



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# 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: حسن میرمنتظری، داود بیطرفان، حسن ضیغمی، محمد قربانی، رضا افشاری‌نژاد، ناصر جمادی، عقیل نوروزی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری: ناصر جمادی، عقیل نوروزی، حسن ضیغمی، رضا افشاری‌نژاد (اعضای گروه تألیف)
- شناسه افزوده آماده‌سازی: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - ایمان اوجیان (طراح یونیفورم) - مجتبی احمدی (صفحه‌آرا)
- تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
- تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- وب سایت: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)
- ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰
- صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹
- چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
- سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۹۵

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، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



ما باید زحمت بکشیم تا در همهٔ جناح‌ها خودکفا باشیم. امکان ندارد که استقلال به‌دست بیاید، قبل از اینکه استقلال اقتصادی داشته باشیم. اگر ما بنا باشد که در اقتصاد احتیاج داشته باشیم، در چیزهای دیگر هم وابسته خواهیم شد و همین‌طور اگر در فرهنگ، ما وابستگی داشته باشیم، در اساس مسائل وابستگی پیدا می‌کنیم.

امام خمینی (قَدَسَ سِرّه الشَّرِیف)

فصل اول: کلیات	۷
فصل دوم: مواد و کاربرد آنها	۱۹
فصل سوم: محاسبات و برآورد	۶۳
فصل چهارم: سیستم‌ها و دستگاه‌ها	۹۹
فصل پنجم: مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل	۱۱۹
منابع	۱۴۳

## سخنی با هنرآموزان گرامی

با توجه 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 کرده 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 توسعه‌یافتگی 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 دو مرحله 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.

لازم به یادآوری است که کتاب دانش فنی پایه تئوری تفکیک شده در دروس عملی کارگاه‌های ۸ ساعته نیست بلکه در راستای شایستگی‌ها و مشاغل تعریف شده برای هر رشته تدوین شده است. در ضمن، 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 تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

درس دانش فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم، کسب دانش فنی پایه در گروه مکانیک و رشته تحصیلی تأسیسات مکانیکی برای شما هنرجویان عزیز طراحی و کتاب آن تألیف شده است.

در تدوین درس دانش فنی پایه، مؤلفه‌هایی مانند تاریخچه رشته، محتوا جهت ایجاد انگیزش، مشاغل و هدف رشته‌ای، نقش رشته شما در توسعه کشور، مثال‌هایی از نوآوری، خلاقیت و الهام از طبیعت، اصول، مفاهیم، قوانین، نظریه، فناوری، علائم، تعاریف کمیت‌ها، واحدها و یکاها، فرمول‌های فنی، تعریف دستگاه‌ها و وسایل کار، مصادیقی از ارتباط مؤثر فنی و مستندسازی، زبان فنی، ایمنی و بهداشت فردی و جمعی، پیشگیری از حوادث احتمالی شغلی و نمونه‌هایی از مهارت حل مسئله در بستر گروه تحصیلی و برای رشته تحصیلی در نظر گرفته شده است.

می‌توانید در هنگام ارزشیابی این درس، از کتاب همراه هنرجوی خود استفاده نمایید. توصیه می‌شود در یادگیری این درس به دلیل کاربرد زیاد آن در درس‌های دیگر رشته، کوشش لازم را داشته باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش



## فصل اول

### کلیات



جدول

## کمک تکنسین تهویه مطبوع

ردیف	نام گروه کاری/شغل
۱	متصدی نصب تأسیسات
۲	تعمیرکار شوفاژ
۳	شوفاژکار
۴	عایق کار تجهیزات حرارتی، تهویه و تبرید
۵	مکانیک تهویه
۶	نصاب دستگاه‌های خنک کننده و تهویه
۷	نصاب پخش کننده‌های تابشی
۸	متصدی تهویه
۹	نصاب و تعمیرکار کولرهای گازی پنجره‌ای
۱۰	نصاب و تعمیرکار کولرهای گازی اسپلیت
۱۱	تعمیرکار مشعل
۱۲	تعمیرکار پمپ آب
۱۳	سرپرست تأسیسات برودتی و حرارتی
۱۴	متصدی کنترل و تنظیم دستگاه‌های تهویه
۱۵	تعمیرکار دستگاه تهویه
۱۶	متصدی کندانسور و گرمکن‌ها
۱۷	متصدی دستگاه حرارت مرکزی
۱۸	سرکارگر تأسیسات

هدف از این بخش آشنایی هنرجویان با اهمیت رشته تأسیسات و مشاغل مرتبط با آن است که می‌توانند پس از طی دوره سه ساله به آن دست پیدا نمایند، همچنین در پایان این فصل با اختراعات این رشته و ارتباط آن با صنایع مختلف آگاهی پیدا می‌نمایند.

## اهمیت و ضرورت رشته تحصیلی تأسیسات

صنعت ساختمان و صنعت تأسیسات مکانیکی ساختمان لازم و ملزوم یکدیگرند. تأمین گرما در زمستان، تأمین سرما در تابستان، تأمین آب آشامیدنی، تأمین آب گرم مصرفی از نیازهای اولیه ساکنین یک ساختمان است که محاسبه و طراحی آن توسط مهندسان و نصب و راه‌اندازی و مجری آنها توسط تکنسین‌ها، کمک تکنسین‌ها و کارگران ماهر تأسیسات مکانیکی ساختمان انجام می‌شود.

پایه‌پای تحول و پیشرفت زیادی که در امر ساختمان‌سازی به وقوع پیوسته است در فناوری تأسیسات مکانیکی ساختمان نیز دگرگونی و پیشرفت‌های زیادی به وجود آمده است. امروزه مدیریت هوشمند ساختمان (BMS) مطرح است که بدون دخالت انسان‌ها، دستگاه‌ها در زمان لازم روشن و خاموش شوند و در صورت نیاز تغییرات شبانه‌روزی لازم به‌طور خودکار انجام گیرد. اتاق‌ها و ساختمان‌های سالم مطرح می‌شود که شرایط هوا در آنها از نظر دما، رطوبت، جریان طوری باشد که باعث کسالت، خواب آلودگی و بیماری نشود و راندمان و بهره‌وری را بالا ببرد.

## مشاغل قابل احراز در رشته تأسیسات

در جدول مقابل مشاغل مرتبط با رشته تأسیسات در دو ستون ارائه شده که هنرجویان می‌توانند پس از طی دوره سه ساله هنرستان و دوره پنج ساله تکنسینی به آن دست یابند.

## جدول

### کارگر ماهر تأسیسات مکانیکی ساختمان

ردیف	نام گروه کاری/شغل
۱	تکنسین تأسیسات
۲	تکنسین تأسیسات حرارتی
۳	تکنسین دستگاه‌های تهویه مطبوع
۴	تکنسین دستگاه‌های سردکننده
۵	تکنسین ناظر لوله‌کشی گاز
۶	تکنسین دیگ بخار
۷	اپراتور توربین گاز
۸	متصدی دستگاه نیروی خورشیدی
۹	فورمن پالایشگاه
۱۰	
۱۱	
۱۲	
۱۳	
۱۴	
۱۵	

## ۱-۱ الهام از طبیعت

**تهویه مطبوع طبیعی:** لانه موربانه معمولاً ۲/۵ متر ارتفاع دارد و از خاک رس و سنگ‌ریزه‌هایی تشکیل شده که حشرات کارگر با زحمات بسیار آنها را جمع‌آوری کرده‌اند. یک یا دو متر زیر زمین در داخل لانه، شبکه‌ای تو در تو از تونل‌های دراز و ستون‌هایی دیده می‌شود که به‌طور منظم ساخته شده‌اند. درون تپه موربانه‌ها دما و رطوبت بدون توجه به رطوبت، خشکی و یا انجماد بیرونی آن تقریباً ثابت باقی می‌ماند، این چالش پیچیده از طریق منفذهای تپه که توانایی باز و بسته شدن را طی روز دارند بر طرف می‌شود. ستون‌ها نیز نمایانگر یک طراحی مهندسی و در عین حال هوشمندانه هستند که به تثبیت دمای محیط داخلی لانه کمک می‌کند.

تثبیت دمای داخلی یک ساختمان، معضل مشترک همه معماران است. می‌توان در ساختمان‌های واقع در مناطق گرمسیری از طرح موربانه‌ها در ثابت نگه‌داشتن نسبی گرما و رطوبت الگو گرفت که در همین راستا یکی از معماران، با بررسی ساختار سرمایشی و گرمایشی تپه موربانه‌ها، مرکز خریدی ساخته است که نسبت به مراکز خرید مشابه خود ۱۰ درصد انرژی کمتری مصرف می‌کند. این صرفه‌جویی باعث شد تا نرخ اجاره دفاتر و... نیز در این ساختمان کاهش یابد.



ساخت برج‌ها با الهام از لانه موربانه

**مرغابی شمالی و سیستم عایق‌بندی آن:** بدن‌های ما از طریق هضم غذایی که در طول روز می‌خوریم، به تولید انرژی گرمایی می‌پردازد. بهترین راه برای جلوگیری از هدر رفتن این گرما، ممانعت از خروج بسیار سریع آن از بدن می‌باشد. به همین دلیل است که بسته به شرایط آب و هوایی، ما از لباس‌هایی با لایه‌های مختلف استفاده می‌کنیم. هوای گرم با جمع شدن در میان این لایه‌ها، نمی‌تواند به بیرون درز پیدا کند. جلوگیری از هدر رفتن انرژی به این روش را عایق‌بندی می‌گویند. مرغابی شمالی دقیقاً از همین شیوه استفاده می‌کند. پرهای این پرنده، مانند بسیاری از پرندگان، امکان پرواز و گرم ماندن را برای آن فراهم می‌کند. این پرنده از پره‌های نرم و کرک‌دار سینه خود برای ساختن آشیانه‌اش استفاده می‌کند. این پر نرم، از تخم‌ها و جوجه‌های بدون پر تازه از تخم بیرون آمده در برابر هوای سرد محافظت می‌نماید. از آنجایی که پره‌های مرغابی شمالی هوای گرم را در خود نگاه می‌دارند، نشان دهنده بهترین نمونه از عایق‌کاری طبیعی می‌باشند. کوهنوردان امروزی، از طریق پوشیدن لباس‌های مخصوصی که با پره‌های دارای ویژگی نگهدارندگی بالای گرما، مشابه ویژگی پره‌های مرغابی شمالی پر شده‌اند، بدن‌های خود را گرم نگاه می‌دارند.



**فناوری فیبر نوری در موجودات زنده:** فیبرهای نوری، کابل‌های شیشه‌ای شفاف هستند که از قابلیت انتقال نور برخوردار می‌باشند. از آنجایی که فیبرهای نوری به آسانی خم می‌شود و پیچ‌و‌تاب می‌خورد، آنها را می‌توان برای انتقال نور از طریق کابل، حتی به دور دسترس‌ترین مناطق، مورد استفاده قرار داد. همچنین فیبرهای نوری قابلیت انتقال پیام‌های رمزی بارگذاری شده را دارند.

خز خرس قطبی، شباهت زیادی به فیبر نوری دارد که اشعه ضعیف خورشید را مستقیماً به بدن آن منتقل می‌کند. از آنجایی که خز قابلیت فیبر نوری دارد، پرتوهای خورشید به صورت مستقیم با پوست خرس قطبی تماس پیدا می‌کند.

قابلیت انتقال نور خز خرس قطبی به قدری زیاد است که علی‌رغم آب و هوای بسیار سرد و خشن قطب، پوست حیوان تیره می‌شود، انگار که دچار آفتاب‌سوختگی شده است. این نور به گرما تبدیل و جذب می‌شود و به گرم ماندن بدن خرس قطبی کمک می‌کند.

اما خرس قطبی تنها موجود زنده‌ای نیست که به فناوری فیبر نوری مجهز است. گیاه فنستراپا که در بیابان‌های آفریقای جنوبی می‌روید، تقریباً به صورت کامل در شن پنهان است. این امر گیاه را در برابر از دست دادن آب و حیوانات چرخنده محافظت می‌کند. نوک هر برگ این گیاه شفاف است و موجب می‌شود نور از آن وارد شده و به پایین برگ منتقل شود.



تصویر خرس قطبی و گیاه فنستراپا که مجهز به فناوری فیبر نوری است و تصویر فیبر نوری که نور از درون آن بازتاب می‌کند.





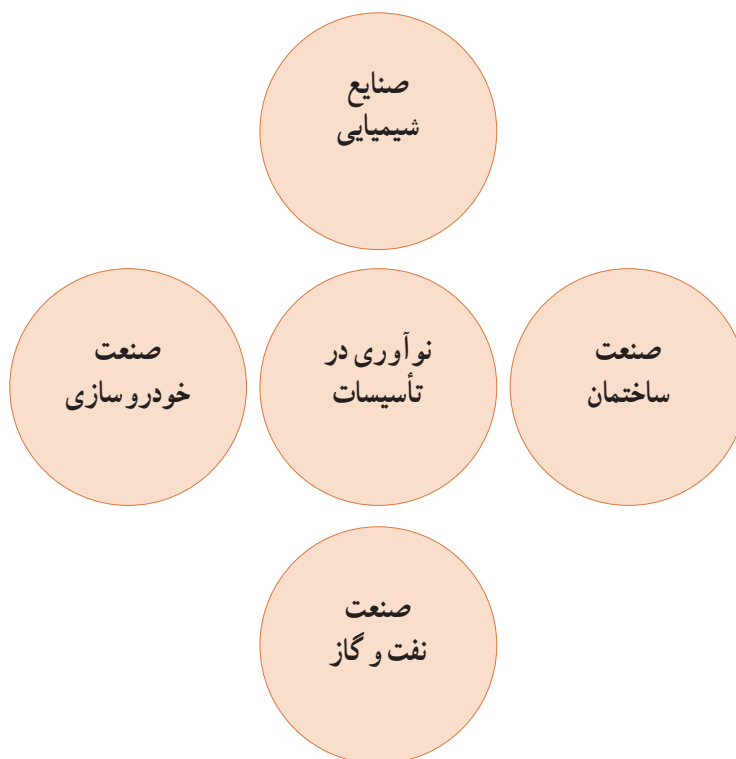
در طبیعت موارد دیگری که به نوعی به تأسیسات مرتبط می‌شود را یافته و نتیجه تحقیق خود را به کلاس ارائه دهید.

## ۲-۱ نوآوری‌ها و اختراعات در رشته تأسیسات

آب و هوای بیشتر نقاط کره زمین طوری است که انسان برای زندگی توأم با آسایش در تابستان و زمستان نیاز به دستگاه‌های خنک‌کننده هوا، گرم‌کننده و تهویه مطبوع دارد.

امروزه دستگاه‌های سردکننده و گرم‌کننده خانگی و تجاری مانند کولرگازی، یخچال، بخاری، آب‌گرم‌کن، پکیج و... جزئی از زندگی بشر است. اختراعات مرتبط با رشته تأسیسات را می‌توان از نظر اهمیت و فراوانی در صنایع مختلف به چهار دسته زیر تقسیم نمود.

در طول تاریخ بشر امکان استفاده سریع از آب سالم در دسترس نبوده است، مدت زیادی طول کشید تا پیشرفت‌های زیادی به تدریج در علم و تکنولوژی انجام گرفت تا سیستم‌های جدید توزیع آب به شکل قابل اطمینان، سریع و ارزان همان‌گونه که امروز هست به وجود آید و در اختیار مردم قرار گیرد و با افزایش جمعیت، کاهش نزولات آسمانی و گرم شدن کره زمین که در نتیجه اثر گلخانه‌ای زمین را تحت تأثیر خود قرار داده است، گرایش به انرژی‌های نو و منابع انرژی تجدیدپذیر در زندگی امروزی اهمیت بسزایی خواهد داشت.



برای هریک از صنایع فوق، مثالی از کاربرد تأسیسات بزنید.





از جمله اختراعات و شاهکارهای معماری ایران که در میان ساختمان‌های سنتی کشور از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد ساخت بادگیرها در مناطق مرکزی و جنوبی کشور می‌باشد. ساکنین این مناطق با ساخت بادگیرها توانستند با گرمای طاقت فرسای کویر مقابله نموده و نسیم خنکی را وارد خانه‌های خود نمایند.

به نظر شما چرا در مناطق کویری از بادگیر برای تهویه مطبوع ساختمان‌ها استفاده می‌کردند؟

کار کلاسی



یخچال سنتی ایران

یکی دیگر از شاهکارهای معماری ایران یخچال‌های سنتی است، از گذشته‌های دور یخ برای خنک کردن نوشیدنی‌ها، میوه‌ها، تهیه شربت و بستنی و نگهداری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گرفت. در گذشته در فصل زمستان یخ در یخچال‌ها انبار می‌شد تا در چله تابستان مصرف شود.

در مورد ساختمان یخچال‌ها و نحوه جمع‌آوری یخ در آن یک بررسی انجام و به کلاس ارائه دهید.

تحقیق



## تاریخچه پیدایش سیستم تهویه مطبوع

### جدول تاریخچه پیدایش سیستم‌های تهویه مطبوع

سال (میلادی)	کارهای انجام شده
قدمت تاریخی	به‌کارگیری نی در پنجره‌ها و ریختن آب روی آن توسط مصریان باستان - گذر آب درون دیوارها توسط رومی‌های باستان، کاربرد بادگیرها توسط ایرانیان
۱۷۵۸	آزمایش‌های بنجامین فرانکلین و جان هدلی برای کشف اصل تبخیر (به‌عنوان وسیله‌ای برای سرد کردن یک شیء به تندی) - آنها به این نتیجه رسیدند که یک نفر را می‌توان تا سرحد مرگ در تابستان سرد کرد.
۱۸۲۰	کشف مایکل فارادی در مورد سردسازی با فشرده سازی و میعان آمونیاک و اجازه تبخیر به آن

۱۸۴۲	به کارگیری جان گوری از کمپرسور و ماشین یخ ساز برای سرد کردن اتاق بیماران مبتلا به تب زرد و پایین آوردن رطوبت هوای اتاق‌ها
۱۸۵۵	اختراع جعبه داغ (رادیاتور آبی) توسط فرانز سن گالی روسی
۱۹۴۵	اختراع کولرگازی پنجره‌ای که ضمن سرد و گرم کردن می‌توانست هوا را رطوبت‌گیری، رطوبت زدایی و فیلتر کند.

## تاریخچه پیدایش مواد سرمازا

### جدول خلاصه تاریخچه سردسازی

سال (میلادی)	عملیات
پیش از تاریخ	برداشت برف و یخ در فصل سرد و استفاده از آن در فصل‌های گرم در بسیاری از فرهنگ‌های باستانی از جمله چینی، یونانی، رومی و ایرانی مرسوم بوده است. یخ و برف ذخیره شده در غارها یا گودال‌ها با کاه پوشش داده می‌شدند. ایرانیان یخ ذخیره شده در گودال را یخچال می‌نامیدند.
قرن ۱۱	نزدیک به هزار سال پیش ابن سینا برای تقطیر بخار عطر یک کویل سرد را به کار گرفته است.
۱۷۴۸	نخستین یخچال مصنوعی شناخته شده به دست ویلیام کالن رونمایی شد. کالن توانست با استفاده از یک پمپ خلأ، فشار ظرفی را که حاوی اتر بوده کاهش داده و چون این ماده میل به جوشیدن داشت گرمای هوای اطراف را جذب نماید. با این آزمایش فقط می‌توان مقدار کوچکی از یخ را به دست آورد ولی در آن زمان هیچ کاربرد عملی نداشت.
۱۷۸۰	کاربرد آمونیاک مایع به عنوان مبرد
۱۸۰۵	الیور اوانز طرح اولین دستگاه سردساز را داد که در آن به جای مایع از بخار استفاده می‌شد.
۱۸۲۴	کشف اصول سردسازی جذبی توسط مایکل فارادی
۱۸۳۴	ژاکوب پرکینز با تغییر در طرح اولیه اوانز توانست اولین سردساز جهان را بسازد.
۱۸۵۱	جان گوری با ادامه آزمایش برای ساخت یخ توانست اختراع خود را به ثبت برساند.
۱۹۲۶	اختراع مبرد مصنوعی CFC با نام تجاری فریون توسط توماس میدگلی و ساخت اولین یخچال خانگی مدار بسته
۱۹۵۰	کاربرد انرژی خورشیدی برای تولید یخ (بر اساس تبرید جذبی)
۱۹۸۵	کشف «حفره اوزون» بر سر قطب جنوب

### ۳-۱ تاریخچه گرما

برای نخستین بار پدیده گرما توسط مرد و زن غارنشین ماقبل تاریخ برای افروختن آتش، برای گرم شدن و برای پخت غذا ابداع شد.

فلاسفه باستان بر این باور بوده‌اند که جهان از چهار عنصر آب، خاک، باد و آتش ساخته شده است. بنابراین آنها گرما (آتش) را یکی از عناصر چهارگانه جهان می‌دانستند.

دانشمندان روزگاران گذشته گرما را شاره‌ای از یک سیال نامرئی به نام «کالریک» در نظر می‌گرفتند. عقیده بر این بود که جسم با دمای بالا مقدار زیادی کالریک و جسم با دمای پایین مقدار کمتری کالریک دارد و چون دو جسم نزدیک یکدیگر قرار گیرند جسمی که از نظر کالریک غنی است مقداری از آن را به جسم دیگر می‌داد و دمای نهایی بین دو دمای اولیه قرار می‌گرفت. بنجامین تامسون<sup>۱</sup> معروف به کنت رامفورد (۱۷۵۳-۱۸۱۴) نقشی قابل توجه در تصحیح نظریه سرشت گرما دارد. زمانی که تامسون به فکر سوراخ کردن لوله یک توپ جنگی در اواخر سال‌های ۱۷۹۰ بود، متوجه شد که سلاح پس از مدت کوتاهی سوراخ شدن بسیار داغ می‌شود. او جعبه عایق و آب‌بندی شده‌ای را که حاوی حدود ده لیتر آب بود در تماس با لوله توپ قرار داد. در حالی که لوله توپ سوراخ می‌شد، آب موجود در جعبه داغ‌تر و داغ‌تر شد و پس از دو ساعت و نیم شروع به جوشیدن کرد. او نتیجه گرفت که کار انجام شده برای سوراخ کردن لوله به گرما تبدیل شده است.



بنجامین تامسون

### تاریخچه دماسنجی: بی شک حس لامسه اولین ابزار

بشر برای اندازه‌گیری دما بوده است.

اما این حس چقدر دقیق است؟

اگر در روزهای برفی زمستان به مدت زیاد برف بازی کرده باشید، به‌خاطر می‌آورید وقتی به خانه برمی‌گشتید و دستان سرد خود را روی بخاری یا زیر آب گرم می‌گرفتید، تشخیصی از گرمای هوا یا آب نداشتید. بلکه برعکس به نظرتان آب یا هوا، سرد می‌آمد. در واقع این اشتباه از اینجا ناشی می‌شود که حواس ما در سرمای زیاد تقریباً کارایی خود را از دست می‌دهند و دیگر تشخیص درستی از سرما و گرما ندارند. پس ظاهراً حس لامسه با وجود اینکه اولین و در دسترس‌ترین ابزار تعیین دماست، چندان دقیق و مناسب نیست. اندازه‌گیری دقیق دما با «دماسنج» امکان‌پذیر است.

در قرن دوم میلادی یک فیزیک‌دان یونانی به‌نام گالن ثابت کرد که می‌توان حس‌هایی مثل سرما و گرما را به کمک وسیله‌ای شامل یک ستون چهار درجه‌ای اندازه‌گیری کرد. این نظریه تا پایان قرن شانزدهم پایه‌ای برای تعلیمات پزشکی بود.



گالیلئو گالیله (۱۵۶۴-۱۶۴۲)

گالیله نخستین وسیله واقعی علمی را برای اندازه‌گیری دما در سال ۱۵۹۳ اختراع کرد این دستگاه به‌طور کیفی، (نه از نظر کمی و مقدار معین دما) اثر گرما را در انبساط هوا نشان می‌داد. دماسنج ساده آن زمان شامل یک حباب و یک لوله شیشه‌ای بود که درون

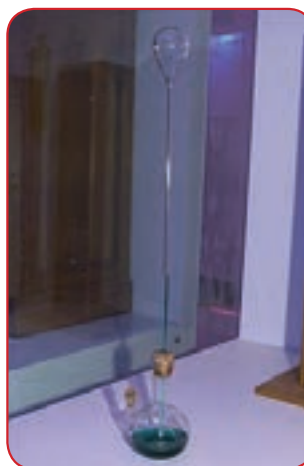
۱- Benjamin Thompson

بعدها عده‌ای میزان دمای خون و عده‌ای دیگر دمای ذوب کَرِه و ... را مبنای مدرج‌سازی دماسنج قرار دادند. در سال ۱۷۱۴ گابریل دانیل فارنهایت موفق شد، دماسنجی بسازد که امروز استفاده می‌شود.

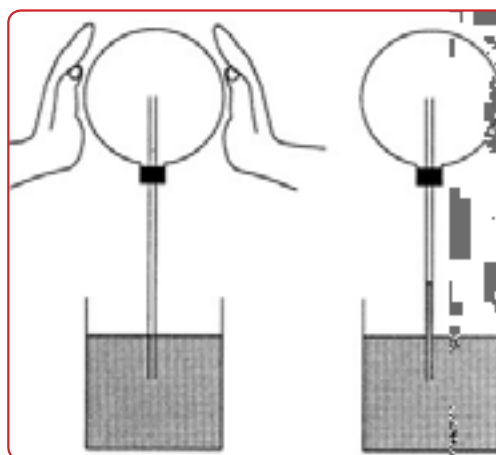
چون در آن زمان برای مطالعه اقلیم‌ها دماسنج ضرورت داشت. او توجه خاصی به ساختن اسباب اندازه‌گیری دما کرد. در قرن هفدهم نوعی دماسنج‌های گازی و الکلی ساخته شده بود که دقت کافی نداشتند. فارنهایت جیوه را مورد استفاده قرار داد و در سال ۱۷۱۴ میلادی دماسنجی جیوه‌ای ساخت. دماسنج جیوه‌ای دارای این مزیت بود که اندازه‌گیری دماهای بالاتر از نقطه جوش و پایین‌تر از نقطه انجماد آب را ممکن می‌ساخت. از این گذشته میزان انبساط و تراکم جیوه به نسبت ثابت‌تر از غالب مواد دیگر است. به همین دلیل درجه‌بندی دقیق آن مقدور بود.

براساس مقاله‌ای که در ۱۷۲۶ توسط او نوشته شده، مقیاس او براساس سه نقطه پایه‌گذاری شده‌است. نقطه اول دمای مخلوط یک به یک آب و یخ و نشار است که به عنوان صفر در نظر گرفته شده‌است. نقطه بعدی دمای مخلوط یک به یک آب خالص و یخ است و نقطه سوم دمای بدن انسان است. فارنهایت بعد از مشاهده فاصله این نقاط از هم به این نتیجه رسید که فاصله نقطه ذوب یخ خالص و یخ با نشار نصف فاصله نقطه ذوب یخ خالص از دمای بدن است. پس برای سادگی تقسیم‌بندی بین این نقاط فاصله‌ها را به دو مقدار ۳۲ قسمتی و ۶۴ قسمتی تقسیم نمود که با نصف کردن چند باره فاصله‌ها امکان پذیر است. پس در مقیاس او دمای ذوب یخ خالص برابر با ۳۲ و دمای بدن برابر با ۹۶ درجه (۶۴+۳۲) اندازه‌گیری شد. فارنهایت مشاهده کرد که آب با این مقیاس در ۲۱۲ درجه به جوش می‌آید. بعدها دانشمندان در این مقیاس تغییراتی دادند تا نقطه ذوب یخ دقیقاً ۳۲ درجه و دمای جوش آب ۲۱۲ درجه در نظر گرفته شود و فاصله آنها ۱۸۰ واحد باشد. به خاطر همین تغییرات دمای بدن انسان در این مدل حدود ۹۸ درجه به‌دست آمد.

آن آب رنگی قرار داشت وقتی تنگ گرما می‌دید، هوای داخل آن منبسط می‌شد و از دهانه لوله باریک و بلند خارج می‌گردید. سپس تنگ به‌طور وارونه به داخل آب قرار داده می‌شد. هوای جمع شده داخل تنگ، به هنگام خروج، آب اطراف تنگ را بالا می‌برد. تغییرات بعدی میزان ارتفاع آب، نشانگر گرمای هوای متراکم داخل تنگ بود. وسیله گاليله مقیاسی واقعی برای سنجش دما نبود به طوری که وسیله وی بیشتر جنبه دمانما (Thermoscope) داشت. تا جنبه دماسنج (Thermometer). برای مثال برای اندازه‌گیری دمای بدن، شخص بیمار دست خود را اطراف حباب می‌گذاشت و با دمای بدن شخص سالم مقایسه می‌شد.



دمانما شکل



اندازه‌گیری دمای نسبی با دمانما

آندره سلسیوس (۱۷۴۴-۱۷۰۱) دماسنج خود را در سال ۱۷۴۲ اختراع کرد. مقیاس او براساس دو نقطه پایه‌گذاری شده‌است. نقطه اول دمای مخلوطی از آب و یخ در حال تعادل و تحت فشار جو و نقطه بعدی دمای مخلوط آب و بخار در حال تعادل در فشار جو است و بین این دو را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم کرد و هر قسمت را یک درجه سانتی‌گراد (این نام از واژه لاتین centum به معنی «۱۰۰» و gradus به معنی «گام» یا «مرحله» گرفته شده‌است). او ابتدا نقطه جوش آب را صفر و نقطه انجماد آب را ۱۰۰ تعیین کرد، اما سال بعد این روش را معکوس کرد و این همان درجه‌بندی است که در درجه‌بندی سلسیوس یا سانتی‌گراد یا صدبخشی معروف است.



لُرد کلون



آندره سلسیوس

ویلیام تامسون (۱۸۲۴-۱۹۰۷) مشهور به لُرد کلون یکی از پیشگامان مهم علوم طبیعی در قرن نوزدهم بود. او کارهای مهمی در ترمودینامیک انجام داد. او به خاطر پیشنهاد مقیاس دمای ترمودینامیکی کلون در ۱۸۴۸ معروف است. این یکا اندازه‌گیری دما که مستقل از خواص فیزیکی ماده‌است، به افتخار او مقیاس دمای کلون نام گرفته‌است.

دمای صفر مطلق: ایده «صفر مطلق» در نیمه دوم قرن ۱۸ مطرح شد با این سؤال که آیا برای میزان سرد بودن ماده حدی وجود دارد؟ پاسخ مثبت است. همان‌گونه که آورده شد دما معیاری از انرژی جنبشی است و هر زمان که ماده کمترین انرژی را

داشته باشد دما صفر می‌شود. در آن زمان «گیوم آمونتون» با انجام آزمایش‌های گوناگون دریافت که در حجم ثابت با کاهش دمای گاز، فشار آن به‌طور خطی کاهش می‌یابد و این روند، تا پایین‌ترین دماهایی که او می‌توانست ایجاد کند، ادامه یافت. آمونتون نتیجه گرفت که در دمایی حدود ۲۴۰- درجه سلسیوس فشار گاز صفر می‌شود. از آنجایی که فشار منفی برای گاز معنا ندارد، نتیجه گرفت که این دما پایین‌ترین حد دما است و دمایی پایین‌تر از آن وجود ندارد.

متعاقب قضیه کارنو، کلون متوجه شد که اگر در چرخه کارنو کار انجام یافته، فقط به دمای منبع سرد و منبع گرم بستگی داشته باشد، می‌توان، مقیاس دمای جدیدی وضع کرد که مستقل از خواص ماده باشد. به کار بردن یک نقطه مرجع، به‌عنوان مثال نقطه ذوب یخ و اندازه‌گیری دما از روی نسبت فشارها که با معادله حالت به یکدیگر ارتباط دارند می‌توانست ساده‌تر باشد. بدیهی است، انتخاب نقطه ذوب یخ، به‌عنوان نقطه مرجع، کاملاً مناسب نیست زیرا این نقطه تابع فشار است و معمولاً نمی‌توان آن را به‌صورت قابل اعتماد تکرار کرد. در نتیجه امروزه، به‌عنوان نقطه مرجع، نقطه سه گانه آب را به کار می‌برند. این نقطه دمایی است که در آن سه حالت آب، بخار آب و یخ در تعادل می‌باشند. این حالت با دمای ۰/۰۱ سلسیوس متناظر است. مقیاس کلون، مقیاسی برای دماست که صفر مطلق را به‌عنوان صفر برگزیده است و هر درجه آن ۱ درجه سلسیوس می‌باشد. اما صفر کلون چگونه تعیین می‌شود؟ در واقع صفر کلون دمایی نیست که بتوان به آن دست یافت. اما برای مشخص کردن شاخص مقیاس کلون نقطه سه گانه آب را معادل ۲۷۳/۱۵ درجه کلون در نظر می‌گیرند.

افزایش یا کاهش یک درجه سلسیوس برابر افزایش یا کاهش یک درجه کلون است.  $k = 372 + ^\circ C$

تاریخچه فشار سنجی: اوان جلیستا توریکلی<sup>۱</sup> (۱۶۴۷-۱۶۰۸) از اولین کسانی است که به‌صورت

<sup>۱</sup> - Evangelista Torricelli

علمی بر روی فشارسنجی تحقیقات گسترده‌ای انجام داد. او به توصیه گالیله بر روی پمپ‌های هیدرولیکی تحقیقاتی انجام داد و مشاهده نمود که بیشترین ارتفاع مکش پمپ آب ۱۰ متر است و چنانچه ارتفاع مکش بیشتر شود آب توسط پمپ بالا نمی‌آید. او نتیجه گرفت که هوا وزن دارد و وزن هوا باعث فشار روی مکش پمپ شده و آب را بالا می‌آورد. او برای تکمیل نظریه خود یک لوله شیشه‌ای به طول یک متر را پر از جیوه کرد و آزمایش‌های مربوط به آن را انجام داد.

پاسکال<sup>۱</sup> (۱۶۶۲-۱۶۴۳) نیز مطالعاتی در زمینه هواسنج و فشار هوا دارد که بسیار مهم است. فراموش نباید کرد که پاسکال کسی بود که برای اولین بار به اختلاف فشار هوا در ارتفاعات و نقاط هم سطح دریا پی برد. او با این جمله، پیش بینی خود را اعلام کرد: حقیقت ساده‌ای وجود دارد و آن این است که فشار هوا در ارتفاعات، کمتر از فشار هوا در دشت، و یا نقاط هم سطح دریا است.



پاسکال



توریچلی

## ارزشیابی پایانی فصل اول

### پرسش‌های چهار گزینه‌ای

- ۱- نخستین وسیله واقعی برای اندازه‌گیری دما توسط چه کسی اختراع شد؟  
الف) گاليله (ب) ژول (ج) رامفورد (د) کلونین
- ۲-  $100^{\circ}\text{C}$  چند درجه کلونین است؟  
الف) ۲۱۲ (ب) ۳۷۳ (ج) ۷۳۳ (د) ۲۷۳

### پرسش‌های درست و نادرست

- ۳- مدیریت هوشمند ساختمان‌ها که بدون دخالت انسان دستگاه روشن یا خاموش می‌شوند RPM نام دارد.  
☐ درست ☐ نادرست
- ۴- پایین‌ترین حد دما  $273/15$  - درجه سانتی‌گراد است که صفر مطلق نامیده می‌شود.  
☐ درست ☐ نادرست
- ۵- اولین ابزار بشر برای اندازه‌گیری دما، استفاده از حس لامسه خود بود.  
☐ درست ☐ نادرست

### پرسش‌های پرکردنی

- ۶- در گذشته برای نگهداری مواد غذایی، میوه‌ها و ... از ..... استفاده می‌شد.
- ۷- در مناطق مرکزی و جنوبی کشور برای مقابله با گرمای طاقت‌فرسای کمتر از ..... استفاده می‌کردند.

### پرسش‌های تشریحی

- ۸- علت گرم ماندن بدن خرس قطبی در آب و هوای سرد و خشن قطب چیست؟
- ۹- علت استفاده گابریل وانیل فارنهایت از جیوه در دماسنج چه بود؟
- ۱۰- نظر دانشمندان قدیم را در مورد گرما بیان کنید.



## فصل دوم

### مواد و کاربرد آنها



تکنولوژی مواد، علم و فناوری است که درباره فرایندهای تولید، استخراج، تصفیه، آلیاژ کردن، شکل دادن و نیز خواص فیزیکی، مکانیکی، تکنولوژیکی، شیمیایی و عملیات حرارتی بحث می‌کند و به بررسی ساختمان داخلی مواد از نظر ترکیب، ساختار و ریزساختار آنها می‌پردازد. از زمانی که بشر به روش‌هایی برای تغییر مواد طبیعی و تولید مواد جدید دست یافت، تنوع مواد جدید به سرعت گسترش پیدا کرد و بحث انتخاب ماده مناسب از میان چند ماده مختلف براساس ویژگی‌های مورد انتظار مطرح بوده است. نمودار صفحه بعد دوره‌های مهم ایجاد تحول اساسی در مواد صنعتی را در طول تاریخ بشر نشان می‌دهد.

هدف از این فصل آشنایی هنجریان با انواع مواد صنعتی، کاربرد و ویژگی‌های آنها می‌باشند همچنین هنجریان، ساختمان پلیمر و انواع لوله‌های پلیمری را می‌شناسند. در ادامه با کاربردهای انواع پلیمرها، سرامیک‌ها و کامپوزیت‌ها و فناوری نانو آشنا می‌شوند.

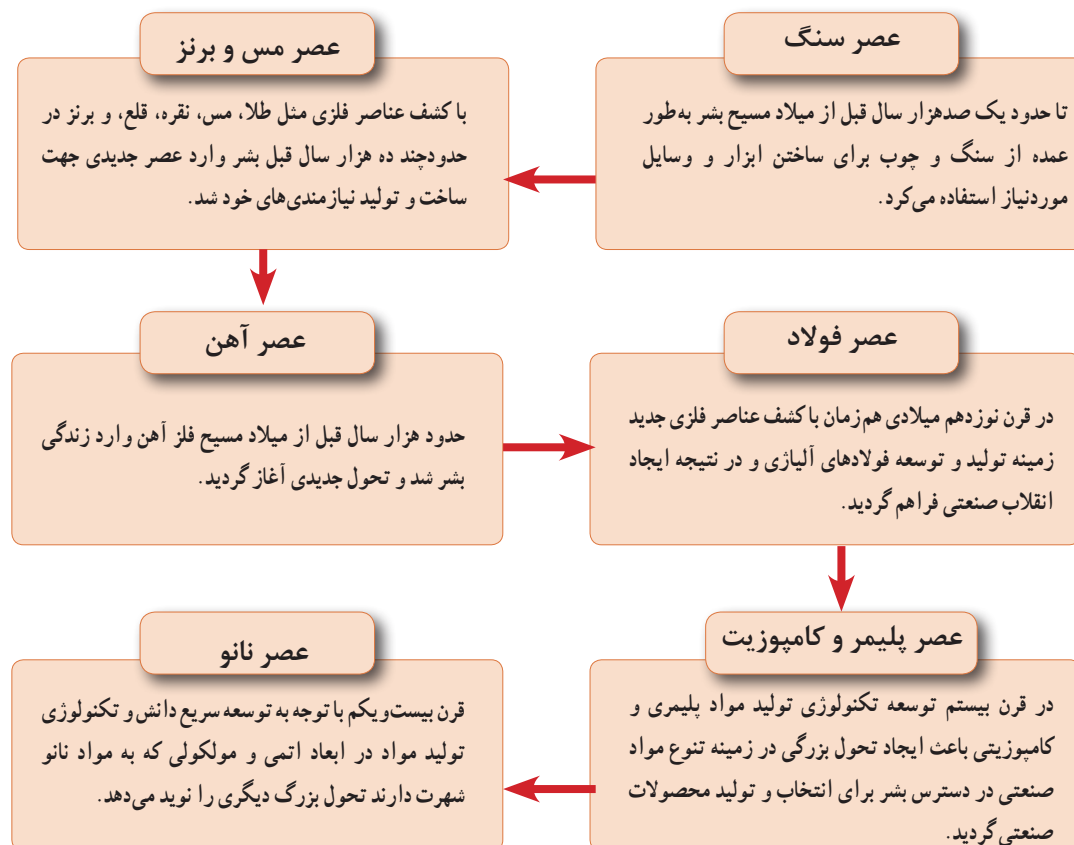
## ۱-۲- ضرورت شناخت مواد صنعتی

به‌طور کلی موادی که در ساخت و تولید قطعات، تجهیزات و سازه‌های صنعتی به کار می‌روند. مواد صنعتی می‌گویند. با این تعریف مواد صنعتی دربرگیرنده مواد جامد، مایع و گازی مورد استفاده در صنایع مختلف می‌شود.

فکر کنید



شناخت مواد صنعتی چه اهمیتی دارد؟ و این شناخت برای چه کسانی ضروری است؟



نمودار دوره‌های ایجاد تحول بزرگ صنعتی در طول تاریخ بشر



برای آنکه هریک از لوازم زیر فرسوده نشده و آسیب نبینند در دنیای اطراف خود چه می کنید؟



چند نوع از موادی که در اطراف خود می بینید را در جدول زیر وارد نموده و سپس به چند سؤال زیر پاسخ دهید.

- ۱- \_\_\_\_\_
- ۲- \_\_\_\_\_
- ۳- \_\_\_\_\_
- ۴- \_\_\_\_\_

مواد فوق چه تفاوتی از لحاظ جنس با یکدیگر دارند؟

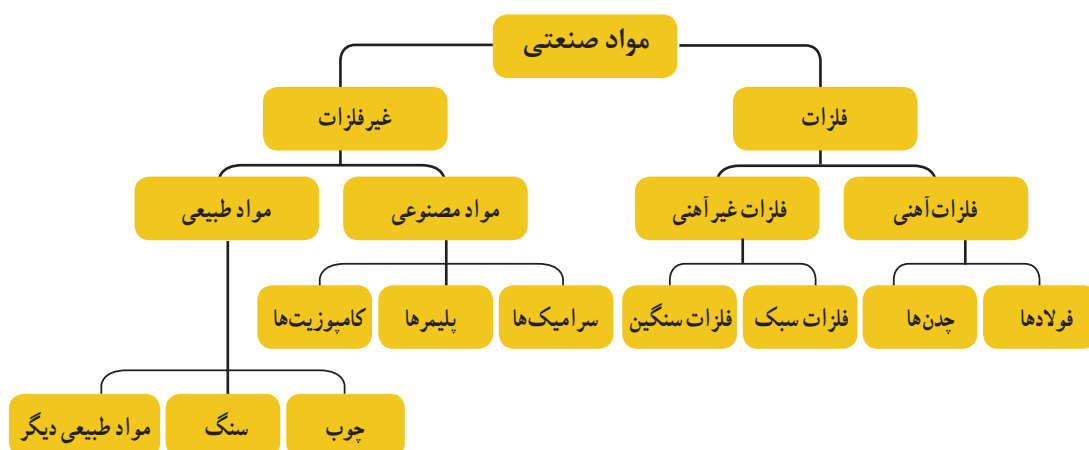
آیا در صورت آسیب دیدن قابل تعمیر و بازسازی هستند؟

آیا این مواد قابل بازیافت هستند؟

آیا برای حفظ و افزایش طول عمر آن راهکارهای خاصی مورد نیاز است؟

## ۲-۲ دسته بندی مواد جامد صنعتی

مواد جامد صنعتی را به صورت های مختلفی می توان تقسیم بندی کرد. در حالت کلی می توان آنها را به دو دسته اصلی شامل: فلزات و غیرفلزات تقسیم کرد و سپس مطابق نمودار به اجزای کوچک تری تقسیم بندی نمود.



نمودار دسته بندی مواد جامد صنعتی



**فلزات:** از زمانی که بشر فلز را شناخت، متالورژی<sup>۱</sup> را به عنوان یک علم و تکنولوژی فرا گرفت. به طور کلی علم شناخت، استخراج و کار روی فلزات را متالورژی یا فلزشناسی می گویند و فلزات دسته ای از مواد صنعتی هستند که دارای خواص ویژه ای می باشند؛ از نظر خواص فیزیکی به جز جیوه که مایع می باشد بقیه آنها در دمای محیط جامداند. فلزات همچنین قابلیت هدایت الکتریکی و حرارتی زیاد و دمای ذوب و جوش، گرمای نهان تبخیر، جرم حجمی و سختی به نسبت بالایی دارند.

از نظر خواص مکانیکی عناصر فلزی به طور کلی انعطاف پذیرند، قابلیت شکل پذیری، خاصیت چکش خواری، صیقل پذیری، تورق و مفتول شدن آنها زیاد است و نیز در مقابل ضربه، فشار و کشش مقاومند. فلزات و آلیاژهای<sup>۲</sup> آنها را می توان به دو گروه اول فلزات پایه آهنی<sup>۳</sup> و گروه دوم فلزات پایه غیر آهنی نامیده می شوند.

به نظر شما فلزات کدام یک از خواص زیر را دارا هستند.

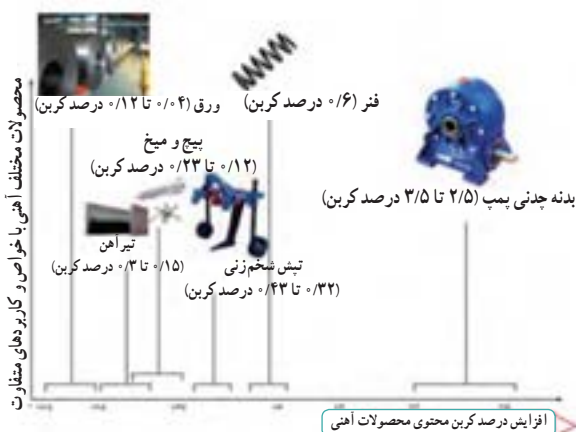
- ☐ انعطاف پذیر بودن
- ☐ تحمل نیروی کششی
- ☐ چکش خوار بودن
- ☐ مقاومت در برابر فشار
- ☐ شکل پذیری

**الف) فلزات آهنی:** فلزات آهنی فلزاتی هستند که عنصر اصلی تشکیل دهنده آنها آهن (Fe) می باشد. این فلزات جزء مهم ترین مواد جامد صنعتی به شمار می آیند که دارای موارد کاربرد فراوانی در صنایع گوناگون می باشند و می توان آنها را به دو دسته کوچک تر تقسیم کرد. فلزات آهنی به نسبت خیلی از مواد صنعتی دیگر ارزان تر و دارای تنوع بیشتری از نظر خواص هستند، به طوری که اکثر ماشین آلات،

تجهیزات و قطعات صنعتی از فلزات آهنی و آلیاژهای آنها ساخته می شوند و یا در ساخت آنها از این دسته از فلزات استفاده شده است و براساس میزان کربن به دو دسته کلی تقسیم بندی می شوند.

فولادها	به طور معمول کمتر از ۲ درصد کربن دارند
چدن ها	بیش از ۲ درصد تا حدود ۶ درصد کربن دارند

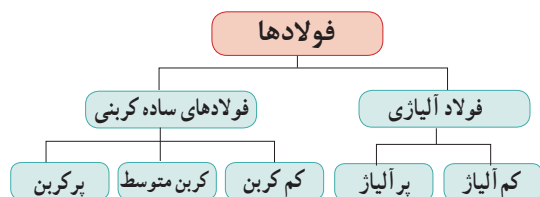
نمودار دسته بندی فلزات پایه آهنی برحسب مقدار کربن



نیم ساخته ها و محصولات آهنی با کاربردهای مختلف

## ۲-۳- فولاد

به طور کلی می توان فولادها را مطابق نمودار زیر تقسیم بندی کرد.



نمودار تقسیم بندی فولادها

۱- Metallurgy

۲- هم بسته

۳- Ferrous Base Metals



میل لنگ (کربن متوسط)

فولادهای ساده کربنی

کم کربن

میزان کربن در حد کمتر از ۰/۲۵٪ است

کربن متوسط

میزان کربن حدود ۰/۲۵٪ تا ۰/۶۵٪ می باشد.

پر کربن

میزان کربن به طور معمول بیشتر از ۰/۶۵٪ می باشد.

نمودار تقسیم بندی انواع فولادهای ساده کربنی

ج) فولادهای ساده پر کربن: در مواردی که به سختی بالایی نیاز باشد از فولادهای ساده پر کربن استفاده می شود مانند تیغ های برش، غلتک نورد و ... که در شکل زیر دو نمونه از این قطعات صنعتی نشان داده شده است.



آچارها و تیغه اره (پر کربن)

اختلاف ساختار فولاد خواص مکانیکی متفاوتی را ایجاد می کند که در جدول زیر این اختلاف در خواص مکانیکی برای سه نوع فولاد ساده کربنی نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می شود با افزایش درصد کربن استحکام تنش تسلیم فولاد کربنی افزایش پیدا می کند.

الف) فولاد ساده کم کربن: این نوع فولاد که برای عموم قطعات مهندسی، سازه ها و پل ها، صنایع کشتی سازی و بدنه واگن ها و ... به کار می روند، از خواص شکل پذیری، ماشین کاری، جوشکاری و مغناطیسی خوبی برخوردار می باشند.



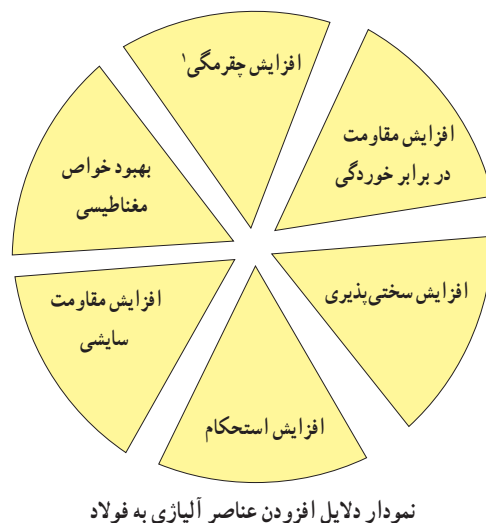
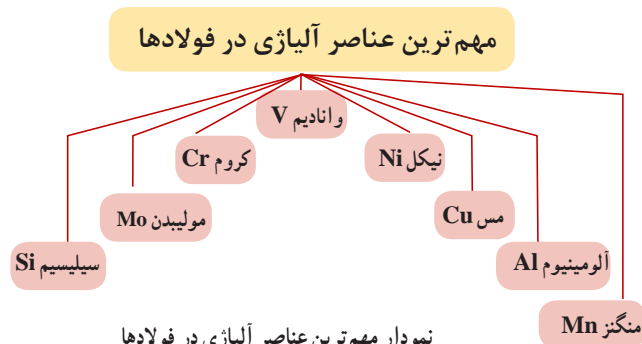
پرچ ها (کم کربن)

ب) فولادهای ساده کربن متوسط: در صنایع حمل و نقل به خصوص راه آهن (چرخ و محور واگن ها)، قطعات خودرو و ماشین آلات صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند. این فولادها علاوه بر داشتن خواص ماشین کاری و جوشکاری مناسب از قابلیت سختی پذیری بالایی برخوردار هستند.

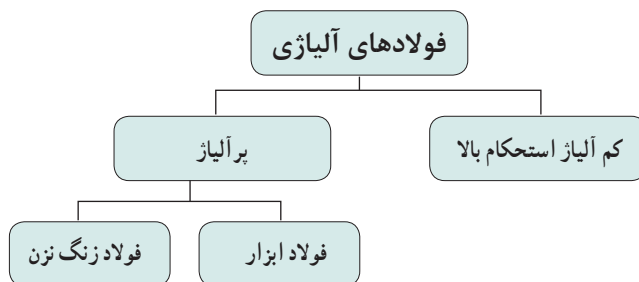
جدول اختلاف در خواص مکانیکی فولاد ساده کربنی (بر حسب مقدار متفاوت کربن)

نوع فولاد	خواصیت مکانیکی	فولاد ساده کم کربن	فولاد ساده کربن متوسط	فولاد ساده پر کربن
		(CK1۵)	(CK۴۵)	(CK۶۰)
استحکام کششی (MPa)		۵۹۰-۷۸۰	۶۵۰-۸۰۰	۷۸۰-۹۳۰
تنش تسلیم (MPa)		۳۵۵	۳۶۵	۴۹۰

فولادهای آلیاژی: برای بهبود خواص فولادها که در آلیاژی به آن افزوده می‌شود که مهم‌ترین عناصر نمودار زیر به دلایل اصلی آن اشاره شده است، عنصری آلیاژی در نمودار زیر مشاهده می‌شوند.



فولادهای آلیاژی را می‌توان مطابق نمودار زیر تقسیم‌بندی کرد.



نمودار دسته‌بندی فولادهای آلیاژی

۱- چقرمگی یا تافتس (Toughness): در علم متالورژی و مواد به مقاومت ماده در برابر شکست در اثر اعمال تنش گفته می‌شود و به صورت میزان انرژی جذب شده، قبل از شکست در یکا حجم تعریف می‌شود. این کمیت را می‌توان از طریق محاسبه سطح زیر منحنی تنش - کرنش محاسبه کرد. بنابراین هرچه چقرمگی ماده‌ای بیشتر باشد انرژی لازم برای شکست آن بیشتر است.



- ۱- مهم ترین عناصر آلیاژی در فولاد را نام ببرید؟
- ۲- به چه دلیل مواد آلیاژی به فولاد افزوده می شود؟

**فولادهای ابزار:** فولادهای ابزار گروهی از فولادها هستند که در ساخت ابزار مانند تیغه اره، تیغه قیچی، سوهان، قلم تراش، سوزن خط کشی و قالب های نورد و برس مورد استفاده قرار می گیرند. سختی پذیری بالا، مقاومت سایشی مناسب، پایداری ابعادی خوب (انقباض و انبساط کم) و قابلیت عملیات حرارتی از جمله خواص مهم فولاد ابزار می باشد.

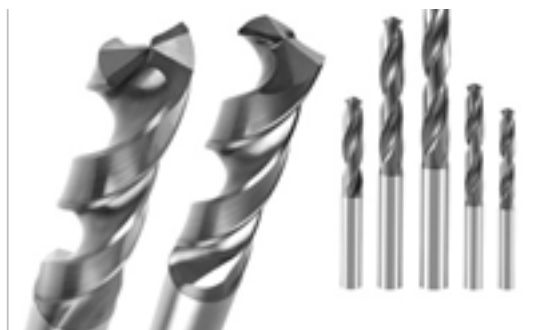
میزان کربن این نوع فولادها از حدود ۰/۳۵ درصد تا حدود ۱/۲۵ درصد متغیر است و بسته به نوع فولاد ابزار ممکن است دارای عناصر آلیاژی خاص مثل: تنگستن، کروم، وانادیوم و مولیبدن نیز باشند.



صفحه فرز



سوهان



سرشته



به سؤالات زیر پاسخ دهید.

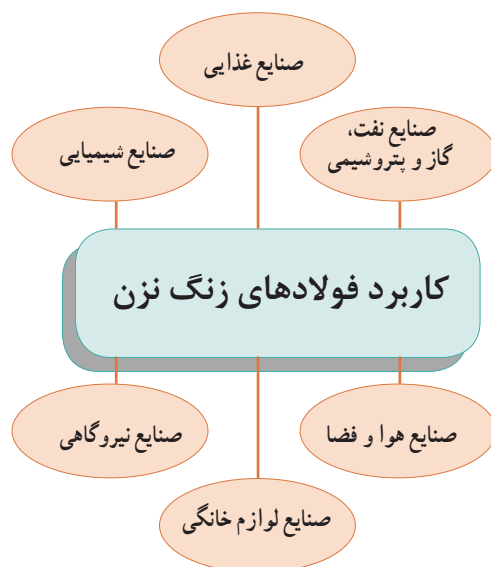
۱- میزان کربن موجود در فولادهای ابزار حدود ..... تا ..... درصد می باشد.

۲- فولادهای ابزار کدام یک از خواص زیر را باید دارا باشند.

- ☐ سختی پذیری      ☐ شکل پذیری  
☐ مقاومت سایش      ☐ مقاوم در برابر حرارت  
☐ هدایت الکتریکی خوب      ☐ انقباض و انبساط کم

همچنین عناصر دیگری مانند نیکل و مولیبدن نیز به آن افزوده می شود. نمونه هایی از کاربرد فولادهای زنگ نزن در نمودار زیر آورده شده است.

فولاد زنگ نزن<sup>۱</sup> فولادهای زنگ از جمله فولادهای آلیاژی می باشند که مقاومت بالایی در برابر خوردگی دارند. فولادهای زنگ نزن حاوی حداقل ۱۰ درصد کروم هستند که عامل اصلی مقاومت در برابر خوردگی است.



نمودار کاربرد فولادهای زنگ نزن

از معروف ترین و پرکاربردترین، فولادهای زنگ نزن ۳۰۴ و ۳۱۶ می باشد که ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی آنها در جدول زیر مشاهده می شود.

جدول ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی فولادهای زنگ نزن ۳۰۴ و ۳۱۶

نام (AISI)	Cr (درصد)	Ni (درصد)	C (درصد)	Mn (درصد)	Si (درصد)	P (درصد)	N (درصد)	استحکام نهایی MPa	سختی (HRB)
۳۰۴	۱۸ تا ۲۰	۸ تا ۱۰/۵۰	۰/۰۸	۲	۰/۷۵	۰/۰۴۵	۰/۱	۶۱	۸۲
۳۱۶	۱۶ تا ۱۸	۱۰ تا ۱۴	۰/۰۸	۲	۰/۷۵	۰/۰۴۵	۰/۱	۵۷۹	۷۹

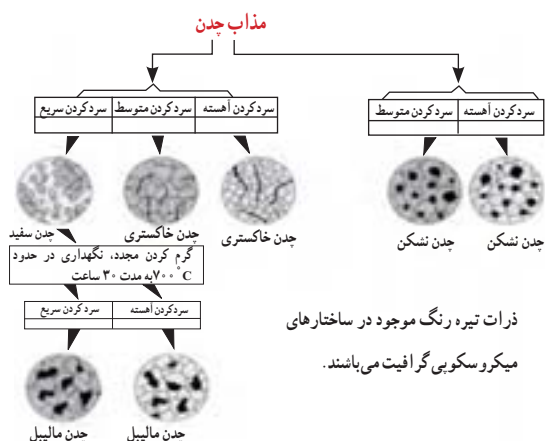


تانک

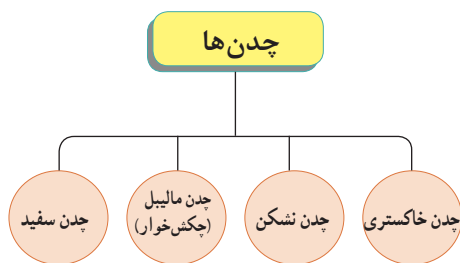


سینک ظرفشویی

دسته‌بندی چدن‌ها: یک روش ساده و متداول برای دسته‌بندی چدن‌ها، شکل ذرات گرافیت در ساختار چدن و رنگ ظاهر سطح مقطع شکست آنها می‌باشد، در شکل زیر فرم‌های مختلف ذرات گرافیت در ساختار چدن‌ها نشان داده شده است.



ساختار چدن‌ها و شکل ذرات گرافیت آزاد براساس توضیحات ذکر شده چدن‌ها را مطابق نمودار زیر می‌توان به چهار دسته تقسیم نمود.



نمودار تقسیم‌بندی چدن‌ها

نام‌گذاری کوتاه براساس DIN ۱۷۰۰۶: در این استاندارد فولادها را براساس نوع کاربرد، درصد کربن و دیگر عناصر آلیاژی آن تقسیم‌بندی کرده‌اند. بر همین مبنا سه نوع شماره‌گذاری در این استاندارد مرسوم است. در روش اول کدگذاری با توجه به کاربرد و نوع مواد صورت می‌پذیرد. به‌طور نمونه جدول زیر را مشاهده می‌کنید.

مفهوم	کد
فولاد ساختمانی	St
چدن خاکستری	GG

## ۴-۲- چدن

چدن‌ها دسته‌ای از آلیاژهای آهنی محتوی کربن و سیلیسیم هستند که مقدار کربن در آنها بیشتر از ۲/۱۴ درصد است (به‌طور معمول بین ۳ تا ۴/۵ درصد کربن دارند). همچنین ممکن است برحسب کاربرد دارای عناصر دیگری مثل کرم، منگنز و غیره به ترکیب چدن‌ها اضافه شود.

نقطه ذوب چدن‌ها نسبت به فولادها به مراتب کمتر است (حدود ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد). بنابراین به راحتی ذوب و ریخته‌گری می‌شوند، اما چدن‌ها ترد و شکننده‌اند. از این‌رو ساده‌ترین روش ساخت و تولید قطعات چدنی ریخته‌گری است.



**الف) چدن سفید:** سطح مقطع شکست آلیاژ سفید رنگ است و تمام کربن موجود در آلیاژ به صورت ترکیب با آهن ( $Fe_3C$ ) می باشد. چدن سفید بسیار ترد و شکننده است و در مواردی که هدف مقاومت در برابر سایش و سختی مدنظر می باشد مثل غلتک های دستگاه نورد کاربرد دارد.

**ب) چدن خاکستری:** سطح مقطع شکست آلیاژ خاکستری رنگ است چون بخشی از کربن موجود در آلیاژ به صورت گرافیت ورقه ای یا رشته ای شکل درآمده است. چدن خاکستری قابلیت بالایی در جذب ارتعاشات دارد و از استحکام و سختی مناسبی نیز برخوردار است. لذا در مواردی مثل بدنه دستگاه های تراش و فرز کاربرد دارد.

**ج) چدن نشکن یا گرافیت کروی:** چنانچه به ترکیب مذاب چدن خاکستری قبل از ریخته گری مقدار اندکی منیزیم یا

سدیم اضافه شود باعث می شود شکل ذرات گرافیت تغییر کند. در این نوع چدن ذرات گرافیت به صورت کروی شکل یا شبیه کره می باشند. استحکام و انعطاف پذیری چدن نشکن نسبت به چدن خاکستری بیشتر است لذا کاربرد گسترده این چدن ها در مواردی مثل شیرآلات، پمپ، میل لنگ، چرخ دنده و ماشین آلات صنعتی مشابه است.

**د) چدن مالیل یا چکش خوار:** چنانچه چدن سفید برای مدت نسبتاً طولانی در دمای حدود ۷۰۰ یا ۸۰۰ درجه سانتی گراد قرار گیرد کاربید آهن ( $Fe_3C$ ) موجود در ساختار چدن تجزیه شده و ذرات گرافیت خوشه ای شکل تشکیل می شود. این چدن ها از استحکام و انعطاف پذیری یا چکش خواری مناسبی برخوردار می باشند و در مواردی مثل شاتون، چرخ دنده های انتقال نیرو، تجهیزات راه آهن و به طور کلی در قطعات مهندسی تحت شرایط سخت کاری کاربرد دارند.

با توجه به تصاویر نوع چدن به کار رفته در هریک را مشخص نمایید. (می تواند بیش از یک کاربرد داشته باشد)



**فلزات غیر آهنی:** فلزات غیر آهنی عبارتند از: تمام فلزات و آلیاژهایی که بخش اصلی تشکیل دهنده ترکیب آنها عنصری غیر از آهن باشد. فلزات غیر آهنی به دلایل مختلف از جمله اینکه: مقدار آنها در طبیعت کمتر یافت می شود و یا مراحل استخراج آنها پیچیده تر و پرهزینه تر است و یا از نظر خواص مورد نظر ضعیف تر می باشند نسبت به فلزات آهنی موارد کاربرد کمتری در صنعت دارند و یا در موارد و کاربردهای مخصوصی به کار می روند که خواص ویژه ای مورد نظر باشد مثل:

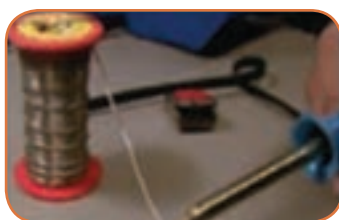
آلیاژهای مس، آلومینیوم، منیزیم، روی، نیکل و غیره. فلزات غیر آهنی براساس جرم حجمی به دو دسته فلزات سنگین (جرم حجمی آنها بیشتر از ۵ گرم بر میلی متر مکعب است) مانند: مس، قلع، سرب، برنج و فلزات سبک (جرم حجمی آنها کمتر از ۵ گرم بر میلی متر مکعب است) نظیر: آلومینیوم، منیزیم و تیتانیوم تقسیم بندی می شوند که در شکل زیر مواردی از کاربردهای صنعتی فلزات غیر آهنی نشان داده شده است.



آلومینیوم در صنایع ساختمان



مس در صنایع برق



قلع در لحیم کاری



تیتانیوم در صنایع هوا و فضا

شکل کاربرد فلزات غیر آهنی در ساخت سازه های صنعتی

باتوجه به نام هریک از صنایع زیر دو مورد از فلزات غیر آهنی مورد استفاده در آن صنعت را نام ببرید.

کار کلاسی



صنعت ساختمان:

۱- .....

۲- .....

صنعت برق:

۱- .....

۲- .....

صنعت هواپیماسازی:

۱- .....

۲- .....

## ۵-۲- آلومینیوم

در صنعت، آلومینیوم پس از فولاد در ردیف دوم از نظر کاربردترین فلز قرار دارد. توسعه سریع آلومینیوم مربوط به خواص ویژه آن است. جرم حجمی آلومینیوم در حدود یک سوم فولاد یا مس می‌باشد ولی نسبت استحکام به وزن بعضی از آلیاژهای آلومینیوم از فولاد بیشتر است. آلومینیوم و آلیاژهای آن دارای هدایت الکتریکی و گرمایی مناسب و منعکس کننده خوبی برای نور و گرما می‌باشند. آلومینیوم و آلیاژهای آن دارای مقاومت به خوردگی و قابلیت ریخته‌گری مناسب و شکل‌پذیری خوبی برای تولید مقاطع مختلف نظیر: لوله، پروفیل، نبشی و ... دارند. جدول (۱-۶) خصوصیات آلومینیوم را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۶- خواص فیزیکی مهم آلومینیوم

Aluminum	نام علامت اختصاری
$2.7 \text{ gr/cm}^3$	جرم حجمی
نقره‌ای	رنگ
جامد	حالت ماده
$660^\circ \text{C}$	نقطه ذوب
$37.7 \times 10^6$ زیمنس <sup>۱</sup>	رسانایی الکتریکی
$237 \text{ w/m}^\circ \text{K}$	رسانایی گرمایی
Fcc	ساختار کریستالی
$900 \text{ J/Kg}^\circ \text{K}$	ظرفیت گرمایی ویژه

- کاربردهای آلومینیوم در صنایع مختلف بسته به نوع آلیاژ به کار رفته در آن متفاوت می‌باشد. در زیر به مواردی از آن در تصاویر داده شده اشاره می‌گردد.



مبدل گرمایی



دکل‌های برق



هواپیما



پیستون و سیلندر



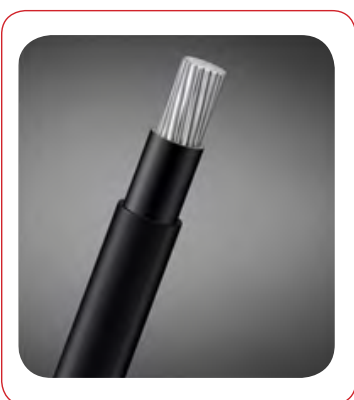
## آلومینیوم در مبدل گرمایی

### (Aluminum in heat exchangers)

خواصی که استفاده از آلومینیوم را برای مبدل‌های حرارتی مناسب می‌کند عبارت‌اند از:

- ۱- سبک و با استحکام ویژه بالا
- ۲- هدایت گرمایی بالا
- ۳- مقاوم در برابر خوردگی
- ۴- قابلیت شکل پذیری
- ۵- توانایی اتصال با جوشکاری، لحیم کاری و لحیم برنجی.

به تصاویر زیر نگاه کنید سپس بیان نمایید کدام یک از خواص مورد نظر آلومینیوم، علت استفاده از آن می‌تواند باشد.



## آلیاژهای آلومینیوم

آلومینیوم خالص دارای استحکام بسیار کم می‌باشد بنابراین برای افزایش استحکام فلز آلومینیوم برخی از عناصر فلزی مثل مس، روی و منگنز به این عنصر اضافه می‌گردد تا استحکام آن را افزایش دهند و به این ترتیب آلیاژهای تولیدی این فلز توانسته‌اند در ساخت و ساز مهندسی کاربرد وسیعی داشته باشند.

### ۲-۶- مس

مس یکی از فلزات مهم صنعتی است که در حالت غیرآلیاژی و همچنین به صورت آلیاژی کاربرد وسیعی دارد. فلز مس قرمز رنگ است و از خاصیت هدایت الکتریکی و حرارتی بالایی برخوردار است.



سیم



لوله‌های مسی

## جدول خصوصیات مس



نمودار ویژگی‌های خوب فلز مس

Copper , Cu	نام علامت اختصاری
$8.92 \text{ gr/cm}^3$	جرم حجمی
قرمز	رنگ
جامد	حالت ماده
$1084^\circ\text{C}$	نقطه ذوب
$\frac{1}{59.6 \times 10^6}$ (زیمنس) اهم	رسانایی الکتریکی
$401 \text{ w/m} \times ^\circ\text{K}$	رسانایی گرمایی

چند مورد از کاربردهای مس را در تصاویر زیر مشاهده می‌کنید.

			
لوله‌های مسی	مبدل گرمایی	اتصالات جوشی مسی	سیم‌های برق

## لوله‌های مسی

از لوله‌های مسی برای لوله‌کشی تأسیسات آب سرد و آب گرم، لوله‌کشی گاز و دیگر تأسیسات گرمایی و سرمایی استفاده می‌شود. چون مقاومت کششی مس بالا است بنابراین لوله‌ها را می‌توان با جداره نازک تهیه کرد که باعث سبک وزنی لوله‌ها و کاهش هزینه ساخت می‌گردد. در صورت وجود خطر خوردگی و اسیدی بودن خاک می‌توان آنها را با پوششی از پلاستیک تهیه کرد. لوله‌های مسی سطح داخلی صافی دارند و مقاومت کمی در برابر جریان مایعات ایجاد می‌کنند. به همین دلیل از این لوله‌ها در قطر داخلی کوچک‌تر می‌توان استفاده کرد.

ظاهر این لوله‌ها تمیز است و در صورت ضرورت می‌توان آنها را آب کروم داد.

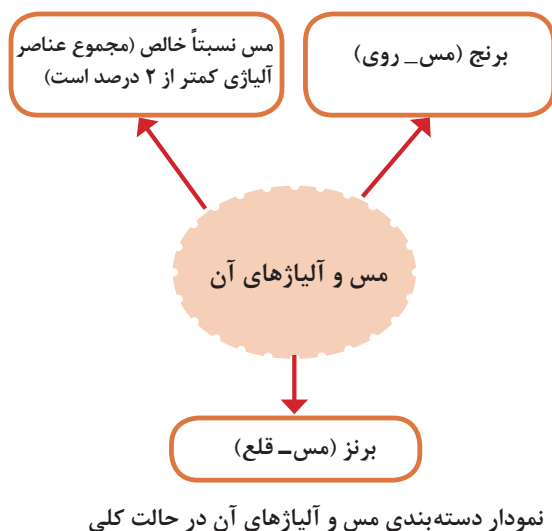
**انواع لوله‌های مسی:** لوله‌های مسی به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

الف- لوله‌هایی که در لوله‌کشی آب سرد و گرم و گاز و گازهای طبی مورد استفاده‌اند.

ب- لوله‌هایی که در سیستم تهویه مطبوع و تبرید نوع ACR به کار می‌روند.

در لوله‌های ACR قطر نامی لوله برابر قطر خارجی است ولی در لوله‌های مسی مخصوص آب سرد و گرم و گاز

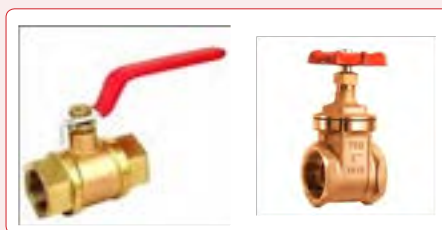
**۳-۲-۶- دسته‌بندی مس و آلیاژهای آن:** مس و آلیاژهای مسی را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد که نمودار زیر این دسته‌بندی را نشان می‌دهد.



قطر نامی لوله تقریباً برابر قطر داخلی است و در نتیجه در یک قطر نامی لوله آبرسانی و گازرسانی بزرگ‌تر از لوله‌های ACR هستند

لوله مسی بی‌درز که در استاندارد ANSI/ASTM B88 ساخته می‌شود. از نظر ضخامت جدار به انواع K (سنگین)، L (وزن متوسط)، M (سبک) تقسیم و به دو صورت سخت و نرم عرضه می‌شوند، در حالت نرم تا قطر ۱/۵ اینچ (۴۰ میلی‌متر) به صورت کلاف و در حالت سخت به صورت شاخه به بازار عرضه می‌گردند.

به چه علت در ساخت بدنه اغلب شیرها از برنج استفاده می‌کنند.



تحقیق کنید



## ۷-۲- روی و قلع

در میان فلزات غیر آهنی روی و قلع پس از آلومینیوم و مس بیشترین کاربرد را دارند. **روی:** جدول زیر ویژگی‌های فیزیکی مهم فلز روی و نمودار صفحه بعد خواص صنعتی آن را نشان می‌دهد.

جدول ویژگی‌های مهم روی

نام علامت اختصاری	(Zinc), Zn
جرم حجمی	$7.14 \text{ gr/cm}^3$
رنگ	خاکستری کم‌رنگ مایل به آبی
حالت ماده	جامد دیامغناطیس
نقطه ذوب	$420^\circ\text{K}$
رسانایی الکتریکی	$1.6 \times 10^6$ زیمنس
رسانایی گرمایی	$116 \text{ w/m}^\circ\text{K}$

**قلع :** قلع فلز دیگری است که در پوشش‌های مقاوم به خوردگی (قلع اندود کردن)، آلیاژسازی، لحیم کاری و غیره کاربرد دارد. جدول (۶-۷) خصوصیات فیزیکی مهم فلز قلع را نشان می‌دهد.

جدول ۶-۷- خصوصیات فیزیکی مهم قلع

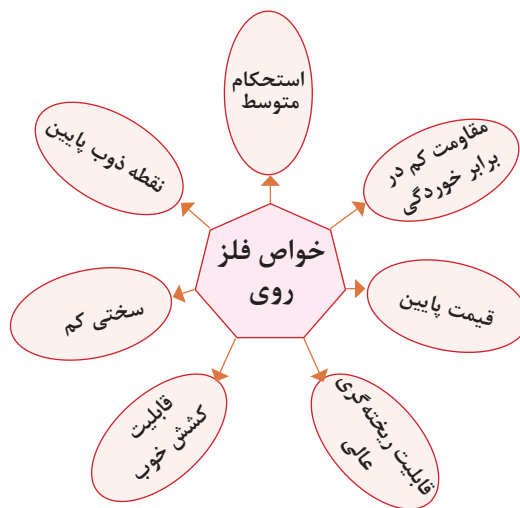
نام علامت اختصاری	Tin, Sn
جرم حجمی	$73/1 \text{ gr/cm}^3$
رنگ	خاکستری درخشان (نقره‌ای)
حالت ماده	جامد
نقطه ذوب	$132^\circ\text{C}$
رسانایی الکتریکی	$9/17 \times 10^{-6}$ زیمنس
رسانایی گرمایی	$66/6 \text{ (w/m)} \times ^\circ\text{K}$

قلع استحکام کمی دارد اما در ترکیب با فلزات دیگر مثل مس، سرب، تیتانیوم و روی باعث افزایش سختی و استحکام آنها می‌شود.

از عمده‌ترین کاربردهای قلع پوشش‌دهی ورق‌های فولادی به خاطر افزایش مقاومت در برابر خوردگی است. نکته قابل توجه این است که ورق‌های فولادی قلع اندود به راحتی قابلیت فرم‌دهی، جوشکاری و لحیم کاری دارند. بیشتر صفحات قلع اندود شده برای ظروف بسته‌بندی غذا استفاده می‌شوند. ظرف‌های قلع اندود به حلبی نیز معروف می‌باشند.



کاربرد ورق قلع اندود در صنایع بسته بندی مواد غذایی



نمودار خواص فلز روی

با توجه به خواص فلز روی از این فلز بیشتر برای پوشش قطعات فولادی به منظور حفاظت در برابر خوردگی استفاده می‌شود.

**گالوانیزه کردن:** پوشش دادن سازه‌های فولادی را در حمام روی مذاب، فرایند گالوانیزه (غوطه‌وری گرم) می‌گویند، در نتیجه این عمل لایه‌ای چسبنده، روی سطح فولاد تشکیل می‌شود. لوله‌ها و ورق‌های گالوانیزه در صنایع مختلف کاربرد وسیعی دارند. علاوه بر روش غوطه‌وری گرم، از روش آبکاری و پاشش حرارتی نیز برای پوشش روی، در سطح فولاد استفاده می‌شود. پوشش گالوانیزه می‌تواند از خوردگی سازه فولادی در شرایط اتمسفری و یا در زیر خاک ممانعت کند.



لوله گالوانیزه


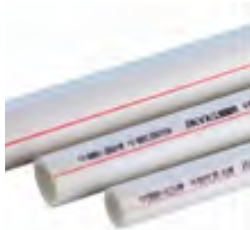


تحقیق کنید



در مورد سایر فلزات غیر آهنی (منیزیم، تیتانیوم، کروم، تنگستن و ...) تحقیق نموده و نتیجه را به کلاس ارائه نمایید.



چند نوع از انواع لوله‌های پلیمری را در تصاویر زیر مشاهده می‌کنید.

			
لوله PVC	لوله PP	لوله PEX-ALL-PEX	لوله PEX

به طوری که به تناوب می‌توانند در معرض گرمایش و سرمایش قرار گرفته و مورد استفاده قرار گیرند.

چند نوع از انواع ترموپلاست‌ها که در صنعت تأسیسات کاربرد دارند در زیر آورده شده است.

#### – PB پلی بوتیلن

- لوله‌های قابل انعطاف
- استفاده برای سیستم‌های آب تحت فشار

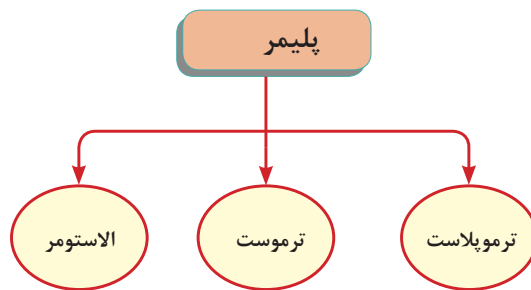


#### – PE پلی اتیلن

- لوله‌های قابل انعطاف
- استفاده برای سیستم‌های آب تحت فشار – بارانی و ...
- برای آب گرم قابل استفاده نیست



تقسیم‌بندی پلیمرهای صنعتی: پلیمرهای صنعتی را می‌توان برحسب خواص و رفتار آنها در برابر گرما و خواص مکانیکی مطابق نمودار زیر تقسیم‌بندی کرد.



نمودار تقسیم‌بندی پلیمرهای صنعتی

#### ترموپلاست Thermoplastic

ترموپلاستیک چیست؟

ترموپلاستیک‌ها (گرمانرم) مواد آلی هستند که هنگامی که به آنها گرما داده می‌شود ذوب می‌شوند. ترموپلاستیک ترکیبی از یک پلاستیک و یک لاستیک می‌باشند. این آلیاژها با دارا بودن نقاط قوت لاستیک و پلاستیک دارای خواص فیزیکی مکانیکی ویژه‌ای هستند. از این مواد به شکل وسیعی در صنایع لوله‌کشی، خودروسازی و سایر صنایع استفاده می‌شود. این پلیمر در دمای اتاق به صورت جامد است اما در صورتی که چند درصد دما افزایش یابد به صورت یک مایع چسبناک در می‌آید. از این ویژگی برای تولید محصولات با اشکال مختلف استفاده می‌کنند

## PEX -



- لوله‌های قابل انعطاف
- استفاده برای سیستم‌های آب تحت فشار - بارانی و ...

## PP - پلی پروپیلن



- بسیار سبک وزن
- درجه حرارت قابل استفاده تا ۱۸۰ درجه فارنهایت (۸۲ درجه سلسیوس)
- بسیار مقاوم در برابر اسیدها و بسیاری از حلال‌ها
- قابل استفاده در لوله کشی و آزمایشگاه

## PVC - پلی وینیل کلراید



- قوی و سفت و سخت
- مقاوم در برابر اسیدها و بازها
- برخی از حلال‌ها و هیدروکربن‌های کلر ممکن است به این مواد آسیب برسانند.
- حداکثر دمای قابل استفاده از آنها ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سلسیوس) است.

در جدول زیر دو دسته اصلی مواد پلیمری معرفی شده‌اند، همچنین خواص آنها آورده شده و مواردی از کاربردهای صنعتی آنها نشان داده شده است.

### جدول معرفی خواص و مواردی از کاربرد پلیمرهای صنعتی

<p>مواد پلاستیکی هستند که در اثر حرارت به مایع تبدیل می‌شوند و اگر آنها را در قالب بریزیم شکل قالب را به خود می‌گیرند و هر چندبار که بخواهیم می‌توانیم آن را ذوب کرده و تغییر فرم دهیم. این ویژگی علت کاربرد بسیار زیاد این مواد است. نایلون، پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلی وینیل کلراید (P.V.C) از جمله مواد ترموپلاستیک هستند.</p>	<p>ویژگی‌ها</p>	<p>ترموپلاست‌ها (پلاستیک‌های گرم‌انرم)</p>
<p>وسایل اسباب‌بازی کودکان، لوله‌ها و تجهیزات انتقال مایعات، تجهیزات الکتریکی، پوشش‌ها، اتصالات، لوازم آشپزخانه، کیسه پلاستیکی و نظایر آن</p>	<p>کاربرد</p>	



از ترموپلاست‌ها در صنعت برای چه مصارف دیگری استفاده می‌شود؟

**یکی از انواع ترموست‌ها پلی‌یورتان Polyuretan**  
این پلیمرها در فرم‌های مختلف نظیر فوم‌های انعطاف‌پذیر و سخت، الاستومورها و رزین‌های مایع استفاده می‌شوند. پلی‌یورتان‌ها در برابر اسیدها و بازهای قوی و حلال‌های آلی دارای مقاومت خوردگی پایین هستند و فوم‌های انعطاف‌پذیر عمدتاً برای کاربردهای خانگی (نظیر بسته‌بندی) استفاده می‌شوند، در حالی که فوم‌های سخت به عنوان مواد عایق گرمایی برای انتقال سیالات کربوژنیک و محصولات غذایی سرد به کار گرفته می‌شوند.

**ترموست‌ها Thermoset** به پلیمرهایی گفته می‌شود که در اثر اعمال گرما در آنها پیوندهای عرضی با واکنش‌های شیمیایی ایجاد می‌شود و در نتیجه وزن مولکولی متوسط آنها بالا رفته و به حالت یک پارچه صلب در می‌آیند. ترموست‌ها برخلاف ترموپلاست‌ها در اثر افزایش دما تغییر شکل نمی‌دهند و می‌سوزند. از این نوع رزین‌ها می‌توان رزین پلی‌استر، وینیل‌استر، اپوکسی و ... را نام برد. کاربرد مواد ترموست را در ظروف ملامین و کلیدهای برق می‌توان نام برد.

**ترموست یا گرما سخت** به پلیمرهایی گفته می‌شود که در اثر اعمال حرارت دچار واکنش شیمیایی و سخت می‌شوند و پس از پخت و شکل‌پذیری، دیگر با استفاده از حرارت نمی‌توان شکل آنها را تغییر داد. آنها جزو پلیمرهای سه بعدی یا مشبک می‌باشند که دارای سختی بالا، مقاوم در برابر حرارت و حلال‌های شیمیایی هستند و مقاومت الکتریکی بالایی نیز دارند. مثل: ملامین‌ها، پلی‌استرها و اپوکسی‌ها

ویژگی‌ها

از آنها در ساخت لوله‌ها، شیرها، پمپ‌ها، ظروف، پوشش محافظ وسایل الکتریکی، بدنه گوشی تلفن، بدنه و اجزای وسایل نقلیه، دوچرخه، موتور و اتومبیل، وسایل خانگی، اسباب بازی، مبلمان و نظیر آن استفاده می‌شود.

کاربرد

ترموست‌ها (پلاستیک‌های گرما سخت)

نمونه‌های صنعتی از کاربرد مواد پلیمری ترموست در صنایع



پلی‌استر

اپوکسی

به دلیل بی نیاز بودن از پوشش مضاعف (Jacketing) برای کاربرد دمای پایین بسیار مقرون به صرفه و دارای پایداری بسیار بالایی است.

ضریب انتقال گرما بسیار پایینی داشته و انعطاف پذیر می باشد و برای محیط‌هایی که فضای کاری کمی داشته باشند، بسیار مناسب است.

معایب: مقاومت ضعیف در برابر روغن‌ها و عدم وصله پذیری آن می باشد.

کاربردهای لاستیک EPDM در سیستم‌های سرمایش، لوله کشی‌ها و تهویه مطبوع و خطوط آب گرم و گرمایش استفاده می شود.



## الاستومرها Elastomeric

یک الاستومر ماده درشت مولکولی است که در دمای معمولی تحت تنش کم می تواند حداقل دو برابر طول اولیه اش کشیده شود و بعد از رهاسازی تنش، تقریباً به شکل و ابعاد اولیه اش بازگردد.

انواع الاستومرها به دو دسته زیر تقسیم می شوند.

۱. طبیعی ۲. مصنوعی

### ۱-۱. کائوچوی طبیعی NR (پلی ایزوپرن طبیعی)

ویژگی ها:

۱. جهندگی ممتاز
۲. استحکام کششی بالا
۳. برترین مقاومت در برابر پارگی و سایش
۴. انعطاف پذیری خوب در دمای پایین، چسبندگی عالی به الیاف و فلزات

محدودیت ها:

۱. مقاومت ضعیف در برابر حرارت و گرما
۲. مقاومت اوزونی و نور خورشید پایین
۳. مقاومت خیلی کم در برابر روغن و حلال های هیدروکربنی

### ۲-۱. الاستومرهای مصنوعی

عایق های الاستومری از جمله مواد سلولی انعطاف پذیر سلول بسته بوده و بر پایه پلی وینیل کلراید (PVC)، نیتریل بوتادین رابر مونومر (Nitrile Butadiene Rubber-NBR) و یا اتیلن پروپیلن دیان مونومر رابر (Ethylene Propylene Diene Monomer EPDM) ساخته می شوند. لاستیک NBR که با Buna-N و Perbunan نیز شناخته می شود، یک لاستیک سینتتیک متشکل از پلیمر آکریلونیتریل (ACN) و بوتادین است.

لاستیک EPDM لاستیکی سینتتیک و الاستومری بوده و کاربردهای وسیعی دارد.

مزایا: لاستیک EPDM معمولاً مقاومت حرارتی بسیار خوبی فراهم می آورد. مواد عایق سلول بسته مقاومت بسیار عالی در مقابل عبور بخار آب از خود نشان می دهد و دیگر نیازی به عایق رطوبتی مجزا نمی باشد.

جدول زیر برای مقایسه بهتر عایق‌های سلول بسته انعطاف‌پذیر NBR و EPDM و تفاوت‌های آنها، ارائه می‌شود:

ویژگی فیزیکی	NBR	EPDM
نوع ماده	Nitrile Butadiene Rubber	Ethylene Propene Diene Methylene
سختی اسمی (IRHD)	۶۰ (±۵)	۶۰ (±۵)
رنگ	سیاه	سیاه با دانه‌های زرد
استحکام کششی	$\geq 10 \text{ N/mm}^2$	$\geq 10 \text{ N/mm}^2$
میزان کشیدگی تا حد پارگی	$\geq 300\%$	$\geq 300\%$
محدوده دمای کاری متوسط	$-40^\circ\text{C} - 120^\circ\text{C}$	$-40^\circ\text{C} - 135^\circ\text{C}$
مقاومت در برابر سایش	متوسط الی خوب	متوسط الی خوب
مقاومت در مقابل روغن‌های معدنی	بسیار خوب	ضعیف
مقاومت در مقابل روغن‌های گیاهی	بسیار خوب	متوسط الی خوب
مقاومت در مقابل بنزین	بسیار خوب	ضعیف
مقاومت در مقابل ترکیبات آروماتیک و هیدروکربنات‌ها	متوسط الی خوب	ضعیف
مقاومت در مقابل اسیدها و بازها	بسیار خوب	بسیار خوب
مقاومت در مقابل آتش	متوسط الی خوب	متوسط الی خوب
مقاومت در مقابل رطوبت/بخار	بسیار خوب	بسیار خوب
مقاومت در مقابل پرتو خورشید و اشعه ماوراء بنفش	متوسط الی خوب	بسیار خوب
لوله‌های مسی	با لوله ترکیب می‌شود	هیچ واکنشی با لوله ندارد
مقاومت حرارتی	بسیار خوب	بسیار خوب

در مورد خصوصیات و کاربرد چند نوع دیگر از انواع الاستومرها که در صنعت کاربرد دارند تحقیق نموده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید

الاستومرها نام الاستومر از دو قسمت «لاستو» برگرفته از «لاستیک» و به معنای ارتجاعی و «مر» برگرفته از «پلیمر» تشکیل شده است.

### ویژگی‌ها

پلیمرهایی هستند که قابلیت ارتجاعی زیادی دارند. الاستومرها در اثر نیروی خارجی تغییر شکل پیدا می‌کنند و بعد از حذف نیرو، شکل آنها از بین می‌رود و دوباره به حالت اولیه بازمی‌گردند همچنین بدون پاره شدن و گسستن در برابر تغییر شکل مقاومت می‌کنند. این پلیمرها در اثر گرما نرم می‌شوند، ولی برخلاف ترموپلاستیک‌ها به حالت ویسکوز یا مایع در نمی‌آیند. بلکه می‌توان آنها را مثل ترموپلاست‌ها در حلال‌های مرسوم شیمیایی که بسته به نوع و ساختار پلیمر تعیین می‌شوند، حل کرد. الاستومرها از نظر شیمیایی در مقابل اسیدهای معدنی رقیق، قلیاها و نمک‌ها مقاوم هستند.

### کاربرد

لاستیک اتومبیل، مواد آب‌بندی، برف پاک‌کن، شیلنگ‌ها و مواد پوشش مخازن، تانک‌ها، لوله‌ها و امثال آن کاربرد دارند.

### نمونه‌های صنعتی کاربرد الاستومرها در صنعت



تایر



واشر لاستیکی



شیلنگ

### ب) سرامیک‌ها

سرامیک‌ها دسته دیگری از مواد صنعتی غیرفلزی معدنی هستند که از جمله خواص شاخص آنها نسبت به مواد صنعتی دیگر عبارت است از:

- دیرگدازی بالا

### - سختی زیاد

- مقاومت در برابر خوردگی بالا

از جمله مواد سرامیکی می‌توان سفال، آجر، کاشی، چینی، دیرگذاها، ساینده‌ها و سنباده‌ها، لعاب و سرامیک‌های مدرن را نام برد.

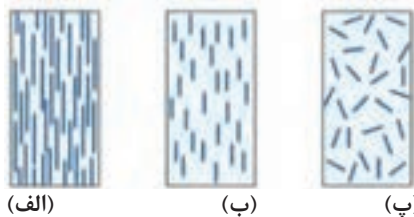
در زیر چند نوع از موارد مصرفی سرامیکی را مشاهده می‌نمایید.

			
صفحه سنگ	فیبر نوری	سنباده	کوزه

### پ) کامپوزیت‌ها

کامپوزیتی می‌گردد. به طور کلی فاز تقویت کننده می‌تواند به صورت رشته‌های کوتاه، بلند و یا ذرات ریز با شکل‌های گوناگون باشند که در شکل زیر سه حالت از این مواد به صورت شماتیک نشان داده شده است.

مواد کامپوزیتی یا مرکب، از دو فاز زمینه و تقویت کننده تشکیل شده‌اند. فاز زمینه با احاطه کردن فاز تقویت کننده آن را در محل خود نگه می‌دارد و فاز تقویت کننده موجب بهبود خواص مکانیکی ماده



شکل سه حالت قرار گرفتن فاز تقویت کننده در داخل فاز زمینه



ماده مرکب چوبی

ماده مرکب پلیمری

مواد کامپوزیت با زمینه چوب و پلیمر

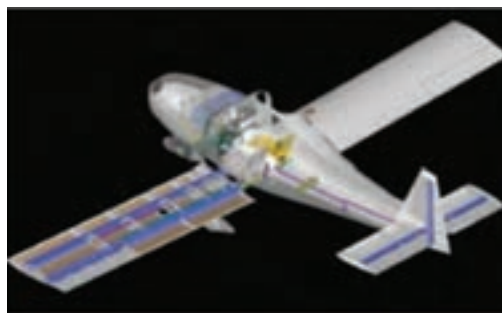
**مزایای مواد کامپوزیتی:** مهم‌ترین مزیت مواد کامپوزیتی آن است که با توجه به نیاز می‌توان خواص آنها را کنترل کرد. به طور کلی مواد کامپوزیتی دارای مزایای زیر هستند:

- استحکام عالی در برابر وزن کم (نسبت استحکام به وزن بالا)
- مقاومت در برابر خوردگی بالا
- عایق حرارتی خوب

از دیگر مواد کامپوزیتی متداول می‌توان به آسفالت، کاهگل، بتن آرمه و لاستیک خودرو اشاره کرد. همان‌طور که گفته شد خواص کامپوزیت‌ها به خواص هر یک از فازهای تشکیل دهنده آن، مقدار، شکل، اندازه، نحوه توزیع و نیز جهت قرار گرفتن فاز تقویت کننده در داخل فاز زمینه بستگی دارد.

**دسته‌بندی مواد کامپوزیتی:** مواد کامپوزیتی بر اساس فاز زمینه به سه دسته: زمینه فلزی، زمینه سرامیکی و زمینه پلیمری تقسیم‌بندی می‌شود که در جدول صفحه بعد انواع کامپوزیت‌ها و ویژگی آنها آورده شده است.

فایبرگلاس یکی از پرکاربردترین کامپوزیت‌های با زمینه پلیمری است که توسط فیبر شیشه تقویت شده است و امروزه در ساخت قطعات هواپیما، بدنه جنگنده‌های رادارگریز، پره نیروگاه‌های بادی و بالگردها از کامپوزیت‌ها استفاده می‌شود. به طور کلی مواد کامپوزیتی به دلیل داشتن جرم کم و استحکام مکانیکی بالا نسبت به فلزات، در صنعت هوا و فضا کاربرد وسیعی دارند (شکل زیر).



استفاده از مواد کامپوزیتی مستحکم در ساخت قطعات هواپیما موجب کاهش وزن، افزایش سرعت و کاهش مصرف سوخت می‌شود.

چند نوع از انواع دستگاه‌ها و تجهیزات که در تأسیسات از مواد فایبر گلاس ساخته می‌شوند در تصاویر زیر مشاهده می‌نمایید.

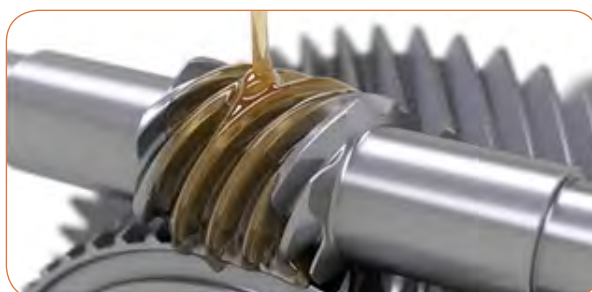
		
زیردوشی	سختی گیر	لوله‌های GRP

## جدول آشنایی با مواد کامپوزیتی پر کاربرد صنعتی

تقویت کننده زمینه	فلزی	سرامیکی	پلیمری
فلزی	● نقره- پودر تنگستن اتصالات الکتریکی مقاوم به سایش ● آلومینیوم- رشته های نازک تنگستن	● آلومینیوم- پودر یا رشته های آلومینا، کاربید سیلیسیم و کربن ✓ صنایع هوا و فضا، قطعات نظامی، قطعات خودرو مثل: پیستون، شفت و میله های اتصال	● آلومینیوم رشته های کربن و بر ● آلیاژ نقره - مس با رشته های کربن ✓ قطعات موتور هواپیما و فضاپیما
سرامیکی	● بتن- میلگرد فولادی ✓ سازه های ساختمان، سد سازی، پایه پل و ساختمان سازی	● آلومینا- کاربید سیلیسیم ✓ ابزار برش و ماشین کاری فلزات سخت ● کربن- رشته های کربن صنایع هوا فضا، قطعات هواپیما و توربین	● کربن - آرامید ✓ زره پوش های نظامی، پوشاک ضد گلوله، طناب ماهی گیری، چوب اسکی، راکت تنیس و دسته گلف
پلیمری	● پلیمر- رشته های سیم فولادی ✓ تایر خودرو ● پلی اتیلن - پودر سرب ✓ جذب اشعه	● پلیمر رشته های شیشه فایبرگلاس ● پلیمر- رشته های کربن ● پلیمر- کاربید سیلیسیم یا آلومینا ✓ قطعات هواپیما، قطعات نظامی و صنایع هوا فضا ● قیر- بتن ✓ آسفالت	● پلیمر- آرامید ✓ جلیقه نجات، راکت تنیس، وسایل ورزشی، کاسه نمد لنت ترمز و کلاچ

## ۸-۲- روان کننده ها

روانکاری عملی است که حرکت نسبی سطوح در تماس با یکدیگر را تسهیل می نماید و روانکار ماده ای است که به منظور کاهش اصطکاک بین دو سطح با ایجاد فیلمی از روغن از تماس فلز با فلز جلوگیری می کند.



خواص ضروری روغن‌ها عبارت است از:

- ۱- دارای گرانروی یا ویسکوزیته مناسبی باشند.
- ۲- گرانروی خود را در محدوده درجه حرارت کاری از دست ندهند.
- ۳- باعث زنگ‌زدگی و خوردگی قطعات نشوند.
- ۵- قابلیت پاک‌کنندگی سطوح را دارا باشند.
- ۶- در سرما به اندازه کافی روان باشند تا شروع و ادامه حرکت قطعات آسان شود.
- ۷- اثر نامطلوبی روی قطعات غیرفلزی مثل کاسه نمدها و ... نداشته باشند.
- ۸- مواد آلوده‌کننده خارجی مثل گردو خاک و... همراه نداشته باشند.

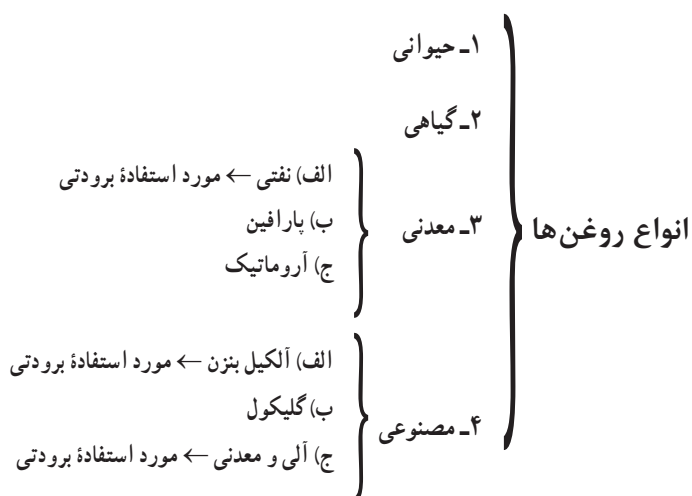
۹- درحین کار ایجادکف نکنند.

استفاده از روغن مناسب می‌تواند مزایای زیر را دربرداشته باشد:

- ۱- کاهش مصرف انرژی ۲- کاهش اصطکاک و توان مصرفی ۳- افزایش طول عمر ماشین و قطعات آن.

روانکارهای مایع بیشترین کاربرد عمومی و تخصصی را دارند و در دو دسته زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

الف) روغن‌های معدنی Mineral Oils (ب) روغن‌های مصنوعی Kintetic Oils



### مشخصه‌های روغن‌های معدنی

- ۱- خواص فیزیکی و شیمیایی آنها را می‌توان دقیقاً و به دلخواه در هنگام تولید کنترل کرد.
- ۲- قابلیت تحمل طیف تقریباً وسیعی از درجه حرارت را دارند.
- ۳- ارزان بودن و در دسترس بودن زیاد آنها
- ۴- بی‌اثر بودن و غیرخورنده بودن آنها از نظر شیمیایی
- ۵- با موادشیمیایی آلی قابل اختلاط هستند.
- ۶- دارا بودن پایداری و مقاومت قابل قبول آنها
- ۷- سازگاری آنها با کاسه نمدها و دیگر آب‌بندها
- ۸- قابلیت جذب و انتقال حرارت‌های ناخواسته

### مشخصه‌های روغن‌های مصنوعی عبارت‌اند از:

- ۱- تغییرات کم گرانروی نسبت به افزایش درجه حرارت
- ۲- ثبات شیمیایی پایدار
- ۳- طول عمر بالا
- ۴- مقاومت زیاد در برابر اکسیداسیون
- ۵- مقاومت در برابر پرتوهای رادیواکتیو
- ۶- مقاومت بالا در برابر آتش‌گرفتن
- ۷- حفظ ثبات درمقابل گرمای زیاد
- ۸- فراریت کم

■ نسبت ترکیب آن ۱٪ بوده و هر ۱ لیتر آن در ۱۰۰ لیتر آب حل می‌شود.

یکی از ویژگی‌های این نوع روان‌کننده‌ها نسبت به روغن‌های پایه نفتی، کاهش به مراتب مؤثرتر خوردگی و فرسایش در سطح تماس بین قطعات می‌باشد.

## آب

آب ماده‌ای است با فرمول شیمیایی  $H_2O$ ، حدود یازده درصد وزن آب را هیدروژن و ۸۹ درصد آن را اکسیژن تشکیل می‌دهد. در طبیعت آب خالص یافت نمی‌شود و همیشه با مقداری مواد خارجی همراه است.

## ۹-۲- ویژگی‌های فیزیکی آب

**جرم مخصوص:** آب در دمای  $4^{\circ}C$  بیشترین جرم مخصوص خود را دارد و آن، یک گرم بر سانتی‌متر مکعب،  $(\rho = 1 \frac{gr}{cm^3})$  معادل یک کیلوگرم بر لیتر  $(\rho = 1 \frac{kg}{lit})$  است.



**روغن خنک‌کننده و روان‌کننده نانو پایه گیاهی و آب صابون:**

خنک‌کننده و روان‌کننده نانو پایه گیاهی (آب صابون نانویی)، جهت عملیات تراشکاری، فرزکاری، حدیده کاری، دستگاه‌های CNC و NC و سنگ‌زنی قالب‌سازی، قطعه‌سازی و ... که جایگزین مناسبی برای روغن حل شونده و آب صابون‌های متداول پایه معدنی (نفتی و گازوئیلی) می‌باشد.

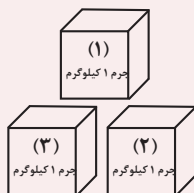
**ویژگی و مزایای روغن آب صابون خنک‌کننده و روان‌کننده نانو:**

■ دارای قابلیت حل شوندگی مطلوب با هر آبی، حتی دارای درجه سختی بالا  
■ امولسیون پایدار و همگن داشته و دو فاز نمی‌شود.

■ دارای خاصیت فیلتراسیون عالی بوده و بر قطعات حالت چسبندگی یا روغنی ایجاد نمی‌کند.

■ قابلیت شویندگی بالایی دارد.  
■ از خوردگی و زنگ‌زدگی قطعه و دستگاه و ابزارآلات جلوگیری می‌کند.  
■ عدم گندیدگی و فساد محلول  
■ زیست‌ساختار بوده و برای طبیعت مضر نمی‌باشد.  
■ به‌علت شفاف بودن امولسیون تشکیل شده، اپراتور به قطعه در حال پرداخت مسلط‌تر بوده و دقت تراشکاری افزایش می‌یابد.  
■ مقرون به‌صرفه بوده و یک گالن ۲۰ لیتری آن معادل ۵ گالن آب صابون سنتی (آب صابون‌های پایه نفتی روغن و گران‌قیمت) می‌باشد.

با توجه به شکل زیر سه جسم مکعبی با ابعاد یکسان چرا دارای جرم متفاوتی می‌باشند؟

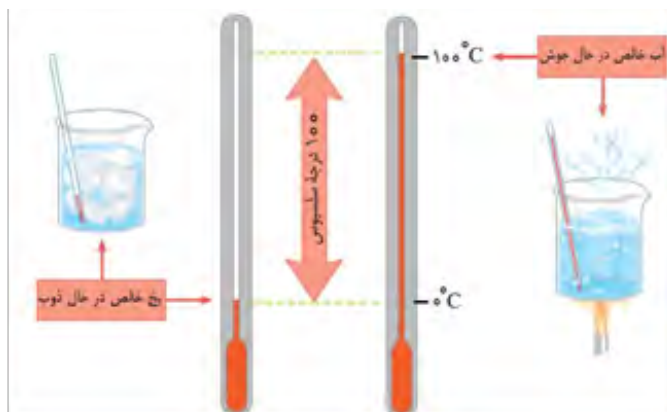


کار کلاسی



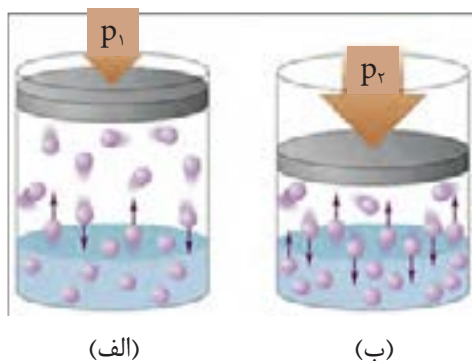
می‌گردد. همین پدیده است که سبب قطع جریان آب در لوله مکش پمپ می‌شود.  
**انجماد آب:** آب خالص در فشار یک اتمسفر در دمای  $0^{\circ}\text{C}$  یخ می‌بندد و حجم آن حدود ۹ درصد افزایش می‌یابد. این پدیده ممکن است سبب شکستن ظرف آب و یا لوله‌های آب‌رسانی گردد.

**دمای تبخیر:** آب در فشار یک اتمسفر (فشار جو در سطح دریای آزاد) در  $100^{\circ}\text{C}$  به بخار تبدیل می‌شود. با کم شدن فشار محیط دمای تبخیر آب کاهش می‌یابد، به طوری که اگر فشار مطلق به  $0/2$  تا  $0/5$  اتمسفر (فشار نسبی برابر  $0/8$  تا  $0/5$  اتمسفر) برسد آب در دمای محیط‌های معمولی نیز تبدیل به بخار



علت ترکیدگی لوله‌های آب در زمستان چیست؟

کار کلاسی



**انحلال پذیری گازها:** انحلال پذیری گازها در دمای کم و فشار زیاد بیشتر است. با گرم شدن آب، گازهای محلول آن به تدریج از آن خارج می‌شوند؛ مثلاً آب‌های زیرزمینی که مقدار گازهای محلول در آنها زیاد است پس از رسیدن به سطح زمین، به علت کم شدن فشار و گرم شدن گازهای محلول خود، نظیر گاز کربنیک را از دست می‌دهند.



**هدایت الکتریکی:** آب خالص قابلیت هدایت الکتریسیته یا نارسانا دانست. ولی با ورود نمک‌های گوناگون به آب، بسته به نوع و مقدار نمک، هدایت‌پذیری

آب به شدت زیاد می‌شود. لذا با اندازه‌گیری مقدار قابلیت هدایت ویژه آب‌های ناخالص می‌توان به مقدار و نوع نمک‌های گوناگون آن پی برد.

در رابطه با تصاویر زیر در کلاس بحث نمایید و نتایج آن را به کلاس ارائه دهید؟



شکل (۳)



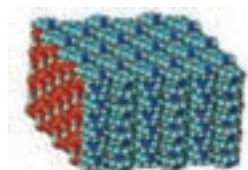
شکل (۲)



شکل (۱)

## ۱۰-۲- نانو مواد

یک نانومتر برابر یک میلیاردم متر ( $10^{-9}m$ ) است. این اندازه حدود ۱۸۰۰۰ بار کوچک‌تر از قطر یک تار موی انسان است. به‌طور میانگین ۳ تا ۶ اتم در کنار یکدیگر طولی معادل یک نانومتر را می‌سازند. موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها در مقیاس ۱ الی ۱۰۰ نانومتر باشد، مواد نانویی یا نانو مواد خوانده می‌شوند. به این ترتیب فناوری نانو عبارت از توانایی به‌دست گرفتن کنترل ماده در ابعاد نانومتری برای تولید و استفاده از ابزار و مواد است. از همین تعریف ساده برمی‌آید که اولاً همه مواد از جمله فلزات، نیمه‌هادی‌ها، شیشه‌ها، سرامیک‌ها و پلیمرها در ابعاد نانو می‌توانند وجود داشته باشند. ثانیاً نانو تکنولوژی یک رشته نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌ها است که در ۳ حوزه: مواد، ابزار و سیستم‌ها قابل تقسیم است. شکل زیر قسمتی از ساختمان منظم و بی‌عیب و نقص یک ماده نانو را به‌صورت شماتیک نشان می‌دهد.



ساختار منظم و بدون نقص یک ماده، تولید شده با استفاده از فناوری نانو

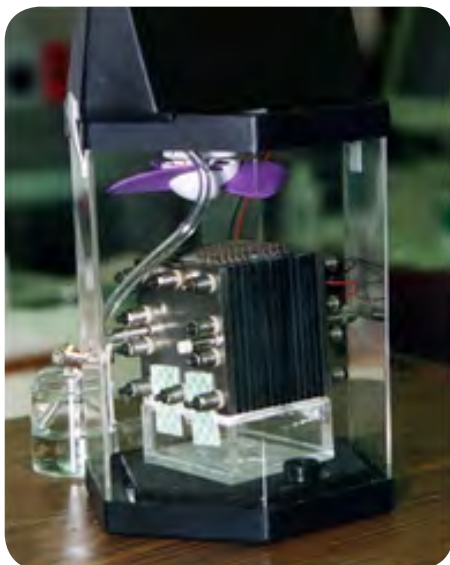
**کاربردهای نانو تکنولوژی:** تأثیر فناوری نانو بیش از هر چیز در زمینه ساخت مواد جدید می‌باشد. از طریق نانوفناوری می‌توان موادی با استحکام و مقاومت بالا در مقابل حرارت، سایش، فشار، کشش و وزن کم تولید کرد که از نظر خواص فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، مکانیکی و حرارتی با مواد معمولی تفاوت دارند. ساختارهایی در مقیاس نانو مانند نانو ذرات و نانو لایه‌ها دارای نسبت سطح به حجم بالایی هستند که آنها را برای استفاده در تولید مواد کامپوزیت، کاتالیزور واکنش‌های شیمیایی، تهیه دارو و منابع ذخیره انرژی ایده‌آل می‌سازد.

## ۱۱-۲- کاربرد فناوری نانو در تأسیسات

**۱- در صنعت آب و فاضلاب** در حوزه تصفیه آب، دستگاه نانو کویتاسیون بدون اضافه کردن هرگونه ماده افزودنی به آب، فلزات سنگین مانند جیوه و آرسنیک را از آب جدا و تصفیه می‌نماید. فناوری استفاده شده با استفاده از فشار بسیار بالا و همچنین به‌کارگیری نازل با طراحی ویژه نانو حفرات در داخل سیال ایجاد می‌گردد (نانو کویتاسیون)، این فرایند یک شبیه‌سازی از فناوری التراسونیک است.

- دارای خواص مکانیکی ویژه‌ای هستند.
- دارای خواص ضدخوردگی ویژه‌ای هستند.
- استفاده از نانو پیگمنت‌ها باعث افزایش نفوذ این نوع پوشش‌ها به درون شکاف‌ها و منافذ بسیار ریز موجود در سطح فلز می‌گردد.
- با استفاده از رنگ‌های نانو چسبندگی روی سطح هفتاد مرتبه بیشتر می‌شود.
- ضخامت اعمال سیستم پوششی نانو فقط ۳۰ میکرون می‌باشد که در مقایسه با ضخامت رنگ‌های معمولی بسیار پایین می‌باشد و موجب صرفه‌جویی در مصرف رنگ می‌شود.
- به دلیل پایین بودن درصد حلال‌های فرار با محیط‌زیست سازگارند.
- از لحاظ ظاهری فیلم حاصله بسیار صاف و براق است.

**۳- در مخازن ذخیره هیدروژن برای پیل‌های سوختی:** با استفاده از نانو لوله‌های کربنی در این مخازن می‌توان مقدار زیادی هیدروژن را در فضای کم ذخیره نمود. از طرفی استفاده از نانولوله‌های کربنی در الکترودهای این پیل امکان تبادل الکترون بیشتری را فراهم می‌آورد.



**۲- رنگ نانو عایق، برای عایق‌کاری دیوارها، سقف، تأسیسات لوله‌ها، مخازن و غیره به کار می‌رود.** این رنگ به روش‌های بسیار ساده اسپری، رول و یا قلمو اعمال می‌شود و عایق حرارت می‌باشد. رنگ نانو عایق در بخش صنعت و ساختمان‌سازی به عنوان عایق حرارتی لایه نازک (در ابعاد میکرون) به کار می‌رود.

این ماده طوری طراحی شده است که قابلیت عایق‌کاری، مانع حرارتی و ضدخوردگی را با تشکیل یک‌پارچه‌ای گسسته و با پرزهای فراوان با دانسیته‌ای پایین فراهم می‌کند که با محبوس کردن هوا از انتقال حرارت جلوگیری می‌کند و جنس ماده تشکیل دهنده آن به طور ذاتی قابلیت هدایت حرارتی پایینی دارد. این ضریب به  $\frac{W}{m^{\circ}K} = 0.017$  می‌رسد و پایداری بالایی در برابر انتقال حرارت از خود نشان می‌دهد.



از جمله ویژگی‌های این محصولات می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

را پر کرده و سطح صاف و بدون پستی و بلندی ایجاد می‌کند و در نتیجه قطرات ریز آب و گرد و غبار روی شیشه باقی نمی‌ماند و بنابراین موجب افزایش شفافیت، نیاز کمتر به شستشوی شیشه و کاهش انعکاس مضر نور می‌شود.



چند مورد از کاربردهای دیگر نانو را تحقیق نموده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

بحث کلاسی



## ۱۲-۲- ویژگی مواد

به ندرت ماده‌ای پیدا می‌شود که مجموعه ایده‌آلی از خواص موردنظر را توأم با هم داشته باشد. به‌طور مثال کمتر ماده‌ای را می‌توان یافت که هم استحکام بالا و هم انعطاف‌پذیری خوبی داشته باشد. به‌طور معمول مواد مستحکم، انعطاف‌پذیری کمی دارند و برعکس. بنابراین شناخت خواص مواد و تغییر آنها در شرایط مختلف کاری، نکته مهمی است که می‌بایست به آن توجه شود. از این‌رو آشنایی با خواص فیزیکی، مکانیکی و تکنولوژیکی مواد نقش مهمی در شناسایی و انتخاب مواد به‌خصوص فلزات و آلیاژها که بیشترین کاربرد را در ساخت قطعات و انواع سازه‌های صنعتی دارند ایفا می‌کند.

**ویژگی‌های فیزیکی:** منظور از خواص فیزیکی خواصی است که باعث تغییر در ساختمان شیمیایی ماده یا فلز نمی‌شوند مثل: قابلیت هدایت جریان الکتریسیته و گرما، جرم مخصوص، هدایت گرمایی، انبساط گرمایی نقطه ذوب و امثال آنها که در این بخش به معرفی مختصر آنها می‌پردازیم.

در زیر به برخی از خواص فیزیکی فلزات اشاره می‌کنیم: **هدایت گرمایی:** این خاصیت مشابه هدایت الکتریسیته به‌صورت قدرت هدایت حرارت یکا طول جسم بر یکا مساحت سطح مقطع آن تعریف می‌شود و به‌طور معمول فلزاتی که بیشترین قابلیت هدایت الکتریسیته را دارند از نظر هدایت حرارتی نیز بهترین هستند. **انبساط گرمایی:** اتم‌های یک ماده به‌خصوص فلزات و آلیاژها با دریافت انرژی حرارتی شروع به ارتعاش و لرزش می‌کنند و فاصله بین اتم‌ها و در نتیجه ابعاد شبکه کریستالی ماده افزایش می‌یابد. هرچه پیوند بین اتم‌ها در شبکه فلز قوی‌تر باشد (فلزات با دمای ذوب بالا)، میزان انبساط حرارتی شبکه فلز کمتر است چون اتم‌ها در مقابل حرکت از خود مقاومت نشان می‌دهند. ضریب انبساط حرارتی که برحسب یکا طول یا یکا حجم ماده تعریف می‌شود معیاری برای نشان دادن تغییرات ناشی از انبساط حرارتی در مواد می‌باشد در جدول صفحه بعد برای تعدادی از مواد صنعتی شامل فلزات و غیرفلزات ضریب انبساط حرارتی خطی و حجمی جهت مقایسه آورده شده است.

جدول ضریب انبساط گرمایی مواد مختلف

ضریب انبساط گرمایی خطی	
$\alpha$	ماده
۲۳	آلومینیوم
۱۸	نقره
۸/۵	شیشه
۴/۵	تنگستن
۱۶/۵	مس
۱۱/۸	آهن

مثال: یک خط کش نیم متری در اتاق با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  قرار دارد چنانچه دمای این خط کش را به  $50^{\circ}\text{C}$  برسانیم چند میکرومتر افزایش پیدا می کند؟

$$\Delta t = 50 - 20 = 30^{\circ}\text{C} = 30\text{K}$$

$$L = L \times \Delta t = 0.5 \times 11/8 \times 30 = 177 \mu\text{m}$$

چنانچه جنس خط کش از مس و آلومینیوم باشد ضریب انبساط خطی آن چند میکرومتر است؟

هریک از فلزات مس، آلومینیوم، طلا و نقره کدام یک قابلیت هدایت گرمایی بالاتری نسبت به دیگری دارد؟

در مبدل های گرمایی (آبگرمکن ها) از چه نوع لوله هایی استفاده می شود؟ چرا؟

از کدام فلز یا فلزات در تولید سیم های برق استفاده می شود و کدام ویژگی باعث می شود که این فلزات در چنین کاربردی به کار روند؟

جدول صفحه بعد انواع مختلف نیروهای مکانیکی، خاصیت مکانیکی متناظر با هر نیرو تأثیر نهایی آن را روی سازه صنعتی نشان می دهد. اجزای یک سازه به طور معمول تحت تأثیر ترکیبی از چند نیرو یا تنش قرار می گیرند.

**ویژگی های مکانیکی:** رفتار مواد در برابر نیروهای مکانیکی وارد شده را خواص مکانیکی مواد می گویند. برخی از این خواص عبارت اند از: سختی، استحکام، چقرمگی، خستگی، خزش و ... که نشان دهنده رفتار مواد در برابر نیروهای خارجی وارده هستند. بنابراین در انتخاب مواد برای طراحی و ساخت سازه های صنعتی بیش از هرچیز خواص مکانیکی آنها مورد ارزیابی و توجه قرار می گیرد.

کار کلاسی



تحقیق کنید



بحث کلاسی



تحقیق کنید



### جدول معرفی خواص مکانیکی

ردیف	نمایش نیرو	شکل سازه صنعتی واردکننده نیرو	خاصیت مکانیکی	نمونه قطعات تحت بار	عکس العمل ماده زمانی که نیرو قابل تحمل نباشد
۱			استحکام کششی: مقاومت ماده در برابر نیروی کششی	سیم بکسل	پاره شدن
۲			استحکام فشاری: مقاومت ماده در برابر نیروی فشاری	ماده زیر دستگاه پرس	شکستن یا له شدن
۳			استحکام برشی: مقاومت ماده در برابر نیروی برشی	ورق در زیر تیغه قیچی یا گیوتین	بریدن
۴			مقاومت پیچشی: مقاومت ماده در برابر نیروی پیچشی	پیچ هنگام بسته یا باز شدن	شکستن
۵			مقاومت خمشی: مقاومت ماده در برابر نیروی خمشی	تیرآهن سقف ساختمان	خم شدن

شکستن	چکش، سندان	چقرمگی: مقاومت ماده در برابر ضربه		ضربه‌ای	۶
شکستن	بدنه پل‌ها و بال هواپیما	استحکام خستگی: مقاومت ماده در برابر نیروی متناوب		سیکلی متناوب	۷
سایش	تیغه ادوات کشاورزی	مقاومت سایشی: مقدار جرم کاهش یافته در یک زمان معین در اثر سایش		سایشی	۸
خزش	مخازن و راکتورهای تحت فشار که در دمای بالا کار می‌کنند	مقاومت خزشی: مقاومت ماده در برابر نیروهای وارده در دمای بالا و زمان طولانی		کششی در دمای بالا	۹
سوراخ شدن یا خراش برداشتن	سوزن، خط‌کش، یا دستگاه سختی‌سنج	سختی: مقاومت جسم در مقابل نفوذ جسم خارجی است		سختی	۱۰



هریک از لوازم زیر کدام یک از خواص مکانیکی را باید دارا باشند.



چرا برای بریدن شیشه از الماس استفاده می کنند؟



### ویژگی های تکنولوژیکی مواد

گسیخته شود، گفته می شود. به عنوان مثال فولاد، مس و برنج را می توان تحت تأثیر نیروی فشاری تغییر شکل داد و عملیاتی مانند نورد، خم کاری و آهنگری را روی آنها انجام داد.

**قابلیت چکش خواری:** توانمندی تغییر شکل مواد را به کمک نیروی فشاری و ضربه، قابلیت چکش خواری می نامند. چکش خواری که شکل دیگری از قابلیت تغییر شکل پلاستیک است به قابلیت تغییر شکل دائم یک فلز تحت تأثیر نیروی ضربه و فشار بدون آنکه



خم کاری لوله



نورد

## خوردگی

خوردگی به مفهوم تخریب تدریجی یا از بین رفتن تدریجی مواد در اثر فعل و انفعال با محیط اطراف خود است.

مواد صنعتی از طرف عوامل فیزیکی، شیمیایی و یا مکانیکی پیرامون خود مثل: گرما، سرما، اشعه خورشید، رطوبت، اکسیژن موجود در هوا، باکتری‌های موجود در خاک، نیروهای مکانیکی و غیره مورد حمله قرار می‌گیرند. این عوامل باعث می‌شوند که ماده صنعتی به تدریج تخریب شده و از بین برود.

### توجه

آیا می‌دانید براساس برآوردها در سطح بین‌المللی هزینه‌های ناشی از خوردگی در هر سال معادل ۴ الی ۵ درصد تولید ناخالص ملی کشورها می‌باشد. آیا می‌توانید حدس بزنید از نظر ریالی این مقدار برای کشور ما چقدر می‌شود؟



منبع آب در شرایط محیط دچار خوردگی شده است.



نردبان فلزی در شرایط حیاط خانه دچار خوردگی شده است.

**قابلیت ریخته‌گری:** این مفهوم رابطه تنگاتنگی با شکل‌پذیری دارد. برخی از مواد را می‌توان به خوبی توسط فرایند ریخته‌گری تولید کرد. این مواد به دلیل خاصیت سیالیت خوبشان در حالت مذاب، مقاطع نازک را در قالب‌های ریخته‌گری به خوبی پر می‌کنند. از این جمله می‌توان به چدن، مس و آلومینیم اشاره کرد.



**قابلیت جوشکاری:** موادی قابلیت جوشکاری دارند که بتوان آنها را به کمک حرارت یا حرارت توأم با فشار، به صورت مذاب به یکدیگر متصل کرد. فولادها و بعضی فلزات غیرآهنی قابلیت جوشکاری دارند.



**قابلیت براده‌برداری:** موادی دارای قابلیت براده‌برداری هستند که بتوان آنها را با سرعت زیاد و نیروی کم ماشین‌کاری (براده‌برداری) کرد و سطح آنها پس از براده‌برداری، همچنان صاف و پرداخت شده باشد.





آیا مواد غیرفلزی نیز دچار خوردگی می‌شوند.

در جدول زیر حدود زمان لازم برای خورده شدن و تجزیه سه دسته مهم مواد صنعتی به صورت تقریبی و نسبی جهت مقایسه آورده شده است.

زمان تقریبی لازم برای خورده شدن و تجزیه مواد در طبیعت

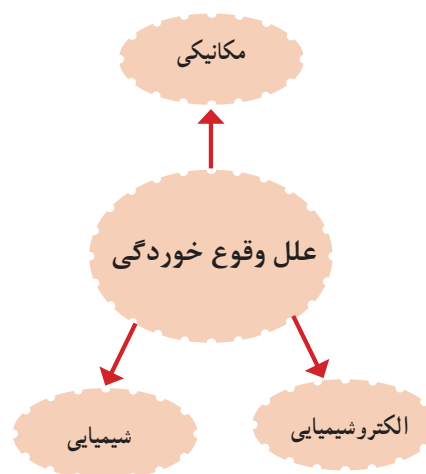
ردیف	نوع ماده	زمان تقریبی برای تجزیه شدن (سال)
۱	چوب و کاغذ	۱ تا ۲
۲	فلزات	۵ تا ۱۰
۳	پلیمرها	۳۰۰ تا ۴۰۰



به نظر شما چرا نباید مواد پلاستیکی مانند نایلون، بطری و... را در طبیعت رها کنیم؟

### ۳-۲- مکانیزم ایجاد خوردگی

عوامل اصلی ایجاد پدیده خوردگی را می‌توان مطابق نمودار زیر به سه دسته تقسیم کرد که ممکن است هر یک به تنهایی و یا به صورت توأم سبب خوردگی و تخریب فلزات شوند. بنابراین مکانیزم خوردگی مواد فلزی بستگی به عوامل خورنده موجود در محیط دارد.



نمودار مکانیزم ایجاد خوردگی در فلزات

**خوردگی شیمیایی:** در مورد خوردگی شیمیایی فلزات می‌توان به انحلال مقادیر کم مواد فلزی توسط حلال‌های آلی مثل انحلال آلومینیوم در تتراکلرید کربن

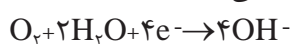
( $\text{CCl}_4$ ) و استون اشاره کرد و با انحلال فلزات در جیوه مثال دیگری از خوردگی فلزات با مکانیزم شیمیایی می‌باشد که به دلیل اینکه این مکانیزم سهم بسیار کمی از خوردگی فلزات را به خود اختصاص می‌دهد بیش از این به بررسی آن نمی‌پردازیم.

**خوردگی الکتروشیمیایی:** فلزات به دلیل ماهیت ساختمان اتمی که دارند عمدتاً دچار خوردگی الکتروشیمیایی می‌شوند؛ یعنی مکانیزم خوردگی، واکنش الکتروشیمیایی است که ضمن آن نقل و انتقال الکترون بین عوامل واکنش‌دهنده صورت می‌گیرد و در مورد فلزات آهنی به اصطلاح زنگ زدن نامیده می‌شود.

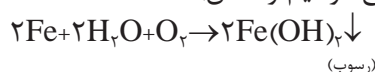
چنانچه یک قطعه آهنی در شرایط اتمسفر مرطوب قرار گیرد، واکنش‌های زیر روی سطح آن اتفاق می‌افتد. نیمه واکنش اکسید شدن (آندی)



نیمه واکنش احیا شدن (کاتدی)



واکنش کلی (جمع دو نیم واکنش)



الکتروشیمیایی منفی تر تمایل بیشتری به خوردگی دارند مانند فولاد و آلومینیوم و.....

در شکل زیر پلاک و قفل از جنس آلیاژ مس روی ستون فولاد کربنی نصب شده‌اند. همان‌طور که در شکل زیر نشان داده شد، چون فلز مس نسبت به فولاد کربنی در موقعیت مثبت تری قرار دارد، لذا تمایل کمتری به اکسیدشدن یا خوردگی دارد (به‌عنوان سطح کاتدی عمل می‌کند). در عوض سطح ستون فولادی با شدت بیشتری دچار خوردگی می‌شود (به‌عنوان سطح آندی عمل می‌کند).



تشکیل پیل گالوانیک به دلیل نصب پلاک و قفل از

جنس آلیاژ مس روی ستون فولاد کربنی

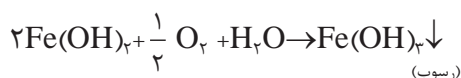
اتفاق مذکور مطابق شکل زیر در مورد اتصال شیر برنجی با لوله فولادی افتاده و منجر به خوردگی لوله فولادی در نزدیکی محل تماس با شیر برنجی گردیده است.



خوردگی لوله فولادی در نزدیکی محل تماس با شیر برنجی

مثال دیگری از خوردگی گالوانیک در شکل صفحه بعد نشان داده شده است؛ در اینجا دو قطعه لوله مسی توسط زانوی فولادی دارای پوشش روی (گالوانیزه) به هم متصل شده‌اند و براساس آنچه که در مثال

$\text{Fe(OH)}_2$  رسوب تیره رنگی است که ابتدا روی سطح قطعه آهنی تشکیل می‌شود و در اثر مرور زمان به دلیل واکنش بیشتر با اکسیژن مطابق واکنش صفحه بعد به صورت رسوب  $\text{Fe(OH)}_3 \downarrow$  در می‌آید که رنگ آن قرمز قهوه‌ای یا آجری رنگ است و ما آن را به‌عنوان زنگ آهن روی سطح قطعه زنگ زده می‌بینیم (شکل زیر). ترکیب شیمیایی زنگ آهن



سطح زنگ‌زده ورق‌های آهنی در اثر قرار گرفتن در

شرایط اتمسفر مرطوب

بنابراین خوردگی الکتروشیمیایی زمانی اتفاق می‌افتد که در اثر تماس فلز با محیط پیرامون خود یک پیل الکتروشیمیایی تشکیل شود.

شکل زیر اجزای اصلی تشکیل دهنده پیل الکتروشیمیایی را نشان می‌دهد.



اجزای اصلی پیل الکتروشیمیایی خوردگی

در این پدیده فلزات و آلیاژهای با پتانسیل الکتروشیمیایی مثبت تر تمایل کمتری نسبت به اکسید شدن و خوردگی دارند مانند طلا و نقره... و فلزات و آلیاژهای با پتانسیل

قبلی توضیح داده شد، زانوی فولادی به شدت دچار خوردگی شده و رسوبات سفید رنگ ناشی از خوردگی فلز روی (Zn) روی سطح آن تجمع یافته است.



خوردگی زانوی فولادی گالوانیزه در اتصال با لوله مسی

خوردگی موضعی به طور معمول در مناطقی از سازه که سیال حالت ساکن پیدا کند، یا در زیر موادی که به عنوان عایق به کار می‌روند (شکل زیر) و یا روی سطح فولادهای زنگ نزن در محیط‌های دارای یون کلرید ( $Cl^-$ ) شایع است.

لازم به یادآوری است در این نوع خوردگی مقدار کل انحلال فلز نسبت به خوردگی یکنواخت کمتر است ولی به دلیل تمرکز خوردگی در سطح کوچک به سرعت سبب تخریب سازه صنعتی می‌گردد و چون از قبل نمی‌توان سرعت خوردگی را پیش‌بینی کرد خطرناک است.



خوردگی موضعی لوله فولادی در زیر عایق حرارتی (پشم شیشه)

همان طور که ملاحظه شد بیشتر تخریب‌هایی که ما به صورت روزمره در خصوص اضمحلال سازه‌های فلزی پیرامون خود شاهد هستیم ماهیت الکتروشیمیایی دارند و سرعت خوردگی متناسب با مقدار و نوع عوامل واکنش‌کننده مثل: رطوبت، دما، اکسیژن،  $CO_2$ ،  $SO_2$  و ... افزایش می‌یابد.

**خوردگی مکانیکی:** در اینجا پدیده خوردگی تحت تأثیر نیروهای مکانیکی اتفاق می‌افتد. البته ممکن است عامل مکانیکی به تنهایی سبب تخریب و شکست ماده صنعتی گردد. مثل: سایش و یا عوامل دیگر نظیر واکنش الکتروشیمیایی نیز به صورت توأم دخیل باشند. مثل: خوردگی فرسایشی.

سایش یکی از عوامل رایج تخریب‌کننده قطعات صنعتی است و زمانی اتفاق می‌افتد که دو سطح در تماس با یکدیگر تحت تأثیر نیروی مکانیکی نسبت به هم حرکت لغزشی داشته باشند.



سطح غلتک‌های دستگاه نورد به دلیل نیروی مکانیکی دچار سایش می‌شود.

نوع دیگری از خوردگی که تحت تأثیر هم‌زمان نیروی مکانیکی (بر خورد ذرات ساینده) و خوردگی الکتروشیمیایی رخ می‌دهد، خوردگی فرسایشی<sup>۱</sup> نام دارد.

تصاویر دو قطعه صنعتی را نشان می‌دهند که دچار خوردگی فرسایشی شده‌اند. این نوع خوردگی زمانی اتفاق می‌افتد که در داخل محلول خورنده ذرات ساینده (مثل شن و ماسه) وجود داشته باشد.



پیچ در محلول خورنده حاوی ذرات ساینده دچار خوردگی فرسایشی شده است.

به شکل (زیر) نگاه کنید. پره پمپ آب به دلیل وجود ذرات شن در محلول خورنده تخریب شده است. در این مثال ضمن اینکه پره فولادی در محلول خورنده قرار داشته، حضور ذرات ماسه در محلول و برخورد آنها به سطح پره پمپ باعث تشدید پدیده خوردگی گردیده است.



پره پمپ به دلیل قرار گرفتن در محلول خورنده حاوی ذرات ماسه دچار خوردگی فرسایشی شده است.

به نظر شما برای جلوگیری از فرسایش پره پمپ چه راهکاری می توان در نظر گرفت؟

بحث کلاسی



## ۱۴-۲- روش های کنترل خوردگی و حفاظت مواد

به منظور کاهش اثرات ناشی از خوردگی و حفاظت از مواد اقدامات مختلفی را می توان انجام داد، که راهکارهای اصلی در نمودار زیر آمده است. لازم به یادآوری است که انتخاب نوع روش اجرایی علاوه بر مسائل فنی، مشروط به اقتصادی بودن راهکار موردنظر است.

به نظر شما آیا می توان خوردگی را به طور کامل از بین برد؟ و آیا مقرون به صرفه است که چنین هدفی داشته باشیم؟

بحث کلاسی



نمودار روش های اصلی کنترل خوردگی و حفاظت مواد

در حالت کلی جهت کاهش میزان خوردگی و حفاظت مواد در برابر این پدیده مخرب چهار راهکار اساسی وجود دارد. به طور معمول ترکیبی از روش های مذکور برای حفاظت از مواد مورد استفاده قرار می گیرد که در ادامه به صورت مختصر به معرفی این روش ها می پردازیم.



در شکل مقابل به دلیل عدم طراحی مناسب و انتخاب دو فلز غیر هم جنس در تماس با هم دچار خوردگی شدید شده است.

بحث کلاسی



- برای کاهش خوردگی کدام یک از راهکارهای زیر را پیشنهاد می‌نمایید.
- ۱- دو فلز با سطح تماس مشترک دارای پتانسیل الکتریکی نزدیک به هم باشد. ☐
  - ۲- از واشرهای لاستیکی بین دو فلز استفاده شود. ☐
  - ۳- رنگ آمیزی شود. ☐

جدول ۲-۷- انواع پر کاربرد پوشش‌های محافظ، روش‌های متداول اعمال و نمونه کاربرد آنها در صنعت

نوع پوشش	ماهیت پوشش	روش‌های متداول اعمال پوشش
۱ پلیمری	این پوشش‌ها از مواد پلیمری می‌باشند و عمدتاً به منظور محافظت سازه‌های فلزی در محیط اتمسفری استفاده می‌شوند: نظیر اپوکسی، پلی اورتان، پلی استر و غیره	۱- پاشش ۲- غوطه‌وری ۳- ابزار دستی
۲ فلزی	این پوشش‌ها ماهیت فلزی دارند و دو دسته‌اند ۱- پوشش تک عنصری که از یک عنصر فلزی تشکیل شده‌اند مثل پوشش گالوانیزه، قلع، طلا، نقره، کرم و غیره. ۲- پوشش‌های آلیاژی که پوشش از ترکیب دو یا چند عنصر فلزی تشکیل شده‌است	۱- پاشش ۲- غوطه‌وری ۳- آبکاری
۳ سرامیکی	این پوشش‌ها ماهیت معدنی (غیرفلزی و غیرپلیمری) دارند مثل انواع لعاب‌ها که روی ظروف سفالی یا فلزی اعمال می‌شوند.	۱- پاشش ۲- غوطه‌وری

## سؤالات پایانی فصل دوم

### پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- پرکاربردترین فلز در صنعت کدام گزینه است؟  
(الف) فولاد (ب) آلومینیوم (ج) مس (د) نقره
- ۲- اگر میزان کربن در فولادی بیشتر از ۰/۶۵٪ باشد آن فولاد ..... است.  
(الف) کم کربن (ب) پرکربن (ج) کربن متوسط (د) کربن ساده
- ۳- انحلال پذیری گازها در چه دما و فشاری بیشتر است؟  
(الف) دما کم - فشار کم (ج) دما کم - فشار زیاد  
(ب) دما زیاد- فشار زیاد (د) دما زیاد- فشار کم

### پرسش‌های درست و نادرست

- ۴- فلزات آهنی فلزاتی هستند که عنصر اصلی تشکیل دهنده آنها آهن (Fe) است.  
درست ☐ نادرست ☐
- ۵- فلز آلومینیوم قرمز رنگ است و از خاصیت هدایت الکتریکی و حرارتی بسیار بالایی برخوردار است.  
درست ☐ نادرست ☐
- ۶- لوله‌های مسی که در لوله کشی آب سرد و گرم و گاز مورد استفاده قرار می گیرند از نوع ACR می باشد.  
درست ☐ نادرست ☐
- ۷- غیر خورنده بودن و دارا بودن پایداری از مشخصه‌های روغن‌های معدنی است.  
درست ☐ نادرست ☐

### پرسش‌های پرکردنی

- ۸- ..... یکی از پرکاربردترین کامپوزیت‌های با زمینه پلیمری است.  
درست ☐ نادرست ☐
- ۹- به سوخت‌هایی که بدون عملیات خاصی قابل استفاده می‌باشند سوخت ..... گویند.
- ۱۰- فلزات سنگین جزء فلزات ..... محسوب می شوند.
- ۱۱- به فلزاتی که بین ۲ تا ۶ درصد کربن دارند ..... می گویند.
- ۱۲- جهت ساخت انواع آچار از فولادهای نوع ..... استفاده می شود.
- ۱۳- جهت ساخت انواع شیرآلات از چدن نوع ..... استفاده می شود.
- ۱۴- پلی یورتان جزء گروه پلیمری ..... می باشد.
- ۱۵- با افزایش درصد کربن استحکام کششی فولادهای ساده کربنی ..... می یابد.

### پرسش‌های تشریحی

- ۱- خواص مکانیکی فلزات را نام ببرید.
- ۲- دلایل افزودن عناصر آلیاژی به فولاد را بیان کنید.
- ۳- فولادهای زنگ نزن را توضیح دهید.

- ۴- دسته‌بندی انواع چدن‌ها را بیان کنید.
- ۵- فلزات غیرآهنی براساس جرم حجمی به چند دسته تقسیم می‌شوند. توضیح دهید.
- ۶- به چه دلیل در ساخت مبدل گرمایی از آلومینیوم استفاده می‌شود؟
- ۷- چند مورد از خصوصیات لوله‌های مسی را بیان کنید.
- ۸- انواع لوله‌های مسی در استاندارد ANSI/ASTMB۸۸ را نام ببرید.
- ۹- خواص فلز روی را بیان کنید.
- ۱۰- پلیمر طبیعی و مصنوعی را تعریف کنید.
- ۱۱- در زیر حروف مخفف چند نوع ترموپلاستیک آورده شده نام کامل آن را بنویسید.  
 .....PB .....PE .....PEX .....PP .....PVC.....
- ۱۲- چند نوع از ویژگی‌های ترموپلاست‌ها را بیان کنید.
- ۱۳- چند نوع از ویژگی‌های ترموست‌ها را بیان کنید.
- ۱۴- عایق‌های NBR و EPDM را با یکدیگر مقایسه نموده و تفاوت‌های آن را بنویسید.
- ۱۵- چند نوع از ویژگی‌های الاستومرها را بنویسید.
- ۱۶- کامپوزیت‌ها را توضیح دهید.
- ۱۷- مزایای مواد کامپوزیتی را بیان کنید.
- ۱۸- خواص ضروری روغن‌ها را بنویسید.
- ۱۹- مشخصه روغن‌های معدنی را بنویسید.
- ۲۰- ویژگی‌ها و مزایای روغن‌های نانو را بنویسید.
- ۲۱- ویژگی‌های فیزیکی آب را توضیح دهید.
- ۲۲- سوخت طبیعی را تعریف کنید.
- ۲۳- انواع سوخت‌ها را در مصارف خانگی نام ببرید.
- ۲۴- انواع گازها در مصارف خانگی را توضیح دهید.
- ۲۵- چند نوع از کاربردهای نانو در تأسیسات را توضیح دهید.
- ۲۶- هریک از اصطلاحات زیر را تعریف کنید.  
 استحکام بُرشی - مقاومت پیچشی - مقاومت خمشی - چقرمگی
- ۲۷- خوردگی را تعریف کنید.
- ۲۸- عوامل اصلی در ایجاد خوردگی را نام ببرید.
- ۲۹- خوردگی شیمیایی و الکتروشیمیایی را توضیح دهید.
- ۳۰- روش‌های کنترل خوردگی و حفاظت مواد را نام ببرید.



## فصل سوم

### محاسبات و برآورد



**مثال:** ۵۰ متر چند سانتی متر و چند میلی متر است؟

$$\text{با توجه به موارد بالا چون } 1\text{ m} = 100\text{ cm} \Rightarrow 50\text{ m} = 50 \times 100\text{ cm} = 5000\text{ cm}$$

$$50\text{ m} = 50 \times (100\text{ cm}) = 5000\text{ cm}$$

$$50\text{ m} = 50 \times (1000\text{ mm}) = 50000\text{ mm}$$

**مثال:** ۵۰۰ متر چند کیلومتر است؟

$$1\text{ km} = 1000\text{ m} \Rightarrow 1\text{ m} = \frac{1}{1000}\text{ km}$$

$$500\text{ m} = 500 \times \left(\frac{1}{1000}\text{ km}\right) = \frac{500}{1000}\text{ km} = 0.5\text{ km}$$



کار کلاسی

جدول زیر را کامل کنید.

اندازه	ضریب تبدیل	یکای موردنظر
۱۱۴ km	.....	.....m
۴/۷ cm	.....	.....m
۰/۱ dm	.....	.....cm
۱۱۰۵ mm	.....	.....dm
۱۵۶/۵ mm	.....	.....m
۲۶/۴ mm	.....	.....cm
۴۷/۲ mm	.....	.....cm
۱۳/۰۲ mm	.....	.....dm

در این فصل هنرجویان می توانند محاسبات مربوط به تبدیل واحدهای اندازه گیری، فشار و گرما را انجام دهند.

## ۳-۱- محاسبات طول

**یکای اندازه گیری طول در سیستم SI:** (یکای اندازه گیری طول در سیستم SI، متر (m) است. با توجه به نوع و بزرگی طول مورد اندازه گیری، ممکن است از یکاهای بزرگ تر یا کوچک تر از متر نیز استفاده شود که در سیستم SI پیشوندهایی برای بیان آنها در نظر گرفته شده است. مانند کیلومتر به معنای هزار متر و میلی متر به معنای یک هزارم متر. چون این پیشوندها در یکاهای اندازه گیری کمیت های دیگر نیز مورد استفاده قرار می گیرند در جدول زیر پیشوندهای مذکور را آورده ایم.

$$1\text{ m} = 10\text{ dm} \rightarrow 1\text{ dm} = 10^{-1}\text{ m}$$

$$1\text{ m} = 100\text{ cm} \rightarrow 1\text{ cm} = 10^{-2}\text{ m}$$

پیشوندهای اجزا و اضعاف یکاهای اندازه گیری

اضعاف	اجزاء
T(Tera) ترا $10^{12}$ (تریلیون)	d(Deci) دسی $10^{-1}$ (دهم)
G(Giga) گیگا $10^9$ (بیلیون)	c(Centi) سانتی $10^{-2}$ (صدم)
M(Mega) مگا $10^6$ (میلیون)	m(Mili) میلی $10^{-3}$ (هزارم)
K(Kilo) کیلو $10^3$ (هزار)	$\mu$ (Micro) میکرو $10^{-6}$ (میلیونیم)
H(Hecto) هکتو $10^2$ (صد)	n(Nano) نانو $10^{-9}$ (بیلیونیم)
D(Deka) دکا $10$ (ده)	p(Pico) پیکو $10^{-12}$ (تریلیونیم)

مثال:  $10^6\text{ W} = \text{مگاوات Mw}$

$$1\text{ m} = 1000\text{ mm} \rightarrow 1\text{ mm} = 10^{-3}\text{ m}$$



جدول زیر را کامل کنید.

اندازه	ضریب تبدیل	یکای موردنظر	اندازه	ضریب تبدیل	یکای موردنظر
$\frac{3}{4}$ in	.....	.....m	2 in	.....	.....mm
$\frac{3}{8}$ in	.....	.....cm	2 in	.....	.....cm
50 mm	.....	.....in	10 ft	.....	.....m
32 mm	.....	.....in	10 cm	.....	.....in

**یکای اندازه‌گیری طول در سیستم I-P:** سیستم اندازه‌گیری SI از سال ۱۹۶۷ به بعد مورد قبول اکثر کشورهای جهان قرار گرفته است با این وجود هنوز هم با دستگاه‌ها و کتاب‌هایی سروکار داریم که براساس سیستم اندازه‌گیری I-P تولید شده‌اند. لذا ناگزیر هستیم تا رواج کامل سیستم SI با سیستم‌های دیگر نیز آشنا شویم. سیستم I-P در کشورهای انگلیسی‌زبان مانند کشور انگلستان و آمریکا رایج است. یکای اندازه‌گیری طول در این سیستم فوت است. در این سیستم یکاهای کوچک‌تر و بزرگ‌تر از فوت وجود دارند که در موارد خاصی به کار می‌روند مانند اینچ، یارد، مایل و ... .

فوت را با علامت اختصاری ft (') و اینچ را با علامت اختصاری in (") نشان می‌دهند.

۱ ft = ۱۲ in (اینچ) یا ۱' = ۱۲"

۱ yd = ۳ ft

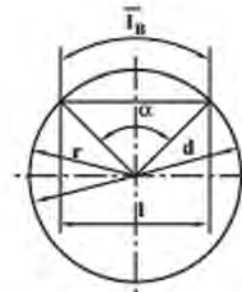
**مثال ۱:** فشار آتمسفر تقریباً برابر ۳۴ فوت ستون آب است. این فشار را بر حسب اینچ ستون آب حساب کنید.

$$34 \text{ (ft)} = 34 (12 \text{ in})$$

$$= 34 \times 12 \text{ (in)}$$

$$= 408 \text{ inW}$$

**محاسبه محیط:** هر قطعه صنعتی، معمولاً ترکیبی از شکل‌های هندسی است. بنابراین، برای محاسبه محیط این نوع قطعات، ابتدا آنها را به شکل‌های هندسی تقسیم‌بندی می‌کنیم و پس از محاسبه محیط هر کدام، از جمع آنها محیط قطعه را به دست می‌آوریم. در شکل زیر فرمول محاسبه محیط دایره و طول قوس قطاع یا قطعه دایره آورده شده است.



$$U = \pi \times d$$

$$I_B \approx \frac{\pi \times d \times \alpha}{360}$$

علائم اختصاری

$U$  = محیط

$d$  = قطر دایره

$r$  = شعاع دایره

$\alpha$  = زاویه مرکزی

$I_B$  = طول قوس قطاع یا قطعه دایره

$L$  = طول قطعه دایره

محاسبه محیط دایره

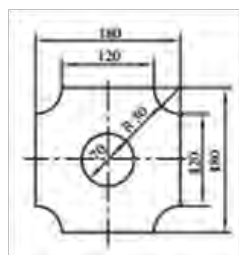
**مثال:** می‌خواهیم قطعه‌ای را مطابق شکل روبه‌رو، با روش برش با گاز، از ورق فولادی ببریم. طول مسیر برش را حساب کنید.

**حل:** منظور از طول مسیر برش همان محیط قطعه است. برای به دست آوردن محیط قطعه، ابتدا محیط

به دست آورید.

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

۳- اندازه محیط داخلی و خارجی قطعه شکل زیر را به دست آورید.



آن را به طول‌های  $L_1, L_2, L_3, L_4$  و  $I_5$  تفکیک نموده و پس از محاسبه طول هر یک از آنها، با جمع طول پاره‌خط‌ها، محیط قطعه مرکب را به دست می‌آوریم.

$$U = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$$

$$L_1 = 200 \text{ mm}$$

$$L_2 = \frac{d_2 \times \pi}{2} = \frac{400 \text{ mm} \times 3.14}{2} = 628 \text{ mm}$$

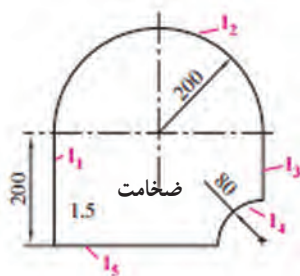
$$L_3 = 200 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 120 \text{ mm}$$

$$L_4 = \frac{d_4 \times \pi}{4} = \frac{160 \text{ mm} \times 3.14}{4} = 125.6 \text{ mm}$$

$$L_5 = 400 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 320 \text{ mm}$$

$$U = 200 \text{ mm} + 628 \text{ mm} + 120 \text{ mm} + 125.6 \text{ mm} + 320 \text{ mm} = 1393.6 \text{ mm}$$

$$+ 320 \text{ mm} = 1393.6 \text{ mm}$$



محاسبه محیط قطعه

۱- قطر دایره‌ای ۱۱۵/۷ میلی‌متر است، محیط آن را

کار کلاسی

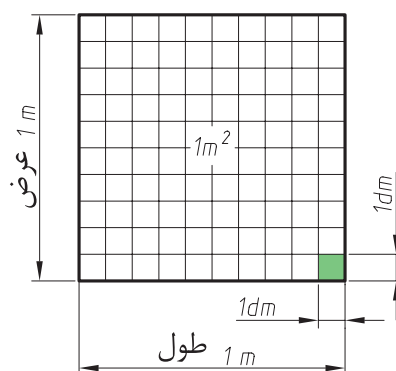


## ۳-۲- محاسبات سطح

### ۴-۲-۱- یکای اندازه‌گیری سطح در سیستم

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

دسی‌متر مربع، سانتی‌متر مربع یکاهای کوچک‌تری هستند که در این سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند.



یکای اندازه‌گیری سطح متر مربع

$$A=L^2$$

$$1m = 100cm$$

$$1cm = \frac{1}{100}m$$

$$1cm^2 = \left(\frac{1}{100}m\right)^2$$

$$1m^2 = (100cm)^2$$

$$1m^2 = 10000cm^2$$

$$1cm^2 = \frac{1}{10000}m^2$$

در شکل صفحه بعد محاسبات مربوط به محیط و مساحت شکل‌های هندسی معمول آورده شده است.

**مثال:** مساحت دیوار اتاقی به طول (۴) متر و به ارتفاع (۲/۸) متر، چند متر مربع و چند سانتی‌متر مربع است؟

$$A = 4m \times 2/8m = 4 \times 2/8m^2 = 1 1/2m^2$$

$$A = (400cm) \times (280cm) = 112000cm^2$$

**پاسخ:**

مساحت یک موزائیک به طول هر ضلع (۳۰) سانتی‌متر، چند سانتی‌متر مربع و چند مترمربع است؟

جدول زیر را کامل کنید.

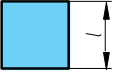
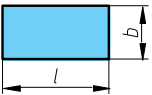
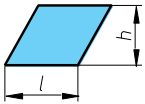
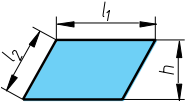
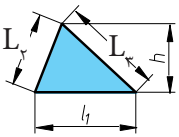
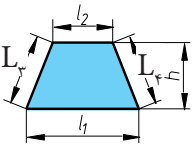
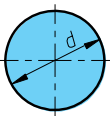
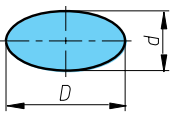
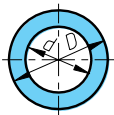
الف	$0/8m^2$	$cm^2$ .....	$dm^2$ .....	$mm^2$ .....
ب	$2/1dm^2$	$m^2$ .....	$cm^2$ .....	$mm^2$ .....
ج	$40cm^2$	$m^2$ .....	$dm^2$ .....	$mm^2$ .....

کار کلاسی



کار کلاسی

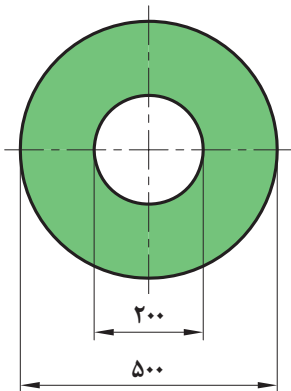


مساحت	محیط	شکل
$A = l^2$	$U = 4 \times l$	مربع 
$A = l \times b$	$U = 2 \times (l + b)$	مستطیل 
$A = l \times h$	$U = 4 \times l$	لوزی 
$A = l_1 \times h$	$U = 2 \times (l_1 + l_2)$	متوازی الاضلاع 
$A = \frac{L_1 \times h}{2}$	مجموع طول اضلاع $u = L_1 + L_2 + L_3$	مثلث 
$A = \frac{(l_1 + l_2)}{2} \times h$	مجموع طول اضلاع $u = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$	ذوزنقه 
$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$	$U = \pi \times d$	دایره 
$A = \frac{\pi \times d \times D}{4}$	$U = \pi \times \frac{(d + D)}{2}$	بیضی 
$A = \frac{\pi \times D^2}{4} - \frac{\pi \times d^2}{4}$	$u = \pi D + \pi d$	تاج دایره 

علائم اختصاری:

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

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



**مثال:** مساحت ورق به کار رفته در قطعه داده شده روبه‌رو را برحسب دسی متر مربع به‌دست آورید.

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

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

**پاسخ:**

$$A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{3/14 \times 5^2}{4} - \frac{3/14 \times 2^2}{4}$$

سطح مقطع یک مخزن استوانه‌ای ذخیره گازوئیل به قطر (۱۶۰۰) میلی‌متر است. چند دسی مترمربع است؟ محیط مقطع مخزن چند دسی متر است؟

کار کلاسی



ابعاد یک کانال هوا از ورق گالوانیزه  $100 \times 25 \times 30$  سانتی متر می‌باشد، سطح جانبی ورق به کار برده شده را به‌دست آورید.

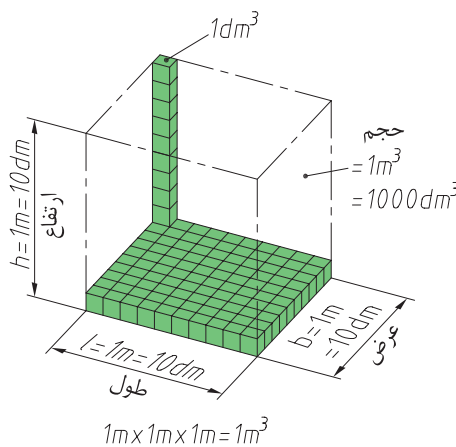
کار کلاسی



### ۳-۳ محاسبات حجم

#### ۴-۳-۱ یکای اندازه‌گیری حجم در سیستم

**SI:** یکای اندازه‌گیری حجم در سیستم SI مترمکعب است و حجم مکعبی است که، طول، عرض و ارتفاع آن یک متر باشد (شکل زیر).



یکای اندازه‌گیری حجم در سیستم SI متر مکعب است.

$$V = L \cdot L \cdot L = L^3$$

$$m^3 = (10 \cdot dm)^3 = 1000 \cdot dm^3$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ lit}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ lit}$$

هر متر مکعب (۱۰۰۰) لیتر و هر لیتر (۱/۱۰۰۰) متر مکعب است.

$$1 \text{ m} = 10 \cdot \text{dm}$$

$$1 \text{ dm} = \frac{1}{10} \text{ m}$$

$$1 \text{ m}^3 = (10 \cdot \text{dm})^3$$

$$1 \text{ dm}^3 = \left(\frac{1}{10} \text{ m}\right)^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \cdot \text{dm}^3$$

$$1 \text{ dm}^3 = \frac{1}{1000} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ lit}$$

$$1 \text{ lit} = \frac{1}{1000} \text{ m}^3$$

به تبدیل لیتر به سانتی مترمکعب و سانتی مترمکعب به لیتر توجه نمایید. به سانتی مترمکعب سی سی نیز می‌گویند. (Centimeter Cubic)

دسی مترمکعب، سانتی مترمکعب و میلی مترمکعب یکاهای کوچک‌تری هستند که در سیستم SI مورد استفاده قرار می‌گیرند.

$$= 36000 (1000 \text{ cm})^3 = 360000000 \text{ cm}^3$$

یا

$$36 \text{ m}^3 = 36 \times 1000 \text{ dm}^3 = 36000 \text{ dm}^3$$

$$= 36000 \text{ lit}$$

$$36000 \text{ dm}^3 = 36000 \times 1000$$

$$= 36000000 \text{ cm}^3$$

**مثال:** (۱۰۰۰۰۰) سانتی متر مکعب چند لیتر و چند متر مکعب است؟

**پاسخ:**

$$1000000 \text{ cm}^3 = 1000000 \left(\frac{1}{10} \text{ dm}\right)^3$$

$$= 1000000 \times \frac{1}{1000} \text{ dm}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ lit}$$

$$1000 \text{ dm}^3 = 1000 \left(\frac{1}{10} \text{ m}\right)^3 = 1000 \times \frac{1}{1000} \text{ m}^3$$

$$= \frac{1}{10} \text{ m}^3 = 0.1 \text{ m}^3$$

$$1000000 \text{ cm}^3 \div 1000 = 1000 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ lit}$$

$$1000 \text{ dm}^3 \div 1000 = 0.1 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ dm} = 10 \text{ cm}$$

$$1 \text{ cm} = \frac{1}{10} \text{ dm}$$

$$1 \text{ dm}^3 = (10 \text{ cm})^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = \left(\frac{1}{10} \text{ dm}\right)^3$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = \frac{1}{1000} \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ lit} = 1000 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = \frac{1}{1000} \text{ lit}$$

**توجه:** ضریب تبدیل در یکاهای حجم، از یکایی به یکای مجاور (۱۰۰۰) است، که در تبدیل یکا از کمیت بزرگتر به کوچکتر آن را در (۱۰۰۰) ضرب می کنند و در تبدیل یکا از کمیت کوچکتر به بزرگتر آن را بر (۱۰۰۰) تقسیم می نمایند.

**مثال:** حجم اتاقی (۳۶) متر مکعب است، حجم این اتاق چند لیتر و چند سانتی متر مکعب است؟

**پاسخ:**

$$36 \text{ m}^3 = 36 (10 \text{ dm})^3 = 36 (1000 \text{ dm}^3)$$

$$= 36000 \text{ dm}^3 = 36000 \text{ lit}$$

$$36 \text{ m}^3 = 36000 \text{ dm}^3 = 36000 (10 \text{ cm})^3$$

۱- اندازه های زیر را بر حسب یکاهای خواسته شده تبدیل کنید.

کار کلاسی

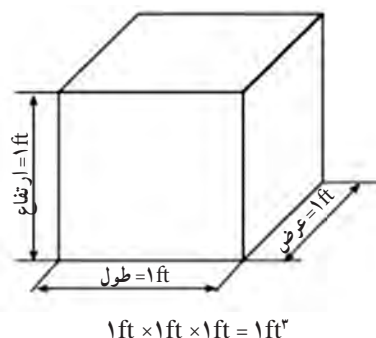


$10.3/2 \text{ cm}^3$	.....dm <sup>3</sup>	$2200 \text{ cm}^3$	.....m <sup>3</sup>
$1800 \text{ mm}^3$	.....cm <sup>3</sup>	$425 \text{ dm}^3$	.....m <sup>3</sup>
$0.807 \text{ m}^3$	.....cm <sup>3</sup>	$0.25 \text{ m}^3$	.....mm <sup>3</sup>
$40875 \text{ mm}^3$	.....dm <sup>3</sup>	$6870 \text{ mm}^3$	.....m <sup>3</sup>



۲- آب موجود در ۱۰۰ متر لوله یک اینچ را بر حسب لیتر حساب کنید. (ابعاد لازم را از جدول BS ۱۳۸۷ کتاب راهنمای هنر جو استخراج نمایید)

یکای اندازه‌گیری حجم در سیستم I-P: یکای اندازه‌گیری حجم در سیستم «I-P» و «فوت مکعب» است و آن حجم مکعبی است که طول و عرض و ارتفاع آن برابر یک فوت باشد.



فوت مکعب یکا اندازه‌گیری حجم در سیستم I-P

یکای دیگری در این سیستم که بیشتر برای اندازه‌گیری حجم مایعات استفاده می‌شود، «گالن» نام دارد که بر دو نوع است: گالن آمریکایی و گالن امپریال. لیتر ۱ = ۳/۷۸۵ گالن آمریکایی

لیتر ۱ = ۴/۵۴۶ گالن امپریال

گالن آمریکایی ۱ = ۷/۴۸۱ فوت مکعب

تبدیل یکاها: تبدیل یکاهای حجم در سیستم «SI» به یکاهای حجم در سیستم «I-P» و برعکس را ملاحظه نمایید.

$$1 \text{ m} = 3/28 \text{ ft} \quad 1 \text{ ft} = 0/3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ m}^3 = (3/28 \text{ ft})^3 \quad 1 \text{ ft}^3 = (0/3048 \text{ m})^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 35/31 \text{ ft}^3 \quad 1 \text{ ft}^3 = 0/028 \text{ m}^3$$

مثال: حجم اتاق ۳۶ متر مکعبی، چند فوت مکعب است؟

پاسخ:  $36 \text{ m}^3 = 36 \times (3/28 \text{ m})^3 = 36 \times 35/31 \text{ ft}^3 = 1271/16 \text{ ft}^3$

مثال:  $1076 \text{ ft}^3$  (۱۰۷۶) معادل چند متر مکعب است؟

$$1 \text{ m}^3 = 35/31 \text{ ft}^3$$

$$1076 \text{ ft}^3 = \frac{1076}{35/31} \text{ m}^3 = 30/47 \text{ m}^3$$

پاسخ:

شکل زیر روابط محاسبه سطح کل، سطح جانبی و حجم را نشان می‌دهد.

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

روابط حجم = سطح جانبی و سطح کل حجم‌های هندسی



اندازه‌های زیر را برحسب یکاهای خواسته شده تبدیل کنید.

$5 \cdot m^3$	..... $ft^3$	$1500 \cdot m^3$	..... gal
$2450 \cdot ft^3$	..... $m^3$	$1700 \cdot ft^3$	..... $dm^3$

### ۴-۳- محاسبات جرم

$$\left(\frac{kg}{dm^3}\right) \text{ یا } \left(\frac{kg}{lit}\right) \text{ و } \left(\frac{gr}{cm^3}\right).$$

$$\text{جرم} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{kg}{m^3} \quad \frac{kg}{dm^3} \quad \text{یا} \quad \frac{gr}{cm^3}$$

$$1 \frac{kg}{dm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{جرم مخصوص فولاد } \left(\frac{gr}{cm^3} \cdot 7/85\right),$$

$$\text{جرم مخصوص آلومینیوم } \left(\frac{gr}{cm^3} \cdot 2/7\right),$$

$$\text{چدن } \left(\frac{gr}{cm^3} \cdot 7/25\right) \text{ و آب } \left(\frac{gr}{cm^3} \cdot 1\right) \text{ است.}$$

یکای جرم در سیستم SI کیلوگرم است و یکای جرم در سیستم I-P پوند Ib است به روابط آنها توجه کنید:

$$1 \text{ گرم} = 1000 \text{ کیلوگرم}$$

$$1 \text{ پوند} = 453 \text{ گرم}$$

$$1 \text{ کیلوگرم} = 2/20 \text{ Ib}$$

۴-۴-۱- جرم حجمی: جرم یکای حجم از هر ماده را جرم حجمی (جرم مخصوص) آن ماده گویند.

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

یکای جرم مخصوص در سیستم «SI» کیلوگرم بر متر

مکعب  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$  است و یکاهای رایج دیگر عبارت‌اند از:

جدول جرم مخصوص بعضی از مواد

جرم مخصوص گازها		جرم مخصوص جامدات				جرم مخصوص مایعات	
$\frac{kg}{dm^3}$		$\frac{gr}{cm^3}$				$\frac{kg}{dm^3}$	
جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده
۱/۲۹	هوا	۷/۲۵	چدن خاکستری	۱/۲۶	چوب آبنوس	۱	آب (۴°C)
۱/۴۳	اکسیژن	۸/۵	برنج	۱/۸	آلیاژهای منیزیم	۰/۸۵	نفت
۱/۱۷۱	استیلن	۸/۹	مس	۲/۷	آلومینیوم	۰/۷۲	بنزین
۰/۰۹	هیدروژن	۷/۸۵	فولاد	۷/۱۳	روی	۰/۸۵	گازوئیل
۱/۲۵	ازت	۱۱/۳۵	سرب	۷/۳	قلع	۰/۹	روغن موتور

فکر کنید



باتوجه به جدول صفحه قبل علت شناور شدن بعضی از مواد روی آب چیست؟

علائم اختصاری:

$m$  = جرم

$V$  = حجم

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

**مثال:** جرم شمش فولادی با مقطع مربع به ضلع (۵۰) میلی‌متر و طول (۱۲۰) میلی‌متر را به دست آورید.

**پاسخ:**

$$V = A \times h = (50 \text{ mm})^2 \times 120 \text{ mm} = 300000 \text{ mm}^3 = 0.3 \text{ dm}^3$$

$$m = V \times \rho = 0.3 \text{ dm}^3 \times 7850 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 2355 \text{ kg}$$

**مثال:** جرم مخصوص آب ( $1 \frac{\text{kg}}{\text{lit}}$ ) چند ( $1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ) است؟  
**پاسخ:**

$$1 \text{ lit} = \frac{1}{1000} \text{ m}^3$$

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{lit}} = 1 \frac{\text{kg}}{\frac{1}{1000} \text{ m}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**محاسبه جرم:** با استفاده از تعریف جرم مخصوص، می‌توان رابطه‌ای برای محاسبه جرم قطعات هندسی به دست آورد.

جدول زیر را تکمیل کنید.

کار کلاسی



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

- جرم یک متر لوله فولادی به قطر  $\frac{3}{4}$  اینچ و جرم آب درون آن چند کیلوگرم است؟ (مشخصات لوله  $\frac{3}{4}$  را از جدول ضمیمه استخراج کنید).

کار کلاسی



## ۳-۵ فشار pressure

در یک تخته با ابعاد (۱۰ cm و ۱۰ cm) به فاصله هر سانتی‌متر میخ‌هایی وارد کنید. سپس بادکنکی را باد کنید و بر میخ‌ها بفشارید. این حالت را با حالتی که فقط یک میخ در بادکنک فرو می‌کنید مقایسه کنید. چه تفاوتی مشاهده می‌کنید؟ با توجه به مثال‌ها و تجربه بالا عوامل مؤثر بر فشار را بررسی نمایید.

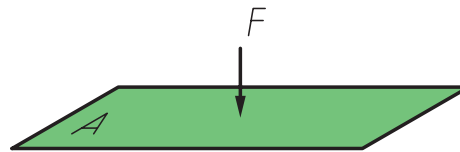
تجربه کنید



## رابطه فشار

جامدها بر سطح تکیه‌گاه خود و شاره‌ها بر دیواره ظرفشان و بر سطح هر جسمی که درون آنها قرار گیرد، فشار وارد می‌کنند. **فشار برابر است با بزرگی نیرویی که عمود بر یکای سطح وارد می‌شود.**

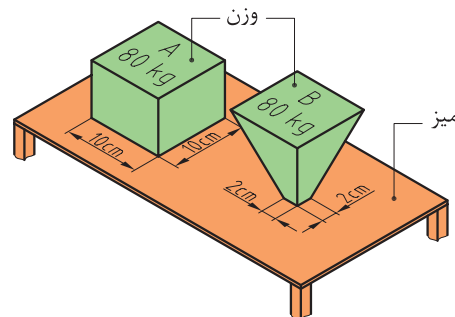
$$P = \frac{F}{A} \quad \left( \frac{N}{m^2} \right)$$



در این رابطه  $F$  نیروی عمودی از طرف جسم جامد و یا شاره بر حسب نیوتن ( $N$ ) و  $A$  مساحت سطح تماس بر حسب متر مربع ( $m^2$ ) است.

در تصویر زیر فشار وارده بر سطح میز توسط جسم  $A$  و جسم  $B$  را به دست آورید؟

کار کلاسی



**فشار در مایع‌ها:** هنگامی که دست خود را جلوی آبی که از شیلنگ بیرون می‌ریزد بگیریم، می‌توانیم فشار آب را احساس کنیم (شکل صفحه بعد). همچنین وقتی قسمتی از دست ما بریده شود خون از محل بریده شده بیرون می‌آید که ناشی از فشار خون است. یا هنگامی که به ناحیه عمیق یک استخر آب می‌رویم، فشار آب را به خوبی احساس می‌کنیم. در این بخش خواهیم دید فشار یک مایع به چه عواملی بستگی دارد و چگونه می‌توان آن را اندازه گرفت. در شکل صفحه بعد ستونی از یک مایع به ارتفاع  $h$

فشار کمیتی نرده‌ای و فرعی با یکای پاسکال ( $Pa$ ) است. یعنی یک پاسکال برابر با نیروی عمودی  $1N$  وارد بر سطح  $1m^2$  است که برای اندازه‌گیری فشارهای بسیار کم از آن استفاده می‌شود. مثلاً فشار یک برگ اسکناس روی میز حدود یک پاسکال است. در این فصل با یکاهای بزرگ‌تر که در صنعت نیز کاربرد دارند آشنا خواهید شد.

نام دیگر  $\frac{N}{m^2}$  را به افتخار بلز پاسکال در سیستم یکای بین‌المللی پاسکال نام‌گذاری کرده‌اند.

**مثال:** جعبه‌ای مکعب‌شکل به جرم  $15$  کیلوگرم، که طول هر ضلع آن  $20$  سانتی‌متر است چه فشاری را بر سطح یک میز وارد می‌کند؟

$$\begin{aligned} m &= 15 \text{ Kg} \\ L &= 20 \text{ cm} \div 100 = 0.2 \text{ m} \\ F &= W = m \cdot g \\ F &= 15 \times 10 = 150 \text{ N} \\ P &= \frac{F}{A} = \frac{150}{0.2} = \frac{1500}{2} \\ P &= 750 \frac{N}{m^2} \text{ یا } Pa \end{aligned}$$

مساحت قاعده  $A$ ، و چگالی  $\rho$  نشان داده شده است. نیرویی که به مساحت قاعده این ستون وارد می‌شود معادل وزن ستون مایع و برابر است با

$$W = mg = \rho Vg = \rho Ahg$$

با توجه به تعریف فشار داریم

$$p = \frac{F}{A} = \frac{W}{A} = \frac{\rho Ahg}{A} = \rho gh$$

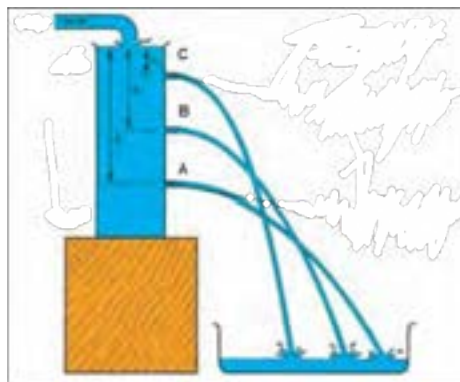
به این ترتیب نتیجه می‌گیریم که فشار ناشی از یک مایع ساکن تنها به عمق از سطح آزاد مایع بستگی دارد و فشار در نقطه‌های هم‌عمق یکسان است و هرچه درون مایعی پایین‌تر رویم فشار ناشی از مایع افزایش می‌یابد.



کار کلاسی



- به شکل زیر توجه کنید و به سؤالات پاسخ دهید.
- ۱- به نظر شما در تصویر زیر فشار در کدام یک از نقاط A, B, C بیشتر است؟ چرا؟
  - ۲- به نظر شما اگر از مایع چگال تر استفاده می شد در مایع خروجی از سوراخ ها چه تفاوتی مشاهده می شد؟



**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 کیلو پاسکال است؟

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

$$P=?$$

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

$$P=1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$P=Pgh$$

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

$$P=1000 \times 10 \times 11 = 110000 \text{ N/m}^2 \text{ یا } Pa=110 \text{ KPa}$$

فکر کنید



باتوجه به فشار در مایعات، تصویر زیر به چه چیز اشاره می کند؟





ارتفاع سطح آب درون مخزن تصویر زیر نسبت به شیر آب ۱۰ متر است. فشار ناشی از آب در پشت شیر چند

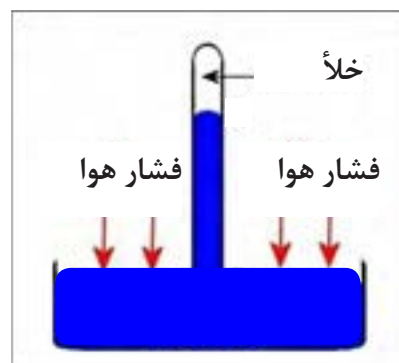
پاسکال است؟ ( $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )



## انواع فشار

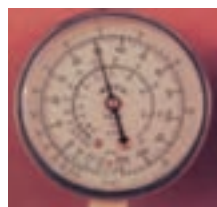
### فشار اتمسفر

چون هوا دارای جرم بوده و در معرض جاذبه است، فشاری اعمال می‌کند که فشار جو یا فشار اتمسفر نام دارد. فشار حاصل از جو در سطح دریا  $101325 \text{ N/m}^2$  یا پاسکال (Pa) است. این همان مقدار فشار جو در سطح دریا است که گاهی فشار یک اتمسفر نیز گفته می‌شود. فشار جو ثابت نبوده با ارتفاع تغییر می‌کند و با افزایش ارتفاع فشار جو کاهش می‌یابد.



**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.



فشارسنج بوردون

از آنجا که فشار در نقطه‌های هم‌تراز از یک مایع با یکدیگر برابر است، بنابراین فشار دو نقطه A و B یکسان است. چون فشار در نقطه A برابر فشار هواست، نتیجه می‌شود که فشار در نقطه B نیز برابر فشار هواست، یعنی:

$$P_A = P_B = P_{\text{atm}}$$

که در آن  $P_{\text{atm}}$  نشان‌دهنده فشار هواست. از سوی دیگر فشار در نقطه B برابر است با فشار ستون جیوه‌ای که در بالای آن قرار دارد. در نتیجه داریم:

$$P = \rho gh$$

**فشار مطلق:** فشار کل یا واقعی یک سیال است. فشار مطلق مجموعه فشار نسبی و فشار اتمسفر محلی است. فشار نسبی + فشار اتمسفر = فشار مطلق

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

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

کار کلاسی



در صورتی که فشار محلی ۱۴/۷ psi باشد و فشار سنج عدد ۱۵ psi را نشان دهد فشار مطلق را حساب نمایید.

**مثال:** ۱۴۷ psi چند atm است؟

ابتدا از جدول صفحه بعد روی ستون عمودی یکا فشار psi را انتخاب می‌کنیم سپس روی ردیف افقی حرکت نموده تا به یکای فشار atm برسیم. آنگاه تبدیل فشار psi به atm را به دست می‌آوریم. هر psi برابر ۰/۰۶۸۰۴۵ اتمسفر است. پس خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} 1 \text{ psi} &= 0.068045 \text{ atm} \\ 147 \text{ psi} &= ? \text{ atm} \\ \frac{147 \text{ psi} \times 0.068045}{1 \text{ psi}} &= 10 \text{ atm} \end{aligned}$$



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؟



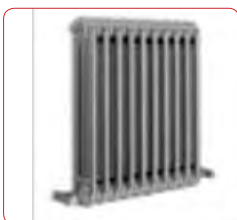
کار کلاسی

۲۵bar	.....kpa	۱۵psi	.....in.Hg
۷۶۰۰mmHg	.....Pa	۱۵m <sub>WC</sub>	.....bar



بحث کلاسی

هریک از تصاویر زیر چه تأثیری در تغییر دمای محیط دارد؟



**یکاهای فشار:** در سیستم بین‌المللی یکاها (SI) یکا فشار «پاسکال» (Pa) یا «نیوتن بر متر مربع» است. در سیستم انگلیسی یکا فشار «پوند بر اینچ مربع» است که به صورت «PSI» یا «Lb/in<sup>۲</sup>» و یا «Lb/sq in» نشان داده می‌شود.

در سیستم «متریک» یکای فشار «کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع» است که آن را به صورت « $\frac{kg_f}{cm^2}$ » یا « $\frac{kp}{cm^2}$ » نشان می‌دهند.

یکی دیگر از یکاهای اندازه‌گیری فشار، «بار» است که معادل (۱۰<sup>۵</sup>) پاسکال است و به صورت «bar» و یک هزارم آن میلی‌بار است که به صورت m.bar نشان داده می‌شود.

البته فشار را بر حسب ارتفاع ستون مایعات نیز اندازه‌گیری می‌کنند که از آن جمله می‌توان 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.H<sub>۲</sub>O) یا (m.Wc)؛
- ۵- «سانتی‌متر جیوه» (cm.Hg).

**تبدیل یکاهای فشار:** گاهی لازم است یکای فشار از یک سیستم اندازه‌گیری به یکای سیستم اندازه‌گیری دیگری تبدیل گردد. در چنین مواردی از جدول‌هایی که به همین منظور تهیه شده است استفاده می‌شود. در جدول صفحه بعد که به وسیله «ASHRAE» تهیه شده، تبدیل یکاهای فشار نشان داده شده است.

جدول تبدیل فشار در یکاهای SI و IP

از ↓ به →	atm	bar	psi (lb <sub>f</sub> /in <sup>2</sup> )	torr	inHg at 0 °C	Pa (N/m <sup>2</sup> )	kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup>	dyn/cm <sup>2</sup>	
								micro bar	mWc (mH <sub>2</sub> O) at 4 °C
atm	1	1.0132501	14.695950254	760.000066005	29.9212583001	101325.01	1.0332275548	1013250.1	10.3349213567
bar	0.986923169	1	14.5037738	750.0616738	29.52998307	100000	1.019716213	1000000	10.19977334
psi	0.068045957	0.068947573	1	51.71493187	2.036020658	6894.757282	0.070306958	68947.57282	0.703249615
torr	0.001315789	0.001333224	0.019336775	1	0.039370073	133.32237	0.00135951	1333.2237	0.01359858
inHg	0.033421054	0.033863887	0.491154152	25.40000352	1	3386.388667	0.034531554	33863.88667	0.345403968
Pa	0.0000098692	0.00001	0.0001450377	0.0075006167	0.0002952998	1	0.0000101972	10	0.0001019977
kg/cm <sup>2</sup>	0.98784101	0.980665	14.22334333	735.5592313	28.95902085	98066.5	1	980665	10.00256072
dyn/cm <sup>2</sup>	0.0000009869	0.000001	0.0000145038	0.0007500617	0.00002953	0.1	0.0000010197	1	0.0000101998
mWc	0.096759324	0.098041394	1.421970206	73.53709233	2.895160715	9804.139432	0.099974399	98041.39432	1

برای مثال : 1atm ≈ 1.01 bar ≈ 14.7 psi ≈ 760 torr ≈ 29.92 inHg ≈ 101325 Pa ≈ 10.334 mWc

## مفهوم دما

در جدول زیر، برخی از دماهای مهم ارائه شده است.

جدول برخی از دماهای مهم\*

موضوع	دما بر حسب °C
نقطه جوش هیدروژن مایع	- ۲۳۵
نقطه جوش اکسیژن مایع	- ۱۸۳
نقطه انجماد الکل	- ۱۱۵
نقطه انجماد جیوه	- ۳۹
نقطه ذوب یخ	۰
دمای هوا در یک روز معمولی	۲۵
دمای بدن انسان سالم	۳۷
نقطه ذوب موم	۵۰
نقطه جوش الکل اتیلیک (اتانول)	۷۸
نقطه جوش آب	۱۰۰
نقطه ذوب قلع	۲۳۲
نقطه جوش جیوه	۳۵۷
نقطه ذوب طلا	۱۰۶۷
دمای هسته زمین	۳۷۰۰±۱۰۰
دمای سطح خورشید	۵۷۰۰±۱۰۰

\* نقاط جوش، ذوب و انجماد، در فشار یک اتمسفر داده شده است.

اگر بخواهید در مورد مقدار گرمی یا سردی اجسام صحبت کنید چگونه آن را توصیف می کنید؟ احتمالاً از کلماتی مثل داغ، گرم یا سرد استفاده می کنید. اما این واژگان نمی توانند اطلاع دقیقی از میزان گرمی یا سردی اجسام به فرد دیگر بدهند. کمیت فیزیکی، مقایسه‌ای و مناسب برای این منظور، دما است. **دما کمیتی است که میزان گرمی و یا سردی اجسام را نشان می دهد.**

**دماسنج:** اندازه‌گیری دقیق دما با دماسنج انجام می‌شود. ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنج، دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی است. به‌جز چند استثنا، تمام مواد با افزایش دما منبسط و با کاهش آن منقبض می‌شوند. دما در اغلب دماسنج‌ها با انبساط یا انقباض یک مایع (معمولاً جیوه یا الکل رنگی) در لوله شیشه‌ای مدرج اندازه گرفته می‌شود. در متداول‌ترین مقیاس دما، عدد صفر مختص دمایی است که آب در آن یخ می‌زند و عدد ۱۰۰ به دمای جوشیدن آب (در فشار استاندارد) اختصاص دارد. فاصله بین این دو به ۱۰۰ قسمت مساوی به نام درجه تقسیم شده است. از این‌رو دماسنجی که چنین مدرج شده باشد دماسنج با مقیاس سانتی‌گراد نامیده می‌شود.



دماسنج سلسیوس



اگر دماسنج مورد استفاده ما از الکل اتیلیک پر شده باشد، آیا با این دماسنج می توان دمای جوش آب را اندازه گرفت؟

در دماسنج های متداول در سیستم های حرارت مرکزی از چه ماده ای، در دماسنج ها جهت اندازه گیری دما استفاده می شود؟

در تصاویر سه نوع دماسنج صنعتی، پزشکی و محیط نشان داده شده است. محل کاربرد هر یک را در زیر آن بنویسید.



### انواع دماسنج ها

**دماسنج بی متالی:** بعضی از ترمومترها براساس انبساط و انقباض دو فلز غیر هم جنس (که انبساط و انقباض طولی آنها بر اثر تغییر دما متفاوت است) کار می کنند. در ساختمان این دستگاه ها از یک نوار بی متال (زوج فلز) استفاده شده است.

روی آب گرم کن های خانگی که نمونه رایج این دماسنج ها است؛ این نوع دماسنج را **ترموتر بی متالی** می گویند.

دماسنج غلافی: در شکل، یک نوع ترمومتر را که به **ترموتر غلافی** مشهور است مشاهده می کنید. غلاف، روی لوله یا دستگاه نصب می شود تا با رساندن حرارت لوله یا دستگاه به مخزن دماسنج، درجه حرارت مشخص شود.





### کار کلاسی

به نظر شما کدام یک از انواع دماسنج‌ها بر روی دیگ آب گرم مناسب می‌باشد.

از فرمول زیر می‌توان برای تبدیل درجه سلسیوس به فارنهایت و برعکس استفاده کرد.

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

**مثال:** دمای جوش آب برحسب درجه فارنهایت خواهد بود:

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

$$F = 1/8 \times 100 + 32$$

$$F = 180 + 32$$

$$F = 212$$



### کار کلاسی

جدول زیر را تکمیل نمایید.

$40^{\circ}F$	$.....^{\circ}C$	$50^{\circ}C$	$.....^{\circ}F$
$40^{\circ}C$	$.....^{\circ}F$	$50^{\circ}F$	$.....^{\circ}C$
$41^{\circ}F$	$.....K$	$41^{\circ}C$	$.....K$
$-40^{\circ}F$	$.....^{\circ}C$	$-40^{\circ}C$	$.....^{\circ}F$



### فکر کنید

از کار کلاسی قبل چه نتیجه‌ای می‌گیرید، نتایج خود را به کلاس ارائه دهید.

**دماسنج با لوله مویی:** بعضی دیگر از ترمومترها مانند شکل زیر، از یک مخزن، یک لوله مویی و صفحه‌ای به همراه یک عقربه تشکیل شده‌اند. داخل مخزن و لوله مویی را معمولاً از جیوه یا گاز پر می‌کنند. دامنۀ کار نوع جیوه‌ای به « $39^{\circ}C$ » (دمای انجماد جیوه) تا « $357^{\circ}C$ » (دمای جوش جیوه) محدود می‌شود. اما نوع گازی آن از دمای « $260^{\circ}C$ » تا حدود « $800^{\circ}C$ » ساخته و استفاده می‌شود؛ به این نوع ترمومترها، ترمومتر «دنباله‌دار» نیز گفته می‌شود. در شکل، چند نوع ترمومتر با لوله مویی نشان داده شده است.

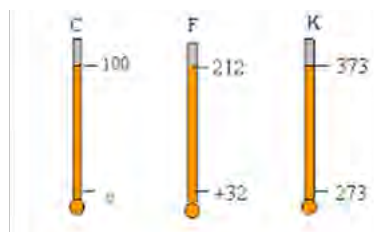


### یکاهای سنجش دما

یکای سنجش دما در سیستم SI کلون (K) است. درجه سلسیوس یکا دیگری است که در اندازه‌گیری دما متداول است.

$$K = C + 273$$

یکای متداول دیگر در اندازه‌گیری دما درجه فارنهایت (F) است.





با توجه به ارتباط مقیاس‌های دما، جدول زیر را کامل کنید.

جسم	دما بر حسب درجه سلسیوس	دما بر حسب کلوین	دما بر حسب فارنهایت
دمای سطح خورشید	.....	۵۷۷۸	.....
دمای جوش روغن سرخ‌کردنی	۲۲۰	.....	.....
دمای آب در حال جوش	.....	.....	۲۱۲
دمای یخ در حال ذوب	۰	.....	.....
دمای صفر مطلق	-۲۷۳	۰	.....

## گرما

مولکولی «گرما مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول‌هاست.

دما را نباید با گرما که شکلی از انرژی است اشتباه کرد. دما میزان سرعت مولکول‌های یک جسم را نشان می‌دهد درحالی‌که گرما نه تنها نشان‌دهنده سرعت حرکت مولکول‌هاست بلکه تعیین‌کننده تعداد مولکول‌هایی است که تحت تأثیر آن قرار گرفته‌اند.

مقدار گرما را با نماد  $Q$  نشان می‌دهند و در سیستم SI یکای گرما ژول ( $J$ ) است.

### طبق نظریه مولکولی

- ۱- اجسام از ذرات ریز به نام مولکول تشکیل شده‌اند.
- ۲- مولکول‌ها انرژی جنبشی و پتانسیل دارند.
- ۳- گرما مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی مولکول‌هاست.



فلاسفه قدیم بر این باور بودند که گرما سیالی (شاره‌ای) نامرئی است که از جسم گرم به سوی جسم سرد جریان دارد و برای این سیال اصطلاح کالری را به کار می‌بردند. در ایده جدید از گرما به عنوان «انرژی حرکت مولکولی» یاد می‌شود و تحت عنوان نظریه «جنبش مولکولی» نامیده می‌شود.

چون مولکول‌های اجسام، حرکت می‌کنند «انرژی جنبشی» دارند و به سبب وضع و حالتی که نسبت به یکدیگر دارند «انرژی پتانسیل» نیز دارند. وقتی جسمی را گرم کنیم انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. طبق نظریه «جنبشی



باتوجه 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.



### بیشتر بدانید

یکاهای دیگری هستند که در اندازه گیری مقدار گرما به کار می روند.

Btu بی تی یو

KCal کیلوکالری

Cal کالری

$1 \text{ Cal} = 4/186 \text{ J}$

$1 \text{ Btu} = 252 \text{ Cal}$

$1 \text{ Kcal} = 1000 \text{ Cal}$

$1 \text{ Kcal} = 3/97 \text{ Btu} \approx 4 \text{ Btu}$

### یکاهای سنجش گرما

برای سنجش گرما در یکاهای متریک و I-P از کالری (cal) و بی تی یو (Btu) استفاده می کنند. یک کالری مقدار گرمایی است که اگر به یک گرم آب (آب با دمای  $14/5$ ) داده شود دمای آن یک درجه سلسیوس افزایش می یابد. یکا بزرگ تر آن کیلوکالری است که معادل ۱۰۰۰ کالری است.

یکای Btu بر چه اساسی تعریف شده است؟

تحقیق کنید



کار کلاسی



جدول زیر را تکمیل نمایید.

۳۰۰۰ Cal	..... Kcal	۲۵۰۰ Cal	..... Btu
۴۵۰۰۰ Btu	..... Cal	۲۵۰۰۰۰ Btu	..... Kcal
۲۰۰۰ Cal	..... J	۳۰۰۰ Btu	..... J

ظرفیت گرمایی ویژه به صورت مقدار گرمای لازم برای تغییر دمای یک کیلوگرم از ماده به اندازه یک درجه سلسیوس تعریف می شود و آن را با نماد C نشان می دهند.

با توجه به عوامل مؤثر در مقدار گرمای منتقل شده به جسم سه عامل مؤثر است: اختلاف دما، مقدار ماده، ظرفیت گرمایی ویژه (وابسته به جنس ماده)

**ظرفیت گرمایی ویژه:** انرژی گرمایی لازم برای تغییر دمای یک کیلوگرم از یک جسم به اندازه یک درجه سانتی گراد (یک درجه کلون) را گرمای ویژه گویند. جدول صفحه بعد گرمای ویژه چند ماده را نشان می دهد.

بنابراین معادله گرما به شکل زیر خواهد بود:

$$Q = mc (t_r - t_1) = mc\Delta t$$

تغییر دما × ظرفیت گرمایی ویژه × جرم = گرمای منتقل شده :

می توان یکای ظرفیت گرمایی ویژه را به کمک معادله بالا به دست آورد.

$$C = \frac{Q}{m(t_r - t_1)}$$

$$C = \frac{J}{Kg \cdot ^\circ C} \text{ یکای}$$

جدول گرمای ویژه مواد بر حسب  $\frac{J}{Kg \cdot ^\circ C}$  در دمای  $25^\circ C$

ماده	گرمای ویژه	ماده	گرمای ویژه
هیدروژن (گاز)	۱۴۳۰۰	بتن	۸۸۰
آب	۴۱۸۶	سنگ مرمر	۸۸۰
آب دریا	۳۹۰۰	آجر	۸۴۰
الکل	۲۴۰۰	سنگ گرانیت	۷۹۰
بخار آب $100^\circ C$	۲۰۸۰	گرافیت	۷۱۰
یخ $10^\circ C$	۲۰۵۰	شیشه	۶۷۰
نایلون	۱۷۰۰	الماس	۵۰۹
طلا	۱۲۹۱	آهن	۴۵۰
ازت (گاز)	۱۰۴۰	چوب	۴۲۰
هوا در شرایط اتاق	۱۰۱۲	مس	۳۸۵
هوا در صفر سانتی گراد	۱۰۰۴	جیوه	۱۴۰
آلومینیوم	۸۹۷	سرب	۱۲۶

کار کلاسی



در سیستم های گرمایشی ساختمان از آب به عنوان انتقال دهنده گرما استفاده می کنند. چرا؟

### فناوری و کاربرد

در جدول گرمای ویژه دیدیم که گرمای ویژه آب از سایر مواد بیشتر است. از این خاصیت آب برای گرم کردن فضای خانه ها به وسیله پکیج گرمایشی استفاده می شود. آب گرم شده از پکیج گرمایشی به وسیله پمپ و از طریق لوله ها به رادیاتور می رسد. در آنجا انرژی گرمایی خود را به محیط خانه می دهد و دمای آب کاهش می یابد. بار دیگر از طریق لوله های برگشت آب به پکیج گرمایشی برمی گردد و در این چرخه باز همین عمل تکرار می شود.

کار کلاسی



از کار کلاسی بالا چه نتیجه ای می گیرید؟

**مثال:** ۲۰ کیلوگرم آب  $25^\circ C$  را تا دمای  $75^\circ C$  گرم

می کنیم. مقدار گرمای انتقال یافته چند ژول است؟

$$q = (m)(c)(t_r - t_1)$$

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

$$q = 418600 \text{ J} = 4186 \text{ kJ}$$



کار کلاسی

دو لیتر آب  $24^\circ C$  را درون یخچالی قرار می دهیم. پس از مدتی دمای آب به  $4^\circ C$  می رسد. در این مدت آب چه مقدار گرما از دست داده است؟ جرم هر لیتر آب را  $1 \text{ kg}$  در نظر بگیرید.

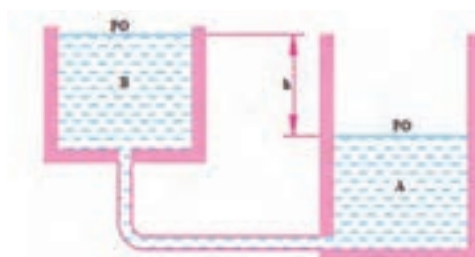


## انتقال گرما

انتقال گرما از جسمی به جسم دیگر هنگامی انجام می‌شود که بین آنها اختلاف دما وجود داشته باشد. اگر جسم با محیط اطراف خود، هم‌دما باشد بین جسم و محیط، انتقال گرما وجود نخواهد داشت. انتقال گرما همواره از جسم با دمای بیشتر به جسم

با دمای کمتر (از جسم گرم‌تر به جسم سردتر) بوده و هرگز در جهت عکس آن صورت نمی‌گیرد از این جهت می‌توان گرما را به آبی تشبیه نمود که از یک مخزن در ارتفاع بالاتر به طرف مخزن در ارتفاع پایین‌تر جریان می‌یابد.

جهت حرکت آب و جهت حرکت گرما را در شکل زیر مشخص کنید.



جریان آب به دلیل اختلاف ارتفاع

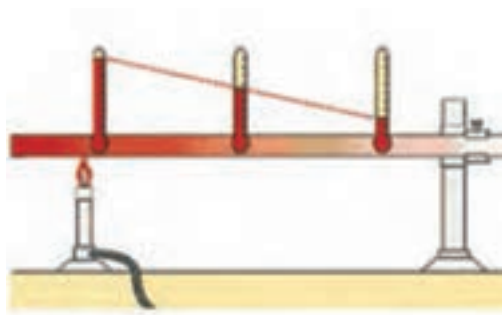


انتقال گرما از جسم گرم‌تر به جسم سرد

## روش‌های انتقال گرما

روش‌های انتقال گرما عبارت‌اند از رسانش، وزش و تابش. هدایت مانند جریان گرما از یک سر گرم میله آهنی به سر دیگر آن، وزش مانند جریان گرمای باد گرم در صحرا و تابش مانند جریان گرما از خورشید به ما است. در شکل سه روش انتقال گرما نمایش داده شده است.

چندنی اتاقک احتراق به سیال طرف دیگر که هوا یا آب است انتقال می‌یابد.



تئوری جنبشی گرما می‌گوید، افزایش گرما حرکت مولکولی را افزایش می‌دهد. در نتیجه وقتی جسم گرم می‌شود میانگین سرعت مولکول‌هایش، به سرعت افزایش می‌یابد. مولکول‌های با انرژی بالا به مولکول‌های نزدیک خود برخورد نموده آنها را نیز به حرکت وامی‌دارند. بدین ترتیب انرژی گرمایی در اجسام جامد انتقال می‌یابد.



روش‌های انتقال گرما

**انتقال گرما به روش رسانش:** انتقال گرما در اجسام جامد به روش رسانش انجام می‌شود. در کوره‌ها هوای گرم و در دیگ‌ها، گرمای شعله از طریق بدنه فولادی یا



الف) اهمیت ضخیم بودن دیوارها در قدیم چیست؟  
 ب) به نظر شما با توجه به فرمول انتقال گرما کدام یک از ویژگی‌های ساختمان را می‌توان تغییر داد تا میزان انتقال گرما کاهش یابد.



**مثال:** یک کوره هوای گرم از طریق جداره فولادی خود به ضخامت  $8\text{ mm}$  و سطح گرمایی مؤثر  $8\text{ m}^2$  گرما را از طرف شعله عبور داده و باعث گرم شدن هوای عبوری از کوره می‌شود در صورتی که دمای سطح طرف شعله  $135^\circ\text{C}$  و دمای سطح طرف هوای گرم  $124^\circ\text{C}$  باشد، مقدار گرمای انتقال یافته

(با ظرفیت گرمایی کوره) را حساب کنید.  $k = 52 \frac{\text{W.m}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

$$x = 8\text{ mm} = 0.008\text{ m}$$

$$H = \frac{K}{X} A (t_2 - t_1)$$

$$H = \frac{52 \left( \frac{\text{W.m}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right)}{0.008\text{ (m)}} \times 8\text{ (m}^2) \times (135 - 124) (^\circ\text{C})$$

$$H = 57200\text{ W}$$

**پاسخ:**

عوامل مؤثر در انتقال گرما به روش رسانش را می‌توان در فرمول زیر خلاصه کرد:

$$H = \frac{K}{X} A (t_2 - t_1)$$

در این فرمول

$t_1$  = دمای سطح طرف سرد جسم به  $^\circ\text{C}$

$t_2$  = دمای سطح طرف گرم جسم به  $^\circ\text{C}$

$A$  = مساحت سطح در معرض انتقال گرما به  $\text{m}^2$

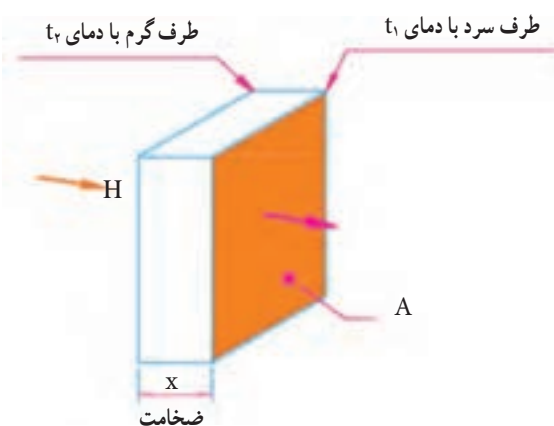
$x$  = ضخامت جسم یا فاصله بین دو سطح گرم و سرد به  $\text{m}$  (متر)

$k$  = قابلیت هدایت گرمایی (گرماسانی) است و یکای آن

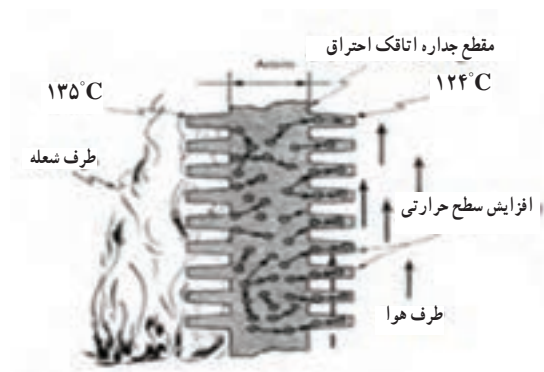
برحسب  $\frac{\text{W.m}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$  (وات بر متر مربع بر درجه سانتی گراد)

بیان می‌شود.

$H$  = توان گرمایی انتقال یافته برحسب وات



عوامل مؤثر در انتقال گرما به روش رسانش



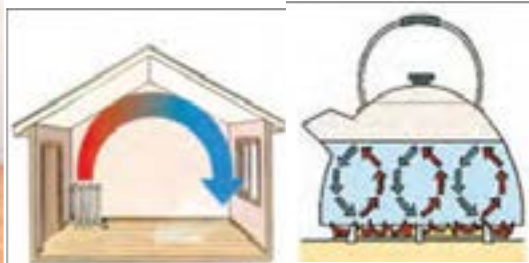


دمای سطح داخل دیگ آب گرم  $75^{\circ}\text{C}$  و دمای سطح خارجی آن  $65^{\circ}\text{C}$  است، اگر ضخامت جداره  $2\text{ cm}$  و مساحت آن  $2\text{ m}^2$  باشد، میزان انتقال گرما از سطح داخل دیگ به سطح بیرون آن چند  $W$  است؟ (قابلیت هدایت گرمایی چدن  $50 \frac{W.m}{m^2.^{\circ}C}$  است)

گرم یا سرد، نمونه‌هایی از «وزش اجباری» هستند. در هر حال وزش، انتقال گرما به وسیله حرکت مولکول‌ها از یک محل به محل دیگر است. بدین صورت که مولکول‌های گرم شده از یک محل به محل دیگر حرکت کرده و گرما را با خود جابه‌جا می‌کنند. هوا در اثر تماس با وسیله گرم‌کننده مانند رادیاتور یا بخاری گرم شده، انبساط می‌یابد و در نتیجه سبک‌تر شده، به طرف بالا حرکت می‌کند و هوای سرد و سنگین به آرامی جای آن را می‌گیرد و این عمل تکرار می‌شود.

**انتقال گرما به روش وزش:** چنان که قبلاً بیان شد، مایعات و گازها گرمای قابل توجهی را هدایت نمی‌کنند، انتقال گرما در مایعات و گازها به وسیله «وزش» یا «جابه‌جایی» یا «همرفت» صورت می‌گیرد. جریان باد کره زمین، گرمایی که از روی شعله بالا می‌رود، مکش دودکش بخاری نمونه‌هایی از «وزش طبیعی» هستند.

استفاده از یک پمپ برای گردش آب گرم یا سرد یا استفاده از یک بادزن برای به جریان انداختن هوای



انتقال گرما به روش وزش (همرفت، جابه‌جایی)

$T_s$  = دمای سطح جسم گرم به  $^{\circ}\text{C}$  ؛  
 $A$  = سطح جسم گرم به  $\text{m}^2$  ؛  
 $F$  = ضریب انتقال یا ضریب هدایت سطحی به  $\frac{W}{\text{m}^2.^{\circ}C}$  ؛  
 $H$  = مقدار گرمای جابه‌جا شده توسط سیال به  $W$  است.  
**مثال:** دمای سطح رادیاتور  $80^{\circ}\text{C}$  و سطح گرمایی آن  $6\text{ m}^2$  است. مقدار گرمای انتقال یافته از رادیاتور به هوای اتاق را حساب کنید در صورتی که دمای هوای اتاق  $20^{\circ}\text{C}$  و ضریب هدایت سطحی  $8 \frac{W}{\text{m}^2.^{\circ}C}$  باشد.

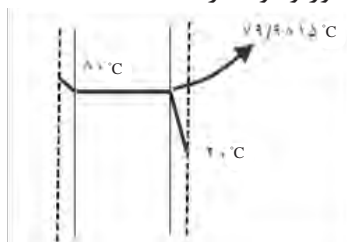
در مورد انتقال گرما به صورت وزش، نمی‌توان مانند هدایت گرمایی رابطه‌ای ساده به دست آورد، زیرا مقدار گرمای مبادله شده بین سیال (گاز یا مایع) و سطح جسم جامد به عوامل متعددی مانند: صاف بودن سطح، عمودی یا افقی قرار گرفتن سطح، چگالی سیال، گرمای ویژه، قابلیت هدایت گرمایی سیال، سرعت سیال و... بستگی دارد. به طور کلی مقدار گرمایی که به روش وزش، بین سطح و سیال مبادله می‌شود از رابطه «نیوتن» به دست می‌آید.

$$H = FA(T_s - T_m)$$

در این رابطه:

$T_m$  = دمای متوسط سیال به  $^{\circ}\text{C}$  ؛

توجه داشته باشید یک لایه نازک سیال (آب) نیز در داخل رادیاتور وجود دارد.



$$H = FA(T_s - T_m)$$

$$H = 18 \left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right) (6)(m^2)(80 - 20)(^\circ C)$$

$$H = 2880 \text{ W}$$

همان طور که ملاحظه می شود توان گرمایی انتقال یافته از پوسته رادیاتور پس از عبور از لایه نازک هوای (فیلم) روی سطح دیوار وارد اتاق می شود.

مقدار گرمای انتقال یافته از سطح بیرونی دیواری به مساحت  $12 \text{ m}^2$  و دمای  $10^\circ \text{C}$  به هوای بیرون با دمای  $5^\circ \text{C}$  - چند وات است؟

$$\text{ضریب هدایت سطح خارجی دیوار } 18 \left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right) \text{ است}$$

کار کلاسی



**انتقال گرما از یک جدار:** در زمستان انتقال گرما از هوای داخل اتاق به هوای سرد بیرون در سه مرحله صورت می پذیرد.

۱- انتقال گرما به روش وزش از هوای گرم داخل به سطح داخلی دیوار و مقدار آن از رابطه  $H = F \cdot A(t_i - t_o)$  قابل محاسبه است.

۲- انتقال گرما به روش هدایت از سطح داخلی دیوار به سطح خارجی دیوار و مقدار آن از رابطه  $H = \frac{k}{x} A(t_i - t_o)$  قابل محاسبه است.

۳- انتقال گرما به روش وزش از سطح خارجی دیوار به هوای سرد بیرون و مقدار آن از رابطه  $H = F \cdot A(t_o - t_e)$  قابل محاسبه است.

برای آسان شدن محاسبات انتقال گرما از هوای گرم داخل اتاق به هوای سرد خارج اتاق می توانیم از رابطه  $H = U \cdot A(t_i - t_o)$  استفاده کنیم.

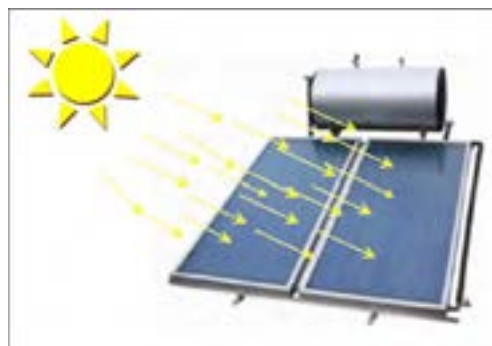
$U$ : ضریب کلی انتقال گرمای دیوار بر حسب  $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$  که مقدار آن براساس مصالح به کار رفته در دیوار، ضخامت دیوار و ضریب هدایت سطحی داخل و خارج است.

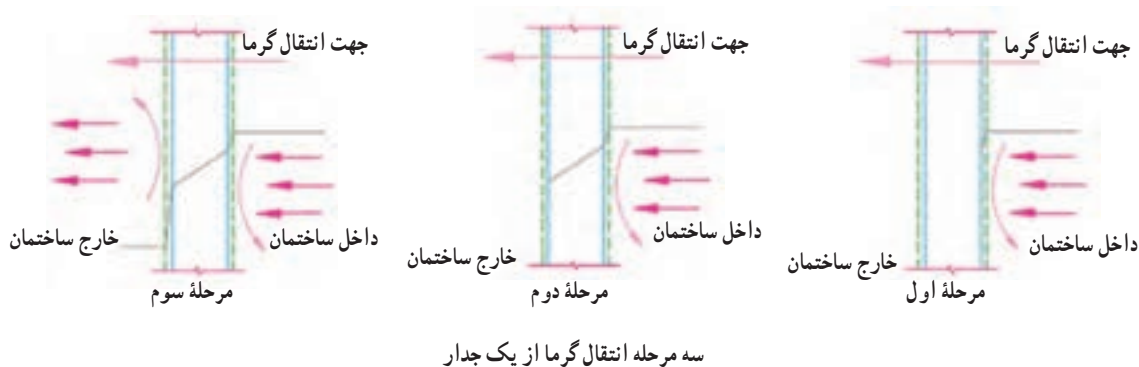
در ساختمان ها انتقال گرما به غیر از دیوارها می تواند از طریق در، پنجره، سقف و کف نیز صورت گیرد.

**انتقال گرما به روش تابش:** انتقال گرما به روش تابش به صورت حرکت موجی نظیر امواج نور است و بدون دخالت ماده واسطه از جسمی به جسم دیگر منتقل می شود.

بیشترین انرژی گرمایی کره زمین به روش تابش از خورشید، از فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتری تأمین می شود. تابش خورشید از بالای پشت بام خانه در یک روز روشن در منطقه معتدل برروی وسایل خانه به اندازه ای است که می تواند به مدت یک هفته انرژی الکتریکی آن خانه را تأمین نماید. در تابش کامل و عمود اشعه تابشی، زمین معادل  $830 \frac{W}{m^2}$  انرژی از خورشید دریافت می کند.

امواج گرمایی براساس دمای جسم منتشرکننده موج ممکن است قابل رؤیت یا نامرئی باشند مثلاً اگر فلزی به اندازه کافی گرم شود سرخ می شود و امواج گرمایی قابل رؤیت (نور) منتشر می کند (مانند بخاری برقی).





در نمودار مقابل مقدار گرمای انتقال یافته از یک مترمربع دیوار را حساب کنید.

**حل:**

الف) گرمای انتقال از هوای داخل به سطح داخل در صورتی که ضریب انتقال سطحی داخل  $F_s = 8/13 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$  باشد.

$$H = F_i A (t_i - t_r)$$

$$H = 8/13 \times 1 (22 - 12/664)$$

$$H = 75/9 W$$

ب) گرمای انتقال یافته از سطح داخلی دیوار به سطح خارجی دیوار در صورتی که قابلیت هدایت گرمایی دیوار  $k = 1/2 \frac{W \cdot m}{m^2 \cdot ^\circ C}$  باشد.

$$H = \frac{K}{X} A (t_r - t_1)$$

$$H = \frac{1/2}{0/105} \times 1 (12/664 - 6/024)$$

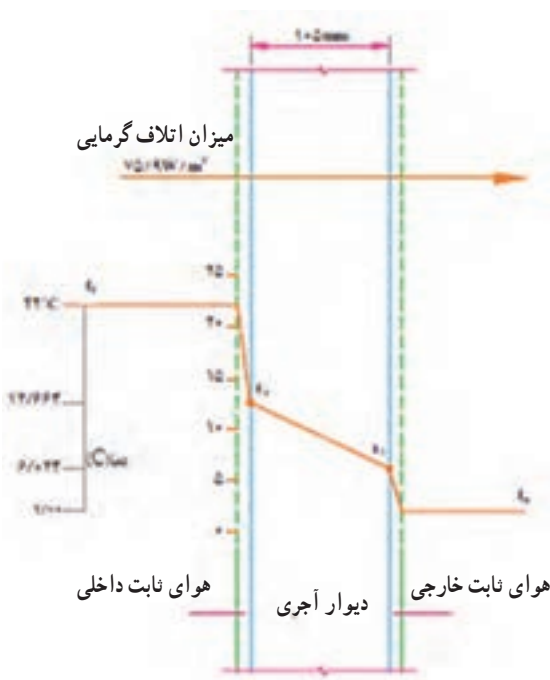
$$H = 75/9 W$$

پ) گرمای انتقال یافته از سطح خارجی دیوار به هوای بیرون در صورتی که ضریب انتقالی سطحی  $F_s = 18/87 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$  باشد.

$$H = F_o A (t_r - t_o)$$

$$H = 18/87 \times (6/024 - 2)$$

$$H = 75/9 W$$



نمودار تغییر دما در انتقال گرما

همان طور که در مثال فوق ملاحظه می‌نمایید مقدار گرمای انتقال در هر سه مرحله برابر است. عامل انتقال گرما در مرحله اول،  $(t_i - t_r)$ ، در مرحله دوم  $(t_r - t_1)$  و در مرحله سوم  $(t_r - t_o)$  می‌باشد. از آنجایی که تعیین دمای سطح داخل و دمای سطح خارج به آسانی میسر نیست برای محاسبه گرمای انتقال یافته براساس اختلاف دمای داخل و دمای خارج  $(t_i - t_o)$  عمل کرده و از فرمول زیر استفاده می‌نمایند.

$$H = U \cdot A (t_i - t_o)$$



**مثال:** مقدار گرمای انتقال یافته از دیوار اتاقی به طول ۵m و ارتفاع ۳m را محاسبه کنید. دمای داخل اتاق ۲۰°C و دمای هوای بیرون ۰°C است و ضریب کلی انتقال گرمای این دیوار  $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$  ۱/۶ می باشد.

$$H = U \cdot A (t_i - t_o) \quad U = \frac{1}{6} \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

ارتفاع دیوار  $\times$  طول دیوار  $A =$

$$A = 5m \times 3m = 15m^2 \quad t_i = 20^\circ C \quad t_o = 0^\circ C$$

$$H = \frac{1}{6} \times 15 (20 - 0) = \frac{1}{6} \times 15 \times 20 = \frac{1}{6} \times 300$$

$$H = 480W$$

**تمرین:** مقدار گرمایی که از طریق پنجره‌ای به طول ۲/۵m و ارتفاع ۱/۶m از داخل اتاق با دمای ۲۰°C به بیرون با دمای ۰°C منتقل می شود را محاسبه کنید.

$$H = U \cdot A (t_i - t_o) \quad U = \frac{1}{6} \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$A = 2/5 m \times 1/6 m = 4m^2$

$t_i = 20^\circ C \quad t_o = 0^\circ C$

$$H = \frac{1}{6} \times 4 (20 - 0) = \frac{1}{6} \times 4 \times 20 = 480W$$

از مقایسه دو تمرین بالا چه نتیجه‌ای می گیرید.

با تعریف داده شده مشخص است که یکای بارگرمایی مقدار انرژی بر زمان است که در سیستم SI ژول بر ثانیه یا وات، در سیستم متریک کیلوکالری بر ساعت و در سیستم امپریال (I-P) بی تی یو بر ساعت است. اتلاف گرمایی به دو بخش کلی دسته بندی می شود:

- ۱- اتلاف گرمایی از پوسته خارجی ساختمان
- ۲- اتلاف گرمایی در اثر نفوذ هوای سرد

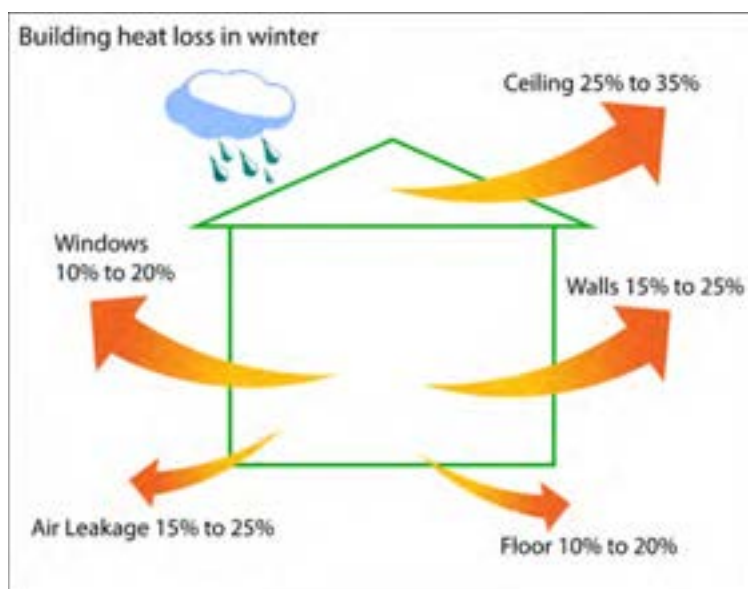
در شکل، سهم هر بخش در اتلاف گرما نشان داده شده است.

### برآورد سریع بار گرمایی

**اتلاف گرمایی (Heat Loss):** مقدار گرمای هدر رفته از داخل ساختمان در یکا زمان

**بارگرمایی (Heat Load):** مقدار گرمای مورد نیاز برای حفظ دمای یک ساختمان در یکا زمان

با توجه به دو تعریف بالا مشخص است که برای حفظ دما چنانچه مقدار بارگرمایی برابر اتلاف گرمایی باشد دمای ساختمان ثابت بوده و تعادل برقرار است. بارگرمایی برابر توان گرمایی تولید شده دستگاه‌ها می باشد.





همان گونه که در شکل صفحه قبل نشان داده شده سهم اتلاف گرمایی از هر بخش مانند سقف، کف، دیوارها، پنجره‌ها و نفوذ هوا با درصد متغیری بیان شده است. فکر می‌کنید علت این تغییرات به چه عواملی بستگی دارد؟

بر مترمربع با در نظر گرفتن نوع کاربری ساختمان، منطقه آب و هوایی و طبقه وقوع ساختمان می‌توان در نظر گرفت. در جدول، بار گرمایی سرانگشتی دو نوع ساختمان مسکونی ویلایی و آپارتمانی آورده شده است.

**نکته:** اعداد داخل جدول برای حالتی در نظر گرفته شده است که پوسته خارجی ساختمان اعم از دیوارها، کف و سقف با گرمابند (عایق) پوشش داده شده باشند و پنجره‌ها نیز دو جداره در نظر گرفته شوند که در ساختمان‌های نوساز، رعایت این موارد الزامی است. برای ساختمان‌هایی که گرمابندی در آنها رعایت نشده باشد پس از محاسبه بار گرمایی را در عدد  $2/2$  ضرب کنید.

$$H = H_A \times A$$

$$H_{wi} = 2/2 H$$

$A$  = مساحت اتاق یا زیربنای ساختمان

$H_A$  = بار گرمایی به ازای سطح

$H$  = بار گرمایی

$H_{wi}$  = بار گرمایی برای ساختمان‌های بدون گرمابندی

همان‌طور که مشخص است محاسبه اتلاف گرمایی هر بخش بسیار وقت‌گیر است و به عوامل زیادی مانند جنس دیوارها، سقف، کف و تک جداره یا چند جداره بودن پنجره و مساحت آنها و ارتفاع ساختمان و جهت ساختمان، منطقه آب و هوایی و ... بستگی دارد. برای اینکه در ساختمان‌های کوچک شاید نیاز به محاسبات خیلی دقیق نباشد و بخواهیم سرعت کار را با دقت خوبی افزایش دهیم، از روش‌های تجربی استفاده می‌کنیم. این روش‌ها نتیجه کار چند ساله و تجربه مهندسان با توجه به نوع شهر که در منطقه آب و هوایی خیلی سرد، سرد، معتدل یا گرم قرار گرفته است محاسبه شده و به صورت جدول در اختیار قرار داده شده است، این نوع محاسبه بار گرمایی یک ساختمان را محاسبه سریع (Quickly calculate the Heating) یا محاسبه سرانگشتی (Heating Load Rules of Thumb) گویند. بدیهی است که با پیشرفت علوم رایانه‌ای، نرم‌افزارهای متنوعی نیز برای محاسبه بار گرمایی ساختمان وجود دارد که تعدادی از آنها حتی بر روی تلفن‌های همراه قابل نصب است.

مقدار بار گرمایی سرانگشتی را از ۵۰ تا ۱۸۰ وات

جدول بار گرمایی سرانگشتی به ازای سطح $H_A$				
نوع کاربری ساختمان	بار گرمایی به ازای هر مترمربع زیربنا $W/m^2$			
	خیلی سرد	سرد	معتدل	گرم
دما درجه سلسیوس	پایین تر از ۱۰ -	$-10 < t \leq -5$	$-5 < t \leq 0$	$0 < t \leq 5$
آپارتمانی	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰
مسکونی ویلایی	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰

در جدول زیر میانگین کمینه دمای زمستانی هوای چند شهر ایران داده شده است.  
**جدول میانگین کمینه دمای زمستانی هوای شهرهای مختلف ایران**

نام شهر	میانگین کمینه دمای زمستانی (°C)	نام شهر	میانگین کمینه دمای زمستانی (°C)
آبادان	+۳	ساری	-۳
آمل	-۲	سبزوار	-۸
اراک	-۱۲	سراب	-۱۹
اردبیل	-۲۳	سمنان	-۵
ارومیه	-۱۳	سنندج	-۱۴
اصفهان	-۷	سیرجان	-۷
اهواز	+۳	شهرکرد	-۱۴
ایلام	-۴	شیراز	-۴
بابل	-۲	کرج	-۹
بجنورد	-۱۳	کرمان	-۹
بستان آباد	-۲۴	کاشان	-۴
بندرعباس	+۸	کرمانشاه	-۱۰
بوشهر	+۶	جزایر خلیج فارس	+۱۰
بیرجند	-۹	گرگان	-۱
تبریز	-۱۱	فیروزکوه	-۲۲
تهران	-۴	قائم شهر	-۳
تهران (تجریش)	-۷	قزوین	-۱۱
خرم آباد	-۷	قشم	+۱۲
خوی	-۱۴	قم	-۴
دزفول	+۱	مشهد	-۱۰
رشت	-۳	نیشابور	-۱۲
زاهدان	-۸	همدان	-۱۹
زنجان	-۱۶	یزد	-۶

**مثال ۱:** بار گرمایی یک ساختمان مسکونی ویلایی با زیر بنای ۱۵۰ مترمربع در جزیره ابوموسی در خلیج فارس چند وات است؟  
 $H = H_A \times A = 60 \times 150 = 9000 \text{ W}$

**مثال ۲:** بار گرمایی ساختمانی با همین ویژگی (مثال ۱) که از ساخت آن بیست سال گذشته و گرمابندی نشده، چند وات است؟  
 $H_{wi} = 2/2 H = 2/2 \times 9000 = 19800 \text{ W}$

**محاسبه منابع تولید گرما و پخش کننده‌ها:** پس از محاسبه بار ساختمان می‌توان با توجه به نوع سیستم تولید گرما و پخش کننده‌ها ظرفیت آنها را نیز پیش‌بینی نمود. منابع تولید گرما در ساختمان‌های مسکونی به‌طور معمول در دو نوع دیگ آب‌گرم یا پکیج شوفاژ گازی می‌باشد. بار گرمایی دیگ مجموع اتلاف گرمایی ساختمان و گرمای مورد نیاز برای تأمین آب‌گرم مصرفی می‌باشد. اما در پکیج چون سیستم آب‌گرم مصرفی و آب‌گرم پخش‌کننده‌ها به صورت سری کار می‌کنند یعنی اینکه با باز کردن شیر آب‌گرم مصرفی، مدار آب سیستم گرم‌کننده پخش‌کننده‌ها قطع می‌گردد، پس بار گرمایی که برای ساختمان محاسبه شده جوابگوی آب‌گرم مصرفی نیز می‌باشد.

**چگونه یک رادیاتور انتخاب کنیم؟** برای انتخاب رادیاتور طراحان راه‌های متفاوتی را پیشنهاد می‌کنند ولی در اینجا ما با محاسبات سریع این کار را انجام می‌دهیم. برای این کار ساده‌ترین راه بار گرمایی فضا تقسیم بر بار گرمایی هر پره رادیاتور در نظر گرفته شده است.

$N = \text{تعداد پره}$ ،  $H = \text{بار گرمایی ساختمان}$ ،  $H_R = \text{هر پره رادیاتور}$

$$N = \frac{H}{H_R}$$

**مثال ۳:** چنانچه بخواهیم برای گرمایش ساختمان در مثال‌های ۱ و ۲ رادیاتورهای با توان گرمایی هر پره ۱۴۵ وات را به کار ببریم تعداد پره‌های مورد نیاز چند عدد است؟

در حالتی که ساختمان عایق کاری شده و از پنجره‌های دو جداره استفاده شده:

$$N = \frac{H}{H_R} = \frac{9000}{145} = 62 \text{ پره}$$

در حالتی که ساختمان عایق کاری نشده و از پنجره‌های فلزی معمولی استفاده شده:

$$N = \frac{H_{wi}}{H_R} = \frac{19800}{145} = 126 \text{ پره}$$

**چگونه یک پکیج شوفاژ گازی انتخاب کنیم؟**

در انتخاب پکیج چند عامل مؤثر است؟

- ۱- بار گرمایی مورد نیاز ساختمان
- ۲- مقدار آب‌گرم مورد نیاز (۲۵ درصد بار گرمایی)
- ۳- نوع دودکش پکیج (یک جداره با مکش طبیعی، دو جداره فن‌دار)
- ۴- بودجه در نظر گرفته شده (انتخاب برند)
- ۵- زمینی یا دیواری بودن پکیج

و.....  
 پنج مورد بالا از اساسی‌ترین پارامترهای انتخاب پکیج است. البته همه اینها به شرط وجود گاز در منطقه است. با این حال عوامل دیگری نیز مطرح می‌باشند در جدول، چند نوع پکیج ساخت یک شرکت داخلی آمده است.

**مثال ۴:** آب‌گرم مورد نیاز ساختمان‌های مثال ۱ و ۲ چند وات است؟

$$H_1 = 1/25 H = 1/25 \times 9000 = 11250 \text{ W}$$

$$H_2 = 1/25 H = 1/25 \times 19800 = 24750 \text{ W}$$

**مثال ۵:** ظرفیت پکیج مورد نیاز در مثال ۴ چند کیلووات است؟

چون حداقل توان گرمایی پکیج برای ساختمان اول ۱۱۲۵۰ W است و ما پکیج در این مقیاس نداریم از پکیج ۲۴ KW و برای ساختمان دوم از پکیج ۲۸ KW استفاده می‌کنیم.

نوع دودکش نیز با توجه به نظر طراح تعیین می‌شود. که ممکن است از دودکش دو جداره (۶/۱۰) و یا تک جداره ۱۵ سانتی‌متر استفاده کنیم.

جدول چند نوع پکیج شوفاژ گازی دیواری

مدل	حداکثر توان گرمایی		ابعاد دستگاه (cm)			تأمین آب گرم در lit/min $\Delta T = 30^{\circ}C$	حداکثر مصرف برق (W)	قطر دودکش (cm)	وزن خالص (Kg)	قیمت (ریال)
	Kcal/hr	KW	ارتفاع	عرض	عمق					
BN324i	18000	21	74	40	33/2	10/5	100	15	29	12,930,000
Venezia 24 KI	20500	23/8	74	40	33/2	11/4	85	15	30	14,760,000
Venezia 24 KIS	21000	24	74	40	33/2	11/5	125	10 (6)	34	15,770,000
Venezia 28 KI	24500	28/5	74	45	33/2	13/6	85	15	34	15,730,000
Venezia 28 KIS	24000	28	74	45	33/2	13/4	125	10 (6)	36	16,590,000
Roma 24 KI	21000	24/1	74	40	33/2	11/5	85	15	30	18,290,000
Roma 24 KIS	21000	24/2	74	40	33/2	11/6	125	10 (6)	33	19,150,000
Roma 28 KIS	24000	27/9	74	40	33/2	13/3	125	10 (6)	33	20,100,000
Benessere Pro 28K	24350	28/3	74	45	33/2	13/5	85	15	32	24,930,000
Benessere Pro 30KIS	26200	30/4	74	45	33/2	14/5	110	10 (6)	36	28,040,000
Optima Alta 35C	29200	33/9	78	50	33/2	16/6	153	10 (6)	47	43,000,000
Optima 24 KI	21000	24/1	74	40	33/2	11/5	85	15	30	16,380,000
Optima 24 KIS	21000	24	74	40	33/2	11/5	125	10 (6)	33	17,350,000
Optima 28 KI	25000	28/8	74	45	33/2	13/8	85	15	32	17,170,000
Optima 28 KIS	24000	28	74	40	33/2	13/4	125	10 (6)	34	18,210,000
Optima 24KIS silver	21000	24	74	40	33/2	11/5	125	10 (6)	33	18,720,000

## برآورد قطر لوله (pipe sizing)

همان طور که می‌دانید برای انتقال آب گرم به گرماده‌ها یا همان پخش‌کننده‌ها نیاز به لوله‌هایی با قطر مشخص داریم که بتواند میزان گرمای طراحی شده را توسط آب از مولدهای گرما (دیگ یا پکیج) به محل مورد نظر برساند. پس نخستین گام برای برآورد قطر لوله میزان آبدهی یا دبی یا گذر آب از آن لوله است. مقدار گذر آب ( $q_v$ ): یکای آن در سیستم SI مترمکعب بر ثانیه و در سیستم متریک لیتر بر ثانیه است.

$$q_v = \frac{H}{\rho \times C_p \times \Delta T} = \frac{H}{1 \times 4 / 186 \times 12}$$

$$\frac{H}{50} \approx \frac{H}{50}$$

$$q_v = \frac{H}{50}$$

$H = \text{kW}$  بار گرمایی محل مورد نظر

$p = \text{kg/l}$  چگالی آب

$C_p = \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$  گرمای ویژه در فشار ثابت

$\Delta T = ^\circ\text{C}$  اختلاف دمای رفت و برگشت آب گرم

$$q_v = \frac{1}{s} \text{ دبی پمپ}$$

**نکته:** اختلاف دمای رفت و برگشت آب گرم پیشنهادی  $12^\circ\text{C}$  در نظر گرفته شده است. ولی این مقدار در منابع مختلف از  $10^\circ\text{C}$  تا  $15^\circ\text{C}$  ثبت شده است.

**مثال ۱:** بار گرمایی یک ساختمان، ۲۴ کیلووات برآورد شده است. چنانچه برای این ساختمان، یک پکیج گرمایشی طراحی شده باشد، گذر آب گرم خروجی از پکیج چند لیتر بر ثانیه و چند مترمکعب بر ثانیه و چند مترمکعب بر ساعت است؟

$$q_v = \frac{H}{50} = \frac{24}{50} = 0.48 \frac{1}{s}$$

$$q_v = 0.48 \times \frac{1}{1000} = 0.00048 \frac{\text{m}^3}{s}$$

$$q_v = 0.48 \times \frac{3600}{1000} = 0.48 \times 3.6 = 1.728 \frac{\text{m}^3}{h}$$

حال با داشتن گذر آب و داشتن سرعت آب ( $V$ ) در لوله می‌توان از رابطه زیر سطح مقطع لوله و در نتیجه قطر لوله را به دست آورد:

$$q_v = V \times A = V \times \frac{\pi d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi V}}$$

### سرعت آب در لوله چه اندازه باید باشد؟

برآوردکنندگان یک طرح برای اینکه بیشینه سرعت آب در لوله را تعیین کنند به سه عامل اصلی توجه می‌کنند:

۱- سر و صدا (noise)

۲- هزینه (costs)

۳- سایش (erosion)

چنانچه قطر لوله کوچک‌تر از حد معمول باشد صدا در لوله بیشتر، هزینه پمپاژ نامطلوب و سایش بیشتر لوله‌ها را در پی خواهد داشت.

چنانچه قطر لوله بزرگ‌تر از حد معمول باشد گرچه صدا در لوله‌ها و سایش کمتری را در لوله‌ها داریم ولی هزینه‌های نصب و نگهداری گزافی را در پی خواهد داشت.

بنابراین قطر لوله باید به روشی انتخاب شود که ضمن کاهش هزینه‌های اولیه از اثرات نامطلوب سرعت بالا اجتناب شود.

پیشنهادهای گوناگونی برای بیشینه سرعت آب در سیستم‌های لوله‌کشی وجود دارد، ولی بیشینه سرعت پیشنهادی برابر است با:

- بیشینه سرعت آب در طبقات  $1/2 \text{ m/s}$

- بیشینه سرعت آب در رایزرها و لوله‌های اصلی  $2/4 \text{ m/s}$

در این بخش با توجه به اینکه لوله در کدام بخش ساختمان قرار دارد، می توان قطر لوله را به دست آورد. قطر لوله در طبقات:

$$d = 5 \times \sqrt{\frac{H}{V}} = 5 \times \sqrt{\frac{H}{1}} \Rightarrow d = 5\sqrt{H}$$

قطر لوله در رایزرها:

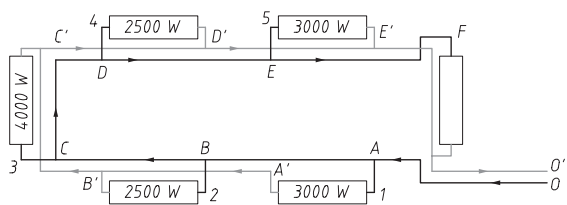
$$d = 5 \times \sqrt{\frac{H}{V}} = 5 \times \sqrt{\frac{H}{1/6}} \Rightarrow d = 4\sqrt{H}$$

**مثال ۳:** قطر لوله آب ورودی یا خروجی به یک رادیاتور با توان گرمایی ۴۰۰۰ وات چند میلی متر است؟

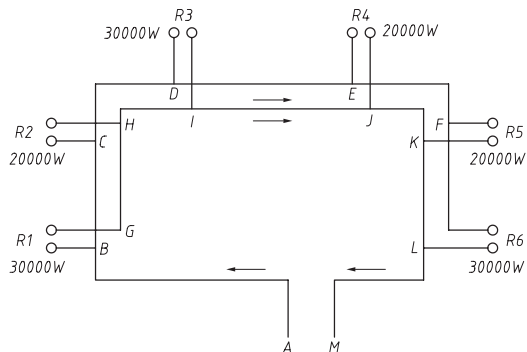
$$H = \frac{4000}{1000} = 4 \text{ KW}$$

$$d = 5\sqrt{H} = 5\sqrt{4} = 10 \text{ mm}$$

**پرسش اول:** قطر لوله های هر بخش در لوله کشی رادیاتورها در شکل داده شده، مربوط به یک طبقه از ساختمان، چند میلی متر است؟



**پرسش دوم:** لوله کشی نشان داده شده مربوط به لوله کشی اصلی سیستم گرمایی ساختمان در ورود به رایزرها است. قطر لوله های رفت و برگشت در مسیر و همچنین قطر لوله های هر رایزر چند میلی متر است؟



**مثال ۲:** با توجه به مثال قبل، قطر داخلی لوله با سرعت آب ۱/۲ و ۲/۴ متر بر ثانیه چند میلی متر است؟

$$d = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00048}{3.14 \times 1/2}} = \sqrt{0.00051} \text{ m}$$

$$= 0.0225 \text{ m} = 22.5 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00048}{3.14 \times 1/2}} = \sqrt{0.00051} \text{ m}$$

$$= 0.0159 \text{ m} = 15.9 \text{ mm}$$

عدد به دست آمده قطر داخلی لوله است و ممکن است قطرهای به دست آمده در بازار وجود نداشته باشد. در این صورت می توانیم لوله هایی با یک سایز بالاتر را به کار بگیریم.

روش دیگر برای به دست آوردن تقریبی قطر لوله روش بار گرمایی است. یعنی اینکه ما با داشتن بار گرمایی هر بخش قطر لوله مربوط به آن بخش را به دست آوریم. برای این کار باید سرعت آب در لوله را به صورت پیش فرض در نظر بگیریم.

همان طور که گفته شد سرعت پیشنهادی آب در لوله ها برابر است با:

- بیشینه سرعت آب در طبقات  $1/2 \text{ m/s}$  که فرض ما در اینجا  $1 \text{ m/s}$  می باشد.

- بیشینه سرعت آب در رایزرها و لوله های اصلی  $2/4 \text{ m/s}$  که فرض ما در اینجا  $1/6 \text{ m/s}$  می باشد.

با توجه به این فرض ها یک بار دیگر معادله قطر لوله را می نویسیم:

$$d = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 1000000 \times H}{50 \times 1000 \times \pi V}} =$$

$$\sqrt{\frac{4 \times 1000000 \times H}{50 \times 1000 \times \pi V}} = (5) \sqrt{\frac{H}{V}}$$

در معادله بالا:

$H = \text{kW}$  بار گرمایی محل مورد نظر

$V = \text{m/s}$  سرعت آب در لوله

$d = \text{mm}$  قطر لوله

### ارزشیابی پایان فصل ۳

#### سؤالات چند گزینه‌ای

۱- کدام یک واحد اندازه‌گیری طول در سیستم IP نیست؟

- (۱) فوت (۲) یارد (۳) دسی متر (۴) اینچ

۲- فرمول محاسبه محیط یک قطعه دایره‌ای کدام است؟

- (۱)  $U = \pi \times d$  (۲)  $U = d \times \alpha$  (۳)  $U = \frac{\pi}{d}$  (۴)  $U = \frac{d}{\alpha}$

۳- محیط تاج دایره از کدام رابطه به دست می‌آید.

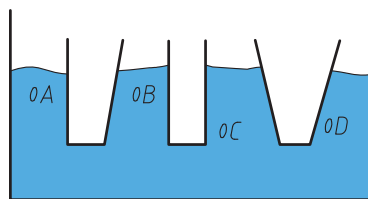
- (۱)  $U = 4 \times L$  (۲)  $U = 2 \times (L + b)$  (۳)  $U = (\pi d + \pi D)$  (۴)  $U = \pi \times \frac{(d + D)}{2}$

۴- ۱۵۰۰ لیتر چند دسی متر مکعب است؟

- (۱) ۱/۵ (۲) ۱۵ (۳) ۱۵۰ (۴) ۱۵۰۰

۵- حجم یک مکعب که طول هر ضلع آن  $2\text{ft}^2$  می‌باشد، چند سانتی متر مکعب است؟

- (۱) ۷۰/۶۲ (۲)  $0.1056 \times 10^2$  (۳) ۵۶۶۴۱ (۴)  $70.62 \times 10^6$



۶- به نظر شما فشار در نقاط D و C و B و A در شکل زیر چگونه است؟

- (۱)  $PB < PA < PC = PD$  (۲)  $PB > PA < PC = PD$  (۳)  $PB > PA > PC > PD$  (۴)  $PB < PA > PC > PD$

۷- فشارسنج، فشار درون ظرف زودپز را ۱ atm نشان می‌دهد. فشار مطلق آن چند اتمسفر است؟

- (۱) ۱ (۲) ۱/۵ (۳) ۲ (۴) ۲/۵

۸- در صورتی که در یک جدار از ماده‌ای با قابلیت هدایت گرمایی کمتری استفاده نماییم.....

- (۱) مقدار گرمای انتقال یافته افزایش می‌یابد. (۲) مقدار گرمای انتقال یافته کمتر می‌شود.  
(۳) مقدار گرمای انتقال یافته تغییری نمی‌کند. (۴) مقدار گرمای انتقال یافته نصف می‌شود.

۹- جهت انتخاب پکیج کدام یک از عوامل زیر مؤثر نمی‌باشد؟

- (۱) توان گرمایی (۲) مقدار آب گرم مورد نیاز (۳) نوع دودکش (۴) تعداد نفرات

۱۰- کدام یک از عبارات زیر در تعیین قطر لوله صحیح نیست؟

- (۱) قطر لوله کوچک تر باعث صدا در لوله کشی می شود. (۲) قطر لوله بزرگ تر باعث کاهش صدا در لوله کشی می شود.  
(۳) قطر لوله کوچک تر هزینه پمپاژ را افزایش می دهد. (۴) قطر لوله بزرگ تر سایش بیشتری ایجاد می کند.

جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

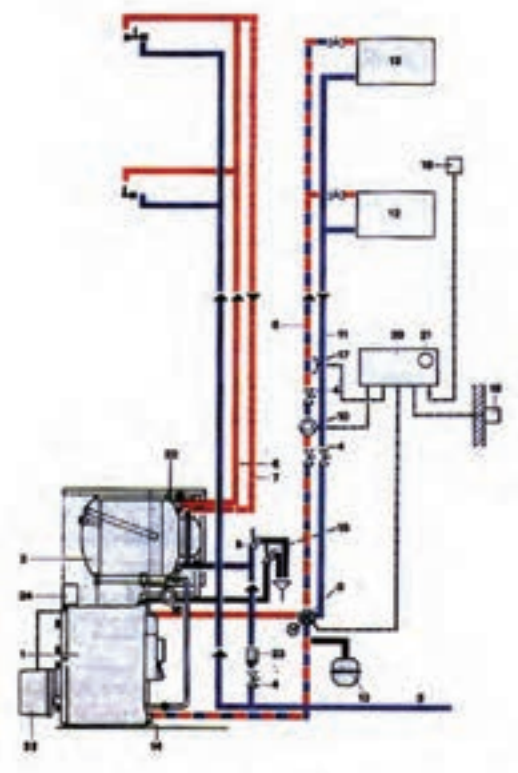
- در اجسام جامد انتقال گرما به روش ..... انجام می شود.
- انتقال گرما از سطح اطراف رادیاتور به محیط اتاق به وسیله ..... انجام می شود.
- یکای بار گرمایی در سیستم SI ..... است.
- قطر دودکش مناسب برای پکیج گرمایشی ..... می باشد.

جملات صحیح یا غلط را مشخص کنید.

- احتراق ناقص زمانی صورت می گیرد که اکسیژن کافی برای سوخت فراهم نگردد.
- هرچه ضخامت جدار افزایش یابد انتقال گرما از طریق هدایت نیز افزایش می یابد.
- گرما کمیتی است که میزان گرمی یا سردی اجسام را نشان می دهد.
- فشاری که گنج اندازه گیری می کند یک فشار نسبی است.

## فصل چهارم

### سیستم‌ها و دستگاه‌ها



هدف از این فصل آشنایی هنرجویان با انواع سیستم‌های حرارت مرکزی، انواع شیرها و کاربرد آنها می‌باشد.

## سیستم‌های تولید آب گرم

برای تهیه آب گرم سیستم گرمایشی ساختمان از دو روش استفاده می‌کنند.

- ۱- سیستم مستقل
- ۲- سیستم مرکزی

## ۲-۴- سیستم مستقل

این سیستم معمولاً نمونه کوچک شده سیستم مرکزی می‌باشد. پکیج گرمایی نمونه‌ای از این سیستم می‌باشد و در واقع یک موتورخانه کوچک است که قسمت‌های مربوط به دیگ، مشعل، منبع کویل‌دار

و پمپ را در داخل خود و در سایز کوچک شده دارا می‌باشد و می‌تواند آب گرم مورد نیاز سیستم گرمایشی ساختمان و سیستم مصرفی را به طور مستقل تولید نماید.

## انواع پکیج گرمایی

از نظر محل نصب پکیج‌های گرمایشی در انواع دیواری و زمینی ساخته و به بازار عرضه می‌شوند، استفاده از پکیج برای فضاهایی که نیاز به کنترل رطوبت دارند مناسب نیست، ظرفیت پکیج‌های زمینی از ۱۶ کیلووات تا حدود ۱۱۰ کیلووات و دیواری از ۲۴ تا ۳۵ کیلووات تولید می‌گردد.



نمونه پکیج زمینی



نمونه پکیج دیواری

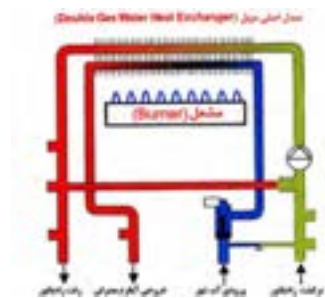
از نظر تعداد مبدل پکیج‌ها به تک مبدل و دو مبدل دسته‌بندی می‌شوند. پکیج‌های تک مبدل با توجه به طراحی خود دارای یک مبدل حرارتی بوده که هم وظیفه گرمایش آب گرم مصرفی و هم مدار گرمایشی ساختمان را برعهده دارد.

در پکیج‌های دو مبدل ساختار به این گونه است که یک مبدل وظیفه تولید آب گرم برای مدار گرمایش را دارد و مبدل دیگر (مبدل ثانویه) وظیفه تأمین آب گرم مصرفی را برعهده دارد.

مقایسه پکیج‌های دو مبدل و تک مبدل

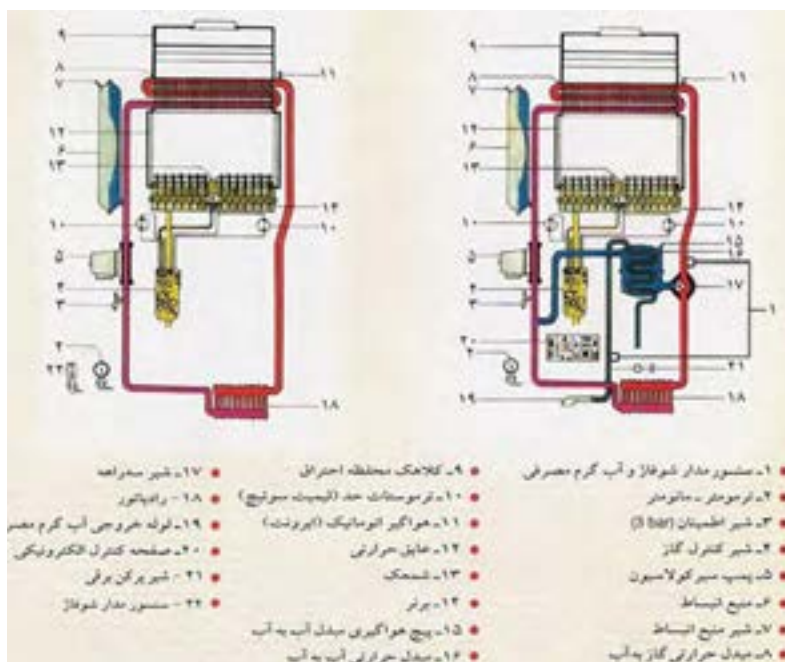


پکیج تک مبدل



پکیج دو مبدل (رسوب‌گیری کمتر)

## اجزای تشکیل دهنده پکیج گرمایشی دیواری فن دار



در مورد اجزای تشکیل دهنده انواع پکیج تحقیق نموده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

تحقیق

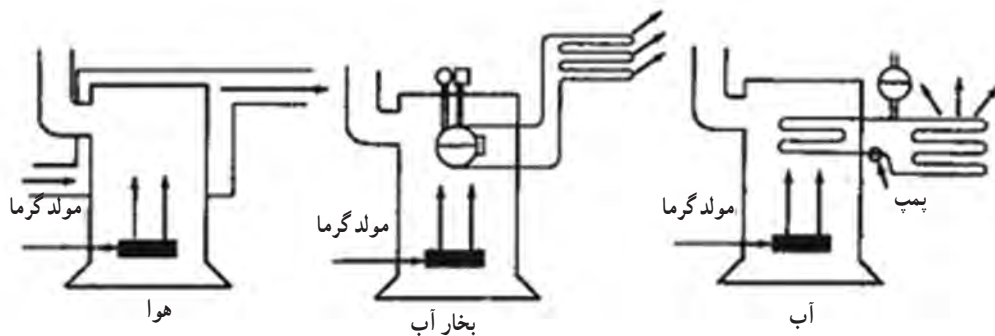


## سیستم های حرارت مرکزی

نصب بخاری در هر اتاق برای ساختمان هایی که اتاق های زیادی دارند مشکلات زیادی از نظر بهره برداری، نگهداری و کیفیت کار پیش می آورد. در چنین ساختمان هایی باید سیستم های حرارت مرکزی ایجاد شود. در این سیستم، گرما در محلی به نام موتورخانه یا اتاق مکانیکی تولید شده، توسط سیال واسطه ای جذب و به اتاق های مختلف هدایت می شود. این سیال واسطه، ممکن است آب، بخار آب و یا هوا باشد. بنابراین سیستم حرارت مرکزی در سه نوع: حرارت مرکزی با آب گرم، حرارت مرکزی با بخار آب، حرارت مرکزی با هوای گرم است.

مزیت ها و محدودیت های استفاده از پکیج گرمایشی یکی از محدودیت های استفاده از پکیج در مسیره های طولانی است که به دلیل افت فشار مسیر در سیستم گرمایشی احتمال آنکه سیستم پمپ جوابگو نباشد وجود دارد. پکیج های گرمایشی این قابلیت را به سیستم گرمایش ساختمان اضافه می کنند که کلیه واحدهای یک ساختمان می توانند شرایط دمای هوا و آب گرم واحد را به طور دلخواه و مستقل از دیگر واحدها تنظیم کنند. بنابراین همه مصرف کنندگان، از شرایط محیطی خود که به کمک پکیج قابل تنظیم است رضایت خواهند داشت.

همچنین در سیستم گرمایش یا پکیج، با کم شدن مسیر لوله کشی آب گرم مصرفی و شوفاز و همچنین حذف نیاز به پمپ کردن آب گرم مصرفی در شوفاز، از اتلافات گرمایی در مسیر و هزینه برق مصرفی پمپ کاسته می شود.



نمای انواع سیستم‌های حرارت مرکزی

## سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

زمانی از سیستم گرمایی با دمای کم استفاده می‌شود که دمای آب در لوله رفت زیر نقطه جوش آب (در حدود  $80^{\circ}\text{C}$ ) و در لوله برگشت بین ۶۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد باشد. آب گرمای ویژه بالایی دارد،  $(\frac{4}{2} \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}})$  بنابراین از طریق آن می‌توان گرمای زیادی را به کمک لوله‌هایی با قطر نسبتاً کم، به پخش‌کننده‌های گرمایی رسانید.

## اجزای سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

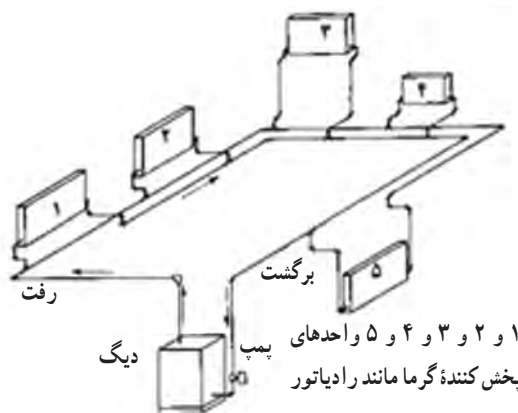
سیستم حرارت مرکزی با آب گرم شامل قسمت‌های زیر است:

**دستگاه‌های پخش‌کننده گرما:** این دستگاه‌ها شامل «کنوکتورها»، «رادیاتورها»، «فن‌کویل‌ها» و «یونیت هیتر» است. آب گرم از طریق «لوله رفت» وارد این دستگاه‌ها شده، در آنها از طریق «هدایت»، «تابش»، «وزش» با هوای اتاق تبادل گرمایی انجام می‌دهد و آب خروجی از دستگاه پخش‌کننده، کاهش دما پیدا می‌کند.

**سیستم انتقال آب گرم:** سیستم انتقال آب گرم شامل سیستم لوله‌کشی بین دستگاه‌های پخش‌کننده و تولیدکننده گرما و پمپ سیرکولاتور است. جریان گردش آب ممکن است به‌طور طبیعی براساس اختلاف دمای آب رفت و برگشت نیز صورت گیرد.

برای بالا بردن سرعت آب و کاهش قطر لوله‌ها امروزه

در حرارت مرکزی با آب گرم، گرمای تولید شده توسط مشعل به آب درون دیگ منتقل می‌شود. آب گرم شده به وسیله یک پمپ جریان‌ی و سیستم لوله‌کشی در یکاهای پخش‌کننده گرما (مانند رادیاتور، فن‌کویل و...) جریان یافته، گرمای خود را به هوای اتاق می‌دهد و برای جذب گرمای مجدد به طرف دیگ برمی‌گردد. نمای ساده یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را مشاهده می‌کنید.



نمای ساده یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم

سیستم حرارت مرکزی با آب گرم سه نوع است: سیستم حرارت مرکزی با دمای پایین که در آن دما تا  $120^{\circ}\text{C}$  است.

سیستم حرارت مرکزی با دمای متوسط که دمای آن  $120 - 175^{\circ}\text{C}$  است.

سیستم حرارت مرکزی با دمای بالا که دمای آن  $230 - 176^{\circ}\text{C}$  است.

که برای راهبری و نگهداری صحیح سیستم ضرورت دارند.

مخزن گازوئیل برای نگهداری گازوئیل مصرفی در زمان خاصی از سال، مخزن گازوئیل روزانه، مخزن انبساط بسته، مخزن انبساط باز، مخزن آب گرم مصرفی از لوازم ضروری و جانبی یک سیستم حرارت مرکزی هستند.

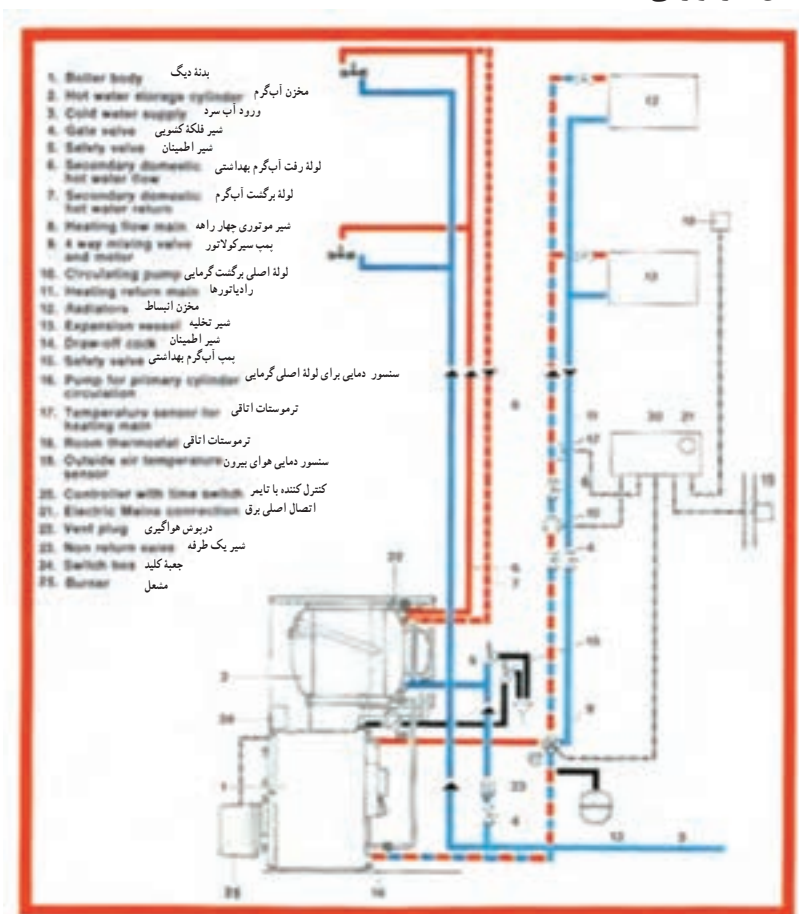
### نمایش اجزای سیستم

در شکل زیر، نمایش اجزای یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را مشاهده می کنید. در فصل های آینده به بررسی اجزای مختلف یک سیستم حرارت مرکزی و محاسبات و روش انتخاب دستگاه های آن خواهیم پرداخت.

معمولاً از سیستم پمپی استفاده می شود. به وسیله سیستم انتقال آب گرم، آب با حجم ثابتی پیوسته بین دستگاه های تولید کننده و پخش کننده گرما در گردش است. آب، گرمای از دست داده خود در پخش کننده را از دستگاه تولید کننده آب گرم به دست می آورد.

**دستگاه های مولد آب گرم:** که شامل انواع مشعل و دیگ آب گرم است. گرمای حاصل از احتراق سوخت توسط مشعل به آب درون دیگ انتقال یافته، موجب گرم شدن آب عبوری داخل دیگ می شود.

**نشان دهنده ها و کنترل کننده ها:** نشان دهنده هایی مانند «ترمو متر» و «مانومتر دیگ» سطح نمای «مخزن گازوئیل» و آب نمای «مخزن انبساط» و کنترل هایی مانند «ترموستات دیگ»، «ترموستات جداری»، «ترموستات اتاقی»، «شیر اطمینان» و «رله مشعل» از لوازمی هستند



اجزای مختلف یک سیستم  
حرارت مرکزی با آب گرم

## مبدل گرمایی (Heat Exchanger)

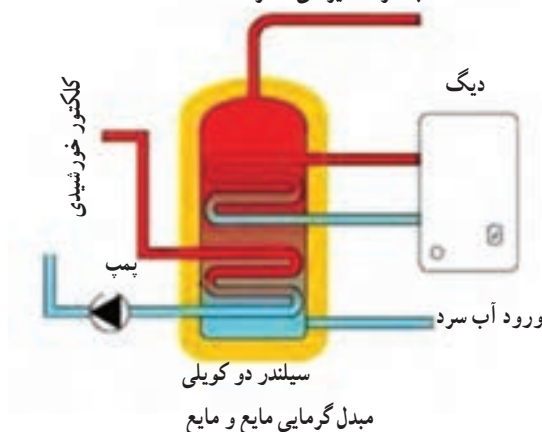
«مبدل گرمایی دستگاهی است که برای انتقال گرما از یک سیال (گاز یا مایع) به سیال دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد.» البته ممکن است بین این دو سیال یک سطح ثابت جامد وجود داشته باشد (مانند آب گرم کن) یا بدون واسطه سیال‌ها با یکدیگر در تماس باشند (مانند کولر آبی) در این بخش به مبدل‌هایی که بین آنها یک سطح ثابت جامد وجود دارد اشاره می‌کنیم.

**دسته‌بندی مبدل‌ها:** مبدل‌ها را می‌توان از جهات گوناگون دسته‌بندی نمود که در این بخش به اختصار از نظر ۱- نوع سیال، ۲- شکل ظاهری، ۳- جهت جریان، به آن اشاره خواهد شد.

**۱- نوع سیال در مبدل:** مبدل‌ها با توجه به نوع سیال در دو طرف جدار سه‌گونه‌اند.

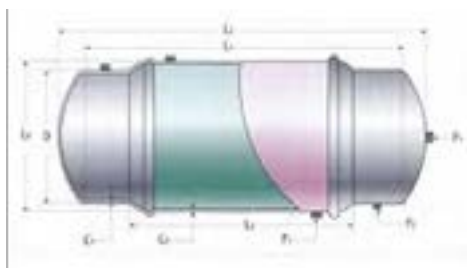
**الف) مبدل مایع و مایع:** در این نوع مبدل در هر دو طرف سطح مایع وجود دارد. انتقال گرما در این نوع مبدل‌ها بالا است. در شکل، دو کویل که به‌طور مجزا (دو مبدل) از دیگ آب گرم یا جمع‌کننده آب گرم سیستم خورشیدی تغذیه می‌شود نشان داده شده است. در داخل مخزن نیز آب سرد مصرفی وارد و آب گرم مصرفی خارج می‌شود.

به طرف شیرهای مصرف



از انواع دیگر این نوع مبدل‌ها که در تأسیسات گرمایی کاربرد زیادی دارند می‌توان به این موارد اشاره نمود:

**۱- مخزن دوجداره:** این مخزن دارای دو محفظه جدا از هم است. آب گرم دیگ در جداره خارجی جریان داشته و در اثر تبادل گرما آب سرد جداره خارجی را گرم می‌کند.



**۲- مخزن کویلی:** در این نوع مخازن آب گرم دیگ داخل یک کویل مسی جریان می‌یابد و آب سرد درون مخزن را گرم می‌کند این مخازن در دو نوع افقی و ایستاده ساخته می‌شوند.



مخزن کویلی افقی

مخزن کویلی ایستاده

**۳- مبدل صفحه‌ای**



در شکل زیر یک آب گرم کن می بینید که سیستم پیش گرم کن دارد و آب سرد قبل از اینکه وارد آب گرم کن شود دور دودکش پیچیده شده است تا گرمای گاز حاصل از احتراق را بگیرد. در این سیستم دمای آب ورودی بالا رفته و در نتیجه بازدهی سیستم بالاتر می رود.



مبدل گرمایی (پیش گرم کن) گاز به مایع

**ب) مبدل گاز و مایع:** در این مبدل یک سیال گاز و سیال دیگر مایع می باشد. در شکل، یک آب گرم کن زمینی که مبدل گاز به مایع می باشد نشان داده شده است.



یک مبدل گاز به مایع (آب گرم کن زمینی)

## گرماده یا پخش کننده ها

گرماده یا پخش کننده ها نیز یک مبدل گرمایی هستند که کمتر تحت این عنوان شناخته می شوند. مانند رادیاتور، یونیت هیتر، فن کویل و ...



آلومینیومی



پنلی



رادیاتور پره فولادی



کنوکتور



یونیت هیتر



فن کویل



قرنیزی

## پ) مبدل گاز و گاز:

در این مبدل هر دو سیال گاز می‌باشند. برای مثال کاربرد آن را می‌توان در دود خروجی کارخانه دید که هوای اطراف دودکش را گرم می‌نماید.

۲- شکل ظاهری مبدل گرمایی: به لحاظ شکل ظاهری، مبدل‌های گرمایی را می‌توان به چند گروه عمده دسته‌بندی نمود که تعداد آنها در زیر آمده است:  
الف) مبدل لوله‌ای: در این سیستم دو سیال در داخل دو لوله هم مرکز جریان دارد.



مبدل لوله‌ای

ب) مبدل پره‌دار: در این نوع مبدل برای افزایش راندمان بر روی لوله‌ها پره (فین) نصب می‌کنند.



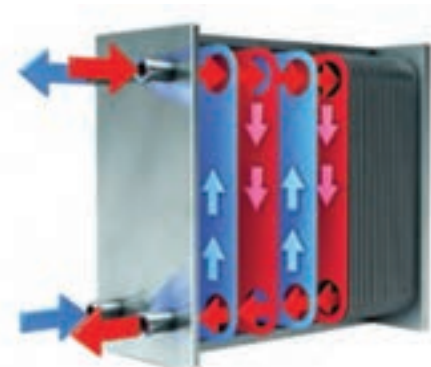
مبدل پره‌دار

پ) مبدل پوسته و لوله: در این نوع مبدل لوله‌ها در داخل یک پوسته قرار دارند. در داخل لوله یک سیال و در داخل پوسته سیال دیگر در جریان است.

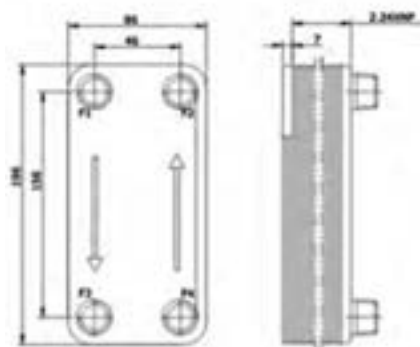


مبدل پوسته و لوله

ت) مبدل صفحه‌ای: از کنار هم قرار گرفتن چند صفحه با فاصله مناسب در کنار هم یک مبدل صفحه‌ای ایجاد می‌گردد.



در شکل، مشخصات ظاهری یک مبدل صفحه‌ای برای تولید آب گرم مصرفی نشان داده شده است همچنین در جدول، سایر مشخصات این مبدل آورده شده است.



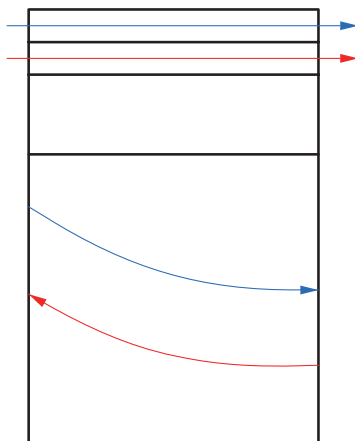
مشخصات ظاهری یک مبدل صفحه‌ای

### مشخصات مبدل گرمایی صفحه‌ای

Technical Parameter	
Product name	Braced Plate Heat Exchanger
Product model	A-4A
Unit heat exchanging area	$\alpha \approx 14m^2$
Maximum flowrate	8m <sup>3</sup> /h
plate material	316L or 304 stainless steel
Welding material	99.9% copper
thickness of plate	0.3 mm
Volume per channel	0.022 L
Maximum number of plate	60
Design pressure	1.0MPa-3.0MPa
Test pressure	2.0MPa-4.5MPa
Design temperature	-295~+220
Connections	the biggest screw thread pipe for hot water sides: 1", the biggest screw thread pipe for cold water sides: 1/2"
Refrigeration Capacity	1-6KW
Basic flow disposition	F1-F3 F4-F12
Working Principle	Wall-mounted Heater, Heating Water Heater, Low Temperature Tasting Equipment, Small-sized Refrigeration Equipment, etc.

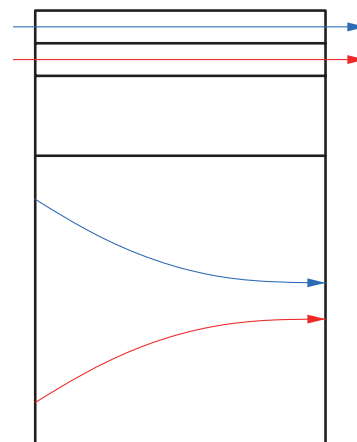
۳- جهت جریان در مبدل: بر این اساس مبدل‌های گرمایی سه دسته می‌شوند:

الف) **جریان هم‌جهت**: در این نوع مبدل، جهت جریان سیال سرد و گرم موافق یکدیگر می‌باشد. نکته قابل توجه اینکه دمای سیال سرد خروجی از مبدل هیچ‌گاه به دمای سیال گرم خروجی نمی‌رسد ولی به یکدیگر نزدیک می‌شوند و هر چه سطح انتقال گرما بزرگ‌تر باشد این دو دما به یکدیگر نزدیک‌تر شده و در نتیجه راندمان بالاتری به دست می‌آید.



مبدل با جریان مختلف الجهت

ب) **جریان متقاطع**: جریان سیال گرم و سرد در این نوع مبدل‌ها عمود بر یکدیگر است مانند رادیاتور خودرو.



مبدل با جریان هم جهت



شیر برنجی

شیرهای برنجی با روکش کرم نیکل: این شیرها که معمولاً در قطرهای پایین و سیستم‌های بهداشتی کاربرد دارند.



شیر برنجی با روکش کرم نیکل

شیرهای چدنی: این شیرها معمولاً در قطرهای ۵۰ میلی‌متر (۲ اینچ) به بالا و از جنس آلیاژ «چدن چکش خوار» برای فشار کارهای مختلف ساخته می‌شوند و در تأسیسات تهویه مطبوع و کارهای صنعتی کاربرد دارند.



شیر چدنی



شیرها وسایلی هستند که برای باز و بسته کردن مسیر، تنظیم دبی، کنترل سطح مایع و تنظیم و کنترل فشار سیالات در مدار لوله‌کشی به کار برده می‌شوند. شیرها را با توجه به نوع اتصال، جنس و کاربرد آنها دسته‌بندی می‌کنند.

## انواع شیرها از نظر نوع اتصال

به لحاظ نوع اتصال، شیرها به سه دسته دنده‌ای، فلنجی و جوشی، به شرح زیر، طبقه‌بندی می‌شوند: شیرهای دنده‌ای: که توسط یک فیتینگ دنده‌ای؛ مانند مغزی یا بوشن، به شبکه لوله‌کشی یا دستگاه‌ها متصل می‌شوند.

شیرهای فلنجی: که به وسیله فلنج و پیچ و مهره و به کارگیری واشر (برای آب‌بندی) به شبکه لوله‌کشی یا دستگاه‌ها متصل می‌گردند.

شیرهای جوشی: که کاربرد آنها بیشتر در صنعت تیربرد می‌باشد که با جوش اکسی استیلن به شبکه لوله‌کشی یا دستگاه‌ها متصل می‌شوند.

## انواع شیرها از نظر جنس

شیرهای برنجی: این شیرها معمولاً تا قطر ۱۰۰ میلی‌متر (۴ اینچ) در مصارف عمومی و صنعتی کاربرد دارند.

## انواع شیر از نظر کاربرد

شیرها از نظر کاربرد در تأسیسات به سه دسته تقسیم می‌شوند.

**الف) شیرهای برداشت (Faucet.tap):** این شیرها که در تأسیسات بهداشتی کاربرد دارند، شامل: شیرهای ساده، شیرهای پیسوار، شیرهای مخلوط و شیرهای فشاری (شست‌وشو) می‌باشند که در ادامه هر یک را شرح می‌دهیم.

**شیرهای ساده:** این شیرها در انواع و اشکال مختلف ساخته می‌شوند و مهم‌ترین آنها شیر کُرْمَه دنباله کوتاه، شیر کُرْمَه دنباله بلند، برنجی معمولی و شیر برنجی با سرشستگی می‌باشد.



شیر مخلوط تو کاسه تک پایه

**ب) شیرهای مسیر (valve):** این شیرها که در شبکه‌های لوله‌کشی در تأسیسات عمومی، خانگی و صنعتی کاربرد دارند شامل شیر فلکه‌ها (کشویی، بشقابی)، شیر سماوری، شیر تنظیم فشار و شیر یک‌طرفه و به شرح زیر می‌باشند:

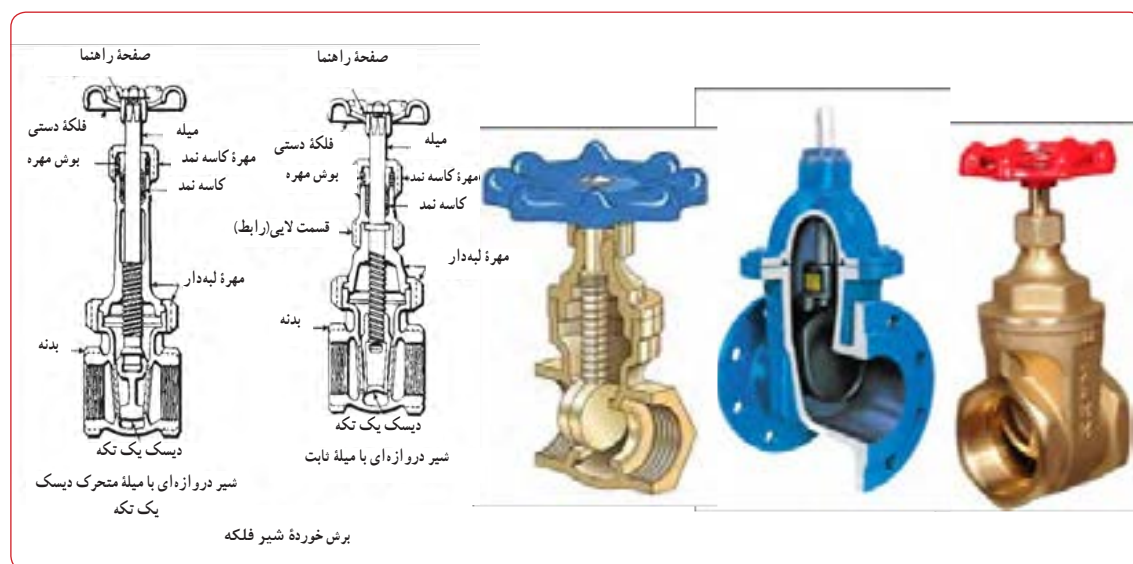
**۱- شیر فلکه کشویی (Gatevalves):** به‌طور کلی، این شیر از چند قسمت اصلی، یعنی فلکه، میله، دروازه یا دیسک (GATE)، نشیمنگاه و بدنه تشکیل شده است. با باز و بسته کردن این شیر، می‌توان جریان سیالی را در مسیری برقرار و یا آن را قطع کرد. به عبارت دیگر، شیر کشویی شیر کنترل نیست و با آن نمی‌توان مقدار دبی سیال را تنظیم و کنترل کرد و تنها به عنوان یک شیر قطع کننده (STOP VALVE) در مدار به کار برده می‌شود.



شیر کُرْمَه سرشستگی

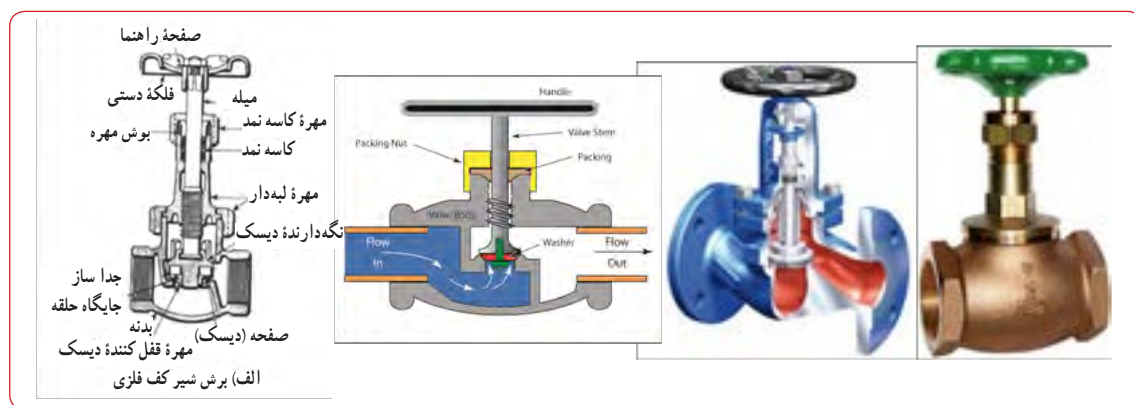


شیر کُرْمَه دنباله بلند



**۲- شیر فلکه کف فلزی: (Globe valve) :** این شیر نیز به طور کلی از قسمت‌های اصلی فلکه، میله، دیسک، نشیمنگاه و بدنه تشکیل شده است. با باز و بسته کردن این شیر نیز، مانند شیر کشویی، می‌توان جریان سیال را در مسیری برقرار و یا قطع کرد.

این نوع شیر، به دلیل نوع ساختمان داخلی آن، در مسیر حرکت سیال دوبار تغییر امتداد ۹۰ درجه ایجاد می‌شود که این عمل باعث به وجود آمدن مقاومت زیادی در مقابل جریان می‌گردد. بدین جهت، از این شیر می‌توان برای تنظیم افت فشار خط و در نتیجه تنظیم دبی استفاده کرد.



به چه دلیل از یک علامت فلش بر روی بدنه شیرهای کف فلزی استفاده می‌گردد؟

بحث کلاسی



**۳- شیر رادیاتور:** برای قطع جریان و یا کنترل مقدار جریان آب در رادیاتور، سر راه ورود آب گرم به رادیاتور، شیر مخصوصی به نام «شیر رادیاتور» نصب می‌گردد. شیر رادیاتور در حقیقت یک نوع شیر کف فلزی زاویه‌ای<sup>۱</sup> است. در شکل، یک شیر رادیاتور نشان داده شده است.

شیر رادیاتور و شیر قفلی رادیاتور، نمونه‌های دیگری از شیرهای کف فلزی هستند. برای کنترل خودکار درجه حرارت محلی که در آن رادیاتور نصب شده است به جای استفاده از شیر دستی رادیاتور، می‌توان از رادیاتور (شیر ترموستاتیکی رادیاتور<sup>۲</sup>) استفاده کرد. در شکل، یک شیر ترموستاتیکی و طریقه اتصال آن به رادیاتور و اجزای آن نشان داده شده است.



یک شیر ترموستاتیکی رادیاتور و روش نصب آن بر روی رادیاتور



یک شیر رادیاتور

۱- Angehe globe Valve

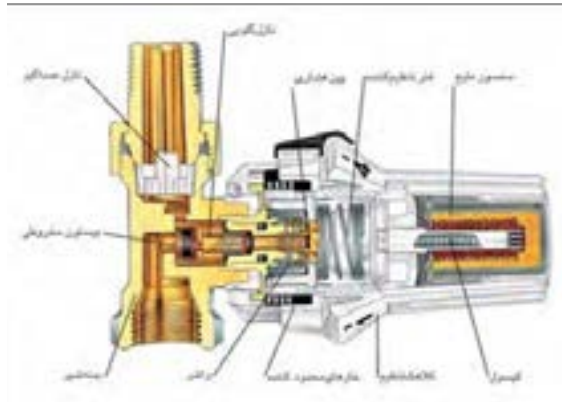
۲- Radiation Thermostatic Valve

(لوله برگشت) را باید بست و سپس اقدام به باز کردن مهره ماسوره‌ها و رادیاتور نمود. تا چند سال پیش، زانوهای رادیاتور فاقد قسمت شیر مانند داخلی بود به همین علت امکان جداسازی یک رادیاتور از شبکه، درحالی‌که بقیه رادیاتورها در حال کار بودند، وجود نداشت.



زانو قفلی رادیاتور

۵- شیرتویی (Ball valve): این شیر یک شیر سریع بازشو (Quick opening) یا سریع بسته شو (Quick Closing) می‌باشد که با یک چهارم دور باز و بسته می‌گردد. از موارد کاربرد این شیر می‌توان در تأسیسات گازرسانی نام برد.

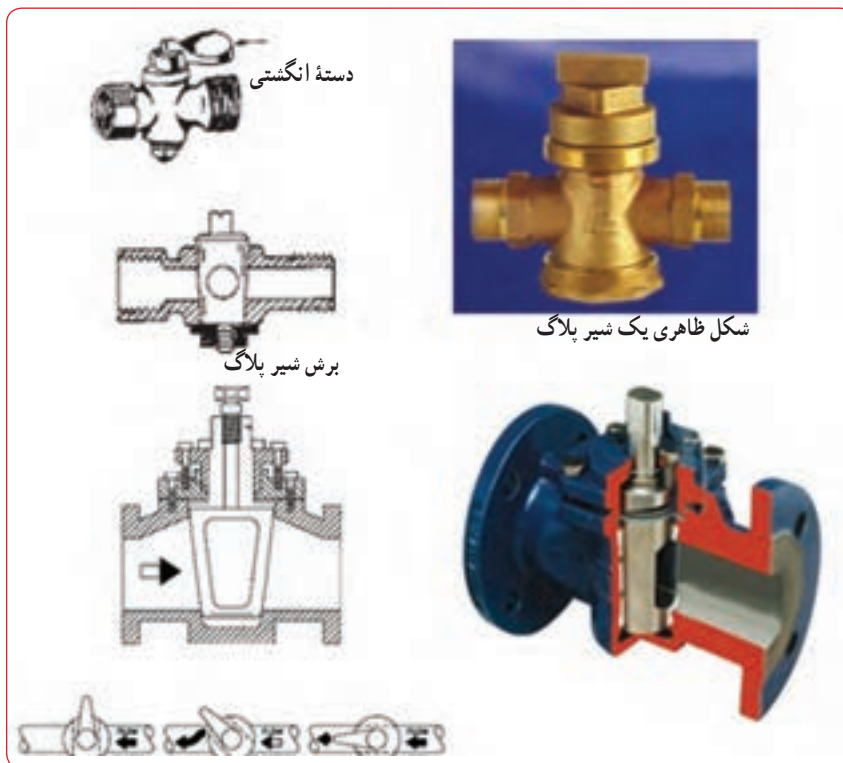


اجزای شیر رادیاتور ترموستاتیکی

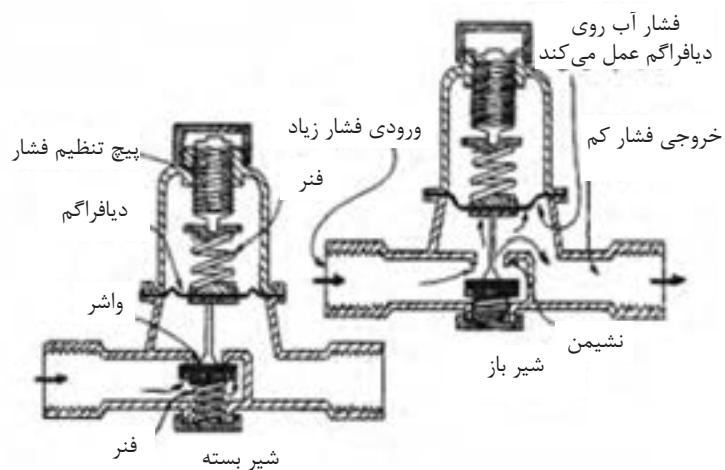
۴- زانو قفلی رادیاتور: بر روی لوله برگشت رادیاتور، زانوی مخصوصی به نام «زانو قفلی» نصب می‌گردد. ساختمان زانو قفلی مانند شیر است و به وسیله آن می‌توان مجرای عبور آب را باز و بسته نمود؛ با این تفاوت که قسمت عمل‌کننده آنکه در زیر درپوش زانو قرار گرفته به وسیله آچار «آلن» باز و بسته می‌شود. باید توجه داشت که هنگام جداسازی رادیاتور از شبکه لوله کشی هم شیر رادیاتور (لوله رفت) و هم زانو قفلی



۶- شیر سماوری (PLUG VALVE): این شیر یکی از قدیمی‌ترین شیرهاست و به دلیل آنکه ساختمان آن شبیه شیر سماور است در بازار ایران به نام «شیر سماوری» شناخته شده و معروف شده است. قسمتی از این شیر که تنظیم‌کننده مقدار جریان است «پلاگ» نامیده می‌شود. در میان پلاگ، مجرایی برای عبور جریان پیش‌بینی شده است که در هنگام باز بودن کامل شیر، درست در مقابل سوراخی که در بدنه شیر ایجاد شده است قرار می‌گیرد. این شیر با  $\frac{1}{4}$  دور، کاملاً باز و یا کاملاً بسته خواهد شد.



۷- شیر فشارشکن یا شیر تنظیم کننده فشار (PRESSURE REDUCING VALVE):  
 اگر میزان آب ورودی به شبکه توزیع آب آشامیدنی، در ساختمان یا قسمتی از آن، بیش از میزان لازم باشد، شیر فشارشکن را روی لوله ورودی نصب می کنند تا اضافه فشار آب، کاهش دهد.  
 شکل زیر اجزا و طرز کار شیر فشارشکن را نشان می دهد.



شیر فشارشکن



اجزای داخلی یک نمونه شیر فشار شکن



نمونه‌هایی از شیرهای یک طرفه

پ) شیرهای ایمنی و کنترل: این شیرها به منظور ایجاد ایمنی و کنترل کارکرد دستگاه‌ها در تأسیسات لوله‌کشی آب‌رسانی و گرمایی ساختمان‌ها کاربرد دارند.

۱- شیرهای اطمینان یا شیر رهاکننده<sup>۱</sup>: این شیر به محض اینکه فشار و دمای سیستم بخواهد از حدتنظیم شده بر روی شیر رهاکننده بالاتر رود، شیر باز می‌شود و با خارج کردن قسمتی از سیال داخل سیستم، فشار و دمای سیستم را تا حد خطر پایین می‌آورد. به این ترتیب، دستگاه‌ها، سیستم و شبکه لوله‌کشی از خطر ترکیدن و یا انفجار محفوظ خواهند ماند. زمانی به اهمیت شیرهای اطمینان بیشتر پی می‌بریم که بدانیم ممکن است در اثر نبودن یک شیر اطمینان مناسب

۸- شیر یک طرفه (CHECK VALVE): این شیر که در ایران با عنوان «شیر خودکار» شناخته می‌شود، از برگشت جریان در جهت عکس جلوگیری می‌کند، به همین جهت آن را یک طرفه می‌نامند. سمت عبور سیال بر روی بدنه شیر مشخص گردیده است که در هنگام نصب باید به آن توجه کرد. شیر یک طرفه در دو نوع بادبزی و سوپاپی ساخته و به بازار عرضه می‌شود. امتداد جریان سیال در داخل شیر یک طرفه بادبزی، مستقیم و مقاومت شیر در مقابل عبور سیال کم است. درحالی‌که سیال در عبور از شیر یک طرفه سوپاپی دو مرتبه تغییر امتداد می‌دهد و به همین علت، افت فشار سیال در این شیر زیاد است. از موارد کاربرد شیر یک طرفه بادبزی، می‌توان به استفاده از آن در لوله‌کشی آب شهر بعد از کننتور، و نیز استفاده از آن در محل اتصال لوله آب سرد به مخازن آب گرم مصرفی اشاره کرد. شکل‌های زیر قسمت‌های مختلف یک شیر یک طرفه سوپاپی و قسمت‌های مختلف یک شیر یک طرفه بادبزی را نشان می‌دهد.



۱- Relief Of Safety Valve



شیر اطمینان حساس به دما و فشار



شیر اطمینان حساس به فشار

بر روی یک دیگ بخار، یا عمل نکردن درست آن شیر یا سایر کنترل‌ها، فشار داخل دیگ به حد خطرناکی برسد و آن دیگ منفجر شود. در این صورت علاوه بر وارد آمدن خسارت‌های مالی چه بسا خسارت‌های جانی نیز به بار آید. بنابراین باید نکات زیر همیشه مورد توجه قرار گیرد.

۱- فشار آزادکننده شیر اطمینان متناسب با فشار کار سیستم انتخاب گردد.

۲- تغییر فشار تنظیم شده بر روی شیر و به عبارت ساده‌تر دستکاری شیر اطمینان به وسیله یک فرد غیرمتخصص مجاز نیست، بلکه کار خطرناکی است.

**توجه:** تغییر فشار تنظیم شده بر روی شیر، می‌تواند به وسیله یک مهندس با تجربه و ترجیحاً کسی که در این مورد تخصصی داشته باشد انجام پذیرد. شیرهای اطمینان در دو نوع ساخته و به بازار عرضه می‌شوند.

۲- **شیر اطمینان حساس در برابر فشار:** این شیر که اغلب بر روی دیگ‌های بخار، ایستگاه‌های تقلیل فشار، مبدل‌های حرارتی، مخازن هوای فشرده سیستم‌های حرارت مرکزی یا منابع انبساط بسته، نصب می‌گردد، به محض اینکه، به هر علت، فشار داخل سیستم از حد تنظیم شده بر روی شیر اطمینان بالاتر رفت، باز می‌شود و قسمتی از سیال داخل سیستم را تخلیه می‌کند. آنگاه پس از آنکه فشار از حد تنظیم شده بر روی شیر مقداری پایین‌تر رفت بسته خواهد شد.

**ت) شیر اطمینان حساس در برابر درجه حرارت فشار:** این شیر که اغلب بر روی مخازن آب گرم مصرفی ساختمان‌ها و دیگ آب گرم نصب می‌شود، به دلیل آنکه علاوه بر حساس بودن در مقابل فشار در مقابل افزایش درجه حرارت نیز حساس است از نوع اولی مطمئن‌تر می‌باشد. هرگاه این شیر تحت تأثیر فشار با درجه حرارتی بالاتر از مقدار تنظیم شده بر روی آن، قرار گیرد باز می‌شود و تا زمانی که عامل باز کننده شیر (فشار و یا درجه حرارت اضافی) از میزان تنظیم شده بر روی شیر پایین نرود همچنان باز خواهد ماند و تنها زمانی بسته می‌شود که این عامل از حد تنظیم شده پایین‌تر برود.

۳- **شیر شناور (فلوتر) (FLOAT VALVE):** این شیر برای تنظیم سطح مایع در مخازن نصب می‌شود، یکی از متداول‌ترین موارد مصرف این شیر استفاده از آن در مخازن انبساط باز سیستم‌های حرارت مرکزی و تهویه مطبوع، کولرهای آبی، مخزن فشاری توالی و مخازن زمینی ذخیره آب است.

**طرز کار:** طرز کار شیر به این صورت است که هرگاه سطح آب در داخل محل مورد نظر پایین باشد، شناور مربوط به شیر پایین قرار می‌گیرد و شیر مربوط باز خواهد شد و همزمان با بالا آمدن سطح آب، شناور نیز که یک گوی تو خالی معمولاً مسی و یا پلاستیکی



شیر برقی



اجزای شیر برقی

۶- شیر دو راهه و سه راهه موتوری فن کویل: شیرهای دو راهه و سه راهه موتوری فن کویل در سیستم‌های کنترل فن کویل‌ها جهت کنترل میزان دبی آب عبوری از کویل گرم و سرد به کار گرفته می‌شوند که در نهایت موجب کنترل دقیق دمای محیط و صرفه جویی انرژی می‌شود.



شیر سه راهه موتوری فن کویل

است بالا می‌آید و سر دیگر اهرم متصل به این گوی، تدریجاً صفحه شیر را به طرف نشیمنگاه آن حرکت داده، باعث می‌گردد دبی خروجی از شیر مرتباً کم شود و زمانی که سطح آب داخل محل مورد نظر به سطح تنظیم شده قبلی برسد شناور، به وسیله اهرم متصل به شیر، جریان آب را قطع خواهد کرد.



شیر شناور

۴- کلید شناور (Float Switch): برای کنترل سطح مایع داخل یک مخزن، به طور مثال کنترل سطح گازوئیل در داخل مخزن روزانه، از کلید شناور استفاده می‌شود.

این کلید دارای یک گوی شناور است که در مخزن روزانه، بر روی سطح گازوئیل قرار گرفته، همراه آن بالا و پایین می‌رود، این گوی به وسیله یک سیستم مکانیکی قابل تنظیم، کلیدی را قطع و یا وصل می‌کند. زمانی که سطح گازوئیل از حد تنظیم شده پایین تر رفت، کلید وصل شده، پمپ گازوئیل پس از روشن شدن، گازوئیل را وارد مخزن روزانه می‌کند. با بالا آمدن سطح گازوئیل و رسیدن آن تا حد لازم، کلید قطع شده، پمپ خاموش می‌شود.



شیر کنترل سطح

۵- شیر برقی (Solenoid Valve): از این نوع شیرها عموماً جهت کنترل جریان سیال استفاده می‌شود و با توجه به نوع سیال در انواع مختلف ساخته می‌شوند.

هواگیری استفاده می‌شود. به طور کلی این شیرها یا بر روی خطوط لوله و یا روی تجهیزات و دستگاه‌ها نصب می‌شوند.



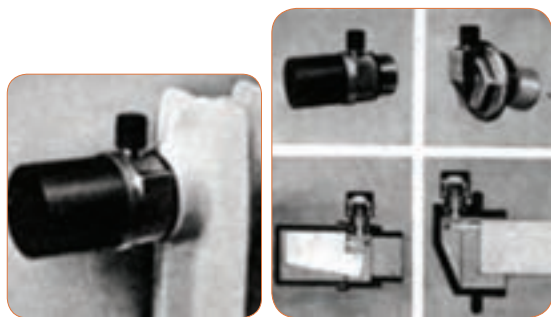
شیر هواگیری رادیاتور (دستی) شیر هواگیری خودکار



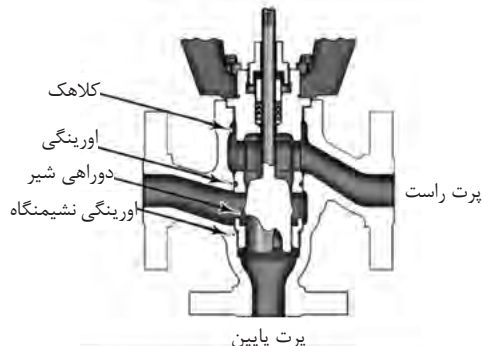
کار کلاسی

بهترین محل نصب شیر هواگیری روی رادیاتور یا سیستم لوله کشی کدام قسمت است؟

در ساختمان نوع خودکار شیرهای هواگیری، از شناسایی متصل به یک سوزن استفاده شده است؛ در صورت وجود هوا در محفظه شیر، شناور و سوزن متصل به آن پایین آمده، مجرای خروج هوا باز می‌شود، با خارج شدن هوا و ورود آب به محفظه، شناور بالا آمده، به وسیله سوزن مجرا بسته می‌شود. استفاده از این شیرها به دلیل گرانی، آب‌بندی نشدن و چکه کردن آب از آنها متداول نشده است. در شکل، دو نمونه از این شیر نشان داده شده است.



دو نمونه شیر هواگیری خودکار رادیاتور



### کاربرد شیر دو راهه و سه راهه موتوری برای فن‌کویل‌ها

شیرهای دو راهه موتوری جهت کنترل مقدار گذر آب در فن‌کویل‌هایی استفاده می‌شود که قطع و یا کم شدن (بسته شدن شیر) مقدار جریان عبوری آب در آن نقطه از سیستم که موجب بالا رفتن فشار در کل سیستم می‌شود، مشکلی برای عملکرد دیگر اجزای سیستم مانند پمپ‌ها به وجود نیاورد. بنابراین در سیستم‌هایی که بر اساس مقدار گذر ثابت سیال و فشار ثابت طراحی شده‌اند و یا ادوات کنترلی برای ثابت نگه داشتن فشار و مقدار گذر وجود ندارد نمی‌توان از شیر دو راهه موتوری فن‌کویل استفاده نمود.

شیرهای سه راهه موتوری فن‌کوئیلی جهت کنترل مقدار گذر آب در فن‌کویل‌هایی استفاده می‌شود که بر اساس فشار و مقدار گذر ثابت آب در کل سیستم طراحی شده‌اند چرا که شیرهای سه راهه با بستن و یا کم کردن دبی در مسیر رفت سیال، امکان عبور همان مقدار آب را از طریق مسیر برگشت به سیستم می‌دهد و در نتیجه فشار و مقدار گذر کل سیستم ثابت می‌ماند. به طور کلی در صورتی که تنها از ساده‌ترین و ارزان‌ترین نوع شیرهای سه راهه موتوری فن‌کویل استفاده شود حداقل ۳۰٪ در انرژی مصرفی فن‌کویل‌ها صرفه جویی می‌شود، چرا که در زمانی که فن‌کویل خاموش است، جریان آب در حال گردش در فن‌کویل‌ها مانند رادیاتوری بزرگ در زیر سقف‌های کاذب عمل می‌کنند.

**۷- شیر هواگیری:** جهت تخلیه هوای داخل سیستم لوله کشی و یا دستگاه‌ها در زمان آب‌اندازی از شیرهای

## ارزشیابی پایانی فصل اول

### سؤالات چهارگزینه‌ای

- ۱- کدام یک از لوازم زیر آب را به طور مستقیم گرم نمی‌کند؟  
 (۱) آب گرم کن دیواری (۲) آب گرم کن زمینی (۳) مبدل گرمایی (۴) دیگ آب گرم
- ۲- حداقل و حداکثر دمای سیستم های حرارت مرکزی با دمای متوسط بین ..... می‌باشد.  
 (۱)  $175^{\circ}\text{C} - 120$  (۲)  $230^{\circ}\text{C} - 176$  (۳)  $120^{\circ}\text{C} - 100$  (۴)  $90^{\circ}\text{C} - 80$
- ۳- کدام یک مبدل گاز و مایع می‌باشد؟  
 (۱) مخزن دوجداره (۲) آب گرم کن زمینی (۳) مخزن کویلی (۴) مبدل صفحه‌ای
- ۴- کدام یک از شیرهای زیر جزء شیرهای مسیر است؟  
 (۱) مخلوط (۲) فشاری (۳) شناور (۴) یک طرفه
- ۵- جهت قطع آب مسیر برگشت رادیاتورها از کدام نوع شیر استفاده می‌شود؟  
 (۱) زانو قفلی (۲) پیسوار (۳) فلکه (۴) برقی
- ۶- جهت جلوگیری از افزایش فشار سیستم مخازن آب گرم از چه نوع شیر استفاده می‌کنند؟  
 (۱) فلوسوئیچ (۲) فلوترسوئیچ (۳) سیفتی ولو (۴) سلونوئید ولو

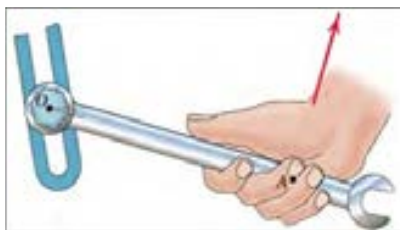
### در جای خالی کلمات مناسب قرار دهید.

- در روش ..... آب گرم به کمک سطح حرارتی گرم شده توسط سیال واسط تولید می‌شود.
- در سیستم ..... این امکان وجود دارد که شرایط دمای هوا و آب گرم واحد به‌طور دلخواه تنظیم شود.
- برای تنظیم دبی از شیرهای فلکه ..... استفاده می‌شود.
- بر روی دیگ‌های آب گرم از شیر اطمینان ..... استفاده می‌شود.



## فصل پنجم

### مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل



## چگونه می‌توان سفتی و استحکام آنها را زیاد کرد؟



به نظر شما ابزارها و قطعات روبه‌رو از نظر هندسی چه شباهتی دارند؟ در این فصل پاسخ خود را می‌یابید و خواهید دانست چگونه می‌توان استحکام قطعات را بالا برد.

### آیا قطعات و سازه‌های مکانیکی خراب می‌شوند و می‌شکنند؟

قطعات و سازه‌ها در هنگام استفاده از آنها به مرور زمان دچار خرابی و شکست می‌شوند. در شکل زیر نمونه‌هایی از خرابی و شکست را مشاهده می‌کنید.

آنها در یک چیز مشترک هستند؟ خرابی



خرابی و شکست قطعات



دلایل احتمالی خرابی و شکست قطعات نشان داده شده در شکل صفحه قبل را در گروه خود بررسی نمایید؟  
به نظر شما کدام دلیل عامل بیشتر خرابی های قطعات نشان داده شده در شکل می باشد؟

.....

.....

.....

.....

دلایل اصلی خرابی قطعات عبارت اند از:

- طراحی نامناسب آنها
- وجود مشکل در جنس و مواد به کار رفته در آنها
- مشکل به وجود آمده در هنگام سوخت
- خرابی محیطی
- استفاده نادرست از آنها
- فرسودگی



به نظر شما بیشترین علت خرابی قطعات و سازه ها که در کارگاه هنرستان مشاهده کردید چیست؟

.....

.....

.....

.....



چگونه می توان از بروز خرابی ها در قطعات جلوگیری نمود؟

.....

.....

.....

.....

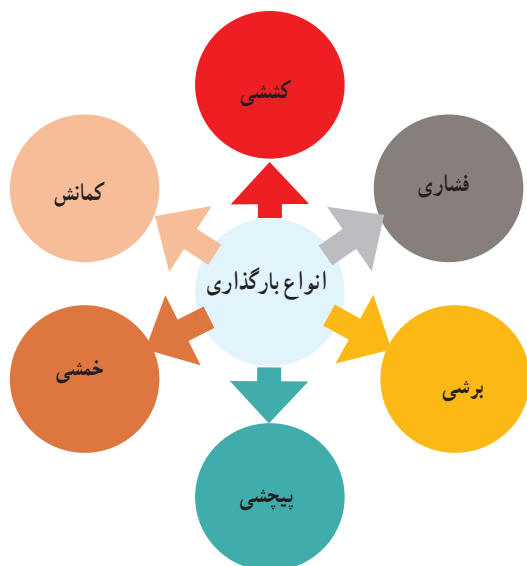
**چرا قطعات و سازه‌ها خراب می‌شوند؟** هنگام استفاده از قطعات و سازه‌ها قطعات به روش‌های گوناگون خراب می‌شوند.

- خوردگی
- خستگی
- بارگذاری و نیروی بیش از حد
- بارگذاری ایجادکننده نوسانات بزرگ - تشدید
- استفاده نادرست از آنها
- سایش

فعالیت



در مورد روش دیگر خرابی قطعات بحث و گفت‌وگو نمایید؟



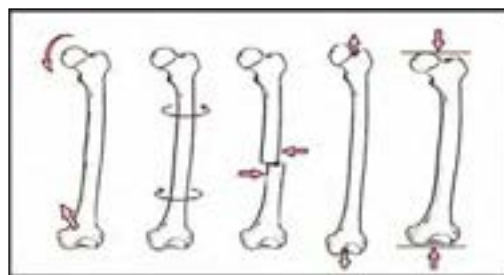
انواع بارگذاری بر روی قطعات

وقتی قطعه‌ای خراب است یعنی اینکه نمی‌تواند کاری که از آن خواسته شده است را به‌درستی انجام دهد. وقتی که می‌گوییم یک قطعه مقاوم است، یعنی اینکه در مقابل خرابی دوام دارد و از خود باید بپرسیم در مقابل چه چیزی مقاوم است. مقاومت در مقابل جابه‌جایی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر سایش، مقاومت در مقابل شکست، مقاومت در مقابل زنگ‌زدگی و غیره.

### بارگذاری و نیروهای وارده بر روی قطعات چگونه است؟

در هنگام کار و استفاده از قطعات و ابزارها، نیروها و گشتاورهای مختلفی بر روی قسمت‌های مختلف آنها وارد می‌شود. این بارگذاری‌ها به شکل‌های گوناگونی انجام می‌پذیرد. نیروها همچنین می‌توانند محوری یا عرضی بر قطعه در جهت‌های مختلف وارد شوند. قسمت‌های مختلف قطعه بایستی در مقابل این نیروها و بارگذاری‌ها هنگامی که به‌صورت آرام یا به‌صورت ضربه و یا به‌صورت پی‌درپی اعمال می‌شود از خود

مقاومت نشان دهند. اسکلت بدن انسان نیز از استخوان‌های مختلفی تشکیل شده است، که تحت بارگذاری‌های مختلفی قرار می‌گیرد. برای نمونه استخوان پای انسان تحت بارگذاری کششی، بارگذاری فشاری، برشی، پیچشی و خمشی قرار می‌گیرد.



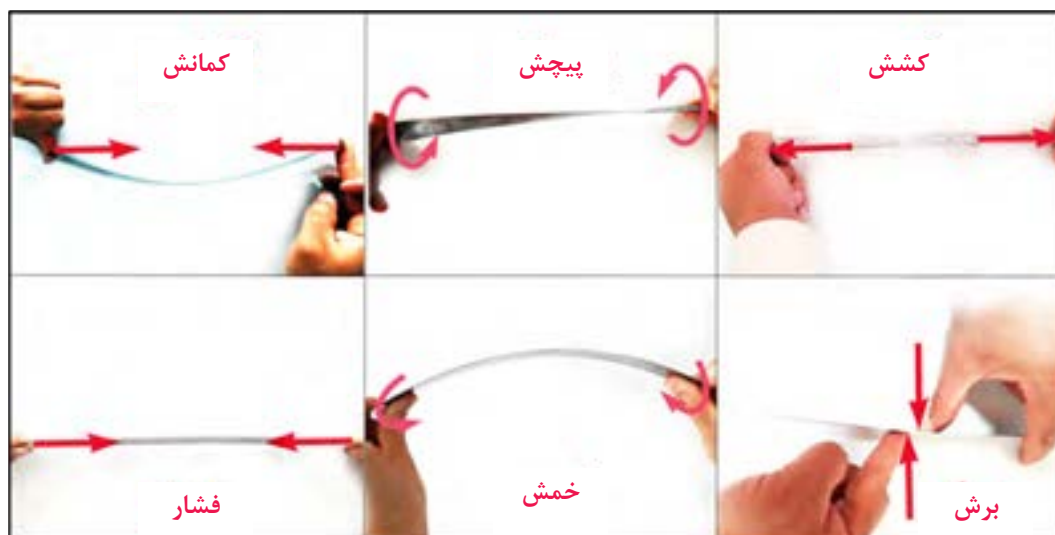
انواع بارگذاری‌ها بر روی استخوان

### جلوه‌های آفرینش

در بدن انسان اسکلت و استخوان‌ها وظایف گوناگونی دارند. حفاظت از اندام‌هایی مانند مغز، قلب، شش‌ها از مهم‌ترین آنها است. حرکت بدن انسان نیز بر پایه اسکلت و استخوان‌ها است. چون اسکلت تکیه‌گاه عضلات قرار می‌گیرد. شکل دادن به بدن انسان نیز از دیگر وظایف استخوان‌ها است. استخوان‌های ما ۱۴ درصد از وزن کل بدنمان را تشکیل می‌دهند. بدن انسان در بدو تولد از ۳۰۰ استخوان تشکیل شده است. تعداد استخوان‌ها به مرور کمتر و در بزرگسالی به ۲۰۶ عدد کاهش می‌یابد. یکی شدن چند استخوان با هم، علت کم شدن تعداد استخوان‌های بدن است. بیشترین تعداد استخوان‌های بدن در دستان ما قرار دارد. مچ دست به تنهایی ۵۴ استخوان دارد. صورت ۱۴ و پا ۲۶ استخوان دارد. طولانی‌ترین استخوان بدن، استخوان ران پاست. این استخوان یک چهارم قد هر فرد را تشکیل می‌دهد. کوچک‌ترین استخوان بدن در گوش میانی قرار دارد و «استخوان رکابی» نامیده می‌شود و کمتر از سه میلی‌متر است. تنها استخوانی که هنگام تولد رشد کافی یافته و دیگر تغییر نمی‌کند، در گوش قرار دارد. اگرچه به نظر استخوان‌های بدن سفت و محکم هستند، اما ۷۵ درصد آنها را آب تشکیل می‌دهد. هر کدام از استخوان‌ها شکل خاصی دارند و بارگذاری و اعمال نیرو بر روی آنها متفاوت است. در هر نوع از بارگذاری بیش‌از حد بر روی استخوان شکل شکستن استخوان متفاوت است.



با استفاده از یک خط کش فلزی، انواع بارگذاری‌ها را بر روی آن اعمال کنید. همچنین به میزان جابه‌جایی خط کش در هر نوع بارگذاری توجه نمایید. بارگذاری می‌تواند با اعمال نیرو در راستای طول خط کش، عمود بر خط کش یا با ایجاد گشتاور انجام شود (شکل زیر).



انواع بارگذاری بر روی خط کش فلزی

### پرسش:

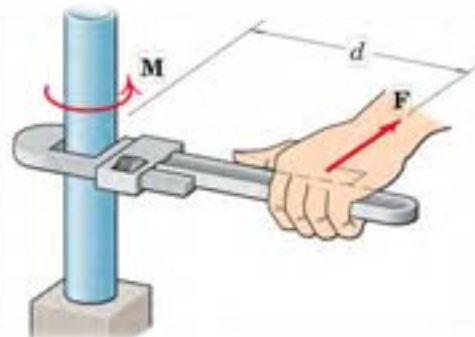
در کدام نوع از بارگذاری خط کش در مقابل جابه‌جایی مقاوم‌تر است؟ در گروه خود بحث کنید؟

در فعالیت انجام شده بارگذاری اعمال شده از دو یکا نیرو نیوتن (N) و یکا گشتاور نیوتن متر (N.m) بخش تشکیل شده است:

۱- وارد نمودن نیرو

۲- وارد نمودن گشتاور

است. به صورت شماتیک نیرو و گشتاور را به صورت زیر نشان می‌دهند. به  $d$  بازوی گشتاور می‌گویند.



علائم گشتاور و نیرو



حداکثر گشتاوری که شما می‌توانید با کمک یک دست بدون وسایل کمکی بر روی یک میله وارد کنید حدود چند نیوتن متر است؟ حداکثر نیرویی که می‌توانید یک طناب را بکشید چند نیوتن است (هریک کیلوگرم نیرو حدود ۱۰ نیوتن است)؟



همان‌طور که دیدید بدن انسان در اعمال نیرو و گشتاور به قطعات محدودیت‌هایی دارد. تحقیق کنید با استفاده از چه ابزارها و وسایلی که خود نیازمند تأمین انرژی نیستند می‌توان نیرو و گشتاور را تقویت و بیشتر نمود؟

$$\text{گشتاور هر} = ۲ \times ۱۵۰ (N) \times ۰/۲۵ (m) = ۷۵ (N.m)$$

آچار  $\times ۲ = \text{گشتاور کلی}$

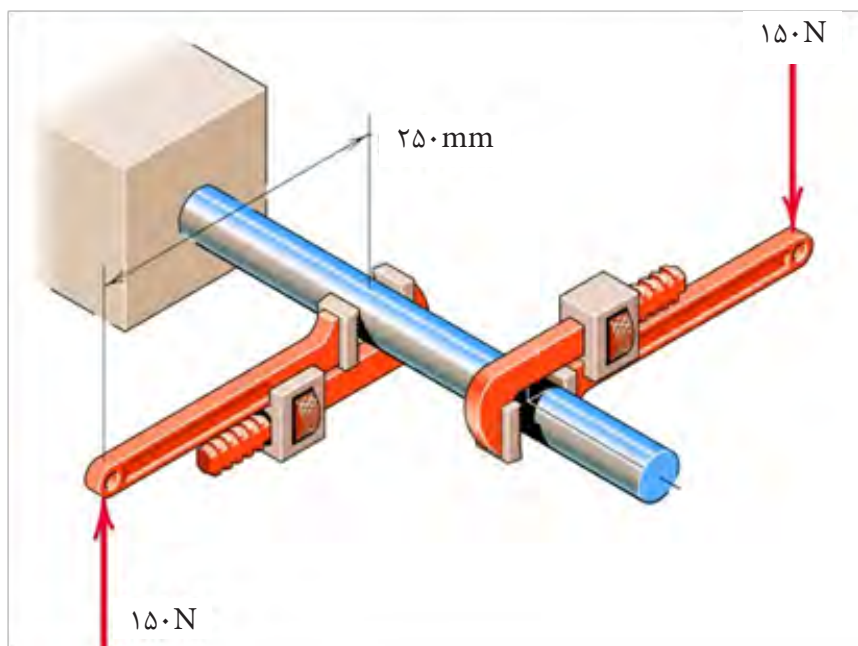
جهت گشتاور کلی در جهت عقربه‌های ساعت است.

**مثال:** در شکل صفحه قبل دو آچار شلاقی یکسان

بر روی میله گشتاور وارد می‌کنند. بازوی هر آچار

۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. گشتاور کلی وارده به میله را

برحسب نیوتن متر به دست آورید.

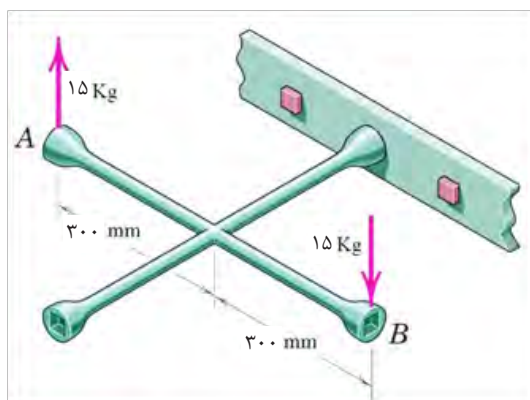


وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق دو آچار شلاقی

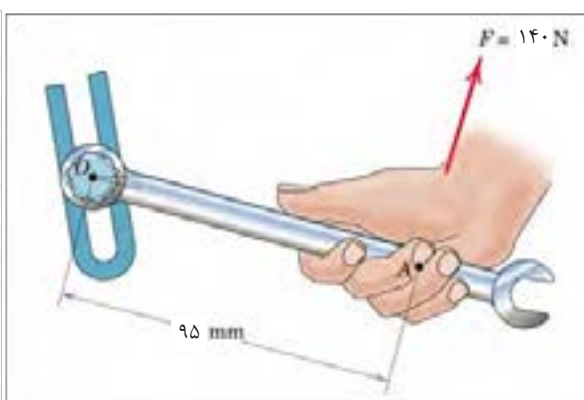


گشتاور وارده به پیچ در نقطه O را در شکل زیر بر حسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

گشتاور وارده به پیچ را در شکل چپ بر حسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.



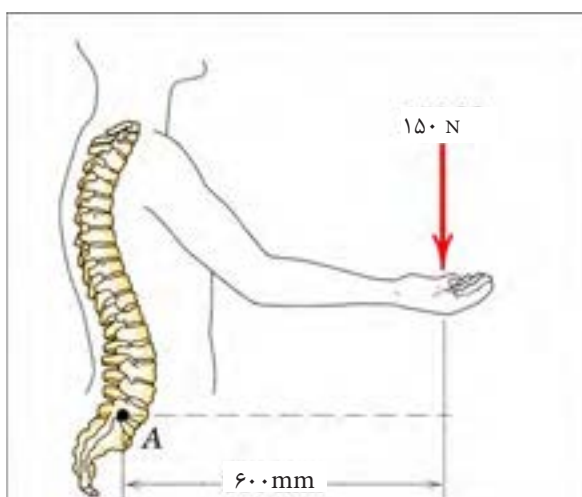
وارد نمودن گشتاور بر پیچ از طریق آچار چرخ



وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق آچار



در شکل زیر گشتاور وارده به ستون فقرات در نقطه A را محاسبه کنید. همچنین همان گونه که مشاهده می کنید در هنگام بلند کردن بار توسط بدن، هرچه فاصله بار از بدن بیشتر باشد گشتاور وارده به ستون فقرات بیشتر خواهد بود و در نتیجه امکان آسیب رسانی به ستون فقرات بیشتر خواهد شد. تحقیق کنید روش صحیح بلند کردن بار توسط بدن و دست ها چگونه است و چرا بایستی به آن شیوه، بار را بلند کرد؟



گشتاور وارده به ستون فقرات بر اثر بلند کردن بار توسط دست ها



برای باز کردن پیچ‌های چرخ خودرو نشان داده شده در شکل، ۱۰ کیلوگرم - متر لازم است. محاسبه کنید مقدار حداکثر نیروی وارده بر حسب نیوتن توسط دست بر روی آچار چرخ تا پیچ باز شود.



باز کردن پیچ چرخ خودرو توسط آچار چرخ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

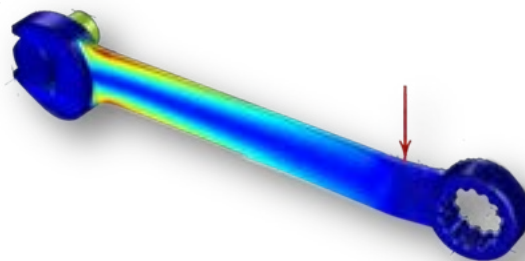
.....

.....

### الاستیک، پلاستیک و شکست قطعات

- ۱- اگر نیرو و گشتاور وارده به یک قطعه کم باشد آیا قطعه پس از تغییر شکل (ممکن است شما مشاهده نکنید) به شکل اول خود باز می‌گردد؟
- ۲- اگر نیرو بیش از حد مجاز به قطعه وارد شود چه اتفاقی می‌افتد؟
- ۳- اگر نیرو خیلی زیاد باشد، یا به دفعات زیاد و به صورت نوسانی وارد شود چه اتفاقی می‌افتد؟

همان‌طور که تجربه کردید بر روی قطعات انواع بارگذاری وارد می‌شود. در یک قطعه ممکن است یک قسمت از آن بحرانی و حساس باشد و نیرو و گشتاور در آن بیشتر از نقاط یا قسمت‌های دیگر باشد. احتمال خرابی و شکست در این نقطه از همه نقاط در قطعه بیشتر است. در شکل زیر قسمت‌های بحرانی یک آچار را مشخص کنید. حال این پرسش‌ها را در ذهن خود مرور کنید؟



قسمت‌های بحرانی یک آچار هنگام بارگذاری



مفتول یک گیره کاغذ را همانند شکل زیر باز کنید. یک سمت آن را در دست خود محکم بگیرید. با انگشت دست دیگر به انتهای مفتول نیرو وارد کنید. حالت‌های زیر را در نظر بگیرید (شکل زیر):



آزمایش بارگذاری بر روی یک مفتول گیره کاغذ

### جلوه آفرینش

دانشمندان دریافتند حشره آسیابک (Dragonfly) با طول حداکثر  $\frac{3}{8}$  سانتی‌متر، هنگام مهاجرت هزاران کیلومتر را بر فراز اقیانوس‌ها به طور پیوسته پرواز می‌کند. آنها معتقدند که بدن این حشرات برای سفرهای طولانی مدت تکامل یافته است. چراکه سطح بال‌های این حشرات در مقایسه با هم‌نوعان خود بسیار بیشتر بوده و امکان پرواز گلایدر یا بدون بال‌زدن را برای آنان امکان‌پذیر می‌سازد. به نظر شما در طول زندگی این حشره بال‌های آن چند بار بالا و پایین می‌رود؟ در آزمایش قبل، مفتول را چند بار بالا و پایین حرکت دادید تا مفتول شکست؟ طراحی بدن هر پرنده‌ای کاری بسیار سخت و پیچیده است!



حشره آسیابک

پس از انجام آزمایش، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:  
۱- اگر نیرو وارد شده به سر مفتول کم باشد پس از برداشتن نیرو، آیا مفتول به جای خود برمی‌گردد؟

۲- اگر نیرو وارد شده به سر مفتول زیاد باشد پس از برداشتن نیرو، آیا مفتول به جای خود برمی‌گردد؟

۳- اگر نیرو وارد شده به سر مفتول زیاد باشد و این کار را برای چندین بار تکرار کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

قطعه اگر پس از بارگذاری به حالت اول خود برگشت، می‌گویند قطعه در ناحیه الاستیک (کشسان همانند فنر و کش لاستیکی) است. و در زمانی که قطعه به حالت خود برنگشت، می‌گویند قطعه در ناحیه پلاستیک (موم‌سان همانند موم و پلاستیک) است و وقتی قطعه از یک نقطه جدا شود می‌گویند شکست اتفاق افتاده است.



## انواع مقاومت در مقابل تغییر شکل

بیشتری تحمل کند قبل از اینکه تغییر شکل دائمی بدهد یا دچار تسلیم و شکست شود آن قطعه مستحکمتر است. **چقرمگی:** مقاومت در برابر شکست بر اثر مصرف انرژی را گویند. هرچه برای شکستن قطعه انرژی بیشتری صرف شود، آن قطعه چقرمه تر است.

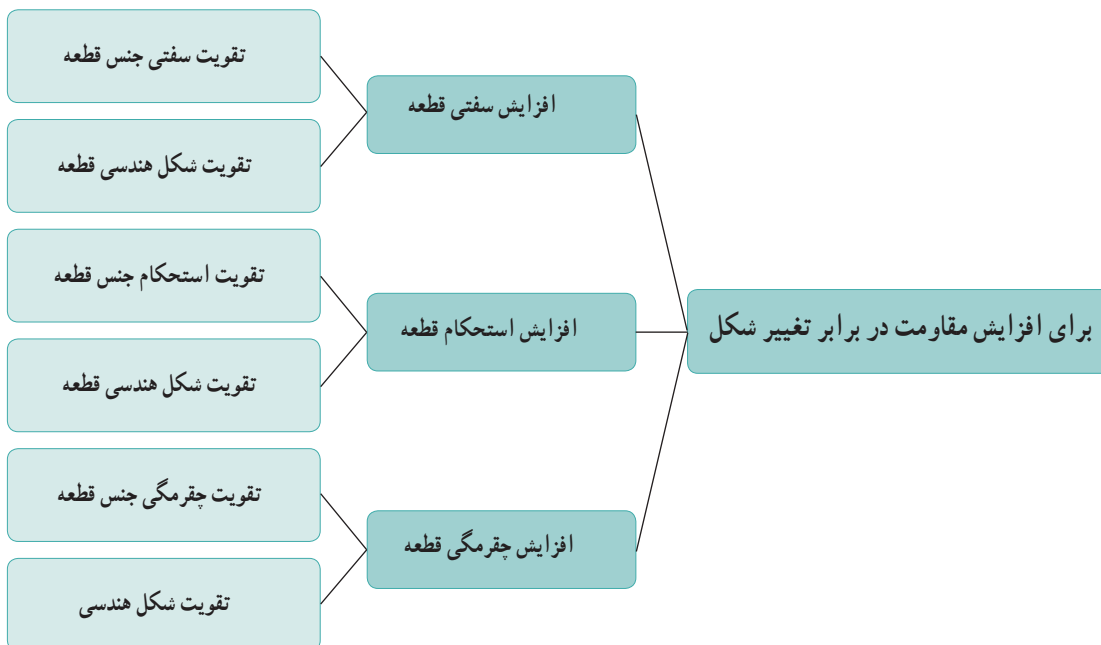
**سفتی:** مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل کشسان (الاستیک) بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه برای جابه جایی و تغییر شکل کشسان نیروی بیشتری نیاز باشد، آن قطعه سفت تر است. **استحکام:** مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل دائمی بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه نیروی

یک تکه چوب تر و یک تکه چوب خشک مشابه هم را تحت بارگذاری خمشی قرار دهید؟ به نظر شما کدام سفت تر، مستحکم تر و چقرمه تر است؟

هوشمندانه می توان قطعات و سازه ها را به گونه ای ساخت که بار و نیروی بیشتری تحمل نمایند. ۳- استفاده از تکیه گاه و ایجاد شرایط مناسب: وجود تکیه گاه های خوب سبب می شود که قطعات نیروی بیشتر تحمل کنند. در نمودار زیر روش های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو نشان داده شده است:

**برای افزایش مقاومت در مقابل تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو و انرژی چه کاری انجام دهیم:**

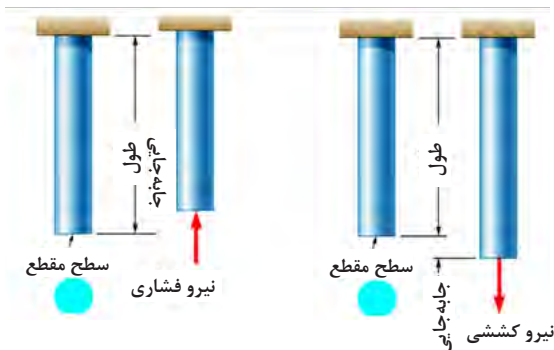
- ۱- استفاده از جنس مناسب: انتخاب جنس مناسب برای هدف مورد نظر تأثیر زیادی بر استحکام قطعه خواهد داشت.
- ۲- شکل هندسی مناسب: با استفاده از شکل های



نمودار روش های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل

## مقاومت قطعه در برابر بارگذاری کششی و فشاری

اگر بار اعمال شده سبب کشیده شدن قطعه در امتداد محور بار شود، بارگذاری کششی خواهد بود. همچنین اگر بار اعمال شده سبب فشرده شدن قطعه شود بارگذاری فشاری خواهد بود (شکل زیر). همان طور که قبلاً آموخته‌اید، قطعات در هنگام بارگذاری کم، رفتاری همانند فنر از خود نشان می‌دهند و کشیده می‌شوند و پس از برداشته شدن بار به موقعیت اول خود باز می‌گردند.



بارگذاری کششی و فشاری

**سفتی قطعه در بارگذاری کششی:** جابه‌جایی انتهای یک میله که تحت بارگذاری کششی الاستیک قرار دارد با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با مساحت سطح مقطع و سفتی جنس میله رابطه عکس دارد. هرچه سطح مقطع میله بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود.

$$\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع} = \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{جابه‌جایی در بارگذاری محوری}}$$

سفتی جنس مواد مختلف نسبت به هم متفاوت است. هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر شکل آنها کمتر است.

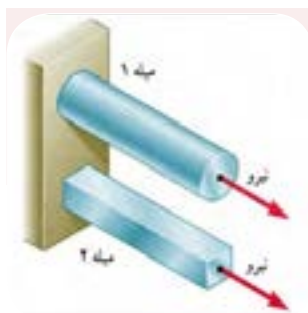
**سفتی فولاد < سفتی مس < سفتی آلومینیوم**  
به‌طور معمول سفتی فولاد از بیشتر فلزات بیشتر است. نام دیگر سفتی جنس مواد، ضریب کشسانی و الاستیک است.

**استحکام قطعه در بارگذاری کششی:** نیروی وارده به یکا سطح را تنش می‌گویند هرچه نیرو بیشتر و سطح مقطع کوچک‌تر باشد تنش بیشتر می‌گردد. هرچه تنش کششی یا فشاری بیشتر شود، قطعه به خرابی و شکست نزدیک‌تر می‌شود.

$$\text{تنش کششی در بارگذاری محوری} = \frac{\text{نیروی کششی}}{\text{سطح مقطع}}$$

اگر تنش کششی و فشاری در یک قطعه بیشتر از استحکام کششی جنس شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. استحکام کششی به جنس قطعه بستگی دارد. یکی دیگر از راه‌های افزایش استحکام یک قطعه تقویت شکل هندسی است تا تنش در قطعه کم شود. برای اینکه یک میله در برابر نیروی کششی مقاوم باشد بایستی سطح مقطع میله را افزایش دهیم. یعنی هرچه سطح مقطع میله بیشتر باشد در مقابل نیروی کششی یا فشاری مقاوم‌تر است. مقاومت قطعاتی که به‌صورت کششی یا فشاری بارگذاری شده‌اند، نوع شکل سطح مقطع روی آن تأثیری ندارد. مقدار استحکام کششی جنس فلزات مختلف با یکدیگر متفاوت است.

**استحکام کششی فولاد < استحکام کششی مس < استحکام کششی آلومینیوم**



در شکل زیر دو میله از جنس فولاد تحت بارگذاری یکسان کشیده می‌شوند. اگر طول و وزن میله‌ها یکسان باشند کدام یک بیشتر کشیده می‌شوند؟ در گروه خود بحث نمایید.

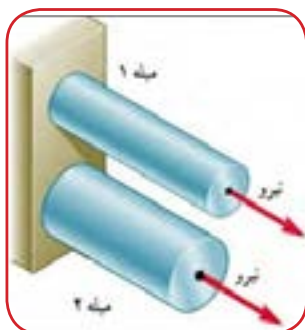
بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی با طول و جنس و وزن یکسان

فعالیت





در شکل زیر دو میله از جنس فولاد با سطح مقطع دایره‌ای توپر تحت بارگذاری یکسان کشیده می‌شوند. اگر وزن میله ۱ نصف وزن میله ۲ باشد جابه‌جایی میله ۱ چند برابر میله ۲ است؟ (طول میله‌ها برابر است).



بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی  
با طول و جنس یکسان

### مقاومت قطعه در برابر بارگذاری برشی

نمونه‌ای از بارگذاری برشی است. مقاومت سازه‌هایی که دارای سطح مقطعی که به صورت برشی بارگذاری شده است مستقل از شکل مقطع است (شکل زیر).

اگر بار اعمال شده سبب بریدن قطعه شود، بارگذاری برشی خواهد بود. این بارگذاری توسط دو نیرو در جهت خلاف هم و نزدیک هم اتفاق می‌افتد. قیچی کردن



بارگذاری برشی

اگر تنش برشی در یک قطعه بیشتر از استحکام برشی جنس قطعه شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. استحکام برشی جنس‌های مختلف در قطعه متفاوت است. پس برای افزایش استحکام یک قطعه بایستی تنش را کم کنیم. برای اینکه یک پیچ یا قطعه در برابر نیروی برشی مقاوم باشد بایستی سطح مقطع پیچ را افزایش دهیم. یعنی هرچه سطح مقطع پیچ بیشتر باشد در مقابل نیروی برشی مستحکم‌تر است. استحکام قطعاتی که به صورت برشی بارگذاری شده‌اند، شکل مقطع روی آن تأثیری است. استحکام برشی فلزات با توجه به جنس آنها متفاوت است.

**استحکام قطعه در بارگذاری برشی:** نیروی برشی وارده به یک سطح را تنش برشی می‌گویند هرچه نیروی برشی بیشتر و سطح مقطع کوچک‌تر باشد تنش برشی بیشتر می‌گردد. هرچه تنش برشی یا فشاری بیشتر شود، قطعه به خرابی و شکست نزدیک‌تر می‌شود. برای نمونه اگر در شکل فوق، قطر پیچ کوچک‌تر و نیرو ثابت باشد، تنش برشی بیشتر خواهد بود.

$$\text{تنش برشی} = \frac{\text{نیروی برشی}}{\text{سطح مقطع}}$$

هرچه استحکام برشی جنس بالاتر باشد، استحکام **استحکام برشی فولاد < استحکام برشی مس < استحکام برشی آلومینیوم** قطعه در برابر بارگذاری برشی بیشتر خواهد بود.

فعالیت



با توجه به شکل زیر در مورد علت خرابی لبه‌های برنده ناخن گیر و دم باریک بحث و گفتگو کنید. به نظر شما لبه‌های برنده استحکام لازم را نداشته است یا اینکه به درستی از آنها استفاده نشده است؟

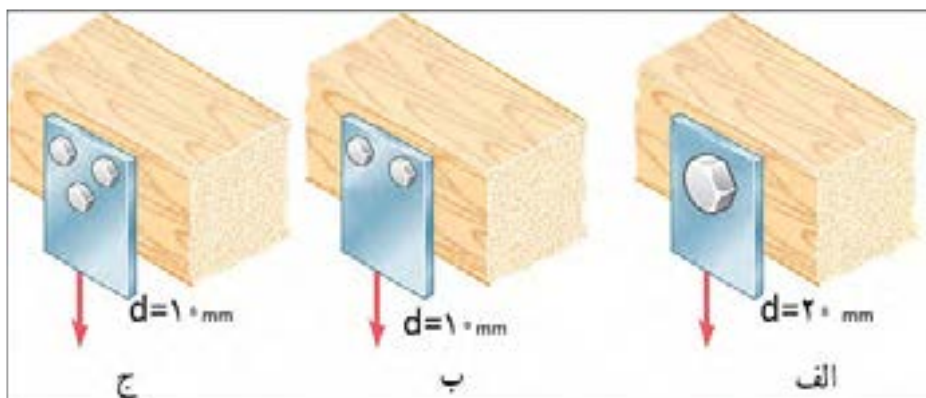


لبه‌های برنده خراب شده در ناخن گیر و دم باریک

فعالیت



در شکل زیر یک تسمه فولادی توسط چند پیچ از یک جنس بر روی یک دیوار چوبی محکم پیچ شده است. به نظر شما برای یک نیروی برشی ثابت کدام حالت از اتصال در برابر نیروی برشی مستحکم‌تر است و پیچ‌ها دیرتر بریده می‌شوند. در گروه خود بحث کنید.



اتصالات چند روش اتصال تسمه به دیوار چوبی تحت بارگذاری برشی

فعالیت

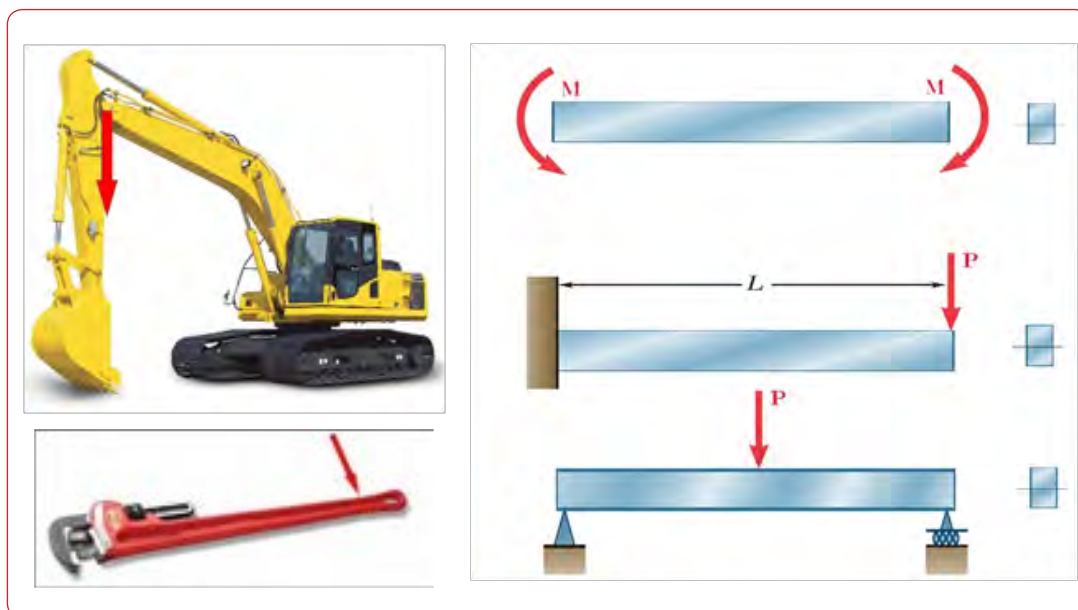


با یک انبردست دو مفتول یا میخ با قطرهای مختلف را برش دهید. برای نیروی وارده یکسان تنش برشی وارده به کدام یک بیشتر است؟ کدام یک راحت‌تر بریده می‌شود؟ چرا؟  
همین کار را برای دو مفتول با قطر یکسان و جنس متفاوت (مس و فولاد) انجام دهید؟ تنش برشی کدام یک بیشتر خواهد بود؟ کدام یک زودتر بریده خواهد شد؟ چرا؟

## مقاومت قطعه در برابر بارگذاری خمشی

خم کردن خط کش نشان داده شده است. یکی با اعمال نیروی عرضی در یک نقطه از خط کش مانند انتهای آن، و دیگری با اعمال گشتاور در هر نقطه از آن خم می‌شود. سطح مقطع تیر و محور خمش نیز در شکل نشان داده شده است.

یکی دیگر از انواع بارگذاری‌ها همان‌طور که در آزمایش با خط کش فلزی تجربه کردید بارگذاری خمشی بود. خط کش فلزی یا هر قطعه دیگر با چندین روش بارگذاری خم می‌شوند. در شکل زیر دو روش برای

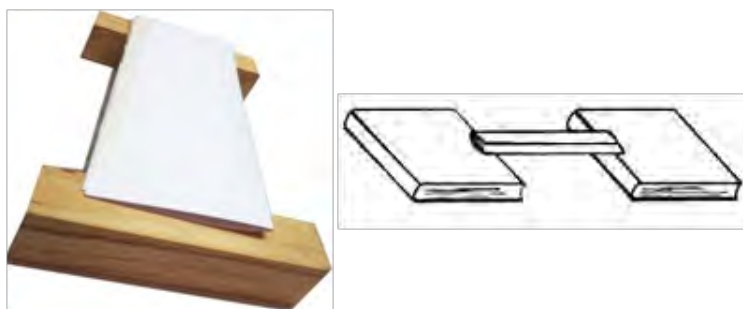


انواع بارگذاری برای خمش یک تیر یا قطعه

با استفاده از روش‌های نشان داده شده در شکل فوق بر روی خط کش فلزی بارگذاری خمشی انجام دهید؟

دو کاغذ A4 را نصف کنید و با استفاده از آنها آزمایش‌های زیر را انجام دهید:

۱- کاغذها را تا کرده روی هم قرار دهید، سپس لبه‌های آن را چسب زده و آنها روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.



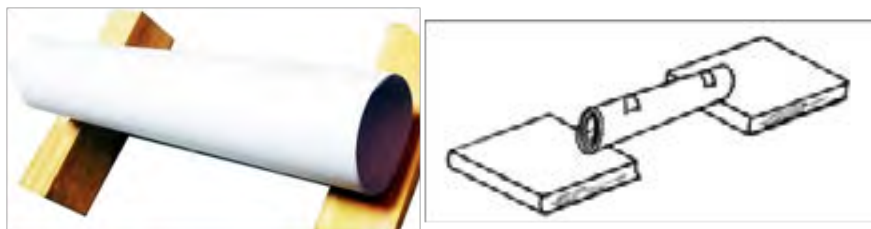
فعالیت



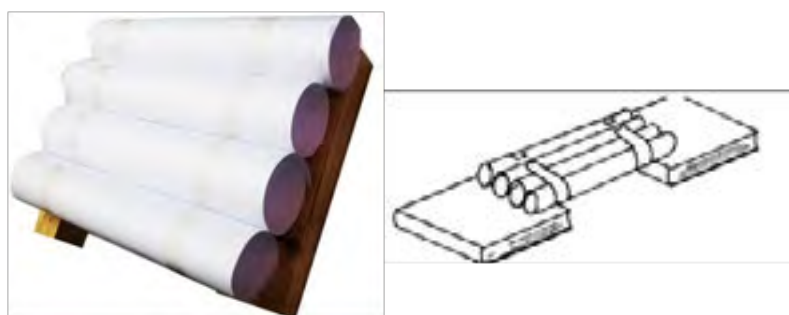
فعالیت



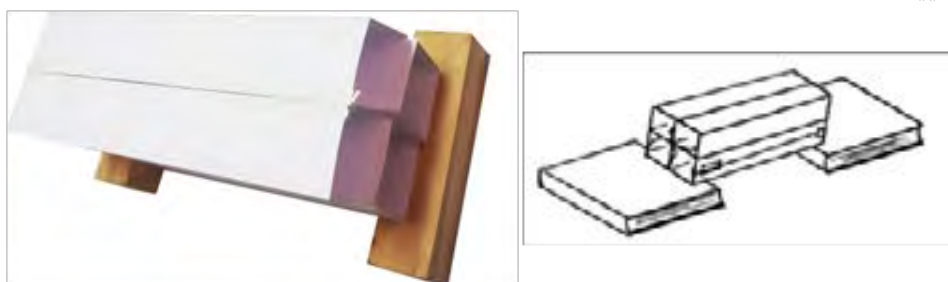
۲- کاغذها را روی هم قرار دهید، سپس آن را لوله کرده و با چسب لبه‌های آن را بچسبانید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.



۳- کاغذها را تک تک لوله کرده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.



۴- کاغذها را تک تک به شکل قوطی در آورده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.



پس از انجام آزمایش‌ها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

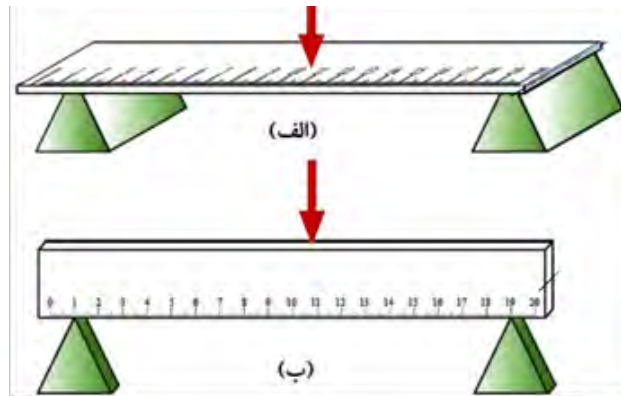
۱- وزن کاغذها در سه آزمایش با هم چه تفاوتی دارند؟

۲- استحکام کدام قطعه و سازه کاغذی که شما آزمایش کردید در مقابل نیروی خمشی بالاتر است؟

۳- اگر شما قرار بود یک پل طراحی می‌کردید، کدام یک از سازه‌ها را پیشنهاد می‌کردید؟



با استفاده از خط کش فلزی بارگذاری خمشی را در دو جهت انجام دهید؟ استحکام خمشی خط کش فلزی در کدام جهت بیشتر است؟ یعنی در کدام حالت خط کش به سختی خم می شود؟ (راهنمایی به سطح مقطع خط کش توجه کنید. شکل زیر)



بارگذاری خمشی بر روی خط کش در دو جهت

همان طور که در آزمایش مشاهده کردید با اینکه سطح مقطع خط کش در دو حالت یکسان است اما استحکام خمشی خط کش در حالت (ب) بیشتر از حالت (الف) است. دلیل آن این است که ممان اینرسی سطح مقطع خط کش، حول محور خمش در حالت (ب) بیشتر از حالت (الف) است.

### ممان اینرسی چیست؟

ممان اینرسی عامل مقاوم در مقابل خمش می باشد و هرچه ذرات تشکیل دهنده جسم در سطح مقطع نسبت به محور خمش دورتر باشد، ممان اینرسی بیشتر است. به شکل زیر توجه کنید، تمام سطح مقطع جسم در اشکال با هم برابر است. یعنی همه مساحت ها یکسان هستند ولی ممان اینرسی حول محور افقی در شکل الف که شبیه به I است از ممان اینرسی بقیه شکل ها بیشتر است. همچنین ممان اینرسی شکل (ح) از همه کوچک تر است.

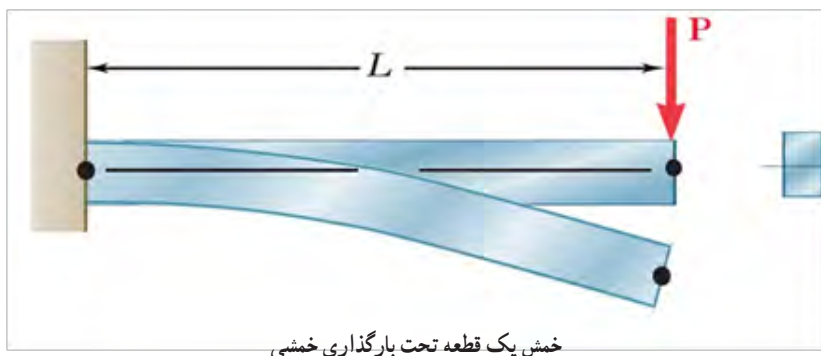


انواع سطح مقطع در خمش

کتاب خود را ۹۰ درجه موافق عقربه های ساعت بچرخانید. حال به سطح مقطع ها نگاه کنید، به نظر شما کدام سطح مقطع ها در حول محور افقی (محور جدید) ممان اینرسی بیشتری دارند؟ در گروه خود بحث کنید؟



سفتی قطعه در بارگذاری خمشی: هنگام خمش فشرده می‌شود و بیشترین جابه‌جایی قطعه در انتهای یک قطعه یا یک تیر بالای جسم کشیده و پایین جسم



خمش یک قطعه تحت بارگذاری خمشی

توسط یک تکه ابر بارگذاری خمشی را آزمایش کنید و کشیدگی و فشرده‌گی ذرات را ترسیم نمایید.

فعالیت

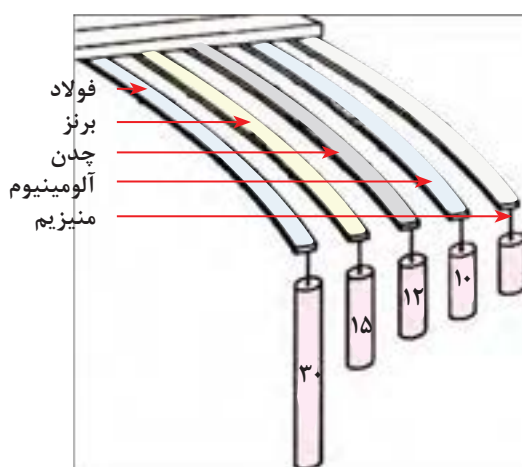


نیرو  $\propto$  طول<sup>۳</sup> سفتی جنس  $\times$  ممان اینرسی جابه‌جایی در خمش هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر شکل آنها در مقابل خمش کمتر و سفتی قطعه بیشتر خواهد بود و برای جابه‌جایی باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.

جابه‌جایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری خمشی قرار دارد با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با ممان اینرسی و سفتی جنس قطعه رابطه عکس دارد. یعنی هرچه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود و قطعه در مقابل خمش سفت‌تر است.

در گروه در مورد نیرو و گشتاور، سفتی جنس، جابه‌جایی و طول قطعات در شکل زیر، بحث و گفتگو نمایید و دلیل جابه‌جایی ثابت آنها را توضیح دهید؟

فعالیت



جابه‌جایی قطعات در بارگذاری خمشی



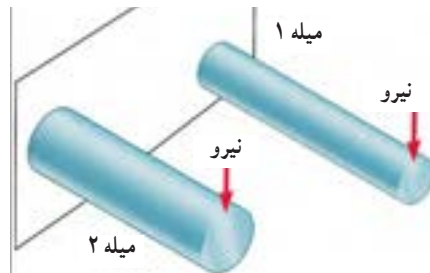
**استحکام قطعه در بارگذاری خمشی:** هنگام خمش در یک قطعه، بالای جسم کشیده و پایین جسم فشرده می‌شود. لذا به بالای جسم تنش کششی و به پایین جسم تنش فشاری اعمال می‌شود. اگر تنش کششی و فشاری در یک قطعه در هنگام خمش بیشتر از استحکام کششی یا فشاری شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. همان‌طور که قبلاً گفته شد استحکام کششی یا فشاری به جنس قطعه بستگی دارد. یکی دیگر از راه‌های افزایش استحکام یک قطعه بایستی در هنگام خمش، کاهش تنش است. برای این کار بایستی ممان اینرسی قطعه حول محور خمش

را افزایش دهیم. یعنی هرچه ممان اینرسی بیشتر باشد، قطعه در مقابل خمش مستحکمتر است.

گشتاور  
ممان اینرسی  $\propto$  تنش در قطعه هنگام خمش

اگر وزن و طول قطعه‌ای ثابت باشد، سطح مقطع به شکل I، در بارگذاری خمشی در یک جهت بیشترین استحکام را دارا است (به قطعات نشان داده شده در شکل اول فصل مراجعه کنید). اگر بارگذاری خمشی در چند جهت باشد دایره توخالی بهترین استحکام خمشی را دارد. این موضوع را در آزمایش با کاغذها تجربه کردید.

دو مفتول فلزی هم جنس را به طول ۲۰ سانتی‌متر که دارای قطرهای مختلف و توپر هستند به یک گیره ببندید، و آن را بارگذاری خمشی کنید، کدام یک دارای استحکام خمشی بالاتر هستند؟ همین کار را برای دو مفتول هم جنس، هم وزن، هم طول با ممان اینرسی متفاوت انجام دهید. استحکام کدام یک بیشتر است؟

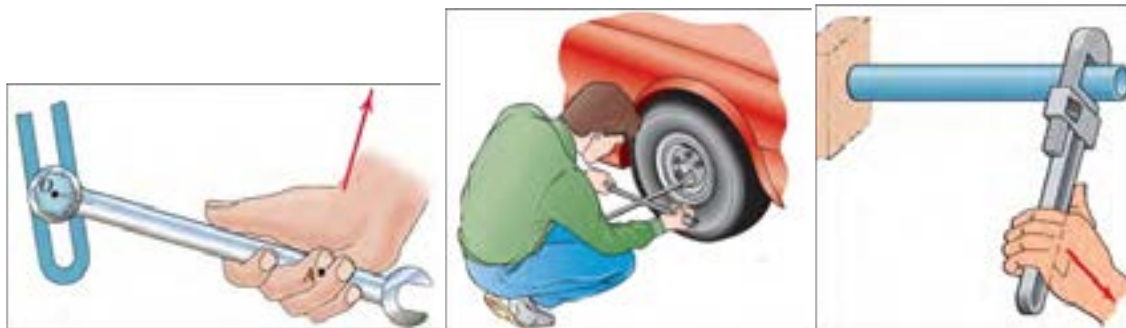


بارگذاری خمشی دو میله با جنس و طول یکسان

### مقاومت قطعه در برابر بارگذاری پیچشی

یکی دیگر از انواع بارگذاری‌ها همان‌طور که در آزمایش با خط کش فلزی تجربه کردید بارگذاری پیچشی است.

خط کش فلزی یا هر قطعه دیگر با چندین روش بارگذاری پیچشی می‌شوند. در شکل زیر دو روش برای پیچاندن قطعه خط کش نشان داده شده است.



روش‌هایی برای پیچاندن قطعه



با چند روش بارگذاری متفاوت یک خط کش فلزی را دچار پیچش نمایید و سپس شکل های آنها را ترسیم نمایید؟

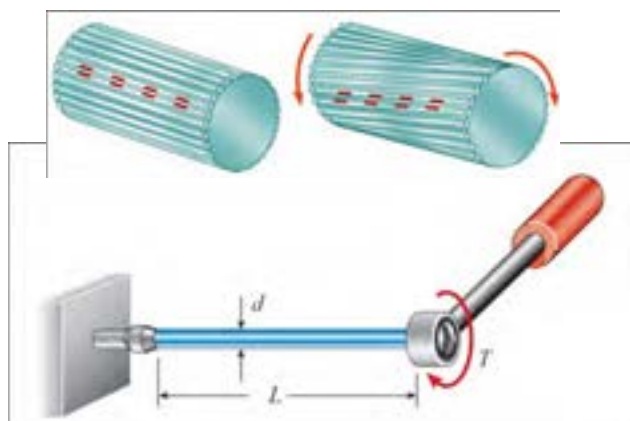
## ممان اینرسی قطبی چیست؟

ممان اینرسی قطبی عامل مقاوم در مقابل پیچش است و هرچه ذرات تشکیل دهنده جسم در سطح مقطع نسبت به محور دوران دورتر باشد، ممان اینرسی قطبی بیشتر است. برای اینکه استحکام قطعه در مقابل پیچش بیشتر باشد بایستی ممان اینرسی قطبی



ب  
الف  
ممان اینرسی قطبی برای دو سطح مقطع متفاوت

سفتی قطعه در بارگذاری پیچشی: هنگامی که قطعه ای تحت بارگذاری پیچشی قرار می گیرد، ذرات جسم حول محور خود دوران می کنند و جابه جا می شوند. انواع بارگذاری برای ایجاد پیچش در جسم وجود دارد.



پیچش در یک قطعه

به شکل بالا نگاه کنید. زاویه پیچشی یا جابه جایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری پیچشی قرار دارد، با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با ممان اینرسی قطبی و سفتی برشی جنس قطعه (که به آن صلابت هم گفته می شود) رابطه عکس دارد. یعنی هرچه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگتر باشد برای یک نیروی ثابت جابه جایی کمتر می شود و قطعه در مقابل پیچش سفت تر است.

شکل آنها در مقابل پیچش کمتر خواهد بود و برای جابه‌جایی باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.

سفتی برشی فولاد < سفتی برشی مس < سفتی برشی آلومینیوم

$$\frac{\text{طول} \times \text{گشتاور پیچشی}}{\text{سفتی برشی جنس} \times \text{ممان اینرسی قطبی}} \propto \text{زاویه در پیچش}$$

هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر

سه خط‌کش چوبی، فلزی و پلاستیکی ۳۰ سانتی با سطح مقطع یکسان را تحت پیچش قرار دهید. برای جابه‌جایی ۴۵ درجه کدام یک نیروی بیشتری لازم است؟

فعالیت



$$\frac{\text{گشتاور پیچشی}}{\text{ممان اینرسی قطبی}} \propto \text{تنش در قطعه هنگام پیچش}$$

هرچه ممان اینرسی قطبی بیشتر باشد استحکام پیچشی قطعه بالاتر خواهد بود. برای نمونه اگر دو لوله توپر و توخالی با اندازه یکسان اگر دارای وزن و جنس یکسان باشند، استحکام پیچشی لوله توخالی بیشتر است.

استحکام قطعه در بارگذاری پیچشی: بارگذاری

پیچشی سبب ایجاد تنش برشی در جسم می‌شود. اگر تنش برشی وارده به جسم به استحکام برشی برسد قطعه دچار خرابی می‌شود. فلزات و مواد مختلف دارای استحکام برشی جنس متفاوت هستند. هرچه استحکام برشی جنس بالاتر باشد استحکام پیچشی نیز بالاتر خواهد بود.

یکی از مواردی که هنگام کار با آن مواجه می‌شویم بریدن پیچ اتصالات است. به نظر شما کدام عامل سبب بریدن پیچ می‌شود؟ (شکل راست)

الف) وارد کردن گشتاور بیش از حد مجاز به پیچ

ب) پایین بودن ممان اینرسی قطبی

ج) پایین بودن تنش برشی مجاز به دلیل جنس قطعه

فعالیت



در سیستم انتقال قدرت در خودرو، جهت انتقال حرکت از موتور به چرخ‌های عقب از میل‌گاردان استفاده می‌شود. میل‌گاردان تحت بارگذاری پیچشی قرار دارد. تحقیق کنید که سطح مقطع میل‌گاردان دارای چه شکلی است و جنس آن از چیست؟ (شکل چپ)

تحقیق کنید

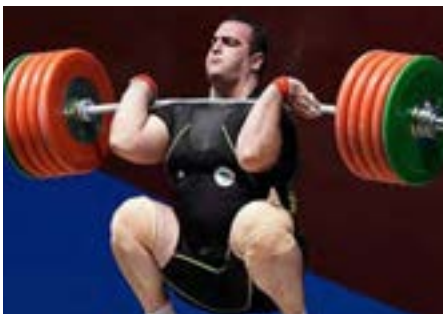


میل‌گاردان بارگذاری پیچشی را برای انتقال گشتاور تحمل می‌نماید.

یک پیچ بریده شده بر اثر بارگذاری پیچشی

## ارزشیابی پایان فصل:

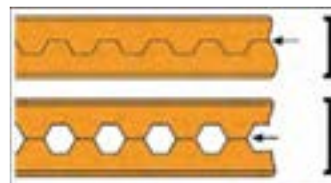
**تمرین:** در وزنه‌برداری گشتاور زیادی به میله وزنه‌برداری وارد می‌شود که آن را خم می‌کند. برای اینکه استحکام میله در بارگذاری خمشی بالا رود چه راه‌حلی پیشنهاد می‌نمایید؟



**تمرین:** اگر وزن و نیروی وارده به دو کفش نشان داده شده در شکل زیر یکسان باشد تنش فشاری بر روی پاشنه کدام کفش بیشتر است، احتمال خراب شدن کدام پاشنه بیشتر می‌باشد؟



**تمرین:** از روش‌های تولید تیرهای آهنی برش و جوش کاری تیر آهن به شکل لانه زنبوری است. چرا این نوع از تیر آهن‌ها در مقابل خمش استحکام بیشتری دارند؟



تحقیق کنید



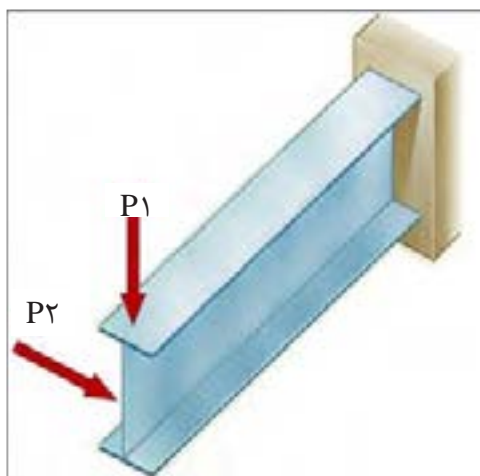
همان‌طور که می‌دانید در مدارهای برقی خودرو، ساختمان یا وسایل فیوزها نقش حفاظتی از دیگر قطعات برقی را بر عهده دارند. یعنی اینکه اگر برق بخواد به قطعه‌ای صدمه وارد کنند، فیوز از این کار محافظت می‌کند و خود را قربانی می‌کند. به همین صورت در وسایل مکانیکی نیز فیوز مکانیکی وجود دارد. فیوز مکانیکی سبب می‌شود تا نیرو و گشتاور بیش از حدی به قطعات مکانیکی وارد نشود و آنها دچار خرابی و شکست نشوند. فیوزهای مکانیکی انواع مختلفی دارند که پین‌های برشی از این جمله هستند. شما همراه گروه خود در زمینه انواع فیوزهای مکانیکی که خود را قربانی دیگر قطعات می‌کنند تا به آنها صدمه نزنند. تحقیق کنید و چند نمونه از آن را در دستگاه‌ها و وسایل کاری موجود در کارگاه نام ببرید.

تحقیق کنید



همان‌طور که دیدید استخوان‌های بدن انسان هر کدام برای هدفی که دارند دارای شکل متفاوتی هستند. استخوان ساق پا (تیبیا) دومین استخوان بزرگ بدن بعد از استخوان ران پا است که انواع مختلف بارگذاری در جهت‌های مختلف به آن وارد می‌شود. به نظر شما سطح مقطع این استخوان چرا به صورت توپر یا به شکل مربع شکل نیست؟ فکر می‌کنید طراح آن چرا این شکل را که شبیه دایره توخالی می‌باشد انتخاب کرده است؟ به صورت گروهی تحقیق کنید.

**تمرین:** در شکل زیر اگر نیروی  $P_1$  و  $P_2$  با هم برابر باشند، جابه‌جایی تیر در جهت افقی بیشتر است یا در جهت عمودی؟ علت را توضیح دهید.



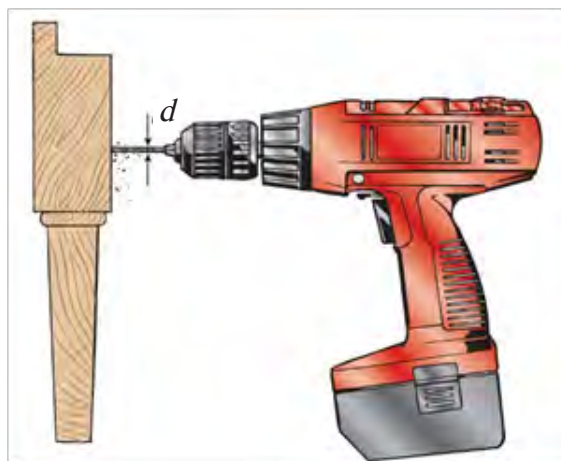
مواد ترد و شکننده و مواد نرم و چکش‌پذیر هر کدام در هنگام پیچش به شکل خاصی می‌شکنند، شکل شکستن هر یک از مواد را هنگام پیچش تحقیق کنید.

تحقیق کنید



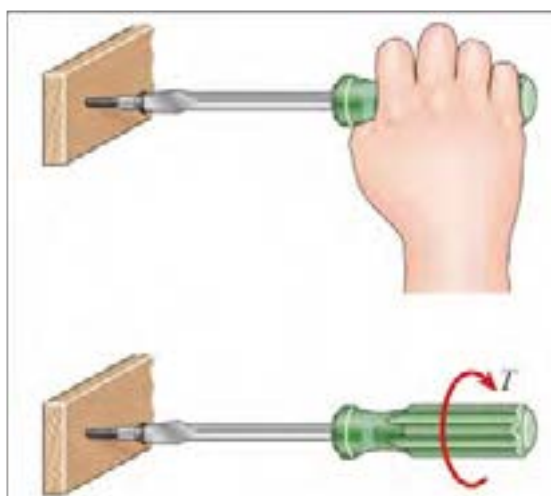
یکی از موارد رایج در هنگام کار شکست مته هنگام سوراخ‌کاری است. دلایل شکست مته هنگام کار را بررسی نمایید؟

بررسی کنید



هنگام پیچ کردن قطعات چوبی برای استحکام بالا بایستی چه موارد را در نظر گرفت؟

بررسی کنید



کمانش چیست و برای استحکام قطعه در کمانش بایستی چه کاری انجام داد؟ تصاویر مربوطه را رسم نمایید.

تحقیق کنید



## منابع

- ۱- قدیری مقدم، اصغر، میرمنتظری، سید حسن، آقازاده هریس، احمد، تأسیسات حرارتی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.
- ۲- میرمنتظری، سید حسن، رئیسی، علی، حکمت، علی، آقازاده هریس، احمد، تأسیسات بهداشتی ساختمان، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.
- ۳- سوادکوهی، مجید، ضیغمی، حسن، عیب‌یابی و تعمیر آب گرم‌کن دیواری، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.
- ۴- پارسا، محمود، گل‌محله، امید، متالورژی عمومی و شناخت مواد صنعتی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.



هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه  
به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام‌نگار [tvoccd@roshd.ir](mailto:tvoccd@roshd.ir) ارسال نمایند.

وبگاه: [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

دفترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش