنانچه آب گرم مصرفی ساختمان به صورت مرکزی باشد از ستون سرد و اگر تأمین آب گرم واحدها به صورت مستقل باشد از ستون کل استفاده می‌شود.

نکته



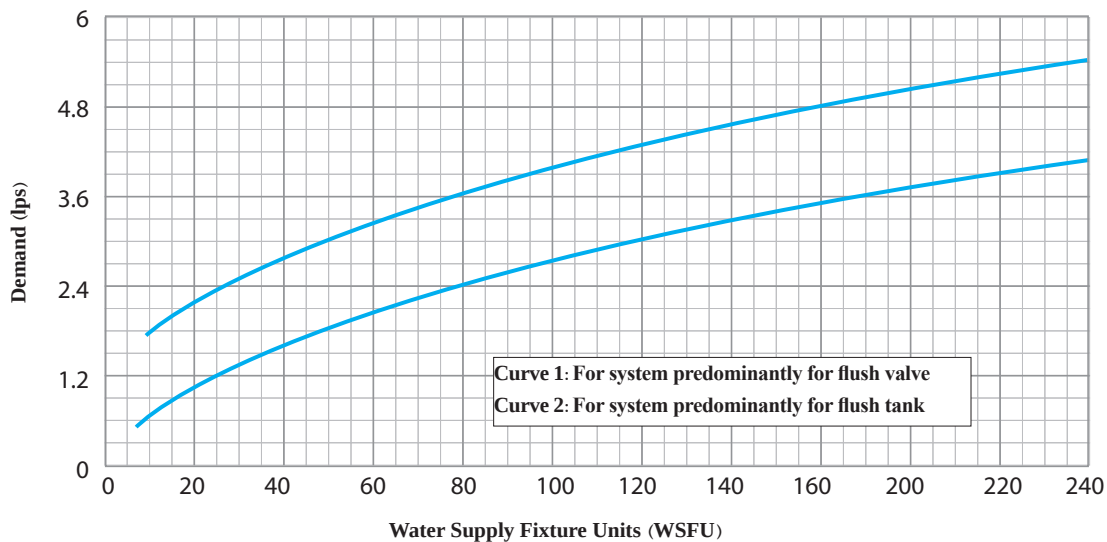
در یک ساختمان پنج طبقه، درهر طبقه دو واحد مسکونی قرار دارد. چنانچه تأمین آب گرم مصرفی واحدها به صورت مستقل باشد، با توجه به تعداد مصرف‌کننده‌ها، جمع واحد مصرف آبرسانی برای هرواحد و کل ساختمان را برآورد نمایید.

مثال



مقدار W.S.F.U برای لوازم بهداشتی مختلف یک آپارتمان مسکونی		
نام لوازم بهداشتی	تعداد	W.S.F.U
آشپزخانه (ماشین ظرف‌شویی+رخت‌شویی+سینک)	۱	$1/4 + 1/4 + 1/4 = 3/4$
توال (فلاش‌تانک+شیرتوال+روشویی)	۱	$2/2 + 0/7 + 0/7 = 3/6$
حمام کامل (فلاش‌تانک)	۱	۳/۶
جمع W.S.F.U یک واحد مسکونی		۱۱/۴
جمع W.S.F.U ده واحد مسکونی		۱۱۴

حداکثر مصرف لحظه‌ای محتمل (q): حداکثر مصرف لحظه‌ای محتمل (q)، بیشترین دبی مورد انتظار در یک لحظه از شبکه آبرسانی است که با در نظر گرفتن احتمال استفاده هم‌زمان مصرف‌کننده‌ها تعیین می‌شود و مبنای طراحی لوله‌ها و تجهیزات آبرسانی قرار می‌گیرد. این مقدار پس از برآورد مجموع واحدهای مصرف آبرسانی در هریک را می‌توان از جدول یا نمودار هانتز استخراج نمود. در نمودار ۲ منحنی هانتز برای دو حالت به کارگیری دبی با فلاش تانک و فلاش والو تا واحد مصرف ۲۴۰ آورده شده است. یکاهای رایج دبی در آبرسانی لیتر بر ثانیه (lps)، لیتر بر دقیقه (lpm) و گالن بر دقیقه (gpm) هستند.



نمودار ۲- منحنی هانتز تا ۲۴۰ واحد مصرف

با توجه به منحنی هانتز، ستون دبی محتمل (فلاش تانک) را تکمیل کنید:

نام بخش	W.S.F.U	q (lps)
یک واحد آپارتمان	۱۱/۴	۰/۶
دو واحد آپارتمان	۲۲/۸	
چهار واحد آپارتمان	۴۵/۶	
شش واحد آپارتمان	۶۸/۴	
هشت واحد آپارتمان	۹۱/۲	
ده واحد آپارتمان	۱۱۴	

کار کلاسی



افت فشار (Pressure Drop)

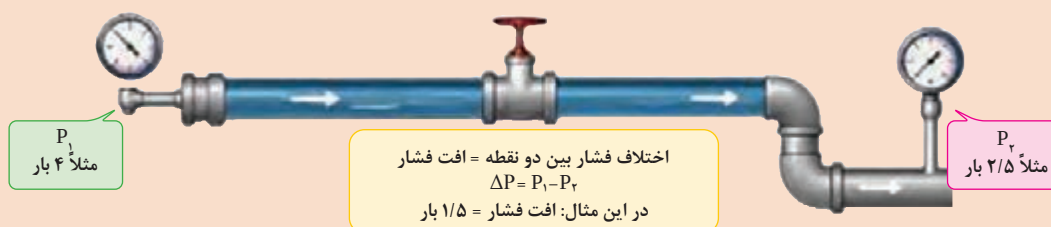
افت فشار به کاهش فشار سیال به علت اصطکاک در هنگام حرکت در داخل لوله‌ها، اتصالات و تجهیزات گفته می‌شود. در تأسیسات مکانیکی، افت فشار یکی از مهم‌ترین مفاهیم طراحی است؛ چون مستقیماً روی انتخاب پمپ، فن، قطر لوله و عملکرد سیستم اثر می‌گذارد.



با توجه به پوستر نشان داده شده در مورد افت فشار و عوامل مؤثر در آن گفت‌وگو کرده و جدول زیر را تکمیل کنید:

افت فشار چیست؟

هرگاه سیال (آب، هوا و ...) در داخل لوله، اتصالات و تجهیزات حرکت کند، بخشی از انرژی خود را از دست می‌دهد و فشار آن کاهش پیدا می‌کند.

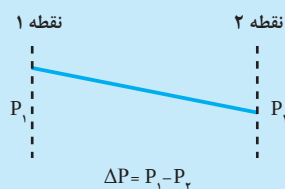


علت ایجاد افت فشار

۱- اصطکاک با دیواره لوله	۲- تغییر مسیر جریان	۳- عبور از تجهیزات
هرچه طول لوله بیشتر، قطر کمتر، زبری بیشتر و سرعت جریان بیشتر باشد افت فشار بیشتر می‌شود.	زانو، سه‌راهی، تبدیل و ... باعث آشفته‌گی جریان و افت فشار موضعی می‌شود.	تجهیزاتی مانند شیرها، فیلترها، مبدل‌ها، کنتورها و ... مقاومت ایجاد کرده و باعث کاهش فشار می‌شوند.

افت فشار یعنی:

کاهش فشار سیال بین دو نقطه از مسیر حرکت آن، به دلیل مقاومت‌ها و اصطکاک‌های موجود در مسیر.



واحدهای افت فشار

- ✓ پاسکال (Pa)
- ✓ کیلو پاسکال (kPa)
- ✓ بار (bar)
- ✓ متر ستون آب (mH₂O)
- ✓ میلی‌متر ستون آب (mmH₂O)

اهمیت افت فشار در تأسیسات

- ✓ اگر افت فشار زیاد باشد، دبی کم می‌شود.
- ✓ آب به طبقات بالا نمی‌رسد.
- ✓ پمپ باید توان بیشتری مصرف کند.
- ✓ انتخاب درست قطر لوله و تجهیزات ضروری است.

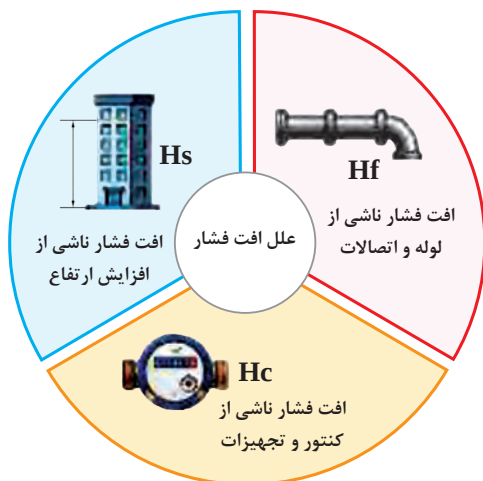


راه‌های کاهش افت فشار

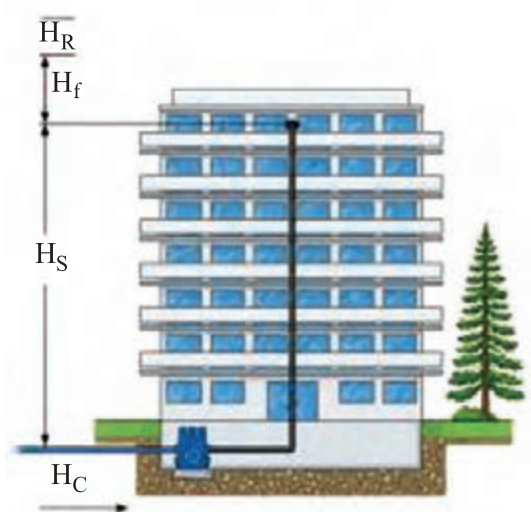
- ✓ افزایش قطر لوله
- ✓ کاهش طول مسیر لوله
- ✓ استفاده کمتر از زانو و اتصالات غیر ضروری
- ✓ انتخاب تجهیزات مناسب و با افت فشار کم
- ✓ کاهش سرعت جریان در محدوده مجاز

به‌طور خلاصه: پمپ باید مجموع افت فشار لوله‌ها، اتصالات و تجهیزات + اختلاف ارتفاع را جبران کند. 💡

موقعیت افت فشار	علت افت فشار کم‌تر یا بیشتر
طول لوله	
زبری لوله	
سرعت جریان (راهنمایی: $\Delta P \propto V^2$)	
قطر لوله	
تغییر مسیر جریان (زانویی، سه‌راهی و ...)	
تجهیزات (کنتور، فیلتر و ...)	



شکل ۳- عوامل ایجاد افت فشار



شکل ۴- اجزای مختلف هد ساختمان

فشار آب ساختمان در ساعات اوج مصرف باید به گونه‌ای باشد که آب مورد نیاز بالاترین وسیله بهداشتی را با دبی و فشار کافی تأمین کند؛ به طوری که حداقل فشار جریان آب مطابق الزامات مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان برقرار باشد. برای دستیابی به این شرایط، لازم است بر افت فشارهای ایجاد شده در مسیر جریان آب غلبه شود (شکل ۳).

در سیستم آبرسانی ساختمان، فشار پشت کنترلر آب یا پمپ باید بتواند فشار لازم برای رساندن آب به بالاترین مصرف کننده را تأمین کند. بخشی از این فشار صرف غلبه بر اختلاف ارتفاع ساختمان و بخشی دیگر صرف جبران افت فشار ناشی از عبور آب در لوله‌ها، اتصالات و تجهیزات می‌شود. همچنین برای عملکرد مناسب وسایل بهداشتی، لازم است تا حداقل فشار مورد نیاز در محل مصرف برقرار باشد. شکل ۴ اجزای مختلف هد مورد نیاز ساختمان را نشان می‌دهد.

■ **افت ارتفاعی:** ناشی از اختلاف ارتفاع استاتیکی ورودی آب پایین‌ترین طبقه، تا بالاترین نقطه مصرف آب (H_s)

■ **افت تجهیزات:** افت فشار در کنترلر آب یا تجهیزات بعد از پمپ مانند فیلتر و سختی گیر که توسط سازنده ارائه می‌شود (H_c)

■ **حداقل فشار مورد نیاز:** در بالاترین و دورترین واحد پشت مصرف کننده و دست کم ۵/۵ متر ستون آب (H_R)

■ **افت اصطکاکی:** افت فشار در لوله‌ها، شیرآلات و اتصالات (H_f)

افت فشار اصطکاکی در لوله‌کشی آب را می‌توان با روابطی مانند داریسی - وایزباخ و هیزن - ویلیامز محاسبه کرد. این روش‌ها امکان محاسبه دقیق افت فشار را براساس طول لوله، قطر، دبی و جنس لوله فراهم می‌کنند. باین حال، در بسیاری از طراحی‌های ساختمانی از روش‌های تجربی برای برآورد سریع افت فشار استفاده می‌شود. در این روش، افت فشار اصطکاکی معمولاً بین ۱ تا ۵ متر ستون آب به ازای هر ۱۰۰ متر طول لوله در نظر گرفته می‌شود و مقدار ۳ متر ستون آب در هر ۱۰۰ متر، مقدار متعارف طراحی است. همچنین برای برآورد سریع افت فشار کل مسیر، طولانی‌ترین مسیر لوله‌کشی در ضریب ۱/۵ ضرب شده و به عنوان طول مؤثر در نظر گرفته می‌شود. در نهایت، با جمع افت فشار مسیر و حداقل فشار مورد نیاز در بالاترین و دورترین مصرف کننده، هد (H) مورد نیاز سیستم تعیین می‌گردد.

$$H = H_s + H_c + H_f + H_R$$

مثال



هد مورد نیاز برای یک ساختمان ۵ طبقه مسکونی با ارتفاع ۲۰ متر که طولانی‌ترین مسیر آن ۴۰ متر است، چند متر ستون آب است؟

□ هد ناشی از ارتفاع ساختمان: $H_S = 20 \text{ m}$

□ افت فشار کنتور یا تجهیزات و لوله‌کشی بوستر پمپ: $H_C = 8/2 \text{ m}$

□ افت فشار لوله و اتصالات: $H_f = (40 \times 1/5) \times \frac{3}{100} = 1/8 \text{ m}$

□ حداقل فشار مورد نیاز پشت شیر آخرین واحد: $H_R = 6 \text{ m}$

در این صورت هد مورد نیاز سیستم از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$H = H_S + H_C + H_f + H_R = 20 + 8/2 + 1/8 + 6 = 36 \text{ m}$$

بنابراین فشار یا هد مورد نیاز در خروجی کنتور یا خروجی پمپ برابر ۳۶ متر ستون آب برآورد می‌شود.

توجه



در محاسبات سرانگشتی، هد مورد نیاز پمپ در ساختمان‌های متداول از جمع ارتفاع ساختمان و ۲۰ متر هد اضافی به دست می‌آید. این مقدار اضافی برای جبران افت فشار لوله‌ها، اتصالات و تأمین فشار مناسب در مصرف‌کننده‌ها در نظر گرفته می‌شود.

$$H = H_S + 20$$

سرعت جریان آب

یکی از روش‌های تعیین قطر لوله روش سرعت جریان است. انتخاب قطر لوله همواره یک مسئله بهینه‌سازی است و طراح باید میان چند عامل اصلی تعادل برقرار کند. نتیجه انتخاب نادرست قطر لوله در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- مسائل مؤثر بر انتخاب نادرست قطر لوله

انتخاب قطر کمتر از قطر بهینه	انتخاب قطر بیشتر از قطر بهینه
افزایش سرعت جریان	کاهش سرعت جریان
افزایش هزینه پمپاژ به دلیل افت فشار بیشتر	افزایش هزینه خرید اولیه
افزایش احتمالی صدا در لوله و اتصالات	کاهش صدا و سایش
افزایش سایش دیواره داخلی لوله و کاهش عمر مفید آن	امکان ماندگاری و افت کیفیت آب به دلیل کاهش سرعت

محدوده پیشنهادی سرعت جریان براساس منابع طراحی تأسیسات مکانیکی ساختمان در جدول ۳ آمده است. این مقادیر به‌عنوان بازه پیشنهادی رایج در ساختمان‌ها در نظر گرفته می‌شوند و ممکن است بسته به استاندارد طراحی و نوع کاربری تغییر کنند.

جدول ۳- محدوده پیشنهادی سرعت در لوله‌های آبرسانی داخل ساختمان

محل لوله	محدوده سرعت (m/s)
لوله‌های اصلی و ریزرها	۱/۲ تا ۳
شاخه‌های فرعی	۱/۲ تا ۰/۶

تعیین قطر

تعیین قطر لوله با سرعت با توجه به معادله پیوستگی (Continuity Equation) قابل انجام است. در این روش با دو عامل دبی (q) و سرعت جریان آب (V) می‌توان سطح داخلی لوله (A) و قطر داخلی لوله d_i را محاسبه نمود.

$$q = AV \rightarrow A = \frac{q}{V} \rightarrow \frac{\pi}{4} d_i^2 = \frac{q}{V} \rightarrow d_i = \sqrt{\frac{4q}{\pi \cdot V}}$$

چنانچه بخواهیم از این معادله استفاده کنیم بایستی پس از محاسبه افت فشار را کنترل کنیم تا خارج از محدوده مجاز نشود. به کارگیری این معادله در موقعیتی که دسترسی به جدول و نمودارها نداریم به عنوان یک روش برآورد سریع توصیه می‌شود. همچنین برای واحدهای مصرف آبرسانی (WSFU) کم که خارج از محدوده نمودار است. این روش قابل قبول است. در این حالت با داشتن دبی و سرعت مرزی $1/2$ متر بر ثانیه، می‌توانیم با معادله زیر حداقل قطر داخلی لوله را تعیین کنیم:

$$d(\text{mm}) = 4\sqrt{q(l/\text{min})}$$

جدول ۴ حداکثر مقدار آب مورد نیاز و حداقل قطر نامی شیرهای لوازم بهداشتی را نشان می‌دهد.

جدول ۴- حداکثر مقدار آب مورد نیاز در لوازم بهداشتی

حداقل قطر نامی لوله	حداکثر مقدار جریان	شیر	
		نماد	نام
(میلی‌متر)	(لیتر بر دقیقه)		
۱۰	۶	LAV	روشویی
۱۵	۸	SH	دوش
۱۵	۸	KS	سینک ظرفشویی
۱۵	۶	MT	شیرتوالت
۱۵	۶	FT	فلاش تانک
۱۵	۸	CW	ماشین رختشویی

چنانچه برای یک مصرف‌کننده بخواهیم قطر را تعیین کنیم با مراجعه به جدول ۴ حداقل قطر نامی را جای‌گذاری می‌کنیم ولی چنانچه یک مجموعه مصرف‌کننده در محل داشته باشیم از معادله پیوستگی، قطر لوله را محاسبه می‌کنیم.

در برآورد تجربی سرعت در یک مجموعه سرویس، هم‌زمانی مصرف در حداکثر مقدار جریان نیز لحاظ می‌شود. برای مثال در یک توالت با اینکه سه مصرف‌کننده روشویی، فلاش تانک و شیرتوالت قرار دارند، دو مصرف‌کننده هم‌زمان با مصرف بیشتر یعنی فلاش تانک و روشویی را منظور می‌کنند.

نکته



پس از محاسبه قطر داخلی لوله با توجه به جنس لوله و مراجعه به مشخصات فنی لوله که توسط سازنده ارائه شده است می‌توان قطر نامی لوله را برآورد کرد. در جدول ۵ مشخصات قطر داخلی و ضخامت دیواره لوله پنج لایه آمده است.

جدول ۵ - مشخصات قطر داخلی و ضخامت دیواره لوله پنج لایه

سایز اسمی (mm)	ضخامت تقریبی دیواره (mm)	قطر داخلی (mm)
۱۶	۲	۱۲
۲۰	۲	۱۶
۲۵	۲/۵	۲۰
۳۲	۳	۲۶
۴۰	۴	۳۲
۵۰	۴/۵	۴۱
۶۳	۶	۵۱

مثال



قطر داخلی لوله‌های ورودی به هرسرویس را محاسبه کرده و جدول را تکمیل نمایید.

قطر نامی لوله پنج لایه	$d_i = 4\sqrt{q}$	q (lpm)	وسایل هم‌زمان مصرف	موقعیت
۲۰	۱۶ mm	۸+۸=۱۶	سینک + ماشین رخت‌شویی	آشپزخانه
۲۰	۱۴ mm	۶+۶=۱۲	فلاش‌تانک+روشویی	توالت
۲۰	۱۵ mm	۸+۶=۱۴	فلاش‌تانک+دوش	حمام کامل
۳۲	۲۵/۹ mm	۴۲	آشپزخانه+حمام+توالت	یک واحد

در جدول ۶ قطر داخلی و قطر نامی متناسب با رده وزنی لوله گالوانیزه آورده شده است.

جدول ۶ - ابعاد لوله‌های فولادی گالوانیزه در زردار

قطر نامی لوله (NPS)		قطر خارجی لوله (OD)	قطر داخلی لوله (میلی‌متر)		
in	mm		وزن سبک	وزن متوسط	وزن سنگین
۱/۲	۱۵	۲۱/۳	۱۸/۵	۱۷/۳	۱۵/۸
۳/۴	۲۰	۲۶/۷	۲۳/۵	۲۲/۱	۲۰/۳
۱	۲۵	۳۳/۴	۳۰/۰	۲۸/۴	۲۶/۶
۱ ۱/۴	۳۲	۴۲/۲	۳۸/۳	۳۶/۵	۳۴/۵
۱ ۱/۲	۴۰	۴۸/۳	۴۴/۲	۴۲/۲	۴۰/۰
۲	۵۰	۶۰/۳	۵۶/۲	۵۴/۰	۵۱/۳
۲ ۱/۲	۶۵	۷۳/۰	۶۸/۳	۶۵/۹	۶۲/۷
۳	۸۰	۸۸/۹	۸۴/۰	۸۱/۴	۷۷/۹
۴	۱۰۰	۱۱۴/۳	۱۰۸/۴	۱۰۵/۴	۱۰۰/۹



- ۱ در لوله‌های فولادی گالوانیزه، با تغییر رده وزنی لوله (سبک، متوسط و سنگین)، ممکن است قطر خارجی ثابت بوده و ضخامت دیواره تغییر کند. بنابراین انتخاب سایز نامی با در نظر گرفتن رده لوله انجام شود.
- ۲ لوله‌های پلیمری در بازار با قطر خارجی شناخته می‌شوند.

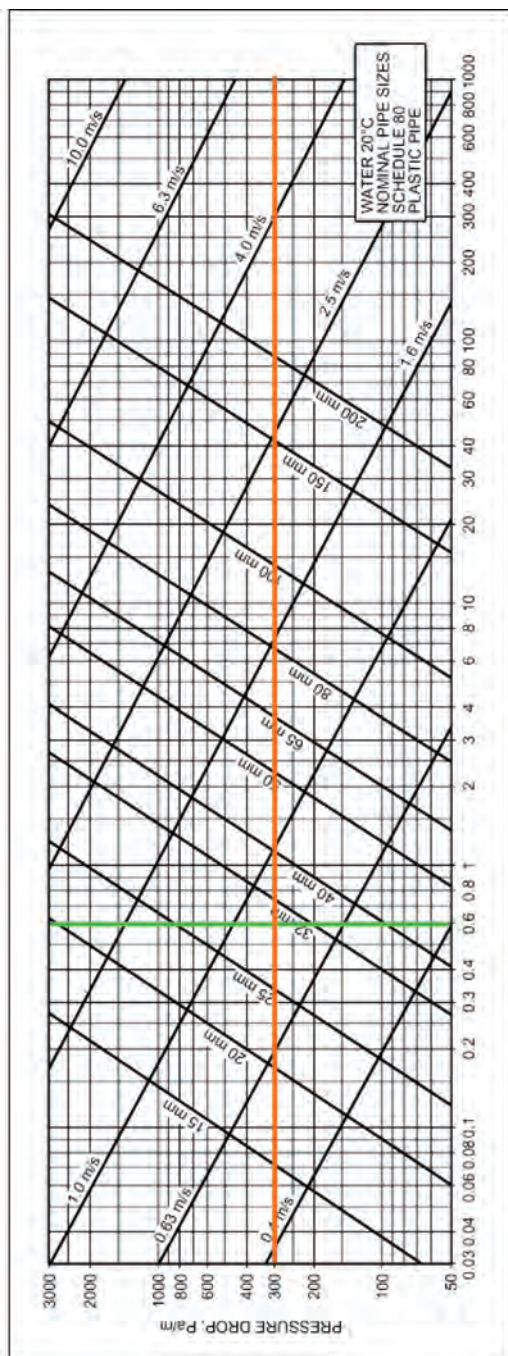
تعیین قطر لوله با روش افت فشار ثابت: کاربردی‌ترین روش تعیین قطر لوله روش افت فشار ثابت با در نظر گرفتن محدوده سرعت با نمودار است. برای افزایش سرعت انجام عملیات از نمودار (نموگرام)‌هایی استفاده می‌شود که بر پایه معادله‌های هیزن ویلیامز یا دارسی وایزباخ ترسیم شده‌اند. در نمودار «افت فشار-دبی» با توجه به جنس لوله و زبری آن، چهار عامل دبی، افت فشار، سرعت جریان و افت فشار به صورت هم‌زمان کنترل می‌شوند. این نمودارها توسط تولیدکنندگان لوله‌ها عرضه می‌شوند. نمودار صفحه بعد برای لوله‌های پلیمری داده شده است.



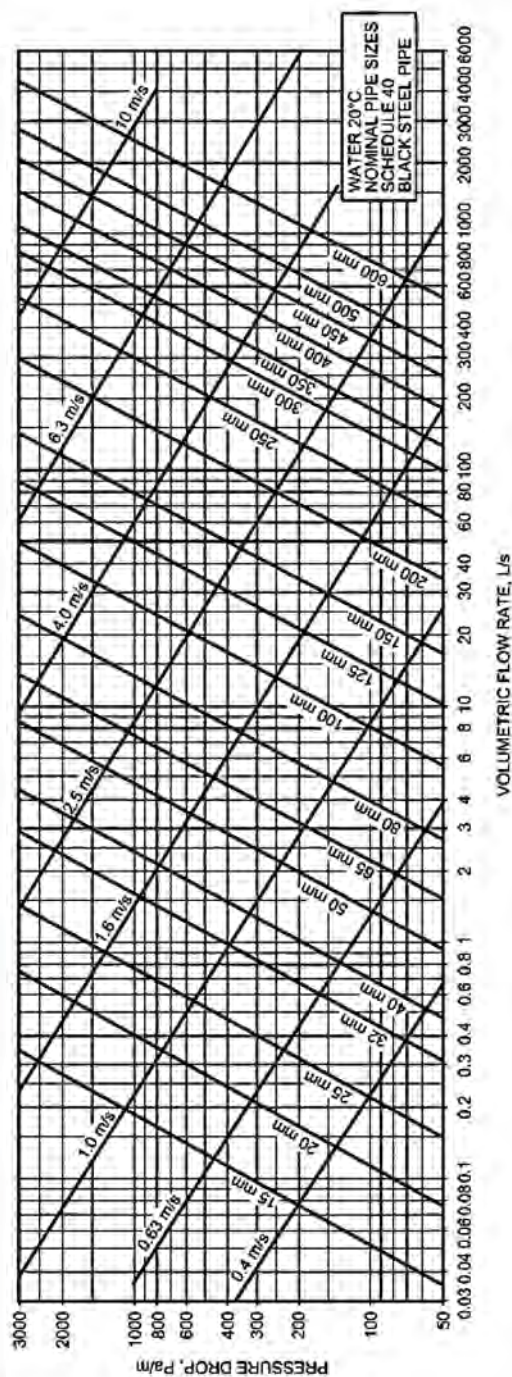
- چنانچه در یک سیستم لوله‌کشی مقدار جریان مورد نیاز یک واحد $0/6$ لیتر بر ثانیه برآورد شده باشد، قطر نامی لوله پلیمری مناسب این جریان چند میلی‌متر است؟ مراحل حل به روش زیر انجام می‌شود:
- ۱ ابتدا خط افت فشار ثابت 3 متر ستون در صد متر آب (300 Pa/m) را که مقدار رایجی است رسم می‌کنیم.
 - ۲ خط مقدار جریان را نیز رسم می‌کنیم.
 - ۳ محل تقاطع بین قطر 25 و 32 مشخص شده است.
 - ۴ چنانچه قطر 25 را انتخاب کنیم با همان دبی افت فشار 800 Pa/m می‌شود که خارج از محدوده مجاز است.
 - ۵ چنانچه قطر 32 را انتخاب کنیم با همان دبی افت فشار 230 Pa/m می‌شود که در محدوده مجاز است.
 - ۶ با انتخاب قطر 32 سرعت $0/75 \text{ m/s}$ نیز در محدوده مجاز قرار دارد.
- قطر نامی لوله با توجه به محدوده افت فشار مجاز و سرعت مجاز 32 mm خواهد شد.



چنانچه در یک سیستم لوله‌کشی مقدار جریان مورد نیاز یک واحد $2/9$ لیتر بر ثانیه برآورد شده باشد، قطر نامی لوله گالوانیزه با توجه به نمودار صفحه بعد مناسب این جریان چند اینچ است؟



نموگرام اندازه‌گذاری لوله‌های پلیمری



نموگرام اندازه‌گذاری لوله‌های فولادی گالوانیزه

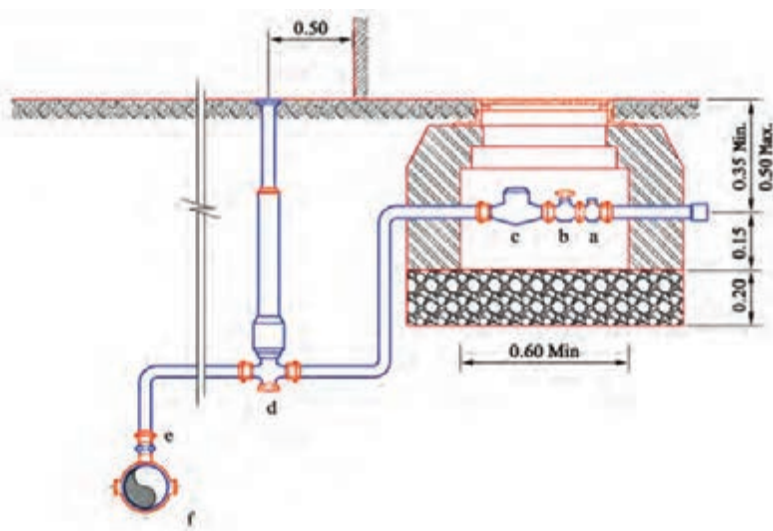


با توجه به دبی‌های داده شده برای لوله گالوانیزه وزن متوسط، قطر لوله‌ها را از نمودار افت فشار و معادله پیوستگی به دست آورده و با هم مقایسه کنید. لازم است افت فشار و سرعت کنترل شوند تا در محدوده مجاز قرار گیرند.

سرعت ثابت				نمودار			
q (lps)	q (lpm)	$d_i = 4\sqrt{q}$ mm	d_N اینچ	افت فشار اولیه m/m	قطر	افت فشار	سرعت m/s
۰/۶	۳۶	۲۴	۱"	۰/۹	$1 \frac{1}{4}$	۰/۰۲	۰/۶۵
۱/۲							
۱/۸							
۲/۳							
۲/۵							
۲/۹	۱۷۴	۵۲/۷	۲"	۰/۰۵	$1 \frac{1}{2}$	۰/۰۱۷	۰/۹

سایز کنترلر آب

انتخاب سایز کنترلر آب یکی از مراحل مهم طراحی سیستم آبرسانی ساختمان است. کنترلر باید به گونه‌ای انتخاب شود که بتواند دبی مورد نیاز ساختمان را بدون ایجاد افت فشار زیاد تأمین کند. شرکت‌های آبفای منطقه‌ای براساس تعداد واحدها، نوع کاربری ساختمان و دبی هم‌زمان مصرف، جدولی برای انتخاب سایز کنترلر ارائه می‌کنند. در جدول ۷ نمونه واگذاری سایز کنترلر از طرف شرکت آبفا برای قطر لوله انشعاب و سایز کنترلر ساختمان‌های مسکونی ارائه شده است. در شکل ۵ روش انشعاب‌گیری از لوله اصلی آب شهر و جانمایی کنترلر نشان داده شده است.



شکل ۵

- a شیر یک طرفه
- b شیر فلکه قطع و وصل
- c کنترلر آب
- d شیر پیاده‌رو
- e شیر انشعاب
- f شاه لوله آب شهری

جدول ۷- قطر لوله انشعاب و کنتور آب ساختمان‌های مسکونی

تعداد واحد	۱-۲	۳-۵	۶-۹	۱۰-۲۴
قطر لوله انشعاب	۲۰	۲۵	۳۲	۴۰
سایز کنتور	۱/۲"	۳/۴"	۱"	۱ ۱/۴"

قطر لوله آب گرم مصرفی

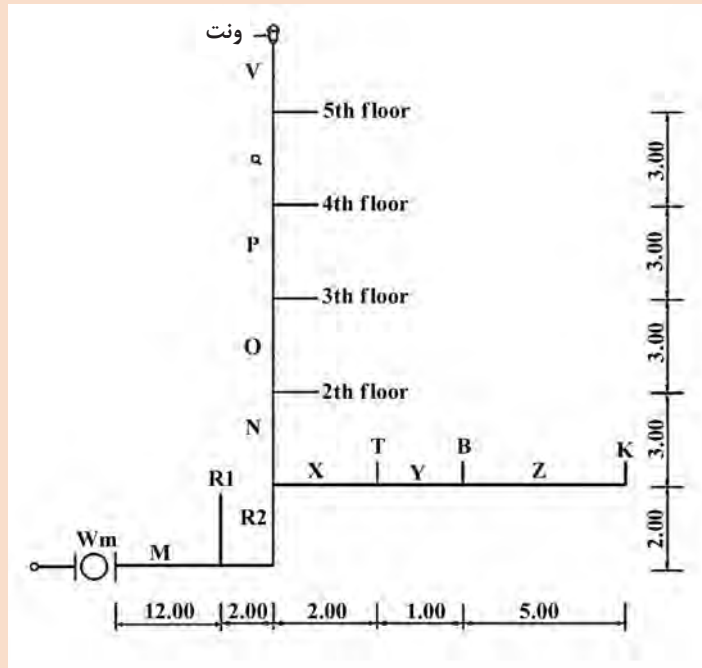
تعیین قطر لوله‌های آب گرم مصرفی مشابه لوله‌های آب سرد انجام می‌شود، با این تفاوت که فقط مصرف‌کننده‌های متصل به آب گرم در محاسبات لحاظ می‌شوند. محاسبات از محل مولد آب گرم، مانند آب گرم کن یا پکیج، آغاز شده و در سیستم‌های دارای برگشت، طول لوله‌کشی بسته به این که سیستم باز باشد یا برگشت هم داشته باشد بایستی در نظر گرفته شود. قطر لوله برگشت معمولاً در انشعاب‌های طبقات برابر قطر آخرین لوله رفت و در رایزرها یک سایز کوچک‌تر از لوله رفت انتخاب می‌شود. به‌طور معمول، قطر لوله‌های آب سرد و گرم ورودی به شیرهای مخلوط یکسان است، اما در مجموعه سرویس‌هایی که مصرف آب سرد بیشتر است، می‌توان قطر لوله آب گرم را یک سایز کوچک‌تر در نظر گرفت.

پروژه آبرسانی: در ساختمان پنج طبقه مستقل نشان داده شده در شکل صفحه بعد، در هر طبقه دو واحد مسکونی قرار دارد. در هر واحد یک سرویس توالت، یک حمام کامل و یک آشپزخانه کامل جانمایی شده است. قطر لوله‌های انشعاب را با توجه به مسیر لوله‌کشی نشان داده شده برآورد نموده و جدول را تکمیل کنید. لوله به کار رفته اصلی و رایزر، گالوانیزه و لوله طبقات پنج‌لایه انتخاب شوند. افت فشار ثابت مسیر را ۳ متر ستون آب در نظر بگیرید. سامانه آب گرم مصرفی این ساختمان مستقل است.

پروژه



افت فشار	سایز نامی لوله (روش سرعت)	افت فشار سرعت	سایز نامی لوله (روش افت فشار)	q	WSFU	نام بخش
						Z
						B
						Y
						T
						X
						Q
						P
						O
						N
						$R_1 = R_r$
						M
						سایز کنتور



الگوی ارزشیابی شایستگی محاسبات و برآورد آب

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد
۳	■ محاسبه قطر لوله آب برابر معادله پیوستگی ■ محاسبه و برآورد انواع افت فشار برابر دستورالعمل	بالتر از حد انتظار	محاسبه و برآورد قطر لوله‌های آب ساختمان برابر استانداردها و مقررات ملی
۲	■ برآورد مصرف آب برابر روش هانتز ■ برآورد قطر لوله آب برابر نمودار	در حد انتظار	
۱	ناتوانی در تعیین قطر لوله آب	پایین تر از حد انتظار	
		نمره مستمر از ۵	
		نمره واحد یادگیری از یک تا سه	
		نمره واحد یادگیری از ۲۰	

□ نمره شایستگی واحد یادگیری منحصرأ شامل نمرات ۲، ۱ یا ۳ است.

□ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.

□ حداقل نمره قبولی ۱۲ از ۲۰ است.

واحد یادگیری ۲

محاسبات و برآورد فاضلاب



استاندارد عملکرد

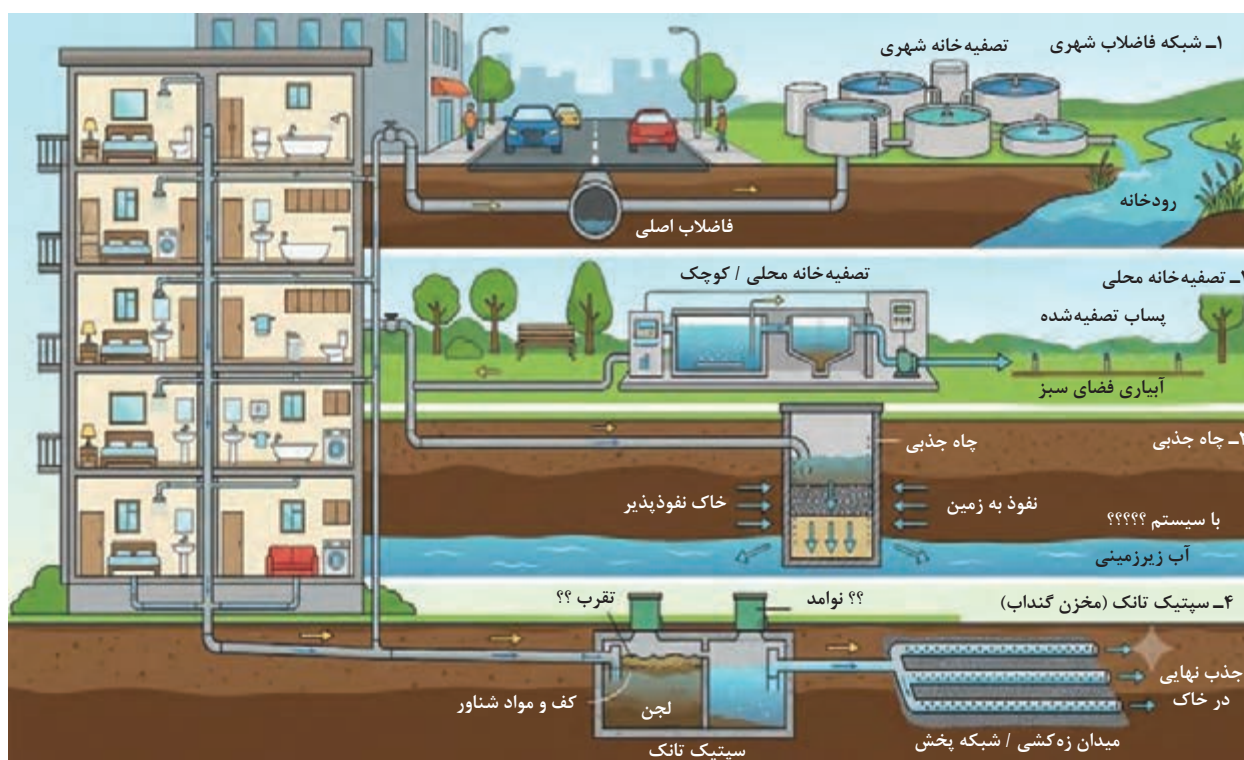
محاسبه و برآورد قطر لوله های فاضلاب، آب باران، ونت و فن تخلیه هوای ساختمان برابر استانداردها و مقررات ملی

یادآوری

ریاضی و فیزیک پایه

روش‌های دفع فاضلاب

فاضلاب ساختمان عبارت است از آب مصرف‌شده در ساختمان که در اثر استفاده، به مواد معلق، مواد شیمیایی و میکروارگانیسم‌ها آلوده شده و برای حفظ بهداشت و سلامت محیط باید توسط سیستم فاضلاب جمع‌آوری، انتقال، تصفیه یا دفع شود. این فاضلاب از فعالیت‌های روزمره ساکنان و بهره‌برداران ساختمان تولید می‌شود و معمولاً شامل آب خروجی از وسایل بهداشتی، آشپزخانه، حمام، لباسشویی و سایر تجهیزات مصرف‌کننده آب است. روش‌های دفع فاضلاب به عواملی مانند وجود یا عدم وجود شبکه فاضلاب شهری، نوع خاک، سطح آب زیرزمینی، جمعیت بهره‌بردار و ملاحظات زیست‌محیطی بستگی دارد. رایج‌ترین روش‌های دفع فاضلاب ساختمان در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶- روش‌های دفع فاضلاب

با توجه به شکل ۶ در مورد روش‌های دفع فاضلاب گفت‌وگو کنید.

گفت‌وگوی
کلاسی



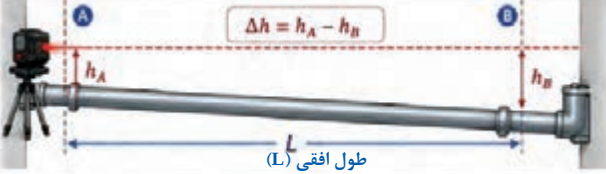
روش‌های قطر زنی لوله فاضلاب

در طراحی شبکه فاضلاب ساختمان، انتخاب صحیح قطر لوله نقش مهمی در عملکرد مناسب سیستم دارد. متداول‌ترین روش تعیین قطر، استفاده از واحد تخلیه فاضلاب (DFU) و جدول‌های توصیه شده مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان است؛ اما در پروژه‌های بزرگ ممکن است از روش‌های دقیق هیدرولیکی و محاسبه دبی نیز استفاده شود.

عوامل مؤثر در انتخاب قطر لوله فاضلاب که در تعیین قطر لوله تأثیر مستقیم دارند:

- شیب لوله
- تعداد و نوع وسایل بهداشتی
- احتمال استفاده هم‌زمان و مقدار DFU
- طول مسیر لوله کشی و تعداد زانو و اتصالات
- نوع لوله و زبری داخلی آن
- نوع سیستم تهویه فاضلاب

شیب لوله: برای جریان مناسب فاضلاب در لوله‌های افقی، وجود شیب کافی ضروری است. شیب باعث ایجاد سرعت در جریان شده و به تمیز شدن خودبه‌خودی لوله کمک می‌کند. چنانچه شیب لوله کم باشد، فاضلاب به خوبی تخلیه نمی‌شود یا تخلیه به صورت نامطلوب انجام می‌گیرد. از طرف دیگر، اگر شیب بیش از حد باشد، مایعات سریع‌تر عبور کرده و ذرات جامد در لوله باقی می‌مانند؛ در نتیجه علاوه بر سایش، امکان رسوب‌گذاری در لوله نیز افزایش می‌یابد. در شکل ۷ چند روش مرسوم اندازه‌گیری شیب لوله‌های فاضلاب نشان داده شده است.

۱ تراز دستی  ابزار: تراز دستی و یک تخته با پروفیل صاف	 طول افقی (L)	$\text{شیب} = \frac{\Delta h}{L}$ $\text{شیب درصدی} = \frac{\Delta h}{L} \times 100$ Δh: اختلاف ارتفاع (میلی‌متر) L: طول افقی (میلی‌متر)
۲ تراز شیلنگی  ابزار: شیلنگ تراز (تراز آبی)	 سطح آب در دو طرف برابر است طول افقی (L)	شیلنگ را به دو نقطه ابتدا و انتهای مسیر وصل کنید. ① صبر کنید تا سطح آب در دو طرف یکسان شود. ② اختلاف ارتفاع بین نقطه لوله و سطح آب را در یکی از طرفین اندازه‌گیری کنید. (Δh) ③ $\text{شیب و شیب درصدی} = \frac{\Delta h}{L} \times 100$ ④
۳ تراز لیزری  ابزار: تراز لیزری	 $\Delta h = h_A - h_B$ طول افقی (L)	تراز لیزری را در ابتدای مسیر نصب کنید و خط لیزر را افقی تنظیم کنید. ✶ ① فاصله عمودی از خط لیزر تا نقطه لوله را در ابتدا (h_A) و انتها (h_p) اندازه‌گیری کنید. ③ اختلاف ارتفاع: $\Delta h = h_A - h_p$ ④ $\text{شیب و شیب درصدی} = \frac{\Delta h}{L} \times 100$

شکل ۷- روش‌های مرسوم اندازه‌گیری شیب لوله

نسبت اختلاف ارتفاع دو سر لوله به طول تصویر افقی آن شیب لوله گویند. به طور معمول شیب را برحسب درصد بیان می‌کنند.

$$S = \frac{\Delta h}{L} \times 100$$

در این معادله اختلاف ارتفاع و طول تصویر افقی، در یک واحد طول مثلاً متر بیان می‌شوند. حداکثر شیب مجاز در لوله‌های فاضلاب ۴ درصد است. هرچه قطر لوله بیشتر شود، شیب لوله کمتر می‌شود. در جدول ۸ حداقل شیب لوله‌های افقی فاضلاب نشان داده شده است:

جدول ۸- حداقل شیب لوله‌های افقی فاضلاب

درصد	قطر نامی لوله	
	اینچ	میلی‌متر
۲	تا $2 \frac{1}{2}$	تا ۶۵
۱	۳-۶	۸۰-۱۵۰
۰/۵	۸ و بیشتر	۲۰۰ و بیشتر

اگر اختلاف ارتفاع را بر حسب سانتی‌متر و طول را بر حسب متر در نظر بگیرند نیاز به ضریب ۱۰۰ نمی‌باشد (می‌توانید دلیل آن را توضیح دهید).

نکته



مثال



اختلاف ارتفاع لوله فاضلابی به طول ۱۰ m برابر با ۲۰ cm است، شیب لوله چند درصد است؟

$$S = \frac{\Delta h}{L} = \frac{20 \text{ cm}}{10 \text{ m}} = 2\%$$

شیبی که روی لوله در نقشه نوشته شده است به صورت زیر در اجرا پیاده می‌شود:

$$\Delta h(\text{cm}) = S(\%) \times L(\text{m})$$



نحوه محاسبه ارتفاع انتهای لوله
اگر ارتفاع ابتدای لوله را صفر در نظر بگیریم:
اختلاف ارتفاع = ۲۰ cm
طول لوله = ۱۰.۰۰ m
شیب = ۲٪
بنابراین ارتفاع انتهای لوله باید ۲۰ cm پایین‌تر از ابتدای لوله باشد.

روش اجرا در کارگاه
۱- تراز لیزری را در ابتدای مسیر لوله نصب کنید.
۲- ارتفاع لبه بالایی لوله را در ابتدا مشخص کنید (صفر).
۳- با توجه به شیب ۲٪ و طول ۱۰ m، در انتهای مسیر باید ۲۰ cm پایین‌تر اجرا شود.
۴- ارتفاع انتهای لوله را با متر اندازه‌گیری و تنظیم کنید.



۱ طول افقی لوله فاضلاب ۴ اینچی محوطه یک شهرک ۶۰ متر است. طراح روی نقشه شیب یک درصد را توصیه کرده است. اختلاف ارتفاع زیرسازی این لوله چند سانتی متر است؟

۲ اختلاف ارتفاع لوله فاضلابی به طول ۲۸ m برابر با ۳۵ cm است، شیب لوله چند درصد است؟

۳ در صورتی که ابتدای لوله افقی فاضلاب ساختمانی ۲۴ cm زیر کف باشد عمق کارگذاری انتهای لوله چقدر خواهد بود؟ (شیب لوله ۲ درصد - طول افقی ۱۲/۸ متر)

واحد مصرف DFU (Drainage Fixture Unit): واحد مصرف DFU برای برآورد میزان تخلیه فاضلاب وسایل بهداشتی (مثل توالت، روشویی، دوش، سینک و ...) استفاده می شود. در واقع این واحد نشان می دهد هر وسیله بهداشتی چه مقدار بار یا ظرفیت تخلیه به سیستم فاضلاب وارد می کند. ایده اصلی DFU این است که همه وسایل بهداشتی همیشه همزمان کار نمی کنند. بنابراین مهندسان به جای محاسبه دبی واقعی هر وسیله، برای هر کدام یک عدد استاندارد DFU در نظر می گیرند و با جمع این مقادیر، اندازه مناسب لوله های فاضلاب تعیین می شود. حداکثر جریان لحظه ای فاضلاب هریک از لوازم بهداشتی با واحد DFU مشخص می شود. مقدار DFU چند وسیله بهداشتی در جدول ۹ آورده شده است.

جدول ۹- مقدار DFU و حداقل قطر نامی سیفون چند وسیله بهداشتی

لوازم بهداشتی	مقدار (DFU)	قطر نامی سیفون	لوازم بهداشتی	مقدار (DFU)	قطر نامی سیفون
توالت عمومی	۶	*	دوش	۲	۴۰
توالت خصوصی	۴	*	کفشوی	۲	۵۰
یورینال (پیسوار)	۴	۵۰	سینک آشپزخانه	۲	۴۰
ماشین رختشویی	۲	۵۰	دستشویی (روشویی)	۱	۳۲
ماشین ظرفشویی	۲	۴۰	بیده	۱	۳۰
وان	۲	۴۰	آب خوری	۰/۵	۳۲

* قطر نامی سیفون توالت مجزا باید دست کم ۱۰۰ میلی متر باشد.

تعیین قطر لوله فاضلاب

با جمع مقدار DFU با استفاده از جدول ۱۰ می‌توان سائز لوله‌های فاضلاب شاخه‌های افقی و لوله‌های قائم را تعیین کرد. اندازه‌گذاری قطر لوله‌های قائم فاضلاب براساس جمع مقدار DFU که از شاخه‌های افقی طبقات در آن می‌ریزد انجام می‌شود.

نکته

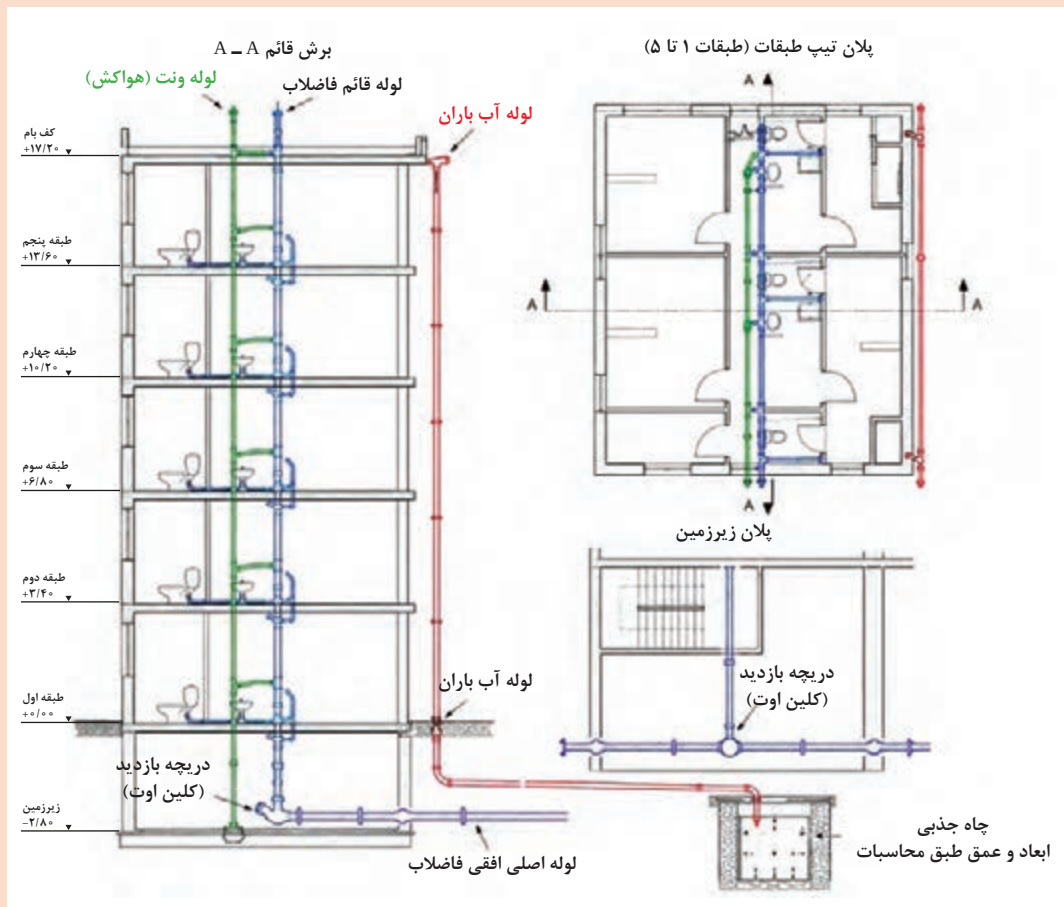


- قطر نامی لوله و فیتینگ فاضلاب ساختمان حداقل باید ۲ اینچ باشد.
- قطر لوله فاضلابی که توالی شرقی به آن متصل می‌شود حداقل باید ۱۰۰ میلی‌متر (۴ اینچ) باشد.

گفت‌وگوی
کلاسی



با توجه به پلان و برش ساختمان نشان داده شده، در مورد بخش‌های فاضلاب و آب باران (لوله اصلی فاضلاب، لوله قائم فاضلاب، لوله رفت، لوله‌های افقی فرعی، دریچه بازدید و چاه جذبی) گفت‌وگو کنید.



جدول ۱۰- اندازه گذاری شاخه های افقی و لوله های قائم ساختمان

بیشترین مقدار DFU				قطر نامی لوله	
لوله های قائم			شاخه افقی	اینچ	میلی متر
کل DFU برای انشعاب			کل DFU برای شاخه افقی		
بیش از سه طبقه	سه طبقه	هر طبقه			
۲۴	۱۰	۶	۶	۲	۵۰
۷۲	۴۸	۲۰	۲۰	۳	۸۰
۵۰۰	۲۴۰	۹۰	۱۲۰	۴	۱۰۰
۱۱۰۰	۵۴۰	۲۰۰	-	۵	۱۲۵
۱۹۰۰	۹۶۰	۳۵۰	-	۶	۱۵۰
۳۶۰۰	۲۲۰۰	۶۰۰	-	۸	۲۰۰
۵۶۰۰	۳۸۰۰	۱۰۰۰	-	۱۰	۲۵۰
۸۴۰۰	۶۰۰۰	۱۵۰۰	-	۱۲	۳۰۰

توجه



- ☐ اندازه گذاری لوله های افقی اصلی فاضلاب در پایین ترین قسمت لوله کشی نباید از این جدول انجام شود.
- ☐ اندازه گذاری لوله های قائم فاضلاب براساس جمع مقدار D.F.U، که از شاخه های افقی طبقات در آن می ریزد صورت می گیرد.
- ☐ قطر نامی لوله قائم فاضلاب (در پایین ترین قسمت) بهتر است در ارتفاع، تا بالاترین طبقه، تغییر نکند، مگر آن که در طبقات بالا قطر نامی لوله از نصف قطر نامی لوله که در پایین ترین قسمت لوله قائم قرار گرفته کمتر باشد.
- ☐ به هر شاخه افقی فاضلاب نباید بیش از ۵ توالت عمومی یا ۸ توالت خصوصی متصل شود.

مثال



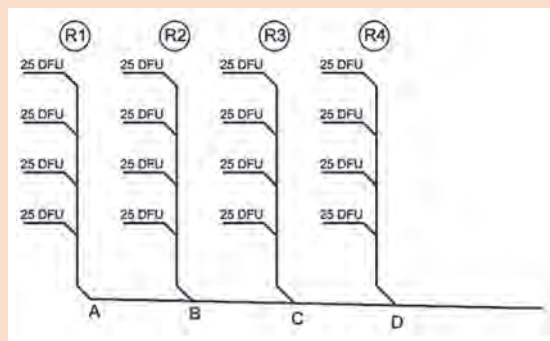
در هر طبقه از یک ساختمان مسکونی ۵ طبقه وسایل بهداشتی زیر وجود دارد، قطر شاخه افقی هر طبقه و لوله عمودی را به دست آورید؟

وسيله بهداشتی	تعداد	DFU	کل DFU
توالت شرقی	۱	۴	۴
توالت فرنگی	۱	۴	۴
روشویی	۲	۱	۲
سینک آشپزخانه	۱	۲	۲
دوش	۱	۲	۲
کفشوی	۳	۲	۶
ماشین رخت شویی	۱	۲	۲
ماشین ظرفشویی	۱	۲	۲
مجموع پنج طبقه $DFU = 120 = 24 \times 5$			۲۴

با مراجعه به جدول ۱۰ با واحد مصرف هر طبقه روی شاخه افقی که ۲۴ است قطرهای انشعاب لوله قائم هر طبقه و کل لوله قائم ۴ اینچ به دست می‌آید.
با استفاده از جدول ۱۰ می‌توان سایز لوله فاضلاب افقی اصلی در پایین‌ترین قسمت شبکه لوله‌کشی را با توجه به شیب لوله تعیین کرد.

جدول ۱۰- اندازه‌گذاری لوله اصلی افقی فاضلاب و شاخه‌های فرعی آن

حداکثر DFU				قطر لوله	
شیب لوله اصلی افقی فاضلاب و شاخه‌های فرعی آن					
۴ %	۲ %	۱ %	۵/۰ %	اینچ	میلی‌متر
۲۶	۲۱	-	-	۲	۵۰
۵۰	۴۲	۳۶	-	۳	۸۰
۲۵۰	۲۱۶	۱۸۰	-	۴	۱۰۰
۵۷۵	۴۸۰	۳۹۰	-	۵	۱۲۵
۱۰۰۰	۸۴۰	۷۰۰	-	۶	۱۵۰
۲۳۰۰	۱۹۲۰	۱۶۰۰	۱۴۰۰	۸	۲۰۰
۴۲۰۰	۳۵۰۰	۲۹۰۰	۲۵۰۰	۱۰	۲۵۰
۶۷۰۰	۵۶۰۰	۴۶۰۰	۳۹۰۰	۱۲	۳۰۰
۱۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۸۳۰۰	۷۰۰۰	۱۵	۳۷۵



در یک ساختمان ۴ طبقه ۴ لوله قائم تخلیه فاضلاب به لوله اصلی افقی متصل می‌شود. اگر $DFU = 25$ برای هر شاخه افقی باشد، تعیین کنید قطر لوله اصلی افقی فاضلاب در صورتی که شیب آن ۱٪ باشد؟
 $DFU = 4 \times 25 \times 4 = 400$
 از جدول ۱۰ و انتخاب ستون شیب ۱٪ قطر لوله افقی اصلی ۵ اینچ به دست می‌آید.

مثال



قطر لوله ونت

جریان فاضلاب در لوله‌ها موجب تغییر فشار هوا در شبکه فاضلاب می‌شود. در صورت کنترل نشدن این تغییرات، آب سیفون‌ها تخلیه شده و گازهای فاضلاب وارد فضای ساختمان می‌شوند. برای جلوگیری از این مشکل، از لوله‌های هواکش (ونت) استفاده می‌شود. ونت با متعادل کردن فشار هوا، از سیفوناژ سیفون‌ها جلوگیری کرده و امکان خروج گازهای فاضلاب را فراهم می‌کند. قطر لوله ونت براساس عواملی مانند تعداد وسایل بهداشتی،

مجموع واحدهای تخلیه فاضلاب (DFU)، طول مسیر و تعداد طبقات ساختمان و مطابق ضوابط مقررات ملی ساختمان تعیین می‌شود تا عملکرد مناسب شبکه فاضلاب و آب‌بندی سیفون‌ها حفظ شود.

■ قطر لوله قائم هواکش: با در دست داشتن قطر لوله قائم فاضلاب و مقدار DFU در هر قسمت از لوله‌کشی و با استفاده از جدول ۱۱ می‌توان قطر لوله‌های ونت را سایز زنی نمود. طول لوله قائم ونت باید از نقطه مورد نظر تا انتهای بالای شبکه در هوای آزاد اندازه‌گیری شود.

جدول ۱۱- اندازه‌گذاری لوله‌های قائم هواکش فاضلاب

قطر لوله هواکش										مقدار DFU متصل به لوله قائم	قطر لوله قائم فاضلاب (اینچ)
۱۰	۸	۶	۵	۴	۳	۲ ۱/۲	۲	۱۱/۲	۱۱/۴		
حداکثر طول لوله هواکش (فوت)											
							۶۱	۲۳	۹	۱۲	۲
							۴۶	۱۵	۸	۲۰	۲
						۹۱	۳۰	۹		۴۲	۲ ۱/۲
					۳۱۷	۱۱۰	۴۶	۱۳		۱۰	۳
					۲۴۷	۸۲	۳۴	۱۰		۲۱	۳
					۲۰۷	۷۰	۲۹	۸		۵۳	۳
					۱۸۹	۶۴	۲۶	۸		۱۰۲	۳
				۲۹۹	۷۶	۲۶	۱۱			۴۳	۴
				۲۲۹	۶۱	۲۰	۸			۱۴۰	۴
				۱۹۵	۵۲	۱۷	۷			۳۲۰	۴
				۱۷۷	۴۶	۱۵	۶			۵۴۰	۴
			۳۰۲	۹۸	۲۵	۹				۱۹۰	۵
			۲۳۲	۷۶	۱۹	۶				۴۹۰	۵
			۲۰۴	۶۴	۱۶	۵				۹۴۰	۵
			۱۸۰	۵۸	۱۵	۵				۱۴۰۰	۵
		۳۰۵	۱۲۲	۴۰	۱۰					۵۰۰	۶
		۲۳۸	۹۴	۳۰	۸					۱۱۰۰	۶
		۲۰۱	۷۹	۲۶	۷					۲۰۰۰	۶
		۱۸۳	۷۳	۲۳	۶					۲۹۰۰	۶
	۲۸۷	۷۳	۲۹	۹						۱۸۰۰	۸
	۲۱۹	۵۸	۲۲	۷						۳۴۰۰	۸
	۱۸۶	۴۹	۱۹	۶						۵۶۰۰	۸
	۱۷۱	۴۳	۱۷	۵						۷۶۰۰	۸
۲۹۳	۹۴	۲۴	۹							۴۰۰۰	۱۰
۲۲۶	۷۳	۱۸	۷							۷۲۰۰	۱۰
۱۹۲	۶۱	۱۶	۶							۱۱۰۰۰	۱۰
۱۷۴	۵۵	۱۴	۵							۱۵۰۰۰	۱۰

■ **قطر لوله افقی هواکش:** قطر لوله افقی ونت باید دست کم نصف اندازه قطر نامی لوله فاضلابی باشد. قطر لوله ونت نباید از ۳۲ mm کمتر باشد.

مثال



یک ساختمان ۵ طبقه که در هر طبقه آن ۴ واحد وجود دارد. فاضلاب هر ۵ واحد تیپ از طریق یک لوله به لوله اصلی افقی تخلیه می‌شود، اگر DFU هر واحد ۲۵ باشد. قطر لوله عمودی فاضلاب و ونت را برای هر لوله قائم به دست آورید؟

$$DFU = 5 \times 25 = 125 \quad D = 4 \text{ in}$$

طول لوله ونت $L = 16 \text{ m}$ قطر لوله هواکش از جدول ۱۱ برابر $\frac{1}{3}$ (۶۵) خواهد شد.

قطر لوله آب باران

سیستم جمع‌آوری آب باران، آب حاصل از بارندگی را از بام و سایر سطوح به محل تخلیه هدایت می‌کند. انتخاب صحیح قطر لوله‌های آب باران از تجمع و سرریز آب از ناودان‌ها، آسیب به عایق بام و افزایش بار سازه جلوگیری می‌کند. قطر این لوله‌ها براساس عواملی مانند شدت بارندگی، مساحت سطح جمع‌آوری آب، شیب بام، تعداد ناودان‌ها و ظرفیت عبور لوله‌ها تعیین می‌شود تا تخلیه ایمن و مؤثر آب باران تضمین گردد. قطر لوله‌های آب باران به‌طور معمول با استفاده از جداول و ضوابط مقررات ملی ساختمان یا از طریق

محاسبه دبی روان آب بارندگی تعیین می‌شود تا تخلیه ایمن و مناسب آب باران در شرایط مختلف جوی تضمین گردد. قطر نامی لوله قائم آب باران برای مقادیر سطح بام از جدول ۱۲ به دست می‌آید.

جدول ۱۲- قطر نامی لوله قائم آب باران

حداکثر تصویر سطح بام	قطر لوله	
	in	mm
m ²		
۵۹۸	۳	۸۰
۱۲۸۶	۴	۱۰۰
۲۳۳۵	۵	۱۲۵
۳۷۹۲	۶	۱۵۰
۸۱۷۸	۸	۲۰۰

نکته



- حداقل تعداد کف‌شوی‌های آب باران بام بایستی دو عدد باشد.
- تعداد کف‌شوی‌های آب باران را به علت شیب‌بندی بام واحد معماری تعیین می‌کند.
- اگر در مجاورت بام دیواری باشد که آب باران آن به بام اضافه می‌شود در محاسبات بایستی نصف سطح دیوار به سطح افقی بام اضافه شود.

مثال



حداقل قطر نامی لوله قائم آب باران، برای بامی به ابعاد $24 \times 12 \text{ m}$ که دیواری به ابعاد $24 \times 4 \text{ m}$ در مجاورت آن قرار دارد را تعیین کنید؟

$$A = 24 \times 12 + 24 \times 4 \times 0.5 = 336 \text{ m}^2$$

با مراجعه به جدول ۱۲ حداقل قطر هر لوله آب باران سه اینچ محاسبه شده است. با این حال در اجرا، حداقل قطر لوله آب باران را چهار اینچ در نظر می گیرند.

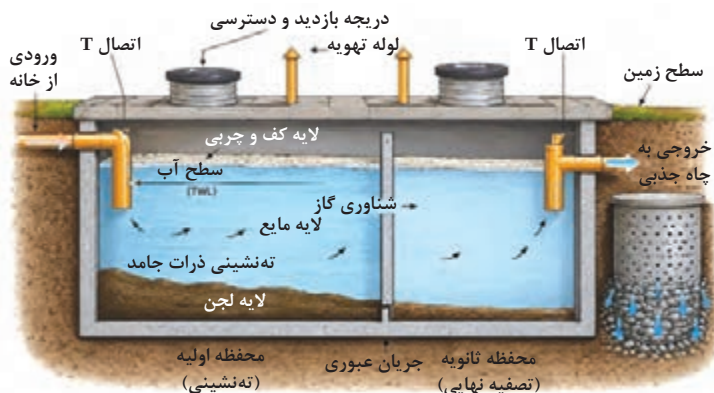
در تصویر ۸ روش های محاسباتی جمع آوری آب باران نیز آمده است:



شکل ۸- روش محاسباتی جمع آوری آب باران

سپتیک تانک

سپتیک تانک (Septic Tank) یک مخزن آب‌بند است که در مناطقی که شبکه فاضلاب شهری وجود ندارد، استفاده می‌شود. وظیفه اصلی آن حذف بخشی از مواد جامد و چربی‌های فاضلاب قبل از ورود به چاه جذبی است. با حذف بخش قابل توجهی از مواد معلق، عمر چاه جذبی چند برابر می‌شود. اگر فاضلاب خام مستقیماً وارد چاه جذبی شود، منافذ خاک خیلی زود مسدود شده و عمر چاه کاهش می‌یابد. شکل ۹ روش کار سپتیک را نشان می‌دهد.



شکل ۹- سپتیک تانک (مخزن بی‌هوازی)

فاضلاب پس از ورود به سپتیک تانک، به علت کاهش سرعت جریان به سه لایه تقسیم می‌شود: لجن در کف ته‌نشین می‌شود، مایع در بخش میانی قرار می‌گیرد و چربی و کف روی سطح شناور می‌شوند. باکتری‌های بی‌هوازی بخشی از مواد آلی لجن را تجزیه کرده و حجم آن را کاهش می‌دهند. پساب زلال از مخزن به چاه جذبی یا شبکه زهکشی هدایت می‌شود و لجن و چربی به صورت دوره‌ای تخلیه می‌گردند. سپتیک تانک‌ها معمولاً دو یا سه محفظه دارند تا راندمان ته‌نشینی افزایش یابد. حجم مخزن براساس تعداد مصرف‌کنندگان، دبی فاضلاب و زمان ماند هیدرولیکی (معمولاً ۶ تا ۴۸ ساعت) تعیین می‌شود.

مثال



در یک برج مسکونی که تعداد ۲۴۰ نفر ساکن دارد مجموع حجم مورد نیاز برای سپتیک تانک چند مترمکعب است؟ فرض کنیم سرانه پساب هر نفر در روز ۲۰۰ لیتر باشد و برای برج میزان ماند ۱۸ ساعت محاسبه شود:

$$\text{پساب روزانه} = \frac{200 \cdot \text{lit}}{\text{day}} \times 240 = 48000 \cdot \text{lit} / \text{day} = 48 \text{ m}^3 / \text{day}$$

$$\text{حجم مخزن} = \frac{48 \text{ m}^3}{\text{day}} \times \frac{18}{24} = 36 \text{ m}^3$$

برای محاسبه نهایی حجم مخزن دو عامل حجم ذخیره لجن و ضریب نوسانات (مهمان، پیک مصرف) را نیز به حجم اولیه اضافه می‌کنند. برای این عوامل بین ۲۰ تا ۵۰ درصد اضافی در نظر گرفته می‌شود.

$$\text{حجم نهایی مخزن} = \text{ضریب اطمینان} \times \text{حجم مخزن} = 36 \text{ m}^3 \times 1.5 = 54 \text{ m}^3$$

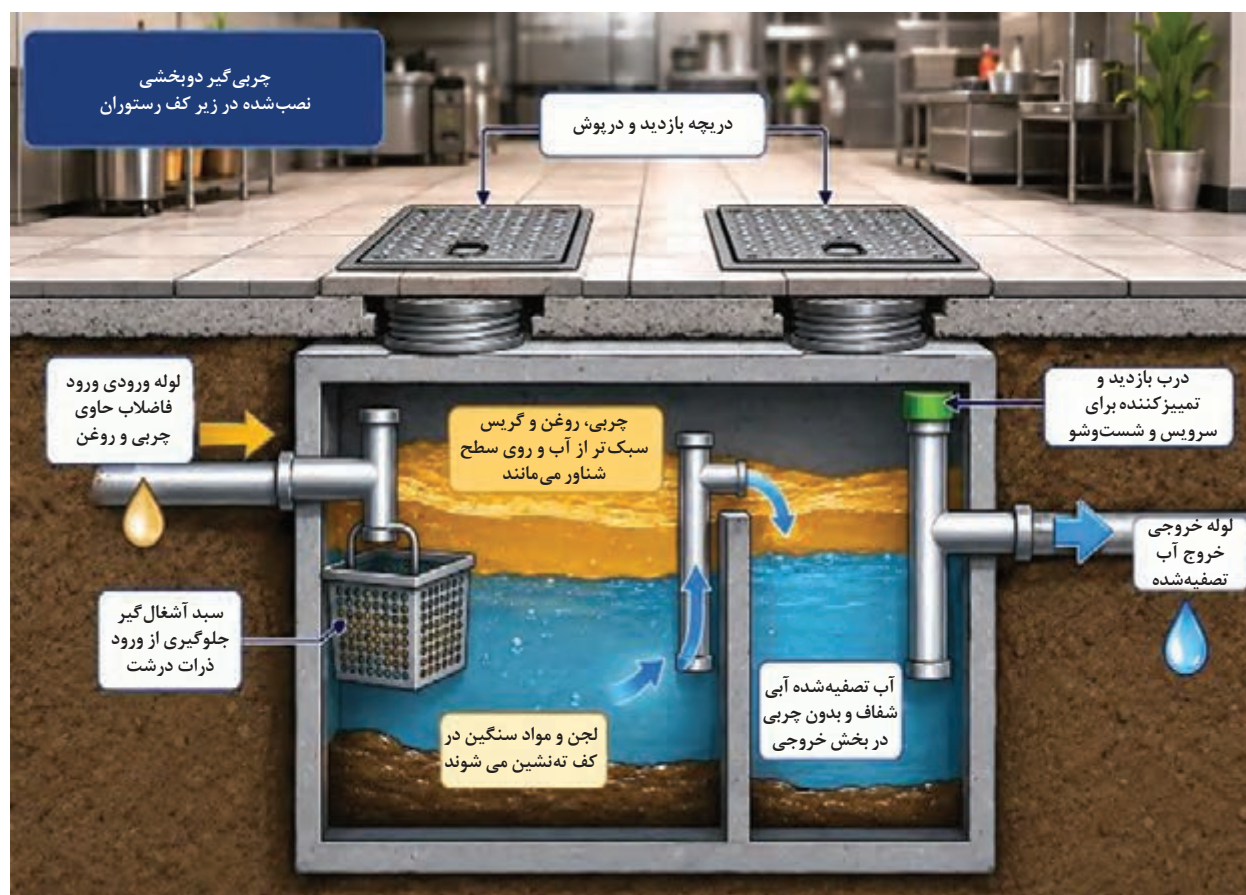
این مقدار حجم کل مخزن است و در مجتمع‌ها بهتر است این مقدار را بین چند مخزن تقسیم کنیم.



در مورد فرایند بی‌هوازی در تصفیه فاضلاب و سپتیک تانک و روش تشکیل لجن تحقیق کرده و نتیجه را ارائه کنید.

چربی گیر

چربی گیر (Grease Trap) تجهیزاتی است که در مسیر فاضلاب آشپزخانه‌ها، رستوران‌ها و صنایع غذایی نصب می‌شود تا چربی‌ها، روغن‌ها و مواد سبک را قبل از ورود به شبکه فاضلاب یا واحدهای تصفیه حذف کند. وجود چربی در فاضلاب باعث گرفتگی لوله‌ها، ایجاد بوی نامطبوع، کاهش بازدهی تصفیه‌خانه و افزایش هزینه‌های نگهداری می‌شود. در چربی گیر، به دلیل کاهش سرعت جریان، چربی‌ها روی سطح آب شناور می‌شوند و مواد سنگین در کف ته‌نشین می‌گردند. شکل ۱۰ عملکرد یک چربی گیر را نشان می‌دهد. برای محاسبه چربی گیرها بسته به کاربری و دبی ورودی روش‌های متنوعی وجود دارد. زمان ماند چربی گیرها بین ۳۰ دقیقه تا ۳ ساعت تخمین زده می‌شود.



شکل ۱۰- مراحل چربی گیری

مثال



حجم چربی گیر یک رستوران که در هر وعده می‌تواند به ۱۵۰ نفر سرویس دهد چند مترمکعب است؟ برای رستوران‌ها می‌توان فرض کرد که مصرف و تولید فاضلاب هر نفر در وعده غذایی حدود ۲۰ تا ۲۵ لیتر است. همچنین فرض می‌کنیم کل ۱۵۰ نفر در یک بازه ۳ ساعته سرویس می‌گیرند.

$$\text{دبی پساب} = \frac{150 \times 25 \text{ lit}}{3 \text{ hr}} = 1250 \text{ lit/hr} = 1/25 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{حجم چربی گیر} = \text{دبی پساب} \times \text{زمان ماند} = 1/25 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times 2 \text{ hr} = 2/5 \text{ m}^3$$

$$3 \text{ m}^3 = 2/5 \text{ m}^3 \times 1/2 = \text{ضریب اطمینان} \times \text{حجم چربی گیر} = \text{حجم نهایی چربی گیر}$$

تخلیه هوا

در فضاهایی که بو یا بخار آب تولید می‌شود، لازم است هوای آلوده به وسیله سیستم تهویه مکانیکی به خارج از ساختمان تخلیه گردد. برای این منظور از فن‌های مرکزی یا فن‌های مستقل استفاده می‌شود. همچنین در طراحی سیستم تهویه، تعیین ظرفیت مناسب فن و انتخاب قطر مناسب لوله یا کانال تخلیه هوا باید در محاسبات در نظر گرفته شود. برای محاسبه میزان هوای تخلیه می‌توان از روش حجمی میزان تعویض را به‌دست آورد و سپس با توجه به جدول‌های توصیه شده مبحث ۱۴ مقررات ملی آن را مقایسه نمود:

روش حجمی: در این روش براساس حجم فضا و تعداد تعویض هوای آن محل (جدول ۱۳) می‌توان دبی هوای مورد نیاز برای تخلیه را به روش زیر محاسبه نمود:

$$Q = \text{Vol} \cdot \text{ACH}$$

جدول ۱۳- تعداد تعویض هوا بر ساعت ACH

نوع فضا	نوع کاربری ساختمان		
	مسکونی	تجاری	عمومی
توالت	۱۰-۱۲	۱۲-۱۵	۱۵-۲۰
حمام	۸-۱۰	۱۰-۱۲	۱۰-۱۵
آشپزخانه	۱۰-۱۵	۱۵-۲۰	۲۰-۳۰

مثال



دبی هوای مورد نیاز برای یک توالت ساختمان تجاری شش چشمی به ابعاد (۱/۵ × ۱/۲ × ۲/۵ m) چند مترمکعب بر ساعت و چند فوت مکعب بر دقیقه است:

$$\text{Vol} = 1/5 \times 1/2 \times 2/5 \times 6 = 27 \text{ m}^3$$

$$Q = \text{Vol} \cdot \text{ACH} = 27 \times 15 = 405 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$1 \text{ m}^3 \approx 35 \text{ ft}^3, 1 \text{ hr} = 60 \text{ min} \rightarrow 1 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} = \frac{35 \text{ ft}^3}{60 \text{ min}} \approx 0.6 \text{ cfm}$$

$$Q = \frac{405 \text{ m}^3}{\text{hr}} = 405 \times 0.6 = 243 \text{ cfm}$$

الزام مقررات ملی: در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان ایران در بخش تعویض و تخلیه هوا برای فضاهای زیر کمینه مقدار هوای ورودی و هوای تخلیه مورد نیاز فضاهای با کاربری مختلف داده شده است (جدول ۱۴).

جدول ۱۴- کمینه مقدار هوای ورودی و هوای تخلیه مورد نیاز فضاهای با کاربری مختلف

نوع فضا	نوع کاربری ساختمان		
	عمومی و تجاری (هتل، خوابگاه و رستوران)	مسکونی (cfm)	
توالت	هر کابین	۷۰ cfm	۵۰
حمام	هر دوش	۵۰ cfm	۵۰
آشپزخانه	رستوران (به ازای زیربنا)	۰/۷ Cfm/ft ^۲	۱۰۰

برای توالتهای ساختمان تجاری مثال قبل کمینه هوای ورودی با توجه به جدول ۱۴ چند cfm است؟

کار کلاسی



سایز لوله یا کانال: برای برآورد سطح لوله یا کانال هوای تخلیه با داشتن دبی و سرعت هوا در کانال می توان از معادله دبی استفاده کرد:

$$Q = V.A \rightarrow A = \frac{Q}{V}$$

انتخاب سرعت مناسب هوا باعث می شود از ایجاد صدای زیاد، افت فشار بالا و افزایش مصرف انرژی جلوگیری شود. به طور کلی هرچه سرعت هوا در کانال بیشتر باشد، قطر کانال کوچک تر می شود؛ اما در مقابل، افت فشار، صدای جریان هوا و ارتعاشات نیز افزایش می یابد. به همین دلیل در طراحی تأسیسات ساختمان، سرعت هوا را در محدوده ای مناسب و متناسب با نوع کاربری فضا انتخاب می کنند. سرعت هوا در دریچه هوا و کانال یا لوله تخلیه هوا در محدوده ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ فوت بر دقیقه (fpm) تعیین می شود. فرض مقدار دقیق سرعت آن بستگی به کانال اصلی یا فرعی و حساسیت محیط دارد:

سرعت ۶۰۰-۴۰۰: برای دریچه ها (Grilles) و شاخه های انتهایی در اتاق خواب ها استفاده می شود.

سرعت ۱۲۰۰-۷۰۰: برای کانال های اصلی در واحدهای مسکونی توصیه می شود.

سرعت ۲۵۰۰-۱۲۰۰: برای بخش هایی که به صدا حساس نیستند، مثل پارکینگ یا فضای بالای سقف کاذب چنانچه بخواهیم از لوله استفاده کنیم قطر لوله از معادله پیوستگی محاسبه می شود:

$$D = 13 / 5 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

که در آن قطر تقریبی لوله به اینچ و دبی هوا به cfm و سرعت هوا به fpm است.

مثال



قطر لوله تخلیه هوای یک توالت مسکونی چند اینچ است؟
با توجه به دبی ۵۰ فوت مکعب بر دقیقه و سرعت ۶۰۰ فوت بر دقیقه

$$D = 1.3 / \sqrt{V} = 1.3 / \sqrt{600} = 0.053 \text{ ft} = 0.64 \text{ in} \rightarrow \text{قطر} = 4 \text{ in}$$

انتخاب فن تخلیه هوا

انتخاب فن تخلیه هوا (Exhaust Fans) بسته به نوع ساختمان و کاربری فضا می‌تواند به صورت مرکزی یا مستقل انجام شود. در سیستم مرکزی، چندین فضا به یک فن اصلی متصل می‌شوند و این روش برای ساختمان‌های بزرگ مناسب است. در سیستم مستقل، برای هر فضا یک فن جداگانه نصب می‌شود که بیشتر در ساختمان‌های مسکونی و فضاهای کوچک کاربرد دارد. فن‌های اکسیال برای مسیرهای کوتاه و افت فشار کم و فن‌های سانتریفیوژ برای کانال‌های طولانی و افت فشار زیاد مناسب هستند. انتخاب صحیح فن با توجه به دبی، افت فشار، صدا، محل نصب، نگهداری و مصرف انرژی، موجب بهبود کیفیت هوا و کاهش بو و رطوبت می‌شود. در شکل ۱۱ معیارهای طراحی اگزاست فن نشان داده شده است.



شکل ۱۱

افت فشار: هوا برای حرکت در داخل لوله یا کانال، به انرژی نیاز دارد. این انرژی توسط فن به صورت فشار استاتیک تأمین می شود. از لحظه ای که هوا وارد کانال می شود، به دو دلیل اصلی بخشی از انرژی (فشار) خود را از دست می دهد:

■ **اصطکاک طولی (Friction Loss):** ناشی از برخورد مولکول های هوا با جداره داخلی کانال و بستگی به زبری سطح کانال یا لوله دارد.

■ **اغتشاش یا افت دینامیک (Dynamic Loss):** هرگاه جهت یا سرعت جریان هوا تغییر کند (در زانو ها، سه راهی ها، تبدیل ها یا هنگام عبور از دریچه ها)، جریان دچار تلاطم شده و فشار افت می کند. برای محاسبه دقیق افت فشار بایستی طول لوله یا کانال، جنس کانال، تعداد زانو، دمپرهای مسیر، افت دریچه و افت در محل کلاhek خروجی به تفکیک محاسبه شود.

طول معادل سرانگشتی تقریبی چند نوع اتصال آورده شده است:

■ **زانو ۹۰°:** حدود ۳ تا ۵ متر

■ **زانو ۴۵° و سه راهی:** حدود ۱/۵ تا ۲/۵ متر

■ **دمپر و دریچه:** حدود ۳ تا ۶ متر

■ **کلاhek/گریل خروجی:** حدود ۵ تا ۹ متر

$$\Delta P(\text{in.w.g}) = 0.005 \times L_{eq}$$

$$L_{eq} = \text{طول معادل}$$

مثال



طول مسیر لوله تخلیه هوای یک ساختمان ۲۱ متر است. در مسیر کانال یک زانوی ۹۰ درجه و دو زانوی ۴۵ درجه و یک کلاhek خروجی و یک دریچه استفاده شده است. چنانچه دبی کل هوای تخلیه ۳۰۰ cfm باشد و بخواهیم از یک فن سانتریفوژ مرکزی برای تخلیه هوای سرویس های ساختمان استفاده کنیم، افت فشار و فن مناسب را با استفاده از جدول به دست آورید:

برای حل ابتدا طول معادل کل مسیر را محاسبه کرده، سپس افت فشار را به دست می آوریم و در نهایت براساس جدول سازنده، فن مناسب را انتخاب می کنیم:

□ محاسبات طول معادل کل (L_{eq}): ابتدا تمام اتصالات را با ضرایب سرانگشتی به طول معادل تبدیل می کنیم.

$$L_{eq} = 21 + 4 + (2 \times 2) + 6 + 7 = 42 \text{ متر}$$

$$\Delta P = 0.005 \times L_{eq} = 0.005 \times 42 = 0.21 \text{ in.w.g}$$

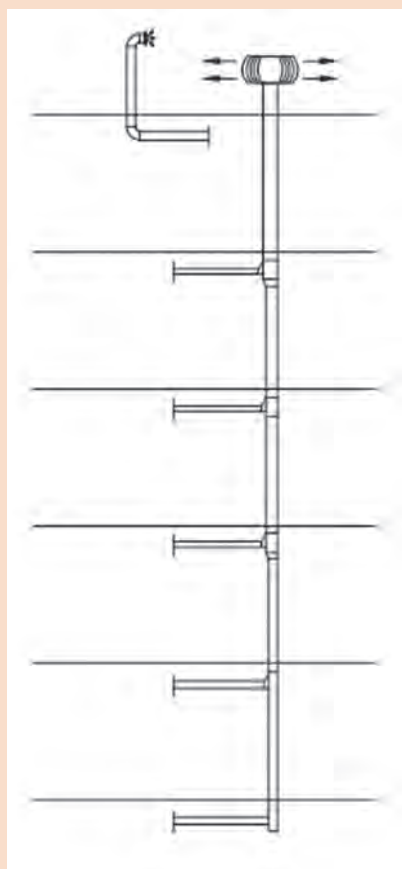
با داشتن دو عامل دبی و افت فشار به کاتالوگ سازنده شرکت های تولیدی اگزاست فن مراجعه کرده و فن مورد نظر بام را با مدل F۳ انتخاب می کنیم.

Model	Power (kW)	Voltage	Speed RPM	static pressure of in.wg								
				Air Flow(cfm)								
				۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۲	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۳۲
F1	۰/۰۹	۳۸۰	۱۴۰۰	۲۶۰	۲۵۰	۲۴۵	۲۳۵	۲۰۵	۱۸۵			
F2	۰/۱۲	۲۲۰	۱۴۰۰	۲۷۰	۲۶۵	۲۶۰	۲۵۰	۲۲۰	۱۹۵			
F3	۰/۱۸	۲۲۰ - ۳۸۰	۱۴۰۰	۴۱۰	۴۰۵	۴۰۰	۳۹۵	۳۸۵	۳۸۰	۳۷۰	۳۲۵	۲۹۰
F4	۰/۱۲	۲۲۰ - ۳۸۰	۹۰۰	۲۶۰	۲۵۰	۲۳۵	۲۲۰	۱۸۰	۱۷۰			
F5	۰/۱۸	۲۲۰ - ۳۸۰	۱۴۰۰	۶۹۰	۶۸۰	۶۶۵	۶۵۰	۶۲۰	۵۹۰	۵۵۰	۵۰۰	۴۶۵
F6	۰/۱۸	۲۲۰ - ۳۸۰	۹۰۰	۴۶۰	۴۵۰	۴۲۰	۳۹۰	۳۶۰	۳۲۵	۲۹۵	۲۵۰	۲۰۵
F7	۰/۲۵	۲۲۰ - ۳۸۰	۱۴۰۰	۱۰۳۰	۱۰۲۰	۱۰۱۰	۱۰۰۰	۹۷۰	۹۴۰	۹۱۰	۸۸۰	۸۲۵

کار کلاسی



قطر لوله طبقات و رایزر تخلیه هوای مستقل و مرکزی توالت ساختمان مسکونی نشان داده شده چند اینچ است؟ (طراح برای طبقه ششم یک فن مستقل سقفی داخل واحد در نظر گرفته است. چرا؟) برای هر توالت مقدار دبی تخلیه هوا ۵۰ فوت مکعب بر دقیقه و سرعت در مسیر فرعی ۵۰۰ فوت بر دقیقه و در مسیر اصلی ۸۰۰ فوت بر دقیقه در نظر گرفته و جدول زیر را تکمیل کنید.



طبقه	دبی (Q cfm)	D (in)
رایزر همکف تا اول		
رایزر اول تا دوم		
رایزر دوم تا سوم		
رایزر سوم تا چهارم		
رایزر چهارم تا پنجم		
رایزر پنجم تا بام		
تمام لوله‌های افقی و طبقه ششم	۵۰	۴

چنانچه ارتفاع هر طبقه سه متر و طول افقی هر انشعاب دو متر باشد با توجه به جدول، اگر است فن مناسب کدام مدل است؟

الگوی ارزشیابی شایستگی محاسبات و برآورد فاضلاب

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد
۳	■ محاسبه و برآورد قطر لوله ونت برابر مبحث ۱۶ ■ محاسبه و برآورد قطر لوله و کانال تخلیه هوا برابر دستورالعمل	بالاتر از حد انتظار	محاسبه و برآورد قطر لوله‌های فاضلاب، آب باران، ونت و فن تخلیه هوای ساختمان برابر استانداردها و مقررات ملی
۲	■ محاسبه و برآورد قطر لوله فاضلاب برابر مبحث ۱۶ ■ محاسبه و برآورد قطر لوله آب باران برابر مبحث ۱۶	در حد انتظار	
۱	ناتوانی در محاسبه قطر لوله‌های سیستم فاضلاب و آب باران	پایین تر از حد انتظار	
			نمره مستمر از ۵
			نمره واحد یادگیری از یک تا سه
			نمره واحد یادگیری از ۲۰

- ☐ نمره شایستگی واحد یادگیری منحصراً شامل نمرات ۱، ۲، ۳ است.
- ☐ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.
- ☐ حداقل نمره قبولی ۱۲ از ۲۰ است.



پودمان پنجم

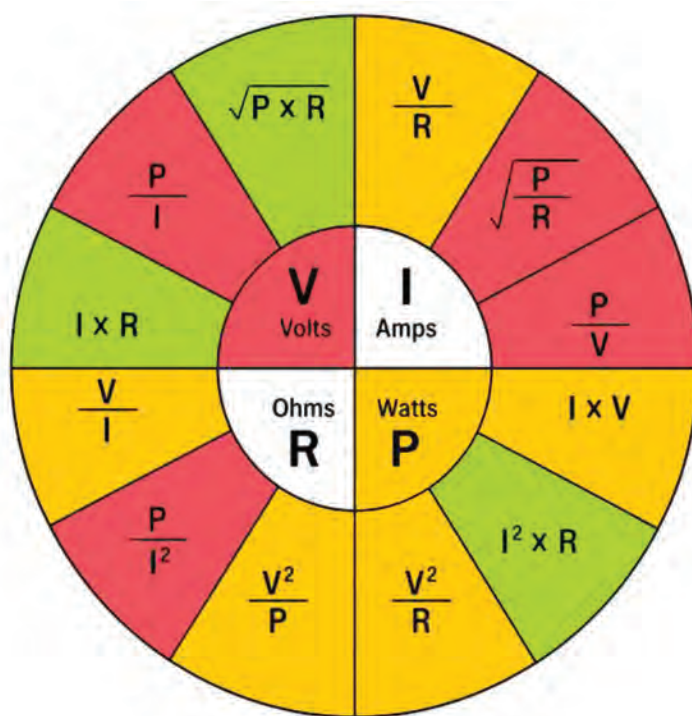
برق در تأسیسات



در تأسیسات مکانیکی ساختمان، بسیاری از تجهیزات مانند پمپ، فن، هواساز، مشعل، کمپرسور و شیرهای برقی به انرژی الکتریکی وابسته هستند؛ از این رو یک تکنسین تأسیسات باید با مفاهیم پایه برق، مدارهای الکتریکی، تجهیزات حفاظتی و کنترلی آشنا باشد تا بتواند تجهیزات را به درستی راه اندازی، بهره برداری و عیب یابی کند.

واحد یادگیری ۱

کمیت‌های الکتریکی



استاندارد عملکرد

به کارگیری مفاهیم پایه فیزیک الکتریسیته در کنترل و راه‌اندازی دستگاه‌های تأسیسات مکانیکی.

یادآوری

ریاضی و فیزیک

میدان مغناطیسی

در فضای اطراف یک آهنربا یا مغناطیس طبیعی خاصیتی وجود دارد که ذرات آهن را به خود جذب می‌کند به این فضا میدان مغناطیسی گویند.

(الف)

(ب)

- ۱ دریافت خود را از شکل الف بیان کنید.
- ۲ پدیده القای مغناطیسی را توضیح دهید.
- ۳ میدان مغناطیسی در کدام قسمت آهنربا قوی‌تر است؟ چرا؟

پرسش
کلاسی



کار کلاسی



(الف)

آهنربایی را روی سطح میز قرار داده و یک قطب‌نما را مقابل یکی از قطب‌های آن قرار دهید.

قطب‌نما را روی مسیری دایره‌ای شکل، دور آهنربا به آرامی بچرخانید:

الف) جهت‌گیری عقربه را در نقطه‌های ۱ تا ۸ روی شکل نشان دهید.

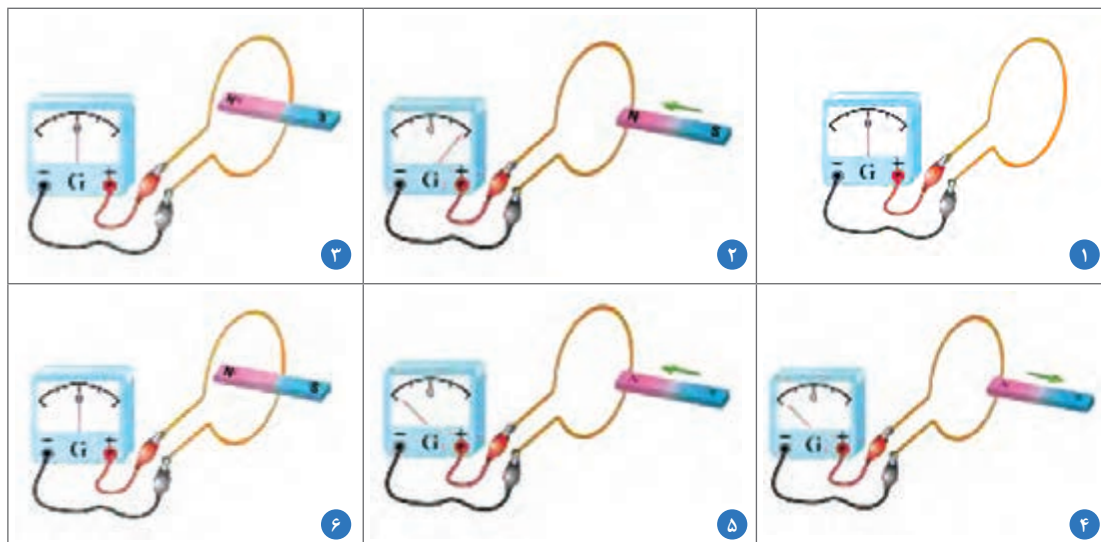
ب) جهت خط‌های میدان مغناطیسی چگونه است؟ چرا؟

میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی: با عبور جریان الکتریکی از داخل یک سیم، خاصیت مغناطیسی در فضای اطراف آن پدید می‌آید که به آن خاصیت مغناطیسی گویند.

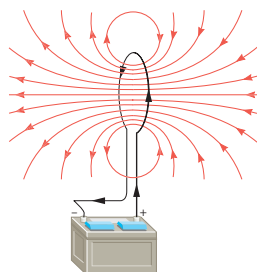


شکل ۱- میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

القای الکترومغناطیسی: قانون القای الکترومغناطیسی در آزمایش شکل ۲ نشان داده شده است. اگر یک آهنربا را به داخل یک سیم پیچ وارد کرده یا از آن خارج کنیم، عقربه گالوانومتر منحرف می شود؛ یعنی در سیم پیچ ولتاژ و جریان القا شده است.

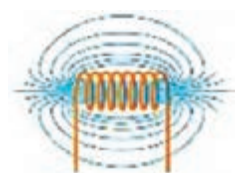


شکل ۲



میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه دایره ای حامل جریان: شکل ۳ میدان مغناطیسی اطراف یک حلقه را نشان می دهد که حامل جریان I است. خطوط میدان مغناطیسی در داخل حلقه به یکدیگر نزدیک ترند؛ یعنی، میدان در این ناحیه قوی تر است.

شکل ۳- میدان مغناطیسی اطراف حلقه حامل جریان



شکل ۴- میدان مغناطیسی اطراف سیم پیچ

میدان مغناطیسی اطراف سیم پیچ حامل جریان: هرگاه یک سیم بلند را به صورت مارپیچی بلند درآوریم سیم پیچ تشکیل می شود. با عبور جریان الکتریکی از آن، در فضای اطراف آن میدان مغناطیسی به وجود می آید. همان گونه که در شکل ۴ دیده می شود، خط های میدان داخل سیم پیچ بسیار متراکم تر از خط های میدان در خارج آن است و این نشانگر بزرگ تر بودن میدان در داخل سیم پیچ است.

سیم پیچ با هسته آهنی: شکل ۵ سیم پیچ با یک هسته آهنی را نشان می‌دهد. وقتی جریانی در سیم پیچ برقرار می‌شود، میدان مغناطیسی سیم پیچ، در هسته آهنی خاصیت مغناطیسی القا می‌کند و هسته آهنی، آهنربا می‌شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می‌نامند. هرچه تعداد دورهای سیم پیچ و جریانی که از آن می‌گذرد بیشتر باشد، آهنربای الکتریکی قوی‌تر خواهد بود. وجود هسته آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیم پیچ می‌شود.



شکل ۵ - سیم پیچ با هسته آهنی

کاربرد مغناطیس

از خاصیت الکترومغناطیس در ساخت رله‌ها، شیرهای برقی، مولدها، الکتروموتورها، ترانسفورماتورها، کلیدهای مغناطیسی، جرثقیل‌های آهنربایی، دستگاه‌های اندازه‌گیری و ... استفاده می‌شود. شیر برقی: نوعی شیر الکترومکانیکی است که برای قطع و وصل و تغییر مسیر جریان مایعات و گازها به کار می‌رود. نمونه‌هایی از آن در شکل ۶ آورده شده است.



کولر اسپلیت



مشعل گازوئیلی

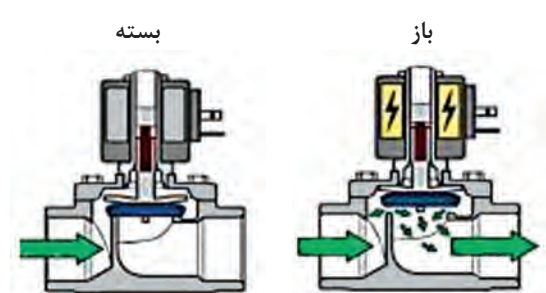


مشعل گازی



دستگاه تصفیه آب

شکل ۶- انواع شیر برقی



شکل ۷- نحوه عملکرد شیر برقی

شیر برقی از قسمت‌های سیم پیچ، هسته، فنر، سوپاپ و بدنه شیر تشکیل شده است. با برق‌دار شدن سیم پیچ، هسته آهنی که متصل به سوزن یا سوپاپ شیر است آهنربا شده و به طرف بالا حرکت نموده و از نشیمن‌گاه خود جدا می‌شود در نتیجه مسیر سیال باز یا بسته می‌گردد. شیرهای برقی از نظر نشیمن‌گاه سوپاپ به دو صورت NO (در حالت عادی باز) و NC (در حالت عادی بسته) می‌باشند. در شکل ۷ نحوه عملکرد یک نوع شیر برقی NC آورده شده است.

جریان الکتریکی

جریان الکتریکی در اثر حرکت بارهای الکتریکی در یک رسانا به وجود آمده و انرژی الکتریکی مورد نیاز وسایل مختلف از طریق آن تأمین می‌شود. اگر عبور بار همیشه در یک جهت باشد آن را جریان مستقیم (DC) و چنانچه جهت و مقدار آن به طور منظم تغییر کند آن را جریان متناوب (AC) می‌نامند.

جریان مستقیم (DC)

جریانی که در آن، بارهای الکتریکی همواره در یک جهت حرکت می‌کنند و مقدار ولتاژ در زمان ثابت یا تقریباً ثابت است.

ویژگی‌های جریان مستقیم

- ✓ جهت جریان ثابت و در یک جهت است.
- ✓ دارای قطب مثبت (+) و منفی (-) است
- ✓ مقدار ولتاژ ثابت یا نزدیک به ثابت است
- ✓ در مدارهای الکترونیکی و کنترلی بیشتر استفاده می‌شود.

نماد در مدار

در نقشه‌های الکتریکی، جریان مستقیم با نماد زیر نمایش داده می‌شود.

یا

DC

جهت جریان در DC

جریان از قطب مثبت (+) به قطب منفی (-) همواره در یک جهت حرکت می‌کند.

منابع جریان مستقیم

باتری خشک

باتری خودرو

آداپتور (تغذیه DC)

پنل خورشیدی

نمودار ولتاژ در DC

در جریان مستقیم، ولتاژ در طول زمان ثابت است و تغییری نمی‌کند.

کاربردهای جریان مستقیم

لامپ‌های LED

گوشی موبایل

لپ‌تاپ

کنترل از راه دور

مودم و تجهیزات شبکه

بردهای الکترونیکی و کنترلی

دوربین‌های مداربسته

موتورهای کوچک DC

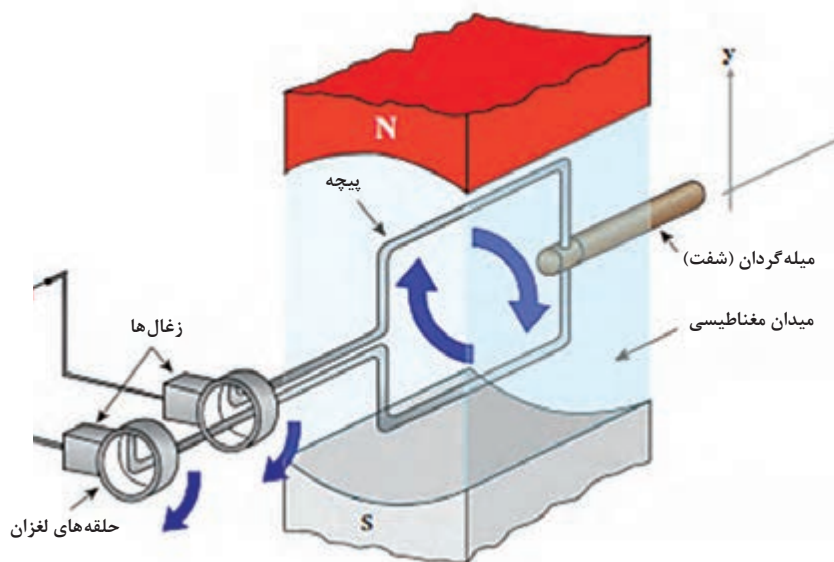
نکات مهم

- اتصال قطب مثبت و منفی به‌صورت درست، برای عملکرد صحیح مدار DC ضروری است.
- در صورت برعکس کردن قطب‌های منبع تغذیه، ممکن است به تجهیزات آسیب وارد شود.
- بسیاری از تجهیزات AC (مثل لوازم خانگی) برای کار کردن به DC نیاز ندارند. اما در درون آن‌ها برای مدارهای کنترلی از DC استفاده می‌شود.

اتصال صحیح قطب‌ها

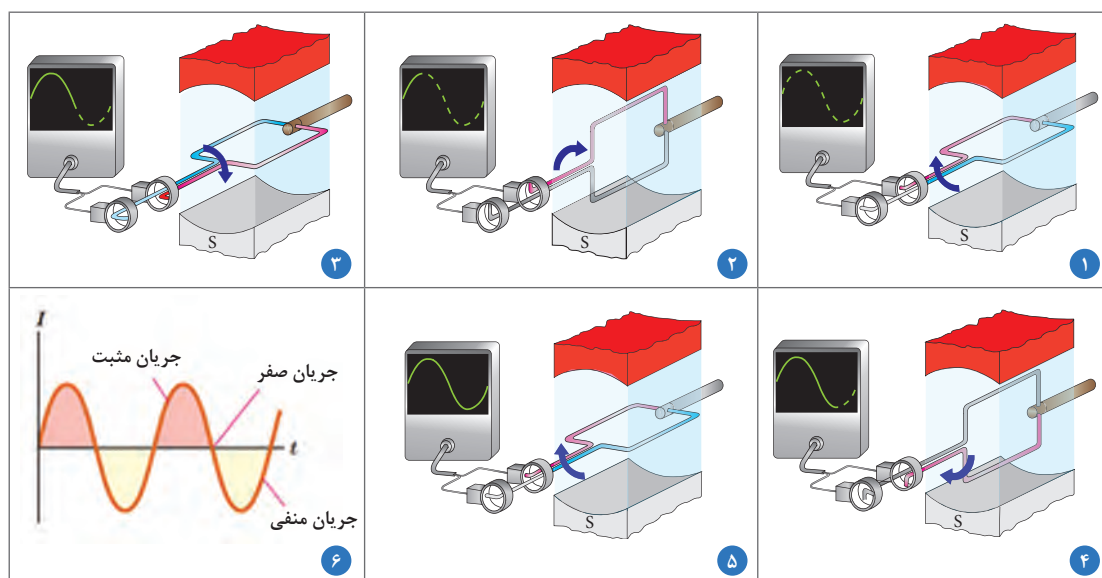
شکل ۸

جریان متناوب (AC): توسط دستگاهی به نام ژنراتور که از دو قسمت ساکن و متحرک تشکیل شده است با اثر القای الکترومغناطیسی تولید می‌شود.



شکل ۹- ساختار ژنراتور

در شکل ۱۰ نحوه تولید جریان متناوب سینوسی در یک چرخش کامل رتور نشان داده شده است.



شکل ۱۰- مولد جریان متناوب سینوسی

جریان متناوب (AC)



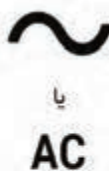
جریانی است که جهت و مقدار آن به صورت متناوب و دوره‌ای تغییر می‌کند.
در برق شهر، جهت جریان ۵۰ بار در هر ثانیه تغییر می‌کند (فرکانس ۵۰ هرتز).

ویژگی‌های جریان متناوب

- ✓ جهت و مقدار جریان به طور دوره‌ای تغییر می‌کند.
- ✓ دارای قطب ثابت مثبت یا منفی نیست.
- ✓ مقدار ولتاژ و جریان به صورت سینوسی تغییر می‌کند.
- ✓ انتقال انرژی در فواصل طولانی آسان و اقتصادی است.
- ✓ بیشتر تجهیزات تأسیسات با AC کار می‌کنند.

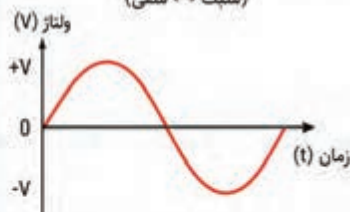
نماد در مدار

در نقشه‌های الکتریکی، جریان متناوب با نماد زیر نمایش داده می‌شود.



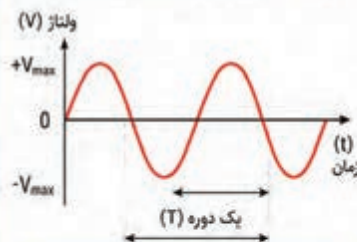
جهت جریان در AC

جهت جریان و ولتاژ در هر لحظه تغییر می‌کند.
(مثبت ← منفی)



نمودار ولتاژ در AC

ولتاژ در طول زمان به صورت سینوسی تغییر می‌کند.



$$f = 50 \text{ Hz (فرکانس)} \quad f = \frac{1}{T}$$

کاربردهای جریان متناوب



پمپ‌های آب



فن کویل‌ها



هواسازها



کولرهای گازی



الکتروموتورها



مشعل‌ها



الکتروفن‌ها



روشنایی و پریزها

بیشتر تجهیزات تأسیسات مکانیکی ساختمان با جریان متناوب (AC) کار می‌کنند.

مزایای AC نسبت به DC در انتقال قدرت

- ✓ قابلیت افزایش یا کاهش ولتاژ با ترانسفورماتور
- ✓ اتلاف توان کمتر در مسیرهای طولانی
- ✓ هزینه کمتر در تولید و انتقال
- ✓ امکان تغذیه انواع تجهیزات و موتورها

مقایسه AC و DC

ویژگی	جریان متناوب (AC)	جریان مستقیم (DC)
جهت جریان	متغیر و دوره‌ای	ثابت و یک‌طرفه
منبع	برق، شهر، ژنراتور	باتری، آداپتور
فرکانس	۵۰ هرتز (در ایران)	صفر هرتز
کاربرد	تجهیزات قدرت و موتورها	مدارهای الکترونیکی و کنترلی
نماد	~ یا AC	— یا DC

نکات مهم



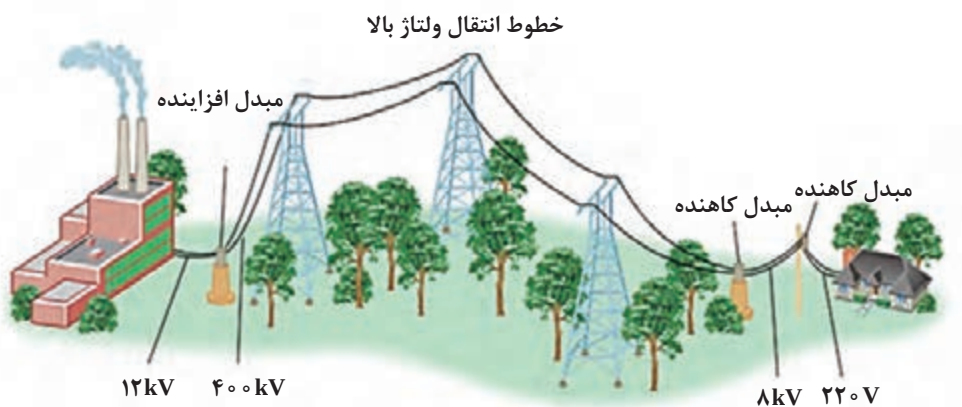
- بدنه دستگاه‌های AC ممکن است دارای ولتاژ خطرناک باشد.
- همیشه قبل از سرویس، دستگاه را از برق جدا کنید.
- برق شهر دارای ولتاژ ۲۲۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز است.



جریان متناوب ستون فقرات سیستم‌های قدرت و تأسیسات مکانیکی ساختمان است و به دلیل قابلیت انتقال بهینه، تجهیزات متنوع و استاندارد بودن، پرکاربردترین نوع جریان در جهان می‌باشد.

انتقال و توزیع انرژی الکتریکی

انتقال انرژی الکتریکی از نیروگاه تا نقاط مصرف توسط کابل‌های هوایی و زمینی انجام می‌شود که به مجموعه تجهیزات آن خطوط شبکه گویند. شبکه توزیع از تجهیزاتی مانند ترانسفورماتورها، خطوط برق، پایه‌ها، کابل‌ها و تجهیزات حفاظتی تشکیل می‌شود.



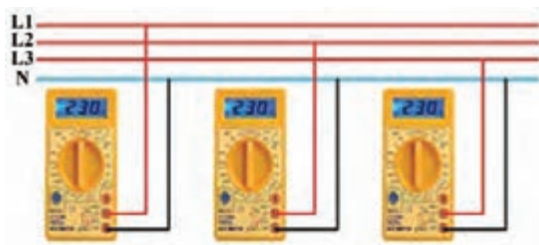
شکل ۱۲- خط انتقال ولتاژ

دلیل افزایش ولتاژ و کاهش جریان در خطوط انتقال چیست؟

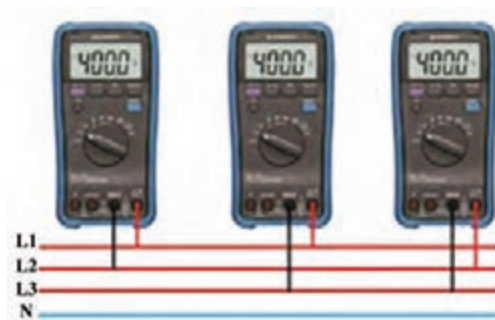
بحث کلاسی



در شبکه توزیع برق، ولتاژ به دو صورت ولتاژ فازي VP و ولتاژ خط VL تعریف می‌شود. ولتاژ فازي، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین هر فاز و سیم نول است، در حالی که ولتاژ خط، اختلاف پتانسیل بین دو فاز را نشان می‌دهد. در شبکه توزیع برق ایران، ولتاژ فازي برابر ۲۴۰-۲۲۰ و ولتاژ خط برابر ۴۰۰-۳۸۰ ولت است (شکل ۱۳).

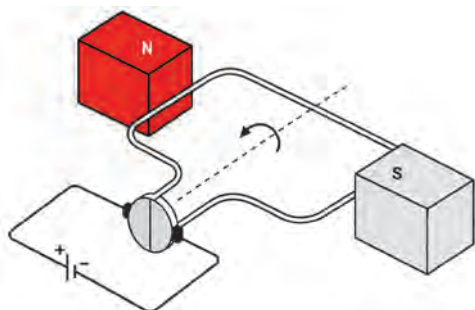


شکل ۱۴- ولتاژ فازي



شکل ۱۳- ولتاژ خط

موتور الکتریکی



شکل ۱۵- ساختار موتور الکتریکی

در موتور الکتریکی، سیم پیچ‌هایی وجود دارند که حامل جریان هستند (یعنی بارهای الکتریکی در آن‌ها در حرکت‌اند) و آهنرباهایی نیز وجود دارند که بر بارهای متحرک نیرو وارد می‌نمایند. از این‌رو، بر هر سیم حامل جریان، نیروی مغناطیسی وارد شده و حلقه‌ها را می‌چرخانند (شکل ۱۵).

در مورد نیروگاه‌های جریان متناوب در منابع گوناگون جست‌وجو نموده و یک مورد را در قالب گزارش در کلاس تشریح نمایید.

پژوهش



کمیت‌های الکتریکی

جریان الکتریکی

جریان الکتریکی به حرکت بارهای الکتریکی گفته می‌شود. هرگاه در مدت یک ثانیه تعداد 1.6×10^{18} الکترون از سطح مقطع یک هادی عبور کند، شدت جریانی برابر یک آمپر از آن عبور می‌کند.

نماد: I
واحد: (A)

آمپر متر برای اندازه‌گیری جریان به صورت **سری** در مدار قرار می‌گیرد.

آمپر متر به صورت سری در مدار بسته می‌شود.

نماد اختصاری

آمپر متر

پتانسیل الکتریکی (اختلاف پتانسیل)

اختلاف پتانسیل، اختلاف بار الکتریکی بین دو نقطه از مدار است که باعث حرکت الکترون‌های آزاد می‌شود.

نماد: V

واحد: ولت (V)

ولت متر برای اندازه‌گیری ولتاژ به صورت **موازی** در مدار بسته می‌شود.

ولت متر به صورت موازی در مدار بسته می‌شود.

نماد اختصاری

ولت متر

منابع ولتاژ

باتری خشک

باتری تر

برق شهر

مقاومت الکتریکی

مقاومت، خاصیت مواد در مخالفت با عبور جریان الکتریکی است.

نماد: R

واحد: اهم (Ω)

وسيله اندازه‌گیری: اهم متر برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی استفاده می‌شود.

چند نمونه انواع مقاومت

مقاومت کربنی
(ثابت)

کاربرد: بردهای الکترونیکی

مقاومت سیمی
(ثابت)

کاربرد: تابلوهای فرمان و مدارهای قدرت

پتانسیومتر
(متغیر)

کاربرد: تنظیم ولتاژ و جریان

LDR
(تابع نور)

کاربرد: فتوسل و سیستم‌های روشنایی

NTC
(ضریب حرارتی منفی)

کاربرد: سنسور دما، برد کولر اسپلیت، ترموستات

PTC
(ضریب حرارتی مثبت)

کاربرد: حفاظت مدار، محدودکننده جریان راه‌اندازی، بردهای الکترونیکی

NTC: با افزایش دما، مقاومت کاهش می‌یابد.

PTC: با افزایش دما، مقاومت افزایش می‌یابد.

شکل ۱۶- کمیت‌های الکتریکی

مقاومت الکتریکی

مواد در برابر عبور جریان الکتریکی از خود مقاومت نشان داده که به این خاصیت مقاومت الکتریکی گفته می‌شود. از نظر هدایت الکتریکی مواد به سه دسته هادی، نیمه‌هادی و عایق تقسیم می‌شوند. واحد اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی اهم (Ω) بوده و برای اندازه‌گیری آن از اهم‌تر استفاده می‌شود. در مقاومت‌ها بخشی از انرژی الکتریکی به گرما تبدیل می‌شود؛ به همین دلیل هنگام عبور جریان گرم می‌شوند. از این ویژگی در وسایلی مانند آب‌گرم‌کن برقی، بخاری برقی و هیترهای ذوبان برفک استفاده می‌شود. همچنین مقاومت‌ها برای کنترل جریان و ولتاژ در مدارهای الکتریکی به کار می‌روند. مقاومت‌های اهمی به دو دسته کلی ثابت و متغیر تقسیم می‌شوند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- انواع مقاومت

مقاومت متغیر: مقاومت‌های متغیر، مقدارشان قابل تنظیم بوده و به عوامل مختلفی همانند گرما، نور، فشار، ولتاژ و... وابسته است.

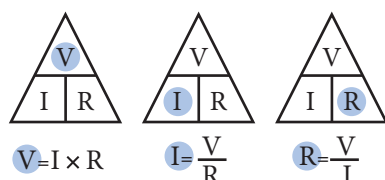
جدول ۱- مقایسه انواع مقاومت‌های وابسته

نوع مقاومت	شکل	عامل تغییر	نحوه تغییر مقاومت	کاربرد در تجهیزات
ترمیستور NTC		دما	با افزایش دما مقاومت کاهش می‌یابد.	سنجش دما در یخچال، کولر اسپلیت، پکیج
ترمیستور PTC		دما	با افزایش دما مقاومت افزایش می‌یابد.	حفاظت مدار، محدود کننده جریان
مقاومت فیوزی		جریان زیاد	در حالت عادی مانند مقاومت عمل می‌کند ولی در جریان زیاد قطع می‌شود.	یخچال‌های نوفراست، پکیج‌های گرمایشی

نوع مقاومت	شکل	عامل تغییر	نحوه تغییر مقاومت	کاربرد در تجهیزات
ترموفیوز		دمای زیاد	با افزایش بیش از حد دما مدار را قطع می کند.	سیستم های گرمایشی و حفاظتی
مقاومت تابع نور LDR		نور	با افزایش نور مقاومت کاهش می یابد.	فتوسل مشعل گازوئیلی، سیستم های روشنایی اتوماتیک

در مورد انواع فتوسل و کاربرد آن ها در منابع گوناگون جست و جو نموده و در قالب یک گزارش در کلاس ارائه نمایید.

پژوهش



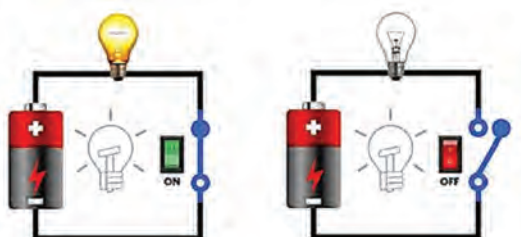
شکل ۱۸- قانون اهم



قانون اهم: قانون اهم بیان می کند که شدت جریان عبوری از یک مدار با ولتاژ نسبت مستقیم و با مقاومت نسبت عکس دارد. به عبارت دیگر، هرچه ولتاژ بیشتر شود جریان افزایش می یابد و هرچه مقاومت بیشتر شود جریان کاهش پیدا می کند.

مدار الکتریکی: مسیر بسته ای است که جریان الکتریکی در آن برقرار می شود. اجزای اصلی مدار الکتریکی، منبع تغذیه، سیم های رابط، کلید و مصرف کننده می باشند و وسایل اندازه گیری، حفاظتی و کنترل ها به عنوان اجزای

فرعی به مدار الکتریکی اضافه می شوند. هنگامی که مسیر عبور جریان کامل باشد، جریان الکتریکی در مدار برقرار شده و به آن مدار بسته گفته می شود. در صورتی که مسیر عبور جریان در هر نقطه ای قطع شود، جریان الکتریکی برقرار نشده و به آن مدار باز گفته می شود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- مدار باز و بسته

۱ در یک مدار الکتریکی چنانچه:

(الف) ولتاژ را ثابت نگاه داریم و مقاومت را دو برابر کنیم، چه تأثیری در جریان خواهد داشت؟

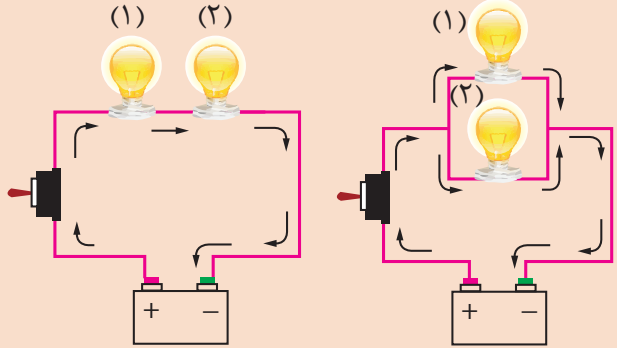
(ب) مقاومت را ثابت نگاه داریم و ولتاژ را نصف کنیم، چه تأثیری در جریان خواهد داشت؟

۲ یک فن کوچک دارای مقاومت الکتریکی ۴۴ اهم به برق ۲۲۰ ولت متصل شده است. شدت جریان عبوری از فن را محاسبه کنید؟

پرسش
کلاسی



اگر در یک مدار الکتریکی بیش از یک مصرف کننده وجود داشته باشد اتصال آن ها به یکی از سه حالت، سری، موازی و ترکیبی می باشد.



الف) با توجه به شکل های داده شده در مورد مدارهای سری و موازی و کاربرد آنها گفت و گو نمایید.

ب) در مدار سری اگر لامپ ۲ خاموش شود برای لامپ یک چه اتفاقی می افتد؟

پ) در مدار موازی اگر لامپ ۲ خاموش شود برای لامپ دو چه اتفاقی می افتد؟

گفت و گوی
کلاسی



پرسش
کلاسی



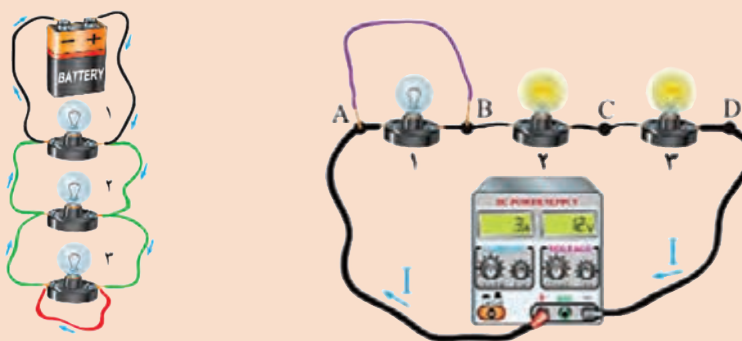
- ۱ به نظر شما لوازم الکتریکی منزلتان با کدام اتصال به شبکه برق وصل می شوند؟ چرا؟
- ۲ به نظر شما ریشه های روشنایی و تزئینی لامپی و ال ای دی، سری هستند یا موازی؟

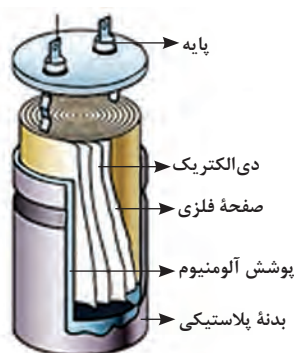
اتصال کوتاه: اتصال کوتاه حالتی است که در آن دو نقطه از مدار که بین آنها اختلاف پتانسیل وجود دارد، توسط یک مسیر با مقاومت بسیار کم یا تقریباً صفر به یکدیگر متصل شوند. در این حالت جریان بسیار زیادی از مدار عبور می کند که می تواند باعث گرم شدن سیم ها، آسیب دیدن تجهیزات و حتی آتش سوزی شود.

پرسش
کلاسی



- با توجه به مدارات الکتریکی داده شده به سؤالات زیر پاسخ دهید.
- الف) با اتصال کوتاه نقاط A و B در مقاومت کل و جریان مدار سری چه تغییری رخ می دهد؟
- ب) چرا اتصال کوتاه بین نقاط A و D در مدار سری خطرناک است؟
- پ) چرا با اتصال کوتاه لامپ ۳ در مدار موازی، لامپ های ۱ و ۲ نیز خاموش می شوند؟
- ت) قطع لامپ ۳ در مدار موازی چه تأثیری بر سایر عناصر دارد؟





شکل ۲۰- خازن



خازن وسیله‌ای است که می‌تواند مقداری الکتریسیته را به صورت بارهای الکتریکی در خود ذخیره کند. صفحات داخلی خازن از ورقه‌های نازک از جنس آلومینیوم یا نقره بوده و عایق بین صفحات (دی الکتریک) می‌تواند هوا، کاغذ، روغن، نفت و ... باشد (شکل ۲۰).

خازن‌ها به دو صورت ثابت و متغیر (دی الکتریک هوا یا تریمر) دسته‌بندی می‌شوند. در موتور الکتریکی دستگاه‌های تأسیسات مکانیکی خازن‌ها از نوع ثابت، کاغذی، الکترولیتی و روغنی به صورت تکی (دو فیشه) یا دوقلو (سه فیشه) هستند که به صورت موقت یا دائم، در مدار قرار می‌گیرند.

ظرفیت خازن (C) برحسب فاراد بیان می‌شود. چون فاراد واحد بسیار بزرگی است، در عمل از واحد کوچک‌تر مانند μF میکروفاراد استفاده می‌شود، که $1 \mu F = 10^{-6} F$ است.



شکل ۲۱- خازن سه فیش

■ **خازن راه‌انداز:** خازن موقت یا راه‌انداز به منظور ایجاد گشتاور در لحظه راه‌اندازی به مدت فقط چند ثانیه در هر دفعه راه‌اندازی موتورها به کار می‌رود (شکل ۲۲).

■ **خازن کار:** خازن دائم کار گشتاور و راندمان موتور را بهینه نموده و در مدار می‌ماند (شکل ۲۲).



خازن کار



خازن راه‌انداز

شکل ۲۲



شکل ۲۲- مشخصات خازن

مشخصه‌های خازن

مهم‌ترین مشخصه‌های یک خازن موتور شامل ظرفیت خازنی، ولتاژ نامی، فرکانس کاری، نوع خازن و محدوده دمایی مجاز است. ولتاژ نامی، حداکثر ولتاژی است که خازن می‌تواند به طور ایمن تحمل کند و معمولاً برحسب ولت (V) نوشته می‌شود. به‌طوری‌که عایق دی‌الکتریک آن آسیب نبیند و تِلرانس، حداکثر انحراف مجاز مقدار ظرفیت خازن نسبت به ظرفیت اسمی آن است که می‌تواند متغیر باشد. فرکانس کاری نیز برحسب هرتز (Hz) مشخص شده و نشان‌دهنده فرکانس مناسب برای عملکرد خازن است. در جدول ۳ خازن‌های پرکاربرد در تأسیسات آورده شده است.

جدول ۳- انواع خازن

دستگاه	توان تقریبی	نوع خازن	ظرفیت رایج (μF)	کاربرد
اسپلیت ۱۲۰۰۰	۱~ تن تبرید	دائم (Run)	۳۵ - ۴۰ μF	کمپرسور
اسپلیت ۱۸۰۰۰	۱/۵~ تن	دائم	۴۰ - ۴۵ μF	کمپرسور
اسپلیت ۲۴۰۰۰	۲~ تن	دائم	۵۰ - ۵۵ μF	کمپرسور
اسپلیت ۳۰۰۰۰	۲/۵~ تن	دائم	۵۵ - ۶۰ μF	کمپرسور
مشعل‌گازی (فن)	۵۰۰W تا ۱۰۰۰W	راه‌انداز/دائم	۲ - ۶ μF	موتور فن مشعل
پمپ آب کوچک	۵/۱ تا HP ۱	راه‌انداز	۲۰ - ۳۵ μF	استارت موتور
پمپ متوسط	۱/۵ تا HP ۲	راه‌انداز + دائم	۴۰ - ۵۰ μF	تقویت گشتاور
پمپ بزرگ	HP ۳ به بالا	دائم	۷۰ - ۱۰۰ μF	کارکرد پایدار
پمپ پکیج کوچک	۶۰-۱۰۰ W	دائم	۲ - ۴ μF	کارکرد پایدار
پمپ پکیج بزرگ	۱۰۰-۱۸۰ W	دائم	۳ - ۶ μF	کارکرد پایدار
فن کویل تا ۳۰۰ cfm	۵۰-۱۰۰ W	دائم	۱/۵ - ۲/۵ μF	کارکرد پایدار
فن کویل تا ۶۰۰ cfm	۱۰۰-۲۰۰ W	دائم	۲ - ۴ μF	کارکرد پایدار
فن کویل کانالی بالاتر از ۸۰۰ cfm	۲۰۰-۴۰۰ W	دائم	۳ - ۶ μF	کارکرد پایدار
فن پنل داخلی داکت اسپلیت	۲۰۰-۶۰۰ W	دائم	۳ - ۸ μF	کارکرد پایدار
فن یونیت خارجی داکت اسپلیت	۱۰۰-۳۰۰ W	دائم	۲ - ۵ μF	کارکرد پایدار
کمپرسور داکت اسپلیت	۱/۵-۵ ton	دائم	۲۵ - ۶۰ μF	کارکرد پایدار



با توجه به تصویر خازن داده شده، مشخصات آن را بیان کنید.

الف) مدل
ب) ظرفیت
ج) ولتاژ کار
د) تلرانس

عمل از دست دادن شارژ خازن را دشارژ می نامند. برای اطمینان از سالم بودن خازن می توان با خازن سنج ظرفیت آن را اندازه گیری و با ظرفیت حک شده روی آن مطابقت داد.

کار الکتریکی

کار الکتریکی (انرژی الکتریکی)

کار الکتریکی، مقدار انرژی است که توسط جریان الکتریکی برای انجام یک وظیفه خاص (مثل چرخش موتور یا روشن شدن لامپ) مصرف شده است و با نماد W نشان داده می شود. واحد آن ژول (J) است.



چرخش موتور



روشن شدن لامپ



کار الکتریکی از رابطه زیر به دست می آید:

$$W = V \cdot I \cdot t$$

W = کار الکتریکی یا انرژی الکتریکی

I = شدت جریان الکتریکی (A)

t = زمان (s)

V = ولتاژ الکتریکی (V)

شکل ۲۴

در مقاومت های گرماده الکتریکی همانند المنت اتوی لوله کشی یا المنت آب گرم کن برقی شکل ۲۵ تمام کار انجام شده توسط جریان به گرما تبدیل می شود. پس انرژی الکتریکی مصرف شده با مقدار گرما برابر است $W=Q$.



رادیاتور برقی



آب گرمکن برقی



اتو لوله کشی

شکل ۲۵- کار و توان

توان الکتریکی



توان یعنی سرعت انجام کار
(سرعت مصرف انرژی)

توان الکتریکی

به مقدار کار انجام شده در واحد زمان طبق رابطه زیر توان گفته می‌شود و واحد آن ژول بر ثانیه یا وات (W) می‌باشد.

$$P = \frac{W}{t} = V \cdot I$$

توان ورودی (P_1) توان
الکتریکی ورودی به موتور



توان خروجی (P_2) توان
مکانیکی مفید
(چرخش محور موتور)

توان تلف شده
(به صورت گرما و اصطکاک)

دیاگرام توان موتور الکتریکی

موتورهای الکتریکی از جمله دستگاه‌های برقی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند اما در این فرایند بخشی از انرژی به گرما تبدیل می‌شود. به عبارت دیگر مقدار توان خروجی P_2 برابر توان ورودی P_1 نیست و همیشه مقدار P_1 از P_2 کمتر است چرا که بخشی از توان به صورت گرما و اصطکاک تلف می‌شود.



واحدهای توان	
(W)	ژول بر ثانیه (واحد پایه توان)
کیلو وات	$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$
اسب بخار	$1 \text{ hp} = 736 \text{ W}$

نمونه توان برخی تجهیزات تأسیساتی			
پمپ آب	فن کویل	کولرگازی	مشعل
$= 0.75 \text{ kW}$ (۱ اسب بخار)	$= 50 - 200 \text{ W}$	$= 1000 - 3000 \text{ W}$	$= 100 - 500 \text{ W}$

شکل ۲۶

توان الکتروموتور تک فاز با شدت جریان مصرفی $1/6 \text{ A}$ چند وات و چند اسب بخار است؟

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

$$I = 1/6 \text{ A}$$



محاسبه توان (وات)

$$P = V \cdot I$$

$$P = 220 \times 1/6$$

$$P = 352 \text{ W}$$



تبدیل به اسب بخار

$$1 \text{ hp} = 736 \text{ W}$$

$$P = \frac{352}{736} = 0.47 \text{ hp}$$

$$= 0.5 \text{ hp}$$

نتیجه

- توان موتور ۳۵۲ وات
- اسب بخار ۳۵۲ وات



✓ هرچه توان یک دستگاه بیشتر باشد، در واحد زمان انرژی بیشتری مصرف می‌کند.
✓ در انتخاب تجهیزات باید توان مورد نیاز سیستم را به درستی در نظر گرفت تا از اتلاف انرژی جلوگیری شود.

مثال

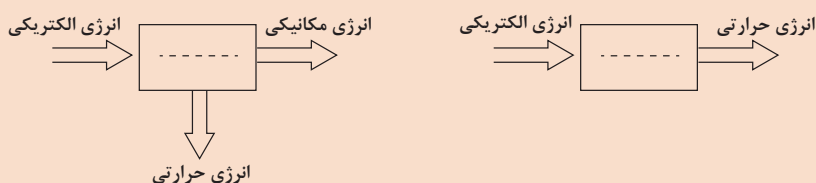


پرسش
کلاسی



۱ مقدار $\frac{3}{4} \text{ HP}$ معادل چند وات است؟

۲ دیاگرام‌های داده شده مربوط به چه وسایل برقی هستند؟



راندمان

راندمان یک دستگاه، نسبت توان خروجی مفید (P_r) به توان ورودی (P_i) آن است. که نشان می‌دهد چه مقدار از انرژی دریافتی به کار مفید تبدیل شده است. راندمان موتور را معمولاً با نماد η (اتا) و به صورت درصد (%) نشان می‌دهند. راندمان موتور از رابطه $\eta = \frac{P_r}{P_i} \times 100$ به دست می‌آید.

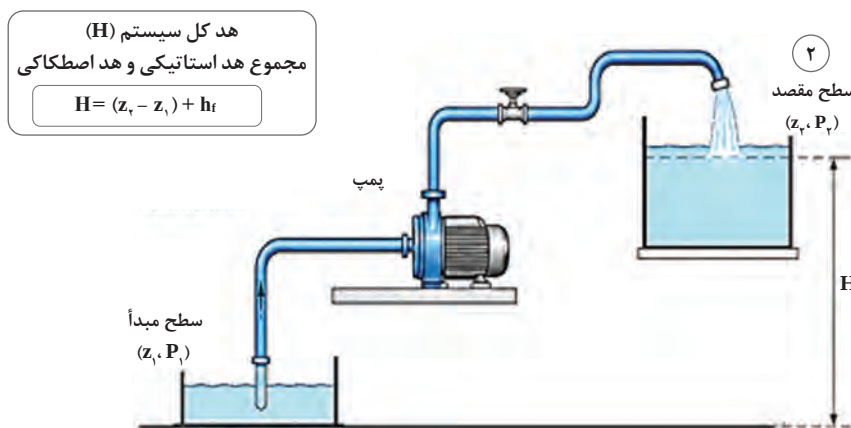
یک موتور الکتریکی ۷۵۰ واتی از شبکه الکتریکی ۱۰۰۰ وات توان الکتریکی دریافت می‌کند راندمان آن چند درصد است؟

پرنسپ
کلاسی



توان پمپ

محاسبه توان پمپ (بر حسب کیلووات)



هد کل سیستم (H)
مجموع هد استاتیکی و هد اصطکاکی

$$H = (z_2 - z_1) + h_f$$

رابطه توان پمپ (بر حسب کیلووات)
توان مورد نیاز پمپ بر حسب کیلووات (KW)

$$P(KW) = \frac{Q \times \rho \times g \times H}{3600 \times \eta}$$

P: توان مورد نیاز پمپ (کیلووات)
Q: دبی حجمی سیال (m^3/s)
 ρ : چگالی سیال (kg/m^3)
g: شتاب گرانش ($9.81 m/s^2$)
H: هد کل سیستم (m)
 η : راندمان پمپ (عدد اعشاری)

توضیح:

این رابطه، توان مورد نیاز محور پمپ را با در نظر گرفتن راندمان پمپ به دست می‌دهد.
اسب بخار (KS) = 0.746 کیلووات (KW)

تغییرات در رابطه

۱ توان هیدرولیکی
(توان منتقل شده به سیال)
 $P_h = Q \times \rho \times g \times H (W)$

۲ توان مورد نیاز محور پمپ
 $P(W) = \frac{P_h}{\eta} = \frac{Q \times \rho \times g \times H}{\eta}$

۳ تبدیل به کیلووات
 $P(kW) = \frac{P(W)}{1000} = \frac{Q \times \rho \times g \times H}{3600 \times \eta}$

مثال عددی

مشخصات سیستم:

$$Q = 90 m^3/h = \frac{90}{3600} = 0.025 m^3/s$$

$$\rho = 1000 kg/m^3 \text{ (آب)}$$

$$H = 28 m$$

$$\eta = 70\% = 0.7$$

$$g = 9.81 m/s^2$$

محاسبات

۱ توان هیدرولیکی
 $P_h = Q \times \rho \times g \times H$
 $= 0.025 \times 1000 \times 9.81 \times 28$
 $= 6867 W$

۲ توان مورد نیاز محور (وات)
 $P(W) = \frac{P_h}{\eta} = \frac{6867}{0.7}$
 $= 9810 W$

۳ توان پمپ (کیلووات)
 $P(kW) = \frac{P(W)}{1000}$
 $= \frac{9810}{1000}$
 $= 9.81 kW$

۴ تبدیل به اسب بخار (اختیاری)
 $P(hp) = \frac{P(kW)}{0.746}$
 $= \frac{9.81}{0.746}$
 $= 13.14 hp$

نتیجه: توان مورد نیاز این پمپ برابر است با ۹/۸۱ کیلووات (kW) (تقریباً ۱۳/۱۴ اسب بخار).

شکل ۲۷



می‌خواهیم با یک پمپ، 50 m^3 آب را در یک ساعت، به ارتفاع 10 m انتقال دهیم. با فرض این که چگالی آب 1000 kg/m^3 باشد و راندمان پمپ 65% توان مورد نیاز پمپ را محاسبه نمایید؟

ترانسفورماتور

ترانسفورماتور در نوع انرژی الکتریکی تغییری ایجاد نمی‌کند و فقط انرژی الکتریکی را با مقادیر ولتاژ و جریانی مشخص دریافت نموده و آن را با مقادیر ولتاژ و جریانی دیگر تحویل می‌دهد.



ترانس تصفیه‌خانگی



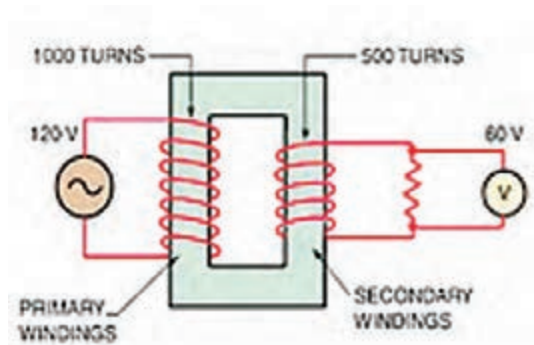
ترانس تابلو فرمان



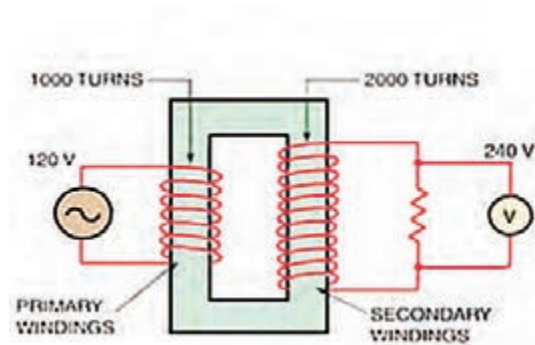
ترانس جوشکاری

شکل ۲۸- انواع ترانسفورماتور

ترانسفورماتورها را از نظر مقدار ولتاژ خروجی نسبت به ولتاژ ورودی به سه دسته، کاهنده، افزایشنده و یک به یک یا ایزوله تقسیم‌بندی می‌نمایند. ترانس کاهنده، ولتاژ ثانویه آن کمتر از ولتاژ اولیه است، ترانس افزایشنده، ولتاژ ثانویه آن بیشتر از ولتاژ اولیه است و ترانس یک به یک، ولتاژ ورودی و خروجی آن برابر است. در شکل ۲۹ (الف و ب) دو نمونه از ترانس‌های افزایشنده و کاهنده ولتاژ نشان داده شده است.



(ب) ترانس کاهنده ولتاژ



(الف) ترانس افزایشنده ولتاژ

شکل ۲۹



- ☐ با توجه به شکل های صفحه قبل دلیل کاهش یا افزایش ولتاژ خروجی از مبدل چیست؟
- ☐ در مبدل ها انتقال ولتاژ یا جریان براساس کدام خاصیت الکترومغناطیس انجام می شود؟



مبدل (ترانس) یک به یک چه کاربردهایی دارد؟

ترانس جرقه مشعل گازوئیلی، ولتاژ ۲۲۰ ولت را تا حدود ۱۰۰۰۰ ولت افزایش می دهد و ترانس برد کولر اسپلیت ولتاژ ۲۲۰ ولت را تا ۱۲ ولت کاهش می دهد.



شکل ۳۱- ترانس کاهنده برد کولر اسپلیت



شکل ۳۰- ترانس افزایشنده مشعل



به نظر شما چرا در مشعل ها از ترانس افزایشنده و در کولر گازی از ترانس کاهنده استفاده می شود؟

الگوی ارزشیابی شایستگی کمیت‌های الکتریکی

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد
۳	■ کاربرد مغناطیس در انواع شیربرقی ■ کاربرد جریان مستقیم و متناوب در تأسیسات مکانیکی برابر موقعیت ■ تعیین مشخصه‌های خازن در دستگاه‌های تأسیساتی	بالتر از حد انتظار	به‌کارگیری مفاهیم پایه فیزیک الکتریسته در کنترل و راه‌اندازی دستگاه‌های تأسیسات مکانیکی
۲	■ تشخیص رابطه بین مدارالکتریکی و کمیت‌های الکتریکی برابر قانون اهم ■ تعیین کمیت‌های الکتریکی در توان پمپ ■ تشخیص کاربرد ترانسفورماتور در دستگاه‌های تأسیسات	در حد انتظار	
۱	ناتوانی در تعیین یا تشخیص کمیت‌های الکتریکی	پایین تر از حد انتظار	
	نمره مستمر از ۵		
	نمره واحدیادگیری از یک تا سه		
	نمره واحدیادگیری از ۲۰		

□ نمره شایستگی واحد یادگیری منحصراً شامل نمرات ۲، ۱ یا ۳ است.

□ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.

□ حداقل نمره قبولی ۱۲ از ۲۰ است.

واحد یادگیری ۲

کاربرد تجهیزات الکتریکی



استاندارد عملکرد

به کارگیری انواع سیم، کابل، کلید و روش‌های حفاظت الکتریکی براساس استانداردهای الکتریکی در تأسیسات مکانیکی

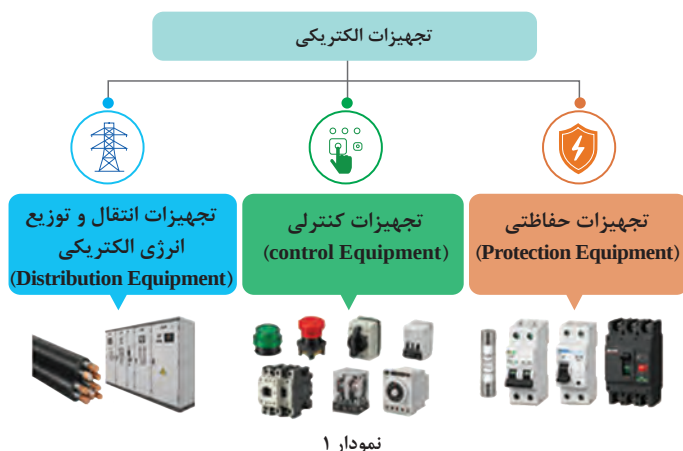
پیش‌نیاز

- فیزیک پایه
- کمیت‌های الکتریکی

تجهیزات الکتریکی

تقریباً تمام تجهیزات به کار رفته در تأسیسات مکانیکی برای انجام وظایف خود به انرژی الکتریکی نیاز دارند. انرژی الکتریکی پس از عبور از تجهیزات حفاظتی و کنترلی نصب شده در تابلو برق ساختمان، از طریق سیم و کابل به مصرف کننده منتقل می گردد.

شناخت نوع و عملکرد تجهیزات الکتریکی تأثیر مستقیمی در راهبری و نگهداری سیستم های تأسیسات مکانیکی دارد. در تأسیسات مکانیکی تجهیزات الکتریکی را براساس نقش و عملکردشان در مدار به ۳ دسته تقسیم می نمایند.



تجهیزات انتقال و توزیع

سیم: سیم عبارت است از یک یا چند رشته هادی که برای انتقال جریان الکتریکی و تغذیه مصرف کننده های برقی به کار می رود. سیم از دو بخش اصلی هادی و عایق تشکیل شده است. بخش هادی معمولاً از فلز مس یا آلومینیوم ساخته می شود و بخش عایق از مواد پلیمری تشکیل می گردد. به دلیل هدایت الکتریکی بیشتر، استحکام

مکانیکی مناسب و قابلیت اتصال بهتر، سیم های مسی در تأسیسات ساختمانی کاربرد گسترده تری نسبت به سیم های آلومینیومی دارند. انواع سیم ها از نظر ساختار هادی در تأسیسات الکتریکی در شکل ۳۲ نشان داده شده اند.



سیم مفتولی



سیم افشان

شکل ۳۲- انواع سیم

کابل: کابل مجموعه ای از یک یا چند سیم الکتریکی عایق شده است که درون غلاف محافظ مشترک قرار گرفته اند و برای انتقال انرژی الکتریکی یا سیگنال های کنترلی مورد استفاده قرار می گیرند. کابل ها دارای انواع مختلفی هستند، مانند کابل تک رشته یا چند رشته، کابل فشار ضعیف یا فشارقوی، کابل زمینی یا هوایی، کابل کواکسیال و کابل شیلددار، هر کابل بسته به نوع کاربردی که دارد دارای ساختمان خاصی است. در تأسیسات مکانیکی ساختمان از کابل ها برای تغذیه تجهیزاتی مانند پمپ ها، فن ها، کمپرسورها، چیلرها، برج های خنک کن و همچنین انتقال سیگنال های کنترلی بین حسگرها، تابلوهای برق و تجهیزات کنترلی استفاده می شود (شکل ۳۳).



افشان



شیلددار



مسی



آلومینیومی

شکل ۳۳- انواع کابل

کابل فشار ضعیف



شکل ۳۴- شناسایی کابل

کابل‌های مورد استفاده در تأسیسات الکتریکی و مکانیکی ساختمان عمدتاً از نوع ولتاژ پایین یا فشار ضعیف بوده و برای ولتاژهای تا ۱۰۰۰ ولت طراحی می‌شوند. از پرکاربردترین این کابل‌ها می‌توان به کابل‌های NYF اشاره کرد که برای تغذیه تابلوهای برق، پمپ‌ها، فن‌ها و سایر تجهیزات تأسیساتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای شناسایی مشخصات کابل‌ها از مجموعه‌ای از حروف و اعداد که روی روکش کابل درج شده است استفاده می‌شود. این علائم اطلاعاتی مانند جنس هادی، نوع عایق، تعداد رشته‌ها، سطح مقطع (se مثلی و re دایره‌ای) و ولتاژ نامی کابل را مشخص می‌کنند (شکل ۳۴).

مثال



مشخصات کابل (NYF $\times$ ۱۰re $\times$ ۰/۶ $\times$ ۱kV) عبارت است از: کابل مسی نرم شده با عایق و روپوش PVC (پروتودور) چهار رشته با مقطع دایره به سطح مقطع ۱۰ میلی‌متر مربع، ولتاژ بین فاز و زمین ۰/۶ کیلوولت و ولتاژ بین دو فاز ۱ کیلوولت است.

پرسش
کلاسی



برای پمپ آب خانگی از کابل ؟ NYF $\times$ ۲/۵se $\times$ ۰/۶ $\times$ ۱kV استفاده می‌شود. مشخصات کابل را بررسی کنید؟

براساس استاندارد IEC رنگ عایق کابل‌ها به شرح زیر است (جدول ۴)

جدول ۴- رنگ کابل براساس استاندارد IEC

فاز L _۱	فاز L _۲	فاز L _۳	نول N	ارت PE	تک فاز L

پژوهش



در مورد انواع کابل‌های الکتریکی و کاربرد آنها در منابع گوناگون جست‌وجو نمایید.

انتخاب سیم و کابل

برای انتخاب سیم و کابل باید مواردی همانند، جریان نامی، افت ولتاژ، جنس، طول و شرایط به کارگیری را در نظر گرفت. از جدول ۵ می‌توان سیم یا کابل موردنظر را با توجه به جریان و طول سیم و کابل به دست آورد.

جدول ۵- انتخاب سیم یا کابل با توجه به جریان و طول سیم

طول سیم (m)											قطر (mm ²)	
۵۰۰	۴۵۰	۴۰۰	۳۵۰	۳۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰	Al	Cu
							۵	۷	۱۵	۲۷	۲/۵	۱/۵
						۶	۸	۱۲	۲۵	۳۶	۴	۲/۵
				۶	۸	۱۰	۱۳	۲۰	۴۰	۴۶	۶	۴
۶	۶/۵	۷	۸	۱۰	۱۲	۱۵	۲۰	۳۰	۵۸	۵۸	۱۰	۶
۱۰	۱۱	۱۲	۱۴	۱۶	۲۰	۲۵	۳۳	۵۰	۷۷	۷۷	۱۶	۱۰
۱۶	۱۷	۲۰	۲۲	۲۶	۳۲	۴۰	۵۳	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۵	۱۶
۲۵	۲۷	۳۱	۳۵	۴۱	۵۰	۶۲	۸۳	۱۲۵	۱۳۰	۱۳۰	۵۰	۲۵
۳۴	۳۸	۴۳	۴۹	۵۷	۶۹	۸۶	۱۱۵	۱۵۵	۱۵۵	۱۵۵	۷۰	۳۵
۴۶	۵۲	۵۸	۶۶	۷۸	۹۳	۱۱۷	۱۵۶	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵	۹۵	۵۰
۶۶	۷۴	۸۳	۹۵	۱۱۱	۱۳۳	۱۶۶	۲۲۲	۲۳۰	۲۳۰	۲۳۰	۱۲۰	۷۰
۹۰	۱۰۰	۱۱۲	۱۲۹	۱۵۰	۱۸۰	۲۲۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۱۵۰	۹۵
۱۱۱	۱۲۳	۱۳۹	۱۵۹	۱۸۵	۲۲۲	۲۷۸	۳۱۵	۳۱۵	۳۱۵	۳۱۵	۱۸۵	۱۲۰

۶۰	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	دما (C)	ضریب تصحیح دمای محیط
۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶۳	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۹۵	۱	۱/۰۵	کابل در خاک	
۰/۵	۰/۶۱	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۸۷	۰/۹۴	۱	۱/۰۶	۱/۱۲	۱/۱۷	کابل در هوا	

مثال



تابلو برق موتورخانه‌ای از تابلو برق اصلی ساختمان ۴۸m فاصله دارد در صورتی که کابل برق در محیطی با دمای ۳۵°C و روکار اجرا شده باشد و در مجموع ۱۰۰A جریان را انتقال دهد. سائز کابل مسی را به دست آورید.

پاسخ: ابتدا با طول ۵۰m و ۱۰۰A وارد جدول می‌شویم که در شرایط ایده‌آل کابل مسی هوایی در دمای ۳۰°C، ۱۶mm² می‌باشد اما به دلیل افزایش دما خواهیم داشت:

$$\text{ضریب} = ۰/۹۴$$

$$I = ۱۰۰ \times ۰/۹۴ = ۹۴A$$

در این شرایط کابل به قطر ۱۶mm² نمی‌تواند بیشتر از ۹۴A را عبور دهد بنابراین باید از کابل با قطر ۲۵mm² استفاده کنیم که ۱۰۰A را بتواند عبور دهد.

$$I_{\text{جدید}} = ۱۳۰ \times ۰/۹۴ = ۱۲۲A$$



۱ دو دستگاه کولرگازی اسپلیت 24000 Btu/hr و 30000 Btu/hr در مجموع 25 A جریان از شبکه برق می کشند. فاصله دورترین کولر تا جعبه برق 50 m و هر دو دستگاه از یک سرخط تغذیه شوند، سائز کابل آنها چقدر خواهد بود؟

Al..... cu.....

۲ اگر سائز کابل انتخاب شده کمتر از حد مجاز باشد چه مشکلی به وجود خواهد آمد؟

۳ چنانچه کابل استفاده شده برای کولرهای گازی در محیطی با دمای 40°C به صورت هوایی عبور کند سائز کابل را به دست آورید؟

سائز کابل mm^2	کابل در خاک	کابل در هوا
۱۶		
۲۵		

۴ چرا جریان مجاز سیم و کابل در هوای آزاد، نسبت به سیم و کابل های توکار بیشتر است؟

برای سیم و کابل تجهیزات الکتریکی اعلام و اطفای حریق، کابل کنترل سطح آب مخزن و کابل برج خنک کن، پکیج های سرمایشی روی بام و آب نماها که در مواجهه با حریق، رطوبت، نور خورشید و صدمات مکانیکی هستند باید از سیم و کابل مخصوص استفاده شود. نمونه هایی از کابل ضد آب و ضد حریق در شکل های ۳۵ و ۳۶ آورده شده است.



شکل ۳۶- کابل ضد حریق



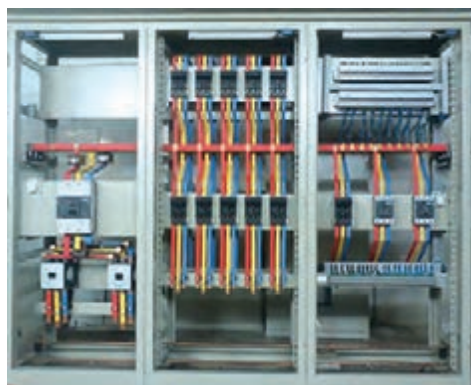
شکل ۳۵- کابل ضد آب

تابلو برق

تابلو محفظه ای است که در آن تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی برای کنترل، حفاظت و توزیع انرژی الکتریکی نصب می شوند. از لحاظ کاربرد تابلوها به دو دسته توزیع و کنترل دسته بندی می شوند شکل (۳۷).



کنترل



توزیع

شکل ۳۷

در تابلوهای توزیع برق ورودی پس از توزیع بین کلیدها، در مسیرهای جداگانه به مدارات روشنایی، پریز، تجهیزات موتورخانه آسانسور و تأسیسات مکانیکی داده می‌شود. در تابلوهای کنترل با بهره‌گیری از تجهیزات مختلف وضعیت سیستم سنجیده و نمایش داده می‌شود و در صورت لزوم تنظیمات اعمال شده توسط بهره‌بردار را به سیستم منتقل می‌نماید. تابلوها به صورت روکار و توکار ساخته شده و در سطوح ولتاژ فشار ضعیف و فشار متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرند. به صورت کلی اجزای تابلو برق موارد داده شده در جدول ۶ می‌باشد.

جدول ۶- اجزای تابلو برق

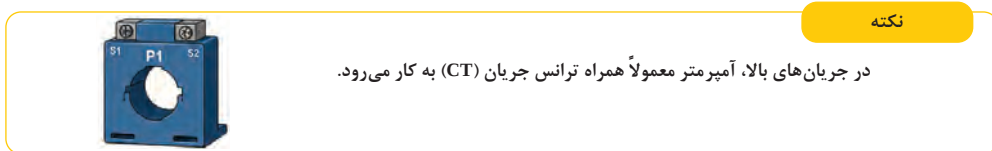
مقره‌ها	بدنه
رابط انسان و ماشین (HMI)	شمش فازها
چراغ‌های سیگنال	هادی نول
ابزار اندازه‌گیری (ولت‌متر)	هادی ارت
کلید سلکتوری	کلید قدرت
دکمه توقف اضطراری	مدار قدرت
رله	مدار فرمان
چراغ‌های سیگنال	فیوزها
پی‌ال‌سی‌ها	پوش باتن‌ها
درایوهای موتور	کنتاکتورها

ترتیب شینه سه‌فاز در اکثر تابلوها با استاندارد IEC: L₁ (قهوه‌ای) | L₂ (مشکی) | L₃ (خاکستری) | N (آبی) | PE (سبز/زرد) البته در برخی پروژه‌های ایران، به خصوص تابلوهای صنعتی قدیمی، هنوز رنگ‌های قرمز، زرد و آبی برای فازها رایج است (شکل ۳۸).



شکل ۳۸- شینه تابلو سه فاز

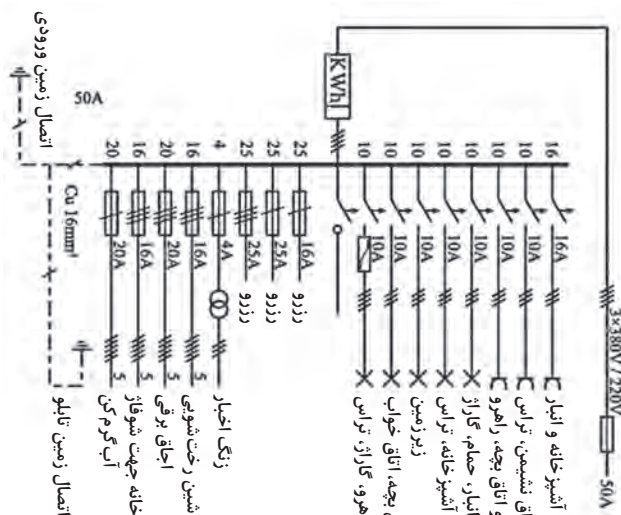
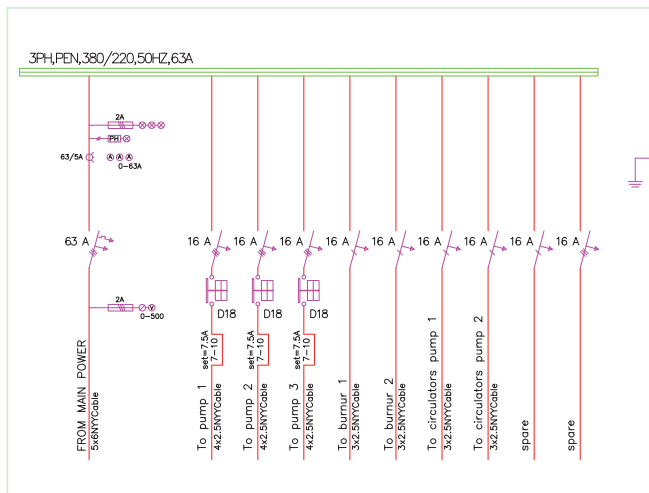
در کلیه تابلوهای برق از لامپ سیگنال به عنوان لامپ خبر نشانگر قطع و وصل بودن و وجود عیب در دستگاه‌ها و مدارات الکتریکی در چند رنگ و در دو نوع AC و DC استفاده می‌شود.



شکل ۳۹

در مدارات قدرت برای نشان دادن فاز L_1 سیگنال قرمز، L_2 سیگنال زرد و L_3 سیگنال سبز استفاده می‌شود. اما در مدارهای فرمان و کنترل از سبز برای روشن بودن و قرمز برای خطا یا تریپ استفاده می‌شود. در نقشه‌های برقی تابلوی توزیع را با حروف اختصاری DP نشان می‌دهند. در نقشه DP، مشخصات کلیدهای حفاظتی هر مسیر و تعداد مسیرهای توزیع به همراه تعداد سیم‌ها و سطح مقطع سیم‌ها نشان داده می‌شود. در شکل ۴۰ نقشه تابلو توزیع یک واحد مسکونی نشان داده شده است. در نقشه تابلو توزیع، نوع، تعداد سیم و سطح مقطع سیم‌های ورودی و خروجی به تابلو ذکر می‌شود.

نمادها



شکل ۴۰- نقشه تابلو توزیع

تابلوهای برق صنعتی که اغلب برای راه اندازی موتورهای الکتریکی به کار می‌روند معمولاً از دو مدار فرمان و قدرت با تجهیزات مربوط به خود که به شرح آنها خواهیم پرداخت تجهیزات مصرفی را حفاظت و کنترل می‌نمایند (شکل ۴۱).

مدار قدرت و مدار فرمان

مدار قدرت ⚡

مداری که انرژی الکتریکی را با جریان زیاد به مصرف کننده اصلی (موتور، پمپ، کمپرسور و ...) منتقل می کند.

- جریان، زیاد
- ولتاژ معمول: ۲۲۰ / ۳۸۰ V
- وظیفه: تأمین انرژی مصرف کننده
- اجزای اصلی:



کنتاکتور فیوز یا کلید حفاظتی کلید اصلی
(کلید قطع و وصل)



الکتروموتور
(مصرف کننده)

بی متال (رله حرارتی)

مدار فرمان

مداری که با جریان کم، وظیفه کنترل، فرمان دادن، حفاظت و نظارت بر مدار قدرت را برعهده دارد.

- جریان، کم
- ولتاژ معمول: ۲۴۱۱۰ / ۲۲۰ V
- وظیفه: کنترل، فرمان و حفاظت
- اجزای اصلی:



تایمر شستی استاپ شستی استارت
(STOP) (START)



پرشر سوئیچ ترموستات فلوٹر
(کنٹرل فشار) (کنٹرل دما) (کنٹرل سطح آب)

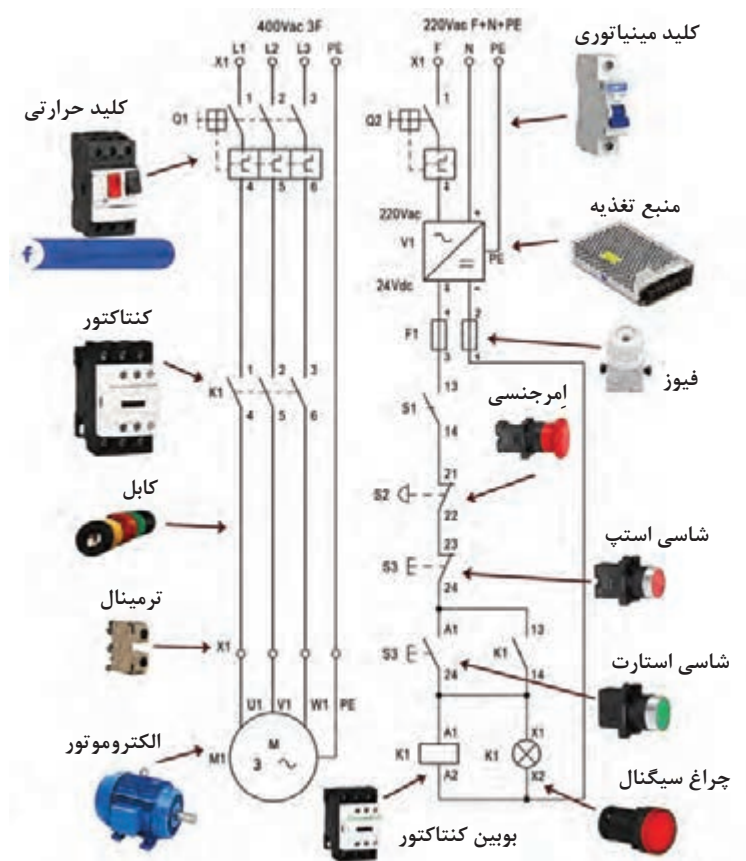
نکات مهم

- ✓ مدار فرمان تصمیم می‌گیرد.
- ✓ مدار قدرت عمل می‌کند.
- ✓ خرابی مدار فرمان، باعث عدم عملکرد مدار قدرت می‌شود.
- ✓ خرابی مدار قدرت، مانع از کار کردن مصرف‌کننده می‌شود.
- ✓ رعایت ایمنی و حفاظت در هر دو مدار الزامی می‌باشد.

تفاوت‌های کلیدی

ویژگی	مدار قدرت	مدار فرمان
وظیفه	تأمین انرژی مصرف کننده	فرمان، کنترل و حفاظت
مقدار جریان	زیاد (چند آمپر تا صدها آمپر)	کم (چند میلی آمپر)
ولتاژ معمول	۲۲۰×۳۸ ولت	۲۴×۱۱۰ ولت
تجهیزات اصلی	کنتاکتور، بی متال، فیوز، موتور	شستی، تایمر، فلوتر، سنسورها، کنتاکت کمکی
نوع سیم و کابل	ضخیم (تحمل جریان بالا)	نازک (جریان کم)

نمونه مدار فرمان و قدرت راه اندازی یک دستگاه الکتروموتور در شکل ۴۲ نشان داده شده است.



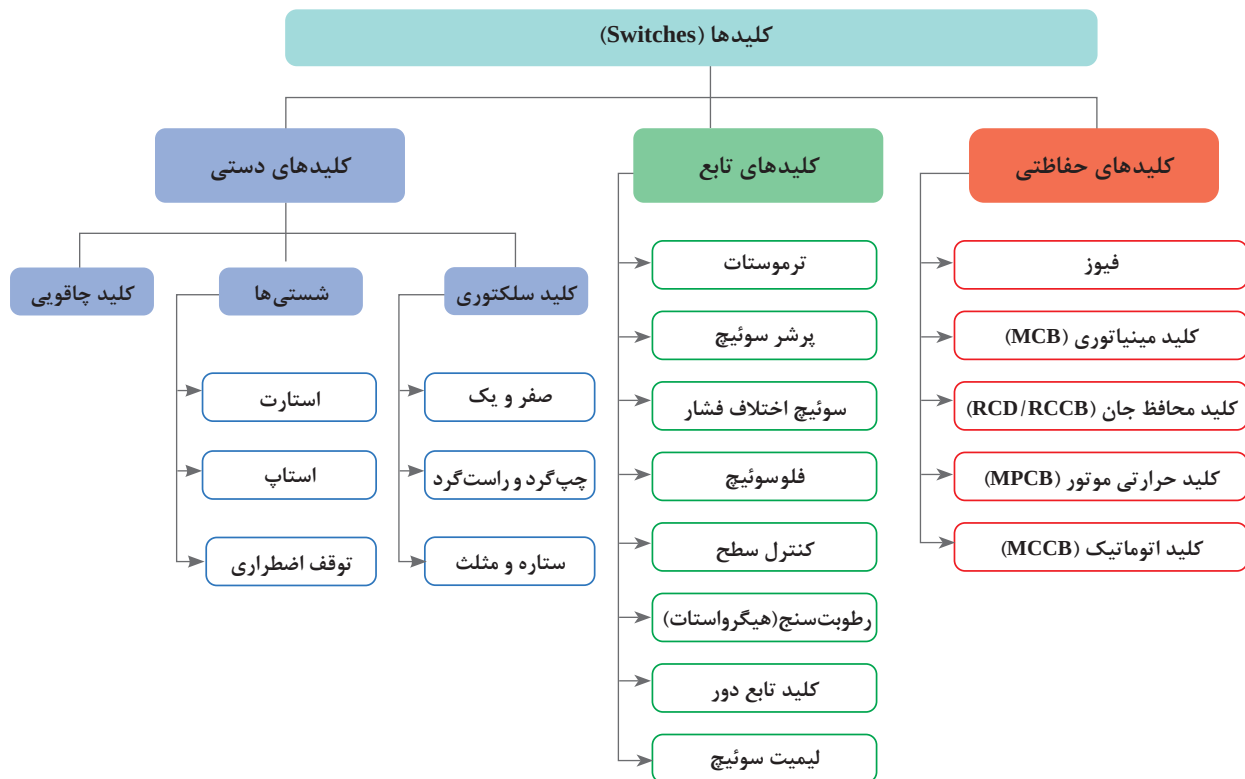
شکل ۴۲

تجهیزات کنترلی

تجهیزاتی هستند که برای صدور فرمان و کنترل عملکرد تجهیزات الکتریکی و مکانیکی به کار می روند. این تجهیزات، مدیریت مسیر جریان و اجرای دستورات مانند روشن/خاموش کردن یا تغییر سرعت را برعهده دارند و معمولاً در مدار کنترل یا فرمان قرار می گیرند.

کلیدها (Switches)

در مدارهای برقی کلیدها با اهداف مختلفی در مدارهای قدرت یا فرمان مورد استفاده قرار می گیرند. بعضی از آن ها برای قطع و وصل دستی مدار به کار می روند و برخی دیگر امکان قطع و وصل اتوماتیک مدار از راه دور را فراهم می کنند. دسته دیگر از کلیدها به تغییرات موقعیت مکانیکی و کمیت های فیزیکی فرایند، عمل می کنند. نوع دیگر کلیدها نیز به منظور حفاظت از تجهیزات و افراد در برابر خطاهای الکتریکی استفاده می شوند.



شکل ۴۳



شکل ۴۴

■ **کلیدهای دستی:** کلیدهای دستی توسط اپراتور برای قطع و وصل مدار به کار می‌روند.

■ **کلید چاقویی:** برای قطع و وصل مدارهای الکتریکی به کار می‌رود و از یک تیغه فلزی متحرک و تعدادی کنتاکت ثابت تشکیل شده است. با قرار گرفتن تیغه در محل کنتاکت، مدار برقرار شده و با خارج شدن تیغه از کنتاکت، مدار قطع می‌شود.



شکل ۴۵

■ کلید ایزولاتور

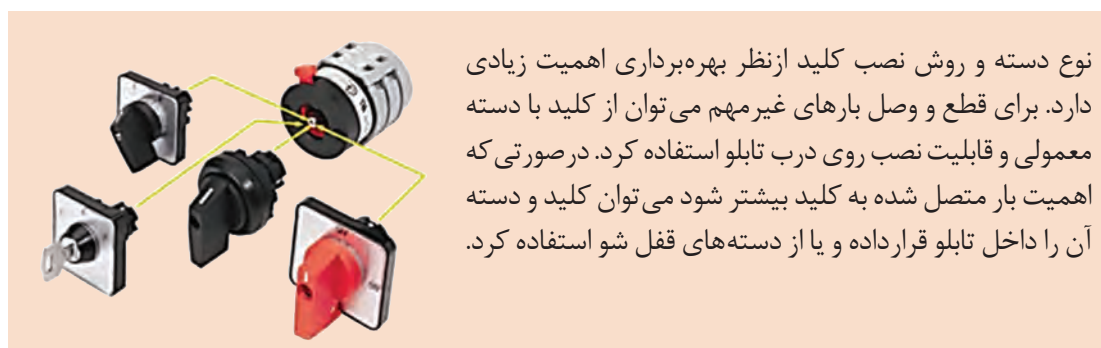
یک کلید قطع و وصل مکانیکی است که برای ایزوله کردن کامل مدار از منبع برق به کار می‌رود تا تعمیرات و سرویس تجهیزات با ایمنی انجام شود. به عنوان مثال فن‌هایی که در ارتفاع بالا در سوله‌ها نصب می‌شوند یک کلید ایزولاتور در کنار آنها نصب می‌شود و برق اصلی پس از عبور از کلید به فن متصل می‌گردد (شکل ۴۵).

■ **کلید سلکتوری:** این کلید با چرخش دسته، کنتاکت‌های داخلی را در موقعیت‌های مختلف قرار داده و امکان قطع، وصل یا تغییر مسیر مدار را فراهم می‌کند. ساده‌ترین آن تنها دو حالت روشن و خاموش دارد و با چرخاندن کلید می‌توان اتصال الکتریکی بین مدار و منبع تغذیه را قطع یا وصل کرد. کاربردهای رایج آن برای راه‌اندازی موتورهای چند دور مانند فن‌ها، سیستم‌های روشنایی، راه‌اندازی هیترهای برقی صنعتی، مدارهای چپ‌گرد و راست‌گرد، مدار ستاره و مثلث و ... می‌باشد (شکل ۴۶).

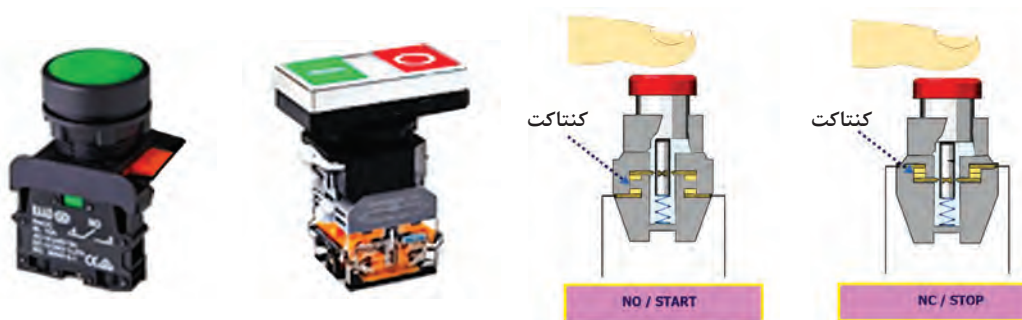


شکل ۴۶

توجه



■ **کلید فشاری (Push Button Switch):** کلید فشاری یکی از تجهیزات فرمان و کنترل در مدارهای الکتریکی است که برای قطع و وصل لحظه‌ای جریان الکتریکی به کار می‌رود. کلید شستی می‌تواند به دو صورت معمولاً بسته و معمولاً باز عمل کند. از این کلید در مدار فرمان راه‌اندازی الکتروموتورها برای تحریک کنتاکتور استفاده می‌شود. در شکل‌های ۴۷ و ۴۸ انواع آن نشان داده شده است.



شکل ۴۸- شستی استاپ و استارت دوبل و تک

شکل ۴۷- عملکرد شستی استاپ و استارت



شکل ۴۹- شستی توقف اضطراری

■ **شستی توقف اضطراری:** یک کلید ایمنی است که برای توقف سریع تجهیزات و قطع مدار فرمان در شرایط خطرناک استفاده می‌شود. این نوع کلیدهای برق صنعتی از نوع معمولاً بسته هستند و پس از فشرده شدن باز شده و روی حالت باز قفل می‌شوند. برای برگشتن کلید به حالت قبل باید شستی آن را چرخاند (شکل ۴۹).



کلید فیوز FSU



کلید فیوز دار SFU

شکل ۵۰- کلید فیوز

■ **کلید فیوز:** این کلید نیز در تابلوها به عنوان کلید قدرت و جلوگیری از خطرات احتمالی در موقع تعویض فیوزها به کار می‌رود. کلید فیوز ترکیبی از فیوزهای ذوب شونده و کلید است که قطع کلید باعث خارج شدن فیوزها از مدار می‌شود (شکل ۵۰).



شکل ۵۱- کنتاکتور

■ **کنتاکتور:** کنتاکتور نسبت به کلید دستی این مزیت را دارد که هنگام قطع برق، مدار مصرف کننده نیز قطع می‌شود و به استارت مجدد نیاز پیدا می‌کند. در نتیجه از خطرات وصل ناگهانی دستگاه جلوگیری می‌گردد. هنگام انتخاب کنتاکتور باید نوع کاربری آن و مواردی همچون جریان نامی، ولتاژ نامی، تعداد کنتاکت‌های باز و بسته، نوع بوبین، شرایط محیطی و قابلیت‌های اضافی را در نظر گرفت. کنتاکتورها در انواع مختلف AC، DC، ساخته می‌شوند (شکل ۵۱).

3TG1010-0BB4

IEC / EN 60947-4-1
50/60Hz

GB14048.4/50Hz

Ie AC-1 20A 400V

20A 690V AC

LISTED. 165C
IND. CONT. EQ.

AUX. CONT.

A600/Q300

FUSE ONLY

BREAK ALL LINES

SHORT CIRCUIT

5 kA, 600V

MAX RK5 FUSE

40 A

TORQUE:

7-10 lbs In

0.8-1.2Nm

V~	AC-15		AC-3	
	A	kW	A	
230	4	2,4	9	
400	3	4	8,4	

Us=DC 24 V

USE 90/75°C

CU WIRE ONLY

کاتالوگ یکی از کارخانه‌های سازنده کنتاکتور را مطالعه نموده سپس مشخصات کنتاکتور داده شده را بنویسید.

پژوهش



رله کنترل

کلیدی که برای پایش، کنترل و حفاظت مدارها و راه اندازی تجهیزات الکتریکی به کار می رود. فرق رله با کنتاکتور در تعداد و اندازه کنتاکت های آنها است. کنتاکت های رله ها چون جریان زیادی را عبور نمی دهند کوچک تر و تعداد آنها بیشتر است. به طور کلی رله ها از لحاظ ساختمان و نحوه عملکرد به دو صورت الکترومکانیکی و رله حالت جامد هستند و براساس وظیفه در دو دسته کنترلی و حفاظتی قرار می گیرند.



شکل ۵۲- رله جامد

■ **رله حالت جامد:** یک تجهیز الکترونیکی ساخته شده از نیمه هادی ها است که از آن برای قطع و وصل مدارات استفاده می شود و یک واسط میان برق شبکه و مصرف کننده پر مصرف است. یعنی یک مدار ولتاژ بالا را با کمک یک سیگنال کم توان قطع و وصل می کند. رله SSR در واحدهای تهویه مطبوع برای بهره وری انرژی، یعنی تنظیم جریان هوا، گرما و تهویه استفاده می شود (شکل ۵۲).



شکل ۵۳- رله الکترومکانیکی

■ **رله الکترومکانیکی:** عملکرد رله الکترومکانیکی مشابه کنتاکتور است. این رله از یک بوبین (سیم پیچ)، هسته مغناطیسی و تعدادی کنتاکت تشکیل شده است. با برق دار شدن بوبین، میدان مغناطیسی ایجاد شده باعث تغییر وضعیت کنتاکت های رله می شود و با قطع برق بوبین، کنتاکت ها به حالت اولیه بازمی گردند. رله های الکترومکانیکی معمولاً دارای کنتاکت های باز معمولی (NO) و بسته معمولی (NC) هستند و بسته به نیاز مدار، می توان از هر یک از این کنتاکت ها در مدار فرمان استفاده کرد.

رله زمان دار: نوع دیگری از رله ها است که امکان تأخیر در قطع و تأخیر در وصل را در مدار فرمان فراهم می کند. این رله هم به صورت مکانیکی و هم به صورت الکترونیکی در بازار موجود است و به صورت نرم افزاری در برنامه PLC یا انواع میکروکنترلر نیز به کار می رود. عملکرد آن به گونه ای است که با توجه به ماهیت و تنظیمات انجام شده در زمان مقتضی، یک کنتاکت باز را بسته، بسته را باز یا هم زمان هر دو را انجام می دهد. در شکل ۵۴ نمونه های از تایمرهایی که در تأسیسات به کار می روند نشان داده شده است.



تایمر ساعت دار



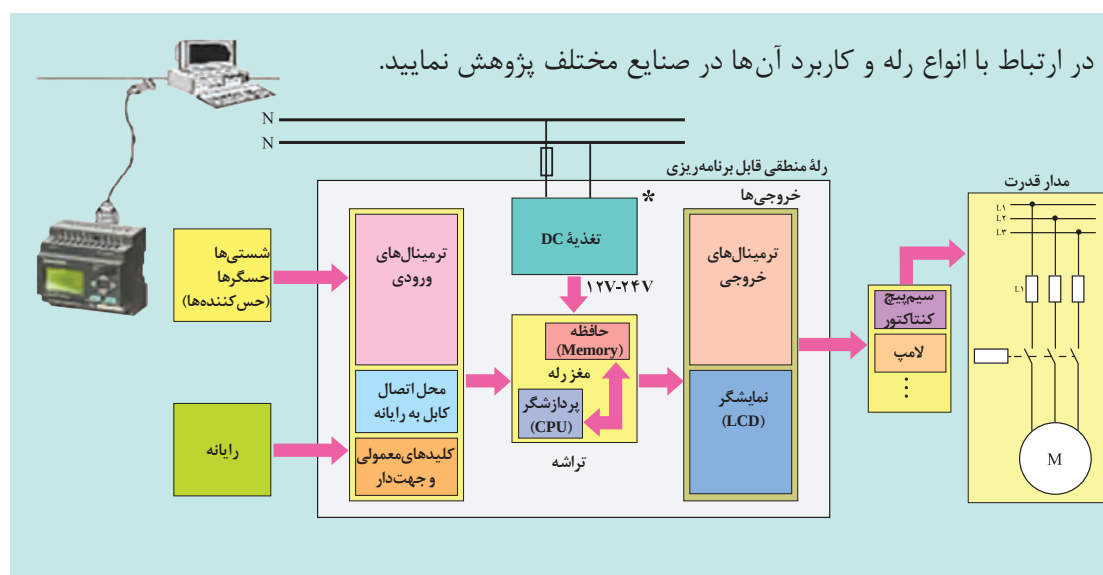
تایمر موتوری



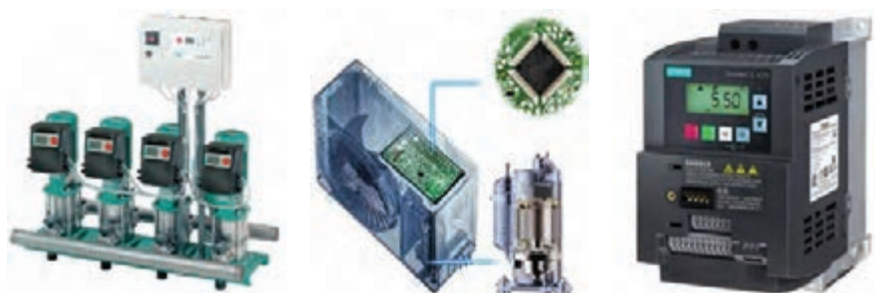
تایمر دیجیتال

شکل ۵۴- انواع رله زمانی

PLC: کنترل کننده الکترونیکی قابل برنامه ریزی است که در تأسیسات مکانیکی برای کنترل موتورخانه‌ها، سیستم‌های HVAC و سایر تجهیزات به کار می‌رود. بخش اصلی PLC، واحد پردازش مرکزی (CPU) است که وظیفه دریافت، پردازش و کنترل سیگنال‌ها را بر عهده دارد. PLC علاوه بر واحد پردازش، شامل ماژول‌های ورودی و خروجی، صفحه نمایش و تجهیزات برنامه ریزی و تنظیمات است. ورودی‌های می‌توانند به صورت دیجیتال یا آنالوگ باشند. سنسورها، کلیدها، میکروسوییچ‌ها و ترموستات‌ها از جمله تجهیزاتی هستند که به ورودی‌های متصل می‌شوند. خروجی‌ها نیز می‌توانند به صورت رله‌ای، ترانزیستوری یا تریاک‌ی باشند و برای کنترل تجهیزاتی مانند چراغ‌های سیگنال، کنتاکتورها، الکتروموتورها، شیرهای برقی و سایر تجهیزات کنترلی مورد استفاده قرار گیرند.



اینورتر: بخشی از درایو بوده که فرکانس و ولتاژ خروجی آن قابل تغییر است و برای کنترل سرعت و گشتاور الکتروموتورهای AC به کار می‌رود. از اینورتر در دستگاه‌های تهویه مطبوع همانند کمپرسور کولرهای گازی، چیلرها، پمپ بوستر پمپ‌ها، فن هواسازها، اگزاست فن‌ها، فن برج‌های خنک کننده و ... استفاده می‌شود. وقتی موتور از طریق اینورتر راه اندازی می‌شود همراه با شوک الکتریکی و مکانیکی نبوده و راه اندازی آن به صورت نرم انجام می‌شود. با استفاده از اینورتر تأثیر نوسانات برق بر رفتار موتور کاهش می‌یابد (شکل ۵۵).



شکل ۵۵

کلیدهای تابع

این کلیدها، تابع عوامل فیزیکی همانند دما، فشار، سطح، جریان سیال، میزان رطوبت و دور هستند که به منظور کنترل تجهیزات تأسیساتی با توجه به مکانیزم عملکردشان، در مدارهای فرمان و قدرت به کار می‌روند. با پیشرفت علم الکترونیک برخی کلیدهای تابع جای خود را به سنسورها داده‌اند. حسگر (sensor) وسیله‌ای است که کمیت‌های فیزیکی مانند دما، فشار، رطوبت، نیرو، سطح، دبی و موقعیت را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌کند تا توسط تجهیزات کنترلی و الکترونیکی مورد استفاده قرار گیرند (شکل ۵۶).

		
تابع جریان	تابع سطح	تابع فشار
		
حسگر الکترونیکی	تابع دما	تابع دور

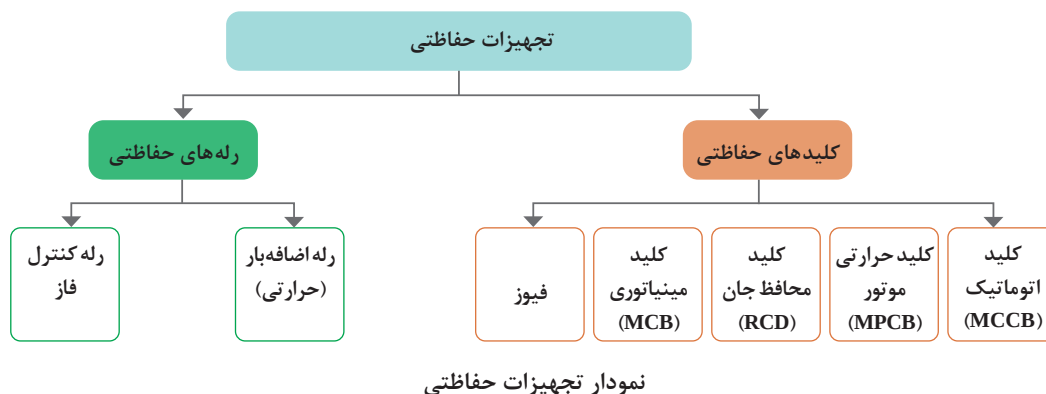
شکل ۵۶

تجهیزات حفاظتی

منظور از حفاظت الکتریکی، به کارگیری تجهیزات و روش‌هایی است که از افراد، تجهیزات، مصرف‌کننده‌ها و سیم‌ها در برابر خطرات ناشی از جریان برق محافظت می‌کنند. اضافه بار، اتصال کوتاه، نشتی جریان، افزایش یا کاهش ولتاژ و سایر خطاهای الکتریکی می‌توانند موجب آسیب به تجهیزات، آتش‌سوزی یا برق‌گرفتگی شوند (شکل ۵۷).



شکل ۵۷- آسیب به تجهیزات الکتریکی



کلیدهای حفاظتی

■ **فیوز:** از یک المان ذوب‌شونده تشکیل شده و برای محافظت سیم‌ها، کابل‌ها و تجهیزات الکتریکی در برابر اضافه جریان و اتصال کوتاه به کار می‌رود. هنگامی که جریان عبوری از مقدار مجاز بیشتر شود، المان ذوب‌شونده فیوز گرم شده و ذوب می‌شود و در نتیجه مدار الکتریکی را قطع می‌کند. فیوزها در انواع مختلفی مانند تندکار یا کندکار (فشنگی، تیغه‌ای، شیشه‌ای، کارتریجی و فشار قوی) ساخته می‌شوند و بسته به نوع کاربرد در مدارهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۵۸).



شکل ۵۸- نمونه‌ای از انواع فیوزها

در مورد این که جریان نامی فیوزهای فشنگی با رنگ پولک مشخص می‌شود جست‌وجو و بررسی نمایید.

پژوهش



شکل ۵۹- کلید اتوماتیک MCCB

■ **کلید اتوماتیک:** نوعی کلید قطع‌کننده جریان است که برای حفاظت مدارهای برقی در برابر برگشت جریان، کنترل جریان اضافه‌بار و اتصال کوتاه به کار می‌رود. این کلید در ورودی تابلوهای برق به عنوان کلید قدرت و برای قطع و وصل خودکار و جلوگیری از وارد آمدن آسیب به سایر تجهیزات تابلو برق استفاده می‌شود. تفاوت اساسی بین کلیدهای اتوماتیک و غیراتوماتیک در وجود یا عدم وجود رله‌های الکترونیکی برای تشخیص و کنترل پارامترهای مختلف است. کلیدهای غیراتوماتیک تنها برای قطع و وصل به کار می‌روند (شکل ۵۹).

■ **کلید مینیاتوری:** برای حفاظت سیم‌ها، کابل‌ها و تجهیزات در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه به کار می‌رود. این کلید پس از عمل کردن، برخلاف فیوزهای ذوب‌شونده، قابلیت وصل مجدد دارد و در انواع تک‌پل، دوپل، سه پل و چهارپل ساخته می‌شود. کلیدهای مینیاتوری از ۱ تا ۶۳ آمپر در بازار موجود هستند. کلیدهای مینیاتوری معمولاً دارای دو مکانیزم حفاظتی هستند. بخش حرارتی از مدار در برابر اضافه بار حفاظت می‌کند و بخش مغناطیسی در هنگام بروز اتصال کوتاه به صورت آنی مدار را قطع می‌نماید (شکل ۵۹).

۱	نام برند	...
۲	مدل	C60N
۳	تیپ کلید	B63
۴	ولتاژ نامی	۲۴۰-۴۱۵
۵	قدرت قطع (آمپر)	۱۰۰۰۰
۶	کلاس حرارتی	۳



شکل ۵۹- کلید مینیاتوری



بحث کلاسی



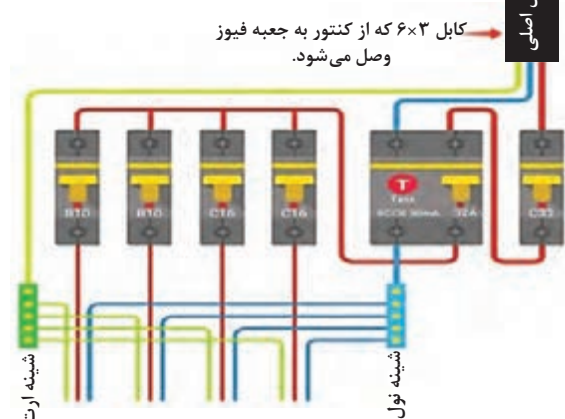
کلیدهای مینیاتوری براساس منحنی قطع به انواع B، C و D تقسیم می‌شوند. نوع B تندکار بوده و برای مدارهای روشنایی و مصارف عمومی مناسب است. نوع C کندکار بوده و برای مدارهای دارای جریان راه‌اندازی متوسط مانند الکتروموتورها به کار می‌رود و نوع D برای تجهیزاتی با جریان راه‌اندازی زیاد مانند برخی موتورهای صنعتی و ترانسفورماتورها استفاده می‌شود.

براساس جریان نامی عبوری از کلیدهای مینیاتوری و رنگ‌بندی شاسی آن‌ها در منابع گوناگون جست‌وجو کنید.

پژوهش



■ **کلید محافظ جان (کلید نشتی جریان):** کلید محافظ جان (RCD) با مقایسه جریان عبوری از سیم فاز و نول، در صورت بروز نشتی و برهم خوردن تعادل جریان، مدار را در زمان بسیار کوتاه قطع می‌کند. این تجهیز قادر است جریان‌های نشتی کوچکی را که موجب عملکرد فیوز یا کلید مینیاتوری نمی‌شوند تشخیص داده و خطر برق‌گرفتگی را کاهش می‌دهد. کلید محافظ جان در انواع دوپل (تک‌فاز) و چهارپل (سه‌فاز) ساخته می‌شود و معمولاً در ورودی تابلو برق نصب می‌گردد (شکل ۶۰).



شکل ۶۰- کلید محافظ جان و نحوه نصب

چه تفاوتی بین عملکرد فیوز مینیاتوری با کلید محافظ جان وجود دارد؟

فکر کنید



شکل ۶۱- رله کنترل فاز

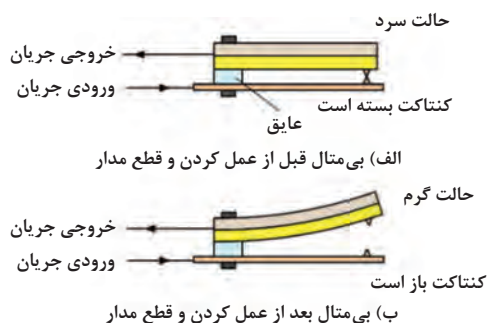
■ **رله کنترل فاز:** تجهیز حفاظتی هوشمندی است که با پایش دائمی شبکه برق سه‌فاز، الکتروموتورها را در برابر قطع فاز، جابه‌جایی فازها، عدم تقارن و نوسانات ولتاژ محافظت می‌کند. برخلاف سایر رله‌ها، این دستگاه در مسیر جریان اصلی موتور قرار نمی‌گیرد و تنها با کنترل وضعیت ولتاژ، در صورت بروز خطا، مدار فرمان کنتاکتور را قطع می‌کند. این رله پس از رفع مشکل و گذشت زمان تأخیر تنظیم‌شده (Delay)، به صورت خودکار موتور را مجدداً آماده به کار می‌سازد (شکل ۶۱).



شکل ۶۲- رله کنترل بار

■ **رله کنترل بار:** رله کنترل بار، ابزاری حفاظتی برای الکتروموتورهاست که با پایش دائمی جریان مصرفی، آنها را در برابر اضافه‌بار، کاهش بار (بی‌باری)، گیرپاژ مکانیکی و شرایط غیرعادی محافظت می‌کند. این رله با مقایسه جریان موتور با مقادیر تنظیم‌شده، در صورت بروز خطا، مدار فرمان را قطع کرده و از آسیب به تجهیزات جلوگیری می‌کند. کاربرد اصلی این رله در تابلو برق پمپ‌ها، فن‌ها و کمپرسورها برای تضمین کارکرد ایمن و پایدار است (شکل ۶۲).

■ **رله حرارتی (اضافه بار):** بی‌متال یک تجهیز حفاظتی است که با استفاده از دو فلز با ضریب انبساط متفاوت، الکتروموتورها را در برابر اضافه‌بار محافظت می‌کند. با عبور جریان بیش از حد، این تیغه‌ها تغییر شکل داده و با قطع مدار فرمان کنتاکتور، موتور را از مدار خارج می‌کنند. این تجهیز پس از عمل کردن، جهت ایمنی بیشتر، تا زمان رفع عیب و بازنشانی دستی (Reset) توسط اپراتور، موتور را متوقف نگه می‌دارد (شکل‌های ۶۳ و ۶۴). در بسیاری از رله‌های اضافه بار امکان انتخاب (Reset) دستی و اتوماتیک وجود دارد.

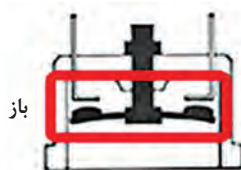


شکل ۶۴- بی‌متال

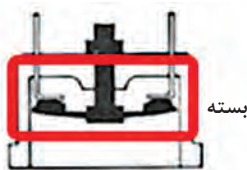


شکل ۶۳- رله سه فاز

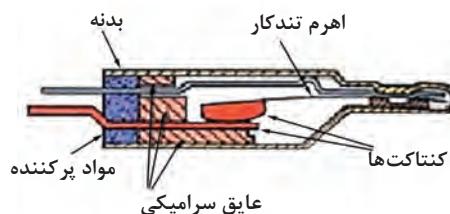
■ **اورلود:** برای محافظت الکتروموتورها در برابر دمای بالای سیم‌پیچ و اضافه بار به کار می‌رود. این تجهیز به صورت مستقیم در مسیر جریان دستگاه قرار گرفته و جریان ورودی به دستگاه را قطع و آن را در برابر بار اضافی محافظت می‌نماید، در شکل ۶۵ دو نمونه از بی‌متال‌های مسیر جریان را مشاهده می‌نمایید.



باز



بسته



اورلود خارجی کمپرسور یخچال

اورلود داخل سیم‌پیچ الکتروموتورها

شکل ۶۵- محافظت‌کننده‌های موتور



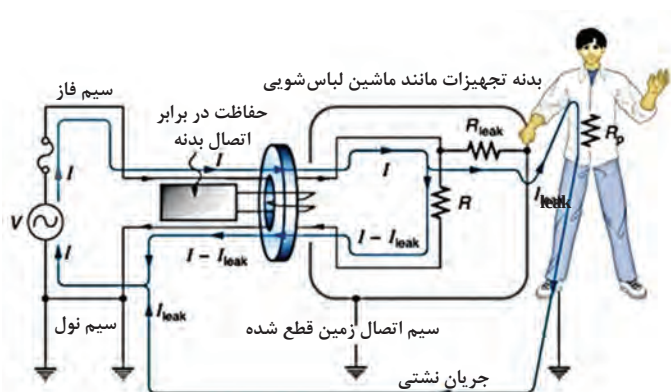
چه تفاوتی بین کلید مینیاتوری و کلید حرارتی وجود دارد؟ آیا می‌توان در مدارالکتریکی به جای کلید مینیاتوری از رله حرارتی، یا بالعکس استفاده نمود؟



شکل ۶۶- کلید حرارتی

■ **کلید حرارتی:** وسیله‌ای حفاظتی، که برای حفاظت الکتروموتورها در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه به کار می‌رود. این کلید ترکیبی از حفاظت حرارتی و مغناطیسی را در یک تجهیز فراهم می‌کند. بخش حرارتی کلید، موتور را در برابر اضافه بار و افزایش تدریجی جریان محافظت می‌کند و بخش مغناطیسی آن جریان‌های بسیار زیاد و ناگهانی ناشی از اتصال کوتاه را تشخیص داده و مدار را به سرعت قطع می‌نماید. البته کلیدهای محافظ موتور به عنوان یک کلید اصلی نیز عمل می‌کنند و می‌توانند به صورت دستی برای قطع و وصل کردن موتور استفاده شوند (شکل ۶۶).

اتصال زمین



شکل ۶۷

برق گرفتگی بر اثر قرار گرفتن شخص در مسیر عبور جریان برق با اتصال مستقیم به سیم برق یا تماس با بدنه فلزی دستگاهی که اتصال بدنه پیدا کرده است اتفاق می‌افتد. اگر مقدار ولتاژ تماس بیشتر از $50V$ و جریان عبوری بیش از $50mA$ باشد برای شخص خطرناک خواهد بود.

یکی از روش‌های حفاظت اشخاص، حفاظت توسط سیم زمین است. در این روش قسمت‌های فلزی دستگاه به سیم

ارت وصل می‌شود. اگر دستگاه اتصال بدنه پیدا کند، جریان (جریان خطا) به جای عبور از بدن شخص از طریق سیم ارت به زمین و از طریق زمین به نقطه صفر اتصال ستاره ترانس توزیع شبکه منتقل می‌شود و جریان خطا باعث قطع سریع وسیله حفاظتی می‌گردد (شکل ۶۷).



در مورد مسیرهای عبور جریان الکتریسیته از بدن شخص در زمان برق گرفتگی و خطرات ناشی از آن پژوهش نمایید.

رنگ استاندارد روکش سیم ارت سبز و زرد است و در وسایل الکتریکی این سیم به بدنه فلزی دستگاه‌ها پیچ می‌شود (شکل ۶۹).



سیم نول

سیم فاز

سیم ارت

شکل ۶۹- ارتینگ

الگوی ارزشیابی شایستگی کاربرد تجهیزات الکتریکی

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد
۳	- طبقه‌بندی انواع تجهیزات الکتریکی برابر پوستر - کاربرد تجهیزات کنترلی در تأسیسات - کاربرد PLC در مدارهای تأسیسات مکانیکی	بالاتر از حد انتظار	به‌کارگیری انواع سیم، کابل، کلید و روش‌های حفاظت الکتریکی براساس استانداردهای الکتریکی در تأسیسات مکانیکی
۲	- انتخاب سیم و کابل دستگاه برابر جدول سازنده کابل - دسته‌بندی تجهیزات تابلو برق - کاربرد انواع کلید در مدارهای تأسیسات مکانیکی - کاربرد کلیدهای تابع در تأسیسات مکانیکی - کاربرد انواع تجهیزات حفاظتی در تأسیسات مکانیکی	در حد انتظار	
۱	ناتوانی در تعیین یا تشخیص کاربرد تجهیزات الکتریکی در تأسیسات مکانیکی	پایین تر از حد انتظار	
	نمره مستمر از ۵		
	نمره واحد یادگیری از یک تا سه		
	نمره واحد یادگیری از ۲۰		

❑ نمره شایستگی واحد یادگیری منحصرأً شامل نمرات ۲، ۱ یا ۳ است.

❑ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.

❑ حداقل نمره قبولی ۱۲ از ۲۰ است.

- ۱ برنامه درسی رشته تأسیسات مکانیکی، دفتر تألیف کتاب‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، سال ۱۴۰۴
- ۲ مرکز آمار ایران، طبقه‌بندی استاندارد مشاغل ایران ۱۴۰۲ براساس طبقه‌بندی استاندارد بین‌المللی مشاغل (ISCO-۸۰):
- ۳ سازمان برنامه و بودجه کشور، مشخصات فنی عمومی تأسیسات مکانیکی ساختمان، نشریه شماره ۱۲۸، امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور
- ۴ وزارت راه و شهرسازی، مقررات ملی ساختمان ایران مبحث‌های ۱۴ و ۱۶ و ۱۷
- ۵ شرکت ملی گاز ایران (NIGC)، مجموعه استانداردها و مشخصات فنی شرکت ملی گاز ایران (IGS)
- ۶ اصغر قدیری مقدم، سید حسن میرمنتظری، احمد آقازاده هریس، داود بیطرفان و دیگران، تأسیسات حرارتی، کد ۴۹۴/۶، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴
- ۷ سید حسن میرمنتظری، علی رئیسی، علی حکمت، احمد آقازاده هریس، تأسیسات بهداشتی ساختمان، کد ۳۵۹/۳۹، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴
- ۸ مجید سوادکوهی، حسن ضیغمی، عیب‌یابی و تعمیر آب گرم کن دیواری، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴
- ۹ محمود پارسا، امید گل محله، متالورژی عمومی و شناخت مواد صنعتی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴
- ۱۰ مهندس اصغر قدیری مقدم، برق تأسیسات، کد ۴۹۲، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴
- ۱۱ ناصر جمادی، عقیل نوروزی، حسن ضیغمی، رضا افشاری نژاد، دانش فنی پایه، کد ۲۱۰۴۴۱، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۴۰۴
- ۱۲ احمد احمدی، روحالله خلیلی بروجنی، محمدرضا خوشبین خوش نظر و دیگران، فیزیک (۲)، کد ۱۱۱۲۰۹، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۴۰۴

- 13 Operator Handbook, National Swimming Pool Foundation, 2022.
- 14 Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Model Aquatic Health Code (MAHC), 5th Edition, Centers for Disease Control and Prevention, 2024.
- 15 Syed Azizul Haq, Plumbing Principles and Practice, 2nd Edition, Routledge, 2022.
- 16 International Code Council (ICC), 2024 International Plumbing Code (IPC), International Code Council, 2024.
- 17 Lane, Stephen, Tanner, Peter, The City & Guilds Textbook: Plumbing Book 2, Second Edition, Hodder Education, published in association with City & Guilds, 2022.
- 18 National Fire Protection Association (NFPA), NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems, National Fire Protection Association, 2022.
- 19 National Fire Protection Association (NFPA), NFPA 92: Standard for Smoke Control Systems, Section 4.6: Stairwell Pressurization Systems, National Fire Protection Association, 2024.

