

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



## دانش فنی پایه

رشته تأسیسات مکانیکی

گروه مکانیک

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب: دانش فنی پایه (رشته تأسیسات مکانیکی) - ۲۱۰۴۴۱
- پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: رضا افشاری‌نژاد، داود بیطرفان، ناصر جمادی، حسن ضیغمی، محمد قربانی، حسن میرمنتظری، عقیل نوروزی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری: مهدی اسماعیلی، رضا افشاری‌نژاد، ناصر جمادی، وحید سجادی، حسن ضیغمی، عقیل نوروزی (اعضای گروه تألیف)
- شناسه افزوده آماده‌سازی: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - مجتبی احمدی (صفحه‌آرا) - فاطمه رئیسبان فیروزآباد (رسام)
- ناشر: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
- چاپخانه: تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- سال انتشار و نوبت چاپ: وب‌گاه: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)
- شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹
- چاپ پنجم ۱۳۹۹: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

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 از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



ما باید زحمت بکشیم تا در همهٔ جناح‌ها خودکفا باشیم. امکان ندارد که استقلال به دست 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 سِرُّهُ»

۷.....	پودمان اول: کلیات
۲۱.....	پودمان دوم: مواد و کاربرد آنها
۶۷.....	پودمان سوم: محاسبات و برآورد
۱۰۵.....	پودمان چهارم: سیستم‌ها و دستگاه‌ها
۱۳۳.....	پودمان پنجم: مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل
۱۶۰.....	منابع

## 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

پودمان اول

کلیات



## مقدمه

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 اجرای 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، خواب‌آلودگی و بیماری نشود و راندمان و بهره‌وری را بالا ببرد.

## انواع سیستم گرمایشی

از جمله رشته‌های تحصیلی، رشته تأسیسات مکانیکی می‌باشد. این رشته به طراحی و اجرای سیستم‌های تهویه مطبوع، تأسیسات سرمایشی، تأسیسات گرمایشی، تأسیسات گازرسانی و تأسیسات آبرسانی می‌پردازد. عمده مطالب این رشته در این مقطع تحصیلی تأسیسات گرمایشی است.

سیستم‌های گرمایشی یک ساختمان را می‌توان به روش‌های متفاوتی دسته‌بندی کرد:





## مشاغل قابل احراز در رشته تأسیسات

در جدول‌های زیر 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.

کمک تکنسین تهویه مطبوع		کارگر ماهر تأسیسات مکانیکی ساختمان	
ردیف	نام گروه کاری/شغل	ردیف	نام گروه کاری/شغل
۱	کمک تکنسین تأسیسات مکانیکی	۱	نصاب پکیج شوفاژ
۲	نقشه کش تأسیسات مکانیکی	۲	تعمیرکار شوفاژ
۳	کمک تکنسین دستگاه‌های تهویه مطبوع	۳	شوفاژکار
۴	کمک تکنسین دستگاه‌های سردکننده	۴	عایق کار تجهیزات حرارتی، تهویه و تبرید
۵	کمک تکنسین ناظر لوله کشی گاز	۵	مکانیک تهویه مطبوع
۶	کمک تکنسین دیگ بخار	۶	نصاب تأسیسات ساختمان
۷	اپراتور توربین گاز	۷	نصاب سیستم گرمایش از کف
۸	نصاب دستگاه خورشیدی	۸	تعمیرکار مشعل
۹	مکانیسین تأسیسات	۹	تعمیرکار پمپ آب
۱۰	نصاب دستگاه‌های خنک کننده و تهویه	۱۰	متصدی کنترل و تنظیم دستگاه‌های تهویه
۱۱	نصاب پخش کننده‌های تابشی	۱۱	نصاب کولر آبی
۱۲	نصاب و تعمیرکار کولرهای گازی پنجره‌ای	۱۲	نصاب موتورخانه
۱۳	نصاب و تعمیرکار کولرهای گازی اسپلیت	۱۳	نصاب پمپ
۱۴	تعمیرکار دستگاه تهویه	۱۴	نصاب سیستم آب گرم مصرفی
۱۵	سرپرست تأسیسات برودتی و حرارتی	۱۵	راه انداز موتورخانه

## 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

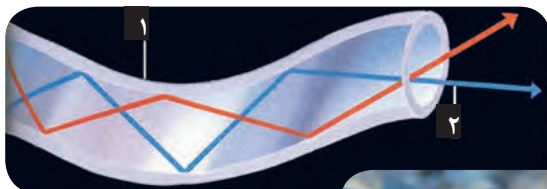
**فناوری فیبر نوری در موجودات زنده:** فیبرهای نوری، کابل‌های شیشه‌ای شفاف هستند که از قابلیت انتقال نور برخوردار می‌باشند. از آنجایی که فیبرهای نوری به آسانی خم می‌شود و پیچ‌وتاب می‌خورد، آنها را می‌توان برای انتقال نور از طریق کابل، حتی به دور دست‌ترین مناطق، مورد استفاده قرار داد. همچنین فیبرهای نوری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

**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 پرهای 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 پرهای مرغابی شمالی هوای گرم را در خود نگاه می‌دارند، نشان‌دهنده بهترین نمونه از عایق‌کاری طبیعی می‌باشند. کوهنوردان امروزی، از طریق پوشیدن لباس‌های مخصوصی که با پرهای دارای ویژگی نگهدارندگی بالای گرما، مشابه ویژگی پرهای مرغابی شمالی پر شده‌اند، بدن‌های خود را گرم نگاه می‌دارند.



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



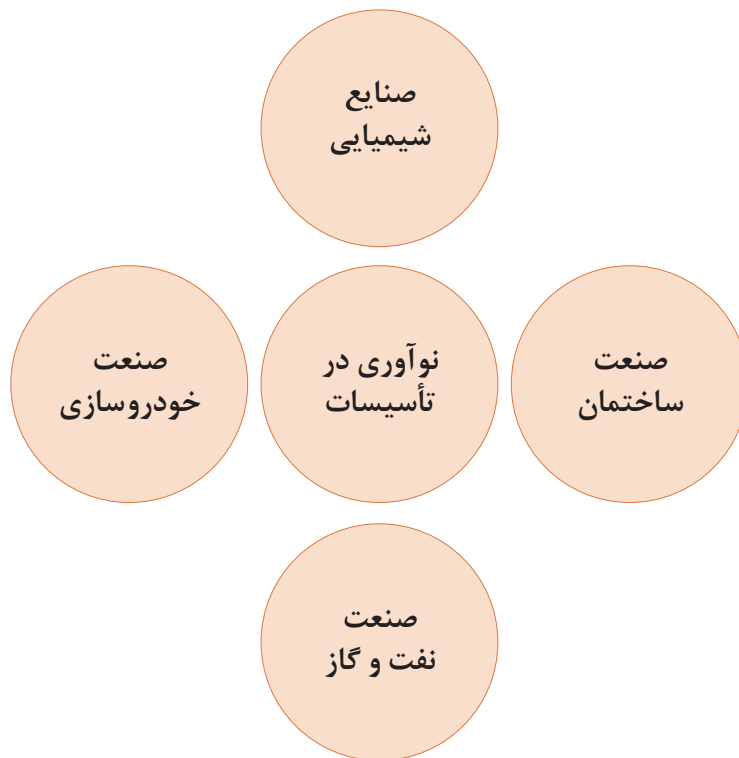


در طبیعت موارد دیگری که به نوعی به تأسیسات مرتبط می‌شود را یافته و نتیجه تحقیق خود را به کلاس ارائه دهید.

## 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 هر یک 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.

پژوهش



## 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.

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	۱۸۴۲
اختراع جعبه داغ (رادیاتور آبی) توسط فرانز سن گالی روسی	۱۸۵۵
اختراع کولرگازی پنجره‌ای که ضمن سرد و گرم کردن می‌توانست هوا را رطوبت‌گیری، رطوبت زدایی و فیلتر کند.	۱۹۴۵

## تاریخچه پیدایش مواد سرمازا

### جدول خلاصه تاریخچه سردسازی

عملیات	سال (میلادی)
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.	قبل از میلاد مسیح
نزدیک به هزار سال پیش ابن سینا برای تقطیر بخار عطر یک کویل سرد را به کار گرفته است.	قرن ۱۱
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.	۱۷۴۸
کاربرد آمونیاک مایع به عنوان مبرد	۱۷۸۰
الیور اوانز طرح اولین دستگاه سردساز را داد که در آن به جای مایع از بخار استفاده می‌شد.	۱۸۰۵
کشف اصول سردسازی جذبی توسط مایکل فارادی	۱۸۲۴
ژاکوب پرکینز با تغییر در طرح اولیه اوانز توانست اولین سردساز جهان را بسازد.	۱۸۳۴
جان گوری با ادامه آزمایش برای ساخت یخ توانست اختراع خود را به ثبت برساند.	۱۸۵۱
اختراع مبرد مصنوعی CFC با نام تجاری فریون توسط توماس میدگلی و ساخت اولین یخچال خانگی مدار بسته	۱۹۲۶
کاربرد انرژی خورشیدی برای تولید یخ (بر اساس تبرید جذبی)	۱۹۵۰
کشف «حفره اوزون» بر سر قطب جنوب	۱۹۸۵

## تاریخچه گرما

برای نخستین بار پدیده گرما توسط مرد و زن غارنشین ماقبل تاریخ برای آفروختن 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 لوله‌ی یک توپ جنگی در اواخر سال‌های ۱۷۹۰ بود، متوجه شد که سلاح پس از مدت کوتاهی سوراخ شدن بسیار داغ می‌شود. او جعبه‌ی عایق و آب‌بندی شده‌ای را که حاوی حدود ده لیتر آب بود در تماس با لوله‌ی توپ قرار داد. در حالی که لوله‌ی 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.

**تاریخچه دماسنجی:** بی‌شک 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» امکان پذیر 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.



گالیلهو گالیله (۱۶۴۲-۱۵۶۴)

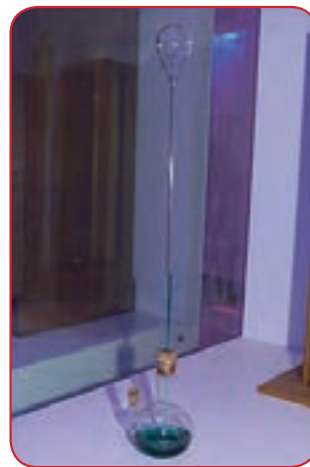
گالیله نخستین وسیله واقعی علمی را برای اندازه‌گیری دما در سال ۱۵۹۳ اختراع کرد این دستگاه به‌طور کیفی، (نه از نظر کمی و مقدار معین دما) اثر گرما را در انبساط هوا نشان می‌داد. دماسنج ساده آن زمان شامل یک حباب و یک لوله شیشه‌ای بود که درون



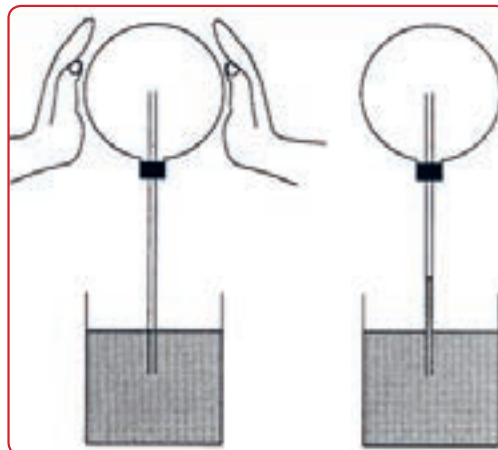
بنجامین تامسون

۱- Benjamin Thompson

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 گالیله 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



اندازه‌گیری دمای نسبی با دمانما

بعدها عده‌ای میزان دمای خون و عده‌ای دیگر دمای ذوب کره 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 نشادر 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 نشادر 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.



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  $240^{\circ}\text{C}$  - 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، کلوین 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. به‌کار 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 سه‌گانه آب را به‌کار می‌برند. این نقطه دمایی است که در آن سه حالت آب، بخار آب و یخ در تعادل می‌باشند. این حالت با دمای  $0/01^{\circ}\text{C}$  سلسیوس متناظر است. مقیاس کلوین، مقیاسی برای دماست که صفر مطلق را به‌عنوان صفر برگزیده است و هر درجه آن  $1^{\circ}\text{C}$  درجه سلسیوس می‌باشد. اما صفر کلوین چگونه تعیین می‌شود؟ در واقع صفر کلوین دمایی نیست که بتوان به آن دست یافت. اما برای مشخص کردن شاخص مقیاس کلوین نقطه سه‌گانه آب را معادل  $273/15^{\circ}\text{C}$  درجه کلوین در نظر می‌گیرند.

افزایش یا کاهش یک درجه سلسیوس برابر افزایش یا کاهش یک درجه کلوین است.  $k=273+^{\circ}\text{C}$

**تاریخچه فشارسنجی:** اوان جلیستا توریچلی Evangelista Torricelli (۱۶۴۷-۱۶۰۸) از اولین کسانی است که به‌صورت علمی بر روی فشارسنجی تحقیقات گسترده‌ای انجام داد. او به توصیه گالیله بر روی پمپ‌های هیدرولیکی تحقیقاتی انجام داد و

آندره سلسیوس (۱۷۴۴-۱۷۰۱) دماسنج خود را در سال ۱۷۴۲ اختراع کرد. مقیاس او براساس دو نقطه پایه‌گذاری شده است. 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  $100$  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 شده است.) او ابتدا نقطه جوش آب را صفر و نقطه انجماد آب را  $100$  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.



لرد کلوین



آندره سلسیوس

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

**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

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 (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 پودمان اول

### بخش اول:

جدول زیر حوزه‌های کاری تأسیسات مکانیکی را نشان می‌دهد. مشخص کنید که انجام هر کار با کدام یک از چهار حرفه: ۱- مهندس مکانیک، ۲- تکنسین تأسیسات مکانیکی، ۳- کمک تکنسین تأسیسات مکانیکی، ۴- کارگر ماهر تأسیسات مکانیکی، بیشترین ارتباط را دارد.

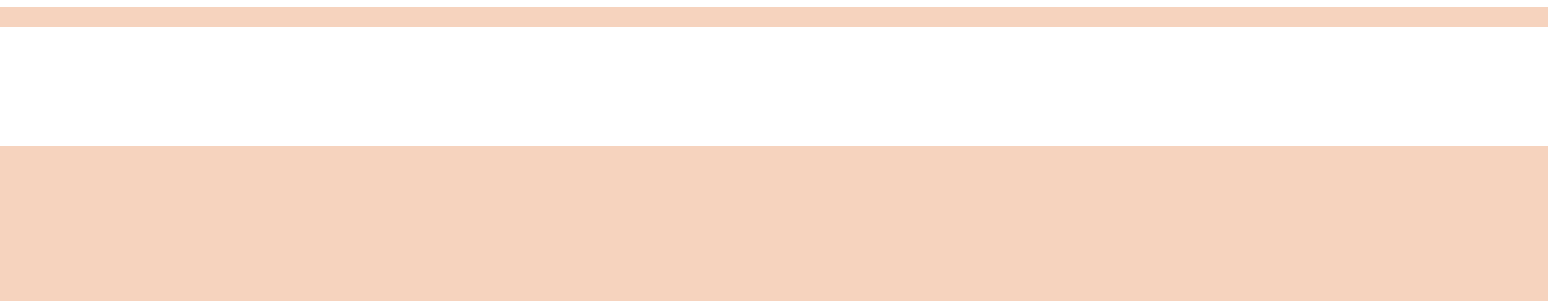
گروه شغلی	عنوان شغل	مسئول انجام
آبرسانی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- لوله کش تأسیسات بهداشتی ساختمان</li> <li>- نقشه کش تأسیسات</li> <li>- نصاب آب گرم کن دیواری</li> <li>- نصاب لوازم بهداشتی ساختمان</li> <li>- لوله کش سیستم پساب ساختمان</li> </ul>	
گازرسانی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- نصاب دستگاه‌های گازسوز</li> <li>- لوله کش گاز ساختمان</li> <li>- ناظر سیستم گازرسانی ساختمان</li> </ul>	
تهویه مطبوع	<ul style="list-style-type: none"> <li>- نصاب پکیج شوفاژ گازی</li> <li>- نصاب سیستم گرمایش از کف</li> <li>- کانال ساز</li> <li>- نصاب و راه انداز چیلر</li> <li>- نصاب پمپ</li> <li>- نصاب موتورخانه گرمایشی</li> <li>- نصاب هواساز</li> <li>- نصاب کولر گازی اسپلیت</li> </ul>	
دستگاه‌های سردکننده	<ul style="list-style-type: none"> <li>- یخچال ساز</li> <li>- نصاب و راه انداز سردخانه</li> <li>- محاسبه سیستم‌های سردکننده</li> <li>- نگهدار سردخانه</li> </ul>	

### بخش دوم:

چنانچه هنرجو نمونه جدول بخش اول را تکمیل نماید قادر به ورود به این بخش می‌باشد و چنانچه در این بخش گزارش کاملی که مورد تأیید هنرآموز محترم است تهیه نماید، نمره قابل قبول را کسب می‌نماید. یک گزارشی از تغییرات مشاغل در بازار کار با توجه به فناوری تهیه و ارائه کنید. قالب این گزارش باید حداقل در یکی از حیطه‌های آبرسانی، گازرسانی، تهویه مطبوع، دستگاه‌های سردکننده و یا سایر موارد مربوط به تأسیسات مکانیکی باشد.

### بخش سوم:

چنانچه گزارش تهیه شده در بخش دوم حداقل در سه حیطه مربوط به تأسیسات مکانیکی باشد، نمره بالاتر از حد انتظار را هنرجو می‌تواند کسب نماید.





پودمان دوم

مواد و کاربرد آنها



## مقدمه

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 ذیل، دوره‌های مهم ایجاد تحول اساسی در مواد صنعتی را در طول تاریخ بشر نشان می‌دهد.

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

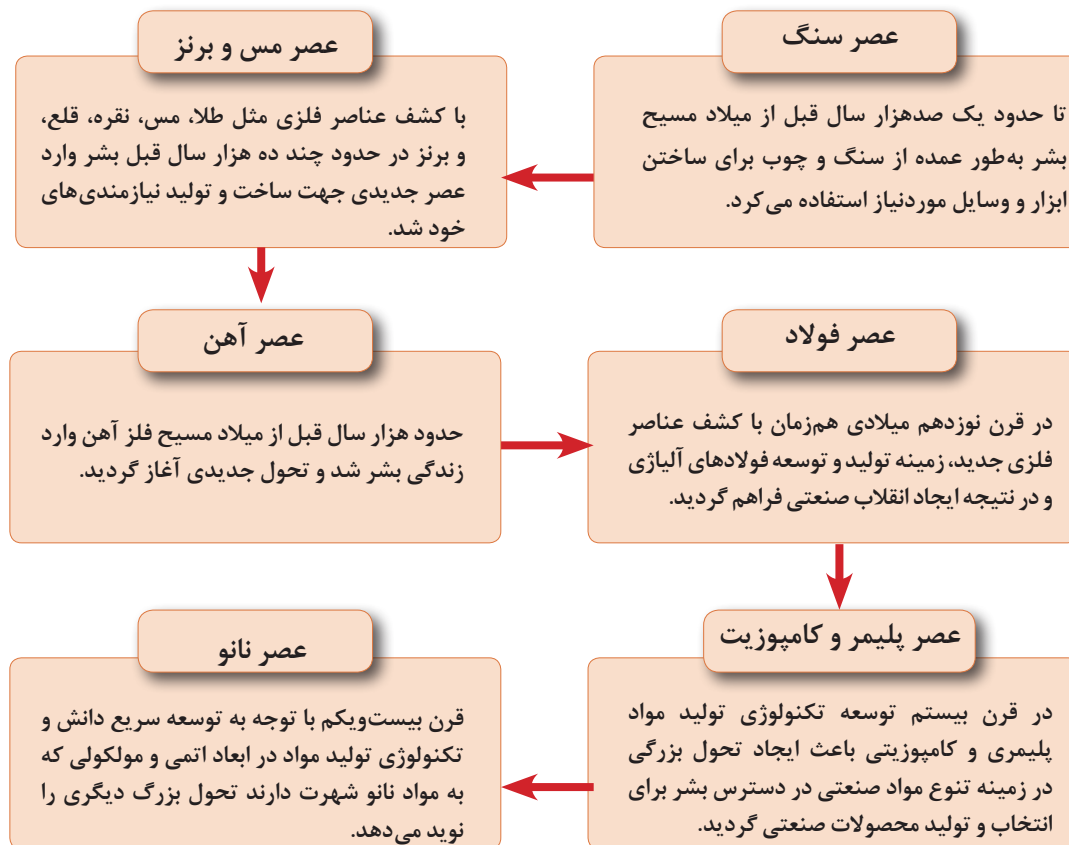
## ضرورت شناخت مواد صنعتی

به‌طور کلی به موادی که در ساخت و تولید قطعات، تجهیزات و سازه‌های صنعتی به‌کار 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 نشود و آسیب نبیند چه می کنید؟

فکر کنید



چند نوع از موادی که در اطراف خود می بینید را بنویسید و سپس به چند پرسش 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؟

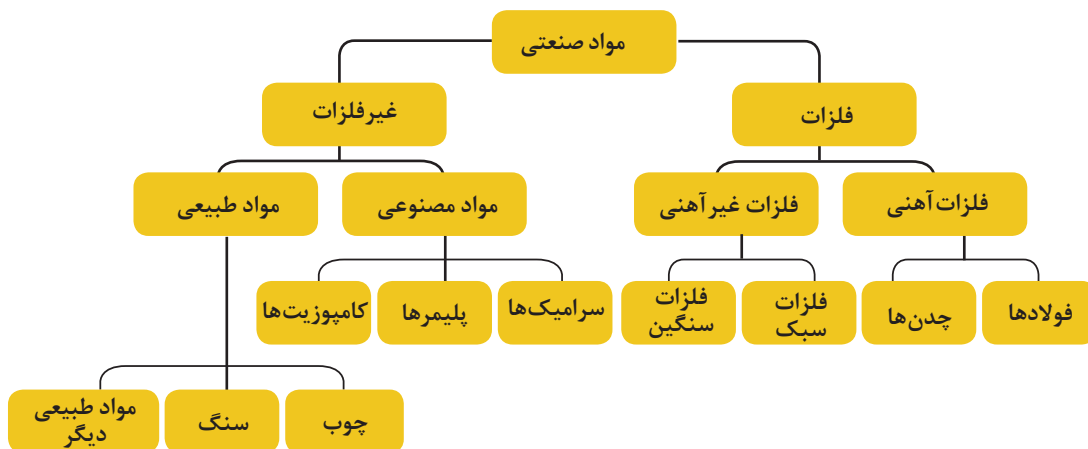
آیا برای حفظ و افزایش طول عمر آن راهکارهای خاصی مورد نیاز است؟

بحث کلاسی



## دسته بندی مواد جامد صنعتی

مواد جامد صنعتی را به صورت های مختلفی می توان دسته بندی کرد. در حالت کلی می توان آنها را به دو دسته اصلی شامل فلزات و غیرفلزات تقسیم کرد.



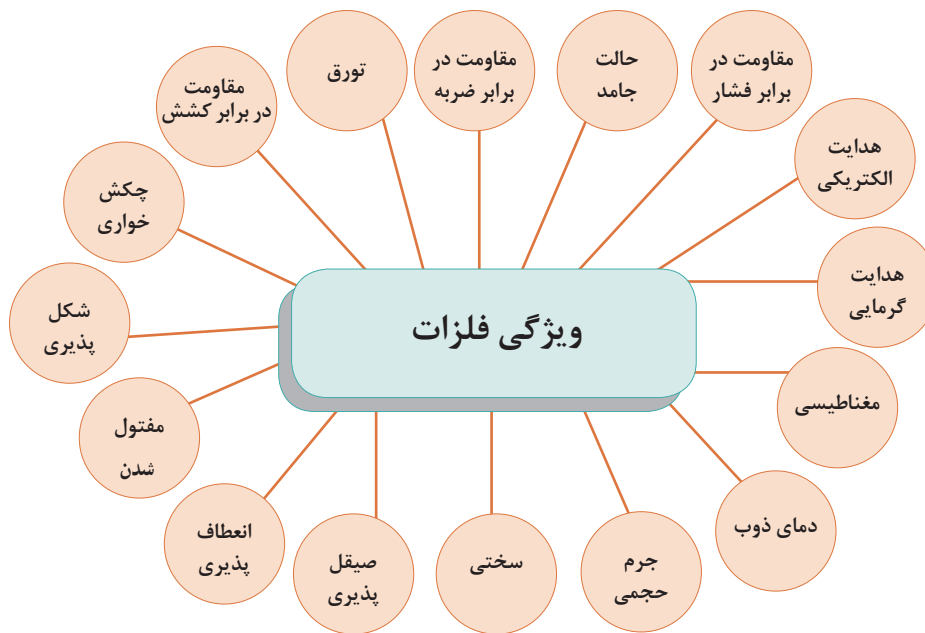
نمودار دسته بندی مواد جامد صنعتی



برای هر یک از مواد و دسته‌بندی‌ها در نمودار دسته‌بندی نشان داده شده، یک نمونه را بیان کنید.



در تصویر زیر چند ویژگی برای فلزات در حالت طبیعی آورده شده است. در راستای هر ویژگی، از کم و زیاد بودن آن ویژگی و یا از بود و نبود آن در فلزات بحث کنید.



۱- آیا ویژگی دیگری نیز به غیر از ویژگی‌های نامبرده می‌شناسید؟ بیان کنید.  
 ۲- آیا می‌توانید فلزی را نام ببرید که در هوای طبیعی محیط مایع است؟ کاربرد آن در تأسیسات در کجا است؟

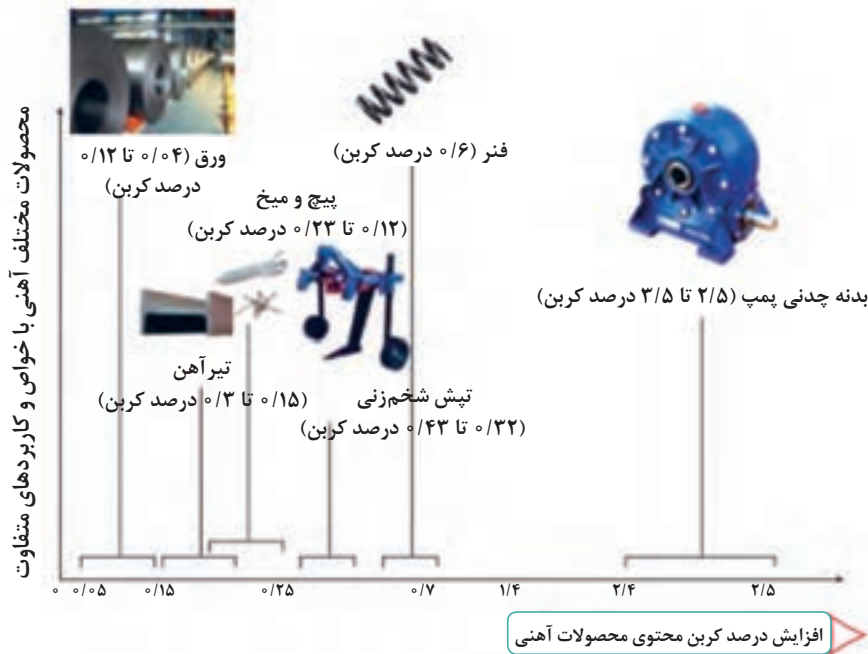


## فلزات:

دانش استخراج و کار روی فلزات را متالورژی (Metallurgy) گویند. فلزات و آلیاژهای آنها را می‌توان به دو گروه اول فلزات پایه آهنی (Ferrous Base Metal) و گروه دوم فلزات پایه غیرآهنی نامید. **الف) فلزات آهنی:** فلزات آهنی فلزاتی هستند که عنصر اصلی تشکیل‌دهنده آنها آهن (Fe) می‌باشد. براساس میزان کربن به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند.

- فولادها
- به‌طور معمول کمتر از ۲ درصد کربن دارند
- چدن‌ها
- بیش از ۲ درصد تا حدود ۶ درصد کربن دارند

نمودار دسته‌بندی فلزات پایه آهنی برحسب مقدار کربن

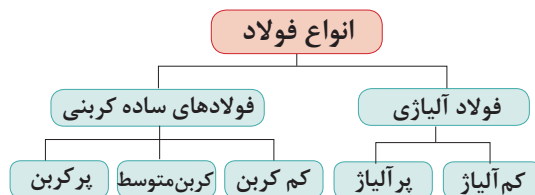


## فولاد

به‌طور کلی می‌توان فولادها را برابر نمودار زیر دسته‌بندی کرد.

### جدول ویژگی‌های فیزیکی آهن

Ferrum	نام
$7/8 \text{ gr/cm}^3$	جرم حجمی
$1538^\circ\text{C}$	نقطه ذوب



نمودار تقسیم‌بندی فولادها

## فولادهای ساده کربنی

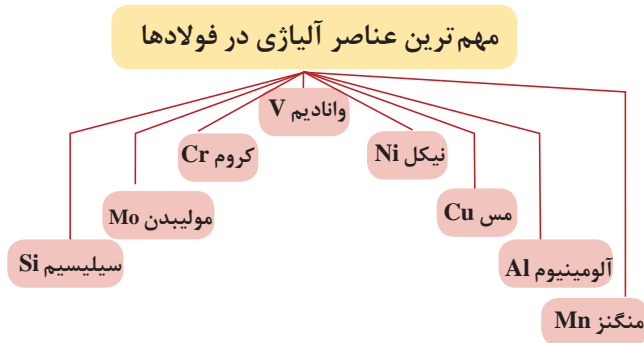
همان طور که در جدول ملاحظه می شود با افزایش درصد کربن استحکام و تنش تسلیم فولاد کربنی افزایش پیدا می کند و همچنین ویژگی های جوشکاری کاهش و مقاومت در مقابل سایش افزایش می یابد.

تصویر	کاربرد	ویژگی	نوع فولاد و میزان کربن
	لوله، ورق، سیم، فولادهای ساختمانی	شکل پذیری، جوشکاری، مغناطیسی، استحکام کم	کم کربن با کربن کمتر از ۰/۲۵ درصد
	چرخ واگن، ماشین آلات صنعتی، دیگ بخار، فولادهای ابزار	ماشین کاری، جوشکاری، سختی پذیری، استحکام متوسط	کربن متوسط با کربن ۰/۲۵ تا ۰/۶۵ درصد
	ابزار آلات، فنر، چرخ دنده ها	مقاومت به سایش، سختی بالا، جوشکاری ضعیف، کربن اصلی ترین عنصر آلیاژی، استحکام زیاد	پر کربن با کربن بیش از ۰/۶۵ درصد

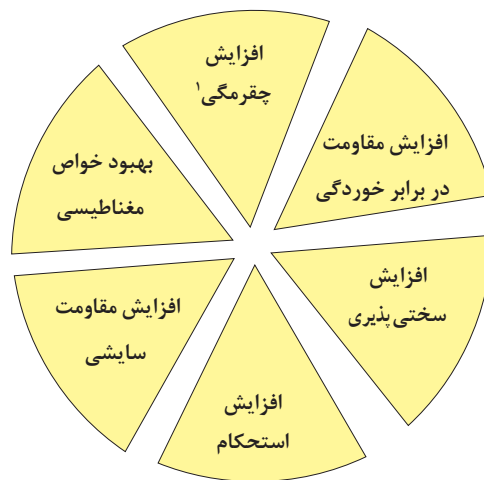
نمودار دسته بندی فولادهای ساده کربنی

## فولادهای آلیاژی

برای بهبود ویژگی فولادها که در نمودار زیر به دلایل اصلی آن اشاره شده است، عناصری آلیاژی به آن افزوده می شود که مهم ترین عناصر آلیاژی در نمودار زیر مشاهده می شوند.

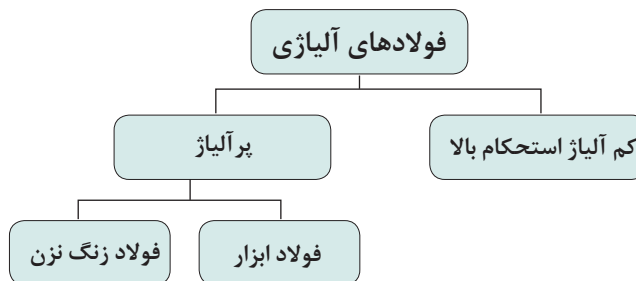


نمودار مهم ترین عناصر آلیاژی در فولادها



نمودار دلایل افزودن عناصر آلیاژی به فولاد

فولادهای آلیاژی را می توان مطابق نمودار زیر تقسیم بندی کرد.



نمودار دسته بندی فولادهای آلیاژی

۱- چقرمگی (Toughness): در علم متالورژی و مواد به مقاومت ماده در برابر شکست در اثر اعمال تنش گفته می شود و به صورت میزان انرژی جذب شده، قبل از شکست در یکای حجم تعریف می شود. بنابراین هرچه چقرمگی ماده ای بیشتر باشد انرژی لازم برای شکست آن بیشتر است.



- ۱- مهم‌ترین عناصر آلیاژی در فولاد را نام ببرید.
- ۲- به چه دلیل مواد آلیاژی به فولاد افزوده می‌شود؟

فولادهای ابزار! فولادهای ابزار گروهی از فولادها هستند که در ساخت ابزار مانند تیغه اره، تیغه قیچی، سوهان، قلم تراش، سوزن خط‌کشی و قالب‌های نورد و برس به کار گرفته می‌شوند.



صفحه فرز



سوهان



سرمته



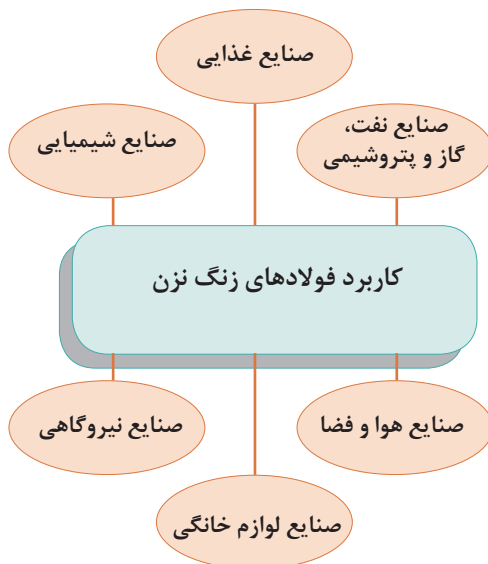
فولادهای ابزار کدام یک از ویژگی‌های زیر را باید دارا باشند.

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> سختی پذیری         | <input type="checkbox"/> شکل پذیری           |
| <input type="checkbox"/> مقاومت سایش        | <input type="checkbox"/> مقاوم در برابر گرما |
| <input type="checkbox"/> هدایت الکتریکی خوب | <input type="checkbox"/> انقباض و انبساط کم  |

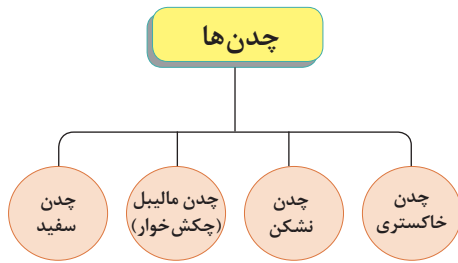


فولاد زنگ‌زن: فولادهای زنگ‌زن از جمله فولادهای آلیاژی می‌باشند که مقاومت بالایی در برابر خوردگی دارند. فولادهای زنگ‌زن حاوی حداقل ۱۰ درصد کروم هستند که عامل اصلی مقاومت در برابر خوردگی است. همچنین عناصر دیگری مانند نیکل و مولیبدن نیز به آن افزوده می‌شود.

با توجه به نمودار کاربرد فولادهای زنگ‌زن، در هر بخش تأسیسات مکانیکی آن صنعت یک نمونه بیان کنید.



نمودار کاربرد فولادهای زنگ‌زن



نمودار دسته‌بندی چدن‌ها

## چدن

چدن‌ها دسته‌ای از آلیاژهای آهنی محتوی کربن و سیلیسیم هستند. نقطه ذوب چدن‌ها نسبت به فولادها به مراتب کمتر است (حدود ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ درجه سلسیوس). بنابراین به راحتی ذوب و ریخته‌گری می‌شوند، اما چدن‌ها ترد و شکننده‌اند. از این رو ساده‌ترین روش ساخت و تولید قطعات چدنی ریخته‌گری است. چدن‌ها را می‌توان در چهار دسته قرار داد.

چند نمونه کاربرد چدن در تأسیسات مکانیکی را نام ببرید.

بحث کلاسی



پژوهش



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



فلزات سنگین (جرم حجمی آنها بیشتر از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب است) مانند: مس، قلع، سرب، برنج و فلزات سبک (جرم حجمی آنها کمتر از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب است) نظیر: آلومینیوم، منیزیم و تیتانیوم، دسته بندی می شوند.

**ب) فلزات غیر آهنی:** تمام فلزات و آلیاژی که بخش اصلی تشکیل دهنده ترکیب آنها عنصری غیر از آهن باشد، مانند: آلیاژهای مس، آلومینیوم، منیزیم، روی، قلع، سرب، نیکل و غیره. فلزات غیر آهنی براساس جرم حجمی به دو دسته



فلز روی در روکش لوله گالوانیزه



لوله مسی



لجیم کاری نقره در لوله مسی



لایه آلومینیوم در لوله پنج لایه

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



..... ۲-	..... ۱-	ساختمان:
..... ۲-	..... ۱-	برق:
..... ۲-	..... ۱-	هواپیماسازی:
..... ۲-	..... ۱-	تأسیسات مکانیکی:

## آلومینیوم

جدول ویژگی‌های فیزیکی مهم آلومینیوم

Aluminum	نام علامت اختصاری
$2.7 \text{ gr/cm}^3$	جرم حجمی
$660 \text{ }^\circ\text{C}$	نقطه ذوب

آلومینیوم پس از فولاد از پرکاربردترین فلزات است. 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 شکل پذیری خوبی برای تولید مقاطع مختلف نظیر لوله، پروفیل، نبشی و ... دارند.

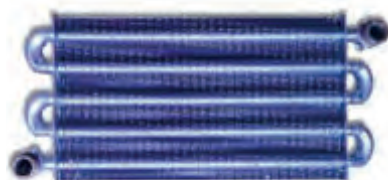


رادیاتور

### آلومینیوم در مبدل گرمایی: (Aluminum in heat exchangers)

ویژگی‌هایی که کاربرد آلومینیوم را در مبدل‌های گرمایی 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 جوشکاری و لحیم کاری



مبدل گرمایی

چند نمونه از کاربردهای دیگر فلز آلومینیوم در صنعت را به صورت یک پوستر به کلاس ارائه دهید.

تحقیق



## 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 ویژگی هدایت الکتریکی و گرمایی بالایی برخوردار است.



### جدول ویژگی های مس

نام علامت اختصاری	Copper , Cu
جرم حجمی	$8/9 \text{ gr/cm}^3$
نقطه ذوب	$1084^\circ\text{C}$

نمودار ویژگی های خوب فلز مس

			
لوله های مسی	مبدل گرمایی	اتصالات جوشی مسی	سیم های برق

چند مورد از کاربردهای مس

**لوله های مسی:** از لوله های مسی برای لوله کشی تأسیسات آب سرد و آب گرم، لوله کشی گاز و دیگر تأسیسات گرمایی و سرمایی استفاده می شود. چون مقاومت کششی مس بالا است بنابراین لوله ها را می توان با جداری نازک تهیه کرد که باعث سبک وزنی لوله ها و کاهش هزینه ساخت می گردد. در صورت وجود خطر خوردگی و اسیدی بودن خاک می توان آنها را با پوششی از پلاستیک تهیه کرد. لوله های مسی سطح داخلی صافی دارند و مقاومت کمی در برابر جریان مایعات ایجاد می کنند. به همین دلیل از این لوله ها در قطر داخلی کوچک تر می توان استفاده کرد. ظاهر این لوله ها تمیز است و در صورت ضرورت می توان آنها را آب کروم داد.

**انواع لوله های مسی:** لوله های مسی در دو دسته جای می گیرند:

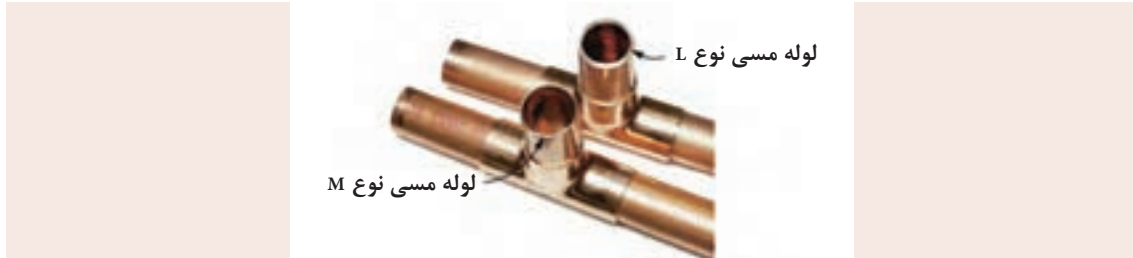
**الف)** لوله هایی که در لوله کشی آب سرد و آب گرم و گاز و گازهای طبی مورد استفاده اند.

**ب)** لوله هایی که در سیستم تهویه مطبوع و تبرید (نوع ACR) به کار می روند.



## پودمان دوم: مواد و کاربرد آنها

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

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. این لوله‌ها بسته به نوع آنها بیش از ۲۵۰ سال عمر می‌کنند.

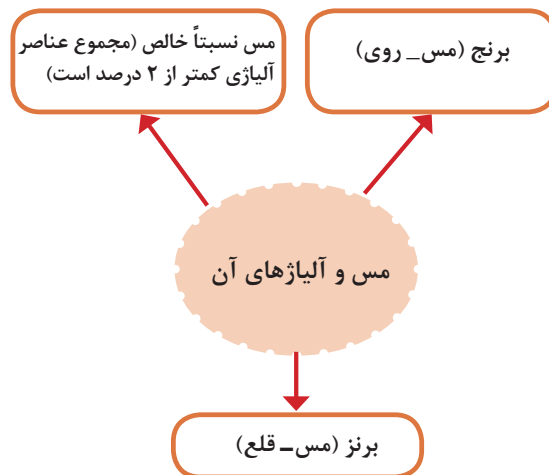
به چه علت در ساخت بدنه اغلب شیرها از برنج استفاده می‌کنند؟



پژوهش



**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.



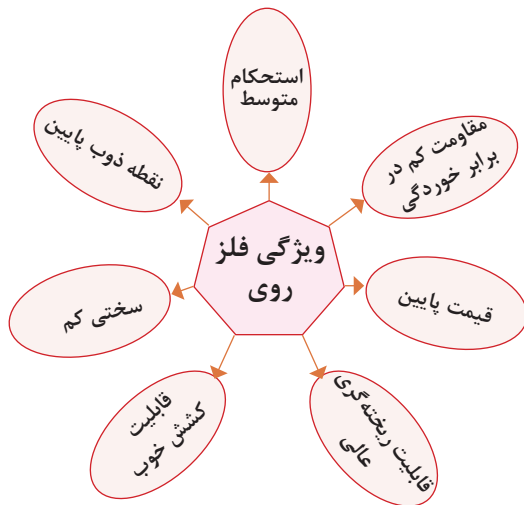
نمودار دسته‌بندی مس و آلیاژهای آن در حالت کلی

## روی و قلع

در میان فلزات غیر آهنی روی و قلع پس از آلومینیوم و مس بیشترین کاربرد را در صنعت دارند.

### جدول ویژگی‌های مهم روی

نام علامت اختصاری	(Zinc), Zn
جرم حجمی	$7.1 \text{ gr/cm}^3$
نقطه ذوب	$420^\circ\text{C}$



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.

**قلع**: قلع فلز دیگری است که در پوشش‌های مقاوم به خوردگی (قلع اندود کردن)، آلیاژسازی، لحیم کاری و غیره کاربرد دارد.

### جدول خصوصیات فیزیکی مهم قلع

نام علامت اختصاری	Tin, Sn
جرم حجمی	$7.3 \text{ gr/cm}^3$
نقطه ذوب	$231^\circ\text{C}$

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.

**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.



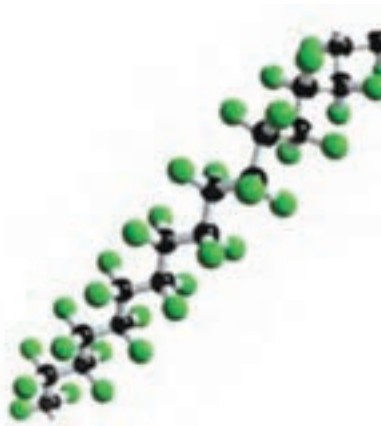
لوله گالوانیزه



کاربرد ورق قلع اندود در صنایع بسته بندی مواد غذایی

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

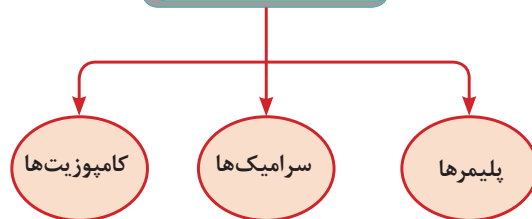
پژوهش



بخشی از یک مولکول پلیمری (تفلون)

**غیر فلزات:** می توان آنها را به دو دسته غیر فلزات طبیعی و مصنوعی دسته بندی نمود. غیر فلزات طبیعی شامل موادی مانند: چوب، سنگ، پروتئین، پشم، ابریشم، پنبه، کتان، لاستیک طبیعی یا کائوچو و امثال آنها هستند که در صنایع مختلف نظیر نساجی، ساختمان و غیره مورد استفاده قرار می گیرند و غیر فلزات مصنوعی به تمام مواد غیر فلزی ساخته شده دست بشر اطلاق می شود که مطابق نمودار زیر می توان آنها را در سه دسته پلیمرها، سرامیک ها و کامپوزیت ها جای داد.

### غیر فلزات مصنوعی



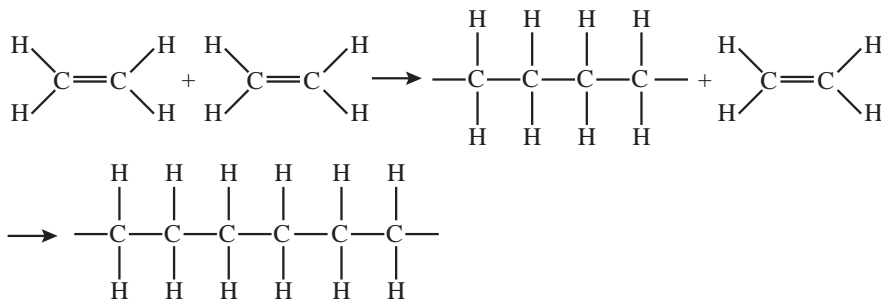
دسته بندی مواد غیر فلزی

مولکول های کوچک را مونومر (پار) و عمل اتصال و پیوند آنها بسپار سازی (پلیمریزاسیون) گویند. چنانچه یکاهای سازنده یک پلیمر (مونومر) از یک نوع باشند آن را همونومر و اگر مونومرهای تشکیل دهنده یک پلیمر متفاوت باشند به آن کوپلیمر گفته می شود. بنابراین وزن مولکولی پلیمرها بستگی به نوع و تعداد مونومرهای تشکیل دهنده آن دارد.





پلیمرها Polymer در صنعت تأسیسات ساختمان کاربرد بسیاری دارد که از آن جمله می توان به ساخت انواع لوله های پلیمری اشاره نمود.

الف) پلیمر (بسپار): پلیمرها یا درشت مولکول های یابسپارها مولکول های بزرگی هستند که از به هم چسبیدن تعداد زیادی مولکول های کوچک تر تشکیل می شوند.

**لوله های پلیمری:** وزن مولکولی پلیمرها بسیار زیاد است. یکی از ساده ترین پلیمرها پلی اتیلن است که از پلیمر شدن اتیلن به دست می آید.

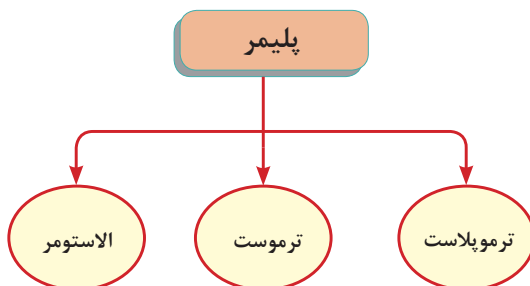


پلی اتیلن (پلیمر)

			
PVC	PP	PEX -AL -PEX	PEX

چند نوع از لوله های پلیمری

**دسته بندی پلیمرهای صنعتی:** پلیمرهای صنعتی را می توان برحسب ویژگی و رفتار آنها در برابر گرما و ویژگی های مکانیکی دسته بندی کرد.



نمودار تقسیم بندی پلیمرهای صنعتی

### ترموپلاست Thermoplastic

ترموپلاستیک چیست؟ ترموپلاستیک ها (گرما نرم) مواد آلی هستند که هنگامی که به آنها گرما داده می شود ذوب می شوند. ترموپلاستیک ترکیبی از یک پلاستیک و یک لاستیک می باشند. این آلیاژها با دارا بودن نقاط قوت لاستیک و پلاستیک دارای خواص فیزیکی مکانیکی ویژه ای هستند. از این مواد به شکل وسیعی در صنایع لوله کشی، خودروسازی و سایر صنایع استفاده می شود.

پودمان دوم: مواد و کاربرد آنها

این پلیمر در دمای اتاق به صورت جامد است اما در صورتی که چند درجه دما افزایش یابد به صورت یک مایع چسبناک درمی آید. از این ویژگی برای تولید محصولات با اشکال مختلف استفاده می کنند به طوری که به تناوب می توانند در معرض گرمایش و سرمایش قرار گرفته و مورد استفاده قرار گیرند.

نام چند لوله ترموپلاست و کاربرد آن در تأسیسات مکانیکی

نام	کاربرد	تصویر
پلی اتیلن PE	- سیستم آبرسانی - سیستم فاضلاب - سیستم گازرسانی شهری	
پلی اتیلن مشبک شده PEX	- سیستم آبرسانی ساختمان - سیستم گرمایشی	
پلی اتیلن مشبک شده چند لایه PEX/AL/PEX	- سیستم آبرسانی ساختمان - سیستم گرمایشی	
پلی پروپیلن PP	- سیستم آب سرد - سیستم آب گرم مصرفی ساختمان	
پلی وینیل کلراید PVC	- سیستم فاضلاب	
پلی بوتیلن PB	- سیستم آب سرد و آب گرم مصرفی - سیستم گرمایشی	



- ۱- سایر لوله‌های پلیمری که در تأسیسات مکانیکی کاربرد دارند را تشریح نمایید.
- ۲- از ترموپلاست‌ها در صنعت برای چه مصارف دیگری استفاده می‌شود؟

**ترموست‌ها (Thermoset):** 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.

**نمونه‌های صنعتی از کاربرد مواد پلیمری  
ترموست در صنایع**



پلی‌استر



اپوکسی

**الاستومرها (Elastomeric):** یک الاستومر ماده‌ی درشت مولکولی است که در دمای معمولی می‌تواند حداقل دو برابر طول اولیه‌اش کشیده شود و بعد از رهاسازی تقریباً به شکل و ابعاد اولیه‌اش بازگردد. انواع الاستومرها به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱- طبیعی ۲- مصنوعی

**کائوچوی طبیعی NR (پلی‌ایزوپرن طبیعی یا همان لاستیک طبیعی): ویژگی‌ها:**

- استحکام کششی بالا
- مقاومت در برابر پارگی و سایش
- انعطاف پذیری در دمای پایین
- چسبندگی عالی به الیاف و فلزات
- مقاومت کم در برابر گرما
- مقاومت اوزونی و نور خورشید پایین
- مقاومت خیلی کم در برابر روغن و حلال‌های هیدروکربنی



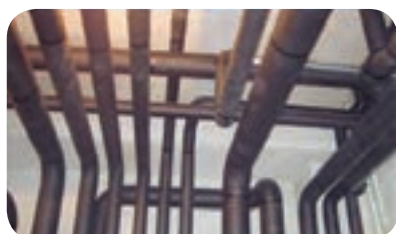
**الاستومرهای مصنوعی:** الاستومرهای مصنوعی در دو نوع سلول باز و سلول بسته تولید می‌شوند و از هر دو نوع آن به عنوان عایق استفاده می‌کنند. نوع سلول باز آن دارای چگالی کمتر و در مقابل آب نفوذپذیرتر است. ولی نوع سلول بسته آن علاوه بر چگالی بیشتر به دلیل بسته بودن سلول‌های آن می‌تواند به عنوان عایق رطوبتی نیز استفاده گردد.

دو نوع متداول عایق سلول بسته:

**الف) NBR (Nitrile Butadiene Rubber)**

**ب) EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomers)**

کاربرد این عایق‌ها در سیستم‌های سرمایش، لوله‌کشی‌ها و تهویه مطبوع و خطوط آب گرم و گرمایش استفاده می‌شود.



کاربرد EPDM در دستگاه‌ها و لوله‌کشی



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.

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، دیرگدازها، ساینده‌ها و سنباده‌ها، لعاب و سرامیک‌های مدرن را نام برد.

			
صفحه سنگ	فیبر نوری	سنباده	کوزه

چند نوع از موارد مصرفی سرامیکی

ب) **کامپوزیت‌ها:** 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 کامپوزیتی می‌گردد. ساده‌ترین کامپوزیت کاهگل است.



ماده مرکب چوبی



لوله پنج لایه

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. به‌طور کلی مواد کامپوزیتی دارای مزایای زیر هستند:

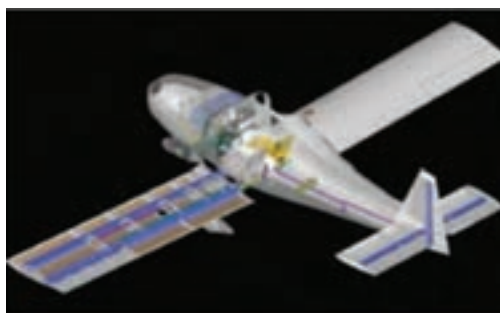
- استحکام عالی در برابر وزن کم (نسبت استحکام به وزن بالا)

- مقاومت در برابر خوردگی بالا
- عایق گرمایی خوب

از دیگر مواد کامپوزیتی متداول می‌توان به آسفالت، 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.

**دسته بندی مواد کامپوزیتی:** مواد کامپوزیتی بر اساس فاز زمینه به سه دسته زمینه فلزی، زمینه سرامیکی و زمینه پلیمری دسته بندی می‌شوند.

فایبرگلاس (Fiberglass) یکی از پرکاربردترین کامپوزیت‌های با زمینه پلیمری است که توسط فیبر شیشه تقویت شده است و امروزه در ساخت قطعات هواپیما، بدنه جنگنده‌های رادارگریز، برج‌های خنک کننده، پره نیروگاه‌های بادی و بالگردها از کامپوزیت‌ها استفاده می‌شود. به‌طور 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.

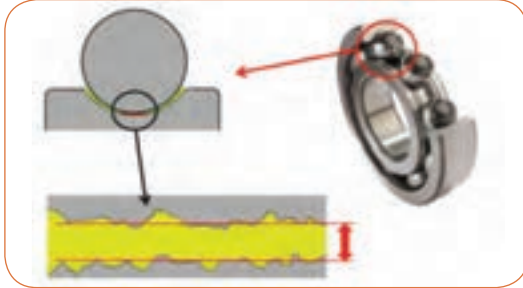
		
زیر دوشی	سختی گیر FRP	لوله های GRP

چند نوع از دستگاه‌ها و تجهیزات فایبرگلاس در تأسیسات



## روان کننده‌ها

روان کاری عملی است که حرکت نسبی سطوح در تماس با یکدیگر را آسان می‌کند. به این منظور از یک لایه نازک (فیلم) روغن برای پیشگیری از تماس بین دو سطح فلزی استفاده می‌شود.

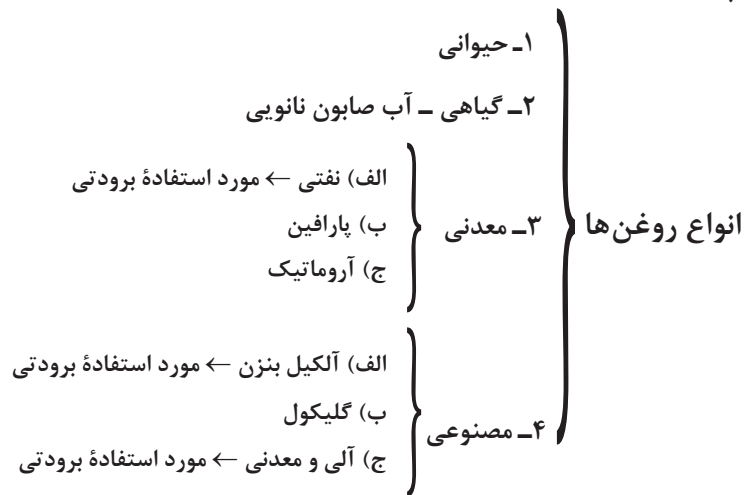


ضخامت فیلم روان کاری  $(= \frac{1}{4} \text{ از ضخامت موی انسان})$

روان کاری چرخ‌دنده

- ۷- مواد آلوده کننده خارجی مثل گرد و خاک و ... همراه نداشته باشند.
- ۸- در حین کار ایجاد کف نکنند.
- استفاده از روغن مناسب می‌تواند مزایای زیر را دربر داشته باشد:
- ۱- کاهش مصرف انرژی ۲- کاهش اصطکاک و توان مصرفی
- ۳- افزایش طول عمر ماشین و قطعات آن.

- ویژگی‌های لازم روغن‌ها عبارت است از:
- ۱- دارای گرانروی یا ویسکوزیته خوب.
  - ۲- از دست ندادن گرانروی خود در محدوده دمای کاری
  - ۳- باعث زنگ زدگی و خوردگی قطعات نشوند.
  - ۴- قابلیت پاک کنندگی سطوح را دارا باشند.
  - ۵- در سرما به اندازه کافی روان باشند تا شروع و ادامه حرکت قطعات آسان شود.
  - ۶- اثر نامطلوبی روی قطعات غیرفلزی مثل کاسه نمدها و ... نداشته باشند.



آب صابون به کار گرفته شده در ماشین‌های حیدیه را شرح دهید و تفاوت آن را با آب صابون نانویی بیان کنید.



## «أَفَرَأَيْتُمُ الْمَاءَ الَّذِي تَشْرَبُونَ»

آیا به آبی که می نوشید، اندیشیده‌اید؟ سوره واقعه، آیه ۶۸

منابع آب کدام‌اند؟ خواص فیزیکی و شیمیایی آب چیست؟ چرا برخی نمک‌ها در آب حل می‌شوند اما برخی دیگر حل نمی‌شوند؟ آیا مواد شیمیایی موجود در آب قابل تغییر است؟ مواد حل شده در آب از کجا می‌آیند؟ سختی آب از کجا می‌آید؟ pH مناسب آب برای مصرف چند است؟ چه روش‌هایی برای کنترل ویژگی‌های آب وجود دارد؟ در این فصل با بررسی چند مفهوم اصلی مربوط به آب و محلول‌ها، می‌توانید پاسخ این پرسش‌ها و پرسش‌های دیگری را که ممکن است برای شما پیش آید، پیدا کنید.

## آب

آب در طبیعت همواره در یک چرخه حرکت می‌کند که ضمن آن حالت خود را از مایع به بخار یا جامد (یخ) و برعکس تغییر می‌دهد.



گردش آب در طبیعت

با توجه به چرخه آب، کدام آب‌ها از سختی کمتری برخوردارند؟

بحث کلاسی



## منابع آب

اگرچه ۷۵ درصد سطح زمین را آب پوشانده است، اما ۵۰ درصد جمعیت جهان از کم‌آبی رنج می‌برند و ۶۶ درصد از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب روبه‌رو خواهند شد.

با توجه به شکل زیر دلیل کمبود آب را توضیح دهید.



پرسش کلاسی



آیامی‌دانید



است. گفتنی است که این منابع ناچیز به‌طور یکنواخت در سراسر جهان پراکنده نشده‌اند و عوامل طبیعی گوناگونی مانند موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و میزان بارش بر این پراکندگی بسیار مؤثر است.

آب شور را نمی‌توان برای نوشیدن یا در بسیاری از فرایندهای صنعتی استفاده نمود. ۲/۵٪ از آب‌های کره زمین آب شیرین است که ۱/۷۵٪ آن را یخ‌های قطبی و یخچال‌های طبیعی تشکیل می‌دهند. ۰/۷۵٪ شامل آب‌های شیرین زیرزمینی و آب‌های سطحی

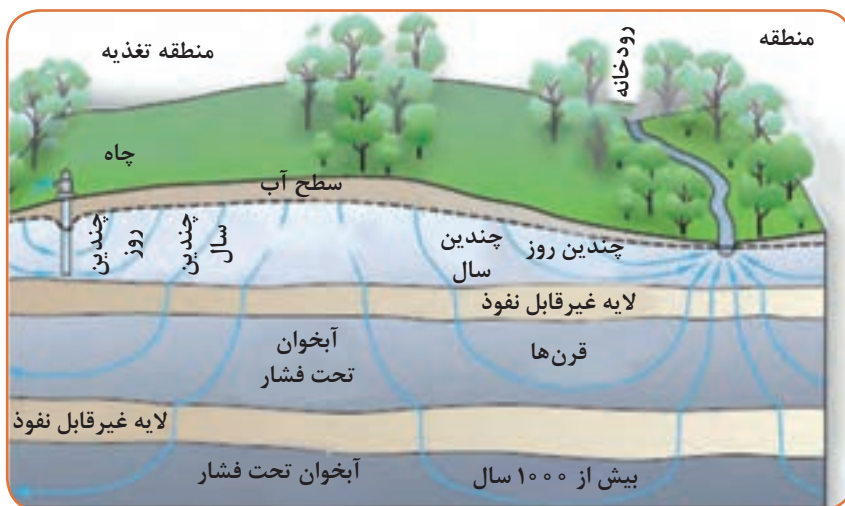
۱- متوسط بارندگی سالیانه ایران و جهان چند میلی‌متر است؟ با توجه به این میزان بارندگی، ایران جزء چه منطقه‌ای از نظر بارندگی محسوب می‌شود؟

۲- متوسط بارندگی سالیانه شهر خود را از اداره هواشناسی شهر خود بیابید.

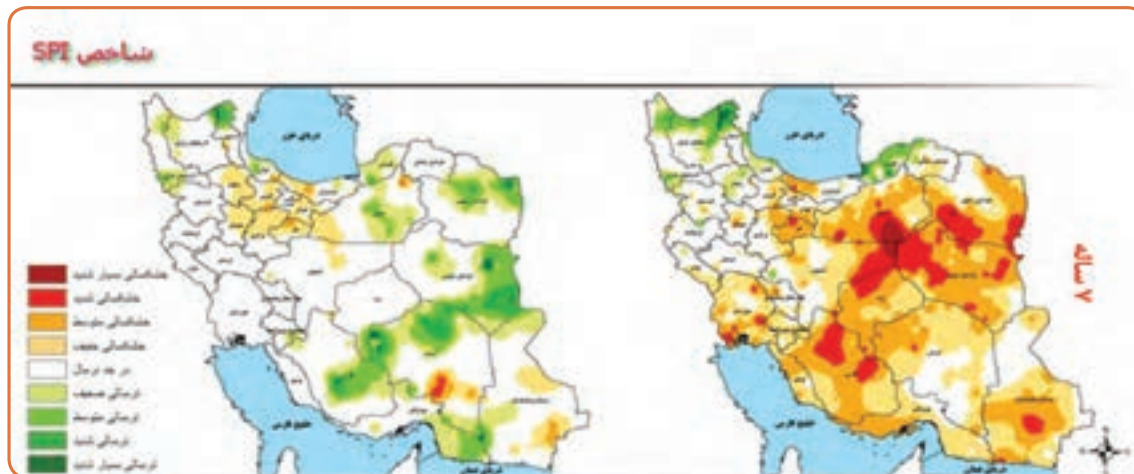
پژوهش



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



تشکیل آبخوان‌های زیرزمینی



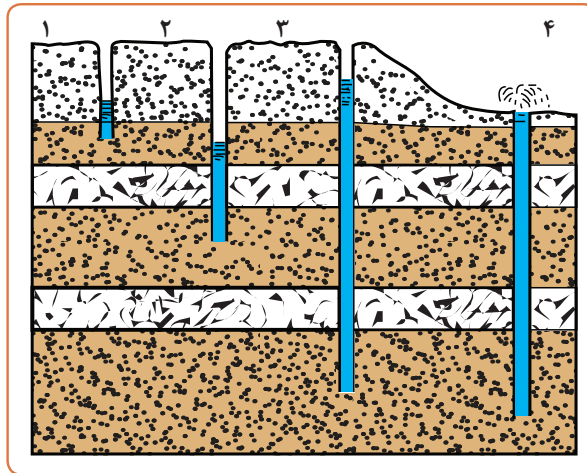
بهنه‌بندی خشکسالی ایران، دوره هفت ساله (تا پایان شهریور ۱۳۹۵)



باتوجه به شکل‌های صفحه قبل، با هم گروهی‌های خود بحث و تبادل نظر نموده و نتیجه را به کلاس ارائه نمایید:

- ۱- روش‌های بهره‌برداری از منابع‌های زیرزمینی را نام ببرید.
- ۲- منابع‌های سطحی یا روی زمینی آب را نام ببرید.
- ۳- ایرانیان باستان به چه روش‌هایی آب آشامیدنی خود را تأمین می‌کردند؟ آیا در محل سکونت شما این شیوه‌ها رایج است؟
- ۴- وضعیت خشکسالی محل سکونت شما در چه شرایطی قرار دارد؟
- ۵- برای جبران خشکسالی چه عواملی مؤثر خواهد بود؟

**چاه‌ها:** یکی از روش‌های بهره‌برداری از منابع زیرزمینی است. چاه حفرة استوانه‌ای قائمی است که سطح زمین را به یک مخزن زیرزمینی آب متصل می‌سازد. آب‌های زیرزمینی از راه درزها و شکاف سنگ‌ها و خلل و فرج زمین در چاه تراوش می‌نماید.



۱- چاه سطحی ۲ و ۳- چاه عمیق ۴- چاه آرتزین

مقایسه انواع چاه‌ها از نظر عمق



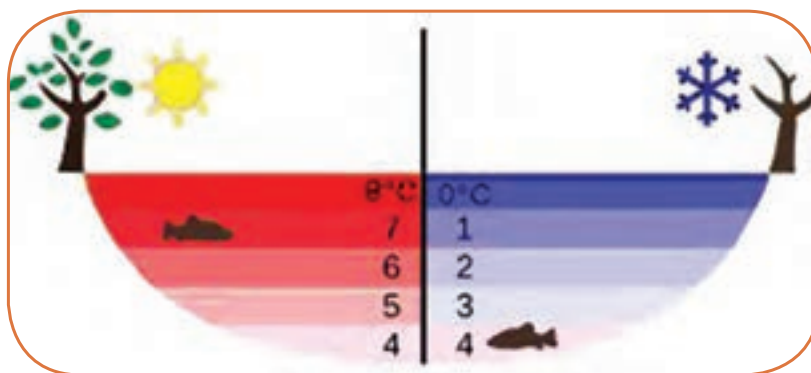
با توجه به شکل بالا، با هم گروهی‌های خود در مورد پرسش‌های زیر بحث و تبادل نظر نموده و نتیجه را به کلاس ارائه نمایید:

- ۱- انواع چاه از نظر گودی به چند دسته تقسیم می‌شود؟
- ۲- روش حفاری هر کدام به چه صورت خواهد بود؟
- ۳- تفاوت چاه آرتزین و چاه معمولی در چیست؟
- ۴- با افزایش عمق، قطر چاه چگونه تغییر خواهد کرد؟
- ۵- روش برداشت آب از هر چاه به جز آرتزین، چگونه خواهد بود؟

**ویژگی‌های آب:** آب به صورت طبیعی دارای نمک‌ها و اجزای مختلفی است. ناخالصی‌های آب را می‌توان به گروه‌های جامدات، مایعات و گازهای محلول و مواد معلق تقسیم کرد. به عنوان مثال نمک‌های کلسیم و منیزیم مواد جامد محلول است که در اثر عبور از لایه‌های مختلف آهکی جذب شده‌اند و به وسیله صاف کردن حذف نمی‌شوند. اکسیژن و دی‌اکسیدکربن از گازهای محلول در آب هستند و از مواد معلق در آب که به وسیله صافی می‌توان حذف نمود، می‌توان از گل و لای و ذرات جامد یاد کرد.

## ویژگی‌های فیزیکی آب

**جرم ویژه:** آب در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  بیشترین جرم ویژه خود را دارد و آن، یک گرم بر سانتی‌متر مکعب، ( $\rho = 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ ) معادل یک کیلوگرم بر لیتر ( $\rho = 1 \frac{\text{kg}}{\text{lit}}$ ) و هزار کیلوگرم بر متر مکعب  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  است.



با توجه به جدول‌های جرم حجمی که در صفحات قبل آمده است، جدول زیر را تکمیل کنید.

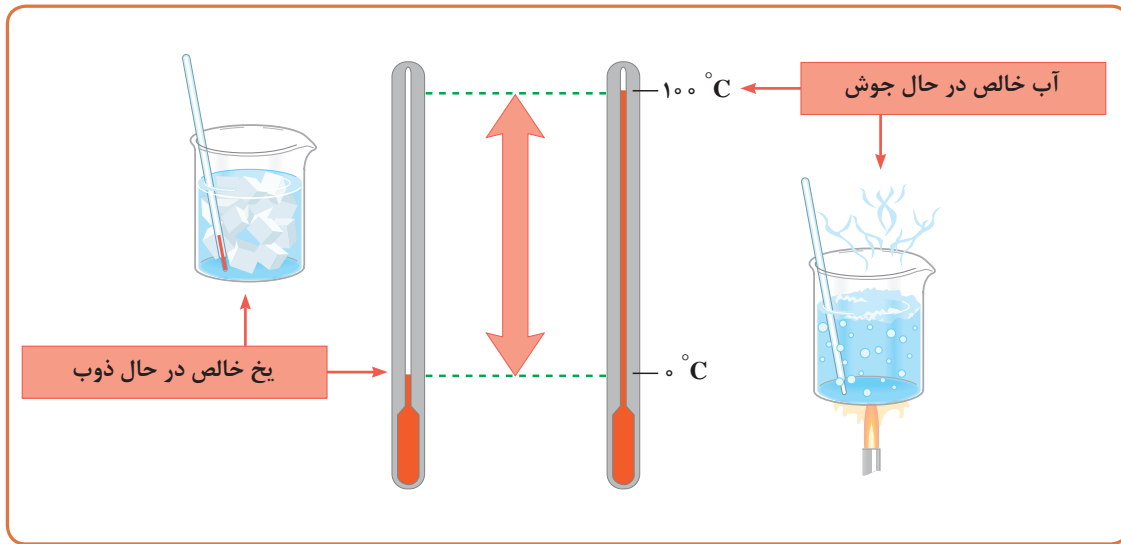
کار کلاسی



نام ماده	آب	آلومینیوم	مس	آهن	روی	قلع
جرم ویژه $\text{gr/cm}^3$						

**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 می‌گردد.

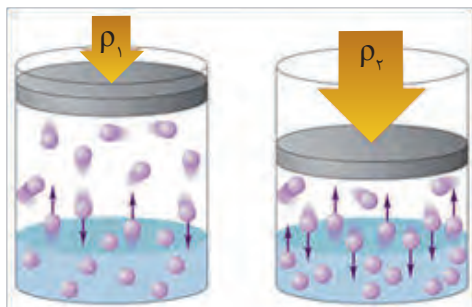
**انجماد آب:** آب خالص در فشار یک اتمسفر در دمای  $0^{\circ}\text{C}$  یخ می‌بندد و حجم آن حدود ۹ درصد افزایش می‌یابد.



کار کلاسی



علت ترکیدگی لوله‌های آب در زمستان چیست؟



تأثیر فشار بر انحلال پذیری گاز

**انحلال پذیری گازها:** سه عامل فشار، دما و نوع گاز بر انحلال پذیری گاز در آب تأثیر دارند. انحلال پذیری گازها در دمای پایین 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 ناچیزی دارد که می‌توان آن را نارسانا دانست. ولی با ورود نمک‌های گوناگون به آب هدایت پذیری آب زیاد می‌شود.

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



شکل (۳)



شکل (۲)



شکل (۱)

## ویژگی‌های آب آشامیدنی

**حداکثر مطلوب:** حداکثر غلظتی از مواد که برای آب آشامیدنی مناسب تشخیص داده می‌شود.  
**حداکثر مجاز:** حدی که اگر غلظت مواد موجود در آب از آن تجاوز کند، آب مزبور برای آشامیدن مناسب نیست و مصرف مداوم آن در دراز مدت، اثر زیان‌بخشی بر سلامت مصرف‌کننده خواهد گذاشت.  
**دما:** آب بسیار سرد آثار ناگواری بر دستگاه گوارش انسان دارد. برعکس آب با دمای زیاد هم، حالت بی‌مزگی داشته و گوارا نیست. دمای آب آشامیدنی باید بین ۵ تا ۱۵ درجه سلسیوس باشد. مناسب‌ترین دمای آب آشامیدنی بین ۸ تا ۱۲ درجه سلسیوس است. دمای آب‌های زیرزمینی در عمق ۱۰ متر از سطح زمین در حدود ۱۰ درجه سلسیوس است و به ازای هر ۳۳ متر افزایش عمق تقریباً یک درجه به گرمی آب‌های زیرزمینی افزوده می‌شود.

نشانه وجود نمک خوراکی و تلخی آن، دلیل زیادی ترکیب‌های منیزیم است. آب‌های قلیایی ( $pH > 9$ ) مزه آب صابون دارند. درحالی‌که آب‌های اسیدی ( $pH < 6$ ) ترش مزه‌اند. وجود زیاد نمک‌های آهن و آلومینیوم مزه آب را گس می‌کند. درحالی‌که مزه گندیدگی آب به علت آلودگی‌های آلی آن است که ممکن است همراه با میکروب‌های بیماری‌زا نیز باشد.

**رنگ:** آب آشامیدنی باید بی‌رنگ باشد و در ضخامت‌های زیاد رنگ آبی مایل به سبز زلالی داشته باشد. کدروی آب به واسطه وجود املاح معلق در آب است.  
**بو:** آب آشامیدنی باید بی‌بو باشد. وجود اسیدسولفوریک، کلر، فنل و آمونیاک به آب بوی ناخوشایند می‌دهند.  
**مزه:** مزه آب باید گوارا باشد. آب با درجه سختی خیلی کم، طعم بی‌مزه و ناخوشایندی دارد. شوری آب





انواع مزه آب می‌تواند به عنوان تحقیق و پرسش و یا کار در کلاس آورده شود.

**ویژگی‌های شیمیایی آب:** به ویژگی‌هایی از آب که با توجه به نوع و میزان مواد حل شده در آن تغییر می‌کند خواص شیمیایی آب گویند.

سختی آب یکی از ویژگی‌های شیمیایی آب است که به واسطه وجود یون‌های کلسیم و منیزیم ایجاد می‌شود. سایر ویژگی‌های آب نظیر مقدار درجه اسیدی یا pH، قلیابیت POH، هدایت الکتریکی، حلالیت و هدایت ویژه آب هستند.

جدول زیر نام، نماد شیمیایی و مقدار برخی یون‌های حل شده در آب دریا را نشان می‌دهد.

**تجزیه مواد معدنی موجود در آب دریا**

نام یون	کلر	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	بی کربنات	ذرات نامحلول	سختی کربنات	سختی غیر کربنات	برم
نماد یون	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup> **	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Solids	CaCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub>	Br <sup>-</sup>
مقدار یون (میلی گرم در یک کیلوگرم آب دریا)	۱۹۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰	۲۷۰۰	۱۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۱۴۰	۱۵۰	۳۵۰۰۰	۱۲۵	۵۹۰۰	۶۵

\* یون‌های منفی را آنیون گویند.

\*\* یون‌های مثبت را کاتیون گویند.

رسوب سفید کلرید نقره از واکنش محلول نیترات نقره با محلول کلرید سدیم تشکیل می‌شود.





ابزار، وسایل و مواد مورد نیاز: لیوان شیشه‌ای، قطره‌چکان، قاشقک، آب مقطر، نیترات نقره، کلرید سدیم (نمک خوراکی)، سولفات سدیم، کلرید باریم و کلرید کلسیم.

**آزمایش ۱- الف)** یک لیوان شیشه‌ای بردارید و تا یک سوم آن آب مقطر بریزید. سپس با استفاده از قاشقک چند بلور کوچک کلرید سدیم به آن بیفزایید. لیوان را تکان دهید. مشاهده خود را بنویسید.

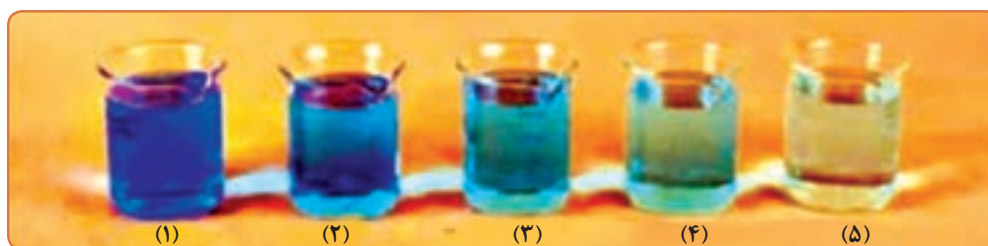
**ب)** یک لیوان شیشه‌ای بردارید و تا یک سوم آن آب مقطر بریزید. سپس با استفاده از قاشقک چند بلور کوچک نیترات نقره به آن بیفزایید. لیوان را تکان دهید. مشاهده خود را بنویسید.

**پ)** اکنون با استفاده از قطره چکان، چند قطره از محلول نیترات نقره تهیه شده را درون محلول سدیم کلرید بریزید. مشاهده خود را بنویسید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

**آزمایش ۲- الف)** ۱ را با فسفات سدیم ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) و کلرید کلسیم تکرار کنید. مشاهده خود را بنویسید. آب آشامیدنی، مخلوطی زلال و همگن بوده، حاوی مقدار کمی از یون‌های گوناگون است. برخی از این یون‌ها به طور طبیعی در آب حل شده است و برخی دیگر در مراکز تأمین آب آشامیدنی سالم به آن افزوده می‌شود. برای نمونه به آب آشامیدنی، مقدار بسیار کمی یون فلوئور می‌افزایند، زیرا وجود این یون سبب حفظ سلامت دندان‌ها می‌شود.

### بخش در میلیون (Part Per Million)

هر گاه ۵ گرم سولفات مس (II) (کات کبود حل‌شونده) را در ۱۰۰ گرم آب (حلال) حل کنید، محلولی زیبا به رنگ آبی به دست می‌آید. حال اگر محلول را با افزودن آب، چندین مرتبه رقیق‌تر کنیم، محلولی بسیار کم‌رنگ پدید می‌آید که گویی رنگ ندارد. ظاهر بی‌رنگ این محلول نشان می‌دهد که محلول بسیار رقیق بوده و مقدار حل‌شونده در آن بسیار کم است.



در هر ۱۰۰ گرم محلول ۵، حدود ۰/۰۰۰۰۵ گرم سولفات مس (II) (کات کبود) وجود دارد.

برای بیان ساده‌تر غلظت محلول‌های بسیار رقیق مانند غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب معدنی، آب آشامیدنی، آب بهداشتی، آب دریا، بدن جانداران، بافت‌های گیاهی و مقدار آلاینده‌های هوا از کمیتی به نام

بودمان دوم: مواد و کاربرد آنها

قسمت در میلیون (ppm) استفاده می‌شود. این کمیت نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از محلول چند گرم حل شونده وجود دارد. ppm از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6$$

در این رابطه، یکای جرم در صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد.

در یک نمونه آب آشامیدنی به جرم یک کیلوگرم، یک میلی‌گرم یون فلوئور وجود دارد. غلظت یون  $\text{F}^-$  در این نمونه چند ppm است؟

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{0.001 \text{ gr}}{1000 \text{ gr}} \times 10^6 = 1 \text{ ppm}$$

از آنجا که هر لیتر (دسی متر مکعب) آب حدود هزار گرم جرم دارد، جرم محلول را با واحد لیتر نمایش می‌دهند و از آنجا که جرم حل شونده ناچیز است با واحد کوچک تر میلی‌گرم سنجیده می‌شود، بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} = \frac{1 \text{ mg}}{1 \text{ lit}} = 1 \text{ ppm}$$

توجه کنید



با توجه به شکل، میزان قند موجود در هر یک از نوشابه‌های گازدار چند میلی‌گرم به لیتر است؟



۳۹gr

۱۰۸gr

سازمان بهداشت جهانی (WHO) مقدار مجاز یون فلوئورید را در آب آشامیدنی ppm ۰/۷-۱/۲۲ اعلام کرده است. اگر مقدار یون فلوئورید از این گستره کمتر باشد، کارایی خود را از دست می‌دهد. از سوی دیگر، مصرف بیش از اندازه یون  $\text{F}^-$  باعث ایجاد خال یا لکه‌هایی به رنگ سفید مات بر سطح مینای دندان می‌شود. با ادامه مصرف یون فلوئور، لکه‌ها قهوه‌ای شده، به تدریج فرورفتگی ایجاد می‌شود.

آیا می‌دانید



با مراجعه به منابع معتبر علمی، درباره اینکه غلظت یون نیترات  $\text{NO}_3^-$  در آب آشامیدنی باید کمترین مقدار ممکن باشد اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به کلاس گزارش دهید.

پژوهش



### جدول pH برخی از مواد

۱/۰۰	اسید کلریدریک ۱۰M
۰/۵	اسید باتری
۲/۰-۱/۵	اسید معده
۳/۴	آلبیمو
۲/۵	نوشابه
۲/۹	سرکه
۳/۵	پرتقال یا آلبمیوه سیب
۴/۰	رب گوجه فرنگی
۵/۰	باران
۵/۰	قهوه
۵/۵	چای
۶/۵	شیر
۷/۰	آب خالص
۷/۴۵-۷/۳۴	خون
۸/۳-۷/۷	آب دریا
۱۰/۰-۹/۰	صابون
۱۱/۵	آمونیاک
۱۲/۵	ماده سفیدکننده
۱۳/۵	سودسوزآور

### درجه اسیدی آب یا مقدار pH

مقدار pH (Potential of Hydrogen) یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده و تأثیرگذار روی کیفیت و تصفیه آب است که نماد بیان درجه اسیدی یا بازی بودن نمونه آب به کار برده می‌شود. آب طبیعی خنثی دارای pH برابر ۷ است. کاهش pH از ۷ تا صفر نشان‌دهنده افزایش خواص اسیدی است، در حالی که افزایش آن از ۷ تا ۱۴ نشان‌دهنده خاصیت بازی است. pH اغلب آب‌های طبیعی معادل ۶ تا ۸ است. اگر pH کمتر از ۷ باشد، خوردگی تجهیزاتی که در تماس با آب هستند، افزایش می‌یابد. زمانی که pH زیاد و بالاتر از ۷/۵ یا ۸ باشد، رسوب کربنات کلسیم به راحتی ایجاد خواهد شد.

### کل جامدات محلول در آب (TDS)

به کل مواد جامد محلول در آب که برابر مجموع غلظت همه مواد آلی و معدنی موجود در آب است (Total Dissolved Solids) TDS گفته می‌شود. ترکیبات اصلی افزایش‌دهنده یا کاهش‌دهنده مقدار TDS کلسیم، منیزیم، سدیم، کاتیون‌ها، کربنات پتاسیم، کربنات هیدروژن، کلرید، سولفات و آنیون‌های نیتрат هستند که تأثیر مستقیم روی

کیفیت آب دارند. این مواد با فیلتر کردن، از آب جدا نشده و فقط پس از تبخیر آب، به عنوان جزئی از مواد جامد آن به صورت رسوب باقی می‌مانند. وزن رسوب باقی‌مانده، که رابطه مستقیم با هدایت الکتریکی آب هم دارد، بیانگر مقدار کل جامدات محلول در آب است.

### مقادیر تقریبی مواد جامد محلول در آب‌های مختلف

نوع آب	کل مواد جامد محلول (T.D.S)ppm
آب دریا	$40000 > T.D.S > 10000$
آب شور	$10000 > T.D.S > 1000$
آب مجاز نوشیدنی	$1000 > T.D.S > 500$
آب مطلوب آشامیدنی	$500 > T.D.S > 100$
آب مطلوب صنعتی	$100 > T.D.S > 5$

تصفیه آب باید در نظر گرفته شود، زیرا ممکن است در آنالیز نهایی سیستم، تصفیه آب ضروری تشخیص داده شود.

### مزایای تصفیه آب

یک برنامه تصفیه آب، جنبه‌های اقتصادی سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از طرفی عملیات پیوسته و رضایت بخش تر سیستم را نیز تضمین می‌نماید. برخی از این مزایا عبارت است از:

- کاهش هزینه‌های تعمیراتی
- کاهش توان مصرفی سیستم
- افزایش راندمان تجهیزات
- کاهش افت فشار سیستم
- افزایش راندمان سطح انتقال گرما
- کاهش هزینه اولیه سیستم (به دلیل در نظر گرفتن رسوب زایی سیستم)

آب سخت در حالت طبیعی می‌تواند رسوب (Scale) ایجاد کند، هنگامی که گرم می‌شود، لایه‌ای رسوبی از خود به جا خواهد گذاشت. این رسوب و دیگر ناخالصی‌ها در درون لوله‌ها، شیرها و پمپ‌ها انباشته شده و مانعی در مسیر جریان سیال ایجاد می‌نماید. شکل زیر رسوب ایجاد شده درون لوله فولادی را نشان می‌دهد.



مقایسه دو لوله کار کرده در دو حالت آب سختی گیر شده (treated) و آب سختی گیر نشده (untreated)

### سختی آب: (hardness)

سختی به وسیله مجموع نمک‌های کلسیم و منیزیم در آب بیان می‌شود. اگرچه ممکن است شامل آلومینیوم، آهن، منگنز، استرانتیم یا روی نیز باشد. سختی از نظر پایداری دو نوع است. پایدار (permanent) و ناپایدار (temporary).

### سختی ناپایدار (موقت) یا سختی کربناتی:

که ناشی از وجود کربنات‌ها و بی‌کربنات‌های کلسیم و یا منیزیم در آب است و برحسب ppm به ازای  $\text{CaCO}_3$  بیان می‌شود.

### سختی پایدار (دائمی) یا سختی غیرکربناتی:

باقی مانده سختی به علت وجود ترکیبات دیگری از کلسیم و یا منیزیم در آب به وجود می‌آید که کربن در آن دخالت ندارد. مانند سولفات‌ها، کلریدها، نیترات‌ها، فسفات‌ها و یا سیلیکات‌های کلسیم و یا منیزیم بوده و برحسب ppm به ازای  $\text{CaCO}_3$  بیان می‌شود. سختی غیرکربناتی، عامل جدی در تصفیه آب نیست، زیرا حلالیت (solubility) آن تقریباً ۷۰ برابر بیشتر از سختی کربناتی است.

جالب است بدانید در بسیاری از موارد، آب می‌تواند بیش از ۱۲۰۰ ppm سختی غیرکربناتی داشته باشد، ولی رسوب سولفات کلسیم به وجود نیاید. چگونه؟

### زیان‌های سختی بالای آب در سیستم آب گرم بهداشتی:

آب مصرفی در سیستم تهویه مطبوع، آب سرد و گرم بهداشتی می‌تواند مشکلات و مسائلی به وجود بیاورد. آب به عنوان یک حلال بزرگ می‌تواند، گازهای هوا و مواد معدنی درون خاک‌ها و صخره‌هایی را که با آنها در تماس قرار می‌گیرند، در خود حل نماید. شرایط محیطی تجهیزات تأسیسات مکانیکی، ممکن است عامل ایجاد لجن و جلبک در سیستم باشد. برای تأمین شرایط کنترل مناسب و مؤثر سیستم، بایستی کل سیستم و منابع آب مورد ارزیابی قرار گیرد. برای تمام سیستم‌ها، یک برنامه



## 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. به طور 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 نانومواد خوانده می‌شوند. به این ترتیب فناوری نانو عبارت از توانایی به دست 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.

**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 گرما، سایش، فشار، کشش و وزن کم تولید کرد که از نظر خواص فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، مکانیکی و گرمایی با مواد معمولی تفاوت دارند. ساختارهایی در مقیاس نانو مانند نانو ذرات و نانولایه‌ها 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.

## کاربرد فناوری نانو در تأسیسات

۱- صنعت آب و فاضلاب در حوزه تصفیه آب، دستگاه **نانوکویتاسیون** بدون اضافه کردن هرگونه ماده افزودنی به آب، فلزات سنگین مانند جیوه و آرسنیک را از آب جدا و تصفیه می‌نماید.

۲- رنگ نانو عایق، برای عایق کاری دیوارها، سقف، تأسیسات لوله‌ها، مخازن و غیره به کار می‌رود. این رنگ به روش‌های بسیار ساده اسپری، رول و یا قلم‌مو اعمال می‌شود و عایق گرمایی می‌باشد. رنگ نانو عایق در بخش صنعت و ساختمان‌سازی با یک لایه نازک (در حدود ۳۰ میکرون) به کار می‌رود.

این ماده طوری طراحی شده است که با پرزهای فراوان با محبوس کردن هوا از انتقال گرما جلوگیری می‌کند قابلیت گرمایی آن کم و در حدود  $\frac{W}{m^2K}$  ۰/۰۱۷ است.



پژوهش

سایر ویژگی‌های نانو عایق را بیان کنید.

جدول مقایسه رسانش گرمایی چند ماده

نام ماده	رسانش گرمایی $\frac{w.m}{m^2.k}$
هوا	۰/۰۲۵
چوب	۰/۲
پلی اتیلن	۰/۵
آب	۰/۶
آهن	۸۰
مس	۴۰۰

انبساط گرمایی (Thermal Expansion): ضریب انبساط گرمایی معیاری برای نشان دادن تغییرات ناشی از انبساط گرمایی مواد می‌باشد.

جدول ضریب انبساط گرمایی چند ماده

ماده	ضریب انبساط گرمایی خطی $\frac{10^{-6}(\alpha)}{k}$
PEX	۲۰۰
PP	۱۵۰
آب	۶۹
جیوه	۶۱
PVC	۵۲
PEX-AL-PEX	۲۵
آلومینیوم	۲۳
مس	۱۷
بتن	۱۲
فولاد	۱۲
الماس	۱

۳- استفاده از فناوری نانو در ضد آب کردن شیشه



ویژگی مواد

به ندرت ماده‌ای پیدا می‌شود که مجموعه ایده‌آلی از خواص موردنظر را توأم با هم داشته باشد. به طور مثال کمتر ماده‌ای را می‌توان یافت که هم استحکام بالا و هم انعطاف‌پذیری خوبی داشته باشد. به طور 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 این رو آشنایی با خواص فیزیکی، مکانیکی و تکنولوژیکی مواد نقش مهمی در شناسایی و انتخاب مواد به خصوص 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 ویژه، 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: رسانش گرمایی (Thermal Conductivity): به توانایی اجسام مختلف در برابر عبور گرما، رسانش گرمایی گویند.



چرا در پل نشان داده شده درز انقطاع وجود دارد؟



مثال: یک لوله ۶متری با جنس پلی پروپیلن برای انتقال آب گرم مصرفی از دمای  $10^{\circ}\text{C}$  به  $60^{\circ}\text{C}$  می‌رسد. افزایش طول این لوله چند میلی‌متر است؟

$$\Delta L = L \alpha \Delta T = 6 \times 150 \times 50$$

$$\Delta L = 45000 \mu\text{m} = 45\text{mm}$$

چنانچه با همین مشخصات، جنس لوله از فولاد باشد تغییر طول چند میلی‌متر است؟



در مبدل‌های گرمایی (آبگرمکن‌ها) از چه نوع لوله‌هایی استفاده می‌شود؟ چرا؟



**ویژگی‌های مکانیکی:** رفتار مواد در برابر نیروهای مکانیکی وارد شده را خواص مکانیکی مواد می‌گویند. برخی از این خواص عبارت‌اند از: سختی، استحکام، چقرمگی، خستگی، خزش و ... که نشان‌دهنده رفتار مواد در برابر نیروهای خارجی وارده هستند. بنابراین در انتخاب مواد برای طراحی و ساخت سازه‌های صنعتی بیش از هر چیز خواص مکانیکی آنها مورد ارزیابی و توجه قرار می‌گیرد. در فصل آخر این کتاب به این ویژگی‌ها بیشتر پرداخته می‌شود.

## ویژگی‌های تکنولوژیکی مواد

**قابلیت چکش خواری:** توانمندی تغییر شکل مواد را به کمک نیروی فشاری و ضربه، قابلیت چکش خواری می‌نامند. 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 گسیخته شود، گفته می‌شود. به عنوان مثال فولاد، مس و برنج را می‌توان تحت تأثیر نیروی فشاری تغییر شکل داد و عملیاتی مانند نورد، خم کاری و آهنگری را روی آنها انجام داد.



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، پرتو 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 چند میلیارد تومان می‌شود؟



#### پژوهش

آیا مواد غیرفلزی نیز دچار خوردگی می‌شوند.

**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 گرما یا گرمای 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.

در جدول زیر حدود زمان لازم برای خورده شدن و تجزیه سه دسته مهم مواد صنعتی به صورت تقریبی و نسبی برای 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؟

بحث کلاسی

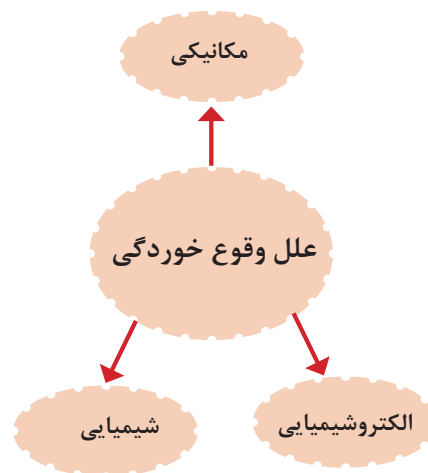


### مکانیزم ایجاد خوردگی

عوامل اصلی ایجاد پدیده خوردگی را می توان 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.

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

رسوب تیره رنگی است که ابتدا روی سطح قطعه آهنی تشکیل می شود و در اثر مرور زمان به دلیل واکنش بیشتر با اکسیژن به صورت رسوب در می آید که رنگ آن قرمز قهوه ای یا آجری رنگ است و ما آن را به عنوان زنگ آهن روی سطح قطعه زنگ زده می بینیم (شکل زیر).



نمودار مکانیزم ایجاد خوردگی در فلزات

**خوردگی شیمیایی:** در مورد خوردگی شیمیایی فلزات می توان به انحلال مقادیر کم مواد فلزی توسط حلال های آلی مثل انحلال آلومینیوم در تتراکلرید کربن ( $CCl_4$ ) و استون اشاره کرد.



سطح زنگ زده ورق های آهنی در اثر قرارگرفتن در شرایط اتمسفر مرطوب

## پودمان دوم: مواد و کاربرد آنها

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



خوردگی لوله فولادی گالوانیزه در اتصال با لوله مسی

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

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 مثبت‌تر تمایل کمتری نسبت به اکسید شدن و خوردگی دارند مانند طلا و نقره... و فلزات و آلیاژهای با پتانسیل الکتروشیمیایی منفی‌تر 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 مثبت‌تری قرار دارد، لذا تمایل کمتری به اکسید شدن 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 به‌دلیل نصب پلاک و قفل از جنس آلیاژ مس روی ستون فولاد کربنی

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.



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



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

همان‌طور 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.



بحث کلاسی

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

## روش‌های کنترل خوردگی و حفاظت مواد



بحث کلاسی

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



در حالت کلی برای کاهش میزان خوردگی و حفاظت مواد در برابر این پدیده مخرب چهار راهکار اساسی وجود دارد. به‌طور معمول ترکیبی از روش‌های مذکور برای حفاظت از مواد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

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.



نمودار روش های اصلی کنترل خوردگی و حفاظت مواد

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

آند فداشونده چیست و در کدام بخش از تأسیسات مکانیکی کاربرد دارد؟

پژوهش



بحث کلاسی



برای کاهش خوردگی کدام یک از راهکارهای زیر را پیشنهاد می نمایید.

- 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.

انواع پر کاربرد پوشش های محافظ، روش های متداول اعمال و نمونه کاربرد آنها در صنعت

ردیف	نوع پوشش	ماهیت پوشش	روش های متداول اعمال پوشش
۱	پلیمری	این پوشش ها از مواد پلیمری می باشند و عمدتاً به منظور محافظت سازه های فلزی در محیط اتمسفری استفاده می شوند: نظیر اپوکسی، پلی اورتان، پلی استر و غیره	۱- پاشش ۲- غوطه وری ۳- ابزار دستی
۲	فلزی	این پوشش ها ماهیت فلزی دارند و دو دسته اند ۱- پوشش تک عنصری که از یک عنصر فلزی تشکیل شده اند مثل پوشش گالوانیزه، قلع، طلا، نقره، کرم و غیره. ۲- پوشش های آلیاژی که پوشش از ترکیب دو یا چند عنصر فلزی تشکیل شده است	۱- پاشش ۲- غوطه وری ۳- آبکاری
۳	سرامیکی	این پوشش ها ماهیت معدنی (غیر فلزی و غیر پلیمری) دارند مثل انواع لعاب ها که روی ظروف سفالی یا فلزی اعمال می شوند.	۱- پاشش ۲- غوطه وری

## ارزشیابی پایانی فصل دوم

### بخش اول: انتخاب مواد

- ۱- در انتخاب لوله‌های فولادی سیاه کدام ویژگی فلزات از اهمیت بیشتری برخوردار است؟
  - ۱ هدایت الکتریکی ۲ هدایت گرمایی ۳ مقاومت در برابر فشار ۴ چکش خواری
- ۲- برای انتخاب لوله‌های فولادی در تأسیسات گرمایی کدام نوع فولاد مناسب‌تر است؟ چرا؟
  - ۱ کم کربن - جوشکاری خوب ۲ کربن متوسط - جوشکاری خوب
  - ۳ پرکربن - مقاومت به سایش ۴ پرکربن - استحکام زیاد
- ۳- فولادهای پرکربن به دلیل کدام ویژگی در آچار لوله به کار می‌رود؟
- ۴- برای ساخت سینک ظرف‌شویی کدام نوع فولاد مناسب‌تر است؟
  - ۱ فولاد زنگ‌نزن ۲ فولاد ابزار ۳ فولاد کم کربن ۴ فولاد کربن متوسط
- ۵- به دلیل کدام ویژگی از فولاد ابزار در صفحه فرز شیارکن استفاده می‌شود؟
- ۶- چنانچه در کار لوله‌کشی، شیر چدنی را انتخاب کنیم به کدام ویژگی آن در هنگام نصب باید توجه شود؟
  - ۱ روش نصب ۲ تردی و شکنندگی
- ۷- دلیل انتخاب آلومینیوم در مبدل‌های گرمایی چیست؟
- ۸- چنانچه در هنگام کار، پوشش روی در لوله فولادی گالوانیزه از بین برود مشکلی ایجاد می‌شود؟
- ۹- برای آبرسانی آب بهداشتی ساختمان کدام لوله به لحاظ قیمت و موارد بهداشتی مناسب‌تر است؟
  - ۱ مسی ۲ فولاد گالوانیزه ۳ فولادی سیاه ۴ پی‌وی‌سی
- ۱۰- انتخاب کدام لوله پلیمری برای سیستم گرمایشی ساختمان مجاز نمی‌باشد؟
  - ۱ چند لایه PEX ۲ PEX ۳ PP ۴ چند لایه PERT

**بخش دوم:** چنانچه هنرجو از ده پرسش بخش اول به شش پرسش پاسخ درست دهد پرسش‌های زیر را مطرح کنید و چنانچه از ده پرسش این بخش به شش پرسش پاسخ درست دهد نمره قابل قبول را کسب می‌کند.

۱- برای لوله‌کشی یک واحد آپارتمان کدام نوع لوله‌ها با توجه به نوع مصرف مجاز می‌باشد؟

نوع لوله	گرمایشی	آب سرد مصرفی	آب گرم مصرفی	فاضلاب
فولادی گالوانیزه				
فولادی سیاه				
PEX				
PEX-ALL-PEX				
PP				
PB				
چدنی				
پی‌وی‌سی				
پلی اتیلن				

پودمان دوم: مواد و کاربرد آنها

۲- برای هر یک از کاربردهای زیر نوع شیر و جنس مورد استفاده را مشخص کنید.

جنس				نوع	کاربرد
نیکل	کروم	روی	چدنی		
					شیر دستشویی
					شیر ظرفشویی
					شیر ورودی آب ساختمان
					شیر شناور
					شیر فلکه پرکن مخزن دوجداره
					شیر اطمینان
					شیر اطمینان آب گرم کن
					شیر اطمینان دیگ چدنی
					شیرهای رفت و برگشت دیگر

۳- چنانچه در یک سیستم تهویه مطبوع تابستانی بخواهیم علاوه بر عایق گرمایی، عایق به کار گرفته شده ویژگی عایق رطوبتی نیز داشته باشد بهتر است از کدام نوع عایق‌ها استفاده شود؟

۱ پشم شیشه ۲ پشم سنگ ۳ NBR ۴ EPDM

۴- بخشی از دیگ‌ها که در معرض شعله شدید قرار دارند مناسب‌ترین ماده دیرگداز برای پیشگیری از ذوب آن به کارگیری کدام ماده است؟

۱ چدن ۲ کامپوزیت ۳ سرامیک ۴ پلیمرها

۵- علت به کارگیری عایق برای پیشگیری از ترکیدگی لوله آب چیست؟

۶- مقدار یون کربنات کلسیم در یک کیلوگرم آب  $50\text{ mg}$  می‌باشد. مقدار کربنات کلسیم در این آب چند ppm است؟

۷- مقدار یون کلر  $300000$  میلی‌گرم در دو کیلوگرم آب می‌باشد، مقدار کلر در این مقدار آب چند ppm است؟

۸- چهار لیوان آب با دماهای  $(5-7^\circ\text{C})$  و  $(8-12^\circ\text{C})$  و  $(10-12^\circ\text{C})$  و  $(12-14^\circ\text{C})$  وجود دارند، کدام لیوان برای آشامیدن گوارتر است؟

۵ - ۷	۸ - ۱۲	۱۰ - ۱۲	۱۲ - ۱۴
-------	--------	---------	---------

۹- سه نمونه آب برای تغذیه سیستم گرمایشی در دسترس است، به نظر شما کدام نمونه برای این سیستم مناسب‌تر است؟

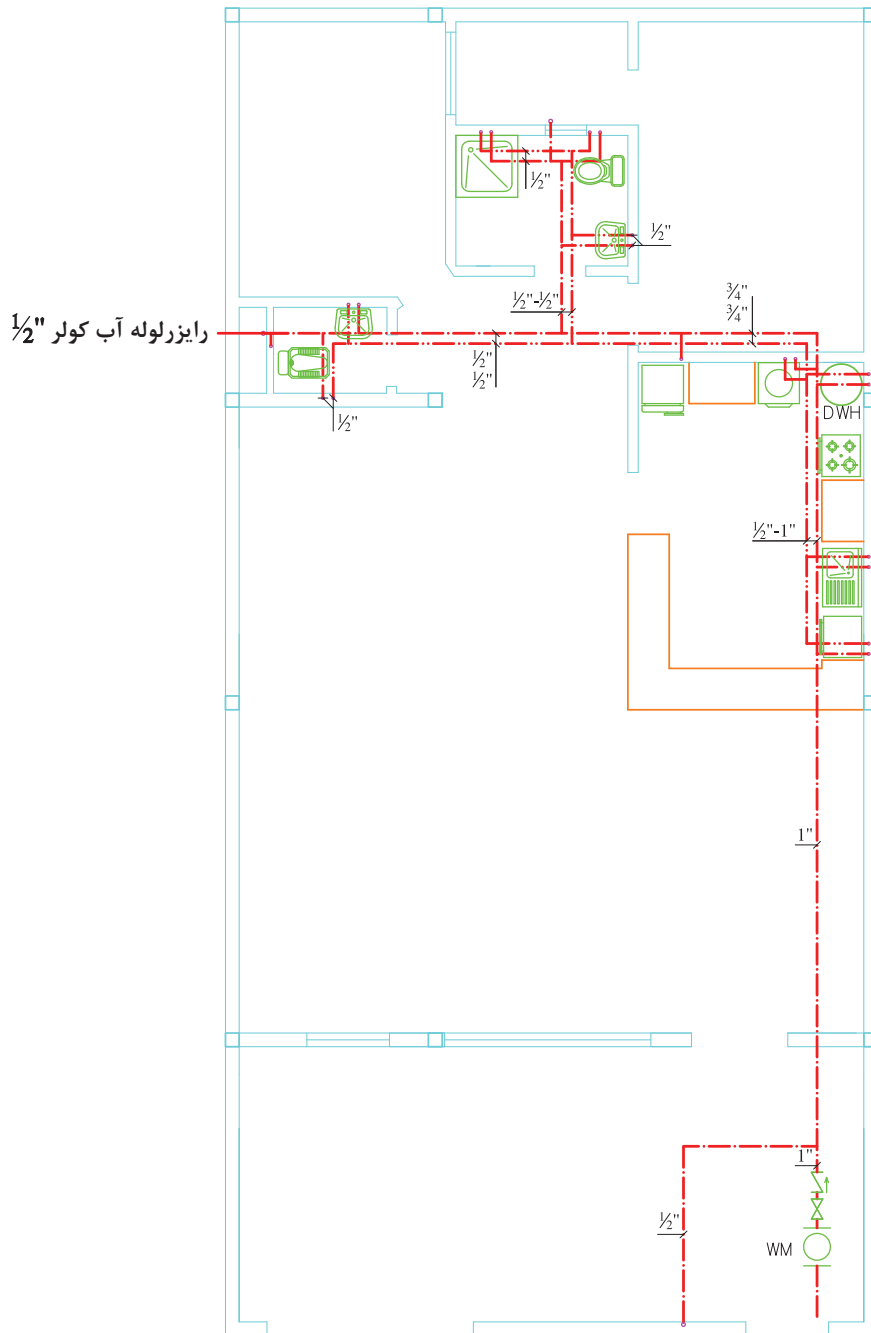
TDS=۱۰۰۰ pH=۹	TDS=۵۰ pH=۴	TDS=۳۰ pH=۷
------------------	----------------	----------------

۱۰- در یک سیستم گرمایشی می‌خواهیم از لوله‌های پلیمری تک‌لایه PEX یا پنج‌لایه PEX استفاده کنیم. چنانچه بیشترین طول مستقیم یک مسیر لوله‌کشی ۲۵ متر باشد، حداکثر انبساط این لوله‌ها برای اختلاف دمای  $50^\circ\text{C}$  چند میلی‌متر است؟



### بخش سوم

- بعد از کسب شایستگی در بخش‌های قبلی از چهار پرسش زیر به سه پرسش پاسخ دهید.
- پرسش ۱- در نقشه نشان داده شده جنس لوله‌های آب سرد و آب گرم مصرفی به کار رفته چیست؟
- پرسش ۲- طول سیستم لوله‌کشی را با ذکر قطر لوله در جدولی تنظیم نمایید.
- پرسش ۳- در صورت نیاز به عایق کدام بخش به عایق نیاز داشته و طول عایق چند متر است؟ نوع عایق را نیز بنویسید.
- پرسش ۴- مواد به کار رفته در تجهیزات بهداشتی نشان داده شده را در جدولی بنویسید.



پلان لوله کشی آب سرد و گرم مصرفی

مقیاس ۱:۱۰۰



پودمان سوم

محاسبات و برآورد



## مقدمه

**مثال:** ۵۰ متر چند سانتی‌متر و چند میلی‌متر است؟

$$\text{با توجه به موارد بالا چون } \text{cm} = \frac{1}{100} \text{m} \text{ پس } 1 \text{m} = 100 \text{cm}$$

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

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

**مثال:** ۵۰۰ متر چند کیلومتر است؟

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

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



کار کلاسی

جدول زیر را کامل کنید.

اندازه	ضریب تبدیل	یکای مورد نظر
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 می‌توانند محاسبات مربوط به تبدیل واحدهای اندازه‌گیری، سطح، حجم، فشار، دما و گرما را انجام دهند.

## محاسبات طول (Length calculations)

**یکای اندازه‌گیری طول در سیستم SI:** یکای اندازه‌گیری طول در سیستم SI، متر (m) است. با توجه به نوع و بزرگی طول مورد اندازه‌گیری، ممکن است از یکاهای بزرگ‌تر یا کوچک‌تر 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 میلی‌متر به معنای یک هزارم متر. چون این پیشوندها در یکاهای اندازه‌گیری کمیت‌های دیگر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند در جدول زیر پیشوندهای مذکور را آورده‌ایم.

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

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

### پیشوندهای اجزا و اضعاف یکاهای اندازه‌گیری

اضعاف	اجزا
T(Tera) ترا $10^{12}$ (تریلیون)	d(Deci) دسی $10^{-1}$ (دهم)
G(Giga) گیگا $10^9$ (بیلیون)	c(Centi) سنتی $10^{-2}$ (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 $10^1$ (ده)	p(Pico) پیکو $10^{-12}$ (تریلیونیم)

مثال:  $10^6 \text{W} = 1 \text{Mw}$

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

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

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ in} \text{ (اینچ)} \text{ یا } 1' = 12''$$

$$1 \text{ yd} = 3 \text{ ft}$$

**مثال ۱:** فشار اتمسفر تقریباً برابر ۳۴ فوت ستون آب است. این فشار را برحسب اینچ ستون آب حساب کنید.

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

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

$$= 408 \text{ in. W.C}$$

**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 انگلیسی زبان 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 ...

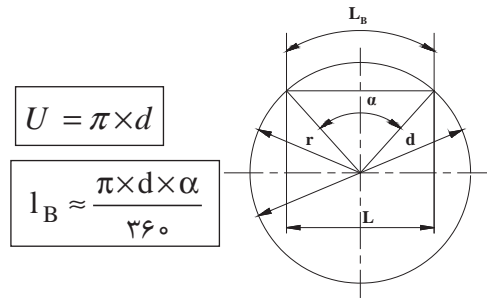
جدول زیر را کامل کنید.

کار کلاسی



اندازه	ضریب تبدیل	یکای موردنظر	اندازه	ضریب تبدیل	یکای موردنظر
$\frac{3}{4}$ in	.....	.....m	۲ in	.....	.....mm
$\frac{3}{8}$ in	.....	.....cm	۳ in	.....	.....cm
۵۰ mm	.....	.....in	۱۰ ft	.....	.....m
۳۲ mm	.....	.....in	۱۰ cm	.....	.....in

**محاسبه محیط:** هر قطعه صنعتی، معمولاً ترکیبی از شکل‌های هندسی است. بنابراین، برای محاسبه محیط این نوع قطعات، ابتدا آنها را به شکل‌های هندسی دسته‌بندی 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.



علائم اختصاری

$U =$  محیط

$d =$  قطر دایره

$r =$  شعاع دایره

$\alpha =$  زاویه مرکزی

$L_B =$  طول قوس قطاع یا قطعه دایره  $l =$  طول قطعه دایره

محاسبه محیط دایره

**مثال:** می‌خواهیم قطعه‌ای را مطابق شکل 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 آن را به طول‌های  $l_1, l_2, l_3, l_4$  و  $l_5$  تفکیک نموده و پس از محاسبه طول هر یک از آنها، با جمع طول پاره‌خط‌ها، محیط قطعه مرکب را به دست می‌آوریم.

$$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5$$

$$l_1 = 200 \text{ mm}$$

$$l_2 = \frac{d_2 \times \pi}{2} = \frac{400 \text{ mm} \times 3.14}{2} = 628 \text{ mm}$$

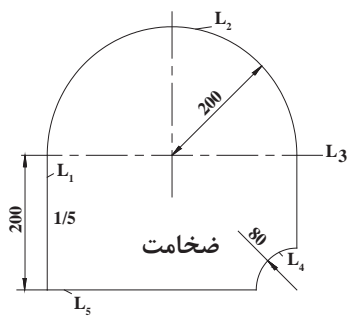
$$l_3 = 200 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 120 \text{ mm}$$

$$l_4 = \frac{d_4 \times \pi}{4} = \frac{160 \text{ mm} \times 3.14}{4} = 125.6 \text{ mm}$$

$$l_5 = 400 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 320 \text{ mm}$$

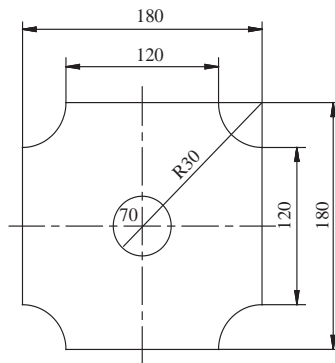
$$U = 200 \text{ mm} + 628 \text{ mm} + 120 \text{ mm} + 125.6 \text{ mm}$$

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



محاسبه محیط قطعه

- ۱- قطر دایره‌ای  $115/7$  میلی‌متر است، محیط آن را به دست آورید.
- ۲- محیط دایره‌ای  $62/8$  میلی‌متر است، قطر آن را به دست آورید.
- ۳- اندازه محیط داخلی و خارجی قطعه شکل زیر را به دست آورید.



کار کلاسی



$$A=L^2$$

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

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

$$1\text{cm}^2 = \left(\frac{1}{100}\text{m}\right)^2 = \frac{1}{10000}\text{m}^2$$

$$1\text{m}^2 = (100\text{cm})^2 = 10000\text{cm}^2$$

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

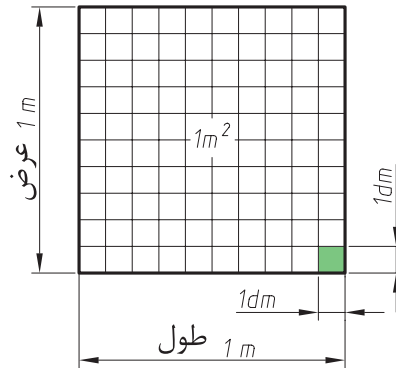
**پاسخ:**  $A = 4\text{m} \times 2/8\text{m} = 4 \times 2/8\text{m}^2 = 1\ 1/2\text{m}^2$

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

### محاسبات سطح (Level calculations)

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.

دسی متر مربع، سانتی متر مربع یکاهای کوچک‌تری هستند که در این سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند.



یکای اندازه‌گیری سطح متر مربع

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

جدول زیر را کامل کنید.

..... mm <sup>2</sup>	..... dm <sup>2</sup>	..... cm <sup>2</sup>	۰/۸ m <sup>2</sup>	الف
..... mm <sup>2</sup>	..... cm <sup>2</sup>	..... m <sup>2</sup>	۲/۱ dm <sup>2</sup>	ب
..... mm <sup>2</sup>	..... dm <sup>2</sup>	..... m <sup>2</sup>	۴۰ cm <sup>2</sup>	ج

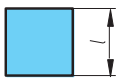
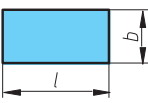
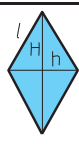
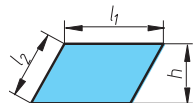
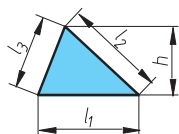
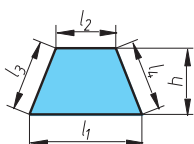
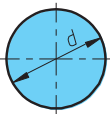
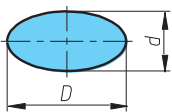
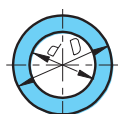
کار کلاسی



کار کلاسی



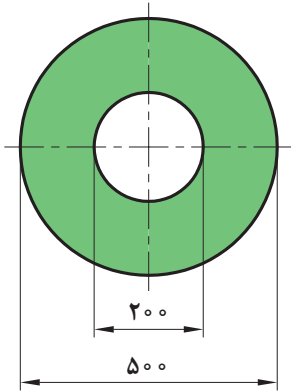
روابط محاسبه محیط و مساحت شکل های هندسی

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

علائم اختصاری:

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





**مثال:** مساحت ورق به کار رفته در قطعه داده شده چند دسی متر مربع است.

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

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

**پاسخ:**

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

$$A = \frac{3/14 \times 5^2}{4} - \frac{3/14 \times 2^2}{4} = 16/485 \text{ dm}^2$$

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

کار کلاسی



ابعاد یک کانال هوا از ورق گالوانیزه  $30 \times 25 \times 200$  سانتی متر می باشد، سطح جانبی ورق به کار برده شده چند متر مربع است؟

کار کلاسی



$$V = L.L.L = L^3$$

$$1 \text{ m}^3 = (10 \text{ dm})^3 = 1000 \text{ dm}^3$$

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

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

هر متر مکعب (۱۰۰۰) لیتر و هر لیتر ( $\frac{1}{1000}$ ) متر مکعب است.

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

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

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

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

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

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

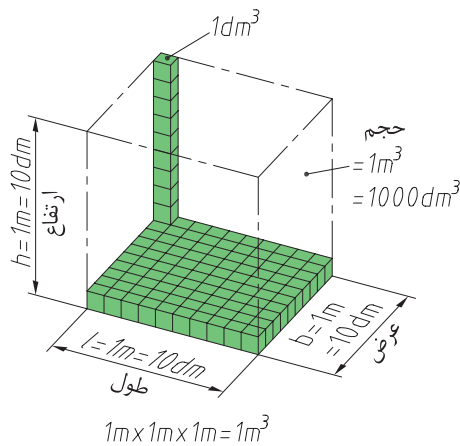
$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ lit}$$

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

به روش تبدیل لیتر به سانتی متر مکعب و سانتی متر مکعب به لیتر توجه نمایید. به سانتی متر مکعب سی سی نیز می گویند. (Centimeter Cubic)

### محاسبات حجم (Volume calculations)

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



یکای اندازه گیری حجم در سیستم SI متر مکعب است.

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

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

$$= 36000(1000\text{cm})^3 = 36000000\text{cm}^3$$

یا

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

$$= 36000\text{lit}$$

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

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

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

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

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

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

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

**پاسخ:**

$$100000\text{cm}^3 = 100000 \left(\frac{1}{10}\text{dm}\right)^3$$

$$= 100000 \times \frac{1}{1000}\text{dm}^3 = 100\text{dm}^3 = 100\text{lit}$$

$$100\text{dm}^3 = 100 \left(\frac{1}{10}\text{m}\right)^3 = 100 \times \frac{1}{1000}\text{m}^3$$

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

$$100000\text{cm}^3 \div 1000 = 100\text{dm}^3 = 100\text{lit}$$

$$100\text{dm}^3 \div 1000 = 0.1\text{m}^3$$

**توجه:** ضریب تبدیل در یكاهای حجم، از یكایی به یكای مجاور (۱۰۰۰) است، که در تبدیل یك از کمیت بزرگ تر به کوچک تر آن را در (۱۰۰۰) ضرب می کنند و در تبدیل یك از کمیت کوچک تر به بزرگ تر 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:**

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

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

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

۱۰۳/۲ cm <sup>۳</sup>	.....dm <sup>۳</sup>	۲۲۰۰ cm <sup>۳</sup>	.....m <sup>۳</sup>
۱۸۰۰ mm <sup>۳</sup>	.....cm <sup>۳</sup>	۴۲۵ dm <sup>۳</sup>	.....m <sup>۳</sup>
۰/۸۰۷ m <sup>۳</sup>	.....cm <sup>۳</sup>	۰/۰۲۵ m <sup>۳</sup>	.....mm <sup>۳</sup>
۴۰۸۷۵ mm <sup>۳</sup>	.....dm <sup>۳</sup>	۶۸۷۰ mm <sup>۳</sup>	.....m <sup>۳</sup>

۲- آب موجود در ۱۰۰ متر لوله به قطر یک اینچ چند لیتر است. (ابعاد لازم را از جدول ۱۳۸۷ BS کتاب راهنمای هنرجو استخراج نمایید)

کار کلاسی



کار کلاسی



لیتر ۳/۷۸۵ = ۱ گالن آمریکایی  
 لیتر ۴/۵۴۶ = ۱ گالن امپریال

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

$$1 \text{ ft} = 30.48 \text{ cm} = 0.3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ ft}^3 = 0.0283 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.31 \text{ ft}^3$$

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

**پاسخ:**

$$36 \text{ m}^3 = 36 \times 35.31 \text{ ft}^3$$

$$= 1271.16 \text{ ft}^3$$

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

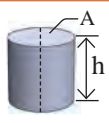
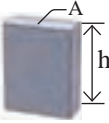
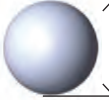
**پاسخ:**

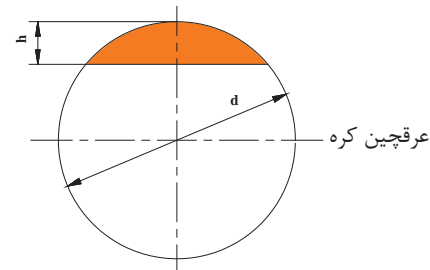
$$1076 \text{ ft}^3 \times 0.0283$$

$$= 30.4 \text{ m}^3$$

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

روابط حجم - سطح جانبی و سطح کل حجم‌های هندسی

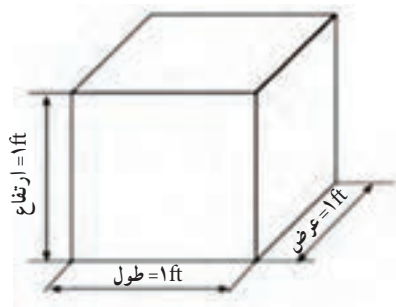
شکل	مساحت	حجم
 استوانه	سطح قاعده بالا + سطح جانبی + سطح قاعده پایین = سطح کلی $A_o = A + A_M + A$ $A_M = \pi \times d \times h$	ارتفاع × مساحت قاعده = حجم
 منشور چهار ضلعی	سطح قاعده بالا + سطح جانبی + سطح قاعده پایین = سطح کلی $A_o = A + A_M + A$	ارتفاع × مساحت قاعده = حجم
 کره	$A = \frac{\pi \times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



$$A = \pi dh$$

$$V = \pi h^2 \left( \frac{d}{2} - \frac{h}{3} \right)$$

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



$$1 \text{ ft} \times 1 \text{ ft} \times 1 \text{ ft} = 1 \text{ ft}^3$$

فوت مکعب یکای 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.



اندازه‌های زیر را برحسب یکاهای خواسته شده تبدیل کنید.

$50 \text{ m}^3$	..... $\text{ft}^3$	$1500 \text{ m}^3$	..... $\text{gal}$
$2450 \text{ ft}^3$	..... $\text{m}^3$	$1700 \text{ ft}^3$	..... $\text{dm}^3$

### محاسبات جرم (Mass calculations)

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

گرم  $1 = 1000$  کیلوگرم

گرم  $1 = 453$  پوند

کیلوگرم  $1 = 2/20$  lb

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

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

یکای جرم ویژه در سیستم «SI» کیلوگرم بر متر

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

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

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

جرم مخصوص آهن  $(\frac{7}{85} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3})$ ،

جرم مخصوص آلومینیوم  $(\frac{2}{7} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3})$ ،

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

### جدول جرم ویژه بعضی از مواد

جرم ویژه گازها $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		جرم ویژه جامدات $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$				جرم ویژه مایعات $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$	
جرم ویژه	ماده	جرم ویژه	ماده	جرم ویژه	ماده	جرم ویژه	ماده
۱/۴۳	اکسیژن	۷/۳	قلع	۲۱/۵	پلاتین	۱	آب ( $4^\circ\text{C}$ )
۱/۲۹	هوا	۷/۲۵	چدن	۱۹/۳	طلا	۰/۹	روغن موتور
۱/۲۵	ازت	۷/۱۳	روی	۱۱/۳۵	سرب	۰/۸۵	نفت
۱/۱۷۱	استیلن	۲/۷	آلومینیوم	۸/۹	مس	۰/۸۵	گازوئیل
۰/۰۹	هیدروژن	۱/۲۶	چوب آبنوس	۷/۸۵	فولاد	۰/۷۲	بنزین

علت شناور شدن بعضی از مواد روی آب چیست؟

فکر کنید



علائم اختصاری:

$$m = \text{جرم}$$

$$V = \text{حجم}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \boxed{m = \rho \times V} \quad \rho = \text{جرم ویژه}$$

**مثال:** جرم شمش فولادی با مقطع مربع به ضلع (۵۰)

میلی متر و طول (۱۲۰) میلی متر را به دست آورید.

**پاسخ:**

$$120 \text{ mm} = 12 \text{ cm} = 2/1 \text{ dm}$$

$$50 \text{ mm} = 5 \text{ cm} = 0/5 \text{ dm}$$

$$V = A \times h = (0/5 \text{ dm})^2 \times 2 \text{ dm} = 0/3 \text{ dm}^3$$

$$m = \rho \cdot v = 0/3 \text{ dm}^3 \times 7/85 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 2/355 \text{ kg}$$

**مثال:** جرم مخصوص آب (۱  $\frac{\text{kg}}{\text{lit}}$ ) چند (۱  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ) 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 ویژه، می توان رابطه ای 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  $\frac{3}{4}$  اینچ را از جدول کتاب همراه استخراج کنید).

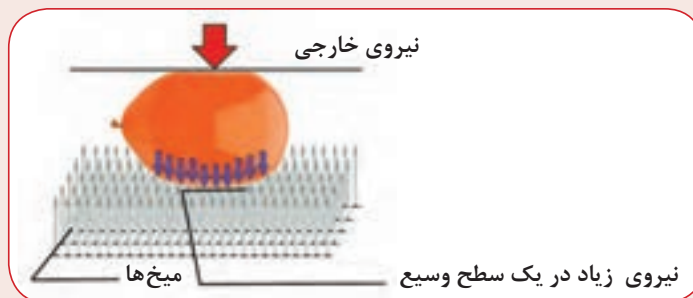
کار کلاسی



## فشار pressure

در یک تخته با ابعاد (۱۰ cm در ۱۰ cm) به فاصله هر یک سانتی متر میخ هایی وارد کنید. سپس بادکنکی را باد کنید و بر میخ ها بفشارید. این حالت را با حالتی که فقط یک میخ در بادکنک فرو می کنید مقایسه کنید. چه تفاوتی مشاهده می کنید؟ با توجه به مثال ها و تجربه بالا عوامل مؤثر بر فشار را بررسی نمایید.

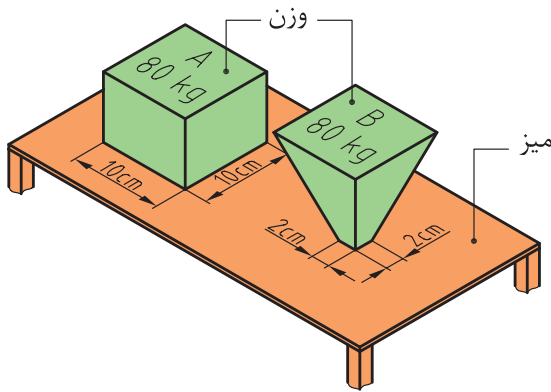
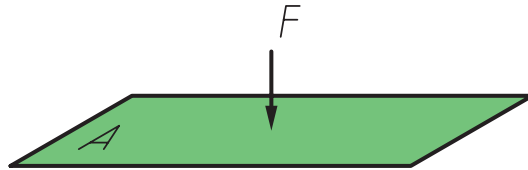
تجربه کنید



## 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.**

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



**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 بریده‌شده 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  $h$ ، 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.

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

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.

**مثال:** جعبه‌ای مکعب‌شکل به جرم ۱۵ کیلوگرم، که طول هر ضلع آن ۲۰ سانتی‌متر است چه فشاری را بر سطح یک میز وارد می‌کند؟

$$m = 15 \text{ Kg}$$

$$L = 20 \text{ cm} \div 100 = 0.2 \text{ m} \Rightarrow A = 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$F = W = m \cdot g$$

$$F = 15 \times 10 = 150 \text{ N}$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{150}{0.04} = 3750$$

$$P = 3750 \frac{N}{m^2} \text{ یا Pa}$$



کار کلاسی

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