بسم الله الرحمن الرحیم

دانش فنی پایه

رشتهٔ تأسیسات مکانیکی

گروه مکانیک

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

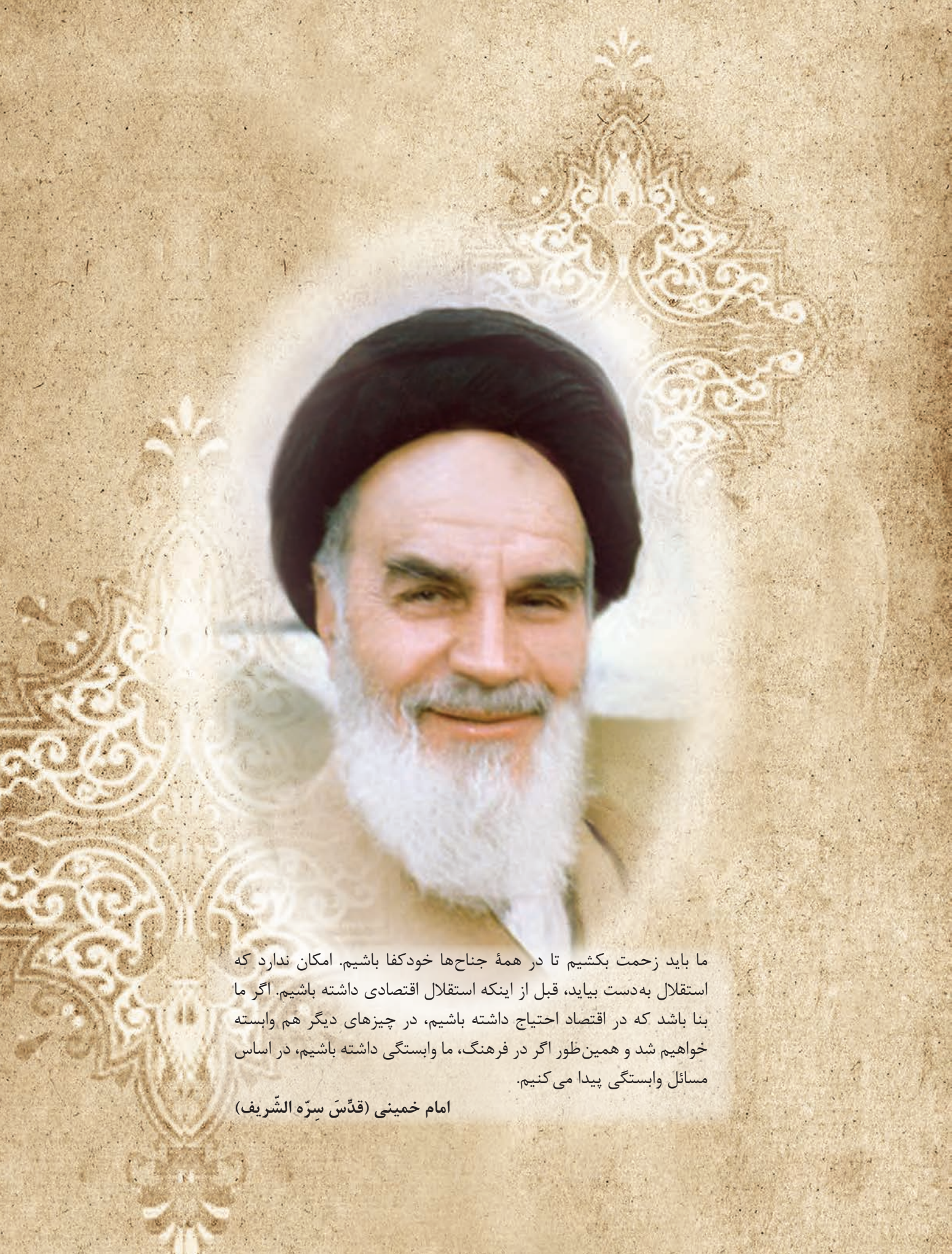
پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: دانش فنی پایه (رشتهٔ تأسیسات مکانیکی) ـ ۲۱۰۴۴۱
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: رضا افشاری‌نژاد، داود بیطرفان، ناصر جمادی، حسن ضیغمی، محمد قربانی، حسن میرمنتظری، عقیل نوروزی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
مهدی اسماعیلی، رضا افشاری‌نژاد، ناصر جمادی، وحید سجادی، حسن ضیغمی، عقیل نوروزی (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ مجتبی احمدی (صفحه‌آرا)- فاطمه رئیسیان فیروزآباد (رسام)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ‌ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ سوم ۱۳۹۷

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 به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۹- ۲۷۵۵ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 2755–9**



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

امام خمینی (قدّسَ سِرّه الشّریف)

فهرست

پودمان اول: کلیات ۷

پودمان دوم: مواد و کاربرد آنها ۲۱

پودمان سوم: محاسبات و برآورد ۶۷

پودمان چهارم: سیستم‌ها و دستگاه‌ها ۱۰۵

پودمان پنجم: مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل ۱۳۳

منابع ۱۶۰

سخنی با هنرآموزان گرامی

با توجه به آموزه‌های اسلامی، کار و اشتغال از ارزش تربیتی برخوردار است و انسان از طریق کار، نفس‌سرکش را رام کرده و شخصیت وجودی خویش را صیقل داده، هویت خویش را تثبیت کرده و زمینهٔ 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 حوزهٔ دنیای کار و دنیای آموزش بر مبنای نیازسنجی شغلی صورت گرفته است. درس‌های رشته‌های تحصیلی شاخهٔ 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 رشتهٔ تحصیلی است که هنرجویان در پایهٔ دهم و در آغاز ورود به رشتهٔ تحصیلی خود می‌بایست آن را آموزش ببینند و شایستگی‌های لازم را در ارتباط با دروس عملی و ادامهٔ تحصیل در رشتهٔ خود کسب نمایند. درس دانش فنی تخصصی که در پایهٔ دوازدهم طراحی شده است، شایستگی‌هایی را شامل می‌شود که موجب ارتقای دانش تخصصیِ حرفه‌ای شده و زمینه را برای ادامهٔ تحصیل و توسعهٔ حرفه‌ای هنرجویان در مقطع کاردانی پیوسته نیز فراهم می‌کند.

لازم به یادآوری است که کتاب دانش فنی‌پایه 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 پایهٔ نهم به تحریر درآمده است. محتوای آموزشی کتاب دانش‌فنی پایه، آموزش‌های کارگاهی را عمق می‌بخشد و نیازهای هنرجویان را در راستای محتوای دانش‌نظری تأمین می‌کند.

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

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرجویان عزیز

درس دانش‌فنی‌پایه با هدف شناخت مفاهیم، کسب دانشِ فنی‌پایه در گروه مکانیک‌و رشتهٔ تحصیلی تأسیسات مکانیکی برای شما هنرجویان عزیز طراحی و کتاب آن تألیف شده است.

در تدوین درس دانش‌فنی‌پایه، مؤلفه‌هایی مانند تاریخچه رشته، محتوا جهت ایجاد انگیزش، مشاغل و هدف رشته‌ای، نقش رشتهٔ شما در توسعهٔ 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، زبان‌فنی، ایمنی و بهداشت فردی و جمعی، پیشگیری از حوادث احتمالی شغلی و نمونه‌هایی از مهارت حل مسئله در بستر گروه تحصیلی و برای رشتهٔ 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 وحرفه‌ای 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

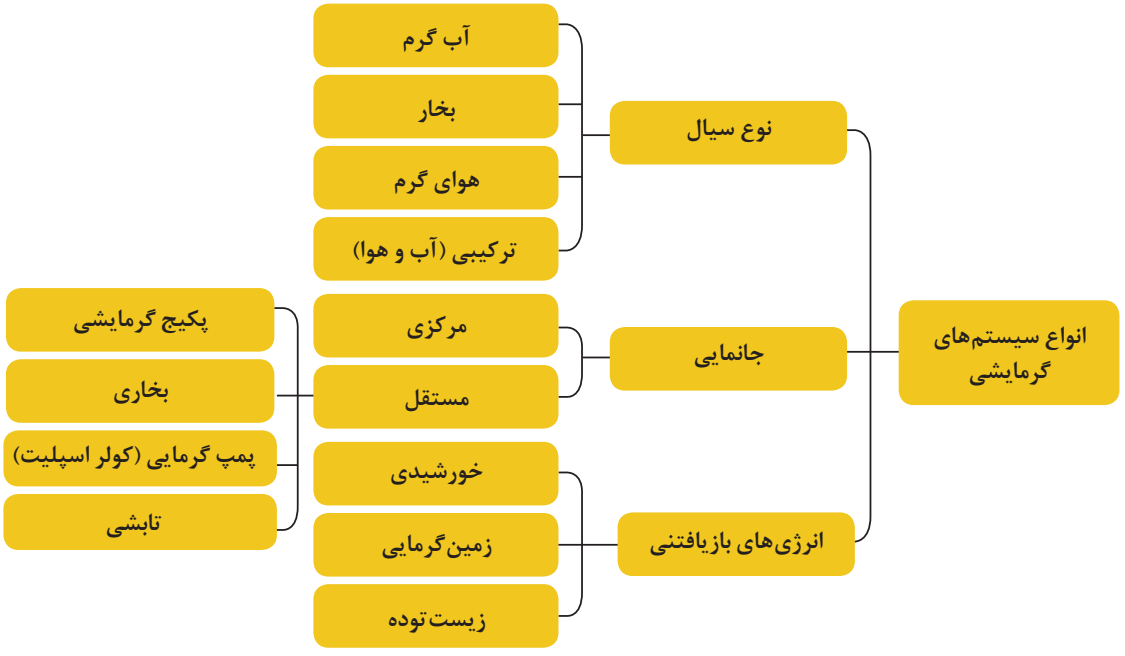
صنعت ساختمان و صنعت تأسیسات مکانیکی ساختمان لازم و ملزوم یکدیگرند. تأمین گرما در زمستان، تأمین سرما در تابستان، تأمین آب آشامیدنی، تأمین آب گرم مصرفی از نیازهای اوّلیه ساکنین یک ساختمان است که محاسبه و طراحی آن توسط مهندسان و نصب و راه‌اندازی و اجرای آنها توسط تکنسین‌ها، کمک تکنسین‌ها و کارگران ماهر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

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

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.

کارگر ماهر تأسیسات مکانیکی ساختمان

ردیف	نام گروه کاری/شغل
۱	نصاب پکیج شوفاژ
۲	تعمیرکار شوفاژ
۳	شوفاژکار
۴	عایق‌کار تجهیزات حرارتی، تهویه و تبرید
۵	مکانیک تهویه مطبوع
۶	نصاب تأسیسات ساختمان
۷	نصاب سیستم گرمایش از کف
۸	تعمیرکار مشعل
۹	تعمیرکار پمپ آب
۱۰	متصدی کنترل و تنظیم دستگاه‌های تهویه
۱۱	نصاب کولر آبی
۱۲	نصاب موتورخانه
۱۳	نصاب پمپ
۱۴	نصاب سیستم آب گرم مصرفی
۱۵	راه‌انداز موتورخانه

کمک تکنسین تهویه مطبوع

ردیف	نام گروه کاری/شغل
۱	کمک تکنسین تأسیسات مکانیکی
۲	نقشه‌کش تأسیسات مکانیکی
۳	کمک تکنسین دستگاه‌های تهویه مطبوع
۴	کمک تکنسین دستگاه‌های سردکننده
۵	کمک تکنسین ناظر لوله‌کشی گاز
۶	کمک تکنسین دیگ بخار
۷	اپراتور توربین گاز
۸	نصاب دستگاه خورشیدی
۹	مکانیسین تأسیسات
۱۰	نصاب دستگاه‌های خنک‌کننده و تهویه
۱۱	نصاب پخش‌کننده‌های تابشی
۱۲	نصاب و تعمیرکار کولرهای گازی پنجره‌ای
۱۳	نصاب و تعمیرکار کولرهای گازی اسپلیت
۱۴	تعمیرکار دستگاه تهویه
۱۵	سرپرست تأسیسات برودتی و حرارتی

الهام از طبیعت

تهویه مطبوع طبیعی: لانه موریانه 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 موریانه‌ها 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 موریانه‌ها در ثابت نگه‌داشتن نسبی گرما و رطوبت الگو گرفت که در همین راستا یکی از معماران، با بررسی ساختار سرمایشی و گرمایشی تپه موریانه‌ها، 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 موریانه

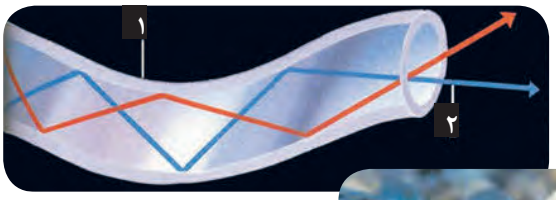
مرغابی شمالی و سیستم عایق‌بندی آن: بدن‌های ما از طریق هضم غذایی که در طول روز می‌خوریم، به تولید انرژی گرمایی می‌پردازد. بهترین راه برای جلوگیری از هدر رفتن این گرما، ممانعت از خروج بسیار سریع آن از بدن می‌باشد. به همین دلیل است که بسته به شرایط آب و هوایی، ما از لباس‌هایی با لایه‌های مختلف استفاده می‌کنیم. 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 عایق کاری 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.

فناوری فیبر نوری در موجودات زنده: فیبرهای نوری، کابل‌های شیشه‌ای شفافی 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 به‌دوردست‌ترین 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 به‌صورت 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 به‌صورت کامل در شن پنهان است. این امر گیاه را در برابر از دست دادن آب و حیوانات چرخنده محافظت می‌کند. نوک هر برگ این گیاه شفاف است و موجب می‌شود نور از آن وارد شده و به پایین برگ منتقل شود.



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

پژوهش

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

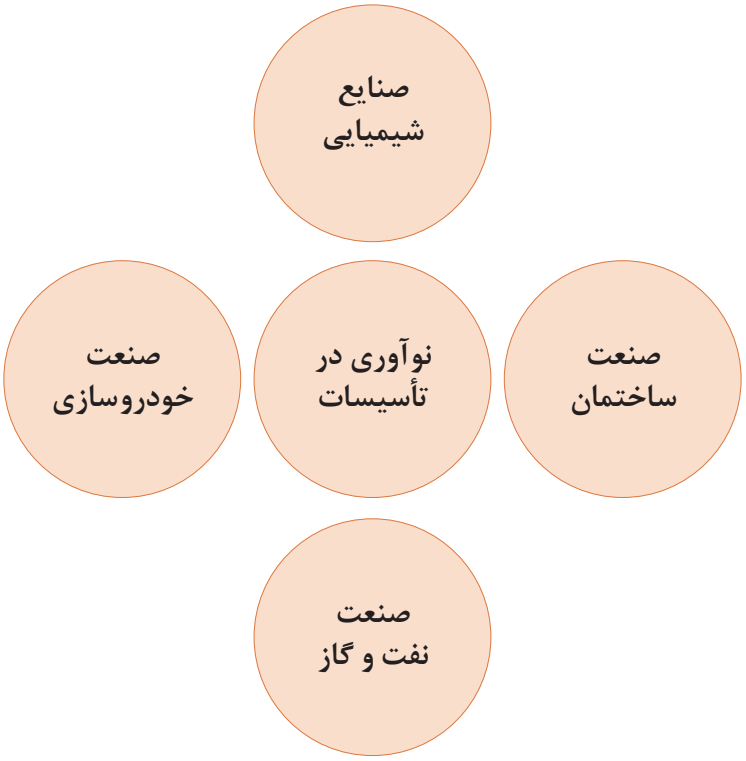
نوآوری‌ها و اختراعات در رشتهٔ تأسیسات

در طول تاریخ بشر امکان استفاده سریع از آب سالم در دسترس نبوده است، مدت زیادی طول کشید تا پیشرفت‌های زیادی به‌تدریج در علم و تکنولوژی انجام گرفت تا سیستم‌های جدید توزیع آب به شکل قابل اطمینان، سریع و ارزان همان‌گونه که امروز هست به‌وجود 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.

آب و هوای بیشتر نقاط کرهٔ 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.



کار کلاسی

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

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

کار کلاسی

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

یکی دیگر از شاهکارهای معماری ایران یخچال‌های سنتی است، از گذشته‌های دور یخ برای خنک‌کردن 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.

یخچال سنتی ایران

پژوهش

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

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 ـ 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)ـ آنها به این نتیجه رسیدند که یک نفر را می‌توان تا سرحد مرگ در تابستان سرد کرد.
۱۸۲۰	کشف مایکل فارادی در مورد سردسازی با فشرده سازی و میعان آمونیاک و اجازه تبخیر به آن.

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

تاریخچه پیدایش مواد سرمازا

جدول خلاصه تاریخچه سردسازی

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

تاریخچه گرما

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

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

دانشمندان روزگاران گذشته گرما را شاره‌ای از یک سیال نامرئی به نام «کالریک» در نظر می‌گرفتند. عقیده بر این بود که جسم با دمای بالا مقدار زیادی کالریک و جسم با دمای پایین مقدار کمتری کالریک دارد و چون دو جسم نزدیک یکدیگر قرار گیرند جسمی که از نظر کالریک غنی است مقداری از آن را به جسم دیگر می‌داد و دمای نهایی بین دو دمای اولیه قرار می‌گرفت. بنجامین تامسون[1] معروف به کنت رامفورد (۱۸۱۴ـ۱۷۵۳) نقشی قابل توجه در تصحیح نظریه سرشت گرما دارد. زمانی که تامسون به فکر سوراخ کردن لولهٔ یک توپ جنگی در اواخر سال‌های ۱۷۹۰ بود، متوجه شد که سلاح پس از مدت کوتاهی سوراخ شدن بسیار داغ می‌شود. او جعبهٔ عایق و آب‌بندی شده‌ای را که حاوی حدود ده لیتر آب بود در تماس با لولهٔ توپ قرار داد. در حالی که لولهٔ توپ سوراخ می‌شد، آب موجود در جعبه داغ‌تر و داغ‌تر شد و پس از دو ساعت و نیم شروع به جوشیدن کرد. او نتیجه گرفت که کار انجام شده برای سوراخ کردن لوله به گرما تبدیل شده است.

بنجامین تامسون

۱ـ Benjamin Thompson

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.

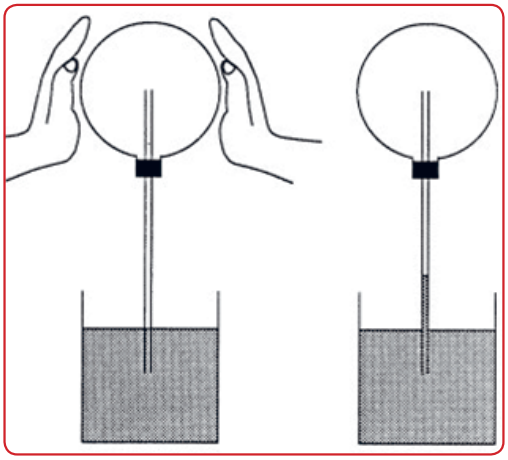
در قرن دوم میلادی یک فیزیک‌دان یونانی به‌نام گالن ثابت کرد که می‌توان حس‌هایی مثل سرما و گرما را به کمک وسیله‌ای شامل یک ستون چهار درجه‌ای اندازه‌گیری کرد. این نظریه تا پایان قرن شانزدهم پایه‌ای برای تعلیمات پزشکی بود.

گالیلئو گالیله(۱۶۴۲ـ۱۵۶۴)

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

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

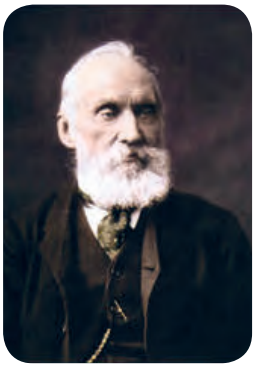
بعدها عده‌ای میزان دمای خون و عده‌ای دیگر دمای ذوب کَره و ... را مبنای مدرج‌سازی دماسنج قرار دادند. در سال ۱۷۱۴ گابریل دانیل فارنهایت موفق شد، دماسنجی بسازد که امروز استفاده می‌شود.

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 ۳۲قسمتی 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(۳۲+۶۴) 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.

آندره سلسیوس(۱۷۴۴ـ۱۷۰۱) دماسنج خود را در سال ۱۷۴۲ اختراع کرد. مقیاس او براساس دو نقطه پایه‌گذاری شده‌است. نقطه اول دمای مخلوطی از آب و یخ در حال تعادل و تحت فشار جو و نقطه بعدی دمای مخلوط آب و بخار در حال تعادل در فشار جو است و بین این دو را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم کرد و هر قسمت را یک درجه سانتی‌گراد (این نام از واژهٔ لاتین centum به معنی «۱۰۰» و gradus به معنی «گام» یا «مرحله» گرفته‌شده است.) او ابتدا نقطه جوش آب را صفر و نقطه انجماد آب را ۱۰۰ تعیین کرد، اما سال بعد این روش را معکوس کرد و این همان درجه‌بندی است که در درجه‌بندی سلسیوس یا سانتی‌گراد یا صدبخشی معروف است.

آندره سلسیوس



لُرد کلوین

ویلیام تامسون (۱۹۰۷ـ۱۸۲۴)مشهور به لُرد 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: ایدهٔ «صفر مطلق» در نیمهٔ دوم قرن ۱۸ مطرح شد با این سؤال که آیا برای میزان سرد بودن ماده حدی وجود دارد؟ پاسخ مثبت است. همان‌گونه که آورده شد دما معیاری از انرژی جنبشی است و هر زمان که ماده کمترین انرژی را داشته باشد دما صفر می‌شود. در آن زمان «گیوم آمونتون» با انجام آزمایش‌های گوناگون دریافت که در حجم ثابت با کاهش دمای گاز، فشار آن به‌طور خطی کاهش می‌یابد و این روند، تا پایین‌ترین دماهایی که او می‌توانست ایجاد کند، ادامه یافت. آمونتون نتیجه گرفت که در دمایی حدود ۲۴۰ـ درجهٔ 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 آن‌را به‌صورت قابل اعتماد تکرار کرد. در نتیجه امروزه، به‌عنوان نقطه مرجع، نقطه سه گانه 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 ۰/۰۱ سلسیوس متناظر است. مقیاس کلوین، مقیاسی برای دماست که صفر مطلق را به‌عنوان صفر برگزیده است و هر درجهٔ آن ۱ درجهٔ 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 نقطهٔ سه گانهٔ آب را معادل ۲۷۳/۱۵ درجهٔ کلوین در نظر می‌گیرند.

افزایش یا کاهش یک درجه سلسیوس برابر افزایش یا کاهش یک درجه کلوین است. $k=۲۷۳+^{\circ}C$

تاریخچه فشارسنجی: اوان‌جلیستا توریچلی Evangelista Torricelli (۱۶۴۷ـ 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

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[۱] (۱۶۶۲ـ۱۶۲۳) نـیز مطالعاتی در زمینهٔ 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.

توریچلی

پاسکال

۱ـ Blaise Pascal

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: ۱ـ مهندس مکانیک، ۲ـ تکنسین تأسیسات مکانیکی، ۳ـ کمک‌تکنسین تأسیسات مکانیکی، ۴ـ کارگر ماهر تأسیسات مکانیکی، بیشترین ارتباط را دارد.

گروه شغلی	عنوان شغل	مسئول انجام
آبرسانی	ـ لوله‌کش تأسیسات بهداشتی ساختمان ـ نقشه‌کش تأسیسات ـ نصاب آب‌گرم‌کن دیواری ـ نصاب لوازم بهداشتی ساختمان ـ لوله‌کش سیستم پساب ساختمان	
گازرسانی	ـ نصاب دستگاه‌های گازسوز ـ لوله‌کش گاز ساختمان ـ ناظر سیستم گازرسانی ساختمان	
تهویه مطبوع	ـ نصاب پکیج شوفاژ گازی ـ نصاب سیستم گرمایش از کف ـ کانال‌ساز ـ نصاب و راه‌انداز چیلر ـ نصاب پمپ ـ نصاب موتورخانه گرمایشی ـ نصاب هواساز ـ نصاب کولر گازی اسپلیت	
دستگاه‌های سردکننده	ـ یخچال‌ساز ـ نصاب و راه‌انداز سردخانه ـ محاسبه سیستم‌های سردکننده ـ نگهدار سردخانه	

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

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.

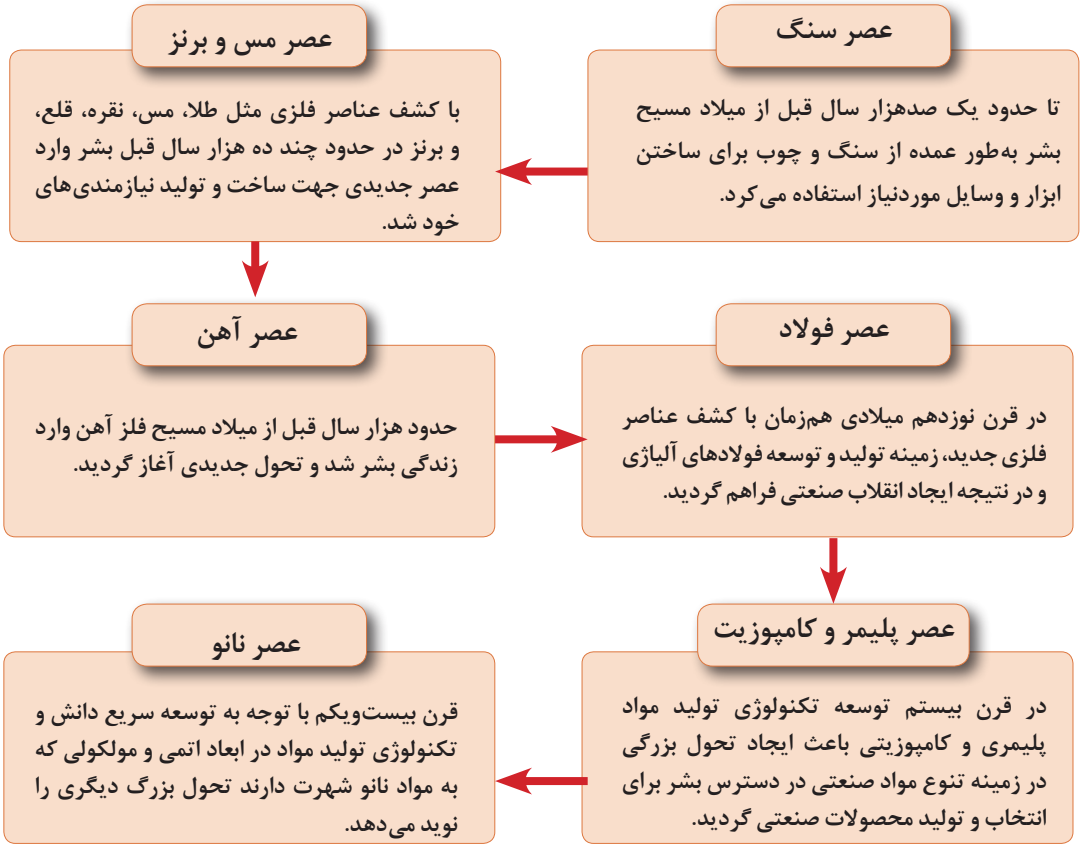
ضرورت شناخت مواد صنعتی

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.

تکنولوژی مواد، علم و فناوری است که درباره فرایندهای تولید، استخراج، تصفیه، آلیاژکردن، 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 زمانی‌که 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.

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

فکر کنید

برای آنکه هریک از لوازم زیر فرسوده نشود و آسیب نبیند چه می‌کنید؟

بحث کلاسی

چند نوع از موادی که در اطراف خود می‌بینید را بنویسید و سپس به چند پرسش زیر پاسخ دهید.

۱ـ ۲ـ

۳ـ ۴ـ

مواد فوق چه تفاوتی از لحاظ جنس با یکدیگر دارند؟

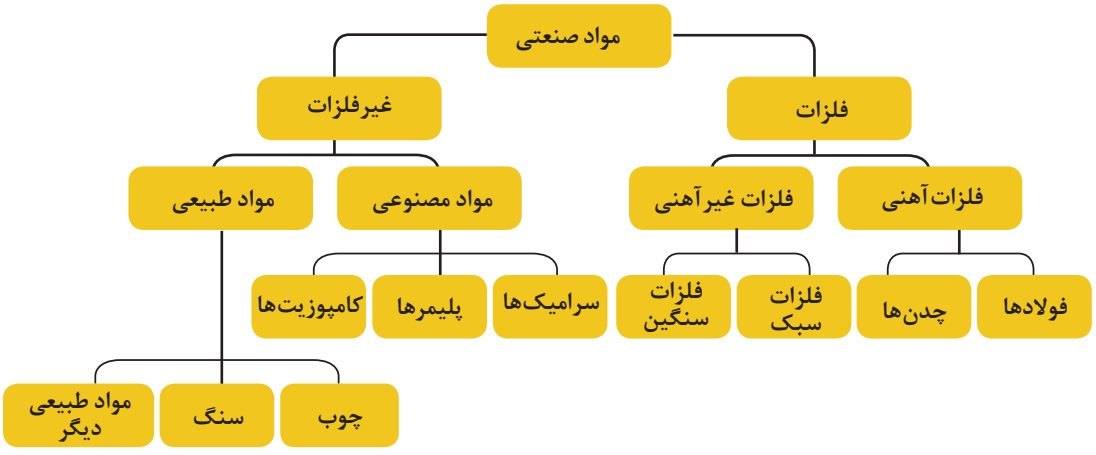
آیا در صورت آسیب دیدن قابل تعمیر و بازسازی هستند؟

آیا این مواد قابل بازیافت هستند؟

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

دسته‌بندی مواد جامد صنعتی

مواد جامد صنعتی را به‌صورت‌های مختلفی می‌توان دسته‌بندی کرد. در حالت کلی می‌توان آنها را به دو دسته اصلی شامل فلزات و غیرفلزات تقسیم کرد.



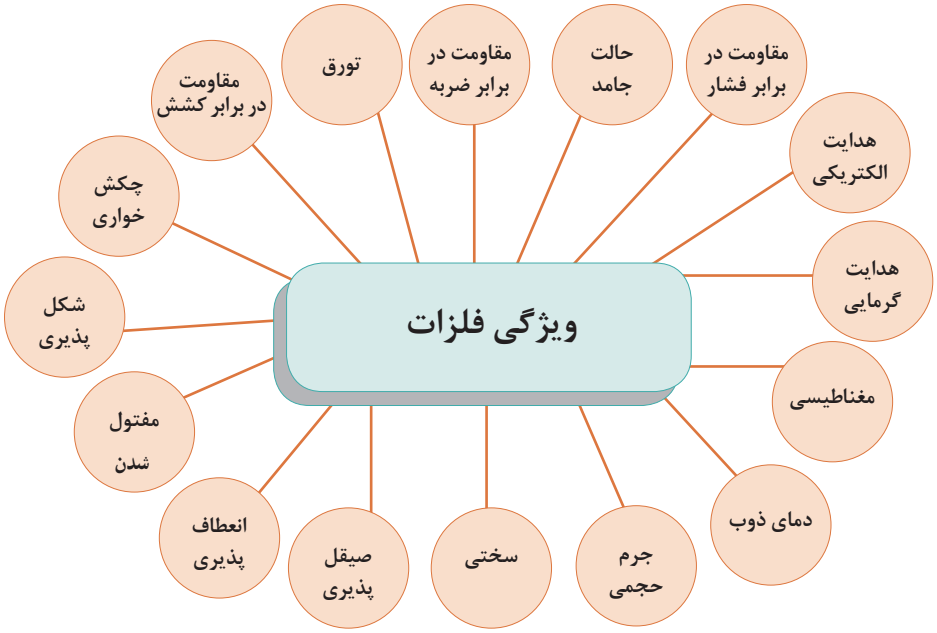
نمودار دسته‌بندی مواد جامد صنعتی

کار کلاسی

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

بحث کلاسی

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.



پرسش کلاسی

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

فلزات:

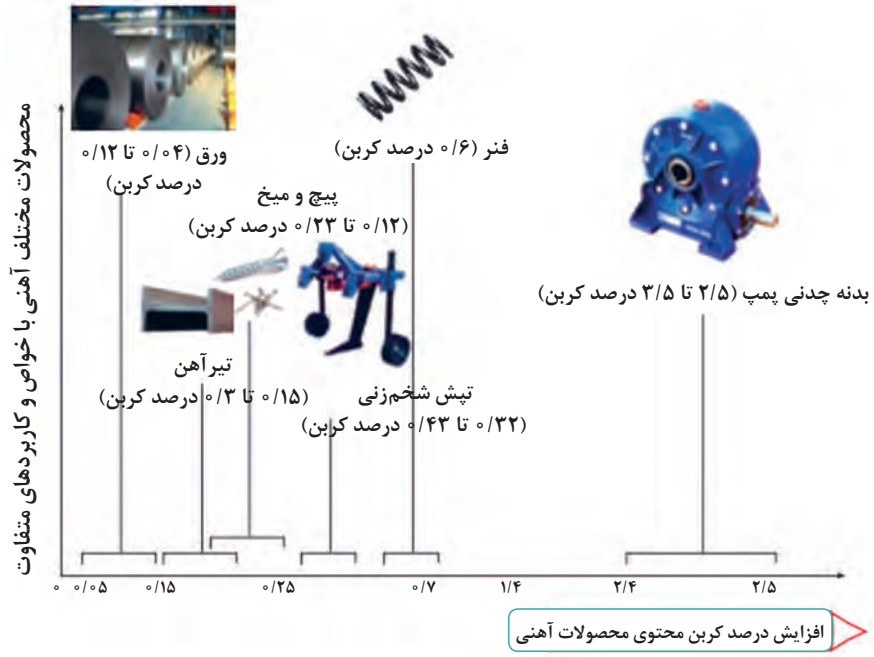
دانش استخراج و کار روی فلزات را متالورژی (Metallurgy) گویند.

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.

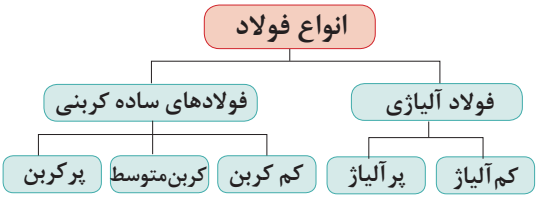
فولادها	به‌طور معمول کمتر از ۲ درصد کربن دارند
چدن‌ها	بیش از ۲ درصد تا حدود ۶ درصد کربن دارند

نمودار دسته‌بندی فلزات پایه آهنی برحسب مقدار کربن



فولاد

به‌طور کلی می‌توان فولادها را برابر نمودار زیر دسته‌بندی کرد.



نمودار تقسیم‌بندی فولادها

جدول ویژگی‌های فیزیکی آهن

نام	Ferrum
جرم حجمی	۷/۸ gr/cm^3
نقطه ذوب	۱۵۳۸°C

فولادهای ساده کربنی

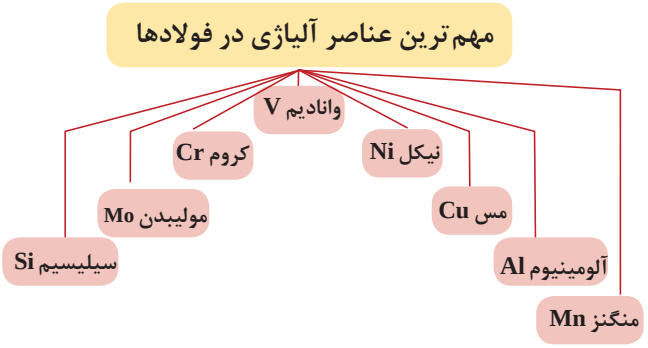
همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود با افزایش درصد کربن استحکام و تنش تسلیم فولاد کربنی افزایش پیدا می‌کند و همچنین ویژگی‌های جوشکاری کاهش و مقاومت در مقابل سایش افزایش می‌یابد.

نوع فولاد و میزان کربن	ویژگی	کاربرد	تصویر
کم‌کربن با کربن کمتر از ۰/۲۵ درصد	شکل‌پذیری، جوشکاری، مغناطیسی، استحکام کم	لوله، ورق، سیم، فولادهای ساختمانی	
کربن متوسط با کربن ۰/۲۵ تا ۰/۶۵ درصد	ماشین‌کاری، جوشکاری، سختی‌پذیری، استحکام متوسط	چرخ واگن، ماشین‌آلات صنعتی، دیگ بخار، فولادهای ابزار	
پرکربن با کربن بیش از ۰/۶۵ درصد	مقاومت به سایش، سختی بالا، جوشکاری ضعیف، کربن اصلی‌ترین عنصر آلیاژی، استحکام زیاد	ابزارآلات، فنر، چرخ‌دنده‌ها	

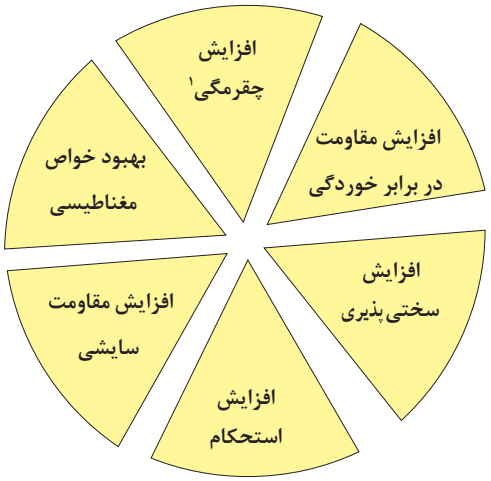
نمودار دسته‌بندی فولادهای ساده کربنی

فولادهای آلیاژی

برای بهبود ویژگی فولادها که در نمودار زیر به‌دلایل اصلی آن اشاره شده است، عناصری آلیاژی به آن افزوده می‌شود که مهم‌ترین عناصر آلیاژی در نمودار زیر مشاهده می‌شوند.

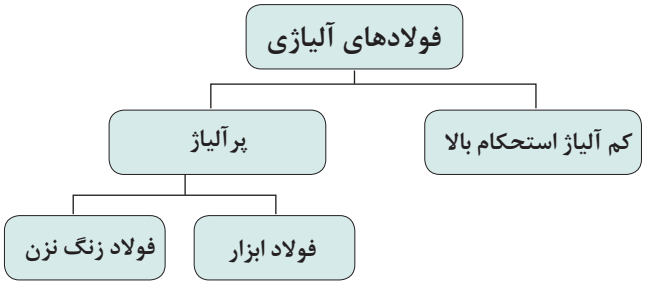


نمودار مهم‌ترین عناصر آلیاژی در فولادها



نمودار دلایل افزودن عناصر آلیاژی به فولاد

فولادهای آلیاژی را می‌توان مطابق نمودار زیر تقسیم‌بندی کرد.



نمودار دسته‌بندی فولادهای آلیاژی

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

کار کلاسی

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

فولادهای ابزار[۱]: 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 به‌کار گرفته می‌شوند.

سرمته

سوهان

صفحه فرز

کار کلاسی

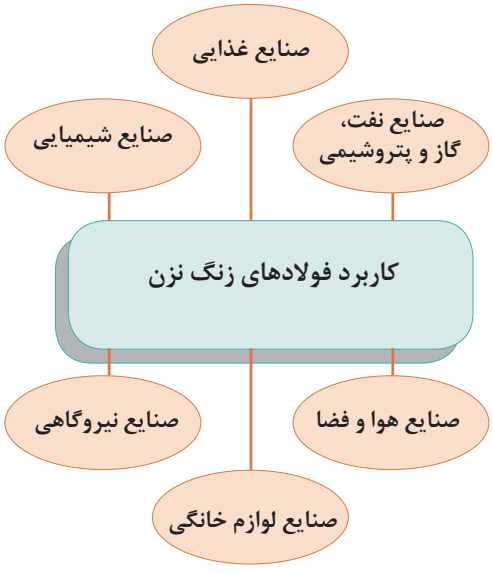
فولادهای ابزار کدام یک از ویژگی‌های زیر را باید دارا باشند.

☐ سختی‌پذیری ☐ شکل‌پذیری
☐ مقاومت سایش ☐ مقاوم در برابر گرما
☐ هدایت الکتریکی خوب ☐ انقباض و انبساط کم

فولاد زنگ نزن: فولادهای زنگ‌نزن از جمله فولادهای آلیاژی می‌باشند که مقاومت بالایی در برابر خوردگی دارند. فولادهای زنگ نزن 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.

بحث کلاسی

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



نمودار کاربرد فولادهای زنگ نزن

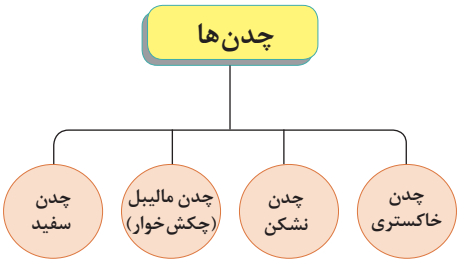
۱ـ Tools Steel

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 به‌راحتی ذوب و ریخته‌گری می‌شوند، اما چدن‌ها ترد و شکننده‌اند. از این‌رو ساده‌ترین روش ساخت و تولید قطعات چدنی ریخته‌گری است.

چدن‌ها را می‌توان در چهار دسته قرار داد.



نمودار دسته‌بندی چدن‌ها

بحث کلاسی

چند نمونه کاربرد چدن در تأسیسات مکانیکی را نام ببرید.

پژوهش

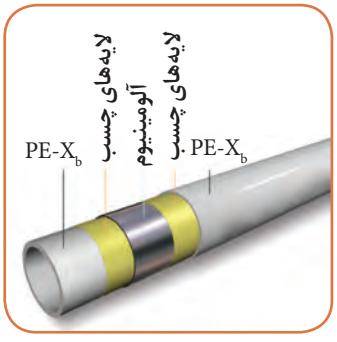
با توجه به تصاویر نوع چدن به‌کار رفته در هریک را مشخص نمایید. (می‌تواند بیش از یک کاربرد داشته باشد)

ب) فلزات غیرآهنی: تمام فلزات و آلیاژهایی که بخش اصلی تشکیل‌دهنده ترکیب آنها عنصری غیر از آهن باشد، مانند: آلیاژهای مس، آلومینیوم، منیزیم، روی، قلع، سرب، نیکل و غیره.

فلزات غیرآهنی براساس جرم حجمی به دو دسته فلزات سنگین (جرم حجمی آنها بیشتر از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است) مانند: مس، قلع، سرب، برنج و فلزات سبک (جرم حجمی آنها کمتر از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است) نظیر: آلومینیوم، منیزیم و تیتانیوم، دسته‌بندی می‌شوند.

لوله مسی

فلز روی در روکش لوله گالوانیزه



لایه آلومینیوم در لوله پنج لایه

لحیم‌کاری نقره در لوله مسی

کاربرد فلزات غیرآهنی در ساخت سازه‌های صنعتی

کار کلاسی

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

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

آلومینیوم

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 منعکس‌کننده خوبی برای نور و گرما می‌باشند. آلومینیوم و آلیاژهای آن دارای مقاومت به خوردگی و قابلیت ریخته‌گری مناسب و شکل‌پذیری خوبی برای تولید مقاطع مختلف نظیر لوله، پروفیل، نبشی و . . . دارند.

آلومینیوم در مبدل گرمایی: (Aluminum in heat exchangers)

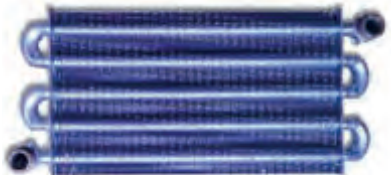
ویژگی‌هایی که کاربرد آلومینیوم را در مبدل‌های گرمایی مناسب می‌کند عبارت‌اند از:

۱ـ سبک و با استحکام ویژه بالا
۲ـ هدایت گرمایی بالا
۳ـ مقاوم در برابر خوردگی
۴ـ قابلیت شکل پذیری
۵ـ توانایی اتصال جوشکاری و لحیم‌کاری

جدول ویژگی‌های فیزیکی مهم آلومینیوم

نام علامت اختصاری	Aluminum
جرم حجمی	۲/۷ gr/cm^3
نقطه ذوب	۶۶۰ °C

رادیاتور



مبدل گرمایی

تحقیق

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

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 ویژگی‌های مس

نام علامت اختصاری	Copper , Cu
جرم حجمی	۸/۹ gr/cm^3
نقطه ذوب	۱۰۸۴°C

نمودار ویژگی‌های خوب فلز مس

سیم‌های برق	اتصالات جوشی مسی	مبدل گرمایی	لوله‌های مسی

چند مورد از کاربردهای مس

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

انواع لوله‌های مسی: لوله‌های مسی در دو دسته جای می‌گیرند:
الف) لوله‌هایی که در لوله‌کشی آب سرد و آب گرم و گاز و گازهای طبی مورد استفاده‌اند.
ب) لوله‌هایی که در سیستم تهویه مطبوع و تبرید (نوع ACR) به‌کار می‌روند.

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 لولهٔ آبرسانی وگازرسانی بزرگ‌تر از لوله‌های ACR هستند.

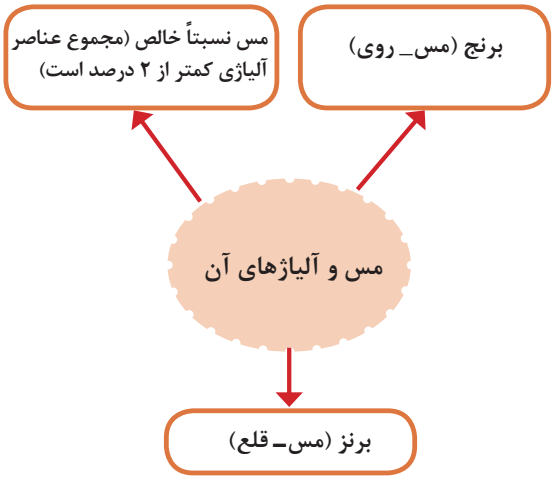
لوله مسی نوع L و M

لولهٔ 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.

پژوهش

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

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.



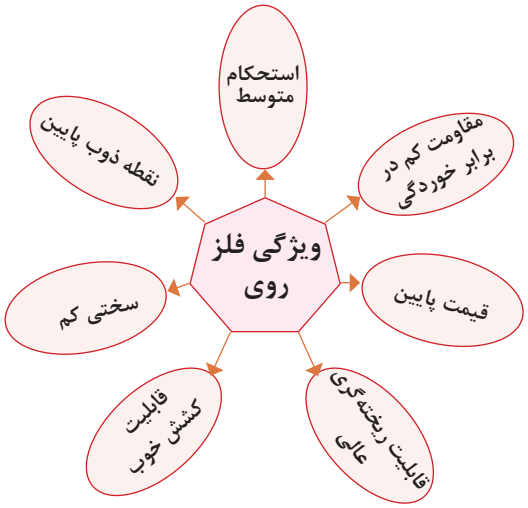
نمودار دسته‌بندی مس و آلیاژهای آن در حالت کلی

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	۷/۱ gr/cm^3
نقطه ذوب	۴۲۰°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.

گالوانیزه کردن: پوشش دادن سازه‌های فولادی را در حمام روی مذاب، فرایند گالوانیزه (غوطه‌وری گرم) می‌گویند، در نتیجهٔ 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

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

جدول خصوصیات فیزیکی مهم قلع

نام علامت اختصاری	Tin, Sn
جرم حجمی	۷/۳ gr/cm^3
نقطه ذوب	۲۳۱°C

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

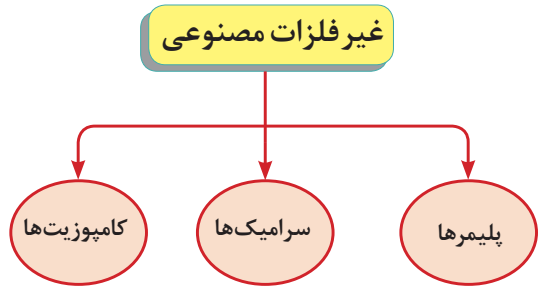
از عمده‌ترین کاربردهای قلع پوشش‌دهی ورق‌های فولادی به خاطر افزایش مقاومت در برابر خوردگی است. نکته قابل توجه این است که ورق‌های فولادی قلع اندود به راحتی قابلیت فرم‌دهی، جوشکاری و لحیم‌کاری دارند. بیشتر صفحات قلع اندود شده برای ظروف بسته‌بندی غذا استفاده می‌شوند. ظرف‌های قلع اندود به حلبی نیز معروف می‌باشند.

کاربرد ورق قلع اندود در صنایع بسته بندی مواد غذایی

پژوهش

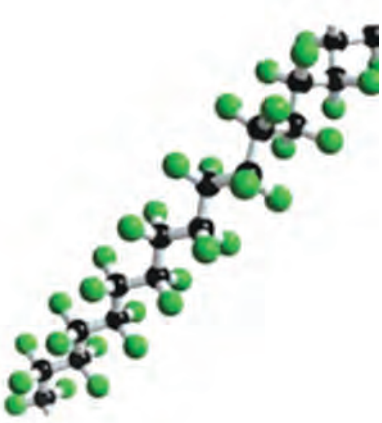
در مورد سایر فلزات غیرآهنی (منیزیم، تیتانیم، کروم، تنگستن و . . .) تحقیق نموده و نتیجه را به کلاس ارائه نمایید.

غیر فلزات: می‌توان آنها را به دو دسته غیرفلزات طبیعی و مصنوعی دسته‌بندی نمود. غیرفلزات 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 می‌گیرند و غیرفلزات مصنوعی به تمام مواد غیرفلزی ساخته شده دست بشر اطلاق می‌شود که مطابق نمودار زیر می‌توان آنها را در سه دسته پلیمرها، سرامیک‌ها و کامپوزیت‌ها جای داد.



دسته‌بندی مواد غیرفلزی

الف) پلیمر (بسپار): پلیمرها یا درشت‌مولکول‌ها یا بسپارها مولکول‌های بزرگی هستند که از به هم چسبیدن تعداد زیادی مولکول‌های کوچک‌تر تشکیل می‌شوند.

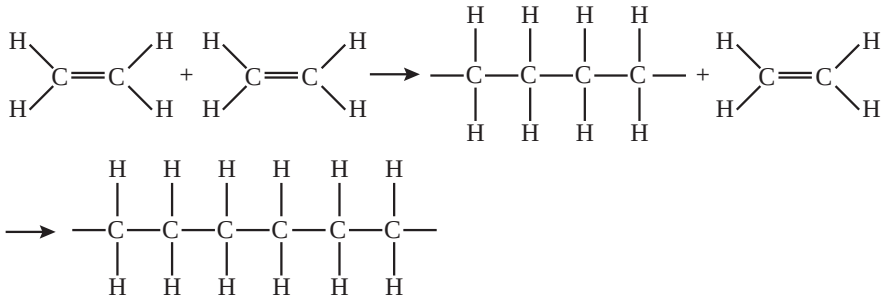


بخشی از یک مولکول پلیمری (تفلون)

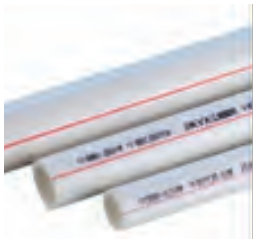
مولکول‌های کوچک را مونومر (پار) و عمل اتصال و پیوند آنها بسپارسازی (پلیمریزاسیون) گویند. چنانچه یکاهای سازندهٔ یک پلیمر (مونومر) از یک نوع باشند آن را همونومر و اگر مونومرهای تشکیل‌دهنده یک پلیمر متفاوت باشند به آن کوپلیمر گفته می‌شود. بنابراین وزن مولکولی پلیمرها بستگی به نوع و تعداد مونومرهای تشکیل‌دهنده آن دارد.

پلیمرها Polymer در صنعت تأسیسات ساختمان کاربرد بسیاری دارد که از آن جمله می‌توان به ساخت انواع لوله‌های پلیمری اشاره نمود.

لوله‌های پلیمری: وزن مولکولی پلیمرها بسیار زیاد است. یکی از ساده‌ترین پلیمرها پلی‌اتیلن است که از پلیمر شدن اتیلن به‌دست می‌آید.

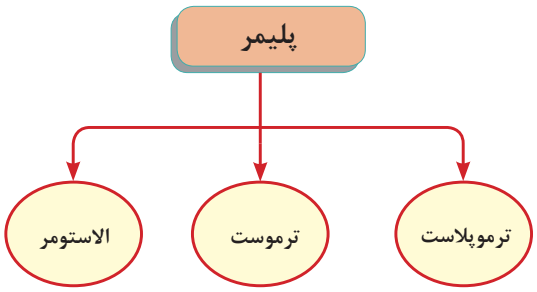


پلی‌اتیلن (پلیمر)

			
PVC	PP	PEX -AL -PEX	PEX

چند نوع از لوله‌های پلیمری

دسته‌بندی پلیمرهای صنعتی: پلیمرهای صنعتی را می‌توان برحسب ویژگی و رفتار آنها در برابر گرما و ویژگی‌های مکانیکی دسته‌بندی کرد.



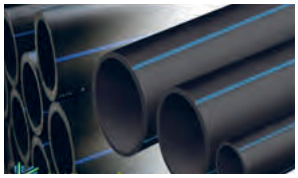
نمودار تقسیم‌بندی پلیمرهای صنعتی

ترموپلاست Thermoplastic

ترموپلاستیک چیست؟ ترموپلاستیک‌ها (گرما نرم) مواد آلی هستند که هنگامی که به آنها گرما داده می‌شود ذوب می‌شوند. ترموپلاستیک ترکیبی از یک پلاستیک و یک لاستیک می‌باشند. این آلیاژها با دارا بودن نقاط قوت لاستیک و پلاستیک دارای خواص فیزیکی مکانیکی ویژه‌ای هستند. از این مواد به شکل وسیعی در صنایع لوله‌کشی، خودروسازی و سایر صنایع استفاده می‌شود.

این پلیمر در دمای اتاق به صورت جامد است اما در صورتی که چند درجه دما افزایش یابد به صورت یک مایع چسبناک درمی‌آید. از این ویژگی برای تولید محصولات با اشکال مختلف استفاده می‌کنند به طوری که به تناوب می‌توانند 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
پلی‌اتیلن PE	ـ سیستم آبرسانی ـ سیستم فاضلاب ـ سیستم گازرسانی شهری	
پلی‌اتیلن مشبک شده PEX	ـ سیستم آبرسانی ساختمان ـ سیستم گرمایشی	
پلی‌اتیلن مشبک شده چند لایه PEX/AL/PEX	ـ سیستم آبرسانی ساختمان ـ سیستم گرمایشی	
پلی‌پروپیلن PP	ـ سیستم آب سرد ـ سیستم آب گرم مصرفی ساختمان	
پلی‌وینیل کلراید PVC	ـ سیستم فاضلاب	
پلی بوتیلن PB	ـ سیستم آب سرد و آب گرم مصرفی ـ سیستم گرمایشی	

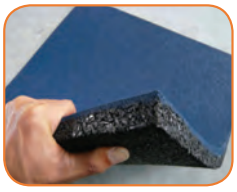
پژوهش

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

ترموست‌ها (Thermoset): ترموست‌ها برخلاف ترموپلاست‌ها در اثر افزایش دما تغییرشکل 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 مادهٔ 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:
۱ـ طبیعی ۲ـ مصنوعی

کائوچوی طبیعی NR (پلی‌ایزوپرن طبیعی یا همان لاستیک طبیعی)

ویژگی‌ها:

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

کاربرد EPDM در دستگاه‌ها و لوله کشی

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) (Nitrile Butadiene Rubber) NBR

ب) (Ethylene Propylene Diene Monomers) EPDM

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

پژوهش

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:

ـ دیرگدازی بالا

ـ سختی زیاد

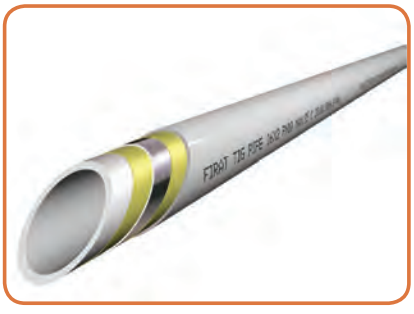
ـ مقاومت در برابر خوردگی بالا

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

کوزه	سنباده	فیبر نوری	صفحه سنگ

چند نوع از موارد مصرفی سرامیکی

پ) کامپوزیت‌ها: مواد کامپوزیتی یا مرکب، از دو فاز زمینه و تقویت‌کننده تشکیل شده‌اند. فاز زمینه با احاطه کردن فاز تقویت‌کننده آن را در محل خود نگه می‌دارد و فاز تقویت‌کننده موجب بهبود خواص مکانیکی ماده کامپوزیتی می‌گردد. ساده‌ترین کامپوزیت کاهگل است.

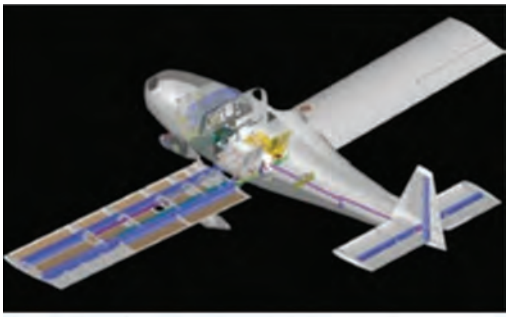


لوله پنج لایه

ماده مرکب چوبی

مواد کامپوزیت با زمینه چوب و پلیمر

فایبرگلاس(Fiberglass)یکی‌ازپرکاربردترین‌کامپوزیت‌های با زمینهٔ پلیمری است که توسط فیبر شیشه تقویت شده است و امروزه در ساخت قطعات هواپیما، بدنهٔ جنگنده‌های رادارگریز، برج‌های خنک‌کننده، 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).



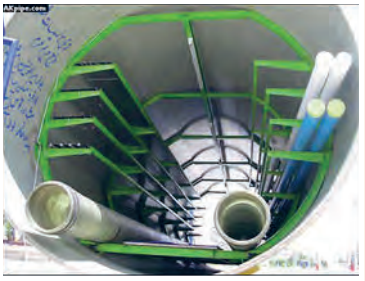
استفاده از مواد کامپوزیتی مستحکم در ساخت قطعات هواپیما موجب کاهش وزن، افزایش سرعت و کاهش مصرف سوخت می‌شود.

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 دهندهٔ آن ،مقدار، شکل، اندازه، نحوهٔ توزیع و نیز جهت قرار گرفتن فاز تقویت‌کننده در داخل فاز زمینه بستگی دارد.

دسته‌بندی مواد کامپوزیتی: مواد کامپوزیتی بر اساس فاز زمینه به سه دستهٔ زمینهٔ فلزی، زمینهٔ سرامیکی و زمینهٔ پلیمری دسته‌بندی می‌شوند.

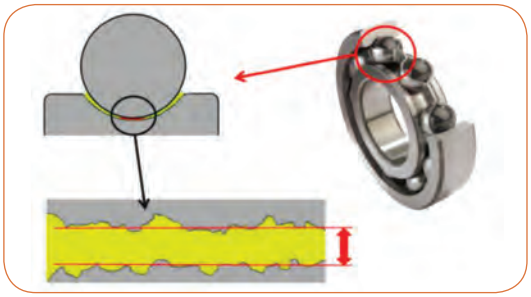
		
لوله‌های GRP	سختی‌گیر FRP	زیردوشی

چند نوع از دستگاه‌ها و تجهیزات فایبرگلاس در تأسیسات

روان کننده‌ها

روان‌کاری 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.

روان‌کاری چرخ‌دنده



ضخامت فیلم روان‌کاری ($= \frac{۱}{۲۰}$ از ضخامت موی انسان)

ویژگی‌های لازم روغن‌ها عبارت است از:

۱ـ دارای گرانروی یا ویسکوزیته خوب.

۲ـ از دست ندادن گرانروی خود در محدوده دمای کاری

۳ـ باعث زنگ‌زدگی و خوردگی قطعات نشوند.

۴ـ قابلیت پاک‌کنندگی سطوح را دارا باشند.

۵ـ در سرما به اندازه کافی روان باشند تا شروع و ادامه حرکت قطعات آسان شود.

۶ـ اثر نامطلوبی روی قطعات غیرفلزی مثل کاسه نمدها و ... نداشته باشند.

۷ـ مواد آلوده‌کننده خارجی مثل گردوخاک و... همراه نداشته باشند.

۸ـ درحین کار ایجادکف نکنند.

استفاده از روغن مناسب می‌تواند مزایای زیر را دربر داشته باشد:

۱ـ کاهش مصرف انرژی ۲ـ کاهش اصطکاک و توان مصرفی

۳ـ افزایش طول عمر ماشین و قطعات آن.

انواع روغن‌ها

- ۱ـ حیوانی
- ۲ـ گیاهی ـ آب صابون نانویی
- ۳ـ معدنی
  - الف) نفتی ← مورد استفادهٔ برودتی
  - ب) پارافین
  - ج) آروماتیک
- ۴ـ مصنوعی
  - الف) آلکیل بنزن ← مورد استفادهٔ برودتی
  - ب) گلیکول
  - ج) آلی و معدنی ← مورد استفادهٔ برودتی

پژوهش

آب صابون به‌کار گرفته شده در ماشین‌های حدیده را شرح دهید و تفاوت آن را با آب صابون نانویی بیان کنید.

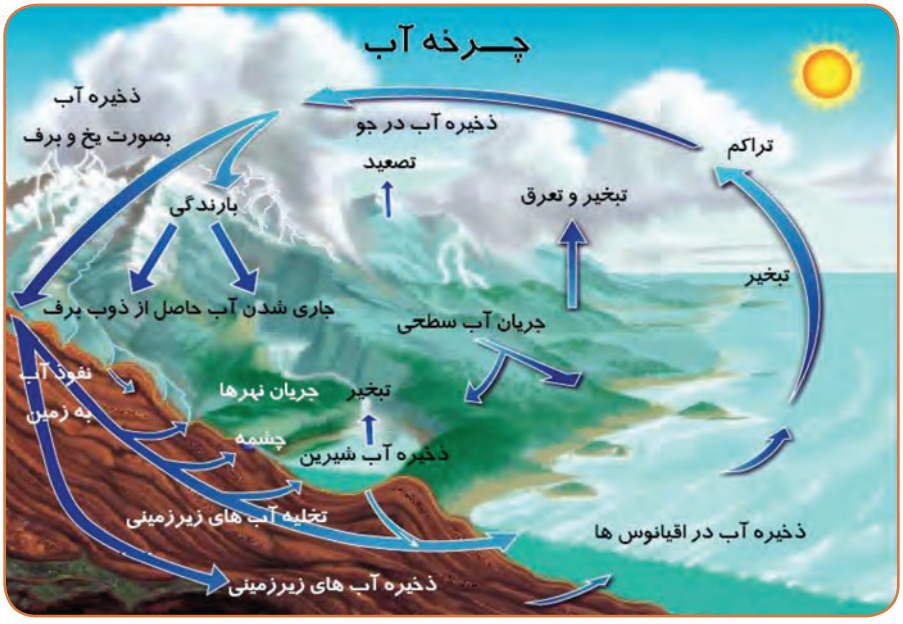
«أَفَرَأَيْتُمُ المَاءَ الَّذِی تَشْرَبُون»

آیا به آبی که می‌نوشید، 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

بحث کلاسی

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

منابع آب

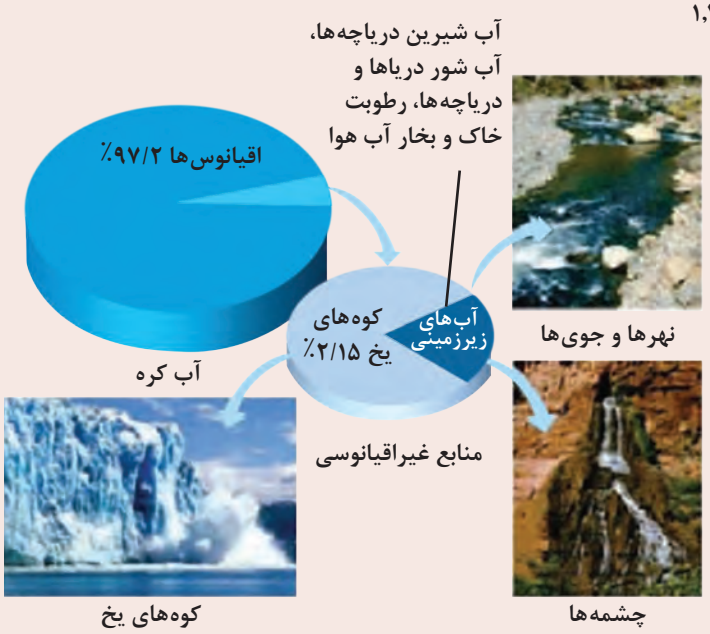
اگرچه ۷۵ درصد سطح زمین را آب پوشانده است، اما ۵۰ درصد جمعیت جهان از کم‌آبی رنج می‌برند و ۶۶ درصد از مردم جهان تا سال ۲۰۲۵ با کمبود آب روبه‌رو خواهند شد.

پرسش کلاسی

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

آیا می‌دانید

● امروزه در جهان نزدیک به ۱,۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰ نفر به آب آشامیدنی سالم دسترسی ندارند.



● آب باران در هوای پاک تقریباً خالص است، زیرا هنگام تشکیل برف و باران، تقریباً همه مواد حل شده در آب از آن جدا می‌شود. این فرایند، الگویی برای تهیه آب خالص است، فرایندی که تقطیر و فراورده آن آب مقطر نام دارد.

نوع و فراوانی منابع گوناگون آب موجود در کرهٔ زمین

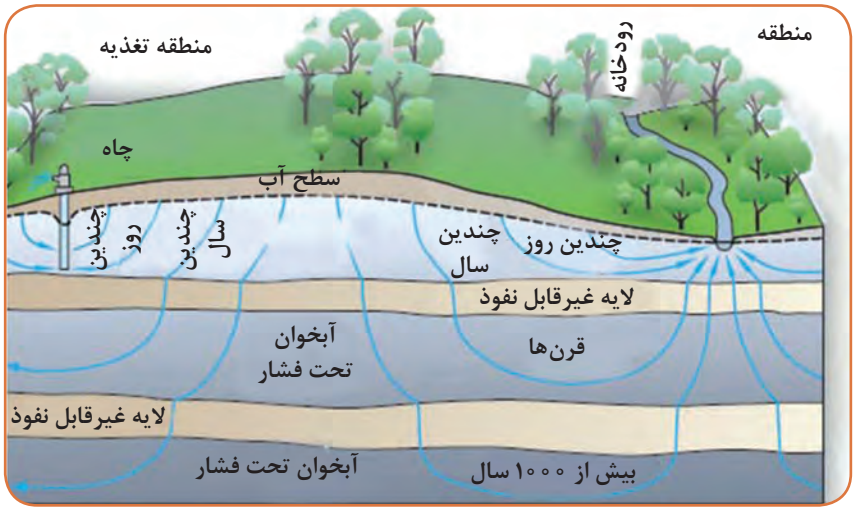
آب شور را نمی‌توان برای نوشیدن یا در بسیاری از فرایندهای صنعتی استفاده نمود. ٪ ۲/۵ از آب‌های کره زمین آب شیرین است که ٪ ۱/۷۵ آن را یخ‌های قطبی و یخچال‌های طبیعی تشکیل می‌دهند. ٪ ۰/۷۵ شامل آب‌های شیرین زیرزمینی و آب‌های سطحی است. گفتنی است که این منابع ناچیز به‌طور یکنواخت در سراسر جهان پراکنده نشده‌اند و عوامل طبیعی گوناگونی مانند موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و میزان بارش بر این پراکندگی بسیار مؤثر است.

پژوهش

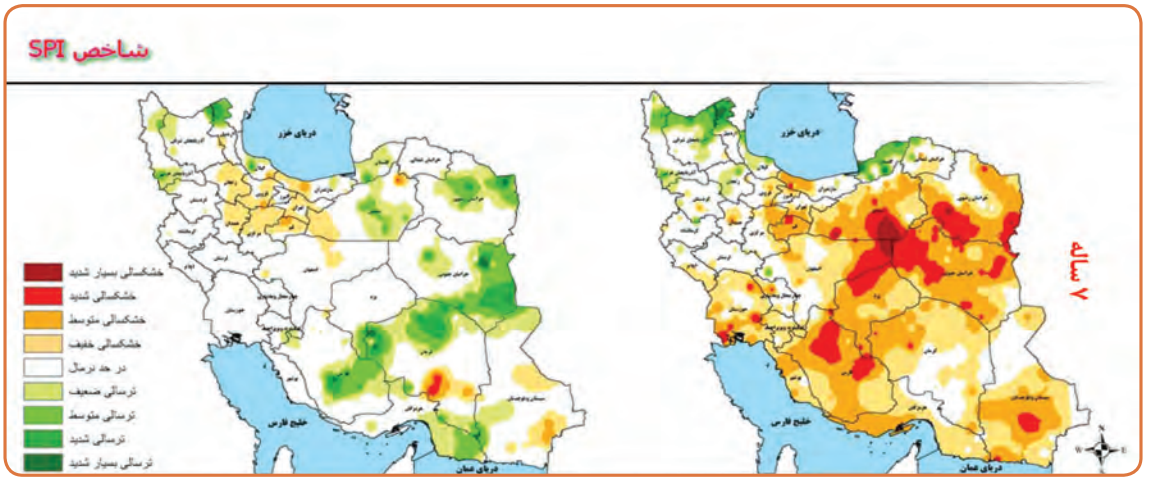
۱ـ متوسط بارندگی سالیانه ایران و جهان چند میلی‌متر است؟ با توجه به این میزان بارندگی، ایران جزء چه منطقه‌ای از نظر بارندگی محسوب می‌شود؟

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

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 به‌وسیله 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

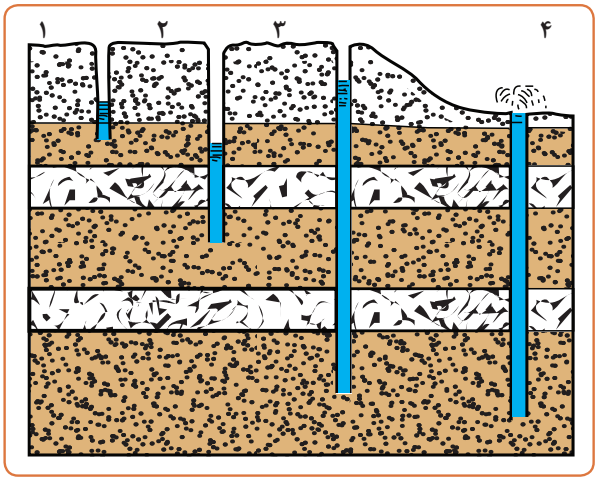


پهنه‌بندی خشکسالی ایران، دوره هفت ساله (تا پایان شهریور ۱۳۹۵)

پژوهش

باتوجه به شکل‌های صفحه قبل، با هم‌گروهی‌های خود بحث و تبادل نظر نموده و نتیجه را به کلاس ارائه نمایید:
۱ـ روش‌های بهره‌برداری از منبع‌های زیرزمینی را نام ببرید.
۲ـ منبع‌های سطحی یا روی زمینی آب را نام ببرید.
۳ـ ایرانیان باستان به چه روش‌هایی آب آشامیدنی خود را تأمین می‌کردند؟ آیا در محل سکونت شما این شیوه‌ها رایج است؟
۴ـ وضعیت خشکسالی محل سکونت شما در چه شرایطی قرار دارد؟
۵ـ برای جبران خشکسالی چه عواملی مؤثر خواهد بود؟

چاه‌ها: یکی از روش‌های بهره‌برداری از منابع زیرزمینی است. چاه حفرهٔ 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.



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

مقایسهٔ انواع چاه‌ها از نظر عمق

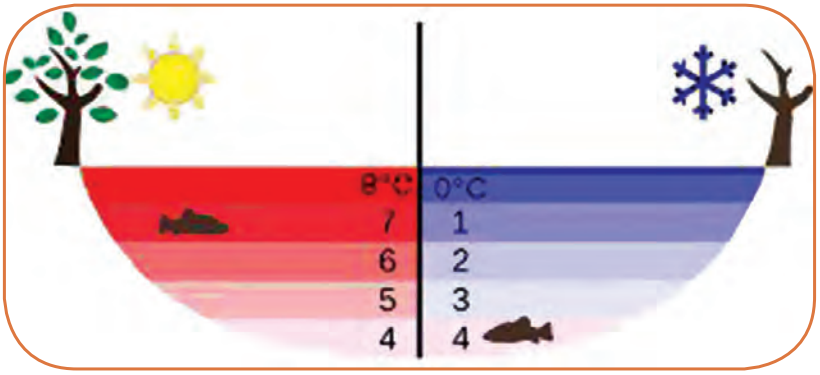
پژوهش

با توجه به شکل بالا، باهم گروهی‌های خود در مورد پرسش‌های زیر بحث و تبادل نظر نموده و نتیجه را به کلاس ارائه نمایید:
۱ـ انواع چاه از نظر گودی به چند دسته تقسیم می‌شود؟
۲ـ روش حفاری هرکدام به چه صورت خواهد بود؟
۳ـ تفاوت چاه آرتزین و چاه معمولی در چیست؟
۴ـ با افزایش عمق، قطر چاه چگونه تغییر خواهد کرد؟
۵ـ روش برداشت آب از هر چاه به جز آرتزین، چگونه خواهد بود؟

ویژگی‌های آب: آب به‌صورت 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 به‌وسیله صاف کردن حذف نمی‌شوند. اکسیژن و دی‌اکسیدکربن از گازهای محلول در آب هستند و از مواد معلق در آب که به‌وسیله صافی می‌توان حذف نمود، می‌توان از گل و لای و ذرات جامد یاد کرد.

ویژگی‌های فیزیکی آب

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



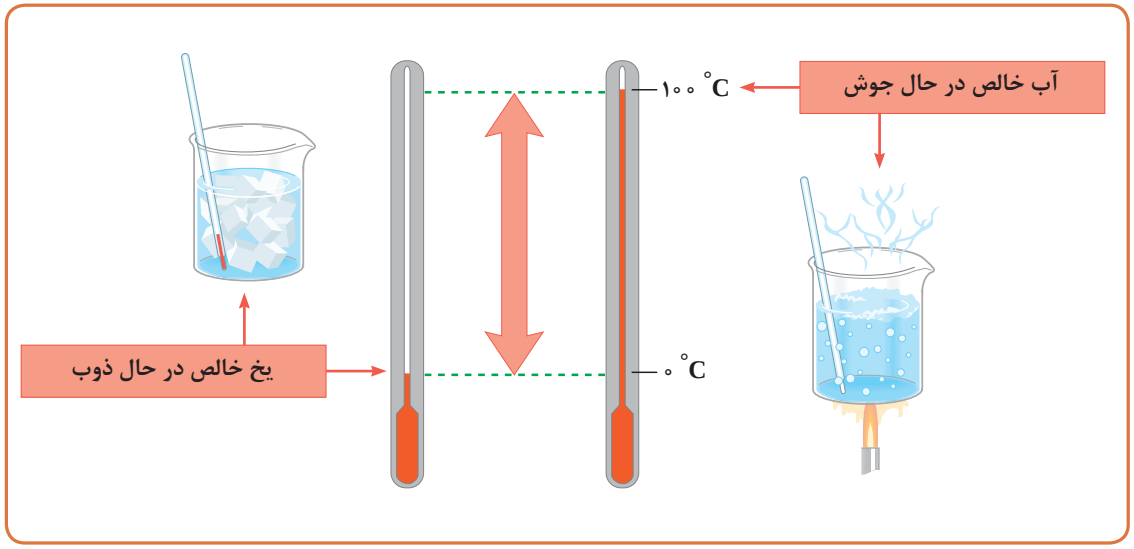
کار کلاسی

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

نام ماده	آب	آلومینیوم	مس	آهن	روی	قلع
جرم ویژه gr/cm^3						

دمای تبخیر: آب در فشار یک اتمسفر (فشار جو در سطح دریای آزاد) در $100^{\circ}C$ به بخار تبدیل می‌شود. با کم شدن فشار محیط دمای تبخیر آب کاهش می‌یابد، به‌طوری که اگر فشار مطلق به ۰/۲ تا ۰/۵ اتمسفر (فشار نسبی برابر ۰/۸- تا ۰/۵- اتمسفر) برسد آب در دمای محیط‌های معمولی نیز تبدیل به بخار می‌گردد.

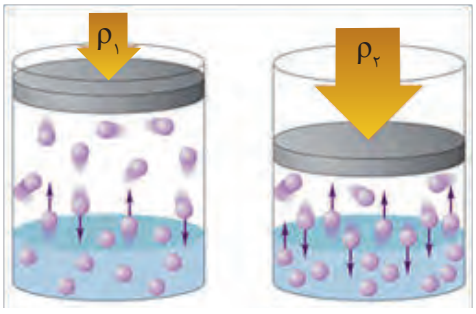
انجماد آب: آب خالص در فشار یک اتمسفر در دمای $0^{\circ}C$ یخ می‌بندد و حجم آن حدود ۹ درصد افزایش می‌یابد.



کار کلاسی

علت ترکیدگی لوله‌های آب در زمستان چیست؟

انحلال‌پذیری گازها: سه عامل فشار، دما و نوع گاز بر انحلال‌پذیری گاز در آب تأثیر دارند. انحلال‌پذیری گازها در دمای پایین و فشار زیاد بیشتر است. با گرم شدن آب، گازهای محلول آن به‌تدریج 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 گازکربنیک را از دست می‌دهند.



تأثیر فشار بر انحلال‌پذیری گاز

هدایت الکتریکی: آب خالص قابلیت هدایت الکتریسیته ناچیزی دارد که می‌توان آن را نارسانا دانست. ولی با ورود نمک‌های گوناگون به آب هدایت‌پذیری آب زیاد می‌شود.

بحث کلاسی

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

شکل (۱)

شکل (۲)

شکل (۳)

ویژگی‌های آب آشامیدنی

حداکثر مطلوب: حداکثر غلظتی از مواد که برای آب آشامیدنی مناسب تشخیص داده می‌شود.
حداکثر مجاز: حدّی 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 مصرف کننده 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.

رنگ: آب آشامیدنی باید بی‌رنگ باشد و در ضخامت‌های زیاد رنگ آبی مایل به سبز زلالی داشته باشد. کدری آب به واسطه وجود املاح معلّق 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 نشانه وجود نمک خوراکی و تلخی آن، دلیل زیادی ترکیب‌های منیزیم است. آب‌های قلیایی (pH>۹) مزه آب صابون دارند. درحالی‌که آب‌های اسیدی (pH<۶) ترش مزه‌اند. وجود زیاد نمک‌های آهن و آلومینیوم مزه آب را گس می‌کند. درحالی که مزه گندیدگی آب به علت آلودگی‌های آلی آن است که ممکن است همراه با میکروب‌های بیماری‌زا نیز باشد.

پژوهش

انواع مزهٔ 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، قلیاییت 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.

تجزیهٔ مواد معدنی موجود در آب دریا

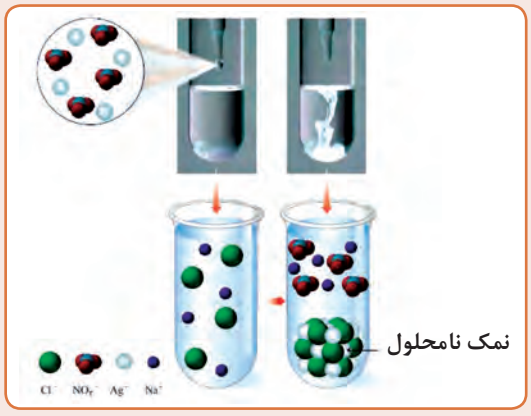
نام یون	کلر	سدیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	کربنات	بی‌کربنات	ذرات نامحلول	سختی کربنات	سختی غیرکربنات	برم
نماد یون	Cl^{-*}	Na^{+**}	SO_4^{2-}	Mg^{2-}_4	Ca^{2+}	K^+	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Solids	$CaCO^{2-}$	$CaSO_4$	Br^-
مقدار یون (میلی‌گرم در یک کیلوگرم آب دریا)	۱۹۰۰۰۰	۱۱۰۰۰	۲۷۰۰	۱۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۱۴۰	۱۵۰	۳۵۰۰۰	۱۲۵	۵۹۰۰	۶۵

* یون‌های منفی را آنیون گویند.

** یون‌های مثبت را کاتیون گویند.

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

پژوهش



ابزار، وسایل و مواد مورد نیاز: لیوان شیشه‌ای، قطره‌چکان، قاشقک، آب مقطر، نیترات نقره، کلریدسدیم (نمک خوراکی)، سولفات‌سدیم، کلریدباریم و کلریدکلسیم.

آزمایش ۱ـالف) 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 سدیم‌کلرید بریزید. مشاهده خود را بنویسید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

آزمایش ۲ـالف) آزمایش ۱ را با فسفات سدیم (Na_3PO_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 به‌طور 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)

هرگاه ۵ گرم سولفات مس (II) (کات کبود حل‌شونده) را در ۱۰۰ گرم آب (حلال) حل کنید، محلولی زیبا به رنگ آبی به‌دست 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 ۰/۰۰۰۵ 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

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 رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^{۶}$$

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 F^- در این نمونه چند ppm است؟

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^{۶} = \frac{۰/۰۰۱gr}{۱۰۰۰gr} \times ۱۰^{۶} = ۱ppm$$

توجه کنید

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 کوچک‌تر میلی‌گرم سنجیده می‌شود، بنابراین خواهیم داشت:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}} \simeq \frac{۱mg}{۱lit} = ۱ppm$$

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

۳۹gr ۱۰۸gr

آیا می‌دانید

سازمان بهداشت جهانی (WHO) مقدار مجاز یون فلوئورید را در آب آشامیدنی ppm ۱/۲۲ـ۰/۷ اعلام کرده است. اگر مقدار یون فلوئورید از این گستره کمتر باشد، کارایی خود را از دست می‌دهد. از سوی دیگر، مصرف بیش از اندازهٔ یون 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.

پژوهش

با مراجعه به منابع معتبر علمی، دربارهٔ اینکه غلظت یون نیترات NO_3^- در آب آشامیدنی باید کمترین مقدار ممکن باشد اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به کلاس گزارش دهید.

درجه اسیدی آب یا مقدار pH

مقدار pH (Potential of Hydrogen) یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده و تأثیرگذار روی کیفیت و تصفیهٔ آب است که نماد بیان درجه اسیدی یا بازی بودن نمونهٔ آب به‌کار برده می‌شود. آب طبیعی خنثی دارای pH برابر ۷ است. کاهش pH از ۷ تا صفر نشان‌دهندهٔ افزایش خواص اسیدی است، درحالی‌که افزایش آن از ۷ تا ۱۴ نشان‌دهندهٔ 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.

جدول pH برخی از مواد

اسید کلریدریک ۱۰M	۱/۰۰
اسید باتری	۰/۵
اسید معده	۲/۰_۱/۵
آبلیمو	۳/۴
نوشابه	۲/۵
سرکه	۲/۹
پرتقال یا آبمیوه سیب	۳/۵
رب گوجه فرنگی	۴/۰
باران	۵/۰›
قهوه	۵/۰
چای	۵/۵
شیر	۶/۵
آب خالص	۷/۰
خون	۷/۴۵_۷/۳۴
آب دریا	۸/۳_۷/۷
صابون	۱۰/۰_۹/۰
آمونیاک	۱۱/۵
ماده سفیدکننده	۱۲/۵
سودسوزآور	۱۳/۵

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 TDS (Total Dissolved Solids) گفته می‌شود. ترکیبات اصلی افزایش‌دهنده یا کاهش‌دهنده مقدار TDS کلسیم، منیزیم، سدیم، کاتیون‌ها، کربنات پتاسیم، کربنات هیدروژن، کلرید، سولفات و آنیون‌های نیترات 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 به‌صورت 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 ppm(T.D.S)
آب دریا	۴۰۰۰۰›T.D.S ›۱۰۰۰۰
آب شور	۱۰۰۰۰›T.D.S ›۱۰۰۰
آب مجاز نوشیدنی	۱۰۰۰›T.D.S ›۵۰۰
آب مطلوب آشامیدنی	۵۰۰›T.D.S ›۱۰۰
آب مطلوب صنعتی	۱۰۰›T.D.S ›۵

سختی آب: (hardness)

سختی به‌وسیلهٔ 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 $CaCO_3$ بیان می‌شود.

سختی پایدار (دائمی) یا سختی غیرکربناتی:

باقی‌ماندهٔ 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 $CaCO_3$ بیان می‌شود. سختی غیرکربناتی، عامل جدی در تصفیه آب نیست، زیرا حلالیت (solubility) آن تقریباً ۷۰ برابر بیشتر از سختی کربناتی است.

پژوهش

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

زیان‌های سختی بالای آب در سیستم آب‌گرم بهداشتی:

آب مصرفی در سیستم تهویه مطبوع، آب سرد و گرم بهداشتی می‌تواند مشکلات و مسائلی به‌وجود 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 برنامهٔ تصفیه آب باید در نظر گرفته شود، زیرا ممکن است در آنالیز نهایی سیستم، تصفیه آب ضروری تشخیص داده شود.

مزایای تصفیهٔ آب

یک برنامه تصفیهٔ آب، جنبه‌های اقتصادی سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از طرفی عملیات پیوسته و رضایت‌بخش‌تر سیستم را نیز تضمین می‌نماید. برخی از این مزایا عبارت‌است از:

- کاهش هزینه‌های تعمیراتی
- کاهش توان مصرفی سیستم
- افزایش راندمان تجهیزات
- کاهش افت فشار سیستم
- افزایش راندمان سطح انتقال گرما
- کاهش هزینه اولیه سیستم (به‌دلیل در نظر گرفتن رسوب‌زایی سیستم)

آب سخت در حالت طبیعی می‌تواند رسوب (Scale) ایجاد کند، هنگامی که گرم می‌شود، لایه‌ای رسوبی از خود به‌جا 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 کارکرده در دو حالت آب سختی گیر شده (treated) و آب سختی گیر نشده (untreated)

نانو مواد

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

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

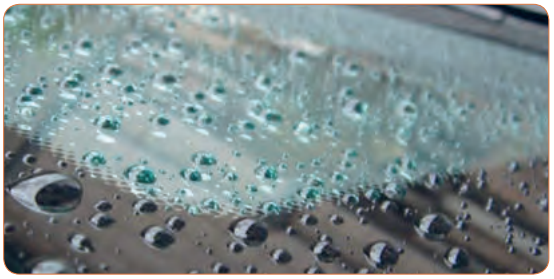
۲ـ رنگ نانو عایق، برای عایق‌کاری دیوارها، سقف، تأسیسات لوله‌ها، مخازن و غیره به‌کار می‌رود. این رنگ به روش‌های بسیار ساده اسپری، رول و یا قلم‌مو اعمال می‌شود و عایق گرمایی می‌باشد. رنگ نانو عایق در بخش صنعت و ساختمان‌سازی با یک لایه نازک (در حدود ۳۰ میکرون) به‌کار می‌رود.

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 $۰/۰۱۷ \frac{W}{m^{\circ}K}$ است.

پژوهش

سایر ویژگی‌های نانو عایق را بیان کنید.

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

ویژگی‌های فیزیکی: منظور از خواص فیزیکی خواصی است که باعث تغییر در ساختمان شیمیایی ماده یا فلز نمی‌شوند. مثل قابلیت هدایت جریان الکتریسیته و گرما، جرم 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.

جدول مقایسه رسانش گرمایی چند ماده

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

انبساط گرمایی (Thermal Expanstion): 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 $\frac{۱۰^{-۶}(\alpha)}{k}$
PEX	۲۰۰
PP	۱۵۰
آب	۶۹
جیوه	۶۱
PVC	۵۲
PEX-AL-PEX	۲۵
آلومینیوم	۲۳
مس	۱۷
بتن	۱۲
فولاد	۱۲
الماس	۱

پرسش‌کلاسی

چرا در پل نشان داده شده درز انقطاع وجود دارد؟

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

$\Delta L = L \alpha \Delta T = ۶ \times ۱۵۰ \times ۵۰$

$\Delta L = ۴۵۰۰۰ \mu m = ۴۵mm$

پرسش

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

بحث کلاسی

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 هرچیز 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 چکش‌خواری 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، خم‌کاری و آهنگری را روی آنها انجام داد.

نورد

خم‌کاری لوله

قابلیت ریخته‌گری: این مفهوم رابطه تنگاتنگی با شکل‌پذیری دارد. برخی از مواد را می‌توان به‌خوبی توسط فرایند ریخته‌گری تولید کرد. این مواد به‌دلیل خاصیت سیالیت خوبشان در حالت مذاب، مقاطع نازک را در قالب‌های ریخته‌گری به‌خوبی 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، به‌صورت 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.

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 به‌تدریج 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.

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

زمان تقریبی لازم برای خورده شدن و تجزیه مواد در طبیعت

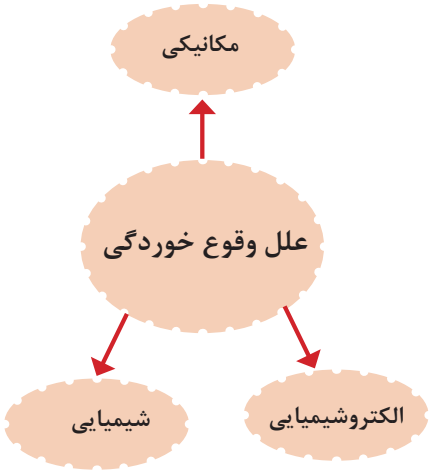
ردیف	نوع ماده	زمان تقریبی برای تجزیه شدن (سال)
۱	چوب و کاغذ	۱ تا ۲
۲	فلزات	۵ تا ۱۰
۳	پلیمرها	۳۰۰ تا ۴۰۰

بحث کلاسی

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

مکانیزم ایجاد خوردگی

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



نمودار مکانیزم ایجاد خوردگی در فلزات

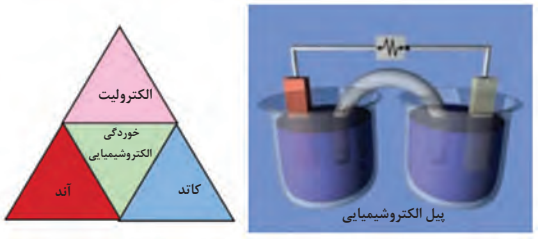
خوردگی شیمیایی: در مورد خوردگی شیمیایی فلزات می‌توان به انحلال مقادیر کم مواد فلزی توسط حلال‌های آلی مثل انحلال آلومینیوم در تتراکلریدکربن (CCl_4) و استون اشاره کرد.

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

رسوب تیره رنگی است که ابتدا روی سطح قطعه آهنی تشکیل می‌شود و در اثر مرور زمان به‌دلیل واکنش بیشتر با اکسیژن به‌صورت رسوب در می‌آید که رنگ آن قرمز قهوه‌ای یا آجری رنگ است و ما آن را به‌عنوان زنگ آهن روی سطح قطعه زنگ زده می‌بینیم (شکل زیر).

سطح زنگ‌زده ورق‌های آهنی در اثر قرارگرفتن در شرایط اتمسفر مرطوب

بنابراین خوردگی الکتروشیمیایی زمانی اتفاق می‌افتد که در اثر تماس فلز با محیط پیرامون خود یک پیل الکتروشیمیایی تشکیل شود.
شکل زیر اجزای اصلی تشکیل‌دهنده پیل‌الکتروشیمیایی را نشان می‌دهد.



اجزای اصلی پیل الکتروشیمیایی خوردگی

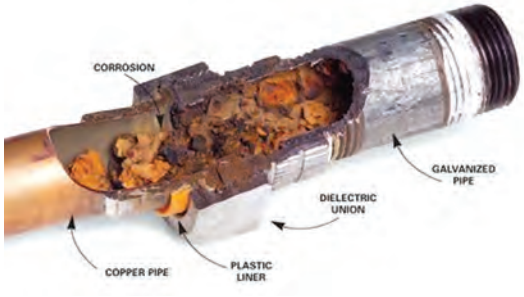
در این پدیده فلزات و آلیاژهای با پتانسیل الکتروشیمیایی مثبت‌تر تمایل کمتری نسبت به اکسید شدن و خوردگی دارند مانند طلا و نقره... و فلزات و آلیاژهای با پتانسیل الکتروشیمیایی منفی‌تر تمایل بیشتری به خوردگی دارند مانند فولاد و آلومینیوم و ...
در شکل زیر پلاک و قفل از جنس آلیاژ مس روی ستون فولاد کربنی نصب 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 اکسیدشدن یا خوردگی دارد (به‌عنوان سطح کاتدی عمل می‌کند). در عوض سطح ستون فولادی با شدت بیشتری دچار خوردگی می‌شود (به‌عنوان سطح آندی عمل می‌کند).

تشکیل پیل گالوانیک به‌دلیل نصب پلاک و قفل از جنس آلیاژ مس روی ستون فولاد کربنی

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

خوردگی لوله فولادی در نزدیکی محل تماس با شیربرنجی

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) به‌هم 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 به‌کار می‌روند (شکل صفحه بعد) و یا روی سطح فولادهای زنگ نزن در محیط‌های دارای یون کلرید (Cl^-) شایع است.

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

همان‌طور که ملاحظه شد بیشتر تخریب‌هایی که ما به‌صورت 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 به‌صورت توأم دخیل باشند. مثل: خوردگی فرسایشی.

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

سطح غلتک‌های دستگاه نورد به‌دلیل نیروی مکانیکی دچار سایش می‌شود.

نوع دیگری از خوردگی که تحت تأثیر هم‌زمان نیروی مکانیکی(برخورد ذرات سایند‌ه)و خوردگی الکتروشیمیایی رخ می‌دهد، خوردگی فرسایشی[1] نام دارد.

۱_ Errotion

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.

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

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

به‌نظر 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.

نمودار روش‌های اصلی کنترل خوردگی و حفاظت مواد

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

پژوهش

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

بحث کلاسی

برای کاهش خوردگی کدام یک از راهکارهای زیر را پیشنهاد می‌نمایید.

۱ـ دو فلز با سطح تماس مشترک دارای پتانسیل الکتریکی نزدیک به هم باشد. ☐

۲ـ از واشرهای لاستیکی بین دو فلز استفاده شود. ☐

۳ـ رنگ‌آمیزی شود. ☐

انواع پرکاربرد پوشش‌های محافظ، روش‌های متداول اعمال و نمونه کاربرد آنها در صنعت

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

ارزشیابی پایانی فصل دوم

بخش اول: انتخاب مواد

۱ـ 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 چکش‌خواری

۲ـ برای انتخاب لوله‌های فولادی در تأسیسات گرمایی کدام نوع فولاد مناسب‌تر است؟ چرا؟

۱ کم‌کربن ـ جوشکاری خوب ۲ کربن متوسط ـ جوشکاری خوب

۳ پرکربن ـ مقاومت به سایش ۴ پرکربن ـ استحکام زیاد

۳ـ فولادهای پرکربن به دلیل کدام ویژگی در آچار لوله به‌کار می‌رود؟

۴ـ برای ساخت سینک ظرف‌شویی کدام نوع فولاد مناسب‌تر است؟

۱ فولاد زنگ‌نزن ۲ فولاد ابزار ۳ فولاد کم‌کربن ۴ فولاد کربن متوسط

۵ـ به دلیل کدام ویژگی از فولاد ابزار در صفحه فرز شیارکن استفاده می‌شود؟

۶ـ 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

۷ـ دلیل انتخاب آلومینیوم در مبدل‌های گرمایی چیست؟

۸ـ چنانچه در هنگام کار، پوشش روی در لوله فولادی گالوانیزه از بین برود مشکلی ایجاد می‌شود؟

۹ـ 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

۱۰ـ 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.

۱ـ 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				
پلی‌اتیلن				

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

کاربرد	نوع	جنس				
		برنجی	چدنی	روی	کروم	نیکل
شیر دستشویی						
شیر ظرفشویی						
شیر ورودی آب ساختمان						
شیر شناور						
شیر فلکه پرکن مخزن دوجداره						
شیر اطمینان						
شیر اطمینان آب‌گرم‌کن						
شیر اطمینان دیگ چدنی						
شیرهای رفت‌وبرگشت دیگر						

۳ـ چنانچه در یک سیستم تهویه مطبوع تابستانی بخواهیم علاوه بر عایق گرمایی، عایق به‌کار 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

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

۱ چدن ۲ کامپوزیت ۳ سرامیک ۴ پلیمرها

۵ـ علت به‌کارگیری عایق برای پیشگیری از ترکیدگی لوله آب چیست؟

۶ـ مقدار یون کربنات کلسیم در یک کیلوگرم آب ۵۰mg می‌باشد. مقدار کربنات کلسیم در این آب چند ppm است؟

۷ـ مقدار یون کلر ۳۰۰۰۰۰ میلی‌گرم در دو کیلوگرم آب می‌باشد، مقدار کلر در این مقدار آب چند ppm است؟

۸ـ چهار لیوان آب با دماهای (۵ـ۷°C) و (۸ـ۱۲°C) و (۱۰ـ۱۲°C) و (۱۲ـ۱۴°C) وجود دارند، کدام لیوان برای آشامیدن گواراتر است؟

۵ ـ ۷	۸ ـ ۱۲	۱۰ ـ ۱۲	۱۲ ـ ۱۴

۹ـ سه نمونه آب برای تغذیه سیستم گرمایشی در دسترس است، به‌نظر شما کدام نمونه برای این سیستم مناسب‌تر است؟

TDS=۱۰۰۰ pH=۹	TDS=۵۰ pH=۴	TDS=۳۰ pH=۷

۱۰ـ در یک سیستم گرمایشی می‌خواهیم از لوله‌های پلیمری تک‌لایه PEX یا پنج لایه PEX استفاده کنیم. چنانچه بیشترین طول مستقیم یک مسیر لوله‌کشی ۲۵ متر باشد، حداکثر انبساط این لوله‌ها برای اختلاف دمای ۵۰°C چند میلی‌متر است؟

بخش سوم

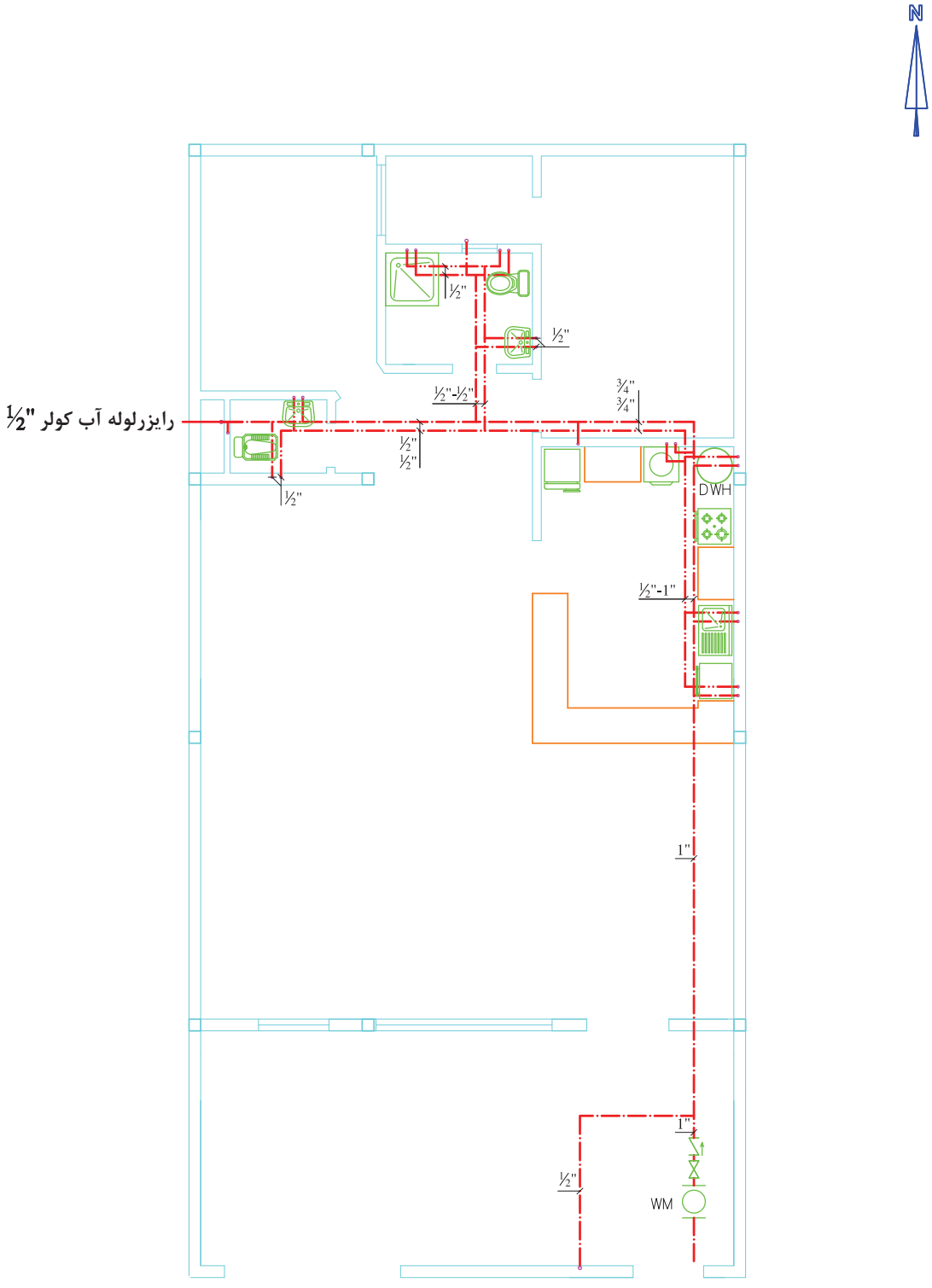
بعد از کسب شایستگی در بخش‌های قبلی از چهار پرسش زیر به سه پرسش پاسخ دهید.

پرسش ۱ـ در نقشه نشان داده شده جنس لوله‌های آب سرد و آب گرم مصرفی به‌کار رفته چیست؟

پرسش ۲ـ طول سیستم لوله‌کشی را با ذکر قطر لوله در جدولی تنظیم نمایید.

پرسش ۳ـ در صورت نیاز به عایق کدام بخش به عایق نیاز داشته و طول عایق چند متر است؟ نوع عایق را نیز بنویسید.

پرسش ۴ـ مواد به‌کار رفته در تجهیزات بهداشتی نشان داده شده را در جدولی بنویسید.



پلان لوله‌کشی آب سرد و گرم مصرفی

مقیاس ۱:۱۰۰

پودمان سوم

محاسبات و برآورد

مقدمه

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 درنظر 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.

$$dm = ۱۰^{-۱} m = \frac{۱}{۱۰} m \rightarrow ۱m = ۱۰dm$$

$$cm = ۱۰^{-۲} m = \frac{۱}{۱۰۰} m \rightarrow ۱m = ۱۰۰cm$$

پیشوندهای اجزا و اضعاف یکاهای اندازه‌گیری

اجزا			اضعاف		
d(Deci)	$۱۰^{-۱}$	دسی (دهم)	T(Tera)	$۱۰^{۱۲}$	ترا (تریلیون)
c(Centi)	$۱۰^{-۲}$	سانتی (صدم)	G(Giga)	$۱۰^{۹}$	گیگا (بیلیون)
m(Mili)	$۱۰^{-۳}$	میلی (هزارم)	M(Mega)	$۱۰^{۶}$	مگا (میلیون)
µ(Micro)	$۱۰^{-۶}$	میکرو (میلیونیم)	K(Kilo)	$۱۰^{۳}$	کیلو (هزار)
n(Nano)	$۱۰^{-۹}$	نانو (بیلیونیم)	H(Hecto)	$۱۰^{۲}$	هکتو (صد)
p(Pico)	$۱۰^{-۱۲}$	پیکو (تریلیونیم)	D(Deka)	۱۰	دکا (ده)

مثال: $۱۰^{۶}w$ = مگاوات = Mw

$$mm = ۱۰^{-۳} m = \frac{۱}{۱۰۰۰} m \rightarrow ۱m = ۱۰۰۰mm$$

مثال: ۵۰ متر چند سانتی‌متر و چند میلی‌متر است؟

با توجه به موارد بالا چون $cm = \frac{۱}{۱۰۰} m$ پس $۱m = ۱۰۰cm$

$$۵۰(m) = ۵۰(۱۰۰cm) = ۵۰۰۰cm$$

$$۵۰(m) = ۵۰(۱۰۰۰mm) = ۵۰۰۰۰mm$$

مثال: ۵۰۰ متر چند کیلومتر است؟

$$km = ۱۰۰۰m \Rightarrow m = \frac{۱}{۱۰۰۰} km$$

$$۵۰۰(m) = ۵۰۰(\frac{۱}{۱۰۰۰} km) = \frac{۵۰۰}{۱۰۰۰} km = ۰/۵km$$

کار کلاسی

جدول زیر راکامل کنید.

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

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 به‌کار می‌روند مانند اینچ، یارد، مایل و ... .

فوت را با علامت اختصاری ft(′) و اینچ را با علامت اختصاری in(″) نشان می‌دهند.

۱ft=۱۲in یا (اینچ) ۱′=۱۲″

۱yd=۳ft

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

$$۳۴(ft)=۳۴(۱۲in)$$

$$=۳۴\times۱۲(in)$$

$$=۴۰۸in.W.C$$

کار کلاسی

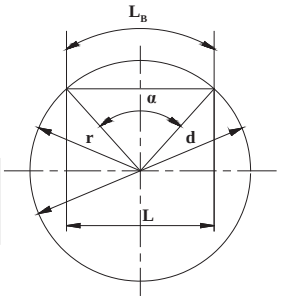
جدول زیر را کامل کنید.

یکای موردنظر	ضریب تبدیل	اندازه	یکای موردنظر	ضریب تبدیل	اندازه
.....mm	.....	۲in	.....m	.....	$\frac{۳}{۴}$ in
.....cm	.....	۳in	.....cm	.....	$\frac{۳}{۸}$ in
.....m	.....	۱۰ ft	.....in	.....	۵۰mm
.....in	.....	۱۰cm	.....in	.....	۳۲mm

محاسبهٔ محیط: هر قطعهٔ صنعتی، معمولاً ترکیبی از شکل‌های هندسی است. بنابراین، برای محاسبهٔ محیط این نوع قطعات، ابتدا آنها را به شکل‌های هندسی دسته‌بندی می‌کنیم و پس از محاسبهٔ محیط هرکدام، از جمع آنها محیط قطعه را به‌دست می‌آوریم. در شکل زیر فرمول محاسبهٔ محیط دایره و طول قوس قطاع یا قطعهٔ دایره آورده شده است.

$$U = \pi \times d$$

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



علائم اختصاری

d= قطر دایره　　**U**= محیط

α= زاویهٔ مرکزی　　**r**= شعاع دایره

l_B= طول قوس قطاع یا قطعهٔ دایره　**l** = طول قطعهٔ دایره

محاسبهٔ 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 به‌دست آوردن محیط قطعه، ابتدا محیط آن را به‌طول‌های l_1، l_2، l_3، l_4 و l_5 تفکیک نموده و پس از محاسبهٔ طول هر یک از آنها، با جمع طول پاره‌خط‌ها، محیط قطعهٔ مرکب را به‌دست می‌آوریم.

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

$l_1 = ۲۰۰ mm$

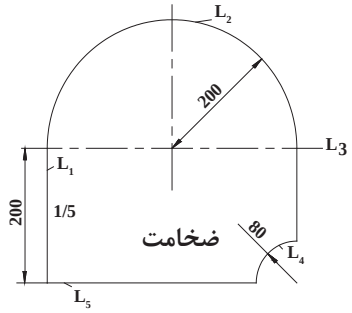
$$l_2 = \frac{d_2 \times \pi}{2} = \frac{۴۰۰mm \times ۳/۱۴}{2} = ۶۲۸mm$$

$l_3 = ۲۰۰mm - ۸۰mm = ۱۲۰mm$

$$l_4 = \frac{d_4 \times \pi}{4} = \frac{۱۶۰mm \times ۳/۱۴}{4} = ۱۲۵/۶mm$$

$l_5 = ۴۰۰mm - ۸۰mm = ۳۲۰mm$

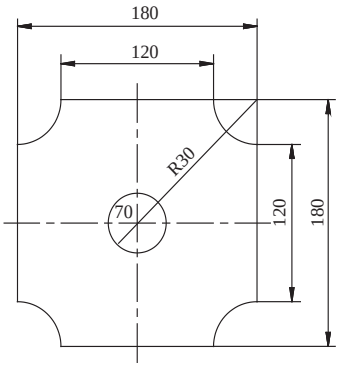
$U = ۲۰۰mm + ۶۲۸mm + ۱۲۰mm + ۱۲۵/۶ mm + ۳۲۰mm = ۱۳۹۳/۶mm$



محاسبهٔ محیط قطعه

کار کلاسی

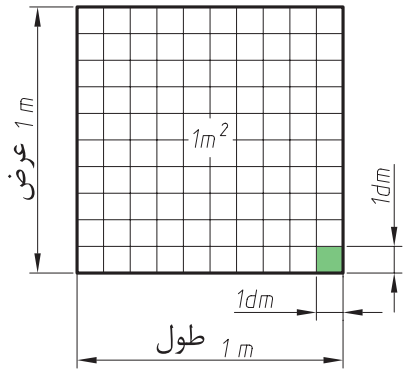
۱ـ قطر دایره‌ای ۱۱۵/۷ میلی‌متر است، محیط آن را به‌دست آورید.
۲ـ محیط دایره‌ای ۶۲/۸ میلی‌متر است، قطر آن را به‌دست آورید.
۳ـ اندازه محیط داخلی و خارجی قطعه شکل زیر را به‌دست آورید.



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.

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



یکای اندازه‌گیری سطح متر مربع

$A=L^2$

$1m=100cm$

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

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

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

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

پاسخ:

$A=4m\times2/8m=4\times2/8m^2=11/2m^2$

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

کار کلاسی

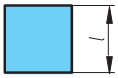
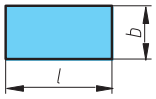
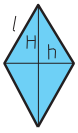
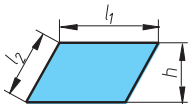
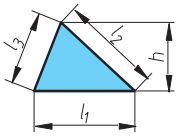
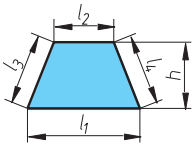
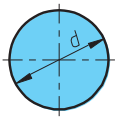
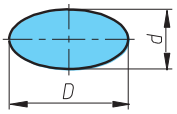
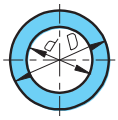
مساحت یک موزائیک به طول هر ضلع (۳۰) سانتی‌متر، چند سانتی‌مترمربع و چند مترمربع است؟

کار کلاسی

جدول زیر را کامل کنید.

الف	۰/۸ m^2	..... cm^2	..... dm^2	..... mm^2
ب	۲/۱ dm^2	..... m^2	..... cm^2	..... mm^2
ج	۴۰ cm^2	..... m^2	..... dm^2	..... mm^2

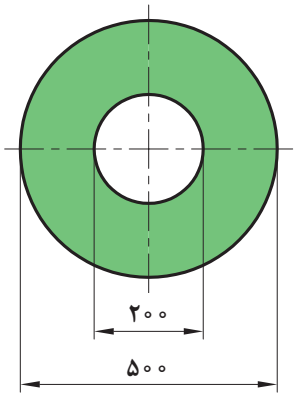
روابط محاسبه محیط و مساحت شکل‌های هندسی

شکل	محیط	مساحت
مربع 	$U = 4 \times l$	$A = l^2$
مستطیل 	$U = 2 \times (l + b)$	$A = l \times b$
لوزی  قطر بزرگ= H قطر کوچک=h	$U = 4 \times l$	$\frac{H \times h}{2}$
متوازی الاضلاع 	$U = 2 \times (l_1 + l_2)$	$A = l_1 \times h$
مثلث 	$U = l_1 + l_2 + l_3$	$A = \frac{l_1 \times h}{2}$
ذوزنقه 	$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$	$A = \frac{(l_1 + l_2)}{2} \times h$
دایره 	$U = \pi \times d$	$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$
بیضی 	$U \approx \pi \times \frac{(d + D)}{2}$	$A = \frac{\pi \times d \times D}{4}$
تاج دایره 	$U = (\pi \times D) + (\pi \times d)$ 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 به‌کار رفته در قطعه داده شده چند دسی‌متر مربع است.



پاسخ:

$D=۵۰۰mm=۵dm$

$d=۲۰۰mm=۲dm$

$$A=\frac{\pi D^{۲}}{۴}-\frac{\pi d^{۲}}{۴}$$

$$A=\frac{۳/۱۴\times ۵^{۲}}{۴}-\frac{۳/۱۴\times ۲^{۲}}{۴}=۱۶/۴۸۵dm^{۲}$$

کار کلاسی

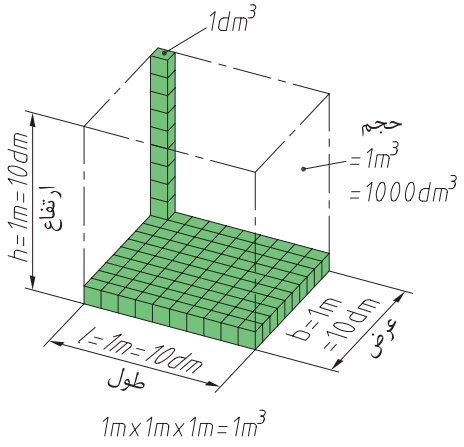
سطح مقطع یک مخزن استوانه‌ای ذخیرهٔ گازوئیل به قطر (۱۶۰۰) میلی‌متر است. چند دسی‌مترمربع است؟ محیط مقطع مخزن چند دسی‌متر است؟

کار کلاسی

ابعاد یک کانال هوا از ورق گالوانیزه ۳۰×۲۵×۲۰۰ سانتی‌متر می‌باشد، سطح جانبی ورق به‌کار برده شده چند متر مربع است؟

محاسبات حجم (Volume calculations)

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



یکای اندازه‌گیری حجم در سیستم SI متر مکعب است.

دسی‌مترمکعب، سانتی‌مترمکعب و میلی‌مترمکعب یکاهای کوچک‌تری هستند که در سیستم SI مورد استفاده قرار می‌گیرند.

$V=L.L.L=L^{۳}$

$m^{۳}=(۱۰dm)^{۳}=۱۰۰۰dm^{۳}$

$۱dm^{۳}=۱lit$ یک لیتر

$۱m^{۳}=۱۰۰۰lit$

هر متر مکعب (۱۰۰۰) لیتر و هر لیتر $(\frac{۱}{۱۰۰۰})$ متر مکعب است.

$۱m=۱۰dm$	$۱dm=\frac{۱}{۱۰}m$
$۱m^{۳}=(۱۰dm)^{۳}$	$۱dm^{۳}=(\frac{۱}{۱۰}m)^{۳}$
$۱m^{۳}=۱۰۰۰dm^{۳}$	$۱dm^{۳}=\frac{۱}{۱۰۰۰}m^{۳}$
$۱m^{۳}=۱۰۰۰lit$	$۱lit=\frac{۱}{۱۰۰۰}m^{۳}$

به‌روش تبدیل لیتر به سانتی‌مترمکعب و سانتی‌مترمکعب به لیتر توجه نمایید. به سانتی‌مترمکعب سی‌سی نیز می‌گویند. (Centimeter Cubic)

$1dm=10cm$	$1cm=\frac{1}{10}dm$
$1dm^3=(10cm)^3$	$1cm^3=(\frac{1}{10}dm)^3$
$1dm^3=1000cm^3$	$1cm^3=\frac{1}{1000}dm^3$
$1lit=1000cm^3$	$1cm^3=\frac{1}{1000}lit$

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

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

پاسخ:

$36m^3=36(10dm)^3=36(1000dm^3)$

$=36000dm^3=36000lit$

$36m^3=36000dm^3=36000(10cm)^3$

$=36000(1000cm)^3=36000000cm^3$

یا

$36m^3=36\times1000dm^3=36000dm^3$

$=36000lit$

$36000dm^3=36000\times1000$

$=36000000cm^3$

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

پاسخ:

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

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

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

$=\frac{1}{10}m^3=0/1m^3$

$100000cm^3\div1000=100dm^3=100lit$

$100dm^3\div1000=0/1m^3$

کار کلاسی

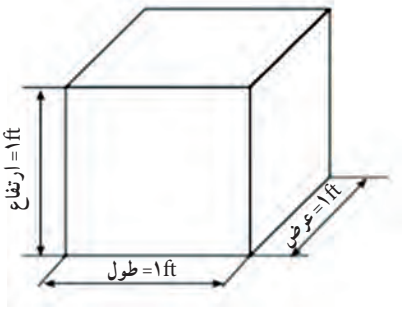
۱ـ اندازه‌های زیر را برحسب یکاهای خواسته شده تبدیل کنید.

$103/2cm^3$	.....dm^3	$2200cm^3$	.....m^3
$1800mm^3$	.....cm^3	$425dm^3$	.....m^3
$0/807m^3$	.....cm^3	$0/025m^3$	.....mm^3
$40875mm^3$	.....dm^3	$6870mm^3$	.....m^3

کار کلاسی

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

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.



$1ft \times 1ft \times 1ft = 1ft^3$

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.

۱ لیتر =۳/۷۸۵ گالن آمریکایی

۱ لیتر =۴/۵۴۶ گالن امپریال

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

$1ft = ۳۰/۴۸cm = ۰/۳۰۴۸m$

$1ft^3 = ۰/۰۲۸۳m^3$

$1m^3 = ۳۵/۳۱\ ft^3$

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

پاسخ: $36m^3 = 36 \times 35/31 ft^3$

$= ۱۲۷۱/۱۶ ft^3$

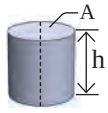
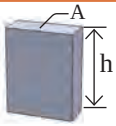
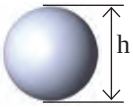
مثال: ft^3 (۱۰۷۶) معادل چند متر مکعب است؟

پاسخ: $۱۰۷۶ft^3 \times ۰/۰۲۸۳$

$= ۳۰/۴\ m^3$

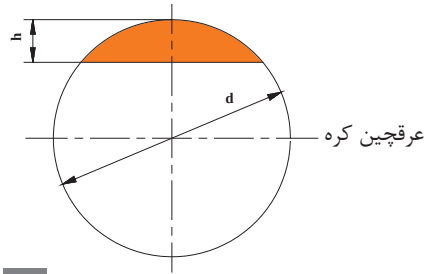
جدول زیر روابط محاسبه سطح کل، سطح جانبی و حجم را نشان می‌دهد.

روابط حجم ـ 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 	$A=\frac{\pi \times d^3}{۴}$	$V=\frac{\pi \times d^3}{۶}$

علائم اختصاری:

V= حجم　A= سطح قاعده　A_M= سطح جانبی　A_o= سطح کلی　d= قطر　h= ارتفاع



$V=\pi h^2(\frac{d}{2}-\frac{h}{2})$　　$A=\pi dh$

کار کلاسی

اندازه‌های زیر را برحسب یکاهای خواسته شده تبدیل کنید.

۵۰m^3	..... ft^3	۱۵۰۰m^3	.....gal
۲۴۵۰ ft^3	.....m^3	۱۷۰۰ ft^3	.....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 ۱۰۰۰ = ۱ کیلوگرم

گرم ۴۵۳ = ۱ پوند

۲/۲۰ lb = ۱ کیلوگرم

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

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

یکای جرم ویژه در سیستم «SI» کیلوگرم بر متر مکعب ($\frac{kg}{m^3}$) است و یکاهای رایج دیگر عبارت‌اند از:

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

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

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

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

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

جدول جرم ویژه بعضی از مواد

جرم ویژه مایعات $\frac{kg}{dm^3}$		جرم ویژه جامدات $\frac{kg}{dm^3}$				جرم ویژه گازها $\frac{kg}{m^3}$	
ماده	جرم ویژه	ماده	جرم ویژه	ماده	جرم ویژه	ماده	جرم ویژه
آب (۴°C)	۱	پلاتین	۲۱/۵	قلع	۷/۳	اکسیژن	۱/۴۳
روغن موتور	۰/۹	طلا	۱۹/۳	چدن	۷/۲۵	هوا	۱/۲۹
نفت	۰/۸۵	سرب	۱۱/۳۵	روی	۷/۱۳	ازت	۱/۲۵
گازوئیل	۰/۸۵	مس	۸/۹	آلومینیوم	۲/۷	استیلن	۱/۱۷۱
بنزین	۰/۷۲	فولاد	۷/۸۵	چوب آبنوس	۱/۲۶	هیدروژن	۰/۰۹

فکر کنید

علت شناور شدن بعضی از مواد روی آب چیست؟

مثال: جرم مخصوص آب ($۱\frac{kg}{lit}$) چند ($\frac{kg}{m^۳}$) است؟

پاسخ:

$$۱lit = \frac{۱}{۱۰۰۰}m^۳$$

$$۱\frac{kg}{lit} = ۱\frac{kg}{\frac{۱}{۱۰۰۰}m^۳} = ۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$$

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

علائم اختصاری:

m= جرم

V= حجم

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

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

پاسخ:

$۱۲۰mm = ۱۲cm = ۲/۱dm$

$۵۰mm = ۵cm = ۰/۵dm$

$V = A \times h = (۰/۵dm)^۲ \times ۱/۲dm = ۰/۳dm^۳$

$m = \rho.v = ۰/۳dm^۳ \times ۷/۸۵ \frac{kg}{dm^۳} = ۲/۳۵۵\ kg$

کار کلاسی

جدول زیر را تکمیل کنید.

۳۹۷۵۰kg	..... ton	۱۰۰kg	.....gr
$\frac{۱}{۲}$kg	.....gr	۴۵۳۰gr	.....Lb

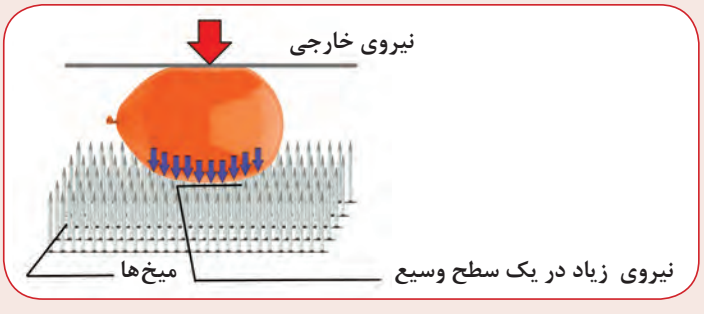
کار کلاسی

ـ جرم یک متر لولهٔ فولادی به قطر $\frac{۳}{۴}$ اینچ و جرم آب درون آن چند کیلوگرم است؟ (مشخصات لولهٔ $\frac{۳}{۴}$ اینچ را از جدول کتاب همراه استخراج کنید).

فشار pressure

تجربه کنید

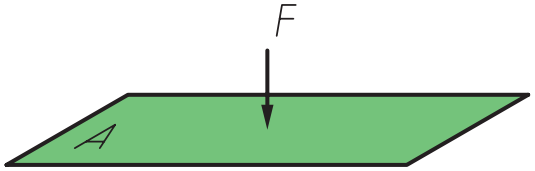
در یک تخته با ابعاد (۱۰cm در ۱۰cm) به فاصله هر یک سانتی‌متر میخ‌هایی وارد کنید. سپس بادکنکی را باد کنید و بر میخ‌ها بفشارید. این حالت را با حالتی که فقط یک میخ در بادکنک فرو می‌کنید مقایسه کنید. چه تفاوتی مشاهده می‌کنید؟ با توجه به مثال‌ها و تجربه بالا عوامل مؤثر بر فشار را بررسی نمایید.



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.

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



در این رابطه F نیروی عمودی از طرف جسم جامد و یا شاره برحسب نیوتن (N) و A مساحت سطح تماس بر حسب متر مربع (m^2) است.نام دیگر $\frac{N}{m^2}$ را به افتخار بلزپاسکال در سیستم یکای بین‌المللی پاسکال نام‌گذاری 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؟

$m = ۱۵Kg$

$L = ۲۰cm \div ۱۰۰ = ۰/۲m \Rightarrow A = ۰/۲ \times ۰/۲ = ۰/۰۴m^2$

$F = W = m.g$

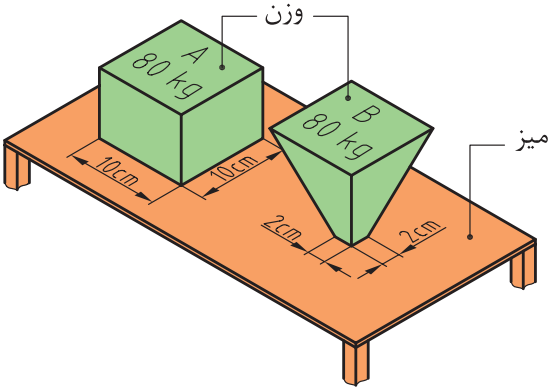
$F = ۱۵ \times ۱۰ = ۱۵۰N$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{۱۵۰}{۰/۰۴} = ۳۷۵۰$$

$P = ۳۷۵۰ \frac{N}{m^2}$ یا Pa

کار کلاسی

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



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 ناحیهٔ عمیق یک استخر آب می‌رویم، فشار آب را به‌خوبی احساس می‌کنیم. در این بخش خواهیم دید فشار یک مایع به چه عواملی بستگی دارد و چگونه می‌توان آن را اندازه گرفت.

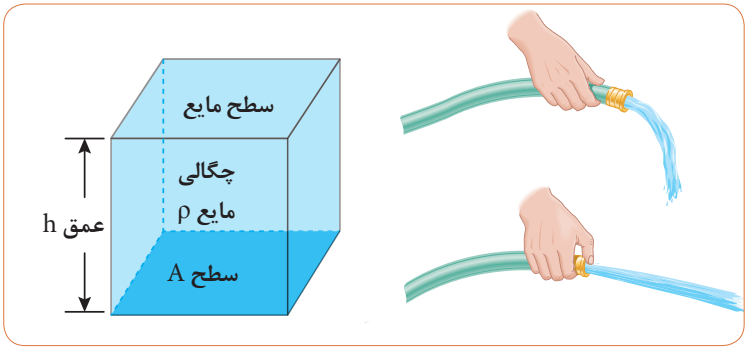
در شکل صفحه بعد ستونی از یک مایع به ارتفاع h، مساحت قاعدهٔ A، و چگالی ρ نشان داده شده است. نیرویی که به مساحت قاعدهٔ این ستون وارد می‌شود معادل وزن ستون مایع و برابر است با

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

با توجه به تعریف فشار داریم

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

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

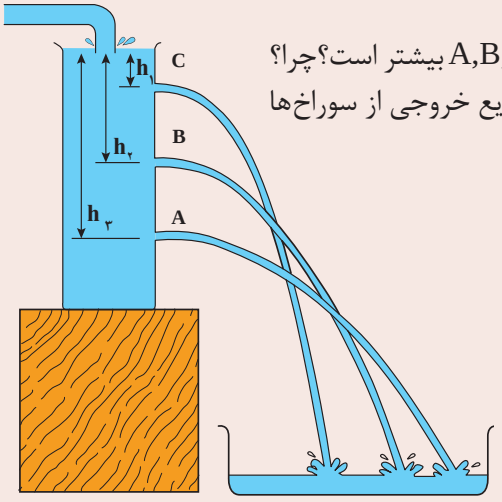


کار کلاسی

به شکل زیر توجه کنید و به سؤالات پاسخ دهید.

۱ـ به نظر شما در تصویر زیر فشار در کدام‌یک از نقاط A,B,C بیشتر است؟چرا؟

۲ـ به نظر شما اگر از مایع چگال‌تر استفاده می‌شد در مایع خروجی از سوراخ‌ها چه تفاوتی مشاهده می‌شد؟



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

V=۲۰۰۰ Lit P=?

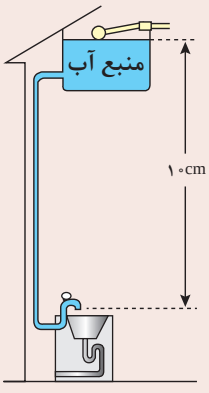
H=۱۲m ρ=۱۰۰۰ kg/m³ P=ρgh

h=۱۱m P=۱۰۰۰×۱۰×۱۱=۱۱۰۰۰۰ P=۱۱۰ kPa

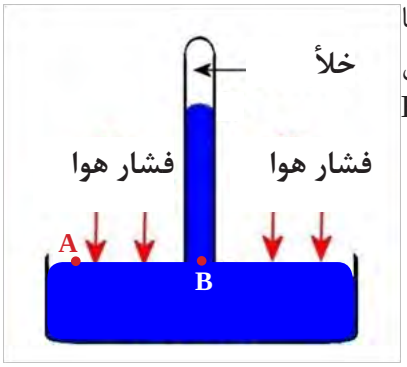
کار کلاسی

ارتفاع سطح آب درون مخزن تصویر روبه‌رو نسبت به شیر آب ۱۰متر است.

فشار ناشی از آب در پشت شیر چند پاسکال و چند کیلو پاسکال است؟



انواع فشار



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

$$p_A = p_B = p_{atm}$$

که در آن p_{atm} نشان‌دهندهٔ فشار هواست.

از سوی دیگر فشار در نقطهٔ B برابر است با فشار ستون جیوه‌ای که در بالای آن قرار دارد. در نتیجه داریم :

$$P = \rho gh$$

چون هوا دارای جرم بوده و در معرض جاذبه است، فشاری اعمال می‌کند که فشار جو یا فشار اتمسفر نام دارد.

فشار حاصل از جو در سطح دریا ۱۰۱۳۲۵Pa است.

فشار جو ثابت نبوده با ارتفاع تغییر می‌کند و با افزایش ارتفاع فشار جو کاهش می‌یابد.

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

برای اندازه‌گیری فشار نسبی از مانومتر یا فشارسنج بوردون استفاده می‌شود.

فشارسنج بوردون

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

فشار نسبی + فشار اتمسفر = فشار مطلق

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

درصورتی‌که فشار نسبی کمتر از فشار جو باشد آن را با علامت منفی نشان می‌دهند.

درصورتی‌که فشارمحلی ۱۴/۷psi باشد و فشارسنج عدد ۱۵psi را نشان دهد، فشار مطلق چند psi است؟

کار کلاسی

یکاهای فشار: در سیستم بین‌المللی یکاها (SI) یکای فشار «پاسکال» (Pa) است. در سیستم I-P یکای فشار «پوند بر اینچ مربع» است که به‌صورت «psi» یا «Lb/in^2» و یا «Lb/sq in» نشان داده می‌شود.
در سیستم «متریک» یکای فشار «کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع» است که آن را به‌صورت «$\frac{kg_f}{cm^2}$» یا «$\frac{kp}{cm^2}$» نشان می‌دهند.

یکی دیگر از یکاهای اندازه‌گیری فشار، «بار» است که معادل (10^5) پاسکال است و به‌صورت «bar» و یک‌هزارم آن میلی‌بار است که به‌صورت m.bar نشان داده می‌شود.
البته فشار را برحسب ارتفاع ستون مایعات نیز اندازه‌گیری می‌کنند که از آن جمله می‌توان به موارد ذکر شده در زیر اشاره نمود:

۱ـ «فوت آب» (Ft.Wc)؛
۲ـ «اینچ آب» (in.Wc)؛
۳ـ «اینچ جیوه» (in.Hg)؛
۴ـ «متر آب» ($m.H_2O$) یا (m.Wc)؛
۵ـ «سانتی‌متر جیوه» (cm.Hg).

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

مثال: ۱۴۷ psi چند atm است؟

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

$$\begin{cases} 1\,psi = 0/068045\,atm \\ 147\,psi \qquad ?\,atm \end{cases} \Rightarrow \frac{147\,psi \times 0/068045}{1psi} = 10\,atm$$

کار کلاسی

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

۲۵bar	.....kPa	۱۵psi	.....in.Hg
۷۶۰۰mmHg	.....Pa	۱۵mWc	.....bar

جدول تبدیل فشار در یکاهای IP و SI

از ↓ به →	atm	bar	psi (lb_f/in^2)	torr ≈ mmHg	inHg at ۰°c	pa (N/m^2)	kg_f/cm^2	dyn/cm^2 micro bar	mWc (mH_2O) at ۴°c
atm	۱	۱/۰۱۳۲۵۰۱	۱۴/۶۹۵۹۵۰۲۵۴	۷۶۰/۰۰۰۰۶۶۰۰۵	۲۹/۹۲۱۲۵۸۳۰۰۱	۱۰۱۳۲۵/۰۱	۱/۰۳۳۲۲۷۵۵۴۸	۱۰۱۳۲۵۰/۱	۱۰/۳۳۴۹۲۱۳۵۶۷
bar	۰/۹۸۶۹۲۳۱۶۹	۱	۱۴/۵۰۳۷۷۳۸	۷۵۰/۰۶۱۶۷۳۸	۲۹/۵۲۹۹۸۳۰۷	۱۰۰۰۰۰	۱/۰۱۹۷۱۶۲۱۳	۱۰۰۰۰۰۰	۱۰/۱۹۹۷۷۳۳۴
psi	۰/۰۶۸۰۴۵۹۵۷	۰/۰۶۸۹۴۷۵۷۳	۱	۵۱/۷۱۴۹۳۱۸۷	۲/۰۳۶۰۲۰۶۵۸	۶۸۹۴/۷۵۷۲۸۲	۰/۰۷۰۳۰۶۹۵۸	۶۸۹۴۷/۵۷۲۸۲	۰/۷۰۳۲۴۹۶۱۵
torr	۰/۰۰۱۳۱۵۷۸۹	۰/۰۰۱۳۳۳۲۲۴	۰/۰۱۱۹۳۳۶۷۷۵	۱	۰/۰۳۹۳۷۰۰۷۳	۱۳۳/۳۲۲۳۷	۰/۰۰۱۳۵۹۵۱	۱۳۳۳/۲۲۳۷	۰/۰۱۳۵۹۸۵۸
inHg	۰/۰۳۳۴۲۱۰۵۴	۰/۰۳۳۸۶۳۸۸۷	۰/۴۹۱۱۵۴۱۵۲	۲۵/۴۰۰۰۰۳۵۲	۱	۳۳۸۶/۳۸۸۶۶۷	۰/۰۳۴۵۳۱۵۵۴	۳۳۸۶۳/۸۸۶۶۷	۰/۳۴۵۴۰۳۹۶۸
pa	۰/۰۰۰۰۰۹۸۶۹۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱۴۵۰۳۷۷	۰/۰۰۷۵۰۰۶۱۶۷	۰/۰۰۰۲۹۵۲۹۹۸	۱	۰/۰۰۰۰۱۰۱۹۷۲	۱۰	۰/۰۰۰۱۰۱۹۹۷۷
kg/cm^2	۰/۹۶۷۸۴۱۰۱	۰/۹۸۰۶۶۵	۱۴/۲۲۳۳۴۳۳۳	۷۳۵/۵۵۹۲۳۱۳	۲۸/۹۵۹۰۲۰۸۵	۹۸۰۶۶/۵	۱	۹۸۰۶۶۵	۱۰/۰۰۲۵۶۰۷۲
dyn/cm^2	۰/۰۰۰۰۰۰۹۸۶۹	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱۴۵۰۳۸	۰/۰۰۰۷۵۰۰۶۱۷	۰/۰۰۰۰۲۹۵۳	۰/۱	۰/۰۰۰۰۰۱۰۱۹۷	۱	۰/۰۰۰۰۱۰۱۹۹۸
mWc	۰/۰۹۶۷۵۹۳۲۴	۰/۰۹۸۰۴۱۳۹۴	۱/۴۲۱۹۷۰۲۰۶	۷۳/۵۳۷۰۹۲۳۳	۲/۸۹۵۱۶۰۷۱۵	۹۸۰۴/۱۳۹۴۳۲	۰/۰۹۹۹۷۴۳۹۹	۹۸۰۴۱/۳۹۴۳۲	۱

برای مثال: ۱۰/۳۳۴ mWc ≈ ۱۰۱۳۲۵ Pa ≈ ۲۹/۹۲ inHg ≈ ۷۶۰ torr ≈ ۱۴/۷ psi ≈ ۱/۰۱ bar ≈ ۱atm

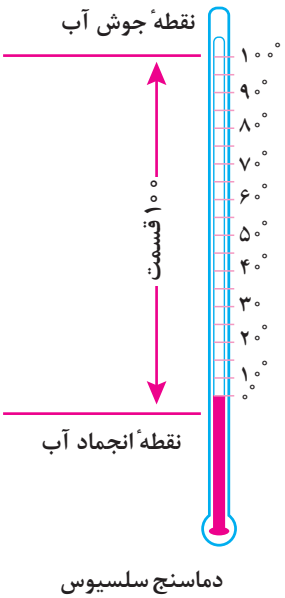
بحث کلاسی

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

مفهوم دما

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

دماسنج: اندازه‌گیری دقیق دما با دماسنج انجام می‌شود. ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنج، دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی است. به‌جز چند استثنا، تمام مواد با افزایش دما منبسط و با کاهش آن منقبض می‌شوند. دما در اغلب دماسنج‌ها با انبساط یا انقباض یک مایع (معمولاً جیوه یا الکل رنگی) در لولهٔ شیشه‌ای مدرج اندازه گرفته می‌شود.



دماسنج سلسیوس

در سیستم‌متریک مقیاس دما، عدد صفر مختص دمایی است که آب در آن یخ می‌زند و عدد ۱۰۰ به دمای جوشیدن آب (در فشار استاندارد) اختصاص دارد. فاصلهٔ بین این دو به ۱۰۰ قسمت مساوی به‌نام درجه تقسیم شده است. از این‌رو دماسنجی که چنین مدرج شده باشد دماسنج با مقیاس سانتی‌گراد (۱۰۰ قسمتی) نامیده می‌شود و به افتخار آندره‌سلسیوس این مقیاس دما را سلسیوس می‌نامند.

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

جدول برخی از دماهای مهم[1]

موضوع	دما برحسب $^{\circ}C$
سردترین نقطه کیهان	۲۷۲ -
نقطهٔ جوش هیدروژن مایع	۲۳۵ -
نقطهٔ جوش اکسیژن مایع	۱۸۳ -
نقطهٔ انجماد الکل	۱۱۵ -
نقطهٔ انجماد جیوه	۳۹ -
نقطهٔ ذوب یخ	۰
دمای آسایش	۲۰
دمای بدن انسان سالم	۳۷
نقطهٔ ذوب موم	۵۰
نقطهٔ جوش الکل اتیلیک (اتانول)	۷۸
نقطهٔ جوش آب	۱۰۰
نقطهٔ ذوب قلع	۲۳۲
نقطهٔ جوش جیوه	۳۵۷
نقطهٔ ذوب طلا	۱۰۶۷
دمای هستهٔ زمین	۳۷۰۰±۱۰۰
دمای سطح خورشید	۵۷۰۰±۱۰۰
دمای کوباندن ذرات سرب برای شبیه‌سازی مهبانگ	10^{13}

۱- نقاط جوش، ذوب و انجماد، در فشار یک اتمسفر داده شده است.

کار کلاسی

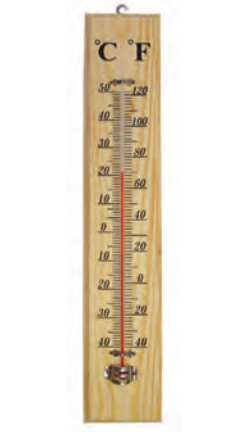
اگر دماسنج مورد استفاده ما از الکل پر شده باشد، آیا با این دماسنج می‌توان دمای جوش آب را اندازه گرفت؟

تحقیق

در دماسنج‌های متداول در سیستم‌های گرمایش مرکزی از چه ماده‌ای، در دماسنج‌ها برای اندازه‌گیری دما استفاده می‌شود؟

کار کلاسی

در تصاویر سه نوع دماسنج نشان داده شده است. محل کاربرد هر یک را در زیر آن بنویسید.



انواع دماسنج‌ها

دماسنج غلافی: در شکل، یک نوع ترمومتر را که به ترمومتر غلافی مشهور است مشاهده می‌کنید. غلاف، روی لوله یا دستگاه نصب می‌شود تا با رساندن گرما لوله یا دستگاه به مخزن دماسنج، دما مشخص شود.

دماسنج (ترمومتر) غلافی

دماسنج بی‌متالی: بعضی از ترمومترها براساس انبساط و انقباض دو فلز غیر هم‌جنس (که انبساط و انقباض طولی آنها بر اثر تغییر دما متفاوت است) کار می‌کنند. در ساختمان این دستگاه‌ها از یک نوار بی‌متال (زوج فلز) استفاده شده است.

این نوع دماسنج را **ترمومتر بی‌متالی** می‌گویند و محل نصب آن بر روی جدار لوله یا مخزن آب گرم می‌باشد.

دماسنج (ترمومتر) بی‌متالی

کار کلاسی

در کدام یک از لوازم خانگی این نوع ترمومتر را مشاهده کرده‌اید؟

دماسنج با لولهٔ مویی: این ترمومترها، از یک مخزن و یک لولهٔ مویی و صفحه‌ای به همراه یک عقربه تشکیل شده‌اند. داخل مخزن و لولهٔ مویی را معمولاً از جیوه یا گاز پر می‌کنند. دامنهٔ کار نوع جیوه‌ای به «$-۳۹^{\circ}C$» (دمای انجماد جیوه) تا «$۳۵۷^{\circ}C$» (دمای جوش جیوه) محدود می‌شود. اما نوع گازی آن از دمای «$-۲۶۰^{\circ}C$» تا حدود «$۸۰۰^{\circ}C$» ساخته و استفاده می‌شود؛ به این نوع ترمومترها، ترمومتر «دنباله‌دار» نیز گفته می‌شود. در شکل، چند نوع ترمومتر با لولهٔ مویی نشان داده شده است.

دماسنج (ترمومتر) لولهٔ مویی

کار کلاسی

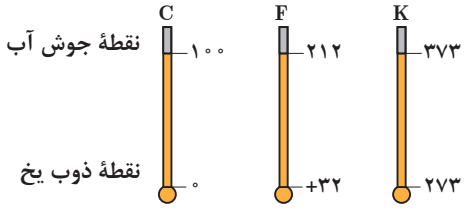
کدام یک از دماسنج‌ها برای اندازه‌گیری دمای آب داخل لوله مناسب است؟

یکاهای سنجش دما

یکای سنجش دما در سیستم SI کلوین (K) است. درجه سلسیوس یکای دیگری است که در سیستم متریک متداول است.

$$K = C + ۲۷۳$$

یکای متداول دیگر در اندازه‌گیری دما درجه فارنهایت ($^{\circ}F$) است.



کار کلاسی

به نظر شما نصب کدام نوع دماسنج بر روی منبع آب گرم مناسب‌تر می‌باشد؟

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

$F=۱/۸^{\circ}C+۳۲$

کار کلاسی

برای تبدیل درجهٔ فارنهایت به درجهٔ سلسیوس از کدام رابطه می‌توان استفاده کرد؟

مثال: دمای جوش آب (در فشار آتمسفر) چند درجه فارنهایت است؟

$F = ۱/۸^{\circ}C + ۳۲$

$F = ۱/۸ \times ۱۰۰ + ۳۲$

$F = ۱۸۰ + ۳۲$

$F = ۲۱۲$

کار کلاسی

جدول زیر را تکمیل نمایید.

۴۰°F	.....°C	۵۰°C	.....°F	°C	.....°F	۰K	.....°C
۴۰°C	.....°F	۵۰°F	.....°C	۳۲°F	.....°C	۰K	.....°F
۴۱°F	.....K	۴۱°C	.....K	۱۰۰°C	.....°F	۳۷۳K	.....°C
-۴۰°F	.....°C	-۴۰°C	.....°F	۲۱۲°F	.....°C	۲۱۲°F	.....K

فکر کنید

۱ـ از کار کلاسی قبل چه نتیجه‌ای می‌گیرید، نتایج خود را به کلاس ارائه دهید.

۲ـ آیا می‌توانید رابطه‌ای بین K و °F به‌دست آورید.

کار کلاسی

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

جسم	درجه سلسیوس	کلوین	درجهٔ فارنهایت
دمای سطح خورشید	.....	۵۷۷۸	.....
دمای جوش روغن سرخ‌کردنی	۲۲۰	.....	.....
دمای آب درحال جوش	.....	.....	۲۱۲
دمای یخ درحال ذوب	۰	.....	.....
دمای صفر مطلق	-۲۷۳	۰	.....

تحقیق

درجهٔ رانکین چیست و کاربرد آن در کدام مورد است؟

گرما

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

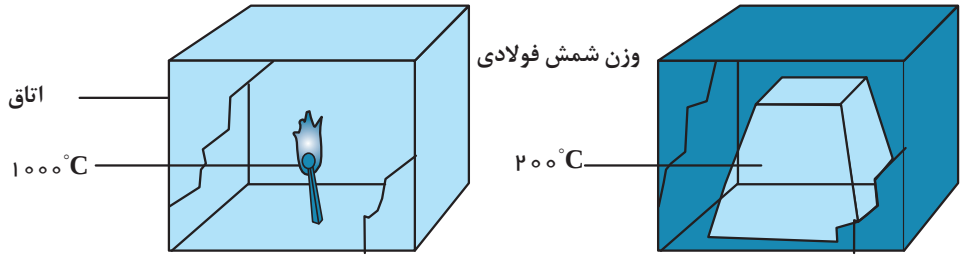
چون مولکول‌های اجسام، حرکت می‌کنند «انرژی جنبشی» دارند و به سبب وضع و حالتی که نسبت به یکدیگر دارند «انرژی پتانسیل» نیز دارند. وقتی جسمی را گرم کنیم انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. طبق نظریه «جنبشی مولکولی» گرما مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول‌هاست.

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

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

فکر کنید

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



یکاهای سنجش گرما

برای سنجش گرما در یکای متریک از کالری (cal) استفاده می‌کنند. یک کالری مقدار گرمایی است که اگر به یک گرم آب (آب با دمای ۱۴/۵ °C) داده شود دمای آن یک درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. یکای بزرگ‌تر آن کیلوکالری است که معادل ۱۰۰۰ کالری است.

بیشتر بدانید

یکاهای دیگری هستند که در اندازه‌گیری مقدار گرما به کار می‌روند.

- Btu بی‌تی‌یو ـ سیستم I ـ P
- KCal کیلوکالری ـ سیستم mks متریک
- Cal کالری ـ سیستم CGS متریک
- J ژول ۴/۱۸۶ = ۱Cal ـ سیستم SI

۱Btu=۲۵۲Cal
۱Kcal=۱۰۰۰Cal
۱Kcal=۳/۹۷ Btu≅۴ Btu

تحقیق کنید

یکای Btu بر چه اساسی تعریف شده است؟

کار کلاسی

جدول زیر را تکمیل نمایید.

..... J	۱ Kcal	..... Btu	۱۰۰۰۰ Kcal	..... Kcal	۳۰۰۰ cal
..... Kcal	۱ J	..... Kcal	۱۲۰۰۰ Btu	..... cal	۴۵۰۰۰ Btu
..... KJ	۱۰۰ Kcal	..... J	۱۲۰۰۰ Btu	..... J	۲۰۰۰ cal

ظرفیت گرمایی ویژه: انرژی گرمایی لازم برای تغییر دمای یک کیلوگرم از یک جسم به اندازه یک درجه سلسیوس (یک کلوین) را گرمای ویژه گویند. و آن را با نماد C نشان می‌دهند. بنابراین معادله گرما به شکل زیر خواهد بود: با توجه به عوامل مؤثر در مقدار گرمای منتقل شده به جسم سه عامل مؤثر است: اختلاف دما، مقدار ماده، ظرفیت گرمایی ویژه (وابسته به جنس ماده).

تغییردما × ظرفیت‌گرمایی ویژه × جرم = گرمای‌منتقل شده :

$$Q = mc\,(t_2 - t_1) = mc\Delta t$$

می‌توان یکای ظرفیت گرمایی ویژه را به کمک معادلهٔ بالا به‌دست آورد.

یکای گرمای ویژه $C = \frac{J}{Kg.^{\circ}C}$ یا $\frac{J}{Kg.K}$

$$C = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$$

جدول گرمای ویژهٔ مواد برحسب $\frac{J}{Kg.K}$ در دمای ۲۵°C

ماده	گرمای ویژه	ماده	گرمای ویژه	ماده	گرمای ویژه
هیدروژن (گاز)	۱۴۳۰۰	ازت (گاز)	۱۰۴۰	شیشه	۶۷۰
آب	۴۱۸۶	هوا در شرایط اتاق	۱۰۱۲	الماس	۵۰۹
الکل	۲۴۰۰	آلومینیوم	۸۹۷	آهن	۴۵۰
یخ -۱۰°C	۲۰۰۰	بتن	۸۸۰	چوب	۴۲۰
بخار آب ۱۰۰°C	۱۹۰۰	سنگ مرمر	۸۸۰	مس	۳۸۵
نایلون	۱۷۰۰	آجر	۸۴۰	جیوه	۱۴۰
طلا	۱۲۹۱	گرافیت	۷۱۰	سرب	۱۲۶

کار کلاسی

در سیستم‌های گرمایشی ساختمان از آب به عنوان انتقال‌دهنده گرما استفاده می‌کنند. چرا؟

فناوری و کاربرد

در جدول گرمای ویژه دیدیم که گرمای ویژه آب از سایر مواد بیشتر است. از این ویژگی آب برای گرم کردن فضای خانه‌ها به عنوان حامل انرژی استفاده می‌شود. آب گرم شده در دیگ یا پکیج گرمایشی به‌وسیله پمپ و از طریق لوله‌ها به رادیاتور می‌رسد. در آنجا انرژی گرمایی خود را به محیط خانه می‌دهد و دمای آب کاهش می‌یابد. بار دیگر از طریق لوله‌های برگشت آب برمی‌گردد و این چرخه ادامه دارد.

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

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

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

$$q=4186000J=4186kJ$$

کار کلاسی

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

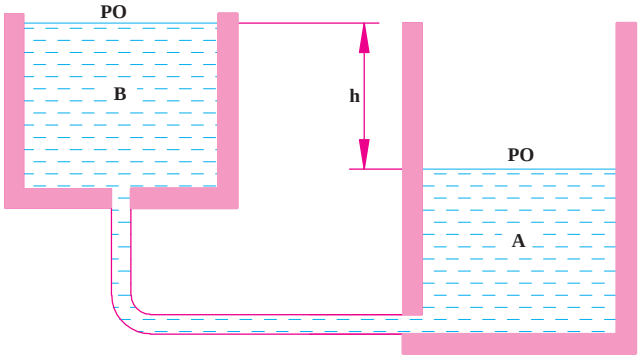
انتقال گرما

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

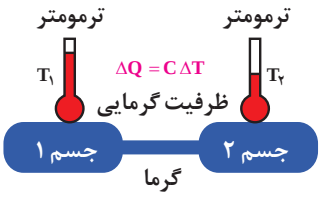
انتقال گرما همواره از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر (از جسم گرم‌تر به جسم سردتر) بوده و هرگز در جهت عکس آن صورت نمی‌گیرد از این جهت می‌توان گرما را به آبی تشبیه نمود که از یک مخزن در ارتفاع بالاتر به طرف مخزن در ارتفاع پایین‌تر جریان می‌یابد.

کار کلاسی

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



جریان آب به دلیل اختلاف ارتفاع

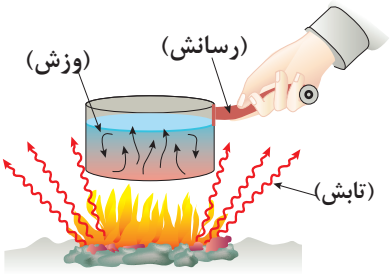


انتقال گرما از جسم گرم‌تر به جسم سرد

روش‌های انتقال گرما

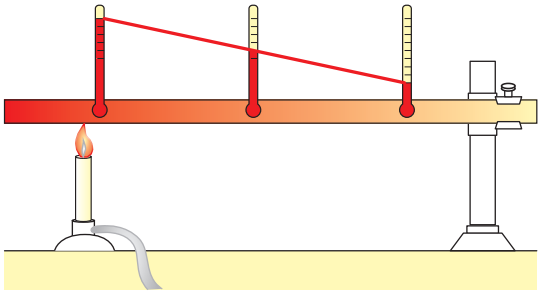
روش‌های انتقال گرما عبارت‌اند از رسانش، وزش و تابش. رسانش مانند جریان گرما از یک سر گرم میلهٔ آهنی به سر دیگر آن، وزش مانند جریان گرمای باد گرم در صحرا و تابش مانند جریان گرما از خورشید به ما است.

در شکل سه روش انتقال گرما نمایش داده شده است.



روش‌های انتقال گرما

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



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

فکر کنید

الف) اهمیت ضخیم بودن دیوارها در قدیم چیست؟

ب) به نظر شما با توجه به فرمول انتقال گرما کدام‌یک از ویژگی‌های ساختمان را می‌توان تغییر داد تا میزان انتقال گرما کاهش یابد.

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

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

در این فرمول

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

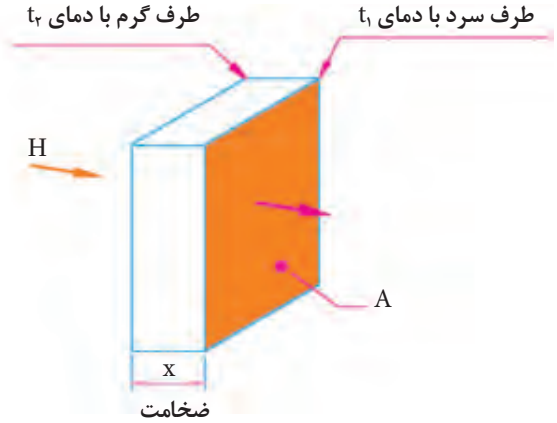
t_2= دمای سطح طرف گرم جسم به $^{\circ}C$

A= مساحت سطح در معرض انتقال گرما به m^2

x= ضخامت جسم یا فاصله بین دو سطح گرم و سرد به m (متر)

k= قابلیت هدایت گرمایی (گرمارسانی)است و یکای آن برحسب $\frac{W.m}{m^{۲}.^{\circ}C}$ (وات بر متر مربع بر درجه سلسیوس) بیان می‌شود.

H= توان گرمایی انتقال یافته برحسب وات



عوامل مؤثر در انتقال گرما به روش رسانش

مثال: یک کوره هوای گرم از طریق جداره فولادی خود به ضخامت ۸mm و سطح گرمایی مؤثر $۰/۸m^{۲}$ گرما را از طرف شعله عبور داده و باعث گرم شدن هوای عبوری از کوره می‌شود درصورتی‌که دمای سطح طرف شعله $۱۳۵^{\circ}C$ و دمای سطح طرف هوای گرم $۱۲۴^{\circ}C$ باشد، توان گرمایی انتقال یافته چند کیلو وات است؟ $k=۵۲\frac{W.m}{m^{۲}.^{\circ}C}$

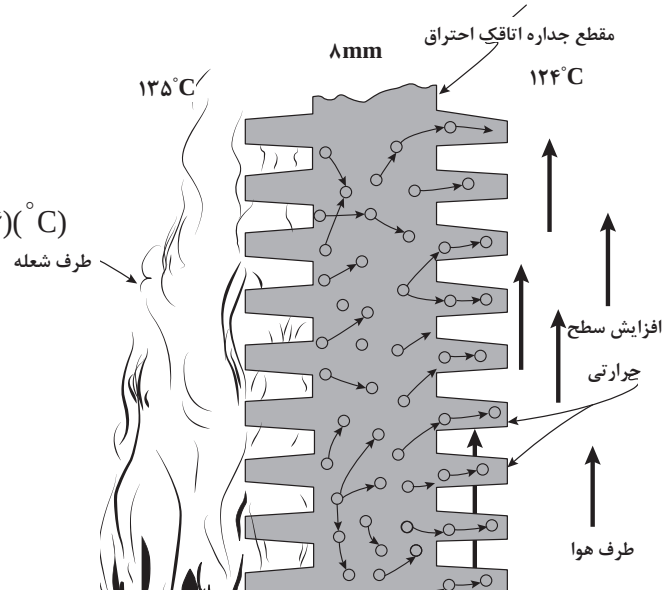
پاسخ:

$x=۸mm=۰/۰۰۸m$

$$H=\frac{K}{X}A(t_{۲}-t_{۱})$$

$$H=\frac{۵۲\left(\frac{W.m}{m^{۲}.^{\circ}C}\right)}{۰/۰۰۸(m)}\times ۰/۸(m^{۲})\times(۱۳۵-۱۲۴)(^{\circ}C)$$

$H=۵۷۲۰۰W=۵۷/۲KW$



کار کلاسی

دمای سطح داخل دیگ آب گرم $۷۵^{\circ}C$ و دمای سطح خارجی آن $۶۵^{\circ}C$ است، اگر ضخامت جداره ۲cm و مساحت آن $۲m^{۲}$ باشد، توان گرمایی انتقال یافته از سطح داخل دیگ به سطح بیرون آن چند W است؟ (قابلیت هدایت گرمایی چدن $۵۰\frac{W.m}{m^{۲}.^{\circ}C}$ است)

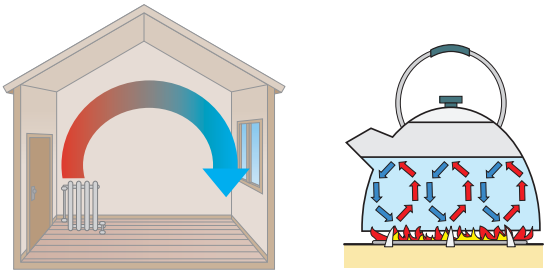
انتقال گرما به روش وزش: چنان‌که قبلاً بیان شد، مایعات و گازها گرمای قابل توجهی را هدایت نمی‌کنند، انتقال گرما در مایعات و گازها به‌وسیلهٔ «وزش» یا «جابه‌جایی» یا «همرفت» صورت می‌گیرد.

جریان باد کرهٔ زمین، گرمایی که از روی شعله بالا می‌رود، مکش دودکش بخاری نمونه‌هایی از «وزش طبیعی» هستند.

استفاده از یک پمپ برای گردش آب گرم یا سرد یا استفاده از یک بادزن برای به جریان انداختن هوای گرم یا سرد، نمونه‌هایی از «وزش اجباری» هستند.

در هرحال وزش، انتقال گرما به‌وسیلهٔ حرکت مولکول‌ها از یک محل به محل دیگر است. بدین صورت که مولکول‌های گرم شده از یک محل به محل دیگر حرکت کرده و گرما را با خود جابه‌جا می‌کنند.

هوا در اثر تماس با وسیلهٔ گرم‌کننده مانند رادیاتور یا بخاری گرم شده، انبساط می‌یابد و در نتیجه سبک‌تر شده، به طرف بالا حرکت می‌کند و هوای سرد و سنگین به‌آرامی جای آن را می‌گیرد و این عمل تکرار می‌شود.



انتقال گرما به روش وزش (همرفت، جابه‌جایی)

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

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

در این رابطه:

T_m= دمای متوسط سیال به $^\circ C$ ؛

T_s= دمای سطح جسم گرم به $^\circ C$ ؛

A= سطح جسم گرم به m^2 ؛

F= ضریب انتقال یا ضریب هدایت سطحی به $\frac{W}{m^2.^\circ C}$ ؛

H= مقدار گرمای جابه‌جا شده توسط سیال به W است.

مثال: دمای سطح رادیاتور $80^\circ C$ و سطح گرمایی آن $6m^2$ است. توان گرمایی انتقال یافته از رادیاتور به هوای اتاق چند وات است؟ درصورتی‌که دمای هوای اتاق $20^\circ C$ و ضریب هدایت سطحی 8 $\frac{W}{m^2.^\circ C}$ باشد.

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

$$H=۸(\frac{W}{m^۲.^\circ C})۶(m^۲)(۸۰-۲۰)(^\circ C)$$

$$H=۲۸۸۰W$$

همان‌طورکه ملاحظه می‌شود توان گرمایی انتقال یافته از پوسته رادیاتور پس از عبور از لایه نازک هوای (فیلم) روی سطح دیوار وارد اتاق می‌شود.

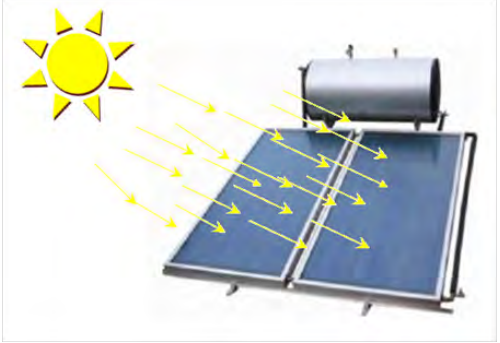
کار کلاسی

توان گرمایی انتقال یافته از سطح بیرونی دیواری به مساحت $۱۲m^۲$ و دمای $۱۰^\circ C$ به هوای بیرون با دمای $۵^\circ C$ ـ چند وات است؟
(ضریب هدایت سطح خارجی دیوار $(\frac{W}{m^۲.^\circ C})$۱۸است).

انتقال گرما به روش تابش: انتقال گرما به روش تابش به‌صورت حرکت موجی نظیر امواج نور است و بدون دخالت ماده واسطه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.

بیشترین انرژی گرمایی کرهٔ زمین به روش تابش از خورشید، از فاصلهٔ ۱۵۰ میلیون کیلومتری تأمین می‌شود. تابش خورشید از بالای بام خانه در یک روز روشن در منطقهٔ معتدل برروی وسایل خانه به‌اندازه‌ای است که می‌تواند به مدت یک هفته انرژی الکتریکی آن خانه را تأمین نماید. در تابش کامل و عمود اشعه تابشی، زمین معادل $۸۳۰\frac{W}{m^۲}$ انرژی از خورشید دریافت می‌کند.

امواج گرمایی براساس دمای جسم منتشرکنندهٔ موج ممکن است قابل رؤیت یا نامرئی باشند مثلاً اگر فلزی به اندازهٔ کافی گرم شود سرخ می‌شود و امواج گرمایی قابل رؤیت (نور) منتشر می‌کند (مانند بخاری برقی).



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

۱ـ انتقال گرما به‌روش وزش از هوای گرم داخل به‌سطح داخلی دیوار و مقدار آن از رابطهٔ $H = F_i . A(t_i - t_۱)$ قابل محاسبه است.

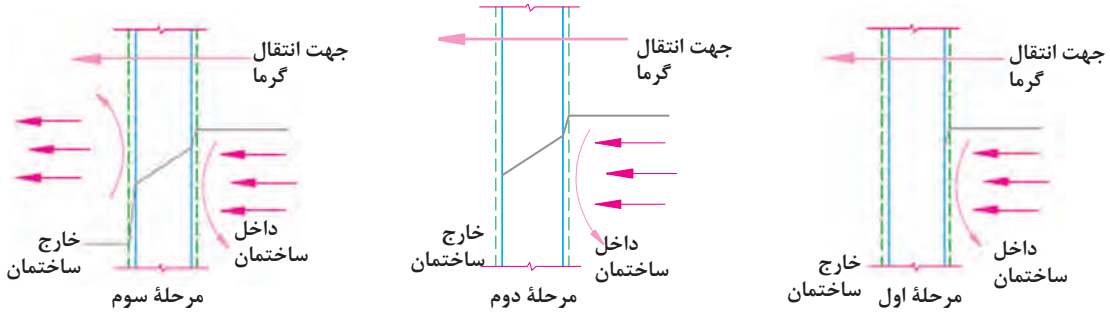
۲ـ انتقال گرما به روش هدایت از سطح داخلی دیوار به سطح خارجی دیوار و مقدار آن از رابطهٔ $H=\frac{k}{x}A(t_۲-t_۱)$ قابل محاسبه است.

۳ـ انتقال گرما به روش وزش از سطح خارجی دیوار به هوای سرد بیرون و مقدار آن از رابطهٔ $H=F_o.A(t_۱-t_o)$ قابل محاسبه است.

برای آسان شدن محاسبات انتقال گرما از هوای گرم داخل اتاق به هوای سرد خارج اتاق می‌توانیم از رابطهٔ $H=U.A(t_i-t_o)$ استفاده کنیم.

U: ضریب کلی انتقال گرمای دیوار برحسب $\frac{W}{m^۲.^\circ C}$ که مقدار آن براساس مصالح به‌کار رفته در دیوار، ضخامت دیوار و ضریب هدایت سطحی داخل و خارج است.

در ساختمان‌ها انتقال گرما به غیر از دیوارها می‌تواند از طریق در، پنجره، سقف و کف نیز صورت گیرد.



سه مرحله انتقال گرما از یک جدار

با توجه به نمودار مقابل توان گرمایی انتقال‌یافته از یک مترمربع دیوار چند وات است؟

حل:

الف) گرمای انتقال از هوای داخل به سطح داخل درصورتی که ضریب انتقال سطحی داخل $F_i=۸/۱۳\frac{W}{m^۲.^\circ C}$ باشد.

$$H=F_iA(t_i-t_۲)$$

$$H=۸/۱۳\times ۱(۲۲-۱۲/۶۶۴)$$

$$H=۷۵/۹W$$

ب) گرمای انتقال یافته از سطح داخلی دیوار به سطح خارجی دیوار درصورتی که قابلیت هدایت گرمایی دیوار آجری $k=۱/۲\frac{W.m}{m^۲.^\circ C}$ باشد.

$$H=\frac{K}{X}A(t_۲-t_۱)$$

$$H=\frac{۱/۲}{۰/۱۰۵}\times ۱(۱۲/۶۶۴-۶/۰۲۴)$$

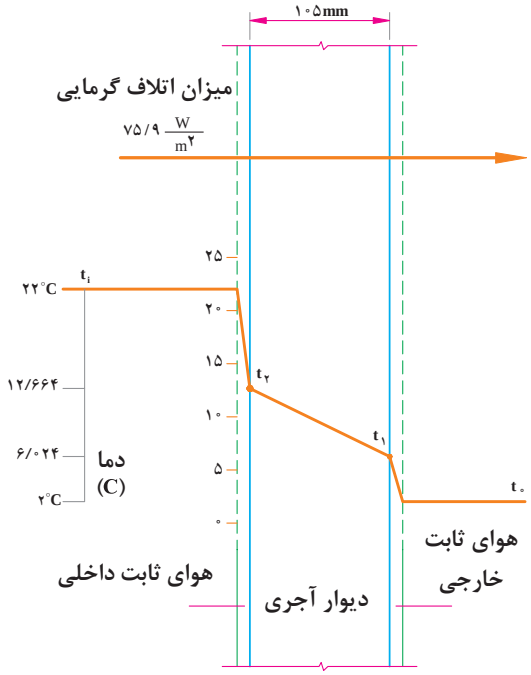
$$H=۷۵/۹W$$

پ) گرمای انتقال یافته از سطح خارجی دیوار به هوای بیرون در صورتی که ضریب انتقالی سطحی $F_o=۱۸/۸۷\frac{W}{m^۲.^\circ C}$ باشد.

$$H=F_oA(t_۱-t_o)$$

$$H=۱۸/۸۷\times(۶/۰۲۴-۲)$$

$$H=۷۵/۹W$$



نمودار تغییر دما در انتقال گرما

همان‌طور که ملاحظه می‌نمایید توان گرمایی انتقال‌یافته در هر سه مرحله برابر است. چرا؟ عامل انتقال گرما در مرحله اول، $(t_i-t_۲)$، در مرحله دوم $(t_۲-t_۱)$ و در مرحله سوم $(t_۱-t_o)$ می‌باشد. از آنجایی‌که تعیین دمای سطح داخل و دمای سطح خارج به‌آسانی میسر نیست. برای محاسبهٔ گرمای انتقال‌یافته براساس اختلاف دمای داخل و دمای خارج (t_i-t_o) عمل کرده و از فرمول زیر استفاده می‌نمایند.

$$H=U.A(t_i-t_o)$$

مثال: توان گرمایی انتقال یافته از دیوار اتاقی به طول ۵m و ارتفاع ۳m چند وات است؟ دمای داخل اتاق ۲۰°C و دمای هوای بیرون ۰°C است و ضریب کلی انتقال گرمای این دیوار $۱/۶ \frac{W}{m^۲.°C}$ می‌باشد.

$H = U.A(t_i - t_o)$ $\quad U = ۱/۶ \frac{W}{m^۲.°C}$

$A =$ ارتفاع دیوار × طول دیوار

$A = ۵m \times ۳m = ۱۵m^۲ \quad t_i = ۲۰°C \quad t_o = ۰°C$

$H = ۱/۶ \times ۱۵ (۲۰ - ۰) = ۱/۶ \times ۱۵ \times ۲۰ = ۱/۶ \times ۳۰۰$

$H = ۴۸۰W$

تمرین: توان گرمایی که از طریق پنجره‌ای به طول ۲/۵m و ارتفاع ۱/۶m از داخل اتاق با دمای ۲۰°C به بیرون با دمای ۰°C منتقل می‌شود چند وات است؟

$U = ۶ \frac{W}{m^۲.°C}$ (پنجره)

$H = U.A(t_i - t_o)$ $\quad U = ۶ \frac{W}{m^۲.°C}$

$A = ۲/۵ m \times ۱/۶ m = ۴m^۲$

$t_i = ۲۰°C \quad t_o = ۰°C$

$H = ۶ \times ۴ (۲۰ - ۰) = ۶ \times ۴ \times ۲۰ = ۴۸۰W$

کار در کلاس

از مقایسه دو تمرین بالا چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

برآورد سریع بار گرمایی

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

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

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

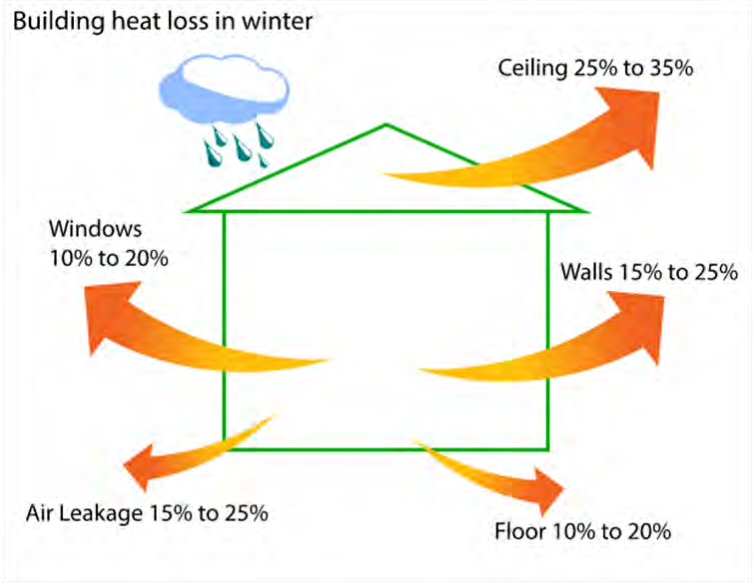
با تعریف داده شده مشخص است که یکای بارگرمایی مقدار انرژی بر زمان است که در سیستم SI ژول بر ثانیه یا وات، در سیستم متریک کیلوکالری بر ساعت و در سیستم امپریال (I-P) بی‌تی‌یو بر ساعت است.

اتلاف گرمایی به دو بخش کلی دسته‌بندی می‌شود:

۱ـ اتلاف گرمایی از پوسته خارجی ساختمان

۲ـ اتلاف گرمایی در اثر نفوذ هوای سرد

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



فکر کنید

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

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

مقدار بارگرمایی سرانگشتی را از ۵۰ تا ۱۸۰ وات بر مترمربع با توجه به نوع کاربری ساختمان، منطقه آب و هوایی و طبقه وقوع ساختمان می‌توان در نظر گرفت. در جدول، بار گرمایی سرانگشتی دو نوع ساختمان مسکونی ویلایی و آپارتمانی آورده شده است.

نکته: اعداد داخل جدول برای حالتی در نظر گرفته شده است که پوسته خارجی ساختمان اعم از دیوارها، کف و سقف با گرمابند (عایق) پوشش داده شده باشند و پنجره‌ها نیز دو جداره در نظر گرفته شوند که در ساختمان‌های نوساز، رعایت این موارد الزامی است. برای ساختمان‌هایی که گرمابندی در آنها رعایت نشده باشد پس از محاسبه بار گرمایی را در عدد ۲/۲ ضرب کنید.

$H = H_A \times A$

$H_{wi} = ۲/۲ \; H$

A = مساحت اتاق یا زیربنای ساختمان

H_A = بارگرمایی به ازای سطح

H = بارگرمایی

H_{wi} = بارگرمایی برای ساختمان‌های بدون گرمابندی

جدول بارگرمایی سرانگشتی به ازای سطح H_A

نوع کاربری ساختمان	بارگرمایی به ازای هر مترمربع زیربنا W/m^2			
	گرم	معتدل	سرد	خیلی سرد
دما	بالای صفر	۰≤t<۵ـ	۵ـ≤t<۱۰ـ	پایین‌تر از ۱۰ـ
آپارتمانی	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰
مسکونی ویلایی	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰

درجدول زیر میانگین کمینه دمای زمستانی هوای چند شهر ایران داده شده است.

جدول میانگین کمینه دمای زمستانی هوای شهرهای مختلف ایران

نام شهر	میانگین کمینه دمای زمستانی (°C)	نام شهر	میانگین کمینه دمای زمستانی (°C)
آبادان	+۳	ساری	ـ۳
آمل	ـ۲	سبزوار	ـ۸
اراک	ـ۱۲	سراب	ـ۱۹
اردبیل	ـ۲۳	سمنان	ـ۵
ارومیه	ـ۱۳	سنندج	ـ۱۴
اصفهان	ـ۷	سیرجان	ـ۷
اهواز	+۳	شهرکرد	ـ۱۴
ایلام	ـ۴	شیراز	ـ۴
بابل	ـ۲	کرج	ـ۹
بجنورد	ـ۱۳	کرمان	ـ۹
بستان‌آباد	ـ۲۴	کاشان	ـ۴
بندرعباس	+۸	کرمانشاه	ـ۱۰
بوشهر	+۶	جزایر خلیج فارس	+۱۰
بیرجند	ـ۹	گرگان	ـ۱
تبریز	ـ۱۱	فیروزکوه	ـ۲۲
تهران	ـ۴	قائم‌شهر	ـ۳
تهران (تجریش)	ـ۷	قزوین	ـ۱۱
خرم‌آباد	ـ۷	قشم	+۱۲
خوی	ـ۱۴	قم	ـ۴
دزفول	+۱	مشهد	ـ۱۰
رشت	ـ۳	نیشابور	ـ۱۲
زاهدان	ـ۸	همدان	ـ۱۹
زنجان	ـ۱۶	یزد	ـ۶

مثال۱: بارگرمایی یک ساختمان مسکونی ویلایی با زیر بنای ۱۵۰ مترمربع در جزیره ابوموسی در خلیج فارس چند وات است؟ $H=H_A \times A=۶۰ \times ۱۵۰ =۹۰۰۰ W$

مثال۲: بار گرمایی ساختمانی با همین ویژگی (مثال ۱) که از ساخت آن بیست سال گذشته و گرمابندی نشده، چند وات است؟

$H_{wi} = ۲/۲ \ H = ۲/۲ \times ۹۰۰۰ = ۱۹۸۰۰ \ W$

محاسبه منابع تولید گرما و پخش‌کننده‌ها: پس از محاسبه بار ساختمان می‌توان با توجه به نوع سیستم تولید گرما و پخش‌کننده‌ها ظرفیت آنها را نیز پیش‌بینی نمود. منابع تولید گرما در ساختمان‌های مسکونی به‌طور معمول در دو نوع دیگ آب‌گرم یا پکیج شوفاژ گازی می‌باشد. بارگرمایی دیگ مجموع اتلاف گرمایی ساختمان و گرمای مورد نیاز برای تأمین آب‌گرم مصرفی می‌باشد. اما در پکیج چون سیستم آب‌گرم مصرفی و آب‌گرم پخش‌کننده‌ها به صورت سری کار می‌کنند یعنی اینکه با باز کردن شیر آب‌گرم مصرفی، مدار آب سیستم گرم‌کننده پخش‌کننده‌ها قطع می‌گردد، پس بار گرمایی که برای ساختمان محاسبه شده به‌طور معمول جوابگوی آب‌گرم مصرفی نیز می‌باشد. با این حال بهتر است به بارگرمایشی ۲۵درصد برای آب گرم مصرفی اضافه شود.

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

N=تعداد پره، H=بار گرمایی ساختمان، HR=بارگرمایی هر پره رادیاتور

رابطهٔ تعیین تعداد پره رادیاتور: $N = \frac{H}{H_R}$

مثال۳: چنانچه بخواهیم برای گرمایش ساختمان در مثال‌های ۱و ۲ رادیاتورهایی با توان گرمایی هر پره ۱۴۵وات را به کار ببریم، تعداد پره‌های مورد نیاز چند عدد است؟

در حالتی‌که ساختمان گرمابندی شده و از پنجره‌های دو جداره استفاده شده:

$N = \frac{H}{H_R} = \frac{۹۰۰۰}{۱۴۵} = ۶۲$ پره

در حالتی‌که ساختمان گرمابندی نشده و از پنجره‌های فلزی معمولی استفاده شده:

$N = \frac{H_{wi}}{H_R} = \frac{۱۹۸۰۰}{۱۴۵} = ۱۲۶$ پره

چگونه یک پکیج شوفاژ گازی انتخاب کنیم؟

در انتخاب پکیج چند عامل مؤثر است؟

۱ـ بار گرمایی مورد نیاز ساختمان

۲ـ مقدار آب‌گرم مورد نیاز (۲۵درصد بار گرمایی)

۳ـ نوع دودکش پکیج (یک جداره با مکش طبیعی، دو جداره فن‌دار)

۴ـ بودجه در نظر گرفته شده (انتخاب برند)

۵ـ زمینی یا دیواری بودن پکیج

و.....

پنج مورد بالا از اساسی‌ترین پارامترهای انتخاب پکیج است. البته همه اینها به شرط وجود گاز در منطقه است. با این حال عوامل دیگری نیز مطرح می‌باشند.

مثال۴: بارگرمایشی و بار آب گرم مورد نیاز ساختمان‌های مثال ۱ و۲ چند وات است؟

$H_۱ = ۱/۲۵H = ۱/۲۵ \times ۹۰۰۰ = ۱۱۲۵۰W$

$H_۲ = ۱/۲۵H = ۱/۲۵ \times ۱۹۸۰۰ = ۲۴۷۵۰W$

مثال۵: ظرفیت پکیج مورد نیاز در مثال۴ چند کیلووات است؟

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

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

در جدول، چند نوع پکیج ساخت یک شرکت داخلی آمده است.

جدول چند نوع پکیج شوفاژ گازی دیواری

مدل	حداکثر توان گرمایی		ابعاد دستگاه (cm)			تأمین آب گرم در lit/min $\Delta T=30^{\circ}C$	حداکثر مصرف برق(W)	قطر دودکش (cm)	وزن خالص (Kg)	قیمت (ریال) سال (۱۳۹۵)
	KW	Kcal/hr	ارتفاع	عرض	عمق					
BN۳۲۴i	۲۱	۱۸۰۰۰	۷۴	۴۰	۳۳/۲	۱۰/۵	۱۰۰	۱۵	۲۹	۱۲,۹۳۰,۰۰۰
Venezia ۲۴ KI	۲۳/۸	۲۰۵۰۰	۷۴	۴۰	۳۳/۲	۱۱/۴	۸۵	۱۵	۳۰	۱۴,۷۶۰,۰۰۰
Venezia ۲۴ KIS	۲۴	۲۱۰۰۰	۷۴	۴۰	۳۳/۲	۱۱/۵	۱۲۵	(۶)۱۰	۳۴	۱۵,۷۷۰,۰۰۰
Venezia ۲۸ KI	۲۸/۵	۲۴۵۰۰	۷۴	۴۵	۳۳/۲	۱۳/۶	۸۵	۱۵	۳۴	۱۵,۷۳۰,۰۰۰
Venezia ۲۸ KIS	۲۸	۲۴۰۰۰	۷۴	۴۵	۳۳/۲	۱۳/۴	۱۲۵	(۶)۱۰	۳۶	۱۶,۵۹۰,۰۰۰
Roma ۲۴ KI	۲۴/۱	۲۱۰۰۰	۷۴	۴۰	۳۳/۲	۱۱/۵	۸۵	۱۵	۳۰	۱۸,۲۹۰,۰۰۰
Roma ۲۴ KIS	۲۴/۲	۲۱۰۰۰	۷۴	۴۰	۳۳/۲	۱۱/۶	۱۲۵	(۶)۱۰	۳۳	۱۹,۱۵۰,۰۰۰
Roma ۲۸ KIS	۲۷/۹	۲۴۰۰۰	۷۴	۴۰	۳۳/۲	۱۳/۳	۱۲۵	(۶)۱۰	۳۳	۲۰,۱۰۰,۰۰۰
Benessere Pro ۲۸K	۲۸/۳	۲۴۳۵۰	۷۴	۴۵	۳۳/۲	۱۳/۵	۸۵	۱۵	۳۲	۲۴,۹۳۰,۰۰۰
Benessere Pro ۳۰KIS	۳۰/۴	۲۶۲۰۰	۷۴	۴۵	۳۳/۲	۱۴/۵	۱۱۰	(۶)۱۰	۳۶	۲۸,۰۴۰,۰۰۰
Optima Alta ۳۵C	۳۳/۹	۲۹۲۰۰	۷۸	۵۰	۳۳/۲	۱۶/۶	۱۵۳	(۶)۱۰	۴۷	۴۳,۰۰۰,۰۰۰
Optima ۲۴ KI	۲۴/۱	۲۱۰۰۰	۷۴	۴۰	۳۳/۲	۱۱/۵	۸۵	۱۵	۳۰	۱۶,۳۸۰,۰۰۰
Optima ۲۴ KIS	۲۴	۲۱۰۰۰	۷۴	۴۰	۳۳/۲	۱۱/۵	۱۲۵	(۶)۱۰	۳۳	۱۷,۳۵۰,۰۰۰
Optima ۲۸ KI	۲۸/۸	۲۵۰۰۰	۷۴	۴۵	۳۳/۲	۱۳/۸	۸۵	۱۵	۳۲	۱۷,۱۷۰,۰۰۰
Optima ۲۸ KIS	۲۸	۲۴۰۰۰	۷۴	۴۰	۳۳/۲	۱۳/۴	۱۲۵	(۶)۱۰	۳۴	۱۸,۲۱۰,۰۰۰
Optima ۲۴KIS silver	۲۴	۲۱۰۰۰	۷۴	۴۰	۳۳/۲	۱۱/۵	۱۲۵	(۶)۱۰	۳۳	۱۸,۷۲۰,۰۰۰

برآورد قطر لوله (pipe sizing)

همان طور که می‌دانید برای انتقال آب گرم به گرماده‌ها یا همان پخش‌کننده‌ها نیاز به لوله‌هایی با قطر مشخص داریم که بتواند میزان گرمای طراحی شده را توسط آب از مولدهای گرما (دیگ یا پکیج) به محل مورد نظر برساند. پس نخستین گام برای برآورد قطر لوله میزان آبدهی یا دبی یا گذر آب از آن لوله است.

مقدار گذر آب (q_v): یکای آن در سیستم SI مترمکعب بر ثانیه و در سیستم متریک لیتر بر ثانیه است.

$$q_v = \frac{H}{\rho \times C_p \times \Delta T} = \frac{H}{۱ \times ۴/۱۸۶ \times ۱۲} = \frac{H}{۵۰}$$

$$q_v = \frac{H}{۵۰}$$

H = بارگرمایی محل مورد نظر kW

ρ = چگالی آب kg/L

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

ΔT = اختلاف دمای رفت و برگشت آب‌گرم $^\circ C$

q_v = مقدار گذر آب گرم $\frac{L}{s}$

نکته: اختلاف دمای رفت و برگشت آب‌گرم پیشنهادی ۱۲°C در نظر گرفته شده است. ولی این مقدار در منابع مختلف از ۱۰°C تا ۲۰°C ثبت شده است.

مثال۱: بار گرمایی یک ساختمان، ۲۴ کیلووات برآورد شده است. چنانچه برای این ساختمان، یک پکیج گرمایشی طراحی شده باشد، گذر آب‌گرم خروجی از پکیج چند لیتر بر ثانیه و چند مترمکعب بر ثانیه و چند مترمکعب بر ساعت است؟

$$q_v = \frac{H}{۵۰} = \frac{۲۴}{۵۰} = ۰/۴۸ \frac{L}{s}$$

$$q_v = ۰/۴۸ \times \frac{۱}{۱۰۰۰} = ۰/۰۰۰۴۸ \frac{m^۳}{s}$$

$$q_v = ۰/۴۸ \times \frac{۳۶۰۰}{۱۰۰۰} = ۰/۴۸ \times ۳/۶ = ۱/۷۲۸ \frac{m^۳}{h}$$

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

$$q_v = V \times A = V \times \frac{\pi d^۲}{۴} \rightarrow d = \sqrt{\frac{۴q_v}{\pi V}}$$

سرعت آب در لوله چه اندازه باید باشد؟

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

۱ـ سر و صدا (noise)

۲ـ هزینه (costs)

۳ـ سایش (erosion)

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

چنانچه قطر لوله بزرگ‌تر از حد معمول باشد، گرچه صدا در لوله‌ها وسایش کمتری را در لوله‌ها داریم ولی هزینه‌های نصب و نگهداری گزافی را در پی‌خواهد داشت.

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

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

ـ بیشینه سرعت آب در طبقات ۱/۲ m/s

ـ بیشینه سرعت آب در رایزرها و لوله‌های اصلی ۲/۴ m/s

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

$$d=\sqrt{\frac{4q_v}{\pi V}}=\sqrt{\frac{4\times 0/00048}{3/14\times 1/2}}=\sqrt{0/000051}\,m$$

$$=0/0225m=22/5mm$$

$$d=\sqrt{\frac{4q_v}{\pi V}}=\sqrt{\frac{4\times 0/00048}{3/14\times 2/4}}=\sqrt{0/000025}\,m$$

$$=0/0159m=15/9mm$$

عدد به دست آمده قطر داخلی لوله است و ممکن است قطرهای به دست آمده در بازار وجود نداشته باشد. در این صورت می‌توانیم لوله‌هایی با یک سایز بالاتر را به کار بگیریم. توجه داشته باشیم که این قطرها، تقریبی و بدون درنظر گرفتن افت فشار محاسبه شده است.

روش دیگر برای به‌دست‌آوردن تقریبی قطر لوله روش بارگرمایی است. یعنی اینکه ما با داشتن بار گرمایی هر بخش قطر لوله مربوط به آن بخش را به‌دست آوریم. برای این کار باید سرعت آب در لوله را به‌صورت پیش‌فرض درنظر بگیریم.

همان‌طور که گفته شد سرعت پیشنهادی آب در لوله‌ها برابر است با:

ـ بیشینه سرعت آب در طبقات $1/2\ m/s$ که فرض ما در اینجا $1\ m/s$ می‌باشد.

ـ بیشینه سرعت آب در رایزرها و لوله‌های اصلی $2/4\ m/s$ که فرض ما در اینجا $1/6\ m/s$ می‌باشد.

با توجه به این فرض‌ها یک بار دیگر معادله قطر لوله را می‌نویسیم:

$$d=\sqrt{\frac{4qv}{\pi V}}=\sqrt{\frac{4\times 100000H}{50\times 1000\pi V}}=,$$

$$\sqrt{\frac{4\times 100000H}{50\times 1000\pi V}}=5\times\sqrt{\frac{H}{V}}$$

در معادله بالا:

H= بارگرمایی محل مورد نظر kW

V= سرعت آب در لوله m/s

d= قطر لوله mm

در این بخش با توجه به اینکه لوله در کدام بخش ساختمان قرار دارد، می‌توان قطر لوله را به دست آورد.

قطر لوله در طبقات:

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

قطر لوله در رایزرها:

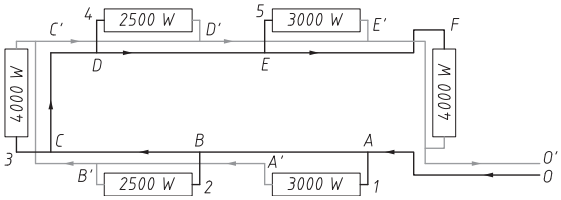
$$d=5\times\sqrt{\frac{H}{V}}=5\times\sqrt{\frac{H}{1/6}}\Rightarrow d=4\sqrt{H}$$

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

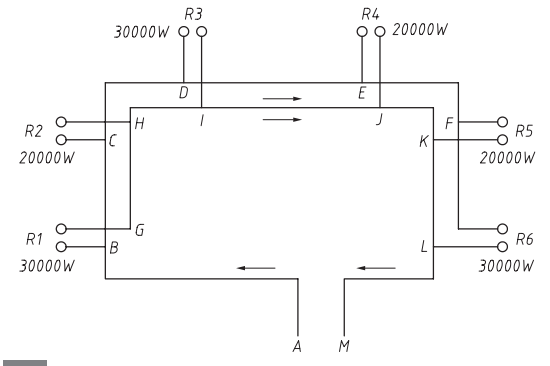
$$H=\frac{4000}{1000}=4KW$$

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

پرسش اول: قطر لوله‌های هر بخش در لوله‌کشی رادیاتورها در شکل داده شده، مربوط به یک طبقه از ساختمان، چند میلی‌متر است؟ چنانچه از لوله‌های پلیمری چند لایه یا لوله‌های فولادی سیاه استفاده شود اندازهٔ اسمی آن چند میلی‌متر و چند اینچ است؟



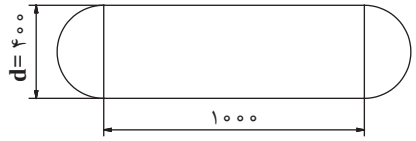
پرسش دوم: لوله‌کشی نشان داده شده مربوط به لوله‌کشی اصلی سیستم گرمایی ساختمان در ورود به رایزرها است. قطر لوله‌های رفت و برگشت در مسیر و همچنین قطر لوله‌های هر رایزر چند میلی‌متر است؟



ارزشیابی پایانی فصل سوم

بخش اول ـ محاسبات طول، جرم، حجم و سطح

با توجه به مخزن نشان داده شده به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



۱ـ ابعاد مخزن را برحسب میلی‌متر، سانتی‌متر، دسی‌متر، متر، اینچ و فوت محاسبه و در جدول قرار دهید.

۲ـ سطح ورق مورد نیاز برای ساخت این مخزن را برحسب میلی‌متر مربع، سانتی‌متر مربع، دسی‌متر مربع، متر مربع، اینچ مربع و فوت مربع محاسبه و در جدول قرار دهید.

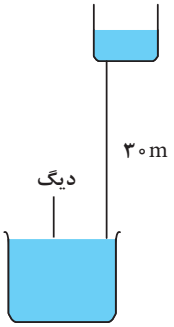
۳ـ حجم این مخزن را برحسب میلی‌متر مکعب، سانتی‌متر مکعب، دسی‌متر مکعب، متر مکعب، اینچ مکعب و فوت مکعب محاسبه و در جدول قرار دهید.

۴ـ چنانچه جنس ورق از فولاد باشد، جرم ورق آن چند گرم، کیلوگرم و پوند است؟

بخش دوم ـ محاسبات فشار، دما، گرما، و برآورد بارگرمایی

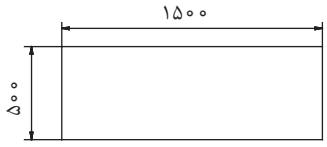
چنانچه هنرجو در بخش قبل بتواند به هر پرسش در سیستم SI پاسخ دهد به این مرحله راه می‌یابد و چنانچه از سه پرسش زیر به هر سه پرسش پاسخ دهد نمره قابل‌قبول را کسب می‌نماید.

۱ـ ارتفاع مخزن انبساط باز نشان داده شده تا روی دیگ ۳۰ متر است فشار آب وارده روی دیگ چند کیلو پاسکال، متر آب، فوت آب، psi، بار، اینچ جیوه و سانتی‌متر جیوه است؟



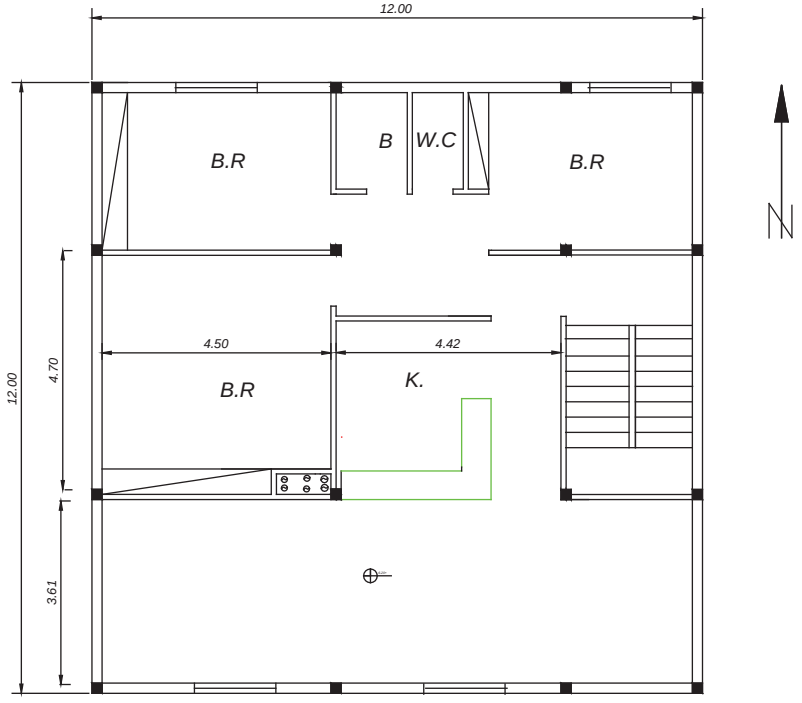
۲ـ پس از مشخص کردن دمای آب در نقاط مختلف یک موتورخانه، دمای این نقاط را برحسب سه معیار سلسیوس، فارنهایت و کلوین محاسبه کنید.

۳ـ برای ساخت یک دیگ آب گرم از یک ورق فولادی به ضخامت ۳mm استفاده شده است. چنانچه دمای آب داخل آن ۸۰°C و دمای هوای محیط ۲۰°C باشد گرمای انتقال‌یافته به روش رسانش چند وات است؟

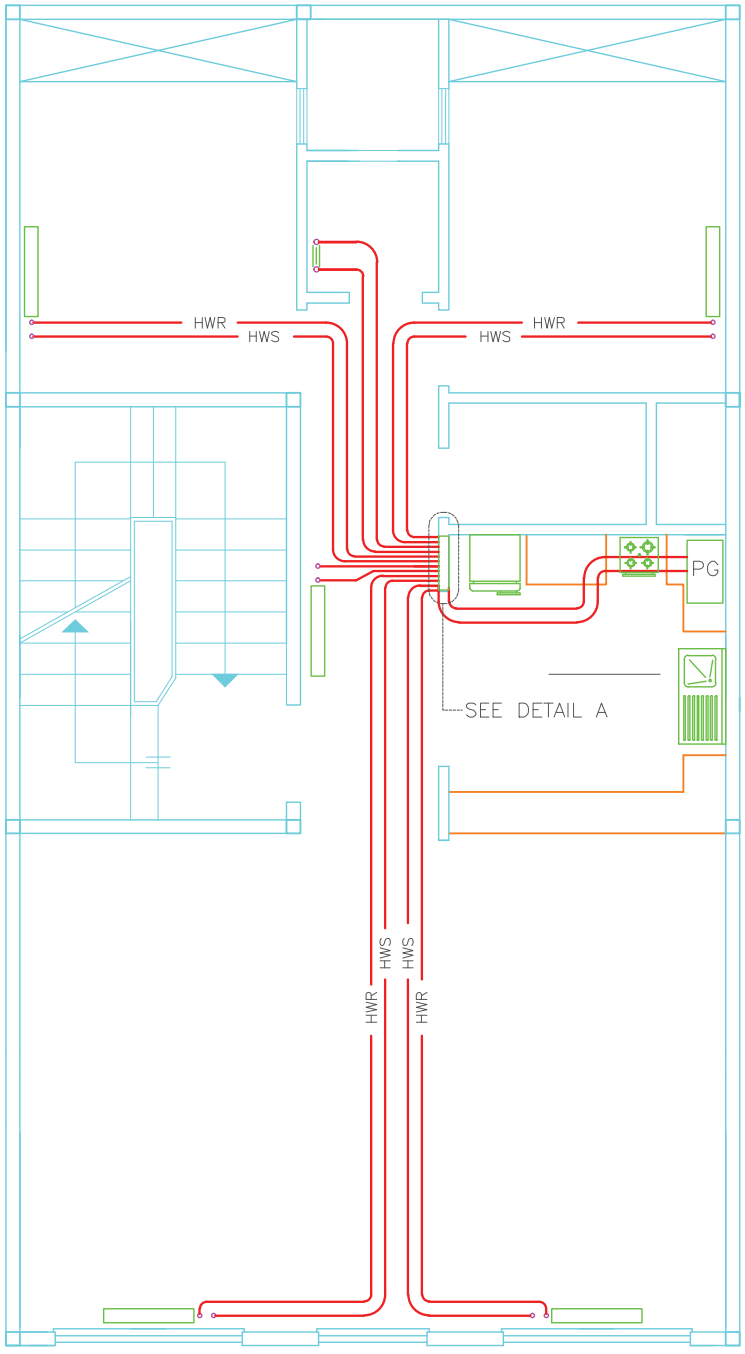


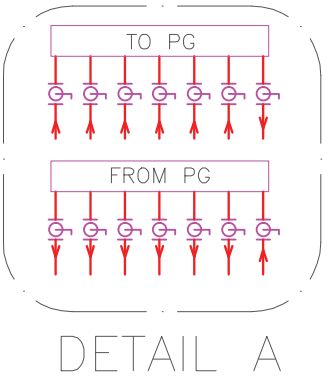
بخش سوم ـ چنانچه هنرجو نمره قابل‌قبول را در بخش قبل کسب نموده و به پرسش‌های زیر نیز پاسخ دهد حداکثر نمره را می‌تواند کسب نماید.

۱ـ با توجه به پلان نشان داده شده تعداد رادیاتورهای هر اتاق و پکیج گرمایشی مورد نیاز را برای هر اتاق و کل واحد در دو حالت ساختمان با گرمابندی و بدون گرمابندی انجام دهید. (محل ساختمان را در شهر محل زندگی خود درنظر بگیرید).



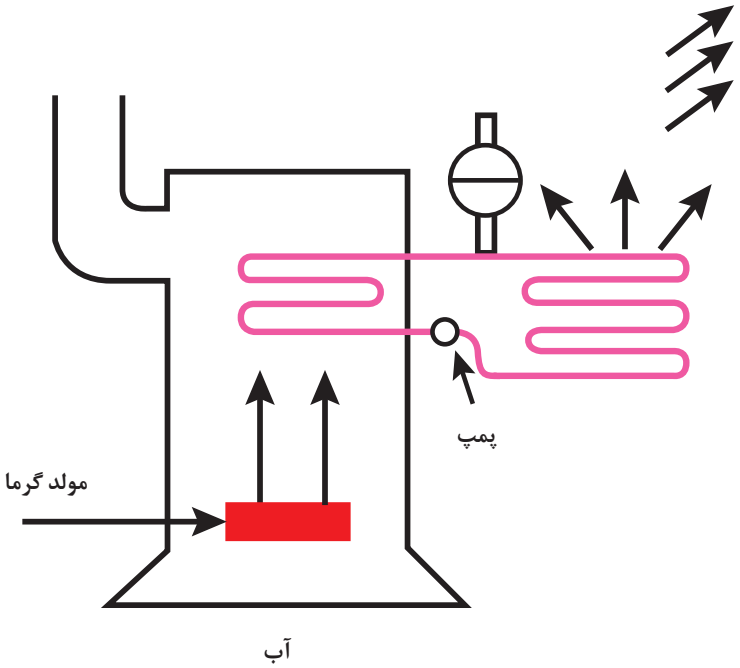
۲ـ با توجه به پلان سیستم گرمایشی یک ساختمان لوله‌های آب رفت و برگشت را با توجه به انتخاب دو نوع لوله فولادی سیاه و پنج لایه پلیمری قطرزنی نمایید.





پودمان چهارم

سیستم‌ها و دستگاه‌ها



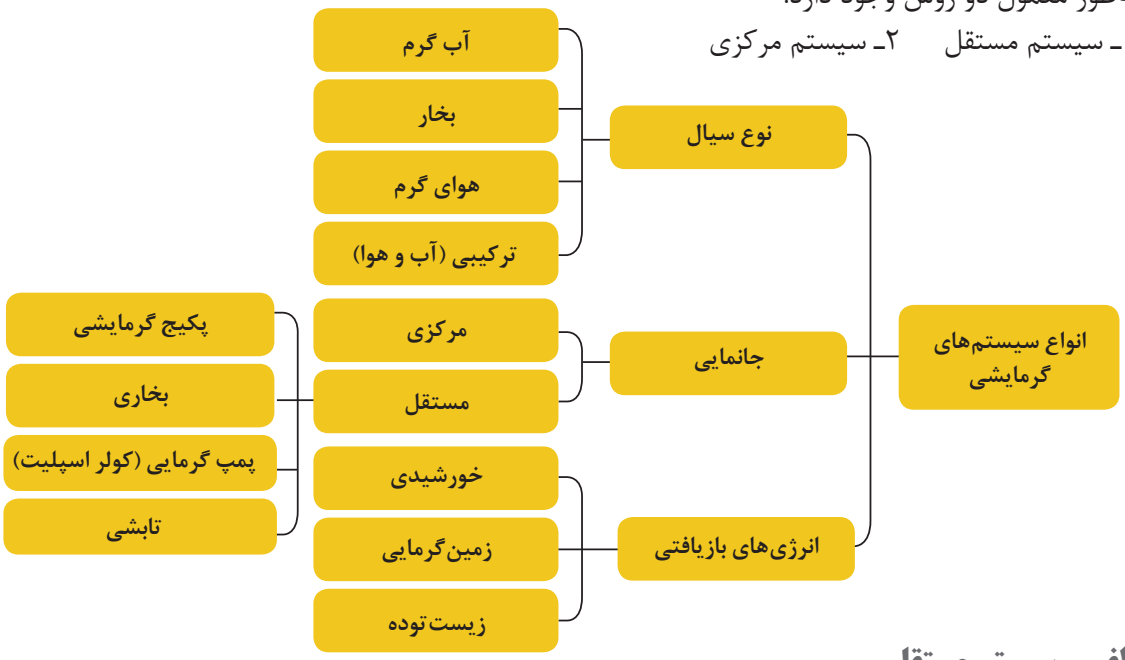
مقدمه

هدف از این فصل آشنایی هنرجویان با انواع سیستم‌های گرمایشی، و اجزای به کار رفته در آن می‌باشد.

سیستم‌های تولید آب گرم

برای تهیه آب گرم مدار گرمایشی ساختمان از نظر اینکه موقعیت و جانمایی نصب دستگاه به کدام صورت است، به‌طور معمول دو روش وجود دارد.

۱ـ سیستم مستقل ۲ـ سیستم مرکزی



الف ــ سیستم مستقل

این سیستم معمولاً نمونهٔ جمع شده و بسته شده در یک محل (Package) سیستم گرمایشی است. پکیج گرمایی در واقع یک موتورخانهٔ کوچک است که قسمت‌های مربوط به دیگ، مشعل، منبع کویل‌دار و پمپ را در داخل خود و در سایز کوچک‌شده دارا می‌باشد و می‌تواند آب گرم مورد نیاز سیستم گرمایشی ساختمان و سیستم مصرفی را به طور مستقل برای هر واحد آپارتمان تولید نماید.

بحث کلاسی

آیا سیستم گرمایشی مستقل دیگری می‌توانید بیان کنید؟

پکیج دیواری

پکیج زمینی

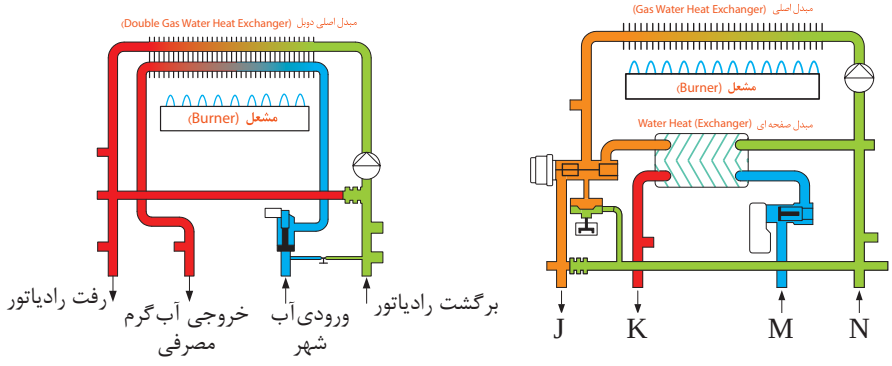
انواع پکیج گرمایی

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

از نظر تعداد مبدل پکیج‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند تک مبدل، دو مبدل و سه مبدل چگالشی. پکیج‌های تک مبدله با توجه به طراحی خود دارای یک مبدل حرارتی بوده که هم وظیفهٔ گرمایش آب‌گرم مصرفی و هم مدار گرمایشی ساختمان را برعهده دارد.

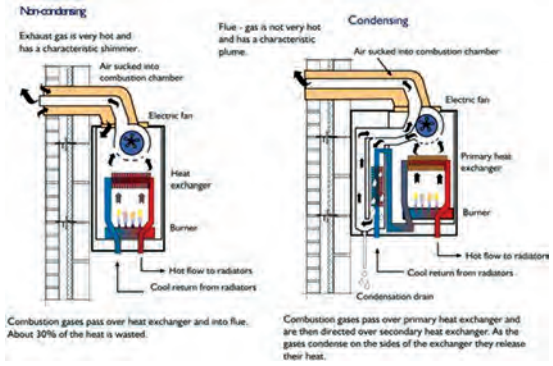
در پکیج‌های دو مبدله ساختار به این گونه است که یک مبدل وظیفه تولید آب‌گرم برای مدار گرمایش را دارد و مبدل دیگر (مبدل ثانویه) وظیفه تأمین آب گرم مصرفی را برعهده دارد.

مقایسه پکیج‌ها

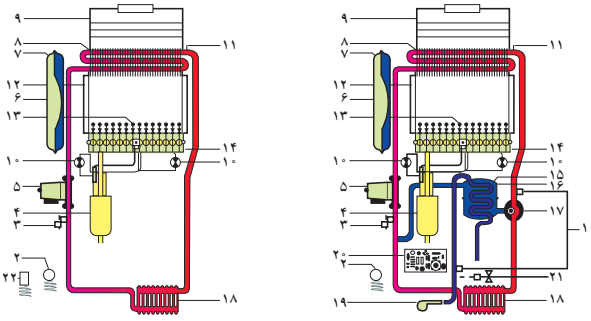


پکیج تک مبدل

پکیج دو مبدل



پکیج چگالشی



۱- سنسور مدار شوفاژ و آب گرم مصرفی
۲- ترمومتر-مانومتر
۳- شیر اطمینان (۳bar)
۴- شیر کنترل گاز
۵- پلمپ سیرکولاسیون
۶- منبع انبساط
۸- مبدل حرارتی گاز به آب
۹-کلاهک محفظه احتراق
۱۰- ترموستات حد(لمینت سوییچ)
۱۱- هواگیر اتوماتیک(ابرونت)
۱۲- عایق حرارتی
۱۳- شمعک
۱۴- برنر
۱۵- پیچ هواگیری مبدل آب به آب
۱۶- مبدل حرارتی آب به آب
۱۷- شیر سه راهه
۱۸- رادیاتور
۱۹- لوله خروجی آب گرم مصرفی
۲۰- صفحه کنترل الکترونیکی
۲۱- شیر پر کن برقی
۲۲- سنسور مدار شوفاژ

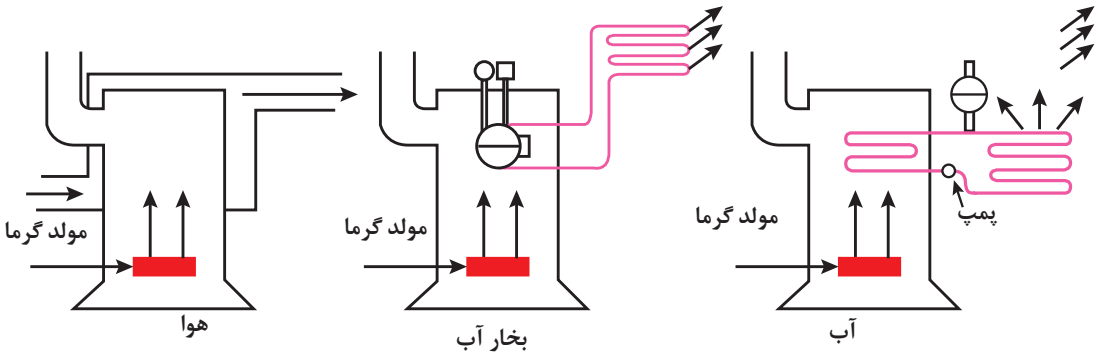
اجزای تشکیل‌دهندهٔ پکیج گرمایشی دیواری فن‌دار

پژوهش

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

ب ــ سیستم‌های گرمایش مرکزی

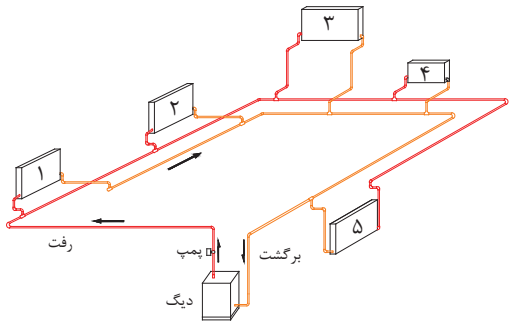
در این سیستم، گرما در محلی به‌نام موتورخانه یا اتاق مکانیکی تولید شده، توسط سیال واسطه‌ای جذب و به اتاق‌های مختلف هدایت می‌شود. این سیال واسطه، ممکن است آب، بخار آب و یا هوا باشد.



نمای انواع سیستم‌های گرمایش مرکزی

سیستم گرمایش مرکزی با آب‌گرم

در این روش، گرمای تولید شده توسط مشعل به آب درون دیگ منتقل می‌شود. آب‌گرم شده به‌وسیلهٔ یک پمپ جریانی و سیستم لوله‌کشی در پخش‌کننده‌های گرما (مانند رادیاتور، فن‌کویل، کنوکتور و ...) جریان یافته، گرمای خود را به هوای اتاق می‌دهد و برای جذب گرمای مجدد به طرف دیگ برمی‌گردد. نمای سادهٔ یک سیستم گرمایش مرکزی با آب‌گرم را مشاهده می‌کنید.



۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ واحدهای پخش‌کنندهٔ گرما مانند رادیاتور

نمای سادهٔ یک سیستم گرمایشی مرکزی با آب‌گرم

سیستم گرمایش مرکزی با آب‌گرم برحسب دما بر سه نوع است:

ـ دمای پایین تا $120^{\circ}C$

ـ دمای متوسط 120 ـ $175^{\circ}C$

ـ دمای بالا 176 ـ $230^{\circ}C$

اجزای سیستم گرمایش مرکزی با آب‌گرم

سیستم گرمایش مرکزی با آب‌گرم شامل بخش‌های زیر است:

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

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

برای بالا بردن سرعت آب و کاهش قطر لوله‌ها از سیستم پمپی استفاده می‌شود.

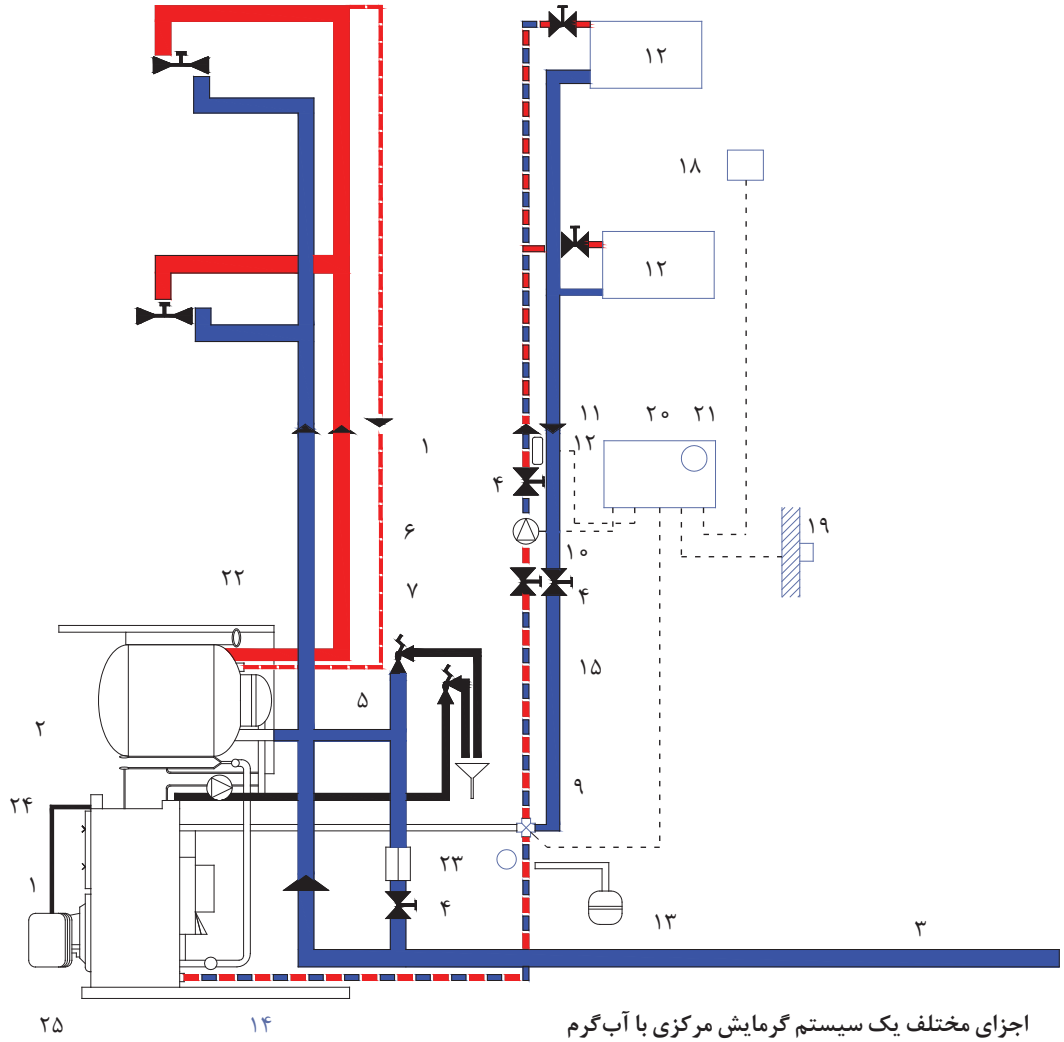
دستگاه‌های مولد آب‌گرم: که شامل انواع مشعل و دیگ آب‌گرم است. گرمای حاصل از احتراق سوخت توسط مشعل به آب درون دیگ انتقال یافته، موجب گرم شدن آب عبوری داخل دیگ می‌شود.

نشان‌دهنده‌ها و کنترل‌کننده‌ها: نشان‌دهنده‌هایی مانند «ترمومتر» و «مانومتر» سطح نمای «مخزن گازوئیل» و آب نمای «مخزن انبساط» و کنترل‌هایی مانند «ترموستات دیگ»، «ترموستات جداری»، «ترموستات اتاقی»، «شیر اطمینان» و «رلهٔ مشعل» از لوازمی هستند که برای راهبری و نگهداری سیستم ضرورت دارند.

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

بحث کلاسی

با توجه به تصویر و شماره روی هر بخش در سیستم گرمایش مرکزی با آب گرم نشان داده شده است یک جدول تهیه و نام هر بخش را با توجه به شماره آن بنویسید.



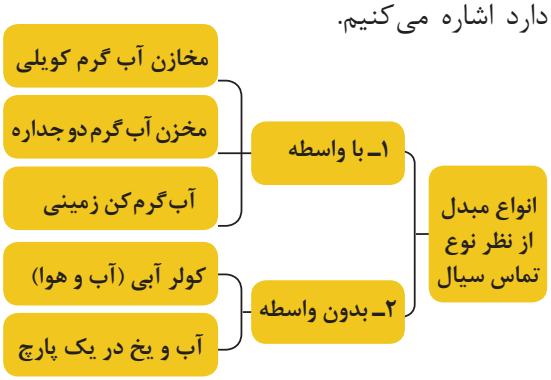
اجزای مختلف یک سیستم گرمایش مرکزی با آب‌گرم

اجزای سیستم گرمایش مرکزی

مبدل گرمایی (Heat Exchanger)

«مبدل گرمایی دستگاهی است که برای انتقال گرما از یک سیال (گاز یا مایع) به سیال دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد.»

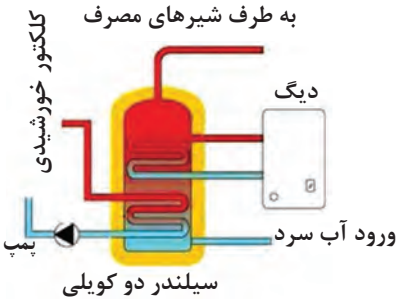
البته ممکن است این دو سیال با یکدیگر در تماس قرار بگیرند یک سطح ثابت جامد وجود داشته باشد (مانند آب‌گرم‌کن) یا بدون واسطه سیال‌ها با یکدیگر در تماس باشند (مانند کولر آبی) در این بخش به مبدل‌هایی که بین آنها یک سطح ثابت جامد وجود دارد اشاره می‌کنیم.



دسته‌بندی مبدل‌ها: مبدل‌ها را می‌توان از جهات گوناگون دسته‌بندی نمود که در این بخش به اختصار از نظر ۱ـنوع سیال، ۲ـشکل ظاهری، ۳ـجهت جریان، به آن اشاره خواهد شد.

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

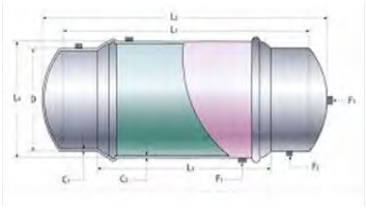
الف) مبدل مایع و مایع: در این نوع مبدل در هر دو طرف سطح مایع وجود دارد. انتقال گرما در این نوع مبدل‌ها بالا است.



مبدل گرمایی مایع و مایع در یک سیستم خورشیدی

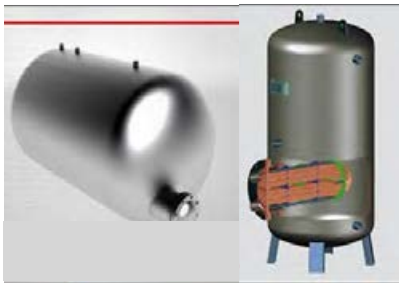
از انواع دیگر این نوع مبدل‌ها که در تأسیسات گرمایی کاربرد زیادی دارند می‌توان به این موارد اشاره نمود:

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



تصویر عملکرد مخزن دوجداره با نشان دادن مسیر آب داخل آن

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



مخزن کویلی ایستاده مخزن کویلی افقی

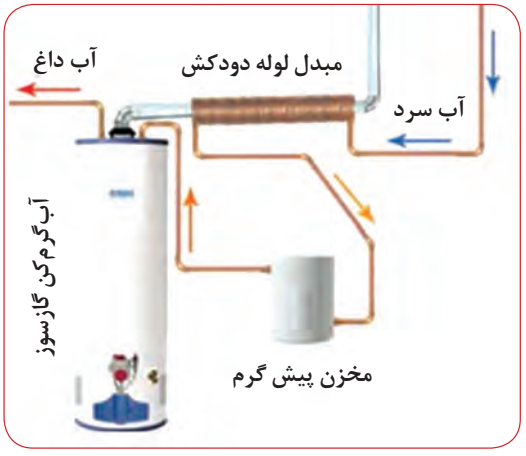
۳ـ مبدل صفحه‌ای

در این نوع مبدل آب گرم با پیکان‌های قرمز و آب سرد مصرفی با پیکان‌های آبی نشان داده شده‌اند.

ب) مبدل گاز و مایع: در این مبدل یک سیال گاز و سیال دیگر مایع می‌باشد. در شکل، یک آب‌گرم‌کن زمینی که مبدل گاز به مایع می‌باشد نشان داده شده است.

یک مبدل گاز به مایع (آب‌گرم‌کن زمینی)

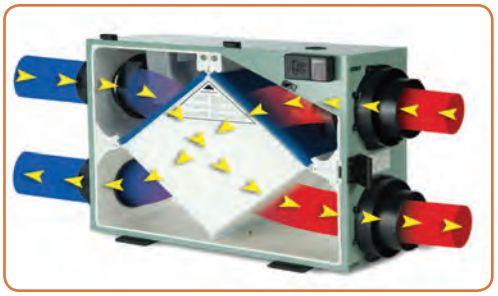
در شکل زیر یک آب‌گرم‌کن می‌بینید که سیستم پیش‌گرم‌کن دارد و آب سرد قبل از اینکه وارد آب‌گرم‌کن شود دور دودکش پیچیده شده است تا گرمای گاز حاصل از احتراق را بگیرد. در این سیستم دمای آب ورودی بالا رفته و در نتیجه بازدهی سیستم بالاتر می‌رود.



مبدل گرمایی (پیش گرم‌کن) گاز به مایع

پ) مبدل گاز و گاز:

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



۲ـ شکل ظاهری مبدل گرمایی: به لحاظ شکل ظاهری، مبدل‌های گرمایی را می‌توان به چند گروه عمده دسته‌بندی نمود که تعدادی از آنها در زیر آمده است:

الف) مبدل دو لوله‌ای: در این سیستم دو سیال در داخل دو لوله هم مرکز جریان دارد.

مبدل لوله‌ای

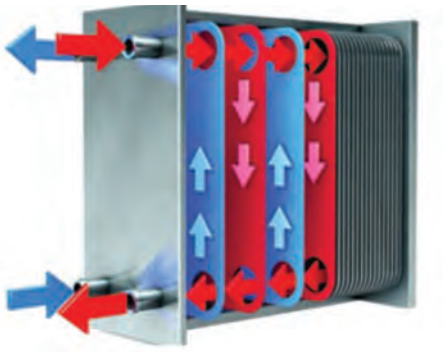
ب) مبدل پره‌دار: در این نوع مبدل برای افزایش راندمان بر روی لوله‌ها پره (فین) نصب می‌کنند.

مبدل پره‌دار

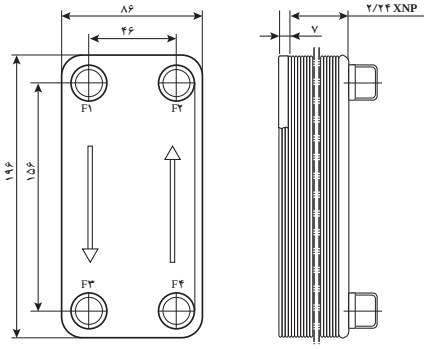
پ) مبدل پوسته و لوله: در این نوع مبدل لوله‌ها در داخل یک پوسته قرار دارند. در داخل لوله یک سیال و در داخل پوسته سیال دیگر در جریان است.

مبدل پوسته و لوله

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



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



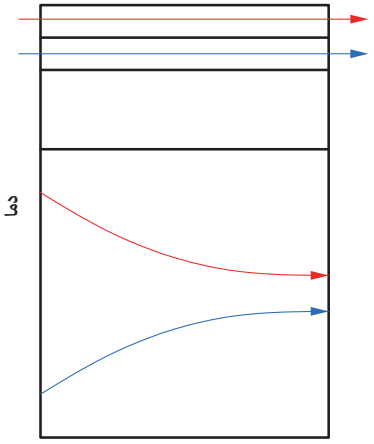
مشخصات ظاهری یک مبدل صفحه‌ای

مشخصات فنی (Specification) مبدل گرمایی صفحه‌ای

Technical Parameter	
Product name	Brazed Plate Heat Exchanger
Product model	A−4A
Unit heat exchanging area	o.o14m^2
Maximum flowrate	8m^3/h
plate material	316L or 304 stainless steel
Welding material	99.9% copper
thickness of plate	0.3 mm
Volume per channel	0.022 L
Maximum number of plate	60
Design pressure	1.0MPa 3.0MPa
Test pressure	2.0MPa 4.5MPa
Design temperature	−195~+220
Connections	the biggest screw thread pipe for hot water side: 1", the biggest screw thread pipe for cold water side: 1/2"
Refrigeration Capacity	1−6KW
Basic flow disposition	F1→F3 F4 →F2
Working Principle	Wall−mounted Heater, Heating Water Heater, Low Temperature Testing Equipment, Small−sized Refrigeration Equipment, etc.

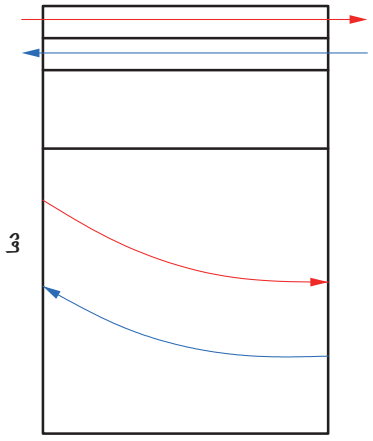
۳ـ جهت جریان در مبدل: بر این اساس مبدل‌های گرمایی سه دسته می‌شوند:

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



مبدل با جریان هم‌سو

ب) جریان نا هم‌سو: در این نوع مبدل، جهت جریان سیال سرد و گرم برخلاف یکدیگر می‌باشد در این نوع مبدل امکان افزایش دمای سیال سرد خروجی نسبت به سیال گرم خروجی وجود دارد.



مبدل با جریان نا هم‌سو

پ) جریان متقاطع: جریان سیال گرم و سرد در این نوع مبدل‌ها عمود بر یکدیگر است مانند رادیاتور خودرو یا در مخزن دو جداره .

گرماده یا پخش‌کننده‌ها

گرماده یا پخش‌کننده‌ها در سیستم گرمایش مرکزی در انتهای خط قرار داشته و وظیفه تبادل گرما با محیط را برعهده دارند. مانند رادیاتور، یونیت هیتر، فن کویل و ... .

رادیاتور پره فولادی

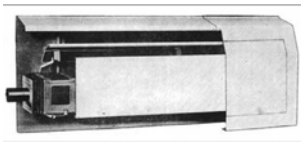
پنلی

آلومینیومی

قرنیزی

فن‌کویل

یونیت هیتر



کنوکتور

سوخت

«سوخت ماده‌ای است که توانایی ایجاد گرما را داشته باشد» که خود به دو نوع کلی سوخت طبیعی و سوخت مصنوعی دسته‌بندی می‌شود. سوخت طبیعی، سوختی است که بدون عملیات خاصی قابل استفاده است ولی سوخت مصنوعی در اثر عملیات شیمیایی یا فیزیکی بر روی سوخت‌های طبیعی و مواد به‌دست می‌آید. مانند: سوخت هسته‌ای، زغال چوب و نفت سفید. دسته‌بندی دیگری نیز مانند: فاز فیزیکی (جامد، مایع و گاز) یا ترکیب شیمیایی، از نظر تولید گرما و ... می‌توان انجام داد.

سوخت طبیعی: همان‌گونه که بیان شد به سوخت‌هایی که بدون عملیات خاصی قابل استفاده می‌باشند، سوخت طبیعی گویند چون این سوخت‌ها از سنگواره (فسیل) به‌دست می‌آیند، به سوخت‌های فسیلی معروف هستند. ویژگی این سوخت‌ها قدمت چند صد میلیون ساله آنها می‌باشد و خود به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند: ۱ـ زغال‌سنگ، ۲ـ نفت، ۳ـ گاز طبیعی، اجزای اصلی این سوخت‌ها کربن (C) و هیدروژن (H) است و به همین علت به این نوع سوخت‌ها هیدروکربن گویند. نفت و مواد به‌دست آمده از آن مانند بنزین، گازوئیل، نفت سفید را هیدروکربن‌های مایع و گاز طبیعی و مواد به‌دست آمده از آن را هیدروکربن‌های گازی می‌نامند.

گازها: گازها انواع گوناگونی داردکه در صنایع از آنها استفاده می‌شود ولی چند نوع رایج آن که برای سوخت‌های خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرد به‌شرح زیر است:

الف) گاز طبیعی (Natural Gas)

حدود ۸۵ درصد این گازها را متان (CH_4) تشکیل می‌دهد. بعد از هیدروژن پاک‌ترین نوع سوخت‌فسیلی برای طبیعت است و از سوخت‌های دیگر نیز ارزان‌تر است. در لوله‌کشی شهری[1] این گاز جریان دارد. چگالی[2] متان ۰/۵۵ می‌باشد، ولی چون این گاز ترکیبات دیگری نیز به همراه دارد چگالی آن به ۰/۶۵ می‌رسد. ارزش گرمایی هر مترمکعب گاز طبیعی در حدود ۱۰۰۰۰ کیلو کالری است که بسته به میدان گازی، این مقدار تفاوت می‌کند. در جدول زیر ارزش گرمایی چهار خط لوله و چگالی هر کدام آمده است:

جدول ارزش گرمایی گاز در خطوط لوله

فاکتور / خط لوله	ارزش گرمایی Kcal/m³	چگالی
سراسری اول	۹۵۰۴	۰/۶۵۵
اهواز	۹۴۱۰	۰/۶۶۴
سرخون	۸۹۷۳	۰/۶۳۵
سرخس ـ نکا	۸۱۱۷	۰/۵۶۲

۱ـ توجه کنید این گاز را با گاز شهری اشتباه نگیرید. گاز شهری، گازی است که از زغال‌سنگ یا نفتا تولید می‌شود، ترکیب اصلی آن ۵۰ درصد هیدروژن و ۲۰ تا ۳۰ درصد متان می‌باشد.

۲ـ این چگالی نسبت به هوا می‌باشد یعنی با فرض اینکه هوا یک است.

در شکل زیر نیز مسیر عبور لوله‌های انتقال گاز طبیعی در کشور آورده شده است.

مسیر عبور لوله انتقال گاز طبیعی در کشور

ب) گاز طبیعی فشرده (Compressed Natural Gas)

برای اینکه بتوان از گاز طبیعی در موتور خودروها استفاده کرد، باید ابتدا آن را به صورت مایع درآوریم. پس آن را با فشاری برابر ۲۰۰ بار وارد مخزن ذخیره گاز خودرو می‌نمایند. این گاز را سی‌ان‌جی (CNG) می‌نامند. چنانچه طراحی موتور خودرو به صورت پایه گازسوز باشد راندمان آن بیشتر از بنزین و آلودگی هوای آن بسیار کمتر است.

پ) گاز طبیعی مایع (Liquid Natural Gas)

با سرد کردن گاز طبیعی به دمای $-161^{\circ}C$ در فشار آتمسفر گاز را به صورت گاز مایع در می‌آورند و حجم آن را ششصد برابر کاهش می‌دهند. توجه کنید که ارزش گرمایی این گاز سه برابر سی‌ان‌جی و ششصد برابر ان‌جی است. چرا؟

ت) گاز مایع (Liquified Petroleum Gas)

همان‌طور که گفته شد قسمت عمده (بیش از ۸۵ درصد) گازهای NG، CNG، LNG از متان تشکیل شده است، ولی بیشترین قسمت گاز مایع (LPG) از پروپان (C_3H_8) و بوتان (C_4H_{10}) تشکیل شده است. به دلیل تفاوت دمای تبخیر این دو گاز، درصد ترکیب آن در فصل‌های مختلف متفاوت است. در جدول نسبت اختلاط آورده شده است. این گاز به‌طور معمول در کپسول‌های خانگی ۲، ۱۱ و ۵۰ کیلوگرمی عرضه می‌شود.

بحث کلاسی

علت تغییر نسبت اختلاط گاز مایع در فصل‌های مختلف چیست؟

جدول نسبت اختلاط گاز مایع در کشور

فصل	پروپان (درصد)	بوتان (درصد)
بهار	۵۰	۵۰
تابستان	۳۰	۷۰
پاییز	۵۰	۵۰
زمستان	۷۰	۳۰

همچنین در مصارف صنعتی در مخزن‌های بزرگ‌تری نگهداری می‌شود.
این گاز در فشار ۸ تا ۱۰ آتمسفر در دمای محیط تبدیل به مایع می‌شود. مشخصات چند گاز سوختنی در جدول آورده شده است.

جدول مشخصات چند نوع گاز

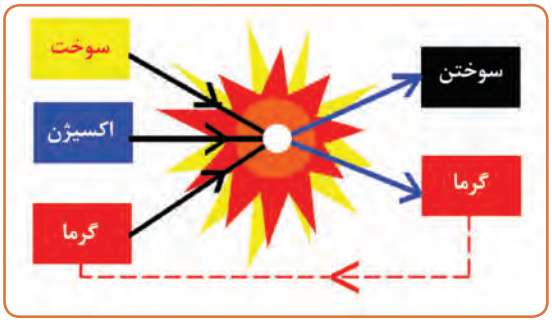
نوع گاز	ارزش گرمایی $kcal/m^3$	چگالی نسبت به هوا
بوتان	۲۸۰۰۰	۲
پروپان	۲۲۰۰۰	۱/۶
اتان	۱۰۲۰۰	۱/۲
متان	۸۵۰۰	۰/۵۵

بحث کلاسی

کدام یک از انواع گازها بیشترین استفاده را در سیستم گرمایش دارد؟ و کدام یک قابلیت استفاده به‌عنوان سوخت ذخیره جایگزین را دارد؟

فرایند احتراق (سوختن)

«احتراق Combustion یا سوختن Burning نتیجه یک فرایند شیمیایی گرمازا میان یک ماده سوختنی و اکسیژن است». در طی این فرایند جرم هر عنصر ثابت می‌ماند. (قانون بقای جرم) عمل احتراق توأم با تولید گرما و نور است.



عمل احتراق

واکنش شیمیایی: ابتدا واکنش بین کربن و اکسیژن را در نظر بگیرید.

مواد اولیه — محصولات احتراق

$C+O_2 \rightarrow CO_2$ معادله (۱)

وقتی یک سوخت هیدروکربنی می‌سوزد کربن و هیدروژن هر دو اکسید می‌شوند. احتراق متان را در نظر بگیرید:

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ (معادله ۲)

همان‌طور که در معادله آمده است محصولات احتراق، دی‌اکسید کربن و آب است. در معادله ۳ کمترین مقدار اکسیژن برای احتراق کامل آورده شده است.
اما چنانچه ۵۰ درصد اکسیژن را بیشتر کنیم، معادله احتراق به شکل زیر است:

$CH_4 + 2(1/5)O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + O_2$ (معادله ۳)

همان‌گونه که در معادله ۳ دیده می‌شود در این حالت مقداری اکسیژن نیز در محصولات احتراق به دست می‌آید. حال چنانچه اکسیژن کمتر از مقدار کافی باشد احتراق کامل نمی‌باشد:

$CH_4 + 2(0/9)O_2 \rightarrow 0/6CO_2 + 0/4CO + 2H_2O$
معادله (۴)

همان‌گونه که در معادله ۴ دیده می‌شود چنانچه ۱۰ درصد از اکسیژن مورد نظر کمتر شود احتراق ناقص انجام شده و گاز سمی مونوکسید کربن تولید می‌شود. البته ممکن است با وجود هوای اضافی نیز مونوکسید کربن تولید شود.

$CH_4 + 2(1/2)O_2 \rightarrow 0/9CO_2 + 0/1CO + 2H_2O + 0/45O_2$
(معادله ۵)

همان‌گونه که در معادله ۵ـ۳ دیده می‌شود با وجود ۲۰ درصد اکسیژن اضافی CO نیز تولید شده است و علت آن بستگی به عدم اختلاط درست اکسیژن و سوخت دارد.

مثلث سوختن: همان‌گونه که گفته شد احتراق یا سوختن، واکنش شیمیایی ترکیبات کربن و هیدروژن با اکسیژن می‌باشد. یک واکنش سوختن نیاز به سه عامل اکسیژن، ماده سوختنی و گرما (برای اشتعال اولیه) دارد.

الف) اکسیژن: هوا به لحاظ حجمی از ۲۱ درصد اکسیژن و ۷۸ درصد نیتروژن تشکیل شده است و یک درصد باقی‌مانده را سایر گازها تشکیل می‌دهند. نیتروژن در واکنش احتراق دخالتی نمی‌کند و به همان صورت باقی می‌ماند. چنانچه یک درصد از سایر گازها را نیز نیتروژن فرض کنیم، نسبت نیتروژن به اکسیژن $۳/۷۶(\frac{۷۹}{۲۱})$ خواهد بود و معادله ۲ـ۳ به شکل معادله ۶ـ۳ ظاهر می‌شود:

$$CH_۴ + ۲O_۲ + ۲(۳/۷۶)N_۲ \rightarrow CO_۲ + ۲H_۲O + ۷/۵۲N_۲$$

(معادله ۶)

البته لازم به ذکر است که گرچه نیتروژن در واکنش دخالت نمی‌کند، ولی مقدار زیادی گرمای تولید شده را جذب می‌کند و اکسیژن بیش از حد معمول نیز می‌تواند موجب کاهش بازدهی گردد.

ب) ماده سوختنی: که راجع به آن قبلاً توضیح داده شده است.

ج) گرمای اشتعال: برای اینکه سوخت و اکسیژن با هم واکنش نشان دهند نیاز به گرمایی دارند تا سوخت به دمای اشتعال برسد و فرایند احتراق کامل گردد. گرما ممکن است توسط منابع مختلف مانند خورشید، انرژی اتمی، آتشفشان، آتش و ... تولید شود.

مثلث احتراق

برای ایجاد یک احتراق مناسب باید شرایط زیر برقرار باشد:

۱ـ مخلوط سوخت و هوا باید به سرعت قابل اشتعال باشد.

۲ـ شعله باید تحت تمام شرایط پایدار باشد.

۳ـ شعله باید در محدوده کوره باشد.

۴ـ احتراق کامل با حداقل هوای اضافی انجام شود.

۵ـ برای انتشار گازهای حاصل از احتراق راه خروجی پیش‌بینی شود.

هوای احتراق

همان‌گونه که در فرایند احتراق گفته شد، در سوخت‌های هیدروکربنی:

گرما+محصولات احتراق $\rightarrow$ (O_2+۳/۷۶N_2) هوا+سوخت

در جدول زیر هوای مورد نیاز تئوری برای سوختن چند ماده آمده است:

جدول هوای مورد نیاز برای چند ماده سوختنی به ازای جرم ماده

ماده سوختنی	m^3/kg هوای مور نیاز تئوری
چوب	۴/۲
نفت سیاه	۱۰/۴
گاز طبیعی	۱۰/۸
گازوئیل	۱۱/۴

در جدول زیر هوای مورد نیاز تئوریک برای سوختن یک متر مکعب گاز آمده است:

جدول هوای مورد نیاز برای چند نوع گاز به ازای حجم ماده

گاز	$\frac{m^3}{m^3}$ هوای لازم
متان	۱۰
اتان	۱۷/۵
پروپان	۲۵
بوتان	۳۲/۵

هوای اولیه: هوایی است که قبل از خارج شدن سوخت ازمشعل با گاز مخلوط می‌شود.

هوای ثانویه: هوایی است که پس از خروج گاز از نازل از اطراف به شعله می‌رسد.

برای مثال چنانچه بخواهیم هوای مورد نیاز برای سوختن متان را حساب کنیم، به روش زیر عمل می‌کنیم:

$$CH_4+2O_2\rightarrow CO_2+2H_2O$$

همان‌طور که گفته شد، درصد حجمی نیتروژن و اکسیژن در هوا ۷۸ و ۲۱ است، چنانچه این درصدها را ۸۰ و ۲۰ فرض کنیم بنابراین:

$$(\text{اکسیژن})^{m^3}2+(\text{نیتروژن})^{m^3}8=(\text{هوا})^{m^3}10$$

چون در معادله سوختن متان به ازای سوختن یک متر مکعب متان به ۲ متر مکعب اکسیژن نیاز است، بنابراین برای سوختن یک متر مکعب متان به ۱۰ متر مکعب هوا نیاز داریم تا اکسیژن لازم تأمین شود.

برای اینکه عمل سوختن کامل انجام شود باید هوای بیشتری به آن داده شود، این مقدار بین ۱۰ تا ۴۰ درصد می‌باشد. درصد هوای اضافی را از رابطه زیر می‌توان تعریف کرد:

$$n=\frac{\text{هوای مورد نیاز تئوریک} - \text{هوای مورد نیاز واقعی}}{\text{هوای مورد نیاز تئوریک}}\times 100$$

مثال: برای سوختن هر متر مکعب متان به‌طور واقعی به ۱۲ متر مکعب هوا نیاز است. درصد هوای اضافی چند درصد است؟

$$n=\frac{12-10}{10}\times 100=\frac{2}{10}\times 100=20\%$$

توجه داشته باشید که هوای اضافی بیش از اندازه نیز در روند احتراق اختلال ایجاد می کند. برای مثال نیتروژن موجود در هوا، گرمای حاصل از احتراق را جذب نموده و این جذب گرما، سرعت گرم شدن مولکول های قابل احتراق مجاور را آهسته و در نتیجه سرعت احتراق را کم می‌کند. درصد هوای اولیه بسیاری از خصوصیات شعله تولید شده را تعیین می‌کند. برای مثال هر چه درصد هوای اولیه کمتر باشد، شعله بلندتر و ملایم‌تر می‌شود.

احتراق کامل و ناقص و نوع شعله

وقتی که اکسیژن به مقدار کافی برای احتراق فراهم نگردد، احتراق ناقص صورت می‌گیرد. مواد حاصل از این نوع احتراق دی‌اکسیدکربن، بخار آب و مونوکسیدکربن و مواد سمی و بدبو خواهد بود.

بنابراین احتراق ناقص از دو جهت زیان‌آور خواهد بود. یکی عدم استفاده کامل از انرژی سوخت و دیگری تولید گازهای خطرناک که تنفس آنها زیان‌آور است.

بنابراین با تنظیم هوای ورودی باید به حد مطلوب دی‌اکسیدکربن و مونوکسیدکربن دست یافت تا احتراق از آلودگی کمتر و راندمان بهتری برخوردار شود. میزان خروجی‌های حاصل از هر احتراق توسط دستگاه‌های آنالیز گازها (Gas Analyser) مشخص می‌گردد.

یکی از راه‌های تشخیص کامل یا ناقص بودن احتراق رنگ شعله می‌باشد. رنگ شعله آب‌گرم‌کن گازی باید آبی باشد. اگر رنگ شعله قرمز، زرد یا نارنجی باشد نشانه نقص در سوخت‌رسانی و یا کمبود اکسیژن در محیط است. شعله زرد در اثر وجود ذرات نسوخته کربن است که در اثر گرما گداخته شده‌اند و دلیل آن عدم وجود هوای کافی است. چنانچه هوای اولیه افزایش یابد مخروط داخلی شعله واضح‌تر می‌شود. نوک مخروط تیزتر شده و لبه‌های آن صاف می‌شود. به این شعله تند و تیز نیز می‌گویند و تمرکز آن بیشتر است. چنانچه هوای اولیه شعله بیش از حد زیاد شود، سرشعله تمایل به پرش به بالاتر از سرشعله پخش‌کن دارد. این حالت مناسب نمی‌باشد، چرا که شعله پایدار نبوده و بین سر شعله و پای شعله فاصله و در نتیجه امکان نشت گاز به فضای اطراف وجود دارد.

گاهی اوقات نیز چنانچه هوای اولیه بیش از حد باشد ممکن است شعله پس بزند. یک مشعل مناسب باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

۱ـ از پس زدن شعله یا خیز شعله جلوگیری کند.

۲ـ شعله از شکاف‌های سر مشعل جدا نشده و به شعله پخش‌کن چسبیده باشد.

۳ـ محل انتشار شعله ازیک روزنه مشعل به روزنه دیگر به سرعت انجام شود.

۴ـ شعله در تمام مشعل، گسترش یکنواخت داشته باشد.

۵ـ شعله به آرامی روشن و خاموش شده و حالت انفجاری نداشته باشد.

بحث کلاسی

میزان اکسیژن موجود در محصولات احتراق چقدر باید باشد؟ اگر کم شود چه اتفاقی و اگر زیاد شود چه اتفاقی می‌افتد؟ برای کنترل آن باید چه‌کار کنیم؟

شیرها

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

دسته‌بندی انواع شیرها و کاربرد آن			
از نظر دسته‌بندی		**کاربرد**	**تصویر**
عملکرد	۱ـ برداشت	خروجی سیستم لوله‌کشی	شیر کُرمه دنباله بلند
	۲ـ مسیر	برای قطع و وصل و تنظیم جریان	شیر برنجی
نوع اتصال	۱ـ دنده‌ای	زیر چهار اینچ	شیر توپی
	۲ـ فلنجی	برای قطرهای بالا	شیر چدنی
	۳ـ جوشی	برای جوش‌کاری لوله‌های مسی	شیر جوشی
جنس	۱ـ برنجی	شیرفلکه‌ای با قطر کم	کف فلزی شیر فلکه
	۲ـ برنجی روکش‌دار (کرم نیکل)	شیرهای برداشت	شیر برنجی با روکش کروم نیکل
	۳ـ چدنی	با قطری بیش از ۵۰ میلی‌متر	شیر چدنی پروانه‌ای

انواع شیر از نظر عملکرد

شیرها از نظر عملکرد در تأسیسات سه دسته‌اند:

الف) شیرهای برداشت (Faucetortap): این شیرها که در تأسیسات بهداشتی کاربرد دارند، شامل: شیرهای ساده، شیرهای پیسوار، شیرهای مخلوط و شیرهای فشاری (شست‌وشو) می‌باشند.

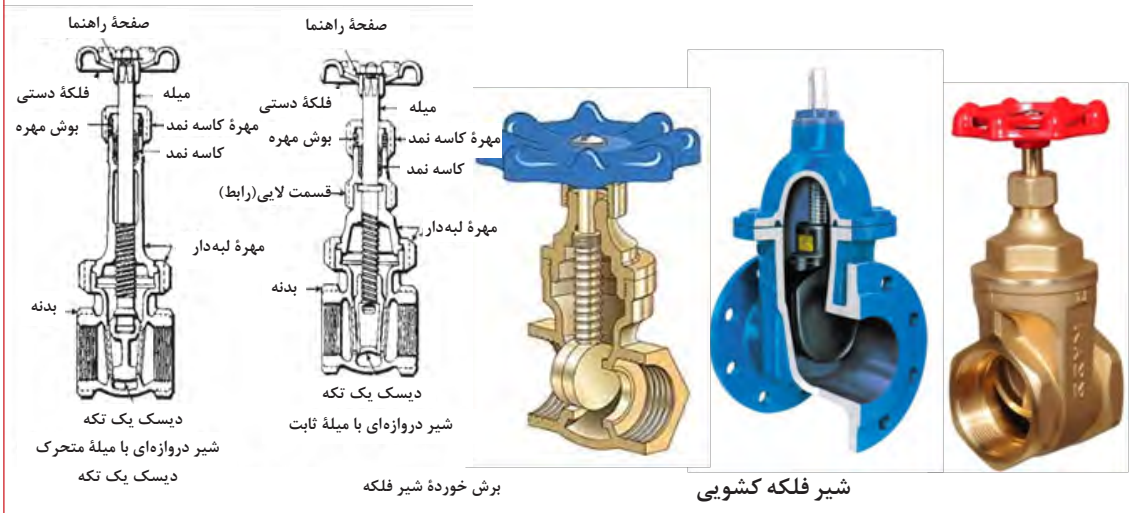
شیر کرُمه دنباله بلند

شیر کرُمهٔ سرشیلنگی

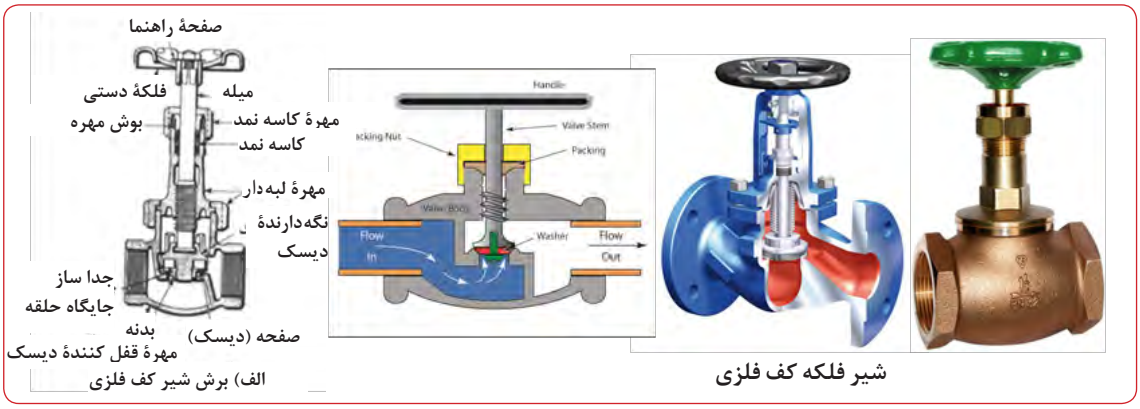
شیر مخلوط تو کاسه تک پایه

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

۱ـ شیرفلکهٔ کشویی (Gate valves): با باز و بسته کردن این شیر، می‌توان جریان سیالی را در مسیری برقرار و یا آن را قطع کرد. به‌عبارت دیگر، شیر کشویی شیر کنترل نیست و با آن نمی‌توان مقدار دبی سیّال را تنظیم و کنترل کرد و تنها به‌عنوان یک شیر قطع‌کننده (STOP VALVE) در مدار به‌کار برده می‌شود.



۲ـ شیر فلکهٔ کف فلزی: (Globe valve) : به دلیل ساختمان داخلی آن، در مسیر حرکت سیّال دوبار تغییر امتداد ۹۰ درجه ایجاد می‌شود که این عمل باعث به‌وجود آمدن مقاومت در مقابل جریان می‌گردد. بدین علت، از این شیر می‌توان علاوه بر قطع و وصل برای تنظیم افت فشار خط و در نتیجه تنظیم دبی استفاده کرد.



شیر فلکه کف فلزی

بحث کلاسی

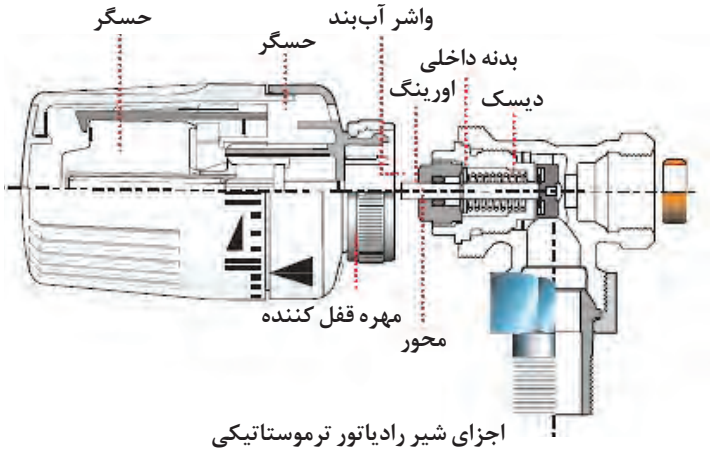
دلیل استفاده از نشانه پیکان بر روی بدنه شیرهای کف فلزی چیست؟

۳ـ شیررادیاتور: شیر رادیاتور یک نوع شیر کف‌فلزی زاویه‌ای Angehe globe Valve است که وظیفه تنظیم و یا قطع و وصل جریان آب گرم را برعهده دارد.

شیر رادیاتور

برای کنترل خودکار دمای محلی که در آن رادیاتور نصب شده است به جای استفاده از شیر دستی رادیاتور، می‌توان از شیرترموستاتیکی رادیاتور (Radiation Thermostatic Valve) استفاده کرد.

شیر ترموستاتیکی رادیاتور



اجزای شیر رادیاتور ترموستاتیکی

۴ـ زانو قفلی رادیاتور (Lock Shield Valve):

بر روی لولهٔ برگشت رادیاتور، نصب می‌گردد.

ساختمان زانو قفلی مانند شیر است و به‌وسیله آن می‌توان مجرای عبور آب را باز و بسته نمود؛ با این تفاوت که قسمت عمل‌کنندهٔ آنکه در زیر درپوش زانو قرارگرفته به‌وسیله آچار باز و بسته می‌شود.

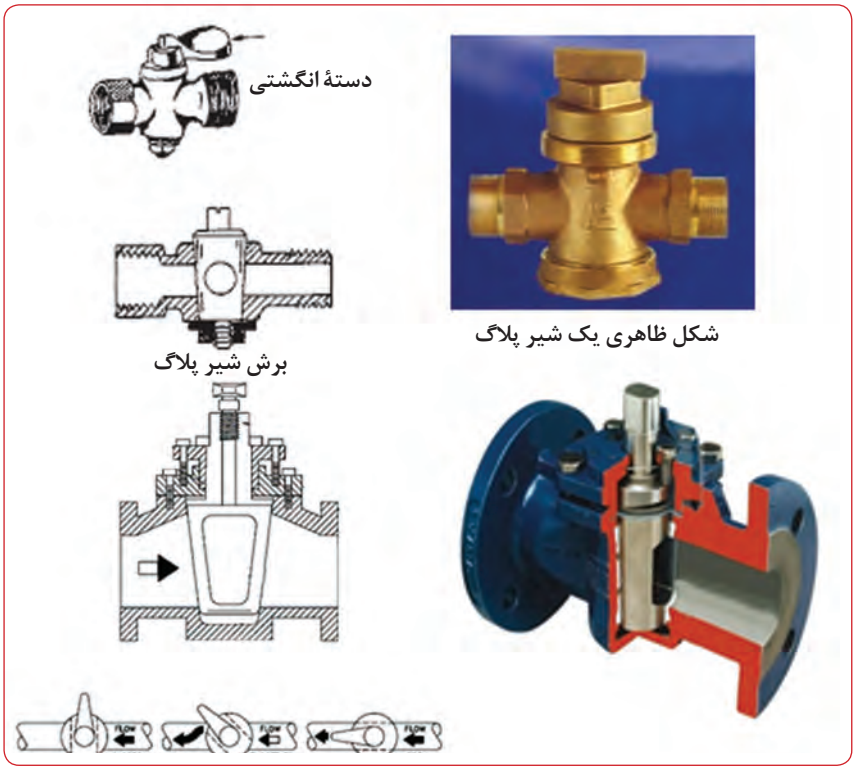
باید توجه داشت که هنگام جداسازی رادیاتور از شبکهٔ لوله‌کشی هم شیر رادیاتور (لولهٔ رفت) و هم زانو قفلی (لولهٔ برگشت) را باید بست و سپس اقدام به باز کردن مهره ماسوره‌ها و رادیاتور نمود.

زانو قفلی رادیاتور

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

شیر توپی

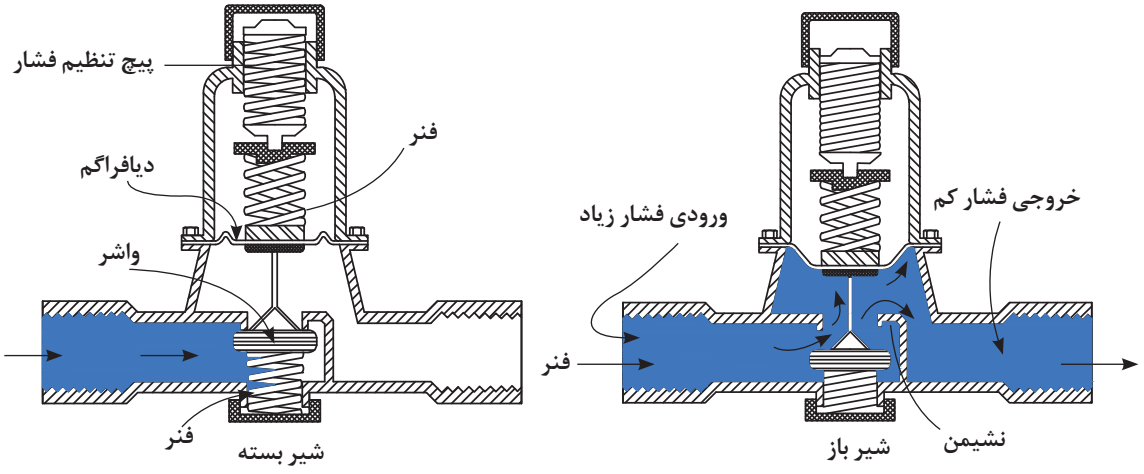
۶ـ شیر سماوری (PLUG VALVE): این شیر یکی از قدیمی‌ترین شیرهاست و به‌دلیل آنکه ساختمان آن شبیه شیر سماور است در بازار ایران به نام «شیر سماوری» شناخته شده و معروف شده است. قسمتی از این شیر که تنظیم‌کنندهٔ مقدار جریان است «پلاگ» نامیده می‌شود. این شیر با $\frac{۱}{۴}$ دور، کاملاً باز و یا کاملاً بسته خواهد شد.



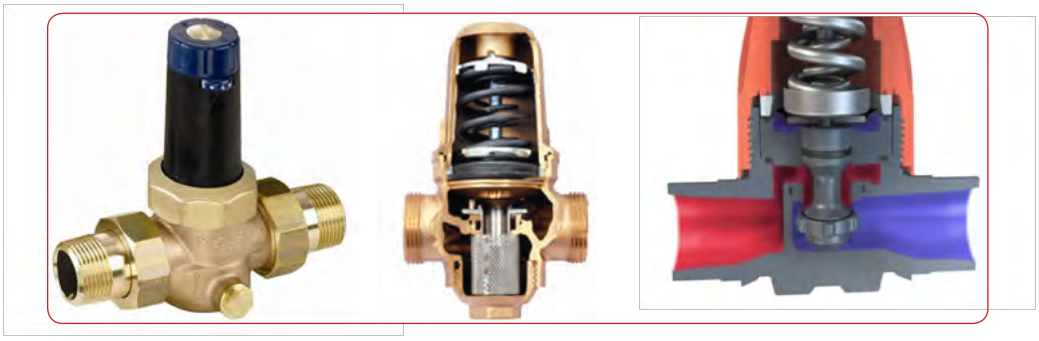
۷ـ شیر فشارشکن یا شیر تنظیم‌کنندهٔ فشار (Pressure Reducing Valve):

اگر میزان آب ورودی به شبکهٔ توزیع آب آشامیدنی، در ساختمان یا قسمتی از آن، بیش‌از میزان لازم باشد، شیر فشارشکن را روی لوله ورودی نصب می‌کنند تا اضافه فشار آب، کاهش دهد.

شکل زیر اجزا و طرز کار شیر فشارشکن را نشان می‌دهد.



شیر فشارشکن



اجزای داخلی یک نمونه شیرفشار شکن

۸ـ شیر یک طرفه (Check Valve): این شیر که با عنوان «شیر خودکار» نیز شناخته می‌شود، از برگشت جریان در جهت عکس جلوگیری می‌کند، سمت عبور سیال بر روی بدنهٔ شیر مشخص گردیده است که در هنگام نصب باید به آن توجه کرد. شیر یک طرفه در دو نوع بادبزنی و سوپاپی ساخته و به بازار عرضه می‌شود. امتداد جریان سیال در داخل شیر یک طرفهٔ بادبزنی، مستقیم و مقاومت شیر در مقابل عبور سیال کم است. درحالی‌که سیال در عبور از شیر یک‌طرفهٔ سوپاپی دو مرتبه تغییر امتداد می‌دهد و به‌همین علت، افت فشار سیال در این شیر زیاد است. از موارد کاربرد شیر یک‌طرفهٔ بادبزنی، می‌توان به استفاده از آن در لوله‌کشی آب شهر بعد از کنتور، و نیز استفاده از آن در محل اتصال لولهٔ آب سرد به مخازن آب‌گرم مصرفی و خروجی پمپ‌ها اشاره کرد. نوع دیگری از این شیر به نام شیر یک‌طرفه دوتایی (Double Check Valve) وجود دارد.

نمونه‌هایی از شیرهای یک‌طرفه

نمونه ای از شیرهای یک‌طرفه دوتایی

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

۱ـ شیرهای اطمینان یا شیر رهاکننده

(**Relief Of Safety Valve**): این شیر به محض اینکه فشار و دمای سیستم بخواهد از حدتنظیم شده بر روی شیر رهاکننده بالاتر رود، شیر باز می‌شود و

با خارج کردن قسمتی از سیال داخل سیستم، فشار و دمای سیستم را پایین می‌آورد. به این ترتیب، دستگاه‌ها، سیستم و شبکهٔ لوله‌کشی از خطر ترکیدن و یا انفجار محفوظ خواهند ماند. زمانی به اهمّیت شیرهای اطمینان بیشتر پی‌می‌بریم که بدانیم ممکن است در اثر نبودن یک شیر اطمینان مناسب بر روی یک دیگ بخار، یا عمل نکردن درست آن شیر یا سایر کنترل‌ها، فشار داخل دیگ به حد خطرناکی برسد و آن دیگ منفجر شود.در این‌صورت علاوه بر وارد آمدن خسارت‌های مالی چه بسا خسارت‌های جانی نیز به بار آید. بنابراین باید نکات زیر همیشه مورد توجه قرار گیرد.

۱ـ فشار آزادکنندهٔ شیر اطمینان متناسب با فشار کار سیستم انتخاب گردد.

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

توجه: تغییر فشار تنظیم شده بر روی شیر، می‌تواند به‌وسیلهٔ یک متخصص با تجربه انجام پذیرد.

شیرهای اطمینان در دو نوع ساخته و به بازار عرضه می‌شوند.

الف) شیر اطمینان حساس در برابر فشار: این شیر که اغلب بر روی دیگ‌های بخار، ایستگاه‌های تقلیل فشار، مبدل‌های گرمایی، مخازن هوای فشردهٔ سیستم‌های گرمایش مرکزی یا مخزن انبساط بسته، نصب می‌گردد، به محض اینکه، به هر علت، فشار داخل سیستم از حد تنظیم شده بر روی شیر اطمینان بالاتر رفت، بازمی‌شود و قسمتی از سیّال داخل سیستم را تخلیه می‌کند. آنگاه پس از آنکه فشار از حدّ تنظیم شده بر روی شیر مقداری پایین‌تر رفت بسته خواهد شد.

ب) شیر اطمینان حساس در برابر دما و فشار: این شیر که اغلب بر روی مخازن آب گرم مصرفی ساختمان‌ها و دیگ آب گرم نصب می‌شود، به دلیل آنکه علاوه بر حسّاس بودن در مقابل فشار در مقابل افزایش دما نیز حسّاس است از نوع اولی مطمئن‌تر می‌باشد. هرگاه این شیر تحت‌تأثیر فشار با دمای بالاتر از مقدار تنظیم شده بر روی آن، قرار گیرد باز می‌شود و تا زمانی‌که عامل بازکنندهٔ شیر از میزان تنظیم‌شده بر روی شیر پایین نرود همچنان باز خواهد ماند و تنها زمانی بسته می‌شود که این عامل از حد تنظیم‌شده پایین‌تر برود.

شیراطمینان حساس به دما و فشار

شیراطمینان حساس به فشار

۲ـ شیر شناور(فلوتر) (FLOAT VALVE): این شیر برای تنظیم سطح مایع در مخازن نصب می‌شود، یکی از متداول‌ترین موارد مصرف این شیر استفاده از آن در مخازن انبساط باز سیستم‌های گرمایشی مرکزی و تهویه مطبوع، کولرهای آبی، مخزن فشاری توالت و مخازن زمینی ذخیرهٔ آب است.

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

است بالا می‌آید و سر دیگر اهرم متّصل به این گوی، تدریجاً صفحهٔ شیر را به طرف نشیمنگاه آن حرکت داده، باعث می‌گردد دبی خروجی از شیر مرتباً کم‌شود و زمانی‌که سطح آب داخل محل مورد نظر به سطح تنظیم شده قبلی برسد شناور، به‌وسیلهٔ اهرم متصل به شیر، جریان آب را قطع خواهد کرد.

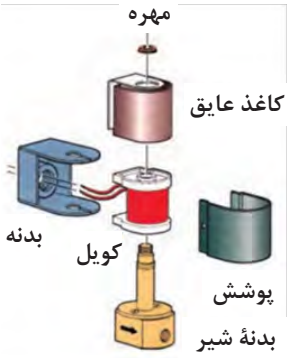
شیرشناور

نوع دیگری از شیر شناوری وجود دارد که علاوه‌بر قطع و وصل جریان آب به‌صورت خودکار با فرمان به یک بخش الکتریکی و یا الکترونیکی می‌تواند سطح مایع را توسط یک پمپ تنظیم کند چون این شیر ترکیبی از شیر و یک کنترل است که به‌نام شیر کنترل سطح (Level Controller Valve) نیز شناخته می‌شود.

کلید کنترل سطح

۳ـ شیربرقی(Solenoid Valve): از این نوع شیرها عموماً برای کنترل جریان سیال استفاده می‌شود و با توجه به نوع سیال در انواع مختلف ساخته می‌شوند.

شیربرقی

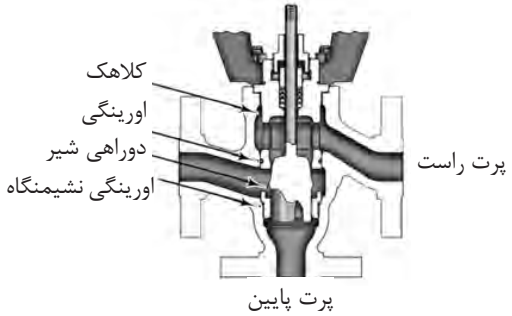


اجزای شیربرقی

۴ـ شیر دوراهه و سه‌راهه موتوری فن‌کویل: شیرهای دو راهه و سه راهه موتوری فن‌کویل در سیستم‌های کنترل فن‌کویل‌ها برای کنترل میزان دبی آب عبوری از کویل گرم و سرد به‌کار گرفته می‌شوند که در نهایت موجب کنترل دقیق دمای محیط و صرفه‌جویی انرژی می‌شود.

شیر دوراهه موتوری

شیر سه‌راهه موتوری فن‌کویل



اجزای داخلی یک شیر سه‌راهه

بحث کلاسی

راجع به تفاوت شیر سه‌راهه انشعابی و اختلاطی بحث کنید.

۵ـ شیرهواگیری: برای تخلیه هوای داخل سیستم لوله‌کشی و یا دستگاه‌ها به‌ویژه در زمان آب‌اندازی از شیرهای هواگیری استفاده می‌شود. به طور کلی این شیرها یا بر روی خطوط لوله و یا روی تجهیزات و دستگاه‌ها نصب می‌شوند.

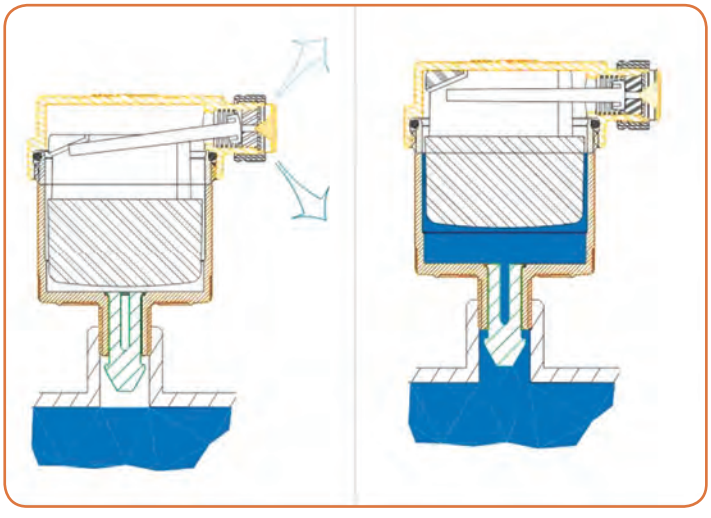
شیرهواگیری خودکار

شیرهواگیری رادیاتور(دستی)

کار کلاسی

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

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

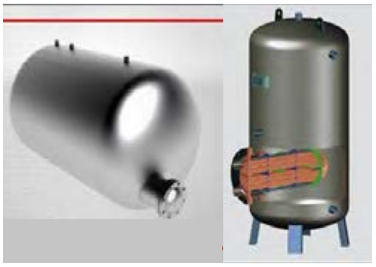


طرز کار شیرهواگیری خودکار

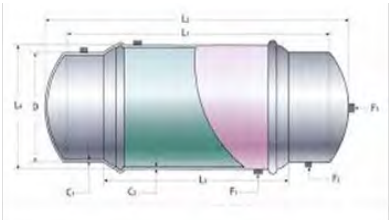
ارزشیابی پایانی فصل چهارم

بخش اول:

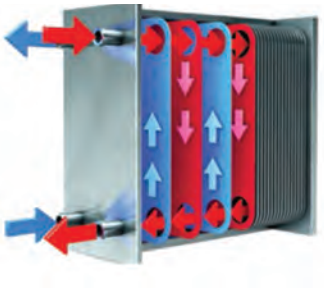
۱ـ با توجه به نوع مبدل نشان داده شده مسیر آب سرد و آب گرم مصرفی و آب دیگ را مشخص کنید.



مخزن کویلی ایستاده



مخزن دوجداره



مبدل صفحه‌ای

۲ـ در مبدل لوله‌ای نشان داده شده در چه حالت جریان هم‌سو و در چه حال جهت جریان ناهم‌سو است؟

مبدل لوله‌ای

۳ـ محل قرارگیری گرماده‌های نشان داده شده در کدام نوع از ساختمان ها و برای چه سیستم‌هایی است؟

بخش دوم:

چنانچه هنرجو به دو پرسش از سه پرسش مطرح شده در بخش اول پاسخ دهد وارد این مرحله شده و چنانچه به هر دو پرسش پاسخ دهد نمره قابل‌قبول را کسب می‌کند.

۱ـ کدام معادله فرایند سوختن گاز متان در حالت کامل در هوا را نشان می‌دهد؟

الف) $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

ب) $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

پ) $2CH_4 + 2O_2 + 3/76N_2 \rightarrow CO_2 + CO + 2H_2O + 7/5N_2$

ت) $CH_4 + 2O_2 + 3/76N_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + 7/5N_2$

۲ـ برای سوختن هر مترمکعب پروپان به‌طور واقعی به ۳۰ مترمکعب هوا نیاز است. هوای اضافی چند درصد است؟

بخش سوم:

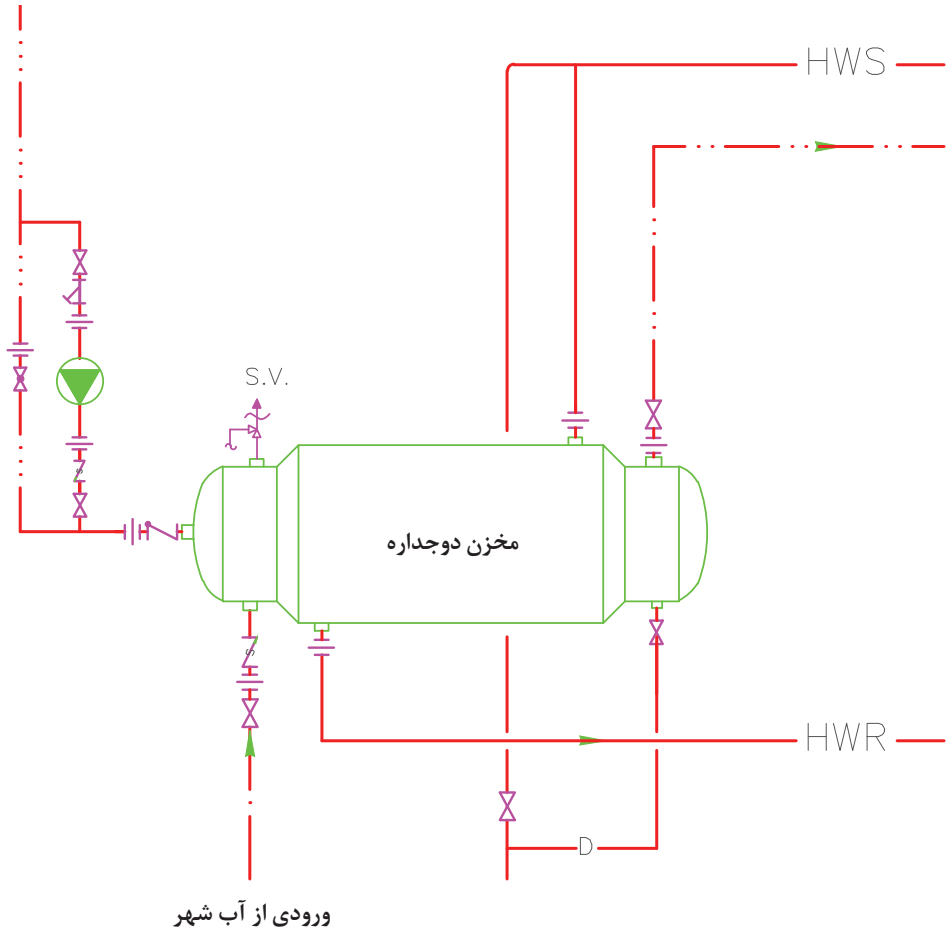
چنانچه هنرجو پس از گذراندن بخش دوم به پرسش‌های زیر پاسخ دهد تمام نمره را کسب خواهد نمود.

با توجه به تصویر نشان داده شده به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ـ نوع شیرهای به‌کار رفته در تصویر از چه نوعی و با چه جنسی می‌باشند؟

۲ـ نوع کنترل به‌کار رفته در تصویر را نام ببرید و وظیفه هر کدام را مشخص کنید.

۳ـ نوع دستگاه‌های موجود در تصویر و وظیفه هر کدام را مشخص کنید.



نماها

شیر اطمینان

پمپ خطی

شیر فلکه کف فلزی

شیر فلکه کشویی

لوله تخلیه — D

شیر یک‌طرفه — S

شیر یک‌طرفه فنری

آب شهر

لوله آب‌گرم مصرفی

لوله برگشت آب‌گرم مصرفی

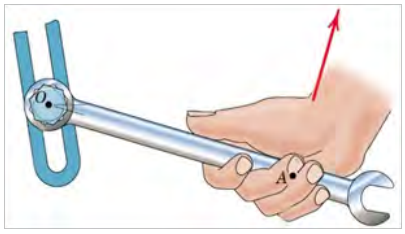
لوله رفت آب گرم — HWS

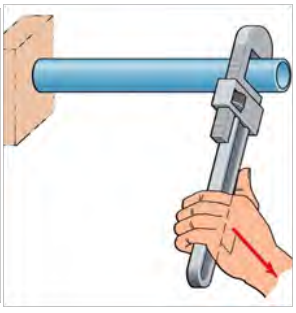
لوله برگشت آب گرم — HWR

مهرماسوره

پودمان پنجم

مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل





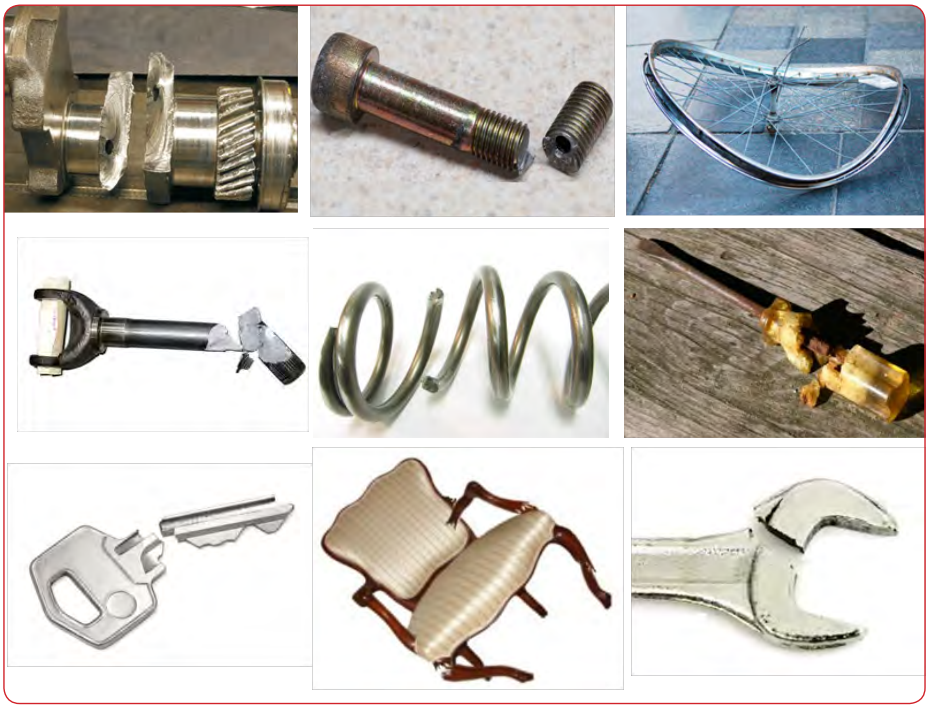
چگونه می‌توان سفتی و استحکام آنها را زیاد کرد؟

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

آیا قطعات و سازه‌های مکانیکی خراب می‌شوند و می‌شکنند؟

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

آنها در یک چیز مشترک هستند؟ **خرابی**



خرابی و شکست قطعات

فعالیت

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

.....

.....

.....

.....

دلایل اصلی خرابی قطعات عبارت‌اند از:

- طراحی نامناسب آنها
- وجود مشکل در جنس و مواد به‌کار رفته در آنها
- مشکل به‌وجودآمده در هنگام ساخت
- خرابی محیطی
- استفاده نادرست از آنها
- فرسودگی

فعالیت

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

.....

.....

.....

.....

.....

فعالیت

چگونه می‌توان از بروز خرابی‌ها در قطعات جلوگیری نمود؟

.....

.....

.....

.....

.....

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

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

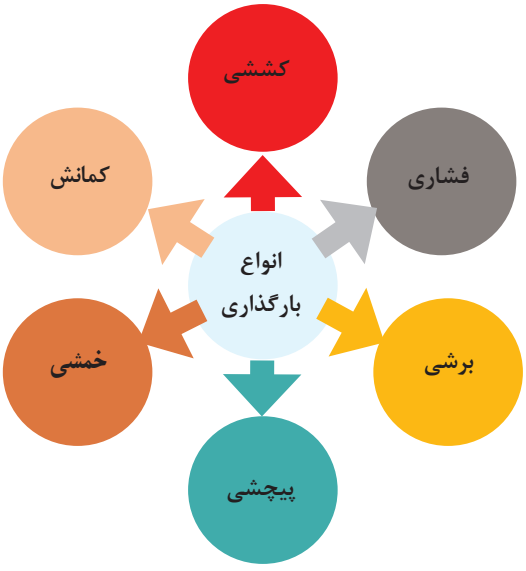
فعالیت

در مورد روش دیگر خرابی قطعات بحث‌وگفت‌وگو نمایید.

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

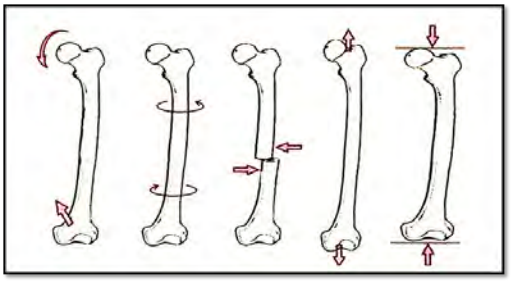
بارگذاری و نیروهای وارده بر روی قطعات چگونه است؟

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

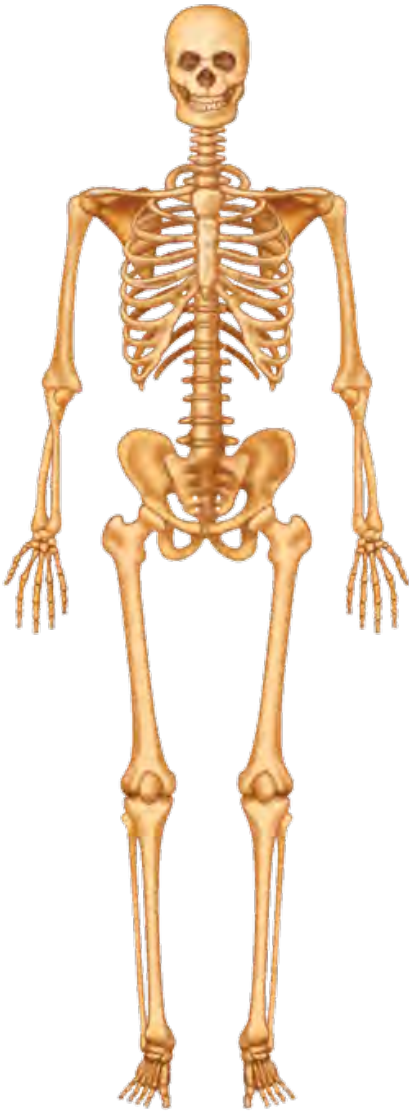


انواع بارگذاری بر روی قطعات

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



انواع بارگذاری‌ها بر روی استخوان

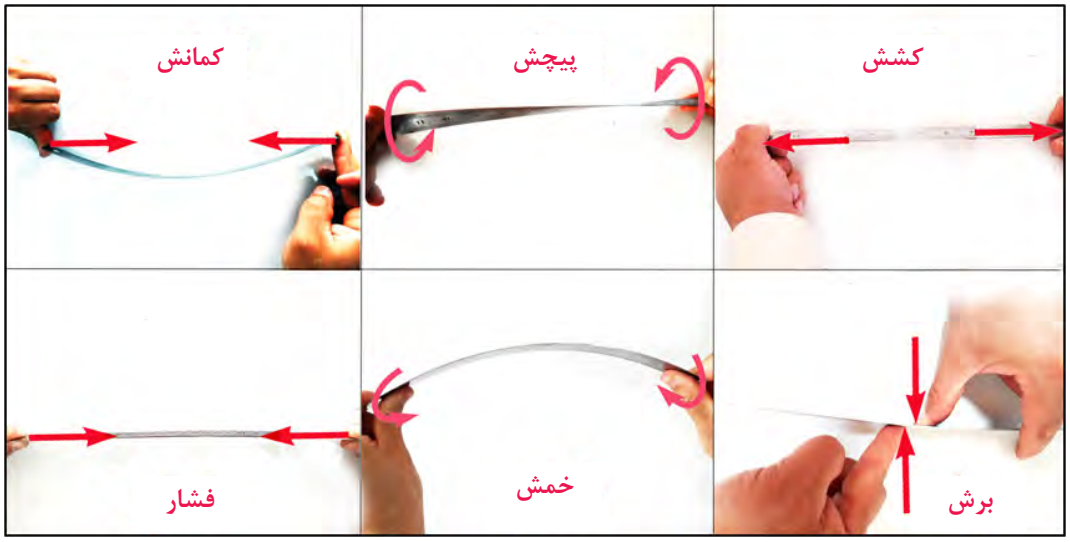


جلوه‌های آفرینش

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

فعالیت

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



انواع بارگذاری بر روی خط‌کش فلزی

پرسش:

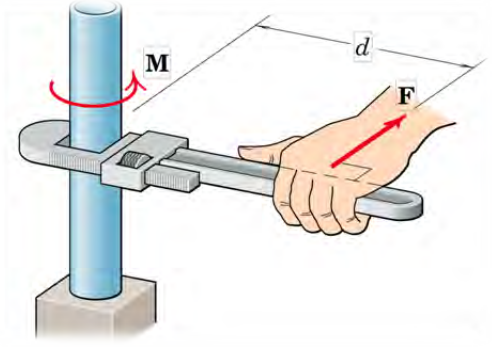
در کدام نوع از بارگذاری خط‌کش در مقابل جابه‌جایی مقاوم‌تر است؟ در گروه خود بحث کنید.

در فعالیت انجام شده بارگذاری اعمال شده از دو بخش تشکیل شده است:

۱ـ وارد نمودن نیرو

۲ـ وارد نمودن گشتاور

یکا نیرو نیوتن (N) و یکا گشتاور نیوتن متر (N.m) است. به‌صورت شماتیک نیرو و گشتاور را به‌صورت زیر نشان می‌دهند. به d بازوی گشتاور می‌گویند.



علائم گشتاور و نیرو

فعالیت

حداکثر گشتاوری که شما می‌توانید با کمک یک دست بدون وسایل کمکی بر روی یک میله وارد کنید حدود چند نیوتن‌متر است؟ حداکثر نیرویی که می‌توانید یک طناب را بکشید چند نیوتن است؟ (هریک کیلوگرم نیرو حدود ۱۰ نیوتن است).

تحقیق کنید

همان‌طور که دیدید بدن انسان در اعمال نیرو و گشتاور به قطعات محدودیت‌هایی دارد. تحقیق کنید با استفاده از چه ابزارها و وسایلی که خود نیازمند تأمین انرژی نیستند می‌توان نیرو و گشتاور را تقویت و بیشتر نمود.

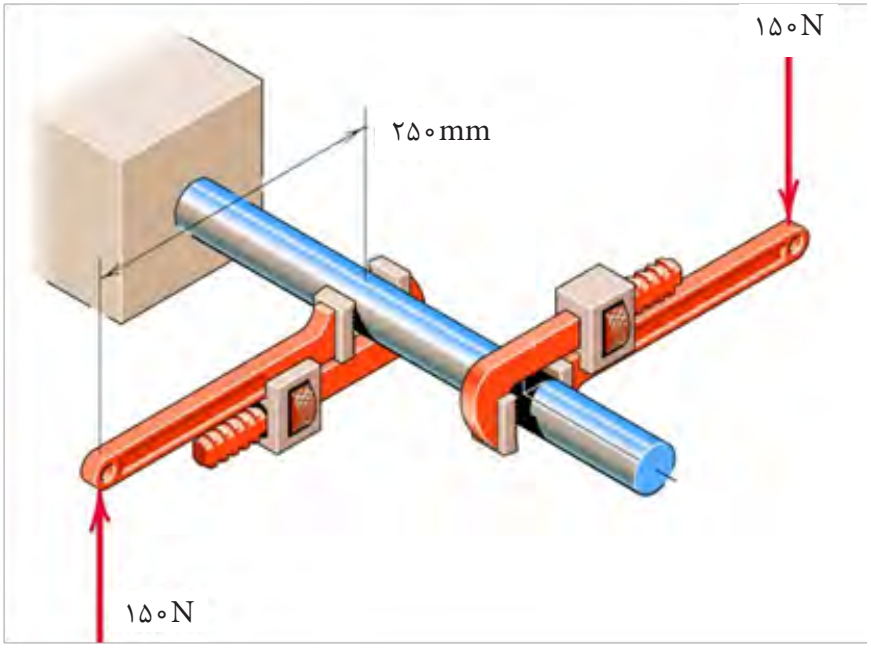
مثال: در شکل زیر دو آچار شلاقی یکسان بر روی میله گشتاور وارد می‌کنند. بازوی هر آچار ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. گشتاور کلی وارده به میله را برحسب نیوتن‌متر به‌دست آورید.

پاسخ:

گشتاور هر آچار = ۱۵۰ (N) × ۰/۲۵(m) =۳۷/۵(N.m)

گشتاور کلی=۲ × گشتاور هر آچار =۲×۳۷/۵ =۷۵ (N.m)

جهت گشتاور کلی در جهت عقربه‌های ساعت است.



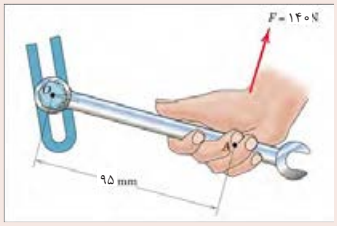
وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق دو آچار شلاقی

فعالیت

۱ـ گشتاور وارده به پیچ در نقطه O را در شکل زیر بر حسب نیوتن‌متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

.....

.....

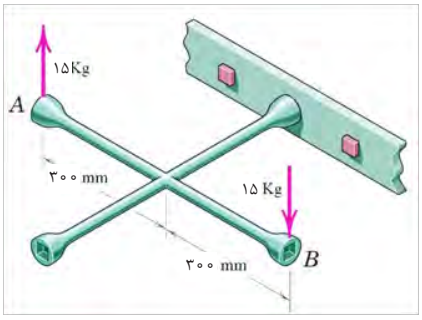


وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق آچار

۲ـ گشتاور وارده به پیچ را در شکل چپ بر حسب نیوتن‌متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

.....

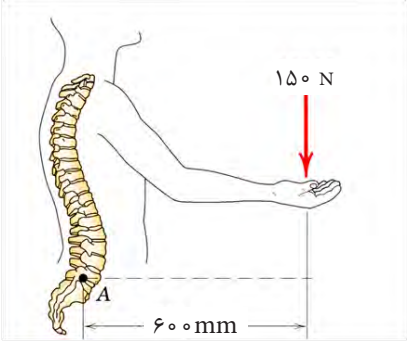
.....



وارد نمودن گشتاور بر پیچ از طریق آچار چرخ

تحقیق کنید

در شکل زیر گشتاور وارده به ستون فقرات در نقطه A را محاسبه کنید. همچنین همان‌گونه که مشاهده می‌کنید در هنگام بلند کردن بار توسط بدن، هرچه فاصله بار از بدن بیشتر باشد گشتاور وارده به ستون فقرات بیشتر خواهد بود و در نتیجه امکان آسیب‌رسانی به ستون فقرات بیشتر خواهد شد. تحقیق کنید روش صحیح بلندکردن بار توسط بدن و دست‌ها چگونه است و چرا بایستی به آن شیوه، بار را بلند کرد؟



گشتاور وارده به ستون فقرات بر اثر بلند کردن بار توسط دست‌ها

فعالیت

برای باز کردن پیچ‌های چرخ خودرو نشان داده شده در شکل،۱۲ کیلوگرم متر لازم است. محاسبه کنید مقدار حداکثر نیروی وارده برحسب نیوتن توسط دست بر روی آچار چرخ تا پیچ باز شود.

.....

.....

.....

.....

.....

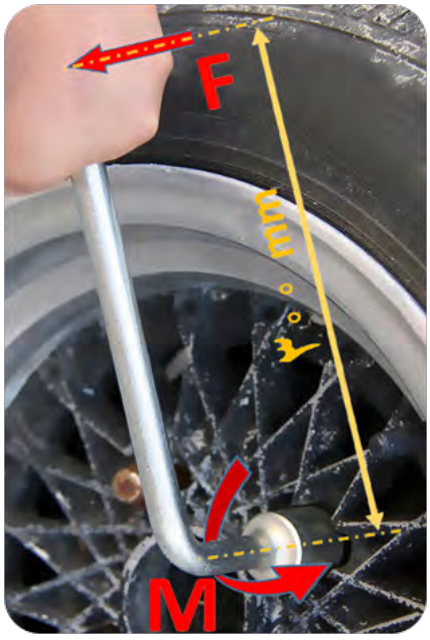
.....

.....

.....

.....

.....



باز کردن پیچ چرخ خودرو توسط آچار چرخ

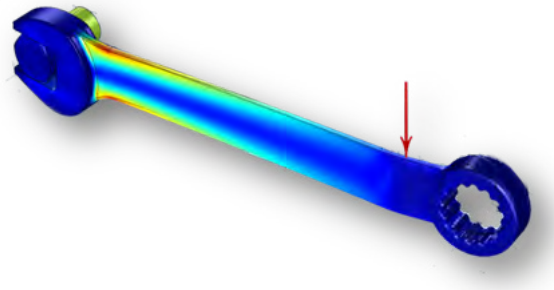
الاستیک، پلاستیک و شکست قطعات

همان‌طور که تجربه کردید بر روی قطعات انواع بارگذاری وارد می‌شود. در یک قطعه ممکن است یک قسمت از آن بحرانی و حساس باشد و نیرو و گشتاور در آن بیشتر از نقاط یا قسمت‌های دیگر باشد. احتمال خرابی و شکست در این نقطه از همه نقاط در قطعه بیشتر است. در شکل زیر قسمت‌های بحرانی یک آچار را مشخص کنید. حال این پرسش‌ها را در ذهن خود مرور کنید؟

۱ـ اگر نیرو و گشتاور وارده به یک قطعه کم باشد، آیا قطعه پس از تغییر شکل (ممکن است شما مشاهده نکنید) به شکل اول خود باز می‌گردد؟

۲ـ اگر نیرو بیش از حد مجاز به قطعه وارد شود، چه اتفاقی می‌افتد؟

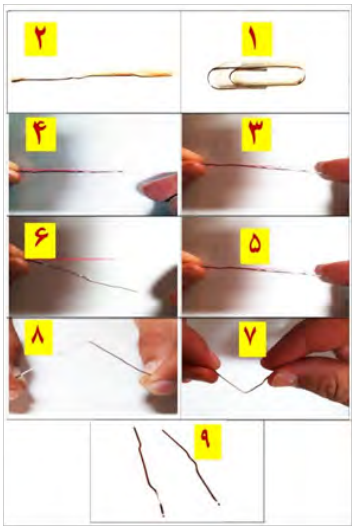
۳ـ اگر نیرو خیلی زیاد باشد، یا به دفعات زیاد و به‌صورت نوسانی وارد شود چه اتفاقی می‌افتد؟



قسمت‌های بحرانی یک آچار هنگام بارگذاری

فعالیت

مفتول یک گیره کاغذ را همانند شکل زیر باز کنید. یک سمت آن را در دست خود محکم بگیرید. با انگشت دست دیگر به انتهای مفتول نیرو وارد کنید. حالت‌های زیر را در نظر بگیرید (شکل زیر):



آزمایش بارگذاری بر روی یک مفتول گیره کاغذ

پس از انجام آزمایش، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ـ اگر نیرو وارد شده به سر مفتول کم باشد پس از برداشتن نیرو، آیا مفتول به جای خود برمی‌گردد؟

.....

۲ـ اگر نیرو وارد شده به سر مفتول زیاد باشد پس از برداشتن نیرو، آیا مفتول به جای خود برمی‌گردد؟

.....

۳ـ اگر نیرو وارد شده به سر مفتول زیاد باشد و این کار را برای چندین بار تکرار کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

قطعه اگر پس از بارگذاری به حالت اول خود برگشت، می‌گویند قطعه در ناحیه **الاستیک** (کشسان همانند فنر و کش لاستیکی) است. و در زمانی که قطعه به حالت خود برنگشت، می‌گویند قطعه در ناحیه **پلاستیک** (موم‌سان همانند موم و پلاستیک) است و وقتی قطعه از یک نقطه جدا شود می‌گویند **شکست** اتفاق افتاده است.

جلوه آفرینش

دانشمندان دریافتند حشره آسیابک (Dragonfly) با طول حداکثر ۳/۸ سانتی‌متر، هنگام مهاجرت هزاران کیلومتر را بر فراز اقیانوس‌ها به طور پیوسته پرواز می‌کند. آنها معتقدند که بدن این حشرات برای سفرهای طولانی مدت تکامل یافته است. چراکه سطح بال‌های این حشرات در مقایسه با همنوعان خود بسیار بیشتر بوده و امکان پرواز گلایدر یا بدون بال‌زدن را برای آنان امکان‌پذیر می‌سازد. به نظر شما در طول زندگی این حشره بال‌های آن چند بار بالا و پایین می‌رود؟ در آزمایش قبل، مفتول را چند بار بالا و پایین حرکت دادید تا مفتول شکست؟ طراحی بدن هر پرنده‌ای کاری بسیار سخت و پیچیده است!

حشره آسیابک

انواع مقاومت در مقابل تغییر شکل

سفتی: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل کشسان (الاستیک) بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه برای جابه‌جایی و تغییر شکل کشسان نیروی بیشتری نیاز باشد، آن قطعه سفت‌تر است.

استحکام: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل دائمی بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه نیروی بیشتری تحمل کند قبل از اینکه تغییر شکل دائمی بدهد یا دچار تسلیم و شکست شود آن قطعه مستحکم‌تر است.

چقرمگی: مقاومت در برابر شکست بر اثر مصرف انرژی را گویند. هرچه برای شکستن قطعه انرژی بیشتری صرف شود، آن قطعه چقرمه‌تر است.

فعالیت

یک تکه چوب تر و یک تکه چوب خشک مشابه هم را تحت بارگذاری خمشی قرار دهید؟ به نظر شما کدام سفت‌تر، مستحکم‌تر و چقرمه‌تر است؟

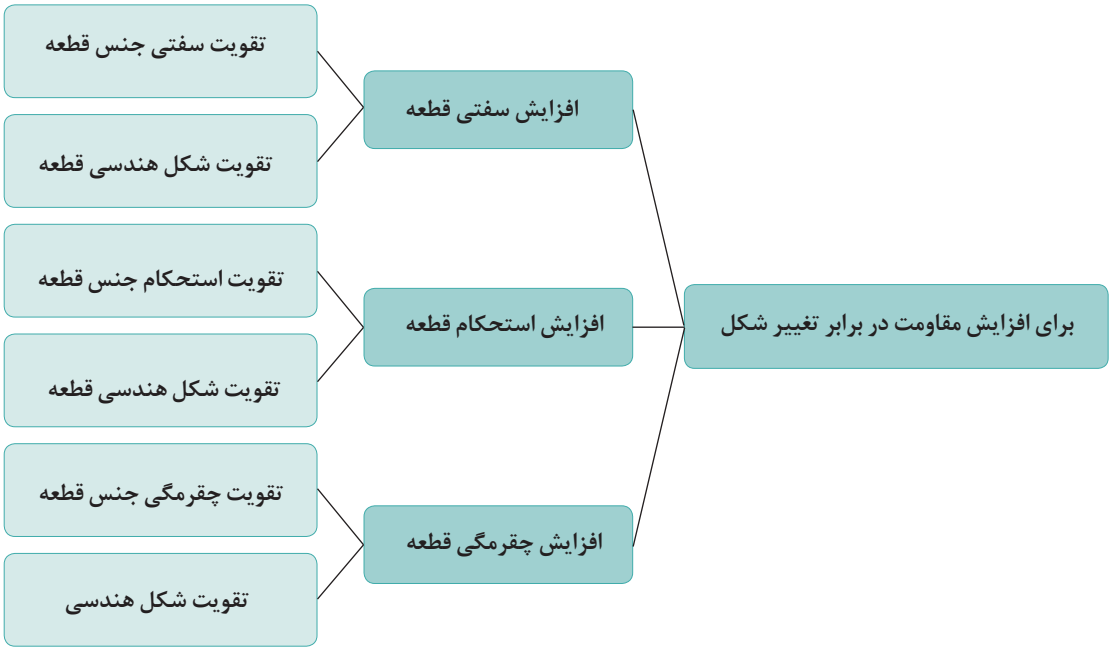
برای افزایش مقاومت در مقابل تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو و انرژی چه کاری انجام دهیم:

۱ـ استفاده از جنس مناسب: انتخاب جنس مناسب برای هدف مورد نظر تأثیر زیادی بر استحکام قطعه خواهد داشت.

۲ـ شکل هندسی مناسب: با استفاده از شکل‌های هوشمندانه می‌توان قطعات و سازه‌ها را به‌گونه‌ای ساخت که بار و نیروی بیشتری تحمل نمایند.

۳ـ استفاده از تکیه‌گاه و ایجاد شرایط مناسب: وجود تکیه‌گاه‌های خوب سبب می‌شود که قطعات نیروی بیشتر تحمل کنند.

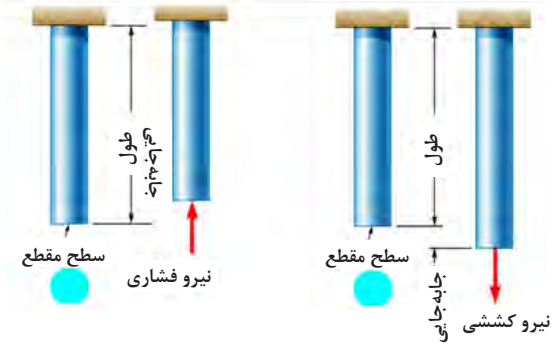
در نمودار زیر روش‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو نشان داده شده است:



نمودار روش‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری کششی و فشاری

اگر بار اعمال شده سبب کشیده شدن قطعه در امتداد محور بار شود، بارگذاری کششی خواهد بود. همچنین اگر بار اعمال شده سبب فشرده شدن قطعه شود بارگذاری فشاری خواهد بود (شکل زیر). همان‌طور که قبلاً آموخته‌اید، قطعات در هنگام بارگذاری کم، رفتاری همانند فنر از خود نشان می‌دهند و کشیده می‌شوند و پس از برداشته شدن بار به موقعیت اول خود باز می‌گردند.



بارگذاری کششی و فشاری

سفتی قطعه در بارگذاری کششی: جابه‌جایی انتهای یک میله که تحت بارگذاری کششی الاستیک قرار دارد با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با مساحت سطح مقطع و سفتی جنس میله رابطه عکس دارد. هرچه سطح مقطع میله بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود.

$$\text{جابه‌جایی در بارگذاری محوری} = \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع}}$$

سفتی جنس مواد مختلف نسبت به هم متفاوت است. هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر شکل آنها کمتر است.

سفتی فولاد > سفتی مس > سفتی آلومینیوم

به‌طور معمول سفتی فولاد از بیشتر فلزات بیشتر است. نام دیگر سفتی جنس مواد، ضریب کشسانی و الاستیک است.

استحکام قطعه در بارگذاری کششی: نیروی وارده به یکا سطح را **تنش** می‌گویند هرچه نیرو بیشتر و سطح مقطع کوچک‌تر باشد تنش بیشتر می‌گردد. هرچه تنش کششی یا فشاری بیشتر شود، قطعه به خرابی و شکست نزدیک‌تر می‌شود.

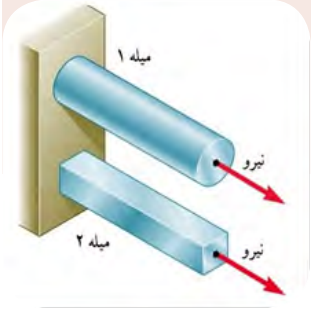
$$\text{تنش کششی در بارگذاری محوری} = \frac{\text{نیروی کششی}}{\text{سطح مقطع}}$$

اگر تنش کششی و فشاری در یک قطعه بیشتر از استحکام کششی جنس شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. استحکام کششی به جنس قطعه بستگی دارد. یکی دیگر از راه‌های افزایش استحکام یک قطعه تقویت شکل هندسی است تا تنش در قطعه کم شود. برای اینکه یک میله در برابر نیروی کششی مقاوم باشد بایستی سطح مقطع میله را افزایش دهیم. یعنی هرچه سطح مقطع میله بیشتر باشد در مقابل نیروی کششی یا فشاری مقاوم‌تر است. مقاومت قطعاتی که به‌صورت کششی یا فشاری بارگذاری شده‌اند، نوع شکل سطح مقطع روی آن تأثیری ندارد. مقدار استحکام کششی جنس فلزات مختلف با یکدیگر متفاوت است.

استحکام کششی فولاد > استحکام کششی مس > استحکام کششی آلومینیوم

فعالیت

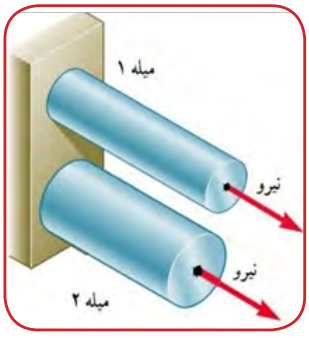
در شکل زیر دو میله از جنس فولاد تحت بارگذاری یکسان کشیده می‌شوند. اگر طول و وزن میله‌ها یکسان باشند کدام‌یک بیشتر کشیده می‌شوند؟ در گروه خود بحث نمایید.



بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی با طول و جنس و وزن یکسان

فکر کنید

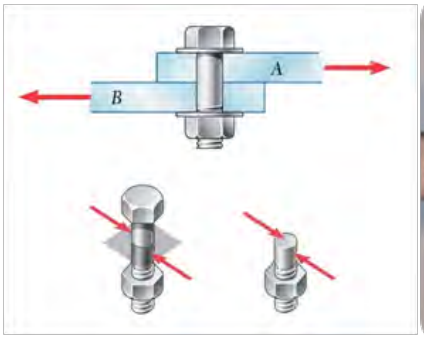
در شکل زیر دو میله از جنس فولاد با سطح مقطع دایره‌ای توپر تحت بارگذاری یکسان کشیده می‌شوند. اگر وزن میله ۱ نصف وزن میله ۲ باشد جابه‌جایی میله ۱ چند برابر میله ۲ است؟ (طول میله‌ها برابر است).



بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی با طول و جنس یکسان

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری برشی

اگر بار اعمال شده سبب بریدن قطعه شود، بارگذاری برشی خواهد بود. این بارگذاری توسط دو نیرو در جهت خلاف هم و نزدیک هم اتفاق می‌افتد. قیچی‌کردن نمونه‌ای از بارگذاری برشی است. مقاومت سازه‌هایی که دارای سطح مقطعی که به‌صورت برشی بارگذاری شده است مستقل از شکل مقطع است (شکل زیر).



بارگذاری برشی

استحکام قطعه در بارگذاری برشی: نیروی برشی وارده به یکا سطح را **تنش برشی** می‌گویند هرچه نیروی برشی بیشتر و سطح مقطع کوچک‌تر باشد تنش برشی بیشتر می‌گردد. هرچه تنش برشی یا فشاری بیشتر شود، قطعه به خرابی و شکست نزدیک‌تر می‌شود. برای نمونه اگر در شکل فوق، قطر پیچ کوچک‌تر و نیرو ثابت باشد، تنش برشی بیشتر خواهد بود.

$$\text{تنش برشی} = \frac{\text{نیروی برشی}}{\text{سطح مقطع}}$$

اگر تنش برشی در یک قطعه بیشتر از استحکام برشی جنس قطعه شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. استحکام برشی جنس‌های مختلف در قطعه متفاوت است. پس برای افزایش استحکام یک قطعه بایستی تنش را کم کنیم. برای اینکه یک پیچ یا قطعه در برابر نیروی برشی مقاوم باشد بایستی سطح مقطع پیچ را افزایش دهیم. یعنی هرچه سطح مقطع پیچ بیشتر باشد در مقابل نیروی برشی مستحکم‌تر است. استحکام قطعاتی که به‌صورت برشی بارگذاری شده‌اند، شکل مقطع روی آن تأثیری است. استحکام برشی فلزات با توجه به جنس آنها متفاوت است.

هرچه استحکام برشی جنس بالاتر باشد، استحکام قطعه در برابر بارگذاری برشی بیشتر خواهد بود. **استحکام برشی فولاد > استحکام برشی مس > استحکام برشی آلومینیوم**

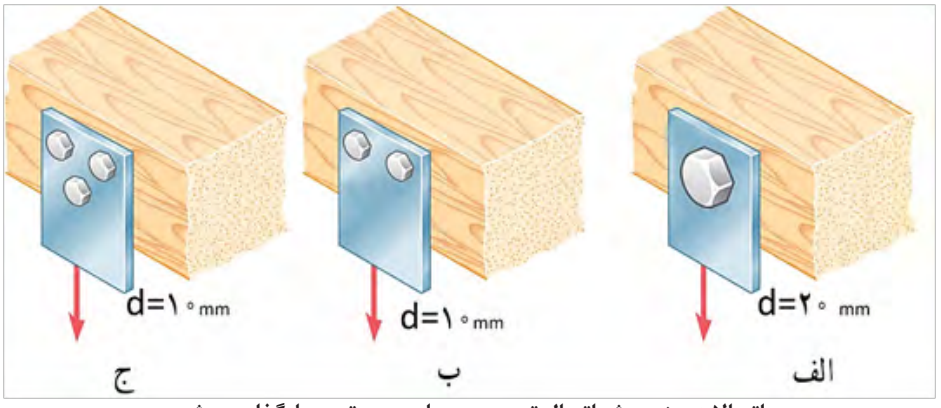
فعالیت

با توجه به شکل زیر در مورد علت خرابی لبه‌های برنده ناخن‌گیر و دم باریک بحث‌وگفتگو کنید. به نظر شما لبه‌های برنده استحکام لازم را نداشته است یا اینکه به‌درستی از آنها استفاده نشده است؟

لبه‌های برنده خراب شده در ناخن گیر و دم باریک

فعالیت

در شکل زیر یک تسمه فولادی توسط چند پیچ از یک جنس بر روی یک دیوار چوبی محکم پیچ شده است. به نظر شما برای یک نیروی برشی ثابت کدام حالت از اتصال در برابر نیروی برشی مستحکم‌تر است و پیچ‌ها دیرتر بریده می‌شوند. در گروه خود بحث کنید.



اتصالات چند روش اتصال تسمه به دیوار چوبی تحت بارگذاری برشی

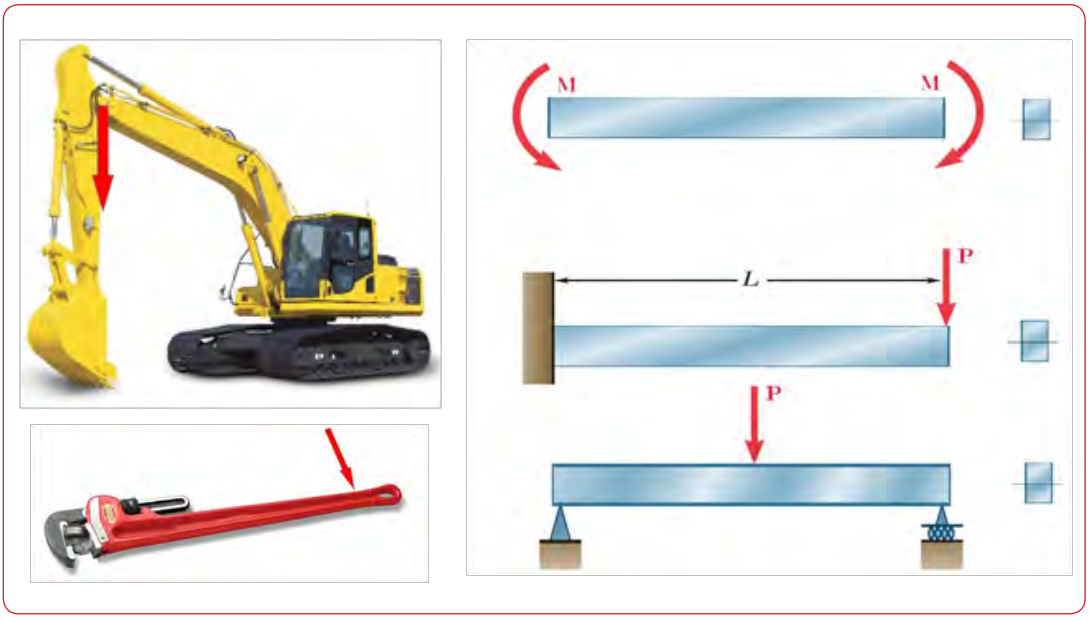
فعالیت

با یک انبردست دو مفتول یا میخ با قطرهای مختلف را برش دهید. برای نیروی وارده یکسان تنش برشی وارده به کدام یک بیشتر است؟ کدام‌یک راحت‌تر بریده می‌شود؟ چرا؟

همین کار را برای دو مفتول با قطر یکسان و جنس متفاوت (مس و فولاد) انجام دهید؟ تنش برشی کدام‌یک بیشتر خواهد بود؟ کدام یک زودتر بریده خواهد شد؟ چرا؟

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری خمشی

یکی دیگر از انواع بارگذاری‌ها همان‌طور که در آزمایش با خط‌کش فلزی تجربه کردید بارگذاری خمشی بود. خط‌کش فلزی یا هر قطعه دیگر با چندین روش بارگذاری خم می‌شوند. در شکل زیر دو روش برای خم کردن خط‌کش نشان داده شده است. یکی با اعمال نیروی عرضی در یک نقطه از خط‌کش مانند انتهای آن، و دیگری با اعمال گشتاور در هر نقطه از آن خم می‌شود. سطح مقطع تیر و محور خمش نیز در شکل نشان داده شده است.



انواع بارگذاری برای خمش یک تیر یا قطعه

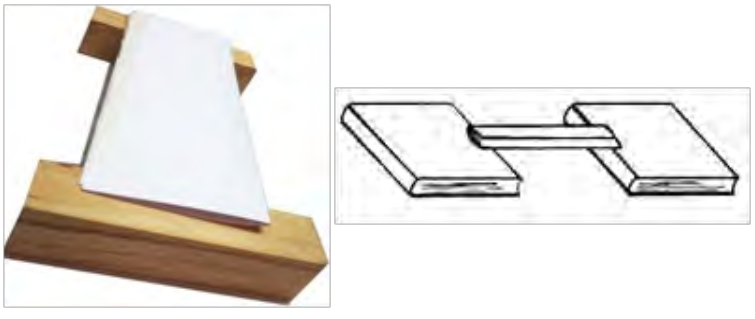
فعالیت

با استفاده از روش‌های نشان داده شده در شکل فوق بر روی خط‌کش فلزی بارگذاری خمشی انجام دهید؟

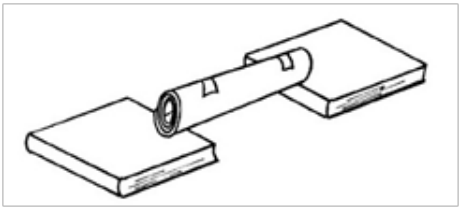
فعالیت

دو کاغذ A۴ را نصف کنید و با استفاده از آنها آزمایش‌های زیر را انجام دهید:

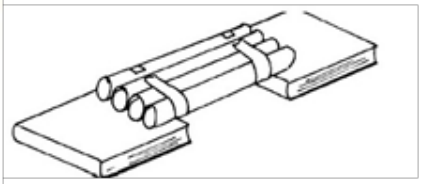
۱ـ کاغذها را تا کرده روی هم قرار دهید، سپس لبه‌های آن را چسب زده و آنها روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم‌شدن را حس نمایید.



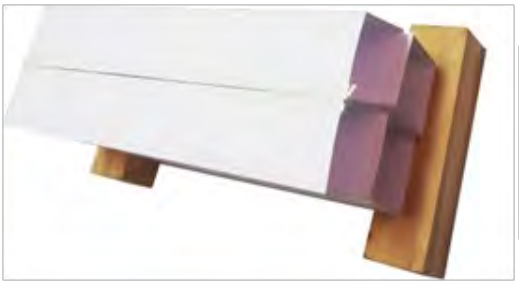
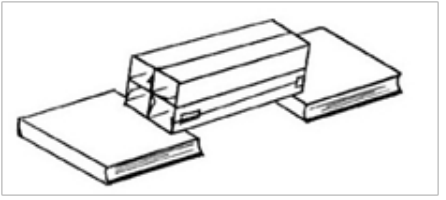
۲ـ کاغذها را روی هم قرار دهید، سپس آن را لوله کرده و با چسب لبه‌های آن را بچسبانید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم‌شدن را حس نمایید.



۳ـ کاغذها را تک تک لوله کرده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم شدن را حس نمایید.



۴ـ کاغذها را تک تک به شکل قوطی در آورده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم‌شدن را حس نمایید.

پس از انجام آزمایش‌ها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

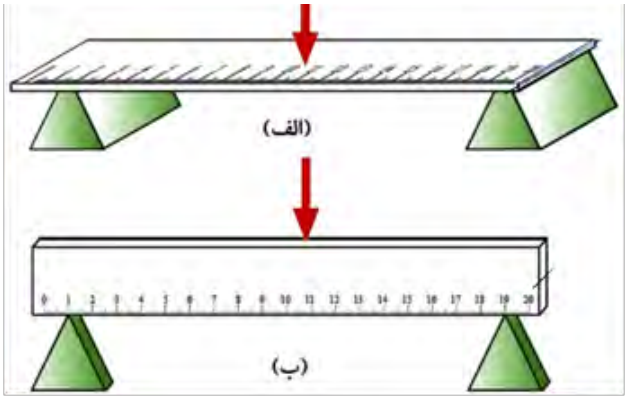
۱ـ وزن کاغذها در سه آزمایش با هم چه تفاوتی دارند؟

۲ـ استحکام کدام قطعه و سازه کاغذی که شما آزمایش کردید در مقابل نیروی خمشی بالاتر است؟

۳ـ اگر شما قرار بود یک پل طراحی می‌کردید، کدام یک از سازه‌ها را پیشنهاد می‌کردید؟

فعالیت

با استفاده از خط‌کش فلزی بارگذاری خمشی را در دو جهت انجام دهید؟ استحکام خمشی خط‌کش فلزی در کدام جهت بیشتر است؟ یعنی در کدام حالت خط‌کش به‌سختی خم می‌شود؟ (راهنمایی به سطح مقطع خط‌کش توجه کنید. شکل زیر)



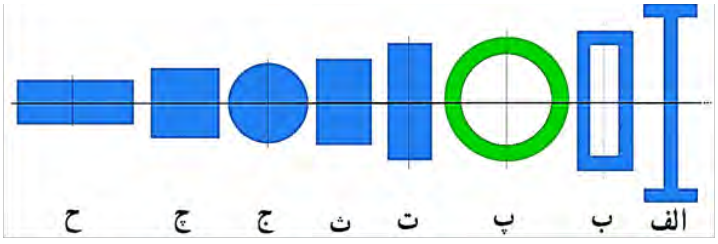
بارگذاری خمشی بر روی خط‌کش در دو جهت

همان‌طور که در آزمایش مشاهده کردید با اینکه سطح مقطع خط‌کش در دو حالت یکسان است اما استحکام خمشی خط‌کش در حالت (ب) بیشتر از حالت (الف) است. دلیل آن این است که ممان اینرسی سطح مقطع خط‌کش، حول محور خمش در حالت (ب) بیشتر از حالت (الف) است.

ممان اینرسی چیست؟

ممان اینرسی عامل مقاوم در مقابل خمش می‌باشد و هرچه ذرات تشکیل‌دهنده جسم در سطح مقطع نسبت به‌محور خمش دورتر باشد، ممان اینرسی بیشتر است.

به شکل زیر توجه کنید، تمام سطح مقطع جسم در اشکال با هم برابر است. یعنی همه مساحت‌ها یکسان هستند ولی ممان اینرسی حول محور افقی در شکل الف که شبیه به I است از ممان اینرسی بقیه شکل‌ها بیشتر است. همچنین ممان اینرسی شکل (ح) از همه کوچک‌تر است.

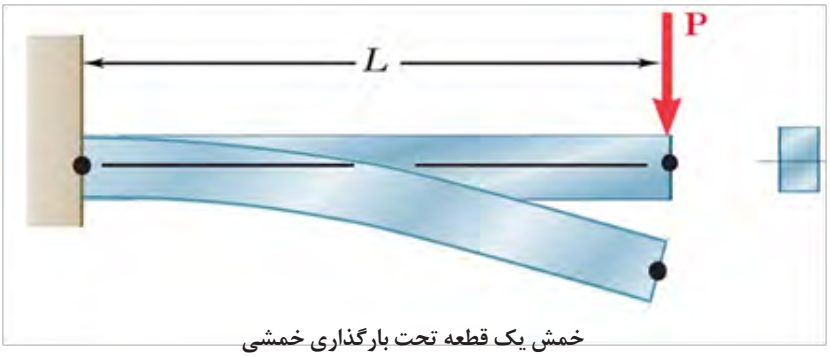


انواع سطح مقطع در خمش

فعالیت

کتاب خود را ۹۰ درجه موافق عقربه‌های ساعت بچرخانید. حال به سطح مقطع‌ها نگاه کنید، به نظر شما کدام سطح مقطع‌ها در حول محور افقی (محور جدید) ممان اینرسی بیشتری دارند؟ در گروه خود بحث کنید.

سفتی قطعه در بارگذاری خمشی: هنگام خمش یک قطعه یا یک تیر بالای جسم کشیده و پایین جسم فشرده می‌شود و بیشترین جابه‌جایی قطعه در انتهای آن خواهد بود.



خمش یک قطعه تحت بارگذاری خمشی

فعالیت

توسط یک تکه ابر بارگذاری خمشی را آزمایش کنید و کشیدگی و فشردگی ذرات را ترسیم نمایید.

جابه‌جایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری خمشی قرار دارد با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با ممان اینرسی و سفتی جنس قطعه رابطه عکس دارد. یعنی هرچه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود و قطعه در مقابل خمش سفت‌تر است.

$$\text{جابه‌جایی در خمش} \propto \frac{\text{نیرو} \times (\text{طول})^{۳}}{\text{سفتی جنس} \times \text{ممان اینرسی}}$$

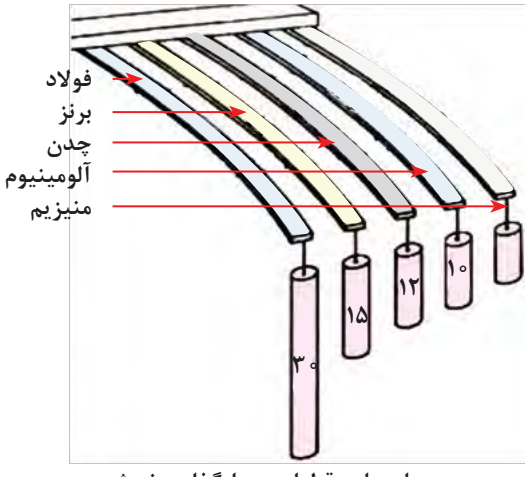
هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر شکل آنها در مقابل خمش کمتر و سفتی قطعه بیشتر خواهد بود و برای جابه‌جایی باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.

فعالیت

در گروه در مورد نیرو و گشتاور، سفتی جنس، جابه‌جایی و طول قطعات در شکل زیر، بحث و گفتگو نمایید و دلیل جابه‌جایی ثابت آنها را توضیح دهید.

.....

.....



جابه‌جایی قطعات در بارگذاری خمشی

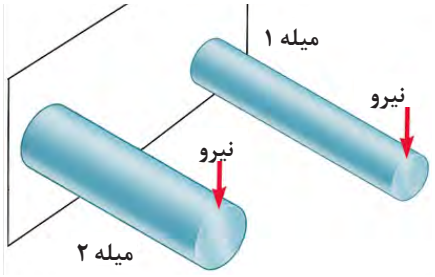
استحکام قطعه در بارگذاری خمشی: هنگام خمش در یک قطعه، بالای جسم کشیده و پایین جسم فشرده می‌شود. لذا به بالای جسم تنش کششی و به پایین جسم تنش فشاری اعمال می‌شود. اگر تنش کششی و فشاری در یک قطعه در هنگام خمش بیشتر از استحکام کششی یا فشاری شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. همان‌طور که قبلاً گفته شد استحکام کششی یا فشاری به جنس قطعه بستگی دارد. یکی دیگر از راه‌های افزایش استحکام یک قطعه بایستی در هنگام خمش، کاهش تنش است. برای این‌کار بایستی ممان اینرسی قطعه حول محور خمش را افزایش دهیم. یعنی هرچه ممان اینرسی بیشتر باشد، قطعه در مقابل خمش مستحکمتر است.

$$\text{تنش در قطعه هنگام خمش} \propto \frac{\text{گشتاور}}{\text{ممان اینرسی}}$$

اگر وزن و طول قطعه‌ای ثابت باشد، سطح مقطع به شکل I، در بارگذاری خمشی در یک جهت بیشترین استحکام را دارا است (به قطعات نشان داده شده در شکل اول فصل مراجعه کنید). اگر بارگذاری خمشی در چند جهت باشد دایره توخالی بهترین استحکام خمشی را دارد. این موضوع را در آزمایش با کاغذها تجربه کردید.

فعالیت

دو مفتول فلزی هم جنس را به طول ۲۰ سانتی‌متر که دارای قطرهای مختلف و توپر هستند به یک گیره ببندید، و آن را بارگذاری خمشی کنید، کدام‌یک دارای استحکام خمشی بالاتر هستند؟ همین کار را برای دو مفتول هم‌جنس، هم‌وزن، هم‌طول با ممان اینرسی متفاوت انجام دهید. استحکام کدام‌یک بیشتر است؟



بارگذاری خمشی دو میله با جنس و طول یکسان

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری پیچشی

یکی دیگر از انواع بارگذاری‌ها همان‌طور که در آزمایش با خط‌کش فلزی تجربه کردید بارگذاری پیچشی است. خط‌کش فلزی یا هر قطعه دیگر با چندین روش بارگذاری پیچشی می‌شوند. در شکل زیر دو روش برای پیچاندن قطعه نشان داده شده است.

روش‌هایی برای پیچاندن قطعه

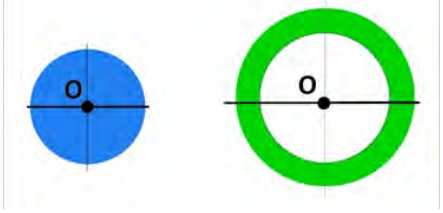
فعالیت

با چند روش بارگذاری متفاوت یک خط‌کش فلزی را دچار پیچش نمایید و سپس شکل‌های آنها را ترسیم نمایید؟

.....

ممان اینرسی قطبی چیست؟

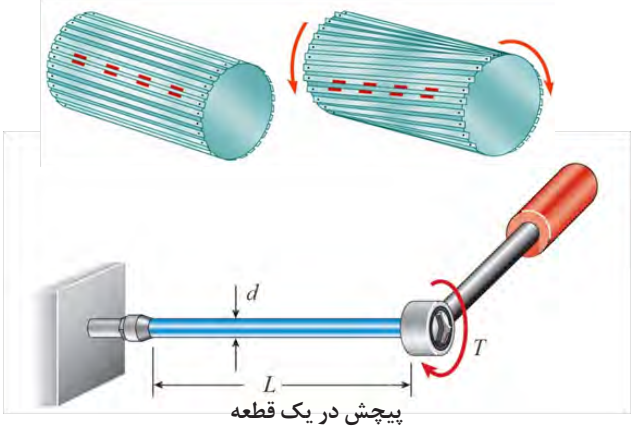
ممان اینرسی قطبی عامل مقاوم در مقابل پیچش است و هرچه ذرات تشکیل‌دهنده جسم در سطح مقطع نسبت به‌محور دوران دورتر باشد، ممان اینرسی قطبی بیشتر است. برای اینکه استحکام قطعه در مقابل پیچش بیشتر باشد بایستی ممان‌اینرسی قطبی جسم حول محور دوران بالاتر باشد. به شکل زیر نگاه کنید، مساحت سطح مقطع شکل (الف) با شکل (ب) برابر است اما ممان اینرسی قطبی سطح مقطع شکل (الف) از ممان اینرسی قطبی شکل (ب) بیشتر است.



ب الف

ممان اینرسی قطبی برای دو سطح مقطع متفاوت

سفتی قطعه در بارگذاری پیچشی: هنگامی که قطعه‌ای تحت بارگذاری پیچشی قرار می‌گیرد، ذرات جسم حول محور خود دوران می‌کنند و جابه‌جا می‌شوند. انواع بارگذاری برای ایجاد پیچش در جسم وجود دارد.



پیچش در یک قطعه

به شکل بالا نگاه کنید. زاویه پیچشی یا جابه‌جایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری پیچشی قرار دارد، با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با ممان اینرسی قطبی و سفتی برشی جنس قطعه (که به آن صلابت هم گفته می‌شود) رابطه عکس دارد. یعنی هرچه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود و قطعه در مقابل پیچش سفت‌تر است.

$$\text{زاویه در پیچش} \propto \frac{\text{طول} \times \text{گشتاور پیچشی}}{\text{سفتی برشی جنس} \times \text{ممان اینرسی قطبی}}$$

شکل آنها در مقابل پیچش کمتر خواهد بود و برای جابه‌جایی باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.

سفتی برشی فولاد > سفتی برشی مس > سفتی برشی آلومینیوم

هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر

فعالیت

سه خط‌کش چوبی، فلزی و پلاستیکی ۳۰ سانتی با سطح مقطع یکسان را تحت پیچش قرار دهید. برای جابه‌جایی ۴۵ درجه کدام‌یک نیروی بیشتری لازم است؟

.....

.....

استحکام قطعه در بارگذاری پیچشی: بارگذاری پیچشی سبب ایجاد تنش برشی در جسم می‌شود. اگر تنش برشی وارده به جسم به استحکام برشی برسد قطعه دچار خرابی می‌شود. فلزات و مواد مختلف دارای استحکام برشی جنس متفاوت هستند. هرچه استحکام برشی جنس بالاتر باشد استحکام پیچشی نیز بالاتر خواهد بود.

$$\text{تنش در قطعه هنگام پیچش} \propto \frac{\text{گشتاور پیچشی}}{\text{ممان اینرسی قطبی}}$$

هرچه ممان اینرسی قطبی بیشتر باشد استحکام پیچشی قطعه بالاتر خواهد بود. برای نمونه اگر دو لوله توپر و توخالی با اندازه یکسان اگر دارای وزن و جنس یکسان باشند، استحکام پیچشی لوله توخالی بیشتر است.

فعالیت

یکی از مواردی که هنگام کار با آن مواجه می‌شویم بریدن پیچ اتصالات است. به نظر شما کدام عامل سبب بریدن پیچ می‌شود؟ (شکل راست)

الف) وارد کردن گشتاور بیش از حد مجاز به پیچ

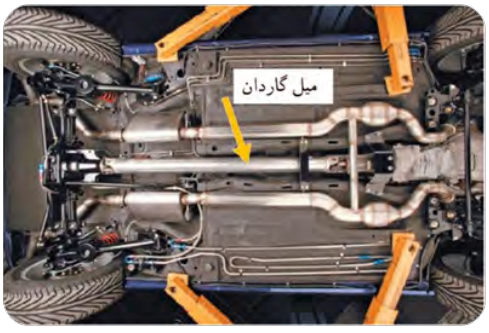
ب) پایین بودن ممان اینرسی قطبی

ج) پایین بودن تنش برشی مجاز به دلیل جنس قطعه

تحقیق کنید

در سیستم انتقال قدرت در خودرو، جهت انتقال حرکت از موتور به چرخ‌های عقب از میل‌گاردان استفاده می‌شود. میل‌گاردان تحت بارگذاری پیچشی قرار دارد. تحقیق کنید که سطح مقطع میل‌گاردان دارای چه شکلی است و جنس آن از چیست؟ (شکل سمت چپ)

یک پیچ بریده شده بر اثر بارگذاری پیچشی

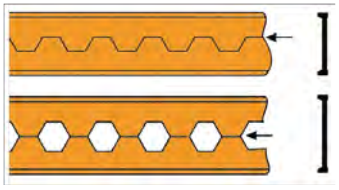


میل گاردان بارگذاری پیچشی را برای انتقال گشتاور تحمل می‌نماید.

ارزشیابی پایانی فصل پنجم

تمرین: اگر وزن و نیروی وارده به دو کفش نشان داده شده در شکل زیر یکسان باشد تنش فشاری بر روی پاشنه کدام کفش بیشتر است، احتمال خراب شدن کدام پاشنه بیشتر می‌باشد؟

تمرین: از روش‌های تولید تیرهای آهنی برش و جوش‌کاری تیرآهن به شکل لانه زنبوری است. چرا این نوع از تیرآهن‌ها در مقابل خمش استحکام بیشتری دارند؟



تمرین: در وزنه‌برداری گشتاور زیادی به میله وزنه‌برداری وارد می‌شود که آن را خم می‌کند. برای اینکه استحکام میله در بارگذاری خمشی بالا رود چه راه‌حلی پیشنهاد می‌نمایید؟

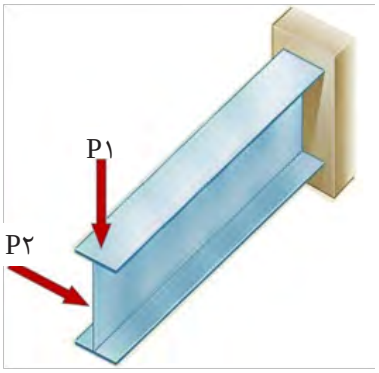
تحقیق کنید

همان‌طور که می‌دانید در مدارهای برقی خودرو، ساختمان یا وسایل فیوزها نقش حفاظتی از دیگر قطعات برقی را بر عهده دارند. یعنی اینکه اگر برق بخواهد به قطعه‌ای صدمه وارد کنند، فیوز از این کار محافظت می‌کند و خود را قربانی می‌کند. به همین صورت در وسایل مکانیکی نیز فیوز مکانیکی وجود دارد. فیوز مکانیکی سبب می‌شود تا نیرو و گشتاور بیش‌از حدی به قطعات مکانیکی وارد نشود و آنها دچار خرابی و شکست نشوند. فیوزهای مکانیکی انواع مختلفی دارند که پین‌های برشی از این جمله هستند. شما همراه گروه خود در زمینه انواع فیوزهای مکانیکی که خود را قربانی دیگر قطعات می‌کنند تا به آنها صدمه نزنند تحقیق کنید و چند نمونه از آن را در دستگاه‌ها و وسایل کاری موجود در کارگاه نام ببرید.

تحقیق کنید

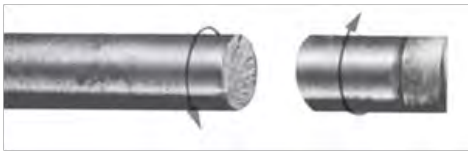
همان‌طور که دیدید استخوان‌های بدن انسان هر کدام برای هدفی که دارند دارای شکل متفاوتی هستند. استخوان ساق پا (تیبیا) دومین استخوان بزرگ بدن بعد از استخوان ران پا است که انواع مختلف بارگذاری در جهت‌های مختلف به آن وارد می‌شود. به نظر شما سطح مقطع این استخوان چرا به‌صورت توپر یا به شکل مربع شکل نیست؟ فکر می‌کنید طراح آن چرا این شکل را که شبیه دایره توخالی می‌باشد انتخاب کرده است؟ به‌صورت گروهی تحقیق کنید.

تمرین: در شکل روبه‌رو اگر نیروی P_1 و P_2 با هم برابر باشند، جابه‌جایی تیر در جهت افقی بیشتر است یا در جهت عمودی؟ علت را توضیح دهید.



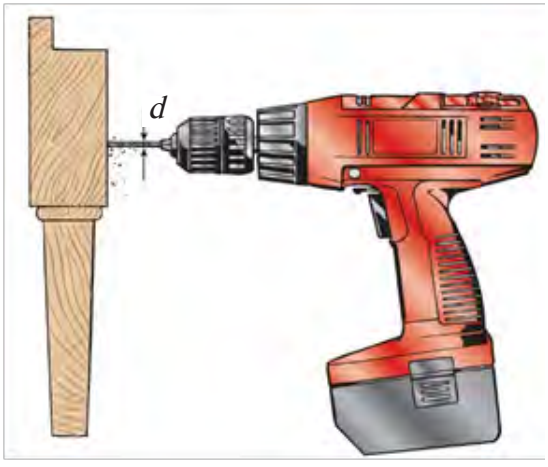
تحقیق کنید

مواد ترد و شکننده و مواد نرم و چکش‌پذیر هر کدام در هنگام پیچش به شکل خاصی می‌شکنند، شکل شکستن هر یک از مواد را هنگام پیچش تحقیق کنید.



بررسی کنید

یکی از موارد رایج در هنگام کار شکست مته هنگام سوراخ‌کاری است. دلایل شکست مته هنگام کار را بررسی نمایید؟

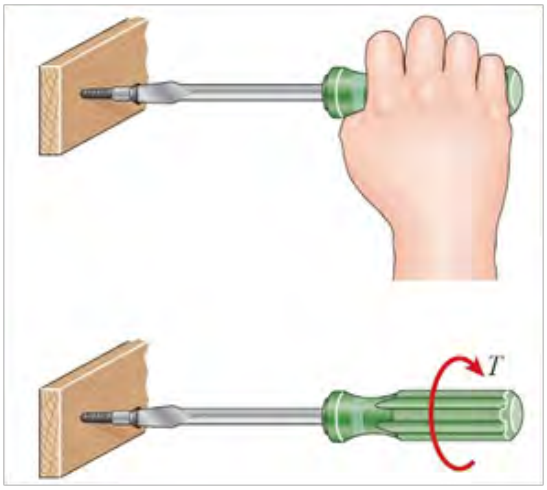


بررسی کنید

هنگام پیچ کردن قطعات چوبی برای استحکام بالا بایستی چه مواردی را در نظر گرفت؟

.....

.....



تحقیق کنید

کمانش چیست و برای استحکام قطعه در کمانش بایستی چه کاری انجام داد؟ تصاویر مربوطه را رسم نمایید.

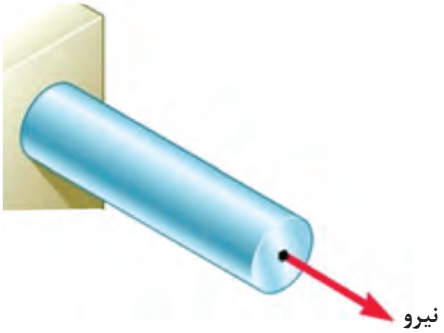
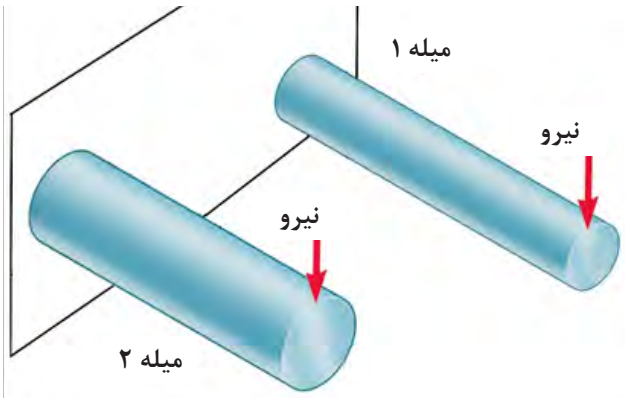
.....

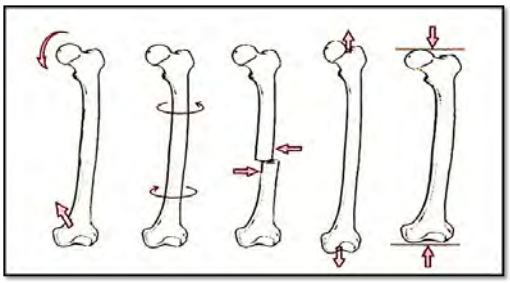
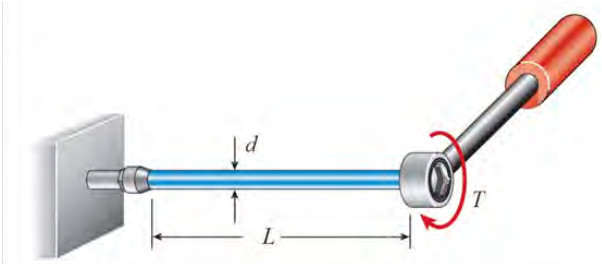
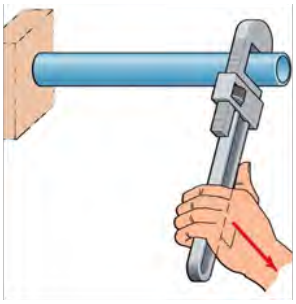
.....

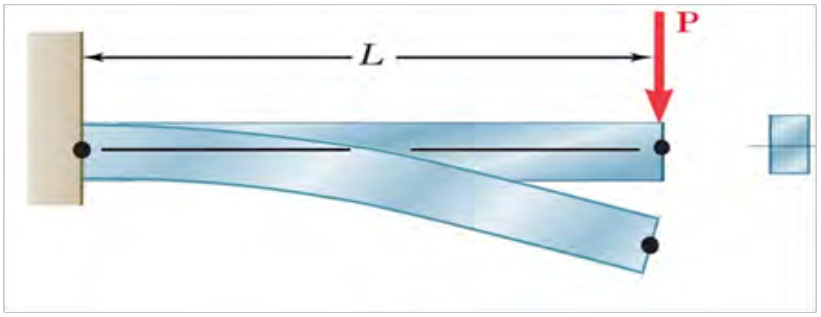
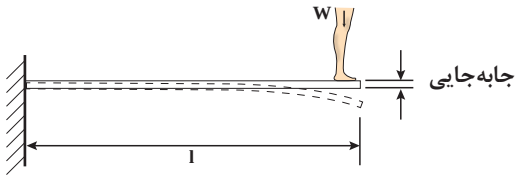
نمونه آزمون: ارزشیابی پایانی فصل مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل

قابل توجه هنرجویان عزیز:

- نمره این آزمون به‌صورت ۱ یا ۲ یا ۳ خواهد بود که در عدد ۵ ضرب می‌شود و با نمره مستمر جمع می‌گردد و نمره فصل محاسبه و در کارنامه ثبت می‌گردد.
- **نمره ۱** را در صورتی می‌توانید کسب کنید که از ۵ سؤال بخش اول ۳ سؤال را کامل پاسخ دهید.
- **نمره ۲** را زمانی کسب می‌کنید که علاوه‌بر نمره ۱ از ۳ سؤال بخش دوم ۲ سؤال را کامل پاسخ دهید.
- **نمره ۳** را زمانی کسب می‌کنید که علاوه‌بر نمره ۲ از ۳ سؤال بخش سوم ۲ سؤال را کامل پاسخ دهید.

بخش اول	**سؤال ۱**	اگر طول یک میله دو برابر شود و بقیه ابعاد و جنس ثابت بماند، سفتی کششی میله چند برابر می‌شود؟ محاسبه کنید. 
	سؤال ۲	دو میله هم‌وزن، هم طول و هم جنس را که یکی از آنها تو پُر و دیگر تو خالی (لوله) است در نظر بگیرید، محاسبه کنید سفتی کششی کدام کمتر است؟
	سؤال ۳	یک میله و یک شمش فلزی دارای سطح مقطع و طول یکسان هستند، جنس میل‌گرد از مس و دیگری از فولاد است، محاسبه کنید جابه‌جایی انتهای کدام یک کمتر است؟ 

	سؤال ۴	برای اینکه تحت بارگذاری برشی پیچ برش نخورد چه راه‌حل‌هایی پیشنهاد می‌کنید؟
	سؤال ۵	نام انواع بارگذاری‌های انجام شده بر روی استخوان پا در شکل نشان داده شده را بنویسید. 
بخش دوم	سؤال ۱	اگر گشتاور پیچشی و طول میله دو برابر شود، زاویه پیچش در انتهای میله به چه میزان تغییر می‌کند. محاسبه کنید. 
	سؤال ۲	دو میله هم‌وزن، هم طول و هم جنس که یکی از آنها تو پُر و دیگر تو خالی (لوله) است را با گشتاور ثابت درنظر بگیرید، تنش در کدام یک بیشتر است؟ محاسبه کنید. 

	سؤال ۳	برای جلوگیری از برش پیچ در بارگذاری پیچشی چه راه‌حل‌هایی را پیشنهاد می‌کنید؟
بخش سوم	**سؤال ۱**	در شکل زیر اگر نیرو ۴ برابر و طول تیر ۲ برابر و سفتی جنس و ممان اینرسی سطح مقطع تیر ۲ برابر شود، محاسبه کنید جابه‌جایی تیر نسبت به حالت قبل چه تغییری می‌کند؟ 
	سؤال ۲	در شکل زیر یک تخته شیرجه شنا را مشاهده می‌کنید. اگر طول تخته ۲ برابر و وزن شناگر نیز ۲ برابر شود مقدار جابه‌جایی انتهای تخته قبل از پرش نسبت به حالت قبل از آن چه تغییری می‌کند. محاسبه نمایید. 
	سؤال ۳	اگر طول یک تیر یک سر درگیر دو برابر شود و بقیه ابعاد و جنس ثابت بماند، محاسبه کنید سفتی خمشی تیر چند برابر می‌شود؟

منابع

۱ـ برنامه درسی رشتهٔ تأسیسات مکانیکی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش، سال ۱۳۹۴.

۲ـ قدیری مقدم، اصغر، میرمنتظری، سید حسن، آقازاده هریس، احمد، تأسیسات حرارتی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.

۳ـ میرمنتظری، سید حسن، رئیسی، علی، حکمت، علی، آقازاده هریس، احمد، تأسیسات بهداشتی ساختمان، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.

۴ـ سوادکوهی، مجید، ضیغمی، حسن، عیب‌یابی و تعمیر آب‌گرم‌کن دیواری، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.

۵ـ پارسا، محمود، گل‌محله، امید، متالورژی عمومی و شناخت مواد صنعتی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.