

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



# دانش فنی پایه

رشته سرامیک

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب:** دانش فنی پایه (رشتهٔ سرامیک) - ۲۱۰۵۰۸
- پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** غلامرضا امامی‌میددی، هادی برزگر بفرویی، حمید تقی‌پور ارمکی، ندی دیده‌ور، الهام صمدبین، ناصر ضیاییان مفید (اعضای گروه تألیف)
- مدیریت آماده‌سازی هنری:** ادارهٔ کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- شناسه افزوده آماده‌سازی:** مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - سیدعلی موسوی (طراح جلد) - جهانگیر سرزارع، مهلا مرتضوی (صفحه‌آرا) - فاطمه رئیس‌یان فیروزآباد (رسام)
- نشانی سازمان:** تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
- تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- وب سایت: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)
- ناشر:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰
- صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹
- چاپخانه:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
- سال انتشار و نوبت چاپ:** چاپ هشتم ۱۴۰۲

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



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

امام خمینی (قَدَسَ سِرُّهُ)



۹.....	پودمان اول : کلیات
۲۳.....	پودمان دوم : مواد و ویژگی آنها
۵۹.....	پودمان سوم : تحلیل و طبقه بندی مواد اولیه سرامیک ها
۱۰۳.....	پودمان چهارم : فناوری و سرامیک
۱۲۱.....	پودمان پنجم : کاربرد سرامیک ها در محیط زیست
۱۳۵.....	فهرست منابع

با توجه به آموزه‌های اسلامی، کار و اشتغال از ارزش تربیتی برخوردار است و انسان از طریق کار، نفس سرکش را رام کرده و شخصیت وجودی خویش را صیقل داده، هویت خویش را تثبیت کرده و زمینه ارتقای وجودی خویش را مهیا و امکان کسب روزی حلال و پاسخگویی به نیازهای جامعه را فراهم می‌آورد. آموزش فناوری، کار و مهارت‌آموزی، باعث پیشرفت فردی، افزایش بهره‌وری، مشارکت در زندگی اجتماعی و اقتصادی، کاهش فقر، افزایش درآمد و توسعه یافتگی خواهد شد. برای رسیدن به این مهم، برنامه‌ریزی درسی حوزه دنیای کار و دنیای آموزش بر مبنای نیازسنجی شغلی صورت گرفته است. درس‌های رشته‌های تحصیلی شاخه فنی و حرفه‌ای شامل دروس آموزش عمومی، دروس شایستگی‌های غیرفنی و شایستگی‌های فنی مورد نیاز بازار کار است. دروس دانش فنی از دروس شایستگی‌های فنی است که برای هر رشته در دو مرحله طراحی شده است. درس دانش فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم و کسب دانش فنی پایه در گروه و رشته تحصیلی است که هنرجویان در پایه دهم و در آغاز ورود به رشته تحصیلی خود می‌بایست آن را آموزش ببینند و شایستگی‌های لازم را در ارتباط با دروس عملی و ادامه تحصیل در رشته خود کسب نمایند. درس دانش فنی تخصصی که در پایه دوازدهم طراحی شده است، شایستگی‌هایی را شامل می‌شود که موجب ارتقای دانش تخصصی حرفه‌ای شده و زمینه را برای ادامه تحصیل و توسعه حرفه‌ای هنرجویان در مقطع کاردانی پیوسته نیز فراهم می‌کند.

لازم به یادآوری است که کتاب دانش فنی پایه تئوری تفکیک شده دروس عملی کارگاه‌های ۸ ساعته نیست بلکه در راستای شایستگی‌ها و مشاغل تعریف شده برای هر رشته تدوین شده است. در ضمن، آموزش این کتاب نیاز به پیش‌نیاز خاصی ندارد و براساس آموزش‌های قبلی تا پایه نهم به تحریر درآمده است. محتوای آموزشی کتاب دانش فنی پایه، آموزش‌های کارگاهی را عمق می‌بخشد و نیازهای هنرجویان را در راستای محتوای دانش نظری تأمین می‌کند. تدریس کتاب در کلاس درس به صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعال صورت می‌گیرد.

### دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

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

## سخنی با هنرجویان عزیز

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

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

می‌توانید در هنگام ارزشیابی این درس، از کتاب همراه هنرجوی خود استفاده نمایید.

توصیه می‌شود در یادگیری این درس به دلیل کاربرد زیاد آن در درس‌های دیگر رشته، کوشش لازم را داشته باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش







# پودمان ۱

کلیات



## تعریف مختصر از رشته

نمک‌ها و دماهای بالا مقاومت خوبی دارند. در حال حاضر دانش آموختگان رشته سرامیک با کنترل نوع و نسبت ترکیب مواد اولیه و مراحل ساخت، فرآورده‌های گوناگونی مانند کاشی، آجر دیرگداز، ظروف چینی و سفالی، لعاب‌ها، قطعات الکترونیکی، شیشه و سیمان و قطعات پیشرفته سرامیکی را طراحی و تولید می‌کنند. در رشته سرامیک، کلیه فرایندهای ساخت سرامیک از مواد اولیه و آماده‌سازی آن تا کنترل کیفی محصولات ساخته شده و عرضه به بازار و ارتباط بین ساختمان و خواص این مواد آموزش داده می‌شود.

رشته سرامیک یکی از وسیع‌ترین و مهم‌ترین شاخه‌های علم مهندسی مواد می‌باشد. سرامیک به‌طور کلی علم ساختن و به‌کاربردن اشیای جامدی است که اجزای تشکیل‌دهنده اصلی و عمده آنها مواد غیرآلی و غیرفلزی است. علم سرامیک علاوه بر سفالینه‌ها شامل انواع چینی‌ها، دیرگدازها، فرآورده‌های رسی ساختمانی، مواد ساینده، لعاب‌های چینی، سیمان، شیشه، مواد مغناطیس غیر فلزی، فروالکترونیک‌ها و بیوسرامیک‌ها و محصولات دیگر نیز می‌شود. اغلب فرآورده‌های سرامیکی در برابر آب، اسیدها، گازها،



## مشاغل صنعت سرامیک

کارخانه‌ها و مراکز تحقیقاتی به منظور دستیابی به محصولات با کیفیت بالاتر مشغول به کار شوند. همچنین با کسب تجربه بیشتر امکان دستیابی به رده‌های بالاتر مانند مدیریت پروژه، تأسیس کارگاه‌های تولید سرامیک سنتی، متخصص گروه خاصی از مواد، کار در حوزه تحقیقات و مشاوره نیز وجود دارد.

افرادی که در مقاطع تحصیلی بالاتر در این رشته ادامه تحصیل می‌دهند، امکان دستیابی به فرصت‌های شغلی شامل مسئول دستگاه‌های اندازه‌گیری خواص مواد دارند. همچنین با توجه به لزوم به‌کارگیری سرامیک‌ها برای توسعه صنایع نوین در آینده شاهد افزایش تحقیق و توسعه این رشته در زمینه‌های مختلف از قبیل پوشش‌های سرامیکی، سرامیک‌های الکتریکی و نوری، سرامیک‌های دما بالا خواهیم بود که زمینه‌های شغلی بیشتری را برای این رشته فراهم خواهد کرد.

امروزه صنایع سرامیک برای توسعه اکثر صنایع اهمیت بسیاری دارند. برای مثال صنایع متالورژی و سایر صنایعی که با درجه حرارت بالا سروکار دارند، مصرف‌کننده مواد دیرگداز هستند یا صنایع الکترونیک احتیاج به قطعات مختلف سرامیکی با خواص الکترونیکی و مغناطیسی مطلوب دارند. همچنین صنایع اتومبیل‌سازی، ساختمانی، تولید انرژی، مخابرات و بالاخره هر خانه و خط تولید هر کارخانه‌ای نیازهای سرامیکی دارد.

در حال حاضر کشور ما کارخانه‌های عمده کاشی‌سازی، چینی‌سازی، تولیدکننده مواد دیرگداز، تولیدکننده سرامیک‌های الکتریکی، شیشه‌سازی، آجرسازی و سیمان دارد که فارغ‌التحصیلان رشته سرامیک می‌توانند در آنها مشغول به کار شده و به افزایش کارایی و راندمان کارخانه و همچنین بهبود کیفیت محصول آن کمک نمایند.

فارغ‌التحصیلان رشته سرامیک می‌توانند در خط تولید، بخش کنترل قطعات (کنترل کیفیت) و آزمایشگاه‌های



## نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشته و چگونگی بهره‌برداری از آن

قطعات سرامیکی متناسب با نیازهای صنعتی تولید کنند. امروزه در محیط‌های صنعتی، خلاقیت، نوآوری، کار گروهی و امکان استفاده از فناوری‌های جدید از مهم‌ترین ابزارهایی است که یک فرد صنعتی می‌تواند در محیط کار برای رشد و پیشرفت علمی خود از آن استفاده کند.

نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات (IT) در تمامی زمینه‌ها از جمله صنعت بر هیچ فردی پوشیده نیست و برنامه‌ریزان در عصر حاضر و آینده نیازمند به‌کارگیری این فناوری هستند. هنرجویان می‌توانند با کسب مداوم اطلاعات در ارتباط با فناوری‌های نوین دانش خود را به‌روز کرده و

## الهام از طبیعت

پیچیده و باشکوهی دارند؛ به‌طور مثال محققان مطالعات زیادی را بر روی عنکبوت‌ها انجام داده‌اند و دریافتند که چگونه این حشرات می‌توانند مولکول‌های پروتئینی محلول در آب را به نخ‌های ابریشمی نامحلول که محکم‌تر از کولار<sup>۱</sup> (ماده‌ای که در ساخت جلیقه‌های ضدگلوله از آن بهره‌گیری می‌شود) هستند، تبدیل نمایند.

دانشمندان زیادی در زمینه الهام از جانداران و طبیعت تحقیق و فعالیت می‌کنند، بیشتر پژوهش‌ها بر کشف ویژگی‌های مواد بدن جانداران متمرکز است که چگونه مواد ساختمانی ساده (قندها، پروتئین‌ها، مواد معدنی و آب) موادی مانند چوب، استخوان و پوسته سخت حشرات را ایجاد می‌کند که ساختمان‌های طبیعی بسیار



همچنین به‌دنبال آن هستند تا روشن کنند که چگونه صدف‌ها می‌توانند مواد گچی موجود در آب دریا را متبلور کرده و از آن در ساخت صدف بدن خود کمک بگیرند. این صدف‌ها نسبت به بهترین نوع سرامیک‌های موجود، تقریباً دو برابر استواری و استحکام دارند.



1.Kevlar

دانشمندان دربارهٔ مواد طبیعی دیگری نیز کار کرده‌اند؛ دندان‌های موش که می‌تواند قوطی‌های فلزی را سوراخ کند و شاخ کرگدن با ویژگی بازسازی و چسب‌های بسیار نیرومند که نرم‌تنان می‌سازند همگی نمونه‌هایی از مواد طبیعی سرامیکی به‌شمار می‌روند.



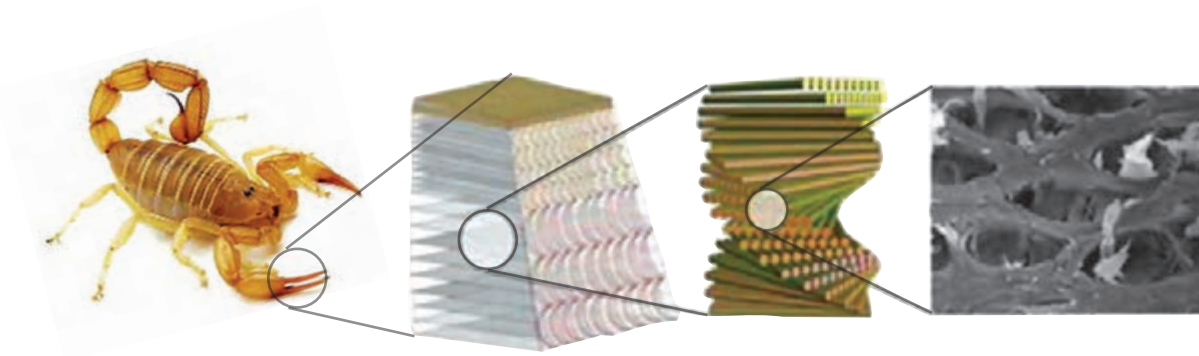
مهمی نیست، تبدیل به صدف زیبا و استوار کند. با بررسی صدف در زیر میکروسکوپ الکترونی مشخص شده که صدف دارای لایه‌های بسیار نازک کلسیم سولفات است که در شبکهٔ پروتئینی آلی به ضخامت ده میلیونیم متر قرار گرفته است. این آرایش از ایجاد ترک در صدف جلوگیری کرده و شکنندگی آن را نسبت به سرامیک‌های صنعتی بسیار کمتر می‌کند.

همچنین بررسی‌های زیادی بر روی ساختمان قاب سوسک‌ها انجام شده است که توانسته تغییراتی در ساخت صنایع فضایی ایجاد کند. قاب تنومند سوسک ساختاری شبیه به کامپوزیت‌ها دارد که از وارد کردن الیاف در زمینه پروتئینی ساخته شده است.

دانشمندان به طبیعت رجوع کرده‌اند و از آن برای ساخت مواد جدید الهام می‌گیرند و به نتایجی رسیده‌اند که مفیدتر از ساخت مواد جدید است. برای نمونه می‌توان از الیاف مصنوعی مانند کولار نام برد که از اسید سولفوریک جوشان با فشار بالا، تهیه می‌شوند. هزینهٔ تأمین انرژی این مرحله بسیار بالا است و موادی که در تهیهٔ آن به کار می‌روند بسیار خطرناک بوده و از بین بردن آنها نیز دشوار است. در حالی که تار عنکبوت آلودگی محیط‌زیستی نداشته و در هر شرایطی قابل تولید است.

در طبیعت، جاندارانی مانند صدف می‌تواند مواد ساده‌ای مانند سولفات کلسیم را که به‌طور طبیعی مادهٔ ساختمانی

زمانی که قاب پشت سوسک زیر میکروسکوپ الکترونی بررسی شد، شباهت بسیاری با موادی که در صنایع جدید نظامی به کار گرفته می‌شوند، مشاهده گردید. ساختار مشابهی در بدن عقرب نیز مشاهده شده است (شکل ۱).



چنگال عقرب

لایه‌های موجود در چنگال عقرب

ساختار کامپوزیتی لایه‌ها

شکل ۱- ساختار کامپوزیتی چنگال عقرب

## ساخت فیبرهای نوری با الهام از اسفنج‌های دریایی

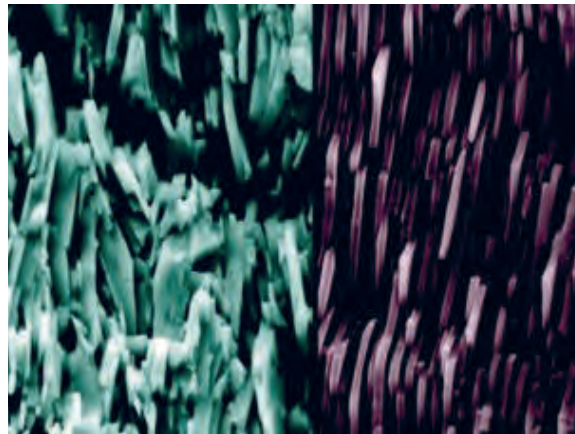
فیبرهای نوری می‌توانند با سرعت غیرقابل تصویری داده‌ها را منتقل کرده و انسان را در زمینه ارتباطات جلو ببرند. اسفنج‌های دریایی الهام خوبی برای ساخت فیبرهای نوری هستند. جنس یک نوع از اسفنج‌های دریایی از نوعی شیشه است که فیبرهای آن بسیار باریک (در حد تار موی انسان) هستند اما اگر در کنار هم جمع شوند، ساختاری بسیار مستحکم می‌سازند.



## مواد سرامیکی مقاومتر با الهام از طبیعت

است، اما در عوض کل پوسته صدف بسیار مقاوم است. این استحکام مربوط به مراحل ساخت آن است. صدف مروارید برای ساخت پوسته خود از پروتئین برای افزایش استحکام کلسیم کربنات استفاده می‌کند. نتیجه حاصله به توده‌ای از آجرهای ساختمانی شباهت دارد که با ملات ساخته شده از پروتئین به یکدیگر متصل شده‌اند که ترک در آن ایجاد نمی‌شود (شکل ۲). برخی از دانشمندان در حال یافتن رمزهای بیشتری از آفرینش هستند و هنوز راه درازی برای گسترش روش‌هایی که به صنایع، توانایی تولید انبوه چنین موادی را بدهد وجود دارد.

سرامیک‌های جدیدی از پوسته صدف مروارید ساخته شده است. پوسته این صدف دریایی بسیار قوی‌تر و با دوام‌تر از سرامیک‌های کنونی است. سرامیک مصنوعی ساخته شده از پوسته صدف مروارید در مقایسه با سرامیک‌های کنونی از شکنندگی کمتری برخوردار است و می‌تواند درجه حرارت بالاتر از ۶۰۰ درجهٔ سلسیوس را در محیط‌های پرتنش تحمل کند. در طبیعت، این نوع از صدف به دو گونه یافت می‌شود، یکی به‌عنوان پوسته خارجی صدف مروارید و دیگری لایه داخلی پوسته حلزون. کلسیم کربنات که ۹۵ درصد این پوسته‌ها را تشکیل می‌دهد بسیار ترد و شکننده



شکل ۲- ساختار پوسته صدف زیر میکروسکوپ

## تاریخچه مواد و علم مواد

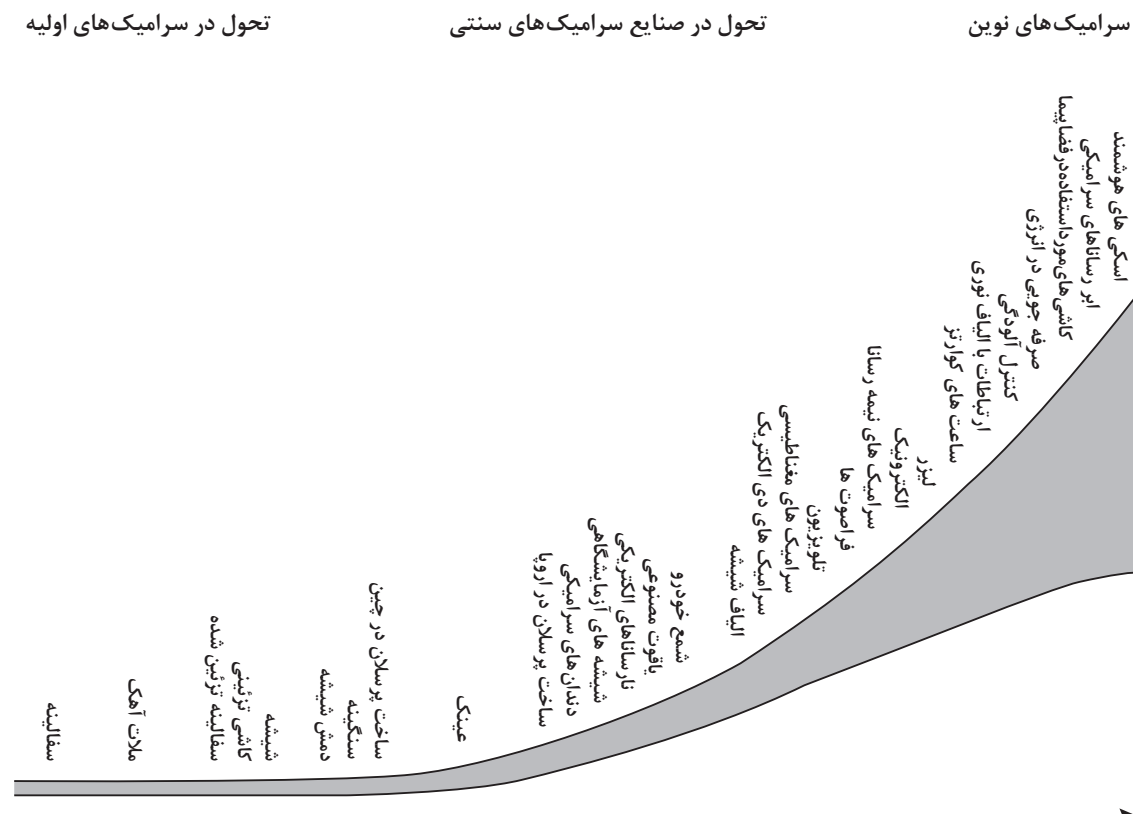
سلاح از موادی استفاده می‌کرد که از محیط اطراف تأمین می‌شدند؛ این مواد شامل استخوان حیوانات، چوب و از همه مهم‌تر سنگ بود. ابزارهای سنگی به دلیل استحکام و سختی مناسب بسیار مورد توجه قرار داشتند و بنابراین این دوران با عنوان دوره سنگ یا دوره پارینه‌سنگی شناخته شده است. از جمله نخستین اشیای ساخته شده با دست انسان، سفال است. سفالگران در حین پخت اشیای سفالین متوجه شدند که بعضی از سنگ‌ها در برابر حرارت

مواد در پیشرفت جوامع بشری نقش بسیار مهمی داشته است، به‌طوری که مورخین، هر دوره تاریخی را با نام یکی از موادی که در آن دوره نقش مهمی داشته است، نام‌گذاری کرده‌اند. عصر سنگ و عصر برنز از جمله این نام‌گذاری‌ها است. این موضوع نشان‌دهنده نقش مواد و اهمیت آنها در زندگی بشر و تأثیر آن بر فعالیت و رفتارهای او در قرون گذشته است. از نقطه نظر تاریخی می‌توان گفت که تمدن بشری با عصر سنگ آغاز شده است. در این دوران، بشر برای تولید ابزار، سرپناه و

ذوب می‌شوند و به شکلی دیگر درمی‌آیند که بعدها نام نوسنگی مس بر آن نهاده شد. پس از آن به‌کارگیری ابزارهای فلزی جامعه بشری را به سطح جدیدی ارتقا داد، با گذشت زمان، انقلاب صنعتی و توسعه ماشین بخار و موتور الکتریکی مجهز باعث پیشرفت‌های روزافزون مواد و افزایش تولید آنها شد. به‌کارگیری مواد مغناطیسی و الکتریکی انقلاب دیگری را در تمدن ایجاد کرد و سبب ظهور فناوری رادیو و رایانه‌ها شد.

## تاریخچه سرامیک

پیشرفت‌های حاصل در تمدن همواره در پی پیشرفت یا نوآوری در مواد رخ داده است. تاریخ با سرامیک‌ها در هم آمیخته است. اگرچه از زمان پیدایش اولین سرامیک‌ها و سفال قرن‌های زیادی گذشته است اما هنوز هم جزء حیاتی زندگی ما هستند در شکل ۳ مسیر تکاملی دنیای مواد سرامیکی نشان داده شده است.



شکل ۳- سیر تحول محصولات سرامیکی با گذشت زمان

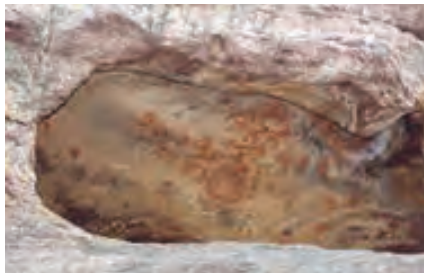


## سرامیک‌های اولیه

### تولد سفال:

غارنشین در دست دارند، قطعات سنگی و دیگر اجسامی هستند که در کف غارهای قدیمی دفن شده است. با گذشت قرن‌ها، غارنشینان با استفاده از مخلوط خاک‌های رنگی و آب شروع به کشیدن عکس بر روی دیوار غارها کردند. آنها کشف کردند که برخی از انواع خاک‌ها (که ما امروزه آنها را رس می‌نامیم) در صورت مرطوب شدن نرم شده و قابلیت شکل‌پذیری پیدا می‌کنند و می‌توان با آنها قطعات و مجسمه‌های گوناگون ساخت (مانند گاو میش کوهان‌دار که در غاری در فرانسه کشف شد).

تصور کنید که زندگی در عصر حجر چگونه بوده است؟ در آن زمان فروشگاه، خانه، شهر و حتی خط نوشتاری وجود نداشت. غار پناهگاه انسان‌ها بوده و برای شکار از مکانی به مکان دیگر کوچ می‌کردند. آنها هیچ درکی از فلز یا پلاستیک نداشتند. تنها موادی که می‌شناختند مواد طبیعی اطراف آنها یعنی سنگ‌ها، گیاهان و پوست و استخوان حیوانات بود. سنگ‌ها، سرامیک‌هایی هستند که توسط طبیعت ساخته شده‌اند؛ چون در آن زمان هیچ خطی برای نوشتن وجود نداشت، تنها مدارکی که باستان‌شناسان و انسان‌شناسان برای مطالعه نحوه زندگی انسان اولیه



شکل ۴- نمونه‌هایی از نقاشی بر روی دیوار غار

نمونه‌هایی از سفال‌های قدیمی در شکل ۵ آمده است.



شکل ۵- نمونه‌هایی از سفال‌های قدیمی

استفاده نمی‌کردند و احتمالاً ظروف گلی تولیدی را کنار همان آتشی که برای پختن گوشت شکار مهیا می‌کردند، می‌پختند. کاشی نیز نوعی سفال است که قدمت آن به قرن‌ها پیش از ظهور اسلام در ایران می‌رسد و برخی از نمونه‌های موجود و نوشته‌های صاحب‌نظران این پیشینه را تأیید می‌کند. امروزه سفال، سرامیک و کاشی یکی از

به اعتقاد باستان‌شناسان، ایران یکی از زادگاه‌های اصلی سفالگری بوده است. نمونه‌های کشف‌شده در حفاری‌های بختیاری مربوط به ده‌هزار سال قبل نشان‌دهنده قدمت سفالگری در ایران است. اشیای مذکور کاملاً بدون استفاده از چرخ سفالگری ساخته شده و بررسی‌ها نشان می‌دهد که در آن زمان، سفال‌سازان از کوره برای پخت سفال

به‌عنوان صنعت یا حرفه در حدود ۶۰۰۰ سال قبل در ایران آغاز شده است.

بدون تردید اختراع چرخ سفالگری ساده تحول جدیدی در صنعت سفال‌سازی به‌وجود آورد. در اواسط هزاره سوم قبل از میلاد، نمونه‌های سفالی با چرخ سفالگری تولید می‌شدند که در شوش یافت شده است. همچنین نمونه‌هایی از ظروف سفالین نقش‌دار در نقاط مختلف ایران نظیر سیلک (کاشان)، تپه‌حسنلو (آذربایجان)، تپه‌حصار (دامغان)، اسماعیل‌آباد (قزوین) و تخت جمشید (مرو دشت) کشف شده است که زیباترین اشیای جهان در زمینه سفال‌سازی محسوب می‌شود. از ویژگی‌های سفال‌های باستانی ایران، استفاده از طرح‌ها و نقوش واقعی در آثار است. آنها تلاش می‌کردند تا نقوش حیوانات و پرندگان نظیر مار و قوچ را بر روی بدنه سفال ایجاد کنند. (شکل ۶)

مصلح ضروری ساختمان محسوب می‌شود که از هزاران سال پیش به‌صورت ابتدایی و حتی بدون استفاده از کوره پخت تهیه می‌شده است.

ظروف سفالین منقوش و غیرمنقوش متعددی که از نقاط مختلف ایران به دست آمده، نشان می‌دهد که این هنر در ایران بسیار مورد توجه قرار داشته و تعداد زیادی از این آثار در قبرهای مردگان یافت شده است زیرا مردم آن زمان عقیده داشتند که پس از مرگ، احتیاجات مادی آنها در دنیای دیگر ادامه خواهد یافت.

صنعت سفال‌سازی در حدود هزاره پنجم قبل از میلاد از نظر کیفی و فنی ترقی کرد. ظروفی در «سیلک کاشان» و در «شوش» کشف شده که قرمز رنگ و دارای لکه‌های دودی و سیاه هستند و جداره داخلی این ظروف ماده‌ای شبیه لعاب دارد. به‌طور خلاصه می‌توان گفت که سفال‌سازی



شکل ۶- نمونه‌هایی از سفال‌های باستانی ایرانی

هنر کاشی‌کاری در شوش و نواحی غربی و مرکزی ایران تجلی داشته و در تزئینات دیوارهای «کاخ هگمتانه» کاشی‌های رنگی متعددی به کار رفته است. همچنین طی حفاری‌های انجام شده در «زیگورات/چغازنبیل» نمونه‌های متعددی از انواع کاشی و آجرهای لعاب‌دار به‌همراه تعدادی سفال‌های کوچک به‌دست آمده که نشان‌دهنده رونق تولید سفالگری در دوره تمدن ایلامی است.



شکل ۷- دو باریکه کاشی از جنس سفال، متعلق به دوره قاجار

## سرامیک‌ها در عصر فلز

محفظه، یکی برای سوخت و دیگری برای پخت ظرف‌های سرامیکی بود را ابداع کردند. چون در این کوره‌ها آتش در تماس مستقیم با سرامیک‌ها نبود، رنگ‌های سرامیکی حساس به حرارت بر روی سرامیک قبل از پخت اعمال می‌شدند تا پس از پخت این رنگ‌ها جزئی از بدنه شوند. ابداع دیگر ساخت لعاب‌های سفالگری بود. لعاب پوششی شیشه‌ای است که نه تنها سطح سفالینه‌های متخلخل را در برابر نفوذ مایعات محافظت می‌کند، بلکه باعث زیبایی سفال‌ها نیز می‌شود. احتمالاً لعاب‌های اولیه در حدود ۵۰۰۰ سال قبل به منظور ایجاد رنگی مشابه رنگ زیبای سنگ لاجوردی ساخته شده بود. پس از ساخت این لعاب، سفالگران شروع به ساخت ترکیبات گوناگون لعابی از سنگ‌های خرد شده با آب و اعمال آن بر روی بدنه کردند.

عصر فلزات تأثیر زیادی بر تمدن داشت، اما سرامیک‌ها اهمیت خود را از دست ندادند، بلکه به دلیل دارا بودن خاصیت دیرگدازی که در عصر حجر کشف شده بود، ارزشمندتر شدند.

استخراج فلزات از سنگ معدن نیاز به دمای بالا داشت و ابزارهای سرامیکی تنها موادی بودند که قابلیت تحمل این دمای بالا را داشتند. حتی پس از آنکه فلزات استخراج می‌شدند، برای ذوب آنها به ظرف‌های سرامیکی نیاز بود. همچنین فلزات درون قالب‌های سرامیکی با اشکال متفاوت ریخته و سرد می‌شدند تا قطعات و ابزارهای زیبا و مفید ایجاد شوند.

یکی از عوامل تأثیرگذار در ابداع سرامیک‌ها در این دوره پیشرفت در طراحی کوره‌های دما بالا برای پخت سفال‌ها بود. همچنین سفالگران نوع جدیدی از کوره را که دارای دو

## تحول سرامیک‌های سنتی

### اختراع چرخ سفالگری

در نظر بگیرد و با چرخاندن حصیر شکل‌دهی انجام دهد. سپس چرخ‌های سفالگری که به کمک پا یا شخص دیگری چرخانده می‌شدند ابداع شد. چرخ سفالگری سرعت تولید را تا حد زیادی افزایش داد و به دسترسی بیشتر مردم به سفالینه‌ها کمک کرد.

سفال‌ها جزء مهمی از وسایل زندگی مردم شدند و اولین سرامیک‌های سنتی محسوب می‌شوند. یکی از اختراعات مهم در تولید سفال چرخ سفالگری بود که در حدود ۳۵۰۰ سال قبل ابداع شد. احتمالاً اولین چرخ سفالگری یک حصیر بوده که سفالگر می‌توانست بر روی آن یک سنگ صاف برای قرارگیری گل رس



شکل ۸- انواع چرخ‌های سفالگری

## انواع جدید سفال

به دست می‌آمد، سفید و نیمه‌شفاف بود و هنگامی که با ناخن یا یک جسم سخت به آن ضربه زده می‌شد، صدای بسیار زیبایی مانند یک سنج یا اسباب موسیقی ایجاد می‌کرد. هنگامی که مارکو پولو در سال ۱۲۹۲ از سفر تاریخی خود به شرق بازگشت، این سرامیک جادویی را آلا پرسلا<sup>۲</sup> نام گذاشت، زیرا رنگ آن مانند رنگ صدف بود که در ایتالیا به آن پرسلانا<sup>۳</sup> گفته شد. امروزه ما این سرامیک‌های ظریف را پرسلان می‌نامیم. با گذشت قرن‌ها سفال و پرسلان به صناعی تبدیل شدند که از نسلی به نسل دیگر منتقل شده و بخش مهمی از سرامیک‌های متداول را تشکیل داده‌اند. از کاشی، آجر و سیمان نیز می‌توان به عنوان سرامیک‌های متداول نام برد. به‌طور مثال کاشی‌های تزئینی حدود چهار تا شش هزار سال قبل در مصر ساخته می‌شدند.

یکی دیگر از مهم‌ترین محصولات سرامیکی شیشه است. سیر تکاملی تولید سرامیک‌ها همچنان ادامه دارد که به تولید سرامیک‌های پیشرفته منجر شده است. با سرامیک‌های پیشرفته در پودمان‌های بعدی آشنا خواهید شد.

سفالگران یاد گرفتند که با پختن سفال‌ها در دماهای بالاتر می‌توانند ظرف‌های سرامیکی با استحکام بالا و با تخلخل کمتر بسازند. سفالگران چینی شیفته این پدیده شدند و بیش از سفالگران غرب با کوره‌های گوناگون و ترکیبات متفاوت کار کردند. آنها موفق به ساخت کوره‌هایی شدند که دمایی در حدود ۱۲۰۰ درجه سلسیوس را فراهم می‌کرد؛ این دما تقریباً پنج برابر دمایی است که یک اجاق خوراک‌پزی ایجاد می‌کند. ظرف‌های پخته شده در دماهای بالا تخلخل بسیار کمی داشتند، به نحوی که حتی بدون نیاز به لعاب می‌توانست آب را در خود نگه دارد؛ یکی از پیشرفت‌های کلیدی در این زمینه، استفاده از رس سفید به نام کائولن بود که برای پخت به دمای بالا نیاز داشت. ظرف‌های ساخته شده از کائولن در مقایسه با سفالینه‌ها و سنگینه‌های قهوه‌ای و قرمز، تقریباً سفید رنگ بودند.

در حدود سال ۶۰۰ میلادی سفالگران چینی ترکیب جدید دیگری را به نام پتونتس<sup>۱</sup> کشف کردند. این ماده یک سنگ طبیعی در چین بود که آن را پودر می‌کردند و به ترکیب سرامیک می‌افزودند.

سرامیکی که با این ترکیب در دمای ۱۳۰۰ درجه سلسیوس



شکل ۹- نمونه‌هایی از ظروف پرسلان

- 1 - Petuntes
- 2 - Alla Porcella
- 3 - Porcellana

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	عنوان پودمان
۳	دسته‌بندی محصولات سرامیکی بر اساس فناوری	بالاتر از حد انتظار	تحلیل وظایف شاغلین در حوزه سرامیک از نظر فناوری تعیین مشخصه محصولات سرامیکی با الهام از طبیعت	۱- تحلیل محیط کار و مشاغل رشته سرامیک ۲- الگوگیری از طبیعت در تولید محصولات سرامیکی	پودمان ۱: کلیات
۲	تحلیل محیط کار- نوآوری در تولید	در حد انتظار			
۱	تحلیل محیط کار	پایین تر از انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان	
				نمره پودمان از ۲۰	





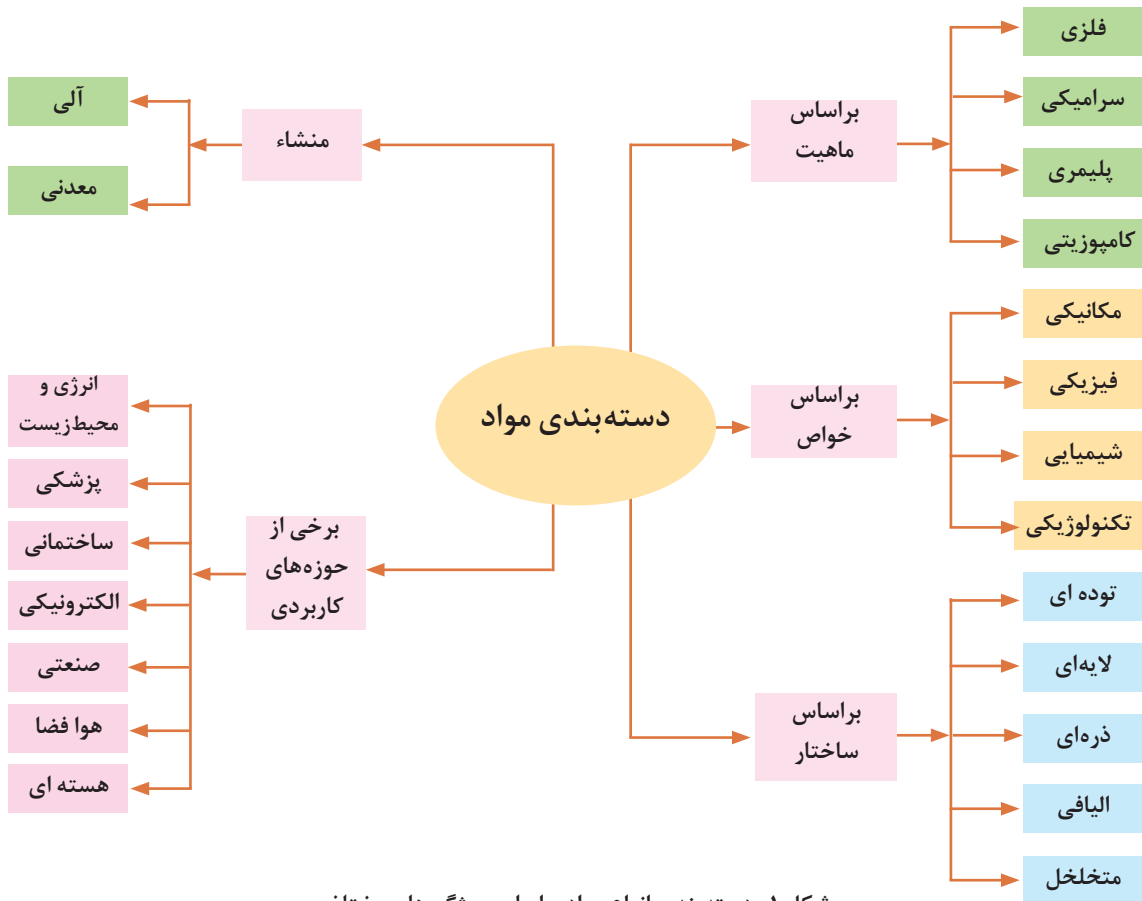
## پودمان ۲

مواد و ویژگی آنها



## طبقه بندی مواد

روش های متعددی برای طبقه بندی مواد وجود دارد. در شکل ۱ طبقه بندی مواد از جنبه های مختلف نشان داده شده است.



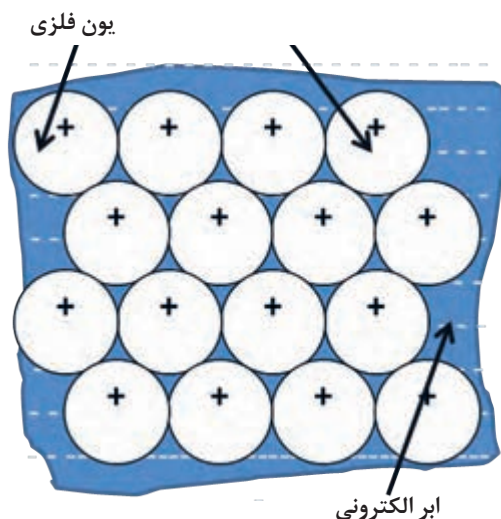
شکل ۱- دسته بندی انواع مواد بر اساس ویژگی های مختلف



### طبقه بندی مواد بر اساس پیوند

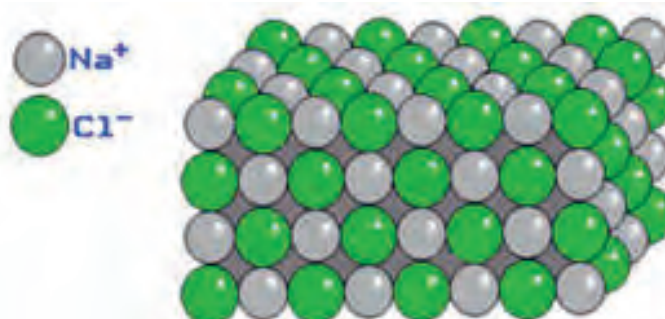
را آزاد می سازد. مجموع این الکترون ها تشکیل یک ابر الکترونی می دهد که به طور آزادانه و سریع بین یون های مثبت حرکت می کنند. نیروی جاذبه بین یون های فلزی و ابر الکترونی باعث ایجاد پیوند فلزی می شود.

خواص یک ماده بر اساس ترتیب قرار گیری اتم ها و پیوند بین آنها تعیین می شود. انواع پیوندهای اتمی در جامدات شامل فلزی، یونی، کووالانسی و پیوندهای ثانویه (واندروالس و هیدروژنی) است. هنگامی که اتم های فلزات به یکدیگر نزدیک می شوند هر اتم الکترون های لایه ظرفیت خود



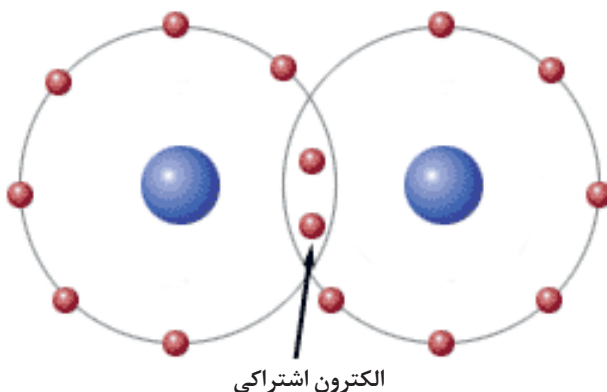
شکل ۲- تشکیل ابر الکترونی در ساختار فلزی

در پیوندهای یونی نیروی جاذبه بین یون های مثبت و منفی عامل اتصال یون ها است. به عنوان مثال نمک طعام از یون های مثبت سدیم و منفی کلر تشکیل شده است که نیروی جاذبه بین این یون ها ایجاد پیوند یونی می کند.



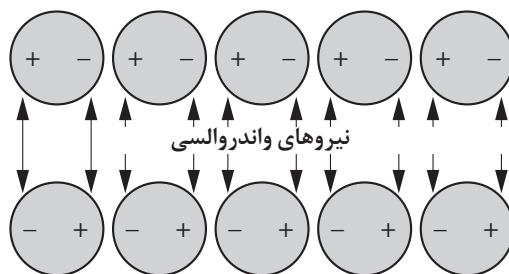
شکل ۳- ساختار نمک طعام

پیوند کووالانسی از به اشتراک گذاشتن الکترون‌های لایه آخر دو اتم ایجاد می‌شود. این پیوند همیشه بین دو غیرفلز ایجاد می‌شود. به عنوان مثال در SiC هر یک از عناصر Si و C چهار الکترون در لایه ظرفیت خود دارند که با اشتراک این الکترون‌ها، لایه ظرفیت کامل می‌شود و ساختار پایدار SiC ایجاد می‌شود.



شکل ۴- تشکیل پیوند کووالانسی

اتم‌ها در مولکول‌ها توسط نیروی واندروالس کنار هم نگه داشته شده‌اند. مولکول‌ها در حالت مایع و جامد توسط نیروی درون مولکولی به سوی یکدیگر جذب شده که باعث به وجود آمدن پیوند بین مولکول‌ها می‌شوند. پیوندهای برقرار شده بین مولکول‌ها را پیوند ثانویه می‌گویند. پیوندهای ثانویه ارتباطی به الکترون‌های ظرفیت ندارند و در نتیجه پیوندهای ضعیفی هستند. این پیوند بین لایه‌های گرافیت وجود دارد.



شکل ۵- پیوند واندروالس

پیوندهای اتمی مختلف را از لحاظ قدرت مقایسه کنید.



کنجکاوی

## دسته بندی مواد بر اساس ساختار

ساختار به معنی آرایش اتم‌های یک ماده در موقعیت‌های مشخص می‌باشد. ساختار در مقیاس میکروسکوپی به عنوان ریز ساختار بیان می‌شود. این آرایش‌ها در مقیاس‌های مختلف از کوچک‌ترین واحد در حد آنگستروم ( $^{\circ}A$ ) تا مقیاس‌های بزرگ‌تر در حد میلی‌متر (mm) قابل مشاهده هستند. مواد به دو صورت کریستالی و آمورف وجود دارند.

**ساختار کریستالی:** اگر آرایش اتم‌ها در مواد به صورت منظم از نوع بلندبرد باشد، به این ساختار کریستالی گفته می‌شود، مانند ساختار بسیاری از جامدات.

**آمورف:** اگر اتم‌ها در ساختار هیچ‌گونه نظم‌ی نداشته باشند و یا دارای نظم از نوع کوتاه‌برد باشند، ساختار آمورف نامیده می‌شود، مانند شیشه. برخی از مواد با ساختار کریستالی ممکن است به صورت تک کریستال یا چندکریستال (پلی کریستال) باشند.

تفاوت بین مواد تک کریستال و پلی کریستال در چیست؟

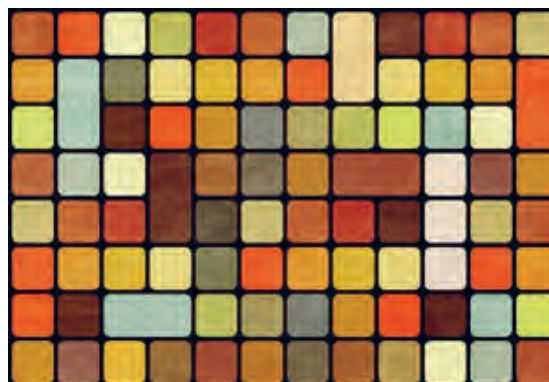


کنجکاوی

به شکل‌های زیر نگاه کنید، چه تفاوتی بین آنها وجود دارد؟



ب



الف

**مرز دانه:** در شکل الف خطوطی که مربع و مستطیل‌ها را از هم جدا کرده است مرز دانه می‌گویند. **ریز ساختار:** به مجموعه دانه و مرز دانه ریز ساختار گفته می‌شود که با چشم غیر مسلح قابل رؤیت نیست. با استفاده از میکروسکوپ می‌توان ریزساختار مواد را مشاهده کرد.

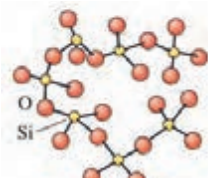
شکل الف شامل مربع و مستطیل‌های متعددی دارای مرز با یکدیگر می‌باشد و شکل ب فقط شامل یک مستطیل است. به نظر شما کدام یک از شکل‌های بالا نشان‌دهنده یک ماده پلی کریستال و کدام یک مربوط به ماده تک کریستال است؟ **کریستال و دانه:** به هریک از مربع‌ها و مستطیل‌های شکل الف دانه یا کریستال می‌گویند.

## آرایش اتمی و یونی مواد

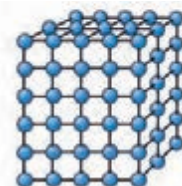
داشتن عناصر تشکیل دهنده متفاوت، دارای خواص و رفتار مشابهی هستند. پس چه ویژگی‌ای به جز ترکیب شیمیایی، موجب تفاوت در رفتار و خواص مواد می‌شود؟ برای جواب این سؤال لازم است کمی بیشتر با ساختار مواد آشنا شویم. ساختار ماده چگونگی ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌های تشکیل دهنده آن ماده را مشخص می‌کند. با پیوندهای شیمیایی که نحوه اتصال میان اتم‌ها و یون‌ها را مشخص می‌کنند، در درس‌های گذشته آشنا شده‌اید. در اینجا برای روشن شدن تأثیر ساختار روی خواص مواد، مثال معروفی را ارائه می‌کنیم. همان‌طور که می‌دانید گرافیت و الماس هر دو از اتم‌های کربن تشکیل شده‌اند. اما چرا خواص گرافیت و الماس با یکدیگر بسیار متفاوت است؟ الماس به‌عنوان سخت‌ترین ماده طبیعی معرفی می‌گردد و گرافیت به دلیل نرمی بسیار، به‌عنوان ماده روان‌کننده به کار گرفته می‌شود. تفاوت خواص گرافیت و الماس مربوط به نحوه اتصال و آرایش فضایی اتم‌های کربن در ساختار آنها می‌باشد.

### ساختار منظم - ساختار بی‌نظم

در حالت‌های مختلف مواد دو نوع آرایش را می‌توان یافت؛ کریستالی و آمورف.



(ب) آمورف



(الف) کریستالی

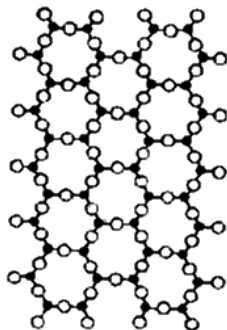
شکل ۶- انواع نظم اتمی

تا به حال از خود پرسیده‌اید که چرا مواد مختلف با هم متفاوت‌اند؟ چرا برخی از آنها استحکام بالاتری در مقایسه با سایرین دارند؟ چرا برخی از مواد رسانا و برخی نارسانا می‌باشند؟ چرا نور می‌تواند از بعضی از مواد عبور کند و از بعضی دیگر نه؟ سؤال‌هایی از این دست ذهن را متوجه تفاوت‌های مواد از نظر خواص می‌کند و ما را در رابطه با علت این تفاوت‌ها، به تفکر بیشتر وادار می‌کند. با اطلاعاتی که ما از ساختمان عناصر و تفاوت‌های موجود در آنها داریم شاید گمان کنیم که تفاوت‌های موجود در مواد مختلف حاصل تفاوت‌های عناصر تشکیل دهنده آنها است. با این تفکر، خواص مواد تنها حاصل تنوع عناصر تشکیل دهنده آنها خواهد بود و تمامی ویژگی‌های رفتاری مواد باید با شناخت عناصر تشکیل دهنده آنها روشن شده و همه اسرار مربوط به خصوصیات مواد آشکار گردد. به راستی با دانستن ترکیب شیمیایی، چه خواصی از مواد معلوم می‌شود؟

با کمی دقت و توجه به ترکیبات شیمیایی مواد پیرامون خود درمی‌یابیم که بسیاری از آنها با وجود اینکه در رفتار و خواص با یکدیگر تفاوت دارند ولی دارای عناصر تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی یکسان می‌باشند و برخی دیگر از مواد با

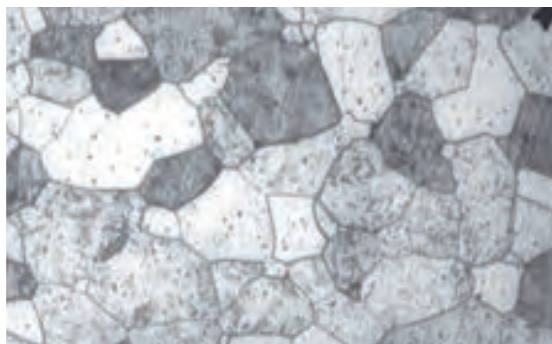
## مواد با ساختار منظم - کریستال

اکثر فلزات و آلیاژهای فلزی، نیمه‌هادی‌ها، سرامیک‌ها و برخی از پلیمرها که ساختار کریستالی دارند، دارای نظم ساختاری هستند. گستردگی این نظم در بین اتم‌ها یا یون‌ها بزرگ‌تر از ۱۰۰ نانومتر در سه بعد می‌باشد.

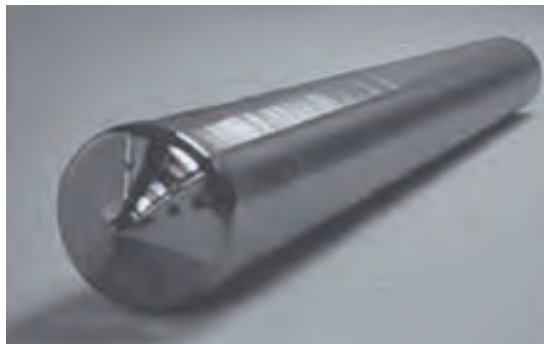


شکل ۷- ساختار با نظم بلند برد

اتم‌ها یا یون‌ها در سه بعد به‌طور منظم تکرار می‌شوند. این مواد با ساختار منظم را مواد کریستالی می‌نامند. اگر ماده‌ای فقط از یک کریستال بزرگ ساخته شده باشد، تک‌کریستال نام دارد. مواد تک‌کریستال در بسیاری از کاربردهای الکترونیکی و نوری مناسب می‌باشند. به‌طور مثال تراشه‌های کامپیوتر از سیلیکون تک‌کریستال ساخته می‌شود. مواد پلی‌کریستال از تعداد زیادی کریستال‌های کوچک در سه بعد تشکیل شده‌اند. شکل ۸ ساختار فولاد زنگ نزن پلی‌کریستال را نشان می‌دهد.



(ب) ساختار فولاد زنگ نزن زیر میکروسکوپ

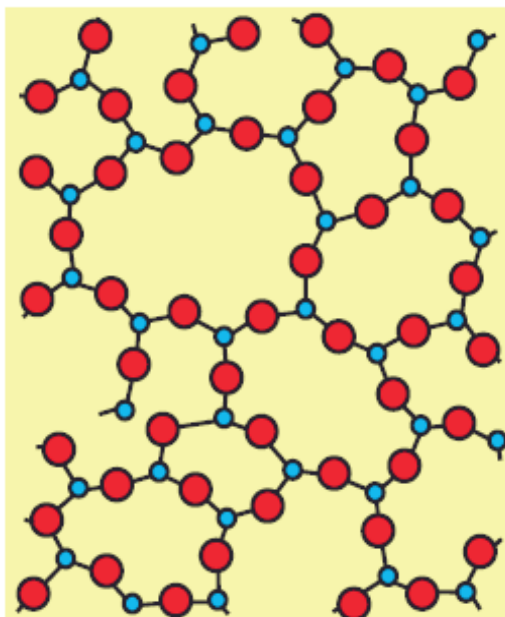


(الف) فولاد زنگ نزن

شکل ۸

## مواد با ساختار نامنظم – آمورف

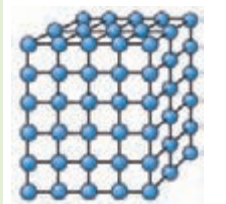
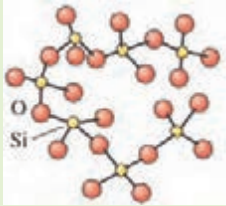
هر ماده‌ای که بی‌نظمی در بین اتم‌های خود داشته باشد، ماده آمورف نامیده می‌شود. بنابراین مواد آمورف غیرکریستالی هستند. به‌طور کلی اکثر مواد تمایل دارند یک آرایش منظم و تکراری تشکیل دهند، زیرا در این حالت آرایش پایداری دارند.



ساختار آمورف

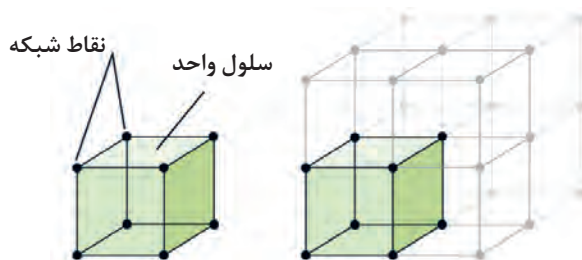
مواد را می‌توان براساس نظم ساختاری نیز دسته بندی کرد. جدول ۱ این نوع دسته بندی از مواد را نشان می‌دهد.

جدول ۱

شکل نظم ساختاری	مثال	نوع نظم	نوع مواد
	فلز، سرامیک	منظم	کریستال
	شیشه، پلاستیک	بی نظم	آمورف

## ساختار کریستالی

یک کریستال از مجموع اتم‌هایی تشکیل شده است که با نظم معینی در تمام حجم کریستال توزیع شده‌اند. اگر به‌طور فرضی مرکز این اتم‌ها به هم وصل شوند سیستمی به وجود می‌آید که شامل تعداد زیادی متوازی‌السطوح است، این سیستم را شبکه کریستالی می‌نامند. کوچکترین متوازی‌السطوحی که با انتقال پیوسته آن در سه جهت بتوان تمام جهت شبکه را پرکرد سلول واحد نامیده می‌شود. به عبارت دیگر از کنار هم گذاشتن سلول‌های واحد در سه جهت فضایی می‌توان حجم کریستال را ساخت.



شکل ۹- سلول واحد و شبکه کریستالی

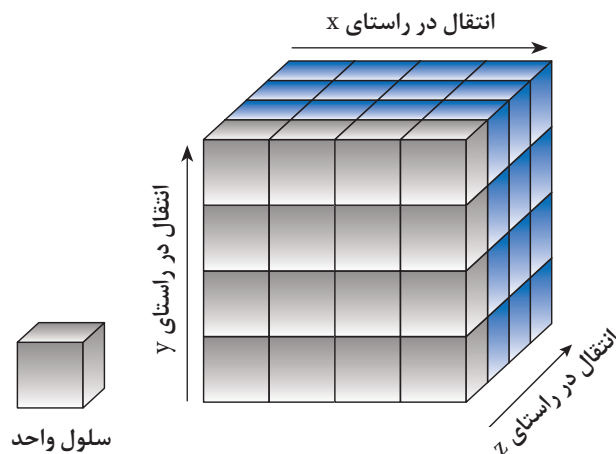
برای بررسی ساختار یک شبکه کریستالی کافی است کوچک‌ترین قسمت شبکه یعنی سلول واحد در نظر گرفته شود.

همان‌طور که قبلاً بیان شد، شبکه از لحاظ گستردگی بی‌نهایت می‌باشد، بنابراین برای بررسی هر شبکه کریستالی یک سلول واحد در نظر گرفته می‌شود. سلول واحد یک زیر مجموعه از یک شبکه کریستالی است که مشخصه‌ای کلی از یک کریستال را داراست. به عبارت دیگر یک کریستال ممکن است از میلیون‌ها سلول واحد تشکیل شده باشد. به شکل ۱۰ نگاه کنید، یک روبیک می‌باشد که در آن از کنار هم قرار دادن مکعب‌های کوچک در سه بعد یک مکعب بسیار بزرگ ایجاد شده است، اگر بخواهیم از روبیک برای تشریح یک کریستال استفاده کنیم، به هر یک از این مکعب‌های کوچک سلول واحد و به کل مکعب کریستال می‌گویند.



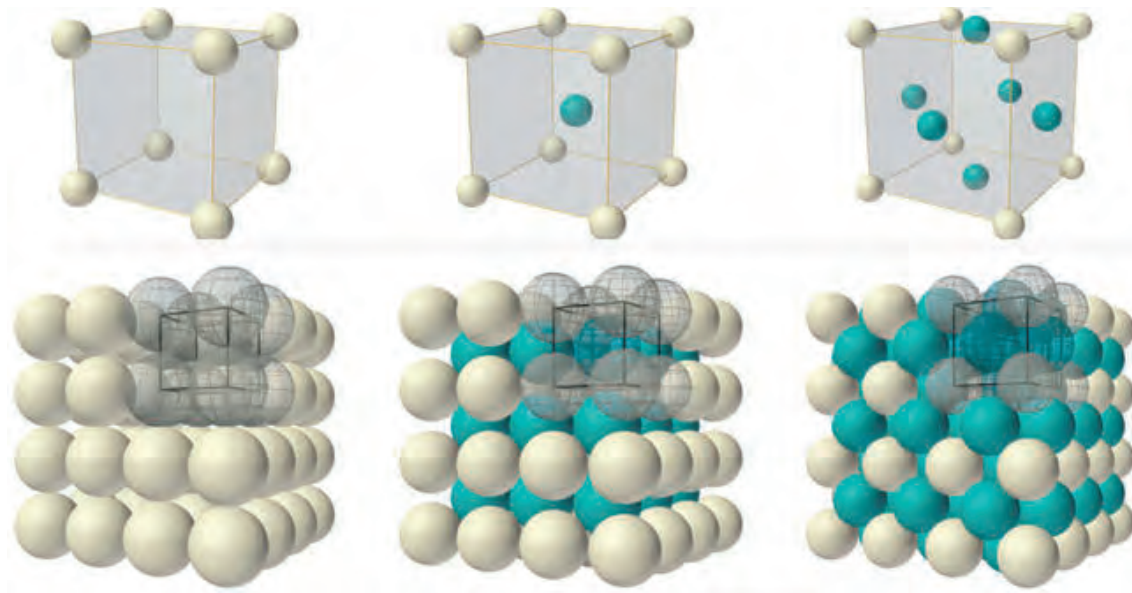
شکل ۱۰- روبیک

در شکل ۱۱ تکرار چیدمان سلول واحد در جهت محورهای  $x$ ،  $y$  و  $z$  نشان داده شده است.



شکل ۱۱- نحوه تشکیل شدن یک کریستال توسط یک سلول واحد

به شکل‌های زیر نگاه کنید و بگویید نقاط شبکه (نقاط مربوط به اتم یا یون) در کدام قسمت از سلول‌های واحد قرار می‌گیرند؟

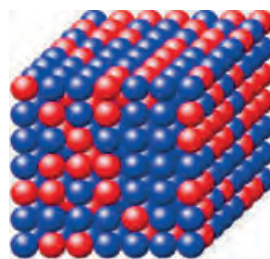


## تقسیم بندی مواد از نظر ماهیت

### ۱- فلزات

عناصر فلزی را با یکدیگر یا با عناصر غیرفلزی آلیاژسازی می‌کنند. آلیاژ ماده‌ای است که خواص فلزی دارد و از دو یا چند عنصر شیمیایی تشکیل شده که حداقل یکی از آنها فلز است. فولاد و برنج از جمله آلیاژهای مورد استفاده در صنعت هستند.

آهن، آلومینیوم، مس، نیکل، فولاد و برنج از جمله فلزات و آلیاژهای متداول در صنعت هستند. فلزات دارای خواص الکتریکی، حرارتی و مکانیکی بسیار خوبی هستند و دارای پیوند فلزی می‌باشند. فلزات در صنعت به ندرت به صورت خالص استفاده می‌شوند و برای بهبود خواص آنها، معمولاً



شکل ۱۲- نحوه قرارگیری اتم‌ها در آلیاژ

بررسی کنید آلیاژهای فولاد و برنج از چه عناصری تشکیل می‌شوند؟

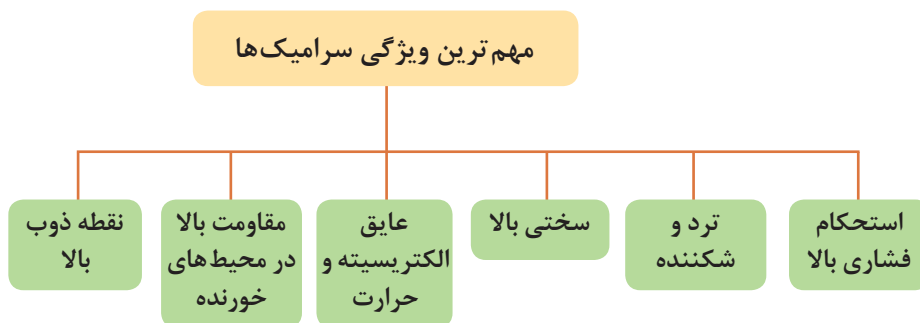


کنجکاوی



## ۲-سرامیک‌ها

از فراوان‌ترین عناصر موجود در پوسته زمین عناصر سیلیسیم (Si)، اکسیژن (O) و آلومینیوم (Al) می‌باشند. کنار هم قرار گرفتن این عناصر و همچنین حضور تعداد دیگری از عناصر، مجموعه‌ای وسیع از مواد اولیه فراهم می‌کند که غیرفلز و غیرآلی هستند و از آنها در ساخت محصولات سرامیکی استفاده می‌شود. مواد سرامیکی جدید از ترکیب کردن عناصر فلزی با تعدادی از عناصر غیرفلزی تشکیل می‌شوند. از جمله این مواد می‌توان موادی نظیر اکسیدها، نیتريد‌ها و کاربیدها را نام برد.



بررسی کنید در ساختار سرامیک‌ها چه نوع پیوندهایی بیشتر به کار رفته‌اند؟ چرا؟



کنجکاوی

سرامیک‌ها می‌توانند شفاف یا مات باشند و بعضی از آنها دارای خواص مغناطیسی هستند. در شکل ۱۳ نمونه‌هایی از سرامیک‌های شفاف نشان داده شده است.



شکل ۱۳- نمونه‌هایی از سرامیک‌های شفاف (YAG)



بررسی کنید در هر یک از کاربردهای زیر، چه ویژگی‌ای از سرامیک‌ها مورد توجه است؟

ویژگی مورد نظر سرامیک در این کاربرد	کاربرد
	ساینده از جنس سیلیسیم کاربید
	آلومینا در لامپ‌های هالیدی
	آستر سیلیسیم نیتريد در توربین‌های حرارتی
	آجرهای نسوز

### ۳- پلیمرها

شکل‌پذیری بالا را نام برد. بیشتر این مواد چگالی کم و نسبت استحکام به وزن مناسب دارند که بسیار بهتر از فلزات و حتی سرامیک‌ها است. پلیمرها به راحتی به اشکال پیچیده‌تر درمی‌آیند، زیرا در دمای بالا خاصیت جاری شدن این مواد به شدت افزایش می‌یابد و امکان قالب‌گیری آنها به شکل‌های مختلف فراهم می‌شود. اما مقاومت حرارتی آنها کم است و همین امر استفاده از آنها را محدود کرده است.

پلیمرها از زنجیره‌های بلند کربنی (مونومر) در کنار یکدیگر به وجود می‌آیند و پیوند بین اتمی در پلیمرها از نوع پیوندهای ثانویه است. این مواد شامل دو گروه اصلی پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها هستند. تعداد زیادی از پلیمرها دارای پایه آلی هستند مانند لاستیک که از صمغ نوعی درخت خاص تهیه می‌شود. از جمله پلیمرهای بسیار رایج پلی‌اتیلن (PE)، نایلون و پلی‌وینیل کلراید (PVC) هستند. از خواص پلیمرها می‌توان چگالی کم، مقاومت در برابر خوردگی و جریان الکتریکی، پایداری شیمیایی و

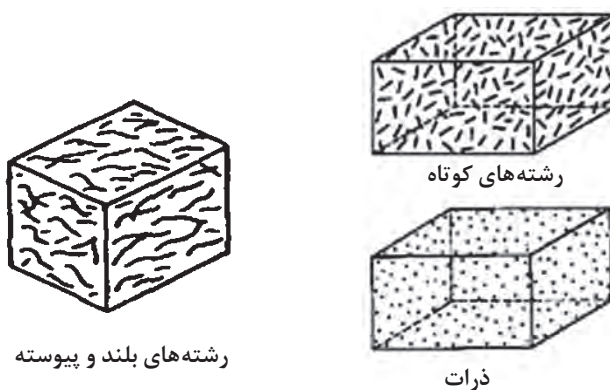


شکل ۱۴- مواد پلیمری مختلف

## ۴- کامپوزیت‌ها

تقسیم‌بندی می‌شوند. یکی از مرسوم‌ترین و پرکاربردترین کامپوزیت‌ها، فایبرگلاس است. فایبرگلاس یک کامپوزیت با زمینه پلیمری است که توسط الیاف شیشه تقویت شده است. الیاف شیشه استحکام زمینه پلیمری را افزایش می‌دهد. این کامپوزیت انعطاف‌پذیری خوبی در طراحی قطعات دارد. از خواص دیگر آن، نسبت استحکام به وزن بالا و مقاومت به خوردگی مناسب آن است. انواع سازه‌های ساختمانی، انواع کانال مخصوص عبور سیم و لوله از کاربردهای فایبرگلاس است. در شکل ۱۵ کامپوزیت‌های مختلف براساس نحوه قرارگیری شکل جزء تقویت‌کننده در زمینه نشان داده شده است.

در کاربردهای مهندسی امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص مورد نظر را فراهم کند، وجود ندارد. به عنوان مثال در صنایع هوافضا به موادی نیاز است که علاوه بر استحکام بالا، ویژگی‌های دیگری نظیر سبکی، مقاومت به خوردگی و سایش بالا داشته باشد. کامپوزیت‌ها ترکیبی از دو یا چند ماده با خواص متفاوت هستند که هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده، خواص خود را حفظ می‌کنند و همچنین در کنار هم خواص قطعه را بهبود می‌بخشند. معمولاً کامپوزیت‌ها از دو جزء شامل جزء زمینه و جزء تقویت‌کننده تشکیل شده‌اند. کامپوزیت‌ها برحسب نوع زمینه به سه دسته زمینه فلزی، سرامیکی و پلیمری



شکل ۱۵ - کامپوزیت‌های مختلف براساس شکل جزء تقویت‌کننده

لیستی از کامپوزیت‌های مختلف تهیه کرده و کاربرد هر یک از آنها را مشخص کنید.



تحقیق کنید

## خواص مواد

حتماً خاصیت ماده نیز متفاوت خواهد بود. خواص مواد شامل چهار دسته، خواص شیمیایی، خواص فیزیکی، خواص ساختاری و خواص تکنولوژیکی است:

ساختار مواد ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌های تشکیل‌دهنده آن ماده را مشخص می‌کند. نحوه اتصال میان اتم‌ها و یون‌ها به وسیله پیوندهای شیمیایی مشخص می‌شود. اگر نحوه اتصال (نوع پیوند) اتم‌ها متفاوت باشد،

## خواص شیمیایی مواد

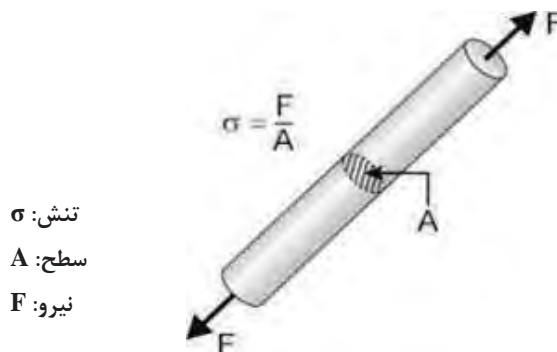
همان‌طور که می‌دانید مواد از اتم‌ها تشکیل می‌شوند. برای اینکه تخمینی از تعداد اتم‌های موجود در یک جسم به دست آورید سوزن را در نظر بگیرید؛ تقریباً در سر سوزن در حدود  $10^9 \times 35$  اتم وجود دارد. برای تشکیل یک ماده لازم است که اتم‌ها در کنار یکدیگر قرار گیرند که این امر توسط پیوندهای اتمی انجام می‌پذیرد. همان‌طور که گفته شد نوع عناصر و نوع پیوند موجود در اجزای تشکیل‌دهنده مواد باعث ایجاد خواص شیمیایی مواد می‌شود. سرامیک‌ها دارای پیوندهای یونی و کوالانسی هستند و با توجه به ویژگی این پیوندها خواص شیمیایی منحصر

به فردی دارند. سرامیک‌هایی که دارای پیوند یونی هستند، در مقابل واکنش‌هایی که منجر به اکسید شدن یا زنگ‌زدگی در مقابل گازهای خورنده در دمای بسیار بالا می‌شوند مقاوم هستند. همچنین اتصالات کووالانسی در سرامیک‌ها باعث می‌شود که پایداری حرارتی مناسب در دماهای بسیار بالا داشته باشند و دچار تغییرات ابعادی بسیار کمی شوند. سرامیک‌ها در مقابل تمامی اسیدها با غلظت ۱۰۰ درصد (به جز اسید فلئوئوریدریک) پایداری دارند. همچنین در کوره‌های دما بالا تا ۳۰۰۰ درجه سلسیوس نظیر کوره‌های ذوب فلزات کاربرد دارند.

## خواص مکانیکی

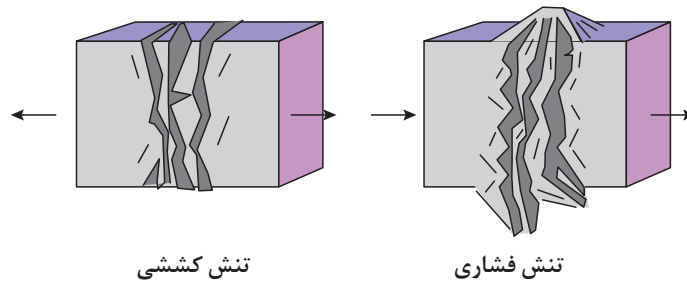
قطعات معمولاً طوری طراحی می‌شوند که بتوانند نیروهای مختلفی را تحمل کنند. اعمال نیرو و میزان آن تا جایی ادامه می‌یابد که قطعه یا جزء مورد نظر دچار تغییر شکل دائم و یا شکست نشود. رابطه میان نیرو و تغییر شکل با بررسی خواص مکانیکی مواد سنجیده می‌شود.

یکی از مهم‌ترین مفاهیمی که در شناخت خواص مکانیکی مواد اهمیت دارد، تنش نامیده می‌شود. تنش از تقسیم مقدار نیرو بر واحد سطح به دست می‌آید. واحد تنش نیوتن بر متر مربع است که با پاسکال (Pa) نشان داده می‌شود.



شکل ۱۶- مفهوم تنش

تنشی که باعث کشیده شدن جسم می‌شود تنش کششی و تنشی که موجب کوتاه تر شدن طول جسم می‌شود را تنش فشاری می‌نامند. در شکل ۱۷ تنش‌های کششی و فشاری نشان داده شده است.



شکل ۱۷

تمام مواد جامد موجود در طبیعت در اثر اعمال نیرو دچار تغییر طول‌های کوچک یا بزرگ می‌شوند. البته این تغییر شکل در بسیاری از آنها غیرقابل مشاهده است. میزان تغییر ابعاد قطعه در اثر وارد آمدن تنش، کرنش نامیده می‌شود. در حقیقت، کرنش اندازه تغییر شکل حاصل از اثر نیرو را به ما نشان می‌دهد.



شکل ۱۸- مفهوم کرنش

میزان کرنش فلزات، پلیمرها و سرامیک‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.



در این قسمت برخی از مهم‌ترین خواص مکانیکی نظیر استحکام، سختی و چقرمگی بیان خواهد شد:

## استحکام

استحکام عبارت است از میزان مقاومت یک جسم در برابر تغییر شکل، بدون آنکه دچار شکست شود. استحکام فشاری و کششی از مهم‌ترین مفاهیمی هستند که مورد بررسی قرار می‌گیرند. استحکام کششی به میزان مقاومت یا توانایی جسم در تحمل نیروهای کششی بدون آنکه شکسته شود، گفته می‌شود. استحکام فشاری نیز به‌طور معکوس به میزان توانایی یک جسم در تحمل نیروهای فشاری بدون ایجاد شکستگی در قطعه گفته می‌شود.

سرامیک‌ها به دلیل نوع پیوندهای خود، اغلب دارای مقاومت فشاری سرد بالایی هستند و به راحتی در مقابل نیروهای فشاری دچار تغییر ابعاد نمی‌شوند. مقاومت کششی سرامیک‌ها در دماهای پایین مناسب نمی‌باشد اما مقاومت کششی مناسبی در دماهای بالا دارند.

## جدول ۲- استحکام مواد گوناگون

استحکام کششی (مگاپاسگال) (MPa)	استحکام فشاری (مگاپاسگال) (MPa)	ماده
۲-۵	۱۰-۲۰	چوب
۶۰-۱۰۰	۱۰-۱۵	پلیمر
۱۰۰-۶۰۰	۳۰-۱۰۰	آلومینیوم و آلیاژهای آن
۴۰-۱۵۰	۱۰۰۰	شیشه
۱۰۰-۲۰۰	۴۰۰-۸۰۰	پرسلان
۳۱۰	۱۷۲۵-۲۵۰۰	سیلیسیم کاربید

چرا سرامیک‌ها در دماهای بالا مقاومت کششی مناسبی دارند در حالی که در دماهای پایین مقاومت کششی اغلب آنها کمتر از فلزات است؟



## سختی

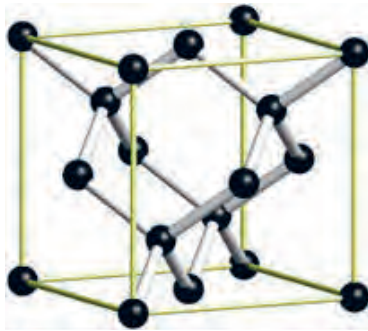
به طوری که هر چقدر سختی بیشتر شود، استحکام نیز افزایش خواهد یافت. از طرفی می‌توان انتظار داشت که ماده سخت به راحتی در مواد دیگری که دارای سختی کمتر از آن هستند، ایجاد خراش کند.

میزان مقاومت یک ماده در برابر خراش برداشتن توسط اجسام خارجی را سختی می‌نامند و هر چقدر سختی یک ماده بیشتر باشد، مقاومت به خراش آن بیشتر خواهد بود. سختی رابطه مستقیمی با استحکام دارد.



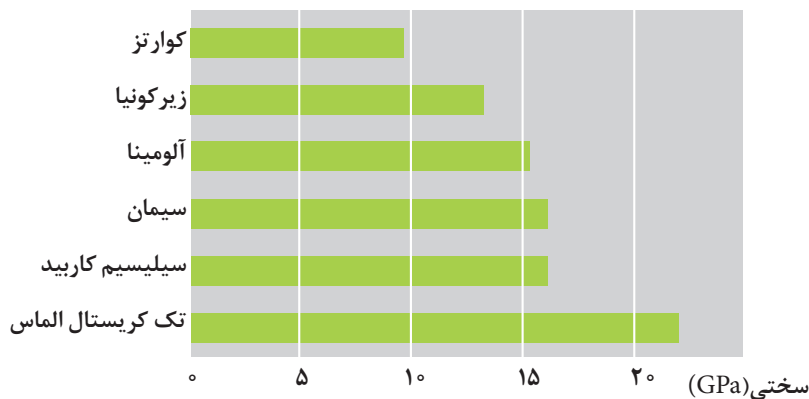
شکل ۱۹- روش‌های دستی و دستگاهی تعیین سختی

در میان مواد طبیعی، الماس به دلیل داشتن پیوندهای کووالانسی قوی میان اتم‌های سازنده آن که همان کربن است، سخت‌ترین ماده است.



شکل ۲۰- تصویر الماس و ساختار کریستالی آن

سرامیک‌ها در مقایسه با فلزات به دلیل وجود پیوند کووالانسی، دارای سختی بسیار بالایی نسبت به فلزات هستند. در شکل ۲۱ سختی سرامیک‌های مختلف را می‌توان مقایسه کرد.



شکل ۲۱- مقایسه سختی سرامیک‌های مختلف

در مورد روش‌های سختی‌سنجی تحقیق کنید و تفاوت روش‌ها را بیان کنید.



کنجکاوی

## چقرمگی

ماده چقرمه به ماده‌ای گفته می‌شود که در برابر ایجاد ترک و گسترش ترک مقاومت کند. مواد ترد مثل شیشه از چقرمگی بسیار پایینی برخوردار هستند. هرگاه در اثر ضربه ترک کوچکی در آن ایجاد شود این ترک به سرعت در تمام سطح قطعه گسترش می‌یابد. ماده‌ای که بتواند انرژی ناشی از ضربه را بدون شکسته شدن تحمل کند، چقرمه‌تر خواهد بود. استفاده از پلاستیک در سپر اتومبیل نیز به دلیل چقرمگی بالای آن نسبت به فلزات است.



شکل ۲۲- گسترش ترک و مقاومت ماده در برابر آن (چقرمگی)

چند مادهٔ سرامیکی با چقرمگی بالا نام ببرید.



کنجکاوی

## خواص فیزیکی

خواص فیزیکی مواد، به ساختمان اتمی آنها بستگی دارد. نوع پیوند میان اتم‌ها و چگونگی قرارگیری آنها در کنار یکدیگر از مواردی است که بر این خاصیت تأثیر مستقیمی دارد. مهم‌ترین این خواص عبارت‌اند از:

- ۱- نقطهٔ ذوب
- ۲- ضریب انبساط حرارتی
- ۳- جرم مخصوص
- ۴- قابلیت هدایت جریان الکتریکی و حرارتی

## نقطه ذوب

نقطهٔ ذوب، درجه حرارتی است که مادهٔ جامد در آن درجه حرارت به حالت مایع تبدیل می‌شود. برای مثال این درجه حرارت برای یخ، صفر درجه سلسیوس است. مواد و عناصر خالص دمای ذوب ثابتی دارند. هرچه استحکام و قدرت پیوند اتمی در ماده بیشتر باشد، نقطه ذوب افزایش می‌یابد. در جدول ۳ نقطه ذوب مواد مختلف بیان شده است.

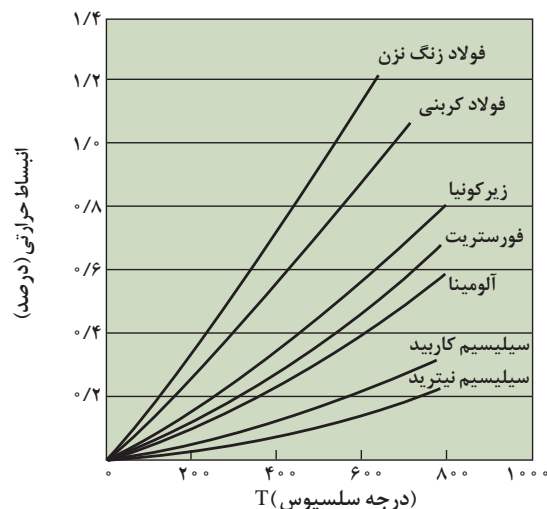
جدول ۳ - نقطه ذوب مواد مختلف

نقطه ذوب (درجه سلسیوس)	ماده
۲۰۵۰	آلومینا ( $Al_2O_3$ )
۲۸۰۰	سیلیکون کاربید (SiC)
۲۶۶۰	زیرکونیا ( $ZrO_2$ )
۱۳۷۰	فولاد
۶۶۰	آلومینیوم (Al)



## انبساط حرارتی

بیشتر مواد جامد (به جز تعداد محدودی از آنها) با افزایش درجه حرارت افزایش طول پیدا می‌کنند و با کاهش درجه حرارت (سرد شدن) طول آنها کاهش می‌یابد. ابعاد جامدات نه تنها از طول، بلکه از عرض و ضخامت نیز با افزایش حرارت، افزایش می‌یابند. هر ماده‌ای ضریب انبساط حرارتی مخصوص به خود دارد که در بسیاری از کاربردها، این ضریب از اهمیت خاصی برخوردار است.



شکل ۲۳- اثر افزایش دما بر ضریب انبساط حرارتی

بررسی کنید نوع پیوند اتمی چه تأثیری بر ضریب انبساط حرارتی دارد؟ عوامل مؤثر بر ضریب انبساط حرارتی را بررسی کنید.



کنجکاوی

## جرم مخصوص

جرم واحد حجم هر ماده را جرم مخصوص می‌گویند که برای هر ماده مقدار معین و ثابتی است که به نوع و ساختمان ماده بستگی دارد. هر چه ماده‌ای متراکم‌تر باشد، جرم مخصوص بیشتری خواهد داشت. در جدول ۴، جرم مخصوص مواد مختلف بیان شده است.

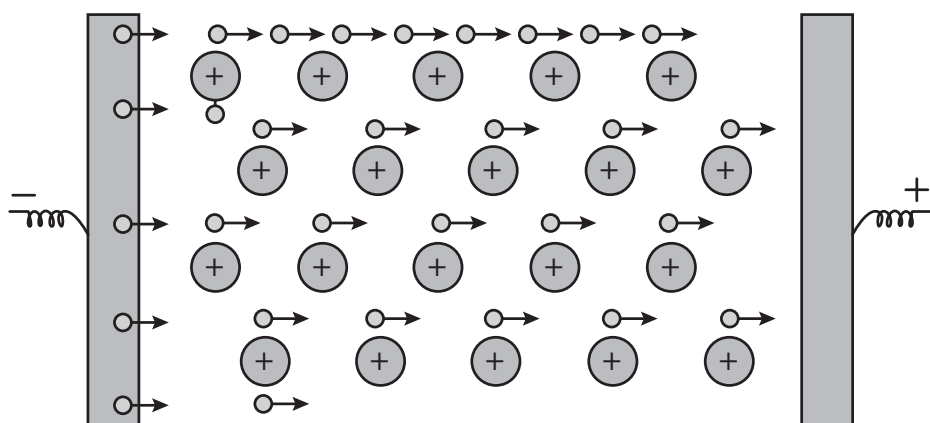
جدول ۴- جرم مخصوص مواد مختلف

جرم مخصوص ( $\text{g/cm}^3$ )	ماده
۳/۹۶	آلومینا ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
۳/۲۱	سیلیکون کاربید (SiC)
۵/۶۸	زیرکونیا ( $\text{ZrO}_2$ )
۸	فولاد
۲/۷	آلومینیوم (Al)

## قابلیت هدایت جریان الکتریکی و حرارتی

مقاومت کمتری ایجاد می‌کنند. اثر مقاومت اتم‌ها در برابر حرکت الکترون‌ها و جریان الکتریکی به صورت گرما در ماده نشان داده می‌شود (یعنی هر چقدر مقاومت در برابر عبور جریان بیشتر باشد، ماده گرم‌تر خواهد شد). با توجه به همین ویژگی در گرم‌کن‌های برقی با استفاده از چند مفتول فلزی گرمای زیادی تولید می‌شود.

میزان سهولت در عبور حرارت یا جریان الکتریکی از خصوصیات مهم مواد است. چنانچه ماده‌ای قابلیت عبور جریان الکتریکی از درون خود را نداشته باشد به آن ماده نارسانا و در صورتی که ماده‌ای دارای این قابلیت باشد، آن را رسانی می‌گویند. در حقیقت هرچقدر ماده‌ای رساناتر باشد، اتم‌های آن ماده در برابر عبور جریان الکتریکی



شکل ۲۴- هدایت الکتریکی

قابلیت هدایت حرارتی عبارت است از توانایی یک جسم در انتقال حرارت از نقطه‌ای به نقطه دیگر. هرچقدر این قابلیت بیشتر باشد ماده با اتلاف انرژی کمتری حرارت را از خود عبور می‌دهد و آن را انتقال می‌دهد. برای مثال حتماً تاکنون توجه کرده‌اید که یک قاشق فلزی در داخل ظرف فلزی غذایی که روی اجاق گاز قرار دارد، بسیار گرم‌تر از قاشق چوبی است. در جدول ۵ هدایت و مقاومت الکتریکی مواد مختلف بیان شده است.

هدایت الکتریکی و هدایت حرارتی، رابطه‌ای تنگاتنگ با یکدیگر دارند. در بیشتر موارد هر چقدر ضریب هدایت الکتریکی بیشتر باشد، ضریب هدایت حرارتی نیز بیشتر است و ماده حرارت را، راحت‌تر عبور می‌دهد. علت این ارتباط آن است که الکترون‌ها عامل اصلی انتقال گرما و الکتریسیته در ماده هستند. در جدول ۵ هدایت حرارتی و مقاومت الکتریکی مواد مختلف بیان شده است.

جدول ۵ - هدایت الکتریکی و مقاومت الکتریکی مواد مختلف

مواد	مقاومت الکتریکی ( $\Omega$ )	هدایت الکتریکی ( $\Omega \times m$ )
نقره	$1/59 \times 10^{-2}$	$6/30 \times 10^2$
مس	$1/68 \times 10^{-2}$	$5/96 \times 10^2$
طلا	$2/44 \times 10^{-2}$	$4/10 \times 10^2$
آلومینیوم	$2/82 \times 10^{-2}$	$3/5 \times 10^2$
کلسیم	$3/36 \times 10^{-2}$	$2/98 \times 10^2$
تنگستن	$5/60 \times 10^{-2}$	$1/79 \times 10^2$
روی	$5/90 \times 10^{-2}$	$1/69 \times 10^2$
نیکل	$6/99 \times 10^{-2}$	$1/43 \times 10^2$
لیتیم	$9/28 \times 10^{-2}$	$1/08 \times 10^2$
آهن	$1/0 \times 10^{-2}$	$1/00 \times 10^2$
پلاتین	$1/06 \times 10^{-2}$	$9/43 \times 10^2$
قلع	$1/09 \times 10^{-2}$	$9/17 \times 10^2$
فولاد زنگ‌نزن	$6/09 \times 10^{-2}$	$1/45 \times 10^2$
جیوه	$9/8 \times 10^{-2}$	$1/02 \times 10^2$
آب دریا	$2 \times 10^{-1}$	۸/۴
آب آشامیدنی	$2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-2}$
سیلیکون	$6/400 \times 10^3$	$1/56 \times 10^{-2}$



به نظر شما فلزات هدایت حرارتی بیشتری دارند یا سرامیک‌ها؟ چرا؟

## خواص تکنولوژیکی مواد

در مورد خواص تکنولوژیکی به بررسی خواصی که در هنگام تولید قطعه مورد توجه است پرداخته می‌شود، مهم‌ترین این خواص شامل موارد زیر است:

### قابلیت چکش خواری

توانمندی تغییر شکل مواد به کمک نیروی فشاری و ضربه را قابلیت چکش خواری می‌نامند. به عنوان مثال فولاد، مس و برنج را می‌توان تحت تأثیر نیروی فشاری تغییر شکل داد و عملیاتی مانند نورد، خم کاری و آهنگری را روی آنها انجام داد. سرامیک‌ها برخلاف فلزات دارای قابلیت چکش خواری نمی‌باشند.



چرا سرامیک‌ها قابلیت چکش خواری ندارند؟



### قابلیت ریخته‌گری

این مفهوم رابطه نزدیکی با شکل‌پذیری دارد. برخی از مواد را می‌توان به خوبی توسط فرایند ریخته‌گری تولید کرد. این مواد به دلیل خاصیت سیالیت در حالت مذاب، مقاطع نازک را در قالب‌های ریخته‌گری به خوبی پر می‌کنند؛ به عنوان مثال می‌توان به چدن و آلومینیوم اشاره کرد که دارای قابلیت ریخته‌گری مناسبی هستند.



ریخته‌گری مذاب در تولید کدام نوع از محصولات سرامیکی کاربرد دارد؟



کنجکاوی

### قابلیت جوشکاری

موادی دارای قابلیت جوشکاری می‌باشند که بتوان آنها را به کمک حرارت یا حرارت همراه با فشار، به صورت مذاب به یکدیگر متصل کرد. فولادها و بعضی از فلزات غیرآهنی قابلیت جوشکاری دارند.

### قابلیت براده برداری

موادی دارای قابلیت براده برداری 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.



## استحکام سرامیک‌ها

شکسته شدن قند و یک شکلات را در نظر بگیرید:  
آیا نوع شکست در این دو ماده یکسان است؟

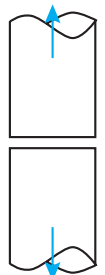


وقتی نیروی وارد شده بر قند بیشتر از استحکام آن باشد، شکسته می‌شود. اما در این نوع شکلات ابتدا تغییر شکل در آن ایجاد می‌شود و سپس از هم جدا می‌گردد. اغلب سرامیک‌ها همانند قند شکسته می‌شوند. در مقابل نیروهای وارد شده استحکام دارند، اما به محض آنکه تنش وارد شده بیشتر از استحکام آنها باشد، دچار شکست می‌شوند.

## انواع شکست در مواد

### ۱- شکست ترد

بدون اینکه تغییر شکلی در قطعه ایجاد شود شکست اتفاق می‌افتد. این نوع شکست بیشتر در سرامیک‌ها مشاهده می‌شود.



شکست ترد

### ۲- شکست نرم

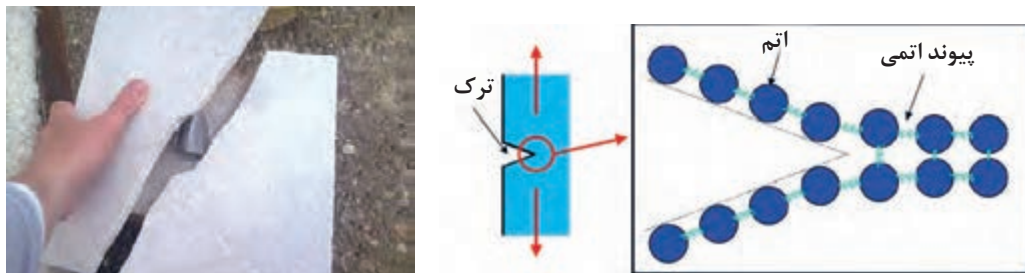
بعد از ایجاد تغییر شکل پلاستیک در نمونه شکست رخ می‌دهد. این نوع شکست بیشتر در فلزات اتفاق می‌افتد.



شکست نرم

### شکست ترد سرامیک‌ها

در دمای اتاق سرامیک‌های کریستالی و آمورف مانند (شیشه) قبل از اینکه تغییر شکل دائمی داشته باشند، شکسته می‌شوند. علت این نوع شکست در سرامیک‌ها مربوط به نوع پیوند بین اتم‌ها و نحوه قرارگیری اتم‌ها در کنار یکدیگر است. همان‌طور که در شکل ۲۵ دیده می‌شود، اتصال بین اتم‌ها در اثر وارد شدن نیرو و ایجاد ترک شکسته می‌شود.



شکل ۲۵- شکسته شدن پیوند اتمی در سرامیک

در جدول ۶ استحکام مواد سرامیکی مختلف بیان شده است. مقاومت سرامیک‌ها در برابر نیروهای وارد شده، با توجه به درصد پیوند یونی - کووالانسی و کریستالی یا آمورف بودن ساختار ماده تغییر می‌کند. هرچه درصد پیوندهای کووالانسی بیشتر باشد، تنش بیشتری برای شکستن پیوندها نیاز است. همچنین مواد آمورف با وارد آمدن تنش کمتری دچار شکست می‌شوند.

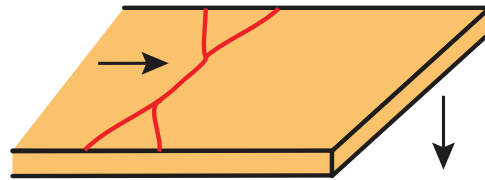
جدول ۶- استحکام خمشی سرامیک‌های مختلف

استحکام خمشی	نام ماده
۲۵۰-۱۰۰۰	$Si_3N_4$
۸۰۰-۱۵۰۰	$ZrO_2$
۱۰۰-۸۲۰	$SiC$
۲۷۵-۷۰۰	$Al_2O_3$
۲۴۷	شیشه-سرامیک
۱۸۵	مولایت
۱۱۰-۲۴۵	اسپینل
۱۰۵	منیزیم اکسید
۱۱۰	سیلیسیم اکسید
۶۹	شیشه در و پنجره

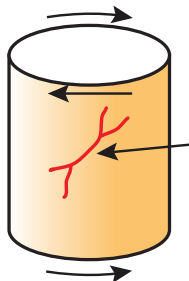
در شکل ۲۶ انواع مدل‌های ترک برداشتن در اثر تنش‌های مختلف وارد شده بر قطعات سرامیکی نشان داده شده است.



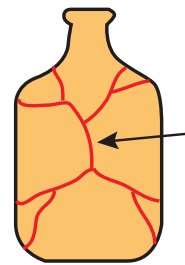
(ب) تنش فشاری



(الف) تنش خمشی



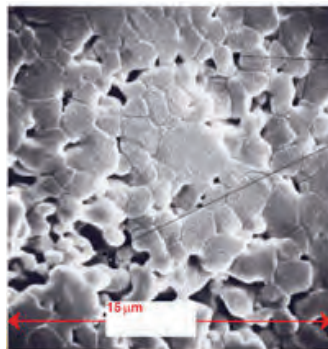
(د) تنش پیچشی



(ج) تنش‌های داخلی

شکل ۲۶- انواع مدل‌های ترک در سرامیک در اثر تنش‌های مختلف

در هنگام شکل‌دهی سرامیک‌ها به دلایل مختلفی، تخلخل (فضای خالی) در ساختار ایجاد می‌شود، در شکل ۲۷ تخلخل‌های درون ساختار قطعه سرامیکی از جنس آلومینا نشان داده شده است.



شکل ۲۷- تصویر میکروسکوپی تخلخل در قطعه سرامیکی از جنس آلومینا

به نظر شما چرا با افزایش درصد تخلخل‌ها استحکام قطعه کاهش می‌یابد؟

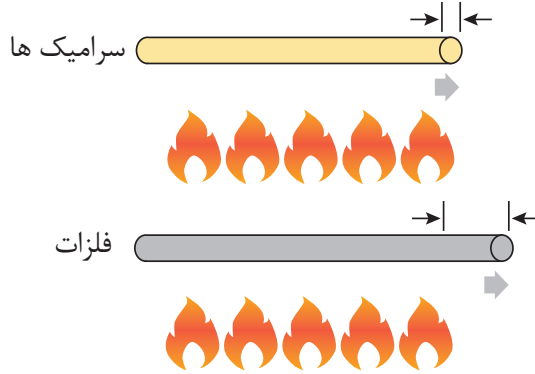


کنجکاوی



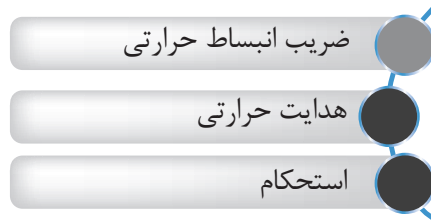
### مقاومت ماده در برابر تغییرات دمایی

در بسیاری از کاربردها، پایداری حرارتی قطعه در برابر سرد و گرم شدن سریع اهمیت دارد. پایداری حرارتی قطعه، در اثر سرد و گرم شدن در اصطلاح شوک حرارتی نامیده می‌شود. سرامیک‌ها در برابر شوک حرارتی ضعیف می‌باشند.

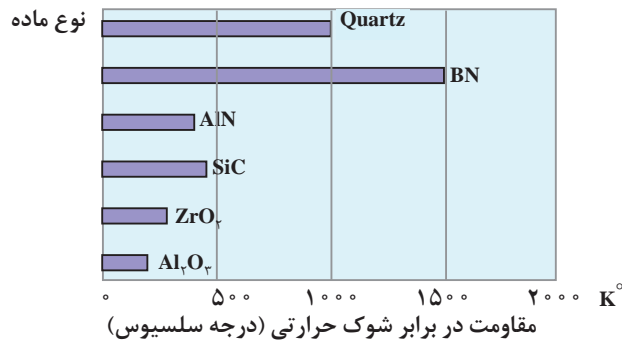


شکل ۲۸

مهم‌ترین عوامل مؤثر بر شوک حرارتی در زیر بیان شده است:



۱- ضریب انبساط حرارتی: هرچه ضریب انبساط حرارتی ماده موردنظر کمتر باشد، انبساط و انقباض قطعه کمتر می‌شود و در مقابل شوک حرارتی پایداری خواهد بود.  
در تصویر افزایش طول فلزات و سرامیک‌ها بر اثر افزایش حرارت نشان داده شده است. میزان افزایش طول سرامیک‌ها با افزایش دما به دلیل کم بودن ضریب انبساط حرارتی کمتر از فلزات است.



شکل ۲۹- مقایسه مقاومت در برابر شوک حرارتی سرامیک‌ها

۲- هدایت حرارتی

هر چه قابلیت ماده در انتقال حرارت بیشتر باشد، در مقابل شوک حرارتی پایدارتر خواهد بود.

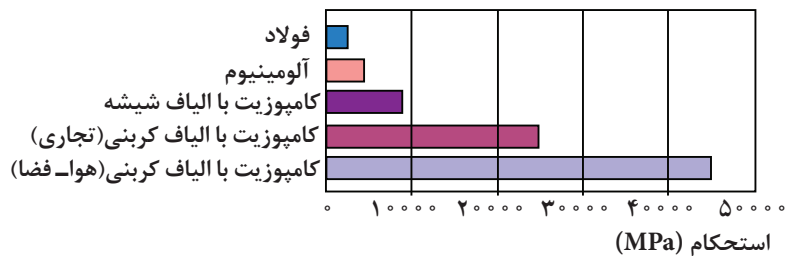
۳- استحکام

هر چه استحکام و قدرت پیوندهای ماده بیشتر باشد، در مقابل شوک حرارتی پایدارتر خواهد بود.

## راه‌های افزایش مقاومت سرامیک‌ها

همان‌گونه که گفته شد، سرامیک‌ها شکست ترد دارند و استحکام مکانیکی مناسبی در برابر تنش‌های کششی ندارند. راه‌های مختلف برای افزایش استحکام سرامیک‌ها در برابر تنش کششی مطرح شده است:

۱- کامپوزیت‌سازی: کامپوزیت‌های با زمینه فلزی یا پلیمری که در آنها الیاف سرامیکی به کار می‌رود، در برابر تنش‌های کششی مقاومت مناسبی دارند. این کامپوزیت‌ها می‌توانند مقاومت بیشتری نسبت به فلزات داشته باشند. (شکل ۳۰)



شکل ۳۰- مقایسه استحکام کامپوزیت‌های مختلف

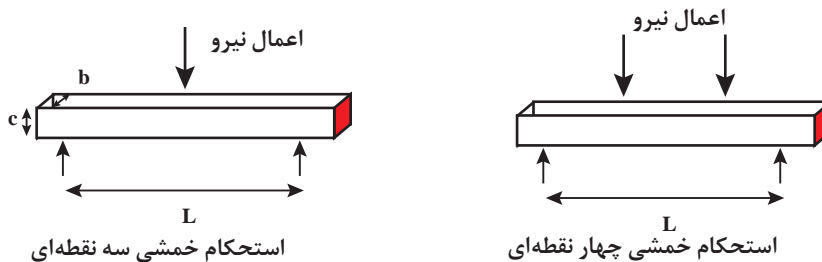
۲- برای قطعاتی که از سطح ترک برمی‌دارند و رشد ترک در آنها زیاد است، پوشش دهی سطحی بر روی آنها انجام می‌شود. به‌عنوان مثال لعاب‌کاری باعث افزایش مقاومت به ضربه سرامیک‌ها می‌شود.

## مدول شکست<sup>۱</sup> (MOR)

برخلاف فلزات که معیار ارزیابی استحکام، کشش می‌باشد، استحکام قطعات سرامیکی را بر اساس استحکام خمشی مورد ارزیابی قرار می‌دهند. چرا؟

✓ آماده سازی نمونه جهت آزمون آسان تر است

✓ نتایج به دست آمده از استحکام خمشی، کششی و فشاری اختلاف قابل توجهی با یکدیگر دارند.

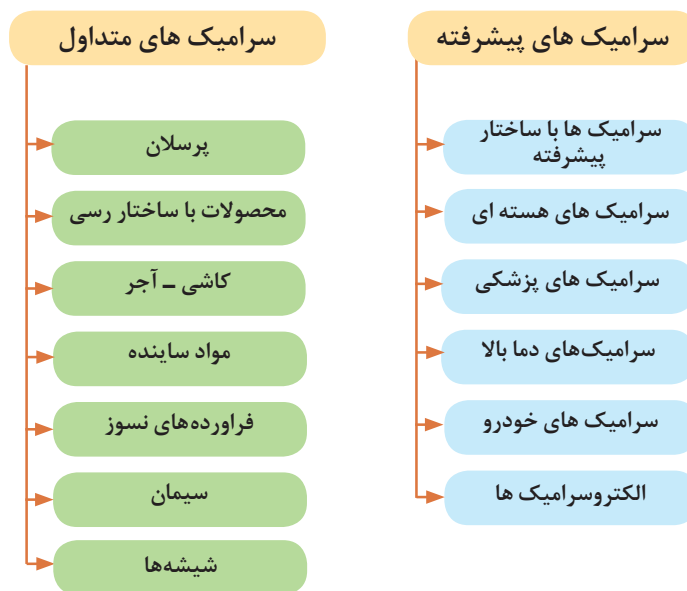


شکل ۳۱- انواع آزمایش استحکام خمشی

## انواع مواد سرامیکی

ویژه‌ای هستند. سرامیک‌های اکسیدی بسیار خالص مانند آلومینا و زیرکونیا، سوخت‌های هسته‌ای، کاربردها و نیتريدها در دسته سرامیک‌های مهندسی قرار می‌گیرند. در شکل ۳۲ کاربردهای مختلف سرامیک‌های سنتی و پیشرفته نشان داده شده است.

مواد سرامیکی در کاربردهای صنعتی به دو گروه تقسیم می‌شوند: متداول و پیشرفته. مواد سرامیکی متداول عمدتاً سرامیک‌های سیلیکاتی هستند که شامل آجرها، کاشی‌ها، چینی‌ها و شیشه‌ها می‌شوند. سرامیک‌های پیشرفته دارای خواص حرارتی، مکانیکی و شیمیایی



شکل ۳۲- دسته بندی سرامیک‌ها

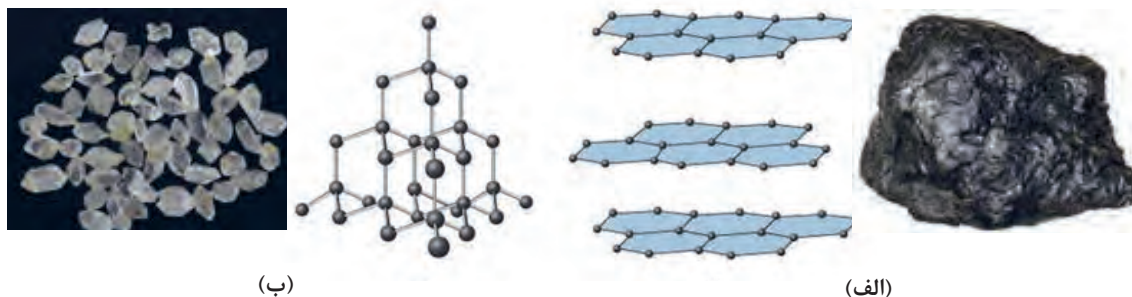
کاربردهای سرامیکی بیان شده در نمودار بالا از ترکیب شدن مواد سرامیکی که در زیر بیان شده است، ایجاد می‌شود.

## ۱- مواد سرامیکی تک عنصری

زیادی دارد. کربن براساس ساختار کریستالی اهمیت صنعتی فراوانی دارد. همان‌طور که در شکل ۳۳ نشان داده شده کربن دارای دو ساختار گرافیت و الماس است. کربن به صورت گرافیت به دلیل داشتن ساختار لایه‌ای و تنش برشی بحرانی بسیار پایین، به عنوان ماده روانکار برای کاهش اصطکاک لغزشی بین سطح تماس قطعات در درجه حرارت‌های بالا به کار می‌رود. همچنین به دلیل نقطه ذوب بالا در ساخت راکتورهای اتمی (در ترمزکننده‌ها و غلاف سوخت) نیز کاربرد دارد. کربن به صورت الماس برای ابزار برش کاربرد فراوان دارد.

مواد سرامیکی تک عنصری شامل اتم‌های چهار ظرفیتی نظیر Si، C و Ge هستند. عنصر بور (B) نیز از مواد سرامیکی تک عنصری محسوب می‌شود. این عنصر در دمای بیش از ۲۰۰۰ درجه سلسیوس ذوب می‌شود و گاهی به صورت الیاف در کامپوزیت‌ها، به منظور بهبود خواص مواد دیگر به کار می‌رود که در صنعت هوا- فضا کاربرد زیادی دارد. Si و Ge به عنوان مواد اصلی نیمه‌هادی‌ها به کار می‌روند.

کربن به دلیل دارا بودن خصوصیتی نظیر استحکام زیاد، وزن کم و مقاومت در برابر خوردگی و حرارت کاربرد



شکل ۳۳- الف) ساختار گرافیت ب) ساختار الماس

در جدول ۷ خواص مختلف الماس و گرافیت بیان شده است.

جدول ۷- مقایسه خواص مختلف الماس و گرافیت

گرافیت	الماس	خواص
۳۷۵۰	۴۱۰۰	نقطه ذوب (درجه سلسیوس)
۱/۴-۲	۲/۲۶	چگالی (گرم بر سانتی متر مکعب)
دارد	دارد	پایداری در مقابل واکنش‌های شیمیایی
در بین لایه‌ها هدایت الکتریکی دارد	ندارد	هدایت الکتریکی

چرا گرافیت تنها در بین لایه‌ها، هدایت الکتریکی دارد؟



کنجکاوی

## ۲- مواد سرامیکی غیراکسیدی

حرارتی کاربرد دارند. این گروه از مواد سرامیکی پایداری خوبی در برابر حرارت دارند مانند ترکیب  $\text{Si}_3\text{N}_4$  که می‌تواند درجه حرارتی تا ۱۴۰۰ درجه سلسیوس را تحمل کند. این ترکیب از واکنش پودر سیلیسیم تحت جریان گاز نیتروژن و در دما و فشار زیاد ایجاد می‌شود، برای مثال پره توربین با این روش تولید شده است.

مواد سرامیکی غیراکسیدی یکی از گروه‌های مهم مواد سرامیکی است. این مواد از بیش از یک نوع اتم تشکیل شده‌اند. ترکیبات این گروه از مواد سرامیکی را بیشتر عناصر  $\text{C}$ ،  $\text{Si}$ ،  $\text{Ge}$  و  $\text{Mg}$  همچنین  $\text{H}$ ،  $\text{N}$ ،  $\text{B}$  تشکیل می‌دهند، به‌عنوان مثال ترکیبات نیتریدی و کاربیدی که به‌عنوان مواد مقاوم در حرارت‌های بالا در ماشین‌های



شکل ۳۴- پره توربین  $\text{Si}_3\text{N}_4$

کاربرد دیگر سرامیک‌های غیراکسیدی مربوط به سختی بالای آنها است. قطعاتی که در معرض اصطکاک و نیروی سایشی قرار دارند، با لایه‌ای از این مواد پوشش داده می‌شود و یا به‌طور کامل از این دسته از سرامیک‌ها ساخته می‌شود. به‌طور مثال،  $\text{Si}_3\text{N}_4$  سیلیسیم نیتريد در ساخت موتورهای با پیستون چرخشی به‌عنوان سرسوپاپ به‌کار می‌رود. اما سطح خارجی سرامیک‌های غیراکسیدی در درجه حرارت‌های بسیار بالا در معرض خطر اکسید شدن قرار می‌گیرد در صورتی که این خطر در سرامیک‌های اکسیدی دیده نمی‌شود.



شکل ۳۵- سرسوپاپ  $\text{Si}_3\text{N}_4$

### ۳- مواد سرامیکی اکسیدی

علاوه بر نقطه ذوب بالا از فازهای پایداری نیز تشکیل شده باشند. برای این منظور اکسیدهای فلزی چند ظرفیتی مناسب هستند. همچنین ویژگی‌های زیر را نیز باید داشته باشد:

- ۱- عدم تمایل به واکنش‌های شیمیایی
- ۲- عدم تغییرات حجمی زیاد در هنگام گرم و سرد کردن
- ۳- عدم تبدیل فاز در حالت جامد

گروه دیگر از مواد سرامیکی مواد اکسیدی است. از میان سرامیک‌های اکسیدی می‌توان آلومینا ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )، زیرکونیا ( $\text{ZrO}_2$ )، توریا ( $\text{ThO}_2$ )، برلیا ( $\text{BeO}$ ) و منیزیا ( $\text{MgO}$ ) را نام برد. اکسیدهای به‌کار برده شده برای تولید این مواد، باید تا حد امکان از اکسیدهای خالص باشد. سرامیک‌های اکسیدی که کاربرد دیرگداز دارند، باید



شکل ۳۶- آجرهای دیرگداز سیلیسیمی

از جمله مواد سرامیکی اکسیدی، پوسلانها هستند. مواد خام پوسلانها شامل مواد معدنی از قبیل کائولن، فلدسپات و کوارتز می شود.

در جدول ۸ خواص برخی از سرامیکهای اکسیدی و غیراکسیدی مقایسه شده است.

جدول ۸- برخی از خواص سرامیکهای پیشرفته

دمای ذوب (درجه سلسیوس)	چگالی (g/cm <sup>۳</sup> )	استحکام (MPa)	مدول الاستیسیته (GPa)	چقرمگی (MPa.m <sup>۱/۲</sup> )	سختی (kg/mm <sup>۲</sup> )	مواد
۵۰۰	۲/۲	۴۸	۷/۲	۰/۵	۶۵۰	SiO <sub>۲</sub>
۲۰۵۰	۳/۹۶	۲۵۰-۳۰۰	۳۶-۴۰	۴/۵	۱۳۰۰	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
۲۷۰۰	۵/۶	۱۱۳-۱۳۰	۱۷-۲۵	۶/۹	۱۲۰۰	ZrO <sub>۲</sub>
۳۰۰۰	۳/۲	۳۱۰	۴۰-۴۴	۳/۴	۲۵۰۰	SiC
۱۹۰۰	۳/۲۴	۴۱۰	۳۰-۷۰	۵	۱۳۰۰	Si <sub>۳</sub> N <sub>۴</sub>

## ۴- سرامیکهای پیشرفته

سرامیکهای مغناطیسی در کامپیوترهای بزرگ دیجیتالی برای ذخیره سازی دادهها کاربرد دارند. این مواد به دلیل دارا بودن ویژگی مقاومت به خوردگی در دماهای بالا به عنوان کاتالیزورهای واکنشهای شیمیایی و در نقش سنسور برای ردیابی گازهای خطرناک به کار می روند. همچنین به دلیل سازگاری با بدن انسان به عنوان تجهیزات و اجزایی از بدن انسان کاربرد دارند. سرامیکهای پیشرفته همچنین در سیستمهای قطع و وصل الکترونیکی در وسایل مخابراتی اهمیت خاصی دارند.

سرامیکهای پیشرفته شامل کاربیدها، بریدها، نیتريدھا و اکسیدھا هستند. این سرامیکھا اغلب به دلیل مقاومت سایشی و مقاومت به خوردگی بالایی که در دمای بالا دارند، در ساخت قطعات موتورهای جت و توربینھا به کار می روند.

گروهی از سرامیکهای پیشرفته به دلیل داشتن خواص فیزیکی منحصر به فرد در ساخت قطعات الکتریکی و الکترونیکی، عایقهای الکتریکی با ولتاژ بالا و پایین، خازنھا، مبدل سیگنالهای الکتریکی و به عنوان



شکل ۳۷- سرامیک‌های پیشرفته

از جمله سرامیک‌های پیشرفته می‌توان موارد زیر را نام برد:

#### سیلیسیم کاربید (SiC):

این ماده به دلیل مقاومت به خوردگی مناسب در دماهای بالا، مقاومت سایشی خزشی و حرارتی بالا اهمیت صنعتی ویژه‌ای یافته است، اما SiC ترد بوده و چقرمگی شکست پایینی دارد. استحکام سیلیسیم کاربید می‌تواند تا حدود  $460 \text{ Mpa}$  و چقرمگی شکست آن به حدود  $5 \text{ MPa.m}^{\frac{1}{2}}$  برسد. اغلب به عنوان لایه پوششی برای فلزات و کامپوزیت‌های کربن - کربن به کار می‌رود. همچنین به صورت ذرات و الیاف تقویت کننده در کامپوزیت‌های زمینه فلزی و سرامیکی و به دلیل مقاومت خزشی و حرارتی بالا برای دهانه راکتورها و لوله‌های مبدل‌های حرارتی به کار می‌رود.



شکل ۳۸- سرسیلندر از جنس SiC

### بور کاربید (B<sub>4</sub>C):

این ماده سرامیکی دارای سختی بالایی بوده و از لحاظ وزن بسیار سبک است. علاوه بر کاربرد به عنوان پوشش هسته‌ای در راکتورهای اتمی با مقاومت سایشی بالا و برای ضدگلوله کردن زره‌پوش‌ها نیز به کار می‌رود. اما استحکام این ماده در دماهای بالا زیاد نیست.



شکل ۳۹- زره کاربید بور

### سیلیسیم نیتريد (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>):

خواص این ماده سرامیکی شبیه سیلیسیم کاربید است، اما مقاومت به خوردگی آن در دماهای بالا مقدار کمتری است. سیلیسیم نیتريد در ابزار برش، یاتاقان، بلبرینگ، رولبرینگ و موتور به کار می‌رود.



شکل ۴۰- بلبرینگ از جنس Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

### آلمینیوم نیتريد (AlN):

عایق الکتریکی خوبی بوده و هدایت حرارتی بالایی دارد.

### زیرکونیا (ZrO<sub>2</sub>):

زیرکونیا از لحاظ ریزساختار، بالاترین مقاومت به ضربه را در بین سرامیک‌ها دارد و به همین دلیل در مواردی چون چوب گلف، قیچی سرامیکی، قالب‌های اکستروژن، واشر در شیرها، پروانه پمپ‌های انتقال مواد شیمیایی، سرپیستون و آستریستون‌ها کاربرد دارد. به کارگیری زیرکونیا به عنوان اجزای موتورهای حرارتی باعث شده





شکل ۴۱- گلوله‌های آسیاب زیرکونیایی

تا از کاهش دمای موتور جلوگیری شده و بازده موتور افزایش یابد و از طرفی میزان سایش کاهش یافته و عمر موتور افزایش می‌یابد. در همین راستا به‌عنوان سر سوپاپ، میل لنگ و بادامک‌ها که مقاومت به سایش در آنها اهمیت دارد، استفاده می‌شود.

### تیتانیوم برای $TiB_2$ :

این ماده به‌عنوان هادی الکتریسیته و حرارت به کار می‌رود. علاوه بر آن چقرمگی خوبی دارد و در ساخت زره‌های نظامی کاربرد دارد.

### آلومینا $Al_2O_3$ :



شکل ۴۲- کاربردهای مختلف آلومینا

یکی از سرامیک‌های سخت است بنابراین تغییر شکل آن بسیار مشکل است. آلومینا با مقاومت بالایی که در دماهای بالا دارد به‌عنوان ظرف ذوب فلز، ماده عایق در شمع‌های اتومبیل، ماده ترمیم دندان در دندانپزشکی، ماده پرکننده استخوان و ترمیم استخوان‌ها در ارتوپدی و همچنین برای کاربردهای الکتریکی با کیفیت بالا در جایی که اتلاف دی‌الکتریک پایین و مقاومت بالا موردنیاز است به کار می‌رود.

### اورانیوم اکسید $UO_2$ :

به‌عنوان سوخت راکتورهای هسته‌ای استفاده می‌شود.

## شکل دادن سرامیک‌ها

روش‌های متداول برای شکل دادن سرامیک‌ها عبارت‌اند از: ریخته‌گری دوغابی، شکل دادن گل پلاستیک، پرس و قالب‌گیری تزریقی. بعد از شکل‌دهی، قطعه سرامیکی تولید شده استحکام کافی ندارد و درون قطعه آب و مواد افزودنی وجود دارد. سپس با فرایند خشک کردن و پخت تخلخل‌ها کاهش یافته و چگالی و استحکام قطعه سرامیکی افزایش می‌یابد. سپس خواص مکانیکی، الکتریکی، نوری، شیمیایی، پزشکی و سایر خواص در آنها پدید می‌آید.

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	عنوان پودمان
۳	گروه‌بندی براساس جنس، ساختار، کاربرد، تعیین نوع مشخصه، تفکیک براساس مشخصه	بالاتر از حد انتظار	گروه‌بندی مواد براساس ساختار، کاربرد و جنس	۱- گروه‌بندی مواد براساس ساختار، کاربرد و جنس	پودمان ۲: ۱- مواد و ویژگی‌های آن
۲	گروه‌بندی براساس جنس، ساختار، کاربرد، تعیین نوع مشخصه	در حد انتظار	تفکیک و انتخاب مواد براساس مشخصه‌های ذاتی، مکانیکی و فیزیکی آنها	۲- تفکیک و انتخاب مواد براساس مشخصه‌های ذاتی، مکانیکی و فیزیکی آنها	۲- دسته‌بندی و انتخاب مواد
۱	گروه‌بندی براساس جنس، ساختار، کاربرد	پایین‌تر از حد انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان	
				نمره پودمان از ۲۰	

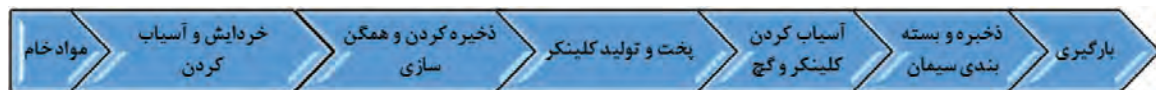


## پودمان ۳

تحلیل و طبقه‌بندی مواد اولیه سرامیک‌ها



در تصاویر زیر فرایند تولید سیمان به عنوان یک محصول  
سرامیکی، مشاهده می‌شود. انتخاب فرایند و فناوری  
تولید سیمان، همچنین ویژگی محصول نهایی به ماده  
اولیه و تغییرات اعمال شده بر روی آن در فرایند تولید  
بستگی دارد.



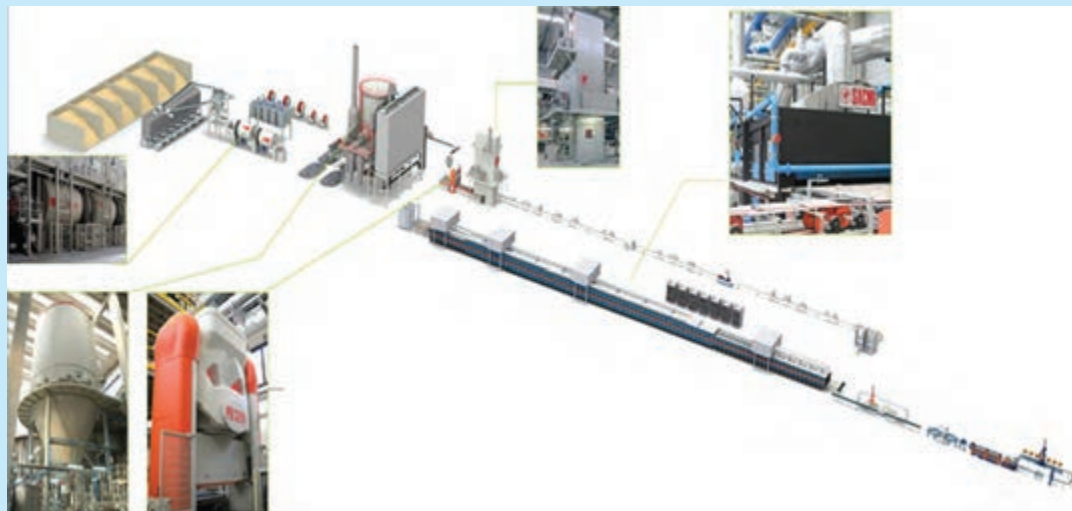
شکل ۲- کارخانه سیمان



شکل ۱- ذخیره کردن و همگن سازی مواد اولیه

تمام محصولات سرامیکی برای تولید، مراحل مختلفی از قسمت مواد اولیه تا بسته‌بندی محصول را طی می‌کنند.

در شکل زیر خط تولید کاشی نشان داده شده است با کمک هنرآموز خود هر یک از مراحل تولید کاشی را  
بنویسید.



شکل ۳



فعالیت



تحقیق کنید

در مورد فرایند ساخت آجر اطلاعات جمع‌آوری کرده و در کلاس ارائه دهید.

انتخاب یک ماده اولیه مرغوب و همچنین فراوری و خالص‌سازی مناسب آن، نقش زیادی در کیفیت نهایی یک محصول سرامیکی دارد.



شکل ۴- معدن کائولن



شکل ۵- کائولن شسته شده

دانش و مهارت شناسایی مواد اولیه، اولین قدم در آموزش علم سرامیک است. این دانش و مهارت در فرایند ساخت و تولید محصولی با کیفیت نهایی مطلوب، مؤثر است. تولید و عرضه مواد اولیه بر اساس مشخصات فیزیکی و شیمیایی ارائه شده، تضمین کننده کیفیت محصولی است که از آن ساخته می‌شود. جدول ۱ مشخصات یکی از انواع خاک‌های کائولن فراوری شده توسط یک کارخانه ایرانی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات کائولن زنوز

محصولات / Products	کائولن زنوز	
L O.I	۹ ± ۱	
SiO <sub>۲</sub>	۶۳ ± ۱	
Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	۲۴ ± ۱	
Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	۰.۵۵ ± ۰.۱	
TiO <sub>۲</sub>	۰.۰۴ ± ۰.۰۱	
CaO	۱.۲ ± ۰.۲	
MgO	۰.۵۵ ± ۰.۰۶	
Na <sub>۲</sub> O	۰.۴ ± ۰.۱	
K <sub>۲</sub> O	۰.۳ ± ۰.۱	
SO <sub>۴</sub>	-	
خواص فنی Technical Properties	M . O . R (Kgf / cm <sup>۲</sup> ) / استحکام خمشی	۳۰ ± ۵
	Peff.Plasticity / پلاستیسیته ففر کورن	۳۱ ± ۱
	Brightness (۱۱۸۰°C) / سفیدی پخت	۹۲ ± ۲
	Drying Contraction (۱۱۰°C) / انقباض خشک	۵ ± ۰.۵
	Firing Contraction (۱۱۸۰°C) / انقباض پخت	۳.۵ ± ۰.۵
	Physical Form / شکل فیزیکی	Noodled / رشته‌ای
	Moisture % رطوبت	< ۱۰
% آنالیز مینرالی Mineralogical Analysis %	Kaolinite / کائولینیت	۶۴ ± ۲
	Quartz / کوارتز	۲۷ ± ۲
	Calcite / کلسیت	۲.۱ ± ۰.۵
	Total Feldspar / فلدسپار	-
	Others / سایر	۶ ± ۱
% توزیع دانه‌بندی Particle Size Distribution %	> ۱۵۰ μ	۰.۰۰
	> ۴۰ μ	۰-۰.۵
	< ۲۰ μ	۹۹
	< ۲ μ	۷۴ ± ۳



نام و مشخصات شیمیایی، مینرالی و فنی چند ماده اولیه موجود در کارگاه سرامیک را با کمک گرفتن از هنرآموز خود جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.



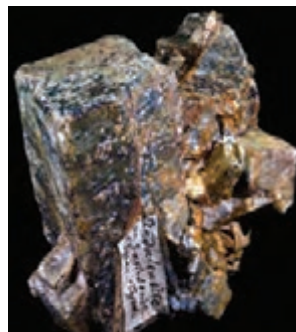
کوه‌ها، صخره‌ها و زمین همگی از سنگ ساخته شده‌اند. سنگ‌ها بر اساس نحوه شکل‌گیری‌شان به سه گروه اصلی آذرین، رسوبی و دگرگونی تقسیم می‌شوند که همگی در بردارنده کانی‌ها و مینرال‌های متنوعی هستند.

شکل ۶- سنگ گرانیت و کانی‌های آن

کانی‌ها مواد طبیعی، جامد و غیرزنده در زمین هستند که فرمول شیمیایی، ساختار و خواص مشخصی دارند.



کائولینیت



آندولوزیت



کوارتز

شکل ۷

جدول ۲- مشخصات سه کانی کوارتز، آندولوزیت و کائولینیت

نام:	کوارتز	آندولوزیت	کائولینیت
شکل بلوری:	شش وجهی	منشوری	پهن و کوتاه
فرمول شیمیایی:	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
سختی موس:	۷	۷/۵	۲ تا ۲/۵
وزن مخصوص:	۲/۶۵	۳/۱ - ۳/۲	۲/۱۶ - ۲/۶۸
درخشندگی:	شیشه‌ای	شیشه‌ای - چرب - مات	مات، صدفی



در کتاب علوم پایه نهم با مفهوم، ویژگی‌ها و کاربرد برخی از کانی‌ها آشنا شده‌اید. آیا یخ و نبات کانی هستند؟



شکل ۹- یخ



شکل ۸- نبات

## شناسایی کانی و سنگ

نخستین عمل پس از پیدا کردن یک سنگ یا یک کانی شناخت آن است. بهترین روش برای آغاز این شناخت، بررسی چند سنگ از نزدیک است. با این عمل شما در می‌یابید که سنگ‌ها و کانی‌های مختلف شباهتی به هم ندارند. یک ذره‌بین به شما کمک می‌کند تا سنگ‌ها را از نزدیک بررسی کنید و جزئیاتی را مشاهده کنید که با چشم غیرمسلح به آسانی قابل دیدن نیست.







نکات ایمنی



در هنگام جمع‌آوری سنگ‌ها لباس مناسب بپوشید. همچنین عینک محافظ یا ایمنی می‌تواند چشمتان را محافظت کند زیرا هنگام ضربه زدن با چکش به سنگ، ممکن است تراشه‌های آن به سمت شما پرت شوند.

شکل ۱۰- برخی از وسایل مورد نیاز یک زمین‌شناس

از نقشه برای شناسایی مشخصات دقیق محل سنگ استفاده کنید.



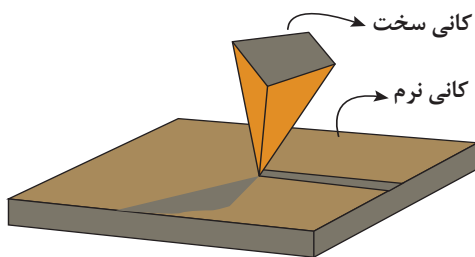
نکته



زمین‌شناسان، افرادی هستند که چگونگی تشکیل زمین، ویژگی‌ها، ساختار، ترکیب سنگ‌ها و کانی‌ها و تاریخچه آنها را مطالعه می‌کنند. دیدن مناطق جدید و بکر، کار کردن در روز، اقامت شبانه در صحرا و دور از هیاهوی شهرها و کشف راز زمین از نکات مثبت و جذاب زندگی زمین‌شناسان است. زمین‌شناسان جهت شناسایی اولیه یک کانی و سنگ چند آزمایش ساده زیر را انجام می‌دهند.

## آزمایش سختی

در مقیاس موهس، کانی‌ای که قابلیت خراش کانی دیگر را دارد سختی بیشتری دارد.



شکل ۱۱



شکل ۱۲- سختی کانی های مختلف مقیاس موهس



فعالیت

با سنگ یک ظرف شیشه‌ای یا تکه‌ای از شیشه را خراش دهید. اگر سنگ ظرف شیشه‌ای را خراشید سختی آن بیشتر از شیشه است که دارای سختی بین ۵ و ۶ است.



از یک سکه برای خراشیدن سنگ استفاده کنید سختی سکه حدود ۳ است. بنابراین هر سنگی که توسط سکه خراش بردارد دارای کانی‌های با سختی ۳ یا کمتر است.



سختی ناخن کمی بیشتر از ۲ است. سنگ‌ها را با ناخن خراش دهید. اگر سنگ را خراشید کانی‌هایی که سنگ از آنها تشکیل شده است، سختی ۲ یا کمتر دارند.



فعالیت

تعدادی سنگ انتخاب کنید و با آب و برس بشویید. سپس با کمک روش‌های توضیح داده شده، سختی آنها را تخمین بزنید.



گفت‌وگو کنید

برای ساخت شیشه از مقدار زیادی کوارتز استفاده می‌شود. به چه دلیل سختی کوارتز از شیشه بیشتر است و بر روی شیشه خط می‌اندازد؟

## رنگ و رنگ خاکه



شکل ۱۳- کانی کوارتز در رنگ‌های مختلف

رنگ بخش‌های سالم و هوا نزده کانی معیاری برای تشخیص آن است. باید توجه داشت نمونه‌های مختلف، رنگ‌های متفاوتی دارد. به عنوان مثال کانی کوارتز ممکن است به رنگ‌های سفید، شیری، گلی، بنفش، دودی و بی‌رنگ دیده شود.



شکل ۱۴- کانی ارتوکلاز در رنگ‌های متفاوت

تصویر مقابل ارتوکلاز (فلدسپات پتاسیک) را در رنگ‌های مختلف نشان می‌دهد. همچنین ممکن است چند کانی مختلف به یک رنگ باشند.

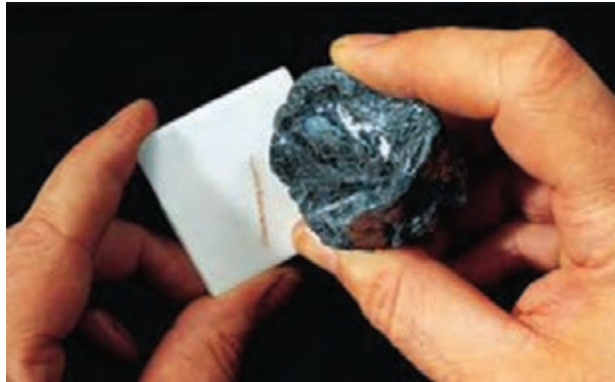
تصاویر مربوط به چند کانی در شکل زیر آمده است. از میان این تصاویر نام چهار کانی که رنگ مشابه دارند را انتخاب کنید و در جاهای خالی بنویسید:

- ۱- .....  
 ۲- .....  
 ۳- .....  
 ۴- .....



فعالیت

علاوه بر تعیین رنگ کانی، رنگ خاکه را نیز می‌توان مشخص کرد. به این صورت که گوشه‌ای از کانی مورد نظر را بر یک صفحه چینی بدون لعاب کشیده و اثر ایجاد شده مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۱۵- کانی‌هایی با رنگ خاکه‌های متفاوت

باید توجه داشت که برای تعیین رنگ خاکه یک کانی، سختی آن باید کمتر از سختی صفحه چینی بدون لعاب (در حدود ۷) باشد. رنگ یک کانی و رنگ خاکه آن حتماً شبیه هم نیستند.



نکته



به چه دلیل زمانی که فلز آهن زنگ می‌زند رنگ آن تغییر می‌کند؟



گفت‌وگو کنید



بیشتر بدانیم

### زیبایی‌های ایران زمین – فرش‌های خاکی

هرمز جزیره رنگ‌هاست تنوع رنگی سنگ‌های کنده شده از لایه‌های مختلف اعماق زمین توسط توده‌های نمک آن‌قدر زیاد است که هرمز را به زیباترین و کم‌نظیرترین گنبد نمکی در دنیا تبدیل کرده تا جایی که از آن با نام آزمایشگاه سنگ‌شناسی یاد می‌کنند. هرمز موزه کانی‌های جهان است.



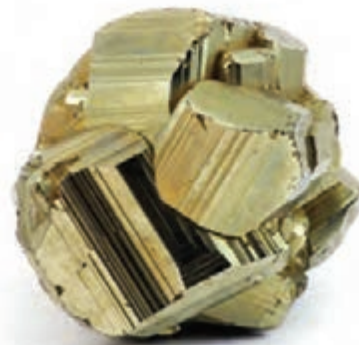
شکل ۱۶

### درخشندگی

جلا و درخشش هر کانی در واقع توانایی آن در بازتابش، پراکنده کردن یا جذب نور است. به مثال زیر توجه کنید: دو کانی پیریت و گوگرد هر دو زرد رنگ هستند. اما به دلیل بازتاب متفاوت نور از آنها، درخشش مشخص و متفاوتی را از خود نشان می‌دهند.



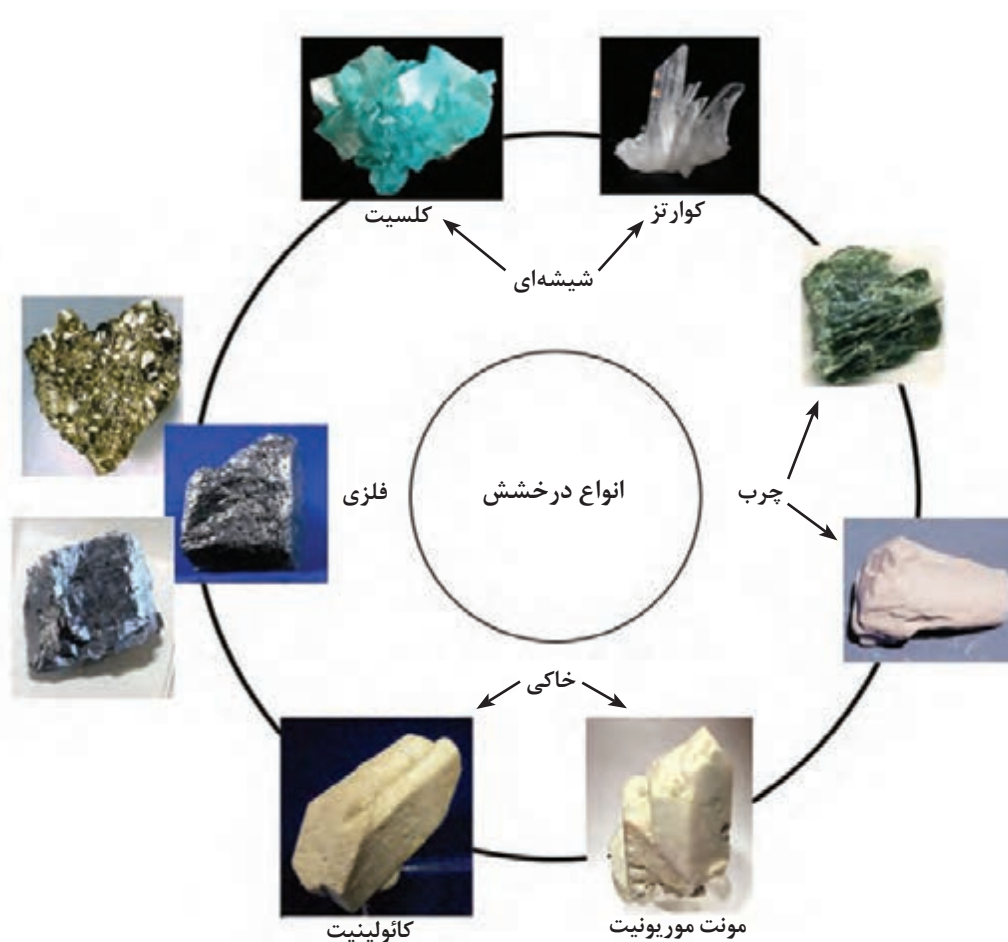
گوگرد



پیریت

شکل ۱۷

درخشش کانی‌ها را می‌توان به دو گروه فلزی و غیرفلزی تقسیم کرد. تفاوت بین درخشش فلزی و غیرفلزی کم‌وبیش مشابه تفاوت بین رنگ متالیک و رنگ عادی اتومبیل‌ها است.



شکل ۱۸

با مطالعه کتاب علوم پایه نهم کانی‌هایی با درخشش ابریشمی، صمغی و الماسی را بیابید و در کلاس در مورد آنها گفت‌وگو کنید.



تحقیق کنید

رَخ (کلیواژ): عبارت است از تمایل یک کانی به شکست صفحه‌ای شکل در امتداد سطوحی معین که به این سطوح کلیواژ گفته می‌شود.



شکل ۱۹- رَخ در یک راستا (موسکوویت)



شکل ۲۰- رَخ در دو راستا (فلدسپات)



شکل ۲۱- رَخ در سه راستا عمود بر هم (هالیت)



شکل ۲۲- رَخ در سه راستا غیر عمود بر هم (کلسیت)

شکستگی: برای کانی‌هایی که حالت کلیواژ اتفاق نمی‌افتد و رخ مشاهده نمی‌شود از واژه شکستگی استفاده می‌شود مانند کوارتز.



شکل ۲۳- شکستگی چند نوع کانی

## چگالی (جرم حجمی)

اغلب کانی‌های سیلیکاتی، که بخش زیادی از پوسته زمین را می‌سازند، چگالی‌ای در حدود  $2/5$  تا  $3/5$  گرم بر سانتی‌متر مکعب دارند. کانی‌هایی که در ساختمان خود عنصرهای سنگینی مانند سرب و باریوم دارند، دارای چگالی بالاتری هستند.

### جدول ۳- چگالی چند کانی

چگالی $g/cm^3$	کانی
$2/76 - 2/64$	گرانیت
۳	هورنبلند
$2/75 - 2/55$	فلدسپات
$2/65$	کوارتز
$2/20$	شیشه

### مفاخر ایران

ابوریحان محمدبن احمد بیرونی (۴۴۰ - ۳۶۲ هجری قمری، متولد خوارزم)، دانشمند برجسته ایرانی، در رشته‌های گوناگون ریاضی، جغرافیا، زمین‌شناسی، مردم‌شناسی فیزیک و فلسفه، سرآمد روزگار خود بود. ابوریحان در کتاب «الجماهر فی معرفة الجواهر» به شرح فلزات و جواهرات قاره‌های آسیا، اروپا و آفریقا می‌پردازد و ویژگی‌های فیزیکی مانند بو، رنگ، نرمی و زبری حدود  $300$  نوع کانی و مواد دیگر را شرح می‌دهد. ابوریحان بیرونی موفق به تعیین دقیق چگالی چند نوع فلز و مینرال شد.



بیشتر بدانیم

## آزمون اسید برای کانی‌ها و سنگ‌های کربناتی

برای اغلب زمین‌شناسان اصطلاح «آزمون اسید» به معنای قرار دادن یک قطره از اسید هیدروکلریک رقیق (۵ تا ۱۰ درصد) بر کانی و شاهد آزاد شدن حباب‌های گاز دی‌اکسید کربن است. حباب‌ها نشانه وجود کانی‌های کربناتی مانند کلسیت، دولومیت یا دیگر کانی‌های کربناتی است.



شکل ۲۴- تأثیر اسید بر کانی کربناتی





### تنسوخ‌نامه ایلخانی

تنسوخ‌نامه ایلخانی تألیف خواجه‌نصیرالدین طوسی است و یکی از آثار مهم و با ارزش در زمینه شناخت گوهرها و دانستن خواص سنگ‌ها و شناخت فلزات است.



بیشتر بدانیم



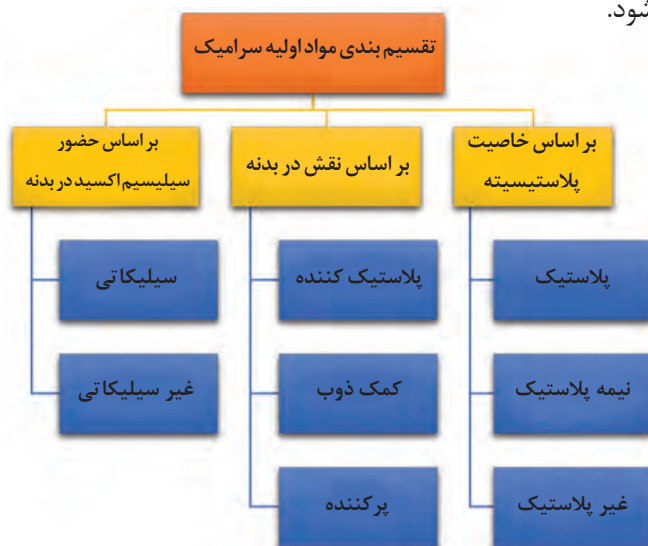
تحقیق کنید

در جدول زیر نام هفت کانی دیگر را یادداشت کرده و خصوصیات کانی‌ها را مانند مثال نوشته و در کلاس ارائه دهید.

نام کانی	رنگ	رنگ خاکه	سختی	درخشندگی	رَخ	کاربرد
مثال: کوارتز	بی‌رنگ تا سفید	سفید	۷	شیشه‌ای	ندارد	شیشه‌سازی، کاغذ سمباده

## تقسیم‌بندی مواد اولیه سرامیک

مواد اولیه بر اساس خاصیت پلاستیسیته، نقش در بدنه و همچنین حضور سیلیسیم اکسید در ترکیب مواد اولیه در سه گروه تقسیم‌بندی می‌شود.



شکل ۲۵- نمودار تقسیم‌بندی مواد اولیه سرامیک

در اینجا تقسیم‌بندی مواد اولیه بر اساس نقش آنها در بدنه مشاهده می‌شود:

پرکننده	کمک ذوب	پلاستیک کننده
<ul style="list-style-type: none"> <li>• سیلیس</li> <li>• آلومینا</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• فلدسپات‌ها</li> <li>• نفلین سیانیت</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کائولن</li> <li>• بالکلی</li> <li>• بنتونیت</li> <li>• فایر کلی</li> <li>• رس‌های معمولی</li> </ul>

همچنین در زیر تقسیم‌بندی دیگری از مواد اولیه بر مبنای خاصیت پلاستیسیته مشاهده می‌شود.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• سیلیس</li> <li>• فلدسپات</li> <li>• سنگ آهک</li> <li>• دولومیت</li> <li>• آلومینا</li> </ul> <p>غیر پلاستیک</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تالک</li> <li>• پیروفیلیت</li> </ul> <p>نیمه پلاستیک</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کائولن</li> <li>• بالکلی</li> <li>• فایر کلی</li> <li>• بنتونیت</li> <li>• رس‌های معمولی</li> </ul> <p>پلاستیک</p> 
---	--	--

## مواد اولیه پلاستیک (رس‌ها)

مواد پلاستیک موادی هستند که در اثر اختلاط با آب به صورت گل درمی‌آیند و قابلیت شکل‌پذیری پیدا می‌کنند. گل تهیه شده از خاک رس را می‌توان یکی از شکل‌پذیرترین مواد طبیعی دانست. رس خاکی است طبیعی و ریزدانه که عموماً از کانی‌های رسی تشکیل شده است. نمونه‌هایی از سنگ‌های حاوی کانی‌های رسی را در شکل‌های زیر مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۶- کانی‌های رسی

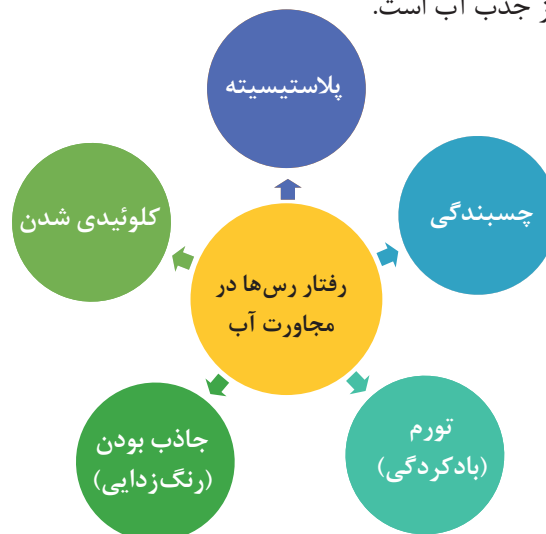
دو عامل اصلی که سبب ایجاد رفتارهای گوناگون در خاک‌های رسی می‌شود نوع کانی آنها و میزان آب است. کانی‌های رسی عمدتاً از  $SiO_2$ ،  $Al_2O_3$  و  $H_2O$  تشکیل شده‌اند که بعضی از آنها  $Ca$ ،  $Mg$ ،  $Na$  و  $Fe$  را نیز به همراه دارند. این عناصر در ساختمان کانی‌های رسی به شکل‌های گوناگون در کنار هم قرار می‌گیرند. به همین دلیل تجزیه شیمیایی یک خاک رس نمی‌تواند به‌طور کامل نوع کانی‌های رسی را مشخص کند.

بیرونیت<sup>۱</sup> نام کانی حاوی کلسیم سیلیکات و کلسیم کربنات آب‌دار است که در سال ۱۹۵۷ میلادی کشف و به افتخار دانشمند ایرانی، ابوریحان بیرونی نام‌گذاری گردید تا بزرگ‌داشتی بر پژوهش‌های وی در زمینه کانی‌ها و سنگ‌ها باشد.

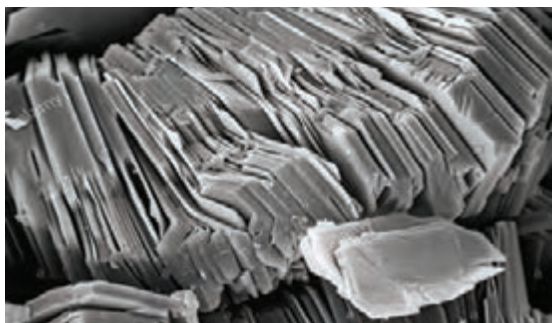


بیشتر بدانیم

رفتار هر یک از کانی‌های رسی در مجاورت با آب بسیار متفاوت است. پلاستیسیته، چسبندگی و تورم از جمله رفتارهای کانی‌های رسی پس از جذب آب است.



شکل ۲۷- رفتار رس‌ها در مجاورت آب



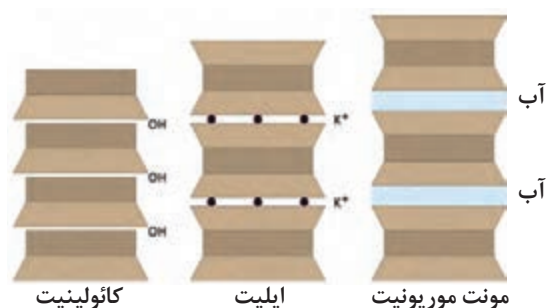
شکل ۲۸- تصویر میکروسکوپی کائولینیت

۱- پلاستیسیته: نشان‌دهنده میزان تغییر شکل ترکیب خمیری خاک و آب بر اثر اعمال نیرو است. پلاستیسیته ویژگی اصلی خاک‌های رسی است که ساختار ورقه‌ای شکل کانی باعث ایجاد این خصوصیت می‌شود. پلاستیسیته خاک‌های رسی به اندازه دانه و ورقه‌ای بودن کانی‌های آن بستگی دارد که باعث لغزش ورقه‌ها هنگام جذب آب می‌شود.

شکل پذیری گل رس به دلیل لغزش ورقه‌ها بر روی هم است.



شکل ۲۹- گل رس



شکل ۳۰- قرارگیری ورقه‌ها در کانی‌های رسی

بالاترین میزان پلاستیسیته به ترتیب در رس‌های مونت مورینیت، کائولینیت و ایلیت وجود دارد. اگر خاک‌های رسی دارای ویژگی پلاستیسیته مناسب باشند خاک پلاستیک یا چسبنده و در غیراین صورت خاک‌های غیرپلاستیک یا غیرچسبنده نامیده می‌شوند. وجود مواد آلی در خاک‌های رسی ویژگی پلاستیسیته رس‌ها را افزایش می‌دهد.



شکل ۳۱- چسبندگی

۲- چسبندگی: رس‌ها باعث اتصال ذرات موجود در آمیز به یکدیگر می‌شوند و پس از خشک شدن توده محکم و یکپارچه به وجود می‌آورد. چسبندگی به پلاستیسیته رس‌ها بستگی دارد. رس‌هایی که پلاستیسیته زیادی دارند اغلب به نام رس‌های چسبنده معروف هستند. این رس‌ها پس از مخلوط شدن با آب و افزودن حتی بیش از ۵۰ درصد مواد غیرپلاستیک می‌توانند خمیری شکل پذیر ایجاد کنند.



ارگ بم بزرگ‌ترین بنای خشتی جهان، یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین شاهکارهای تاریخی ایران زمین به شمار می‌آید. پیشینیان این مجموعه تاریخی عظیم را روی صخره‌ای سترگ در نزدیکی شهر بم در استان کرمان ساخته‌اند.



بیشتر بدانیم

در مورد بناهای خشتی در ایران و دلیل استفاده از رس به عنوان مصالح ساختمانی تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.



تحقیق کنید



شکل ۳۲- جذب آب کانی رس

**۳- جذب آب:** این ویژگی بر اساس مقدار آبی که رس جذب می‌کند تا شکل پذیر شود و به دست نچسبد مشخص می‌شود. جذب آب به میزان پلاستیسیته رس نیز بستگی دارد. توانایی و امکان نفوذ آب بین ورقه‌های رس متفاوت است و در برخی از آنها کم و در بعضی دیگر بیشتر است.



شکل ۳۳- جذب آب و تورم رس

**۴- تورم:** حجم رس پس از جذب آب افزایش می‌یابد به این ویژگی تورم گفته می‌شود. این ویژگی به ترکیب کانی‌شناسی خاک رس، نوع کاتیون‌هایی که کانی‌های رسی از آنها اشباع شده‌اند و دانه‌بندی آنها بستگی دارد. رس‌های مونت مورینیتی بیشترین تورم را دارند ولی رس‌های کائولینیتی تورم کمی را نشان می‌دهند.



بیشتر بدانیم

### رفتار رس و بحران فرونشست زمین



رفتار تورمی معمولاً در خاک‌هایی مشاهده می‌شود که به اندازه کافی ذرات ریزدانه رسی داشته باشند. جذب رطوبت باعث افزایش حجم خاک و از دست دادن رطوبت، باعث انقباض و کاهش حجم خاک می‌شود. تغییرات حجمی ناشی از تغییر درصد رطوبت خاک، باعث وارد آمدن خسارت به سازه‌های موجود در سطح خاک می‌شود. کاهش بارش باران در ایران و حفر بیش از اندازه چاه‌های مجاز و غیرمجاز و برداشت آب‌های زیرزمینی، ایران را با بحرانی به نام فرونشست زمین

مواجه کرده است. شکاف‌ها و ترک‌های عمیق ایجاد شده در دشت‌ها و اراضی کشاورزی، خسارات وارده به تأسیسات زیربنایی و مناطق مسکونی از جمله مسائلی است که فرونشست زمین باعث آن شده است.

**۵- رنگ‌زدایی:** برخی از رس‌ها می‌توانند مواد رنگی را از نفت، چربی‌ها و واکس‌ها جذب کنند. این عمل رنگ‌زدایی نامیده می‌شود. این خاصیت را می‌توان به رنگ‌آمیزی پارچه تشبیه نمود که در آن رنگ از محلول جدا می‌شود و جذب پارچه می‌گردد و با شستن پارچه از آن جدا نخواهد شد.



شکل ۳۴- جاذب بودن رس

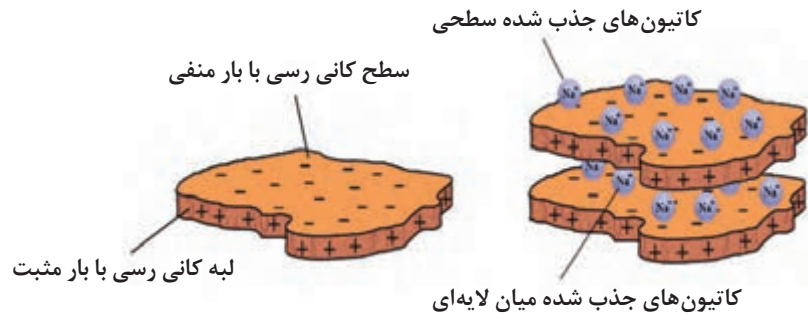
قرن هاست که از رس‌ها به‌ویژه از بنتونیت برای پالایش و تصفیه روغن‌ها استفاده می‌کنند. در مورد این ویژگی رس‌ها اطلاعاتی گردآوری کنید و در کلاس ارائه دهید.



تحقیق کنید

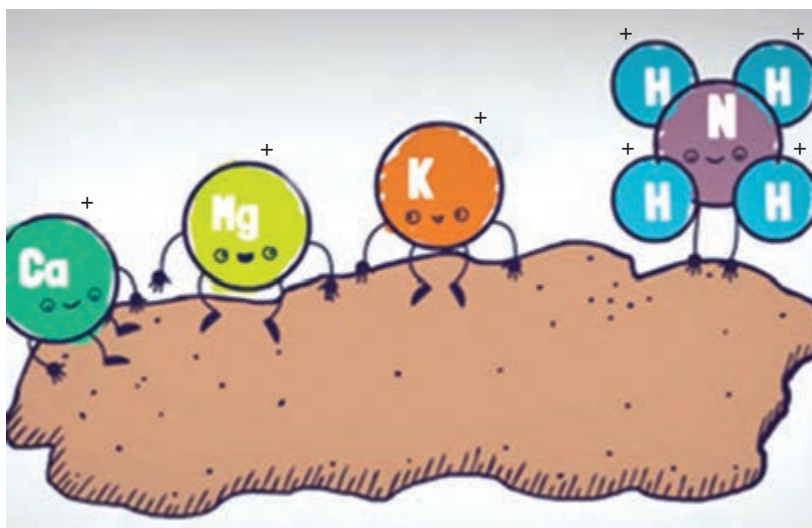
تعویض کاتیونی بر روی خصوصیات فیزیکی رس تأثیر می‌گذارد. پلاستیسیته بسیار بالا در رس‌ها به تبادل کاتیونی آنها بستگی دارد. رس‌هایی که ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارند از پلاستیسیته زیادی برخوردار هستند.

**۶- تعویض کاتیونی:** کانی رس در سطوح خود دارای بار الکتریکی منفی و در لبه‌ها بار مثبت دارد. بنابراین بلورها قادر به جذب کاتیون‌ها روی سطح و میان لایه‌های خود خواهند بود. همچنین می‌توانند کاتیون‌های خود را با دیگر کاتیون‌های محیط تعویض کنند.



شکل ۳۵

تمایل طبیعی رس‌ها به جذب برخی از کاتیون‌های موجود در محیط بیشتر از بقیه می‌باشد.



شکل ۳۶- تمایل رس‌ها به جذب کاتیون‌ها

تقسیم‌بندی رس‌ها در صنعت بر اساس میزان مصرف آنها در زیر بیان شده است:

### ۱- کائولن

● به خاکی گفته می‌شود که دربرگیرنده مقدار زیادی کانی کائولینیت باشد.

### ۲- بالکلی

● رس دانه ریز با پلاستیسیته بالا است که دارای کانی کائولینیت بوده و به دلیل حضور ناخالصی‌ها رنگی است.

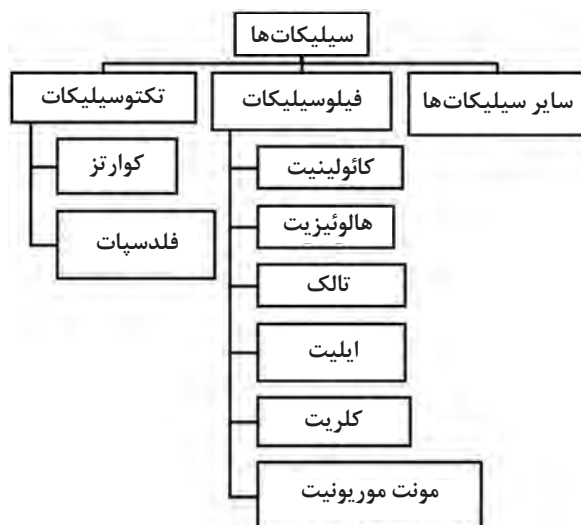
### ۳- بنتونیت

● بنتونیت خاکی است که بیش از ۷۰ درصد آن را کانی مونت مورینیت تشکیل می‌دهد و جذب آب زیادی دارد.

### ۴- رس‌های معمولی و شیل

● به رس‌هایی گفته می‌شود که اندازه دانه‌های آنها کمتر از چند میلی‌متر است و به اندازه کافی دارای خاصیت پلاستیسیته است و از کانی‌های رسی ایلیت، کلریت، اندکی کائولینیت و مونت مورینیت، همراه با برخی کانی‌های کلسیت، کوارتز و فلدسپات تجزیه نشده تشکیل شده است.

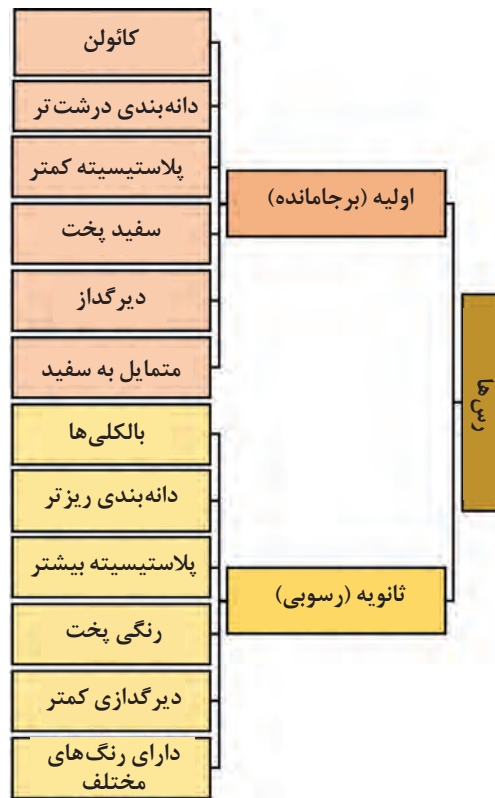
از دیدگاه کانی‌شناسی، رس‌ها در گروه فیلوسیلیکات‌ها (سیلیکات‌های ورقه‌ای) قرار می‌گیرند که شامل تقسیم‌بندی زیر می‌شوند:



شکل ۳۷- تقسیم‌بندی سیلیکات‌ها



رس‌ها از لحاظ چگونگی تشکیل، به رس‌های اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند:



شکل ۳۸- تقسیم‌بندی رس‌ها بر اساس چگونگی تشکیل



گنبد قابوس بنایی تاریخی از سده چهارم هجری است که در شهر گنبد کاووس، شمال ایران در استان گلستان قرار دارد. این بنا که بلندترین برج تمام آجری (خشت رسی پخته شده) جهان به‌شمار می‌آید بر فراز تپه‌ای خاکی در ارتفاع نزدیک به پانزده متر بالاتر از سطح زمین قرار دارد. این بنا در سال ۳۷۵ هجری شمسی و در زمان سلطنت شمس‌المعالی قابوس بن وشمگیر و در شهر جرجان که پایتخت پادشاهان آن منطقه بود، ساخته شده است.



بیشتر بدانیم

## کائولن<sup>۱</sup>

سنگ‌های این منطقه برای ساختن ظروف چینی مورد استفاده قرار گرفته است، از این رو واژه خاک چینی<sup>۲</sup> نیز در مورد آن به کار می‌رود.

کائولن ابتدا در سرزمین چین شناخته شد و لغت آن از کلمه چینی کائولینگ<sup>۳</sup> به معنی کوه بلند، گرفته شده است. ۱۷۰۰ سال قبل کائولن به صورت کوهی بلند در شمال چین کشف شده است. در قرون گذشته



شکل ۳۹- سنگ نماد معدن کائولن در چین

آهن اکسید ( $Fe_2O_3$ )، آهن هیدروکسید ( $FeOOH$ )، پیریت ( $FeS_2$ )، روتایل ( $TiO_2$ ) و ترکیبات کربناتی یا مواد آلی باشد. وجود این ناخالصی‌ها در کائولن رفتار فیزیکی فرایند تولید را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. کانی‌های رسی از تجزیه و هوازگی سنگ‌های آذرین مثل گرانیت، گنیس، فلدسپات و پگماتیت به وجود می‌آیند.

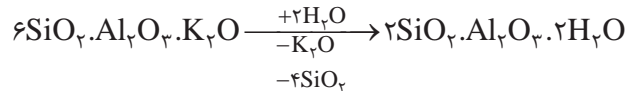
سنگ کائولن حالتی نرم و خاکی دارد که شکل‌پذیر بوده و معمولاً سفید رنگ است و ۵۰ تا ۹۵ درصد آن را کانی کائولینیت تشکیل داده است. کائولن از دگرسانی سنگ‌های حاوی کانی‌های آلومینیوم‌دار مانند فلدسپات به همراه سایر کانی‌ها مثل میکا یا کوارتز به وجود می‌آید. کائولن ممکن است علاوه بر کائولینیت حاوی کوارتز، فلدسپات و کانی‌های دیگری مانند



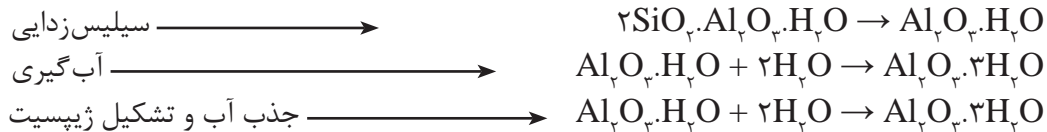
شکل ۴۰- کائولن

- 1- Kaolin
- 2- Kao - Ling
- 3- china clay

به عنوان مثال گرانیت از سه کانی میکا ( $6\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )، کوارتز ( $\text{SiO}_2$ ) و فلدسپات ( $6\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$ ) با نسبت‌های تقریباً برابر تشکیل شده است. در بین این سه نوع کانی، فلدسپات در برابر آب و هوازگی از همه ضعیف‌تر و ناپایدارتر است. به این ترتیب فلدسپات موجود در گرانیت چنانچه در برابر آب و هوا قرار گیرد، در طولانی مدت تخریب و باعث تشکیل کانی‌های رسی می‌شود. این فرایند کائولینیزه شدن نام دارد. در نتیجه این عمل، قلیایی‌های موجود در فلدسپات تبدیل به نمک‌های محلول شده و از محیط خارج می‌شوند. معادلات شیمیایی زیر به صورت کاملاً ساده و کلی این فرایند را نشان می‌دهند:



چنانچه عمل تجزیه همچنان ادامه یابد، دیاسپور و گیبسیت به وجود خواهند آمد:



شکل ۴۱- معدن روباز کائولن

در بیشتر معادن، استخراج کائولن به روش روباز انجام می‌شود کائولن به دو شکل طبیعی (شسته نشده) و فراوری شده (شسته شده) به بازار عرضه می‌شود.



شکل ۴۲- پاشیدن آب به دیوار معدن

جهت فراوری کائولن به دو روش عمل می‌شود:  
۱- کائولن استخراج شده از معدن به کارخانه‌ای که در نزدیکی معدن است، حمل شده و در آنجا بعد از شست‌وشو و خالص‌سازی، آب اضافی توسط فیلتر پرس گرفته شده و کیک‌های به دست آمده به وسیله اکسترودر به قطعات کوچک برش داده می‌شود و بعد از خشک شدن، کائولن شسته شده وارد بازار مصرف می‌شود.

۲- در این روش برای استخراج کائولن از دستگامی استفاده می‌شود که آب را با فشار زیاد به دیواره‌های معدن می‌پاشد تا کائولن مرغوب از دیواره‌ها شسته شود. سپس کائولن به همراه آب و با به‌جا گذاشتن ناخالصی‌ها، به داخل کانال هدایت می‌شود. سپس به داخل مخزن‌های آبیگیر مجهز به هم‌زن پمپ می‌شود. سرعت هم‌زن مخزن‌ها با یکدیگر تفاوت دارد و سوسپانسیون از مخزنی با هم‌زن سرعت بالا به مخزنی با هم‌زن سرعت پایین، پمپ می‌شود. در این مخازن، کوارتز و میکای باقی‌مانده از طریق رسوب‌گذاری جدا می‌شود.



شکل ۴۳- مخزن آبیگیر

سوسپانسیون نهایی کائولن شامل مقدار زیادی آب است. بنابراین، ابتدا مقداری از آب از طریق حوضچه‌های سرباز تبخیر می‌شود (عمل هم زدن در اینجا هم ادامه دارد) و زمانی که سوسپانسیون به حد کافی غلیظ شد، با استفاده از فیلترپرس آب آن را گرفته و کیک‌های حاصل از آن درون خشک‌کن‌ها حرارت داده می‌شود و به پودر خشک که همان کائولن است، تبدیل می‌شود.



شکل ۴۴- کائولن شسته شده

## ترکیبات کائولن

بیشترین کانی موجود در کائولن، کائولینیت است. بر طبق آنالیزهای انجام شده میزان  $\text{SiO}_2$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  موجود در کائولن، باید در محدوده مشخصی باشد و هرچه نزدیک به مقدار تئوری باشد نشان‌دهنده خلوص بالای کائولن فراوری شده است.

جدول ۴- آنالیز شیمیایی کائولن زدلیتز

اکسید	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	L.O.I	جمع کل
درصد تئوری	۴۶/۳	۳۹/۸	-	-	-	-	-	-	۱۳/۹	۱۰۰
کائولن زدلیتز	۴۷/۳۵	۳۷	۰/۸۳	۰/۲	۰/۶۵	۰/۲۴	۱/۱۱	-	۱۲/۶	۹۹/۹۸

با مراجعه به پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور [www.ngdir.ir](http://www.ngdir.ir) از بانک اطلاعات مواد معدنی و بانک فراوری مواد معدنی ایران، اطلاعات لازم در مورد ویژگی‌های خاک کائولن در کشورمان ایران جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.



جمع‌آوری  
اطلاعات



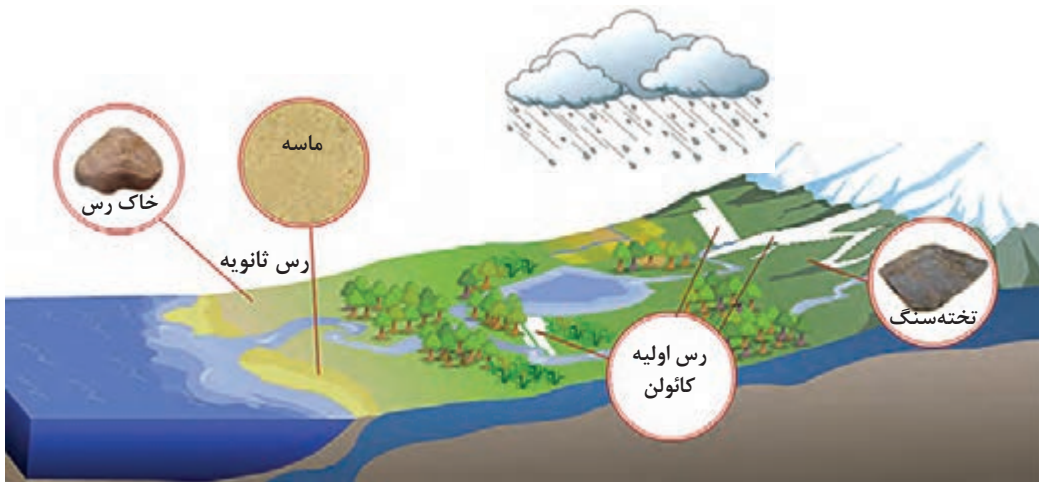
آیا در استانی که زندگی می‌کنید معدن کائولن وجود دارد؟ در صورت موجود بودن در مورد آن تحقیق کنید.



تحقیق کنید

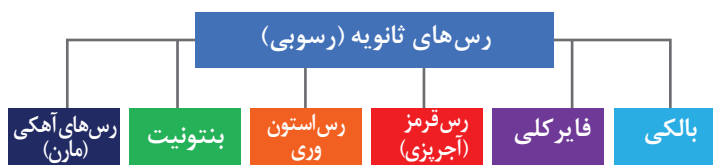
## رس‌های ثانویه<sup>۱</sup>

در صورتی که رس‌ها پس از پیدایش خود (کائولن) به وسیله آب به محل دیگری حمل شوند و در آنجا انباشته گردند رس‌های رسوبی یا ثانویه به وجود می‌آیند.



شکل ۴۵- تشکیل رس‌های ثانویه

بیشتر رس‌ها جزء رس‌های ثانویه هستند که از این گروه می‌توان به رس‌های زیر اشاره کرد.





معایب حضور بالکلی در بدنه	مزایای حضور بالکلی در بدنه
<ul style="list-style-type: none"> <li>● تیره شدن رنگ بدنه پس از پخت</li> <li>● شوره زدن سطح قطعه</li> <li>● نیاز به روان ساز بیشتر به علت حضور مونت مورینیت در دوغاب.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● پلاستیسیته بالاتر</li> <li>● افزایش استحکام خام و خشک بدنه</li> <li>● جلوگیری از ته نشینی ذرات در دوغاب</li> </ul>

بالکلی استخراج شده از معدن ابتدا با انبارش، یکنواخت سازی و ذخیره سازی می شود و پس از آنالیز شیمیایی و ثبت مشخصات فیزیکی به بازار عرضه می شود.



شکل ۴۶- انبارش بالکلی



مشخصات خاک بالکلی که توسط یک تولیدکننده این خاک عرضه شده است:

جدول ۵- آنالیز شیمیایی یک نمونه بالکلی

مقدار	اکسید	مقدار	اکسید	مقدار	ویژگی
۶۴ %	SiO <sub>۲</sub>	۰/۰۱ %	CaO	۸/۵ %	افت وزنی
۲۴ %	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	۱/۰۰ %	K <sub>۲</sub> O	حداکثر ۳۰ %	رطوبت
۰/۴ %	Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	۰/۰۵ %	Na <sub>۲</sub> O	۴/۰ %	درصد انقباض پخت در ۱۲۰۰ درجه سلسیوس
۰/۹۵ %	TiO <sub>۲</sub>	۰/۱۶ %	MgO	۱۳ %	درصد جذب آب بعد از حرارت ۱۲۰۰ درجه سلسیوس

با مراجعه به اینترنت و جست‌وجو در وبگاه‌های معتبر، اطلاعات لازم در مورد چند بالکلی استخراج شده از معادن ایران را جمع‌آوری و در کلاس ارائه کنید.



جمع‌آوری  
اطلاعات

## فایرکلی (رس نسوز)



شکل ۴۷- انبارش خاک نسوز

زیاد است و در عین حال مواد قلیایی و آهن اکسید که در دیگر رس‌ها نقش‌گذار آور را به عهده دارند در این دسته از رس‌ها کم است. دیرگدازی رس‌های نسوز با توجه به درصد مواد تشکیل‌دهنده بین ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ درجه سلسیوس است. بنابراین در تولید دیرگدازها استفاده می‌شوند.

اصطلاح خاک‌نسوز به آن دسته از رس‌ها گفته می‌شود که دیرگداز هستند و در حالت عادی دارای پلاستیسیته نبوده اما در صورت ریز شدن دارای خاصیت پلاستیسیته می‌شوند. شرایط به‌وجود آمدن این رس در طبیعت به این صورت بوده است که میزان آلومینیوم اکسید در آنها نسبتاً



شکل ۴۹- آجر شاموتی



شکل ۴۸- فایرکلی



در مورد مصالح به کار رفته در ساخت شومینه اطلاعات جمع‌آوری کنید و در کلاس ارائه دهید.



تحقیق کنید

## رس استون وری



شکل ۵۰- بدنه استون وری

این خاک تقریباً مشابه بالکلی است، با این تفاوت که مقدار ناخالصی‌ها در آن بیشتر است. مقدار زیاد ناخالصی‌ها باعث می‌شود که رنگ بعد از پخت آنها نسبت به بالکلی‌ها بسیار تیره‌تر بوده و نیز در درجه حرارتی حدود ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سلسیوس بتوانند بدون افزایش گداز‌آور یا با افزایش مقدار نسبتاً کم، از آن بدنه‌ای متراکم به‌وجود آورند.





شکل ۵۱- انقباض و متراکم شدن بدنه

## رس قرمز (آجرپزی)

فرسایش و خردایش طبیعی رس‌های قرمز بیشتر از بالکلی است.

آهن موجود در این رس‌ها باعث ایجاد رنگ نارنجی و قهوه‌ای پس از پخت می‌شود و در بدنه نقش گداز‌آور دارد.

کانی‌های رسی موجود در این رس کائولینیت و ایلیت می‌باشد و معمولاً دارای پلاستیسیته خوبی هستند.

ذخایر این رس اغلب به صورت روباز در سطح زمین پراکنده است بنابراین اولین رسی بوده است که انسان با آن آشنا شده و در طول هزاران سال جهت ساخت ظروف سفالین و آجر مورد استفاده قرار می‌گرفته است.



### میراث ماندگار

گنبد سلطانیه بزرگ‌ترین گنبد آجری جهان، در شهر سلطانیه در استان زنجان قرار دارد و یکی از شاهکارهای معماری ایران در دوره ایلخانی است. این گنبد در حدود سال‌های ۷۰۴ تا ۷۱۲ هجری قمری، به دستور اولجایتو پادشاه مغول، معروف به سلطان محمد خدابنده ساخته شده است.



شکل ۵۲- گنبد سلطانیه

## بنتونیت

در صنعت سرامیک بنتونیت‌های سدیم‌دار استفاده و کاربرد بیشتری دارند به این دلیل که در بنتونیت‌های سدیم‌دار، ورقه‌های مونت موریونیت می‌توانند در فاصله بیشتری از یکدیگر قرار گرفته و به عبارت دیگر بنتونیت‌های سدیم‌دار هنگام جذب آب دارای تورم بیشتری خواهد بود. بنتونیت‌ها در طبیعت به رنگ‌های مختلف یافت می‌شوند. بنتونیت‌ها عموماً دارای نقطه ذوب پایینی هستند و شیشه حاصل از ذوب آنها معمولاً دارای رنگ تیره است. در صنعت سرامیک این خاک‌ها به دلیل پلاستیسیته بسیار زیاد به تنهایی قابل مصرف نیستند.

بنتونیت‌ها از هوازدگی و دگرسانی خاکسترهای آتشفشانی به وجود آمده و حاوی مقدار زیادی ذرات مونت موریونیت است. به علت وجود پیوندهای ضعیف میان ورقه‌های مونت موریونیت، به راحتی بر روی یکدیگر می‌لغزند و این ویژگی باعث می‌شود بنتونیت هنگام لمس، چرب به نظر برسد. این ویژگی همچنین سبب می‌شود که ذرات بنتونیت در محیط آبی چند برابر حجم خود آب جذب کرده و متورم شوند. به طور کلی بنتونیت‌ها دو نوع هستند:

۱- سدیم‌دار

۲- کلسیم‌دار



بنتونیت سدیمی



بنتونیت کلسیمی

شکل ۵۴- بنتونیت سدیمی و کلسیمی



شکل ۵۳- رنگ‌های متنوع بنتونیت در طبیعت



شکل ۵۵- بنتونیت آب جذب کرده و متورم شده

بنتونیت معمولاً به علت وجود ناخالصی‌های رنگی در مقادیر بسیار کم به آمیز بدنه (۱ یا ۲ درصد) افزوده می‌شود که باعث افزایش پلاستیسیته می‌شود و در سوسپانسیون لعاب جهت جلوگیری از ته‌نشینی مواد به مقدار بسیار کمتر (۰/۵ درصد) مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده بیشتر از بنتونیت، باعث تغییر رنگ فرآورده‌ها می‌شود.



شکل ۵۷- رنگی شدن بدنه به علت وجود بنتونیت



شکل ۵۶- اثر افزودن ۴ درصد بنتونیت در ترکیب لعاب

گل سر شور، نوعی بنتونیت رسی است که از کانی‌های گروه میکا تشکیل شده است. ایرانیان از زمان قدیم بنتونیت را می‌شناختند و از آن استفاده می‌کردند. به احتمال زیاد این ماده در ایران باستان شناخته شده و از همان زمان در مواردی از قبیل گل سرشور، گل رخت شور، شست‌وشوی پشم، الیاف و مواد از بنتونیت استفاده می‌شده است.



## رسی‌های آهکی (مارن)

طبیعت با ترکیب سنگ آهک و رس، مجموعه‌ای از مواد اولیه پدید می‌آورد که نام‌گذاری آنها با توجه به مقدار سنگ آهک و رس موجود در آنها انجام می‌شود.

درصد آهک		درصد رس	
۹۰	آهک	۱۰	
۶۶	مارل آهکی	۳۴	
۳۴	مارل	۶۶	
۱۰	مارل رسی	۹۰	
	رس		

مارن رسی حاوی ناخالصی آهک است که مقدار زیاد این ناخالصی در رس باعث می‌شود که این نوع رس ترد و شکننده باشد.

از آنجایی که آهک در اثر حرارت دادن تجزیه می‌شود و گاز  $CO_2$  آزاد می‌کند، بدنه حاوی این رس، بعد از پخت متخلخل خواهد شد، از این رو در ساخت بدنه‌های متخلخل مانند ارتن‌ورهای آهکی و همچنین کاشی‌های دیوار استفاده می‌شود.



شکل ۵۹- بدنه ارتن‌وری



شکل ۵۸- تپه‌های مارنی

### زیبایی‌های زمین

پارک زمین‌شناسی کشور چین یکی از عجیب‌ترین نقاط زمین است که در آن کوهستان رنگارنگی به چشم می‌خورد. این منطقه که به آن کوهستان رنگین‌کمانی هم گفته می‌شود به دلیل قرار گرفتن لایه‌لایه خاک و صخره‌ها بر روی یکدیگر به این شکل درآمده است. واکنش شیمیایی آب و اکسیژن با آهن و سایر عناصر همراه با مقادیر اندکی از مواد معدنی مختلف که از رسوبات زیرزمینی برجای مانده است به شکل‌گیری این کوهستان رنگین‌کمانی منجر شده است.



## مواد اولیه نیمه پلاستیک

مواد اولیه نیمه پلاستیک موادی هستند که از لحاظ خواص پلاستیسیته بین مواد پلاستیک و غیرپلاستیک هستند. از معروف‌ترین این مواد تالک و پیروفیلیت را می‌توان نام برد.

### پیروفیلیت



پیروفیلیت از واژه یونانی پیر (Pyr) به معنای آتش، و فیلو (phyllo) به معنای «ورقه و صفحه» گرفته شده است. این نام‌گذاری به تمایل برخی از انواع پیروفیلیت‌ها، به شکسته شدن به صورت صفحات برگ‌ی شکل بعد از حرارت‌دهی اشاره دارد.



شکل ۶۰- سنگ تالک

تالک یکی از نرم‌ترین مواد معدنی شناخته شده است؛ به طوری که می‌توان آن را با ناخن خراش داد. جهت مصرف، تالک را ابتدا به صورت پودر در آورده و سپس از آن برای تهیه صابون، کرم‌های آرایشی، رنگ‌سازی و صنایع پلاستیک و سرامیک استفاده می‌کنند.

نرم‌ترین کانی در جدول موهس هست و لمس چرب دارد.

تالک، منبذیم سیلیکات آب‌دار با فرمول  $2\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  است.

یک تالک مرغوب برای استفاده در بدنه‌های سرامیک باید بعد از پخت در دمای  $1350^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس به رنگ سفید درآید.

رنگ تالک بسته به میزان ناخالصی‌های همراه آن از سفید تا سبز روشن است.

شکل ۶۱- مشخصات تالک

تالک کاربرد فراوانی در صنعت سرامیک دارد.

<p>از ترکیب رس و تالک بدنه‌های کوردیریتی تولید می‌شود که این بدنه‌ها مقاوم به شوک حرارتی هستند و در ساخت ساگارهای چینی و صفحات واگن از آنها استفاده می‌شود.</p>		<p>از ترکیب تالک با مقادیر کمی رس و مواد گداز آور و پخت در دمای مناسب می‌توان بدنه‌های استاتیوی را تولید کرد. از این بدنه‌ها به عنوان عایق الکتریسیته استفاده می‌شود.</p>	
<p>در ساخت چینی‌های رومیزی و ظروف پخت‌وپز تالک به کار می‌رود.</p>		<p>از تالک در آمیز بدنه‌های ارتن‌وری و کاشی‌های دیوار استفاده می‌شود.</p>	

شکل ۶۲- کاربردهای تالک در صنعت



همان‌طور که می‌دانید از پودر تالک به عنوان پودر بچه استفاده می‌شود. گرد و غبار این پودر به راحتی از طریق هوا قابل انتقال بوده و استنشاق آن توسط کودک باعث خشک شدن غشاء مخاطی می‌گردد.



ایمنی و بهداشت

## مواد اولیه غیر پلاستیک



شکل ۶۳- مواد اولیه غیر پلاستیک

درصد زیادی از مواد اولیه‌ای که برای ساخت سرامیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند خاصیت پلاستیسیته از خود نشان نمی‌دهند. این ویژگی در مواد اولیه مورد استفاده در ساخت سرامیک‌های نوین مشاهده می‌شود.

## فلدسپات

در ساخت بدنه‌های سرامیکی به ماده‌ای جهت کاهش دمای پخت نیاز است. این ماده که با عنوان ماده گداز‌آور یا فلاکس از آن نام برده می‌شود، در مرحله پخت ذوب شده و در مرحله سرمایش با ایجاد زمینه‌ای متراکم ذرات درشت دیگر را که دمای ذوب بالاتری دارند در بر گرفته و باعث افزایش استحکام قطعه می‌شود.



شکل ۶۴- کاربردهای فلدسپات

اصلی‌ترین ماده گداز‌آور در بدنه‌های سرامیکی فلدسپات‌ها هستند.



شکل ۶۵- انواع فلدسپات

برخی از خواص فیزیکی فلدسپات‌ها در شکل ۶۶ آمده است:



شکل ۶۶- خواص فلدسپات‌ها

میزان گدازآوری و دامنه پخت فلدسپات‌ها از عوامل مهم و مؤثر انتخاب یک آمیز است. دامنه پخت محدوده‌ای است که فلدسپات شروع به ذوب شدن می‌کند تا هنگامی که مذاب حاصل به صورت فرار درآید. پتاسیم فلدسپات نقطه ذوب و محدوده پخت بالاتری نسبت به سدیم فلدسپات دارد به همین دلیل ترجیح داده می‌شود که در ساخت بدنه‌ها استفاده شود. سدیم فلدسپات به دلیل اینکه نقطه ذوب پایین‌تری دارد و مذاب بیشتر و روان‌تری تولید می‌کند بنابراین در لعاب بیشتر مصرف می‌شود. در بدنه‌ها از پتاسیم فلدسپات و در لعاب‌ها از سدیم فلدسپات استفاده می‌شود. نقطه ذوب و گرانروی مذاب پتاسیم فلدسپات از سدیم فلدسپات بیشتر است.

## سیلیسیم‌اکسید ( $\text{SiO}_2$ )

در ساخت بدنه‌های سرامیکی از مواد پرکننده نیز استفاده می‌شود. پرکننده‌ها مواد غیرپلاستیک و با دمای ذوب بالا هستند که وظیفه حفظ شکل اصلی بدنه در زمان پخت را به عهده دارند. علاوه بر این با کنترل انبساط و انقباض حرارتی در حین پخت از ترک خوردگی و شکست بدنه جلوگیری می‌کنند. یکی از مواد پرکننده سیلیس است که در ترکیب بدنه‌ها و لعاب‌ها حضور دارد و به صورت مجزا در ساخت شیشه و دیرگدازهای سیلیسی نقش دارد.



شکل ۶۷- تک بلور و بلور کوارتز



تعدادی از منابع تأمین‌کننده سیلیسیم‌اکسید آزاد در شکل ۶۸ آمده است.



شکل ۶۸- منابع تأمین‌کننده سیلیسیم‌اکسید

در دوران باستان از ویژگی سختی سنگ فلینت برای ساخت ابزار برنده استفاده می‌کردند.



شکل ۶۹- ابزار از جنس فلینت

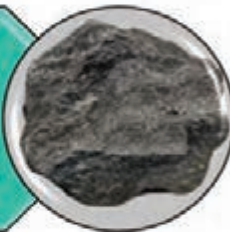
ماسه سیلیسی: به شکل خرد شده و ریز شده سنگ‌های سیلیسی که در یک جا رسوب می‌کنند ماسه سیلیسی گفته می‌شود.



ماسه سنگ سیلیسی: زمانی که در لابه‌لای ذرات درشت ماسه، ذرات ریزتر ماسه قرار گیرند و با سیمانی کردن به سنگ تبدیل شود، ماسه سنگ سیلیسی ایجاد می‌شود.



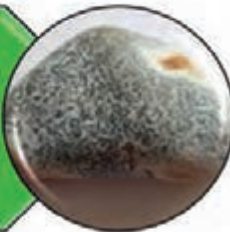
گانیستر: ماسه سنگی با ذرات بسیار ریز است که مقادیری مواد رسی نیز به همراه دارد.



کوارتزیت: این سنگ از دگرگونی ماسه سیلیسی به وجود می‌آید. این دگرگونی پیوند بین ذرات آن را به شدت سخت و محکم می‌کند.



فلینت: از بلورهای بسیار ریز کوارتز، آب، کلسیم کربنات و مواد آلی تشکیل شده است. رنگ آن قهوه‌ای روشن، خاکستری یا سیاه است که در اثر حرارت دادن و سوختن مواد آلی به رنگ سفید در می‌آید.



دیاتومیت‌ها: سنگ‌های رسوبی متشکل از ذرات ریز و بی‌شکل سیلیسی است که در اثر تجمع پوسته یا اسکلت‌های فسیل شده جلبک‌ها و گیاهان و جانوران میکروسکوپی و تک‌سلولی به نام دیاتومه تشکیل شده است.





### سیلیکوزیس

سیلیکوزیس، یک بیماری ریوی است که بر اثر استنشاق ذرات سیلیس ایجاد می‌شود و باعث التهاب و زخم شدن ریه می‌شود. سیلیکوزیس، با کوتاه شدن تنفس، تب و سیانوزیس (پوست آبی رنگ) ظاهر می‌شود. این بیماری تنفسی ابتدا در سال ۱۷۰۵ توسط برنالدو رامازینی با مشاهده ذرات شن و ماسه در ریه یک سنگ‌تراش شناخته شد.

## کربنات‌ها، سولفات‌ها و اکسیدها

### کربنات‌ها

#### دولومیت

- کلسیم و منیزیم کربنات مضاعف  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ .
- از دولومیت در ساخت دیرگداز استفاده می‌شود.
- در لعاب‌های دما بالا به عنوان کمک ذوب استفاده می‌شود.

#### کلسیت

- کلسیم کربنات  $\text{CaCO}_3$ .
- در بدنه‌های پخت بالا و لعاب نقش‌گذار آور دارد.

#### منیزیت

- منیزیم کربنات  $\text{MgCO}_3$ .
- در ساخت دیرگدازها استفاده می‌شود.

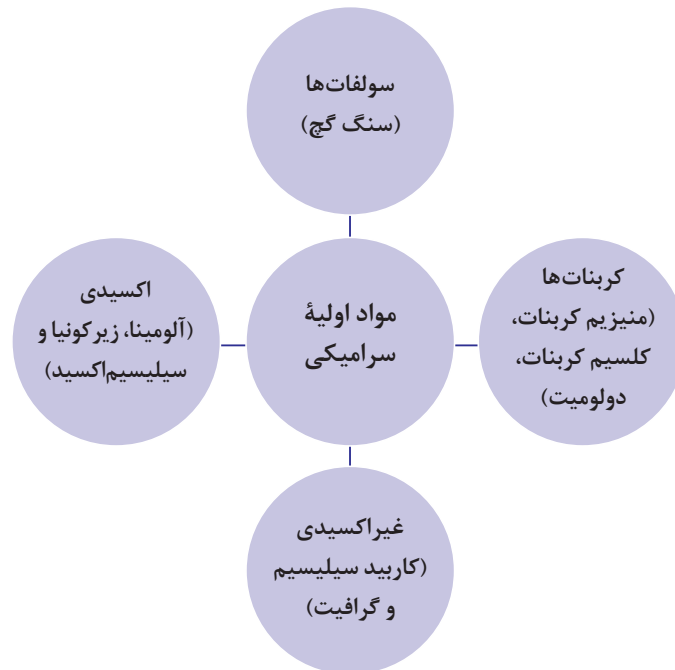


شکل ۷۰- آرامگاه فردوسی از سنگ مرمر (کلسیم کربنات) ساخته شده است.

## سولفات‌ها

ژپیس (سنگ گچ)

- کلسیم سولفات  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .
- بعد از پخت به گچ نیمه هیدراته تبدیل می‌شود.
- از گچ در ساخت قالب برای تولید محصولات سرامیکی به روش ریخته‌گری دوغابی و شکل دادن پلاستیک استفاده می‌شود.



## اکسیدها



شکل ۷۱- گلوله آلومینایی

مواد اکسیدی به صورت منفرد و همچنین همراه با مواد دیگر نقش زیادی در ساخت محصولات سرامیکی دارند. آلومینیوم اکسید (آلومینا)  $(\text{Al}_2\text{O}_3)$ : بیشتر به صورت هیدراته در سنگ بوکسیت یافت می‌شود که با فراوری این سنگ، آلومینیوم اکسید (آلومینا) تولید می‌شود. آلومینا در ساختارهای بلوری مختلفی وجود دارد که نوع پایدار آن کوراندوم نام دارد. سختی زیاد، دیرگدازی، مقاومت بالا در برابر شوک حرارتی و مقاومت در برابر اسیدها و بازها از جمله دلایل استفاده گسترده از این ماده است. همچنین آلومینا به عنوان یک پرکننده در بدنه‌های سرامیکی به کار می‌رود.

زیرکونیوم اکسید (زیرکونیا)  $(\text{ZrO}_2)$ : نقطه ذوب بالا، مقاومت شیمیایی خوب در دمای بالا، هدایت حرارتی کم و شوک‌پذیری حرارتی خوب از ویژگی‌های زیرکونیوم اکسید است.

کانی بادلیت حاوی زیرکونیوم اکسید است که از خالص‌سازی و تثبیت شدن آن، زیرکونیا تولید می‌شود. زیرکونیوم سیلیکات نیز در ساخت دیرگدازهای زیرکونی، چینی‌های الکتریکی و شیمیایی مانند چینی شمع اتومبیل و همچنین اپک‌کننده لعاب استفاده می‌شود.



شکل ۷۲- بلبرینگ و ساچمه



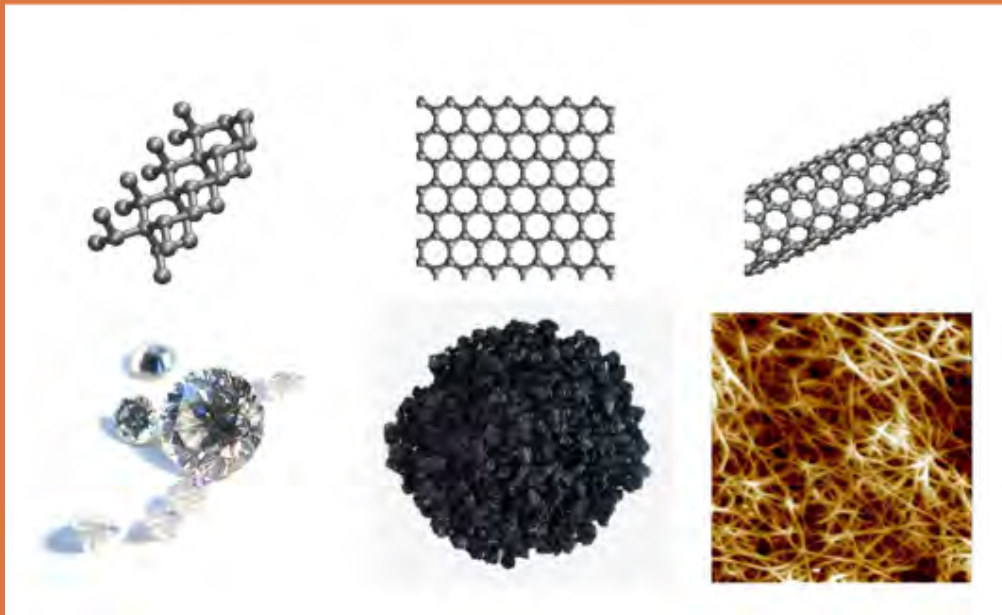
شکل ۷۳- کانی بادلیت

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	عنوان پودمان
۳	دسته‌بندی، تحلیل و انتخاب کانی‌ها و سنگ‌ها با بررسی خواص و شناسایی نمونه ارائه شده گروه‌بندی، تحلیل و انتخاب مواد اولیه سرامیکی براساس نقش در بدنه و تفکیک براساس مشخصه پلاستیسیته	بالاتر از حد انتظار	تحلیل و شناسایی کانی و سنگ‌ها با آزمایش‌های سختی‌سنجی، رنگ و رنگ خاکه، درخشندگی، رخ، شکستگی و چگالی	۱- دسته‌بندی و تجزیه و تحلیل خواص سنگ‌ها و کانی‌ها	پودمان ۳: تحلیل و طبقه‌بندی مواد اولیه سرامیک
۲	دسته‌بندی و تحلیل خواص کانی‌ها و سنگ‌ها و گروه‌بندی و انتخاب مواد اولیه سرامیکی براساس نقش در بدنه تفکیک براساس مشخصه پلاستیسیته	در حد انتظار	تفکیک و انتخاب مواد اولیه سرامیکی براساس نقش آنها در بدنه و مشخصه پلاستیسیته	۲- دسته‌بندی و انتخاب مواد اولیه سرامیکی	
۱	دسته‌بندی کانی‌ها و سنگ‌ها و گروه‌بندی مواد اولیه سرامیکی براساس نقش در بدنه و تفکیک براساس مشخصه پلاستیسیته	پایین‌تر از حد انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان	
				نمره پودمان از ۲۰	



## پودمان ۴

### فناوری و سرامیک



## نانومواد و نانو سرامیک

آیا تاکنون واژه نانوفناوری را شنیده‌اید؟

دست پیدا کرد که کارها در مقیاس اتم و مولکول انجام شود و اتم‌ها را طوری که خودمان می‌خواهیم یکی یکی بچینیم. برای چیدن اتم‌ها باید از دستگاه‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری خاصی استفاده کنیم تا نسبت‌ها را کوچک کند. امروزه پیش‌بینی فاینمن به حقیقت پیوسته است و نانوفناوری دریچه جدیدی بر علم گشوده است.

در سال ۱۹۵۹ دانشمندی به نام ریچارد فاینمن ملقب به پدر علم فناوری، در یک سخنرانی پیش‌بینی جذابی را بیان کرد. او اظهار داشت که در آینده می‌توان ۲۵ هزار صفحه دایرةالمعارف را در ابعاد یک سر سوزن جا داد و تمام کتاب‌های جهان را در جزوه‌ای ۳۵ صفحه‌ای حفظ و نگهداری کرد، به شرطی می‌توان به این هدف



کمتری مصرف می‌شود.

از کاربردهای دیگر نانو فناوری می‌توان به افزایش سرعت رایانه‌ها و گسترش علوم ارتباطات اشاره کرد. نانوالکترونیک ظرفیت تجهیزات نظامی را گسترش می‌دهد، روبات‌ها را پیشرفته‌تر می‌کند و به علوم مختلف نظیر فیزیک، شیمی و مهندسی تولدی دوباره می‌دهد. با نانو فناوری می‌توان ساختمان‌ها و خودروهایی با مصالح و مواد اولیه سبک‌تر و مقاوم‌تر ساخت. برد هواپیمای نظامی و ظرفیت باربری هواپیما بیشتر می‌شود و مصرف سوخت در ماشین‌ها کاهش می‌یابد. امکان پرتاب سفینه به خارج از مدار زمین و حتی خارج از منظومه شمسی افزایش می‌یابد. هواپیماها، موشک‌ها و ایستگاه‌های فضایی از قدرت و کاربرد بیشتر و وزن سبک‌تر و مواد با ثبات بیشتری برخوردار می‌شوند. فناوری نانو، امکان استفاده از انرژی

اخیراً در عملیات باستان شناسی کشف شده که برخی از سرامیک‌های لعاب‌دار دوره خلفای عباسی دارای طرحی بسیار پیچیده هستند و چندین رنگ و تالو رنگین کمانی را از خود نشان می‌دهند. تعدادی از این کاشی‌ها در برخی از مساجد تونس نیز به کار برده شده است. وقتی نور سفید به این سرامیک‌ها برخورد می‌کند، رنگ آن تغییر می‌کند. این جلوه از کنار هم قرار گرفتن نانوذرات مختلف با خواص نوری منحصر به فرد به وجود می‌آید.

نانوفناوری بر صنایع الکترونیک و داروسازی، مراقبت از سلامتی، آب و هوا و محیط زیست، انرژی، شیمی و کشاورزی، علوم رایانه و فناوری اطلاعات اثر می‌گذارد. این علم، شکل بیشتر صنایع را تغییر می‌دهد و باعث ساخت وسایل کوچک‌تر، ارزان‌تر و سبک‌تر با تحمل و سرعت بیشتر می‌شود. به این ترتیب مواد خام و انرژی



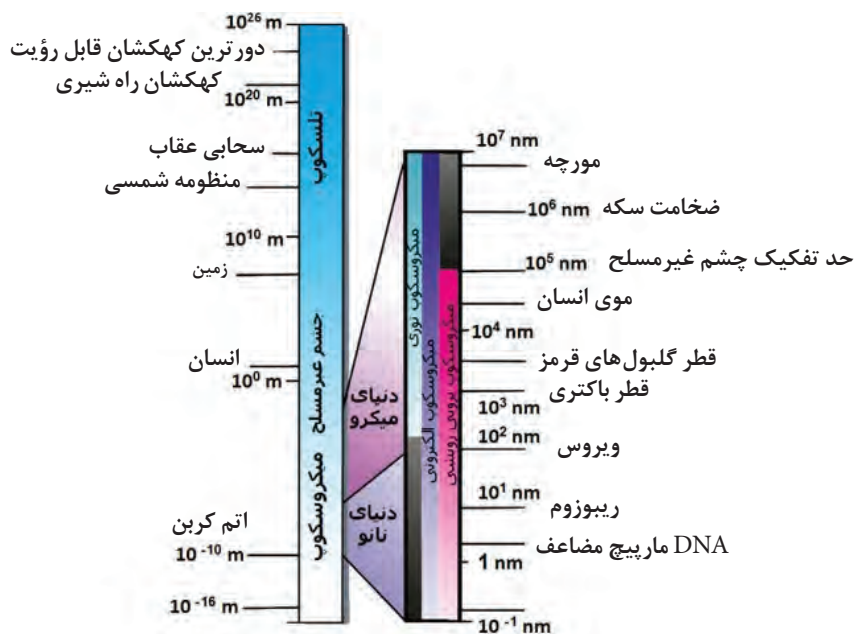
حرارتی خورشید را برای تجهیزات الکتریکی و دستگاه‌های ذخیره انرژی افزایش می‌دهد، آلودگی آب و هوا یک مشکل جهانی است. محصولات با فناوری بالا به مردم اجازه می‌دهد تا کمتر از آلودگی آب و هوا صدمه ببینند. همچنین، تجهیزات پیشرفته و ارزان برای تحقیقات پزشکی و مراقبت از سلامتی را فراهم می‌کند.



شکل ۱- حسگر با ابعاد بسیار کوچک برای پاک‌سازی عروق بدون نیاز به جراحی

## نانومواد

موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها در مقیاس ۱ الی ۱۰۰ نانومتر باشد، نانو مواد در نظر گرفته می‌شود. یک نانومتر برابر با یک میلیارد متر است. این اندازه ۵۰۰۰۰ بار کوچک‌تر از قطر یک تار موی انسان است. به‌طور میانگین ۳ تا ۶ اتم در کنار یکدیگر، طولی معادل یک نانومتر را می‌سازند که این خود به نوع اتم بستگی دارد (یک نانومتر = ۶ اتم هیدروژن در کنار یکدیگر). کوچک‌ترین اشیای قابل دید توسط چشم غیرمسلح اندازه‌ای حدود ۱۰۰۰۰ نانومتر دارد. در شکل ۲ مقایسه مقیاس‌های طولی با مثال‌های گوناگون نشان داده شده است.

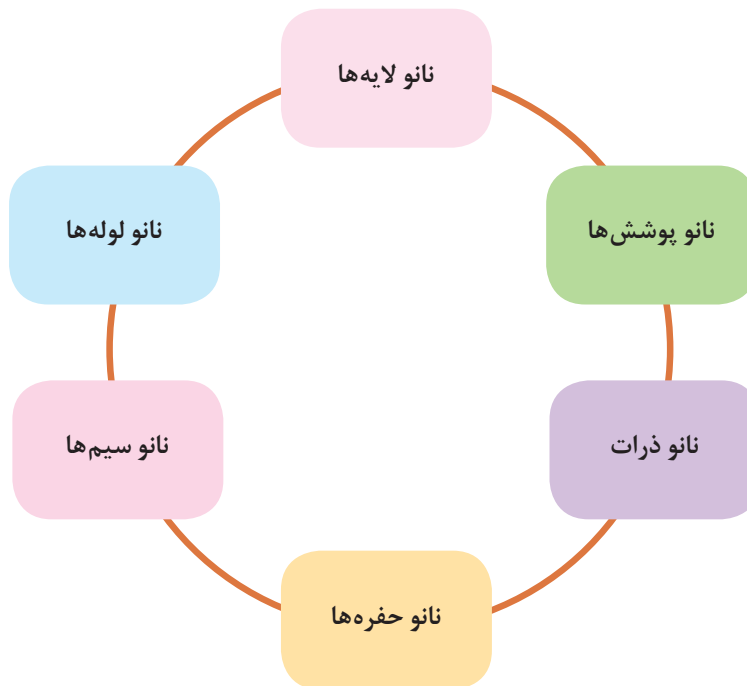


شکل ۲- مقیاس‌های طولی مختلف

همه مواد از جمله فلزات، نیمه‌هادی‌ها، شیشه‌ها، سرامیک‌ها و پلیمرها در ابعاد نانو می‌توانند وجود داشته باشند.

## دسته بندی نانو مواد

مواد در مقیاس نانو مطابق شکل ۳ تقسیم بندی می‌شوند:



شکل ۳- انواع ساختارها در مقیاس نانو

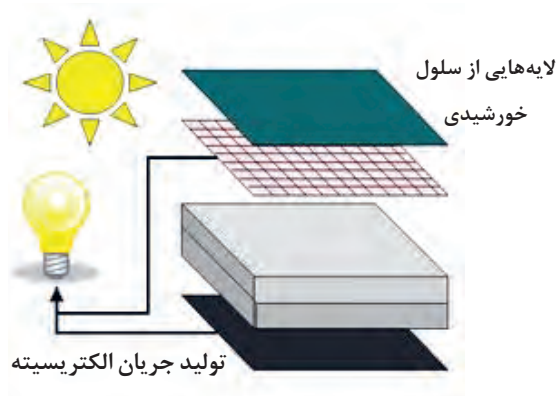
از بین ساختارهایی که در نمودار بالا مشاهده می‌کنید به توضیح در مورد نانو پوشش‌ها می‌پردازیم:

### نانو پوشش‌ها

تا صنایع لوازم خانگی هستند. نانو پوشش‌ها از سطوحی که در معرض آسیب‌های محیطی مانند باران، برف، نمک‌ها، رسوب‌های اسیدی، اشعه ماورای بنفش، نور آفتاب و رطوبت می‌باشند، محافظت می‌کنند. نانو پوشش‌های حفاظتی برای افزایش مقاومت در مقابل خوردگی، افزایش سختی سطوح و حفاظت در مقابل

یکی از مواردی که در حال حاضر فناوری نانو در آن به‌طور گسترده و مؤثری مورد استفاده قرار گرفته است، پوشش‌ها و فرایندهای پوشش‌دهی است. تحقیقات صورت گرفته بر روی نانو پوشش‌ها نشان می‌دهد که خواص آنها نسبت به پوشش‌های معمولی بهبود چشمگیری یافته است. پوشش‌ها دارای کاربردهای متنوعی از صنایع اتومبیل

عوامل مخرب محیطی هستند. علاوه بر آن، فناوری نانو از خش برداشتن، تکه تکه شدن و خرده شدن روکش‌ها جلوگیری می‌کند. از موارد استفاده نانو پوشش‌ها می‌توان به روکش‌های ضد انعکاس در مصارف خودروسازی و سازه‌ای، روکش‌های محافظ (ضد خش، غیر قابل رنگ آمیزی و قابل شستشوی آسان) و روکش‌های تزئینی اشاره کرد. از جمله کاربرد نانوپوشش‌ها در سطح سلول‌های خورشیدی است که به منظور افزایش جذب نور خورشید و افزایش بازده سلول‌های خورشیدی به کار می‌رود.



شکل ۴- کاربرد نانو پوشش در سطح سلول خورشیدی

استحکام و سختی بالای نانوپوشش‌های سرامیکی زمینه کاربرد آنها در ادوات نظامی را فراهم کرده است. همچنین استفاده از پوشش‌های سرامیکی در تجهیزات دریایی، هزینه و صدمات ناشی از خوردگی را به شدت کاهش داده است. از جمله نانوپوشش‌های سرامیکی، پوشش‌هایی است که از نانوذرات آلومینا ( $Al_2O_3$ ) و تیتانیا ( $TiO_2$ ) تهیه می‌شوند.

با جستجو در منابع مختلف لیستی از کاربردهای نانوپوشش‌ها تهیه کنید.



تحقیق کنید

## نانوسرامیک‌ها

آنها در حد نانومتر است و دارای خواص مکانیکی بهتر مانند استحکام بالاتر و انعطاف‌پذیری بیشتر هستند و همچنین خواص الکتریکی، مغناطیسی و نوری مطلوب‌تری خواهند داشت. یکی از مشکلات سرامیک‌ها شکنندگی آنهاست که با تولید سرامیک‌هایی در مقیاس نانو قابلیت شکل‌پذیری و ضربه‌پذیری آنها بهبود می‌یابد. سرامیک‌ها در صنعت

با پیدایش نانو فناوری، نانو سرامیک‌ها هرچه بیشتر اهمیت خود را نشان دادند. زمان تولید نانو سرامیک‌ها را می‌توان دهه ۹۰ میلادی دانست. در این زمان نانوپودرهای سرامیکی تولید شدند. با استفاده از نانو پودرها، دمای پخت کاهش می‌یابد و روش‌های ساخت مواد ساده‌تر می‌شود و در نتیجه هزینه تولید نیز کاهش خواهد یافت. نانوسرامیک‌ها، سرامیک‌هایی هستند که اجزای سازنده

هوافضا جهت حفاظت حرارتی و شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد سرامیک‌های ساخته شده با فناوری نانو در حسگرها، الکترونیک و سازه‌های فضایی در حال گسترش است. در فناوری ساخت رایانه‌ها نیز امکان وقوع تحولاتی با استفاده از تراشه‌های نانو سرامیکی به جای تراشه‌های سیلیکونی وجود دارد.

## سرامیک‌ها و عصر الکترونیک

الکترونیک به طور قابل توجهی زندگی ما را در بر گرفته است به نظر می‌رسد هر محصولی که می‌خریم از الکترونیک در آن استفاده شده است مانند دستگاه پخت نان که قابلیت برنامه‌ریزی برای پخت نان دارد، ساعت‌های جدید که در رأس هر ساعت صدای پرنده می‌دهند و اجاق ماکروویو که قابلیت تنظیم برای یخ‌زدایی غذا و پخت را دارد.

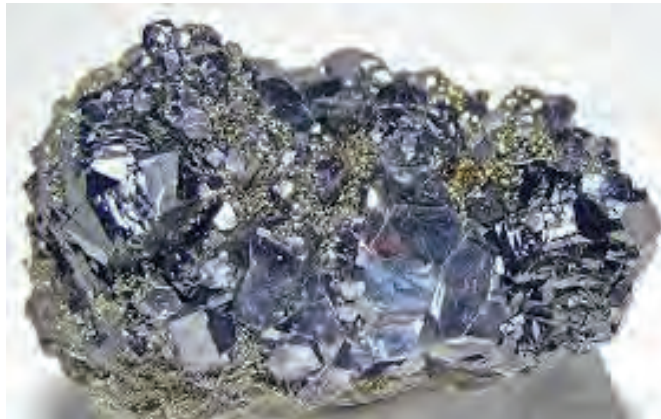
### نقش سرامیک‌ها در الکترونیک به چه میزان است؟

سرامیک‌ها به دلیل تنوعی که دارند به روش‌های گوناگونی در وسایل الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از سرامیک‌ها کاملاً مانع از عبور الکتروسیسته شده و نارسانا نامیده می‌شوند. آلومینای مورد استفاده در شمع خودرو از جمله سرامیک‌های نارسانا است که برق را از خود عبور نمی‌دهد. برخی از سرامیک‌ها که مقاومت نامیده می‌شوند مقدار کمی جریان را از خود عبور می‌دهند. مقاومت‌ها مقدار جریان عبوری از سیم را کنترل می‌کنند. بنابراین جریان الکترون‌ها نیاز به کار بیشتری برای عبور دارد. این کار اضافی باعث ایجاد گرما می‌شود و در بعضی از موارد مقدار گرمای ایجاد شده به قدری است که می‌توان با آن اجاق‌ها، بخاری‌ها و المنت‌های مورد استفاده در ذوب شیشه را ساخت.

### جدول ۱- رفتار متفاوت سرامیک‌ها در برابر الکتروسیسته

انواع مواد الکترونیکی	نوع رفتار
ابر رسانای الکترونیکی	الکتروسیسته را بدون هیچ مقاومتی از خود عبور می‌دهد.
رسانای الکترونیکی	الکتروسیسته را با مقاومت کمی از خود عبور می‌دهد.
نیمه رسانای الکترونیکی	مانند یک دریچه جریان الکتروسیسته را کنترل می‌کند.
نارسانا الکترونیکی	از عبور الکتروسیسته از سیم جلوگیری می‌کند.
مقاومت	الکتروسیسته را از خود به سختی عبور می‌دهد.
خازن	الکتروسیسته را ذخیره و برخی از سیگنال‌های الکترونیکی را فیلتر می‌کند.
پیزو الکترونیک	نیروی مکانیکی و الکتروسیسته را به یکدیگر تبدیل می‌کند.
پایرو الکترونیک	حرارت و الکتروسیسته را به یکدیگر تبدیل می‌کند.
تراشه سیلیسیمی	مانند مغز میکروپردازنده در مدارهای مجتمع عمل می‌کند.
ترمیستور	مقاومت آن با دما تغییر می‌کند.
وریستور	مقاومت آن با ولتاژ تغییر می‌کند.
حسگرهای رطوبت و گاز	مقاومت آنها با رطوبت و فشار گاز تغییر می‌کند.

برخی از وسایل الکتریکی به جریان متناوب و برخی به جریان مستقیم نیاز دارند. دانشمندان در سال ۱۸۷۰ میلادی کشف کردند که سرامیک طبیعی به نام گالنا یک نیمه رسانا است که می‌تواند جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل کند. این کشف به دانشمندان اجازه داد تا وسایل الکتریکی جدیدی را ابداع کنند. یکی از مهم‌ترین کاربردهای این ابداع در رادیو است که امواج رادیویی را به پالس‌های الکتریکی و سپس صدا تبدیل می‌کند.

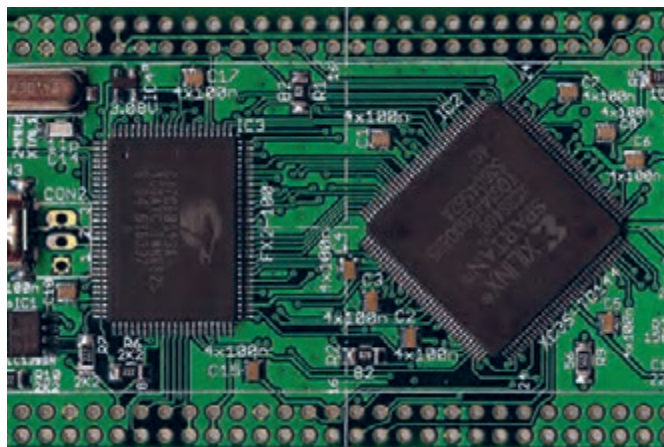


شکل ۵- سنگ طبیعی گالنا

## نقش سرامیک در فناوری مدارهای مجتمع

### تراشه سیلیسیمی

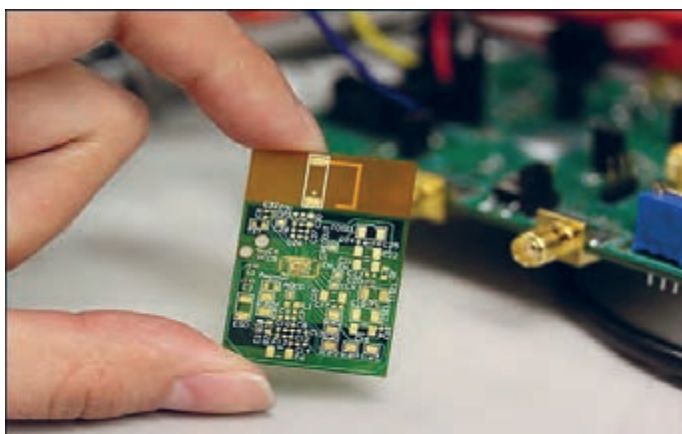
آیا تا به حال فکر کرده‌اید، چگونه دانشمندان ۱۶ میلیون ترانزیستور و تمام مسیرهای رسانای الکتریسیته، نارساها، مقاومت‌ها و دیگر وسایل الکتریکی را در یک مدار مجتمع به اندازه ناخن شست جای می‌دهند؟ برای این کار هر قطعه را به اندازه حدود ۵۰۰ نانومتر می‌سازند و بر روی سطح یک تراشه تک بلور سیلیسیمی به صورت لایه‌های متوالی قرار داده می‌شود. یک تراشه می‌تواند بیش از ۲۰ لایه داشته باشد که همه آنها به صورت یک مسیر مارپیچ به یکدیگر متصل می‌شوند.



شکل ۶- تراشه سیلیسیمی

را تشکیل می‌دهد که در عین مجزا بودن به عملکرد مجتمع کمک می‌کند. سرانجام راهروها و درها را در نظر بگیرید که اینها نیز مدار دیگری را تشکیل می‌دهند. حال همه سیم‌کشی‌ها، لوله‌کشی‌ها، راهروها و کلیدهای برق، شیرها و درهای این ساختمان ۲۰ طبقه را به‌اندازه ناخن شست فشرده کنید. به نحوی که هیچ فضای خالی بین طبقات وجود نداشته باشد. این ساختار بسیار فشرده مثال خوبی از پیچیدگی مدارهای مجتمع است.

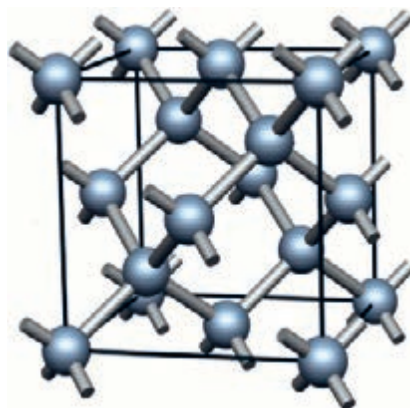
پیچیدگی یک مدار مجتمع را می‌توان مانند یک ساختمان ۲۰ طبقه با هزاران واحد مسکونی در نظر گرفت که هر واحد پر از سیم‌کشی‌های الکتریکی و وسایل برقی متفاوت مانند یخچال، تلویزیون و رایانه است. این وسایل برقی مانند اجزای منفرد یک ریز تراشه است که هر یک نیازمند اتصال مخصوص به خود هستند و در ضمن همگی به سیم‌کشی اصلی ساختمان متصل هستند. حال لوله‌کشی آب را در نظر بگیرید؛ این نیز شبکه دیگری



شکل ۷- تصویری از یک مدار مجتمع

مانند ذخیره‌سازی اطلاعات یا انجام محاسبات پیچیده را انجام دهند. از جمله این مواد سیلیسیم و ژرمانیم است. ژرمانیم ساختاری شبیه به الماس دارد. بنابراین می‌توان گفت که بیشتر مدارهای مجتمع ساختار سرامیکی دارند.

بیشتر مواد به‌کار رفته در مدارهای مجتمع نیمه رسانا و از جنس سرامیکی هستند، یعنی در شرایطی مانع از عبور الکتریسیته و در شرایط دیگر باعث عبور آن می‌شوند. آنها مانند میکروسوئیچ‌هایی عمل می‌کنند که الکتریسیته را در مدار مجتمع هدایت می‌کنند تا وظایفی



شکل ۸- ساختار کریستالی ژرمانیم

### چگونگی ساخت مدارهای مجتمع

سایش و پولیش آنها تا رسیدن به یک سطح صاف و آینه‌ای است. این روش شکل‌دهی ضروری است زیرا قطعاتی بر روی سطح این صفحات قرار داده می‌شوند که پهنایی حدود ۵۰۰ نانومتر دارند. تمام گام‌های برش، سایش و پولیش به وسیله سرامیک‌ها انجام می‌شود. پس از این مرحله‌ها لایه‌های متوالی با روش‌های مختلف بر روی زیر پایه سیلیسیمی قرار داده می‌شود.

اولین گام در ساخت مدار مجتمع ایجاد یک تک بلور بسیار خالص سیلیسیمی است. دانشمندان یک روش متفاوت برای این کار ابداع کردند؛ آنها سیلیسیم را در یک بوته ساخته شده از سرامیک سیلیسی، ذوب کردند. پس از ذوب سیلیسیم، تک بلور آن با روش مشابه ساخت نبات ایجاد می‌شود. دومین گام ساخت مدارهای مجتمع برش دادن میله تک بلور به شکل صفحات نازک با ضخامت بسیار کم و

## انواع کاربردهای الکتریکی سرامیک‌ها

### نارساناهای الکتریکی سرامیکی

در برخی از محصولات مانند برخی از اجزای لیزر به سرامیک‌هایی نیاز است که حرارت را بهتر از آلومینا منتقل می‌کنند. برلیم اکسید و آلومینیوم نیتريد هر دو حرارت را سریع‌تر از آلومینا و تقریباً به سرعت فلزات منتقل می‌کنند. اما بهترین ماده در انتقال حرارت الماس است؛ الماس حرارت را ۵ تا ۱۰ مرتبه سریع‌تر از بهترین فلزات انتقال می‌دهد.

از زمان کشف الکتریسیته، سرامیک‌ها و شیشه‌ها به عنوان نارساناهای الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سرامیک‌ها به عنوان نارسانای الکتریکی تقریباً در همه دستگاه‌های الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ به طور مثال سرامیک‌ها در رادیو، تلویزیون، لوازم برقی خانگی، سامانه‌های میکروویو، رایانه‌ها، دستگاه‌های صنعتی، پزشکی و سامانه‌های فضانوردی و نظامی به کار گرفته می‌شوند. یکی از قدیمی‌ترین کاربردهای نارساناهای سرامیکی، نارسانا کردن خطوط انتقال برقی است که برق را از مدار هیدروالکتریک به نیروگاه‌های برق و سپس به خانه‌ها منتقل می‌کنند. وقتی از کنار دکل‌های بزرگ برق عبور کنید متوجه خواهید شد که سیم‌ها هرگز به دکل‌ها وصل نمی‌شوند بلکه به نارساناهای بزرگ سرامیکی متصل می‌شوند. این نارساناهای سرامیکی باید بتوانند ولتاژهای بسیار زیاد را تحمل کنند و همچنین به اندازه کافی مستحکم باشند که وزن سیم‌ها را حتی در هنگام بارش یا کولاک تحمل کنند. هنگامی که الکتریسیته به خانه‌ها می‌رسد، نارساناهای سرامیکی، پریزها و دوشاخه‌های برق، حفاظت درمقابل شوک الکتریکی و نیز آتش را انجام می‌دهند.

جدول ۲- هدایت حرارتی مواد مختلف

نوع ماده	هدایت حرارتی (W/m <sup>2</sup> K)
SiO <sub>2</sub>	۱۰
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۲۵ - ۴۰
MgO	۲۵ - ۵۰
SiC	۲۵ - ۱۰۰
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	۵۰
AlN	۱۲۰ - ۲۲۰
BN	۱۰۰ - ۲۵۰
BeO	۲۷۰
C (الماس)	۲۲۰۰

از جمله کاربردهای مهم نارساناهای الکتریکی در زیر پایه‌های الکتریکی است که اجزای الکتریکی بر روی آن قرار گرفته و به هم متصل می‌شوند. مهم‌ترین سرامیک با این کاربرد آلومینا است؛ زیرا از هدایت حرارت بالایی برخوردار است.

## سرامیک‌های دی الکتریک و خازن‌ها

خازن‌های سرامیکی قطعات الکتریکی هستند که تقریباً در تمام دستگاه‌های الکتریکی به کار می‌روند. خازن در واقع یک نوع نارسانای خاص به نام دی الکتریک است که با برقرار شدن جریان الکتریسیته دارای بار مثبت و منفی می‌شود که سبب ایجاد قطبیت در آن می‌گردد و در این حالت ذخیره الکتریسیته در آن اتفاق می‌افتد. برخی از سرامیک‌ها بهتر قطبی می‌شوند؛ آلومینا قطبی بودن کمی از خود نشان می‌دهد به همین دلیل نارسانای بسیار خوبی است. یک سرامیک ویژه به نام باریوم تیتانات هزار مرتبه بیشتر از آلومینا قطبی می‌شود و برای ساخت خازن‌ها بسیار مفید است. میزان قطبی بودن مواد مختلف با ثابت دی الکتریک بیان می‌شود. در جدول ۳ ثابت دی الکتریک مواد مختلف بیان شده است.

جدول ۳- هدایت دی الکتریک مواد مختلف

نوع ماده	ثابت دی الکتریک
هوا	۱/۰۰
شیشه	۷/۷۵
میکا	۵/۴۰
کاغذ	۳/۰۰
پرسلان	۵/۵۷
پیرکس	۴/۸۰
کوارتز	۳/۸۰
تفلون	۲/۱۰

کاربرد مهم سرامیک‌های دی الکتریک در تلفن همراه است که در آن دی الکتریک به عنوان فیلتر عمل می‌کند. گوشی تلفن همراه مرتب در معرض امواج ناخواسته رادیویی، تلویزیونی و امواج خواسته تلفنی قرار دارد. سرامیک دی الکتریک در یک تلفن همراه به نحوی طراحی شده است که فقط فرکانس تلفن از آن عبور کرده و بقیه فرکانس‌ها را جدا می‌کند.

## ابرسرساناهای سرامیکی

ابرسرساناهای سرامیکی برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ میلادی کشف شدند. این ابررساناهای سرامیکی قادر بودند با هزینه کمتری از ابررساناهای فلزی کار کنند و با کاهش اتلاف الکتریکی در حین انتقال، ذخیره‌سازی را در پی داشتند.

### چرا ابررساناها تا این حد مهم هستند؟

ابرسرساناها هیچ مقاومتی در برابر عبور جریان از خود نشان نمی‌دهند. بیشتر مواد حتی بهترین رساناهای فلزی یعنی مس و نقره نیز مقداری مقاومت الکتریکی دارند که این امر باعث اتلاف بخشی از انرژی الکتریکی و ایجاد گرما می‌شود. ابررساناهای سرامیکی کم هزینه‌تر از ابررساناهای فلزی هستند زیرا ابررساناهای فلزی در دماهای بسیار پایین ابررسانا می‌شوند.



## سرامیک‌های مغناطیسی

سرامیک‌ها می‌توانند خاصیت مغناطیسی داشته باشند و در دستگاه‌های ضبط، نوار ضبط، بلندگوها و در تمام موتورهای لوازم جانبی خودروها که حرکت دارند (مانند موتور برف‌پاک‌کن، صندلی‌های برقی و پنجره‌های برقی) به کار روند.

با جستجو در منابع مختلف، چند ماده سرامیکی دارای خاصیت مغناطیسی را نام ببرید.



کنجکاوی

## مصارف پزشکی

اولین کاربرد سرامیک‌های پزشکی مربوط به عدسی عینک است که به قرن دوازدهم بر می‌گردد. سپس پرسلان‌های سرامیکی به عنوان جایگزین برای دندان‌ها مطرح و مورد استفاده قرار گرفتند.

## سرامیک‌های دندانی

پرسلان سرامیکی شباهت زیادی به دندان طبیعی دارد. قبل از آن، مواد دیگری مانند عاج، استخوان، چوب و دندان حیوانات نیز برای این کار مورد استفاده قرار گرفته بود. اما این مواد چندان مؤثر نبودند، زیرا به سرعت لکه‌دار می‌شدند.

سرامیک‌ها علاوه بر دندان مصنوعی به عنوان روکش پرکردنی و تاج دندان نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روکش از یک لایه نازک سرامیکی تشکیل شده است که معمولاً بر سطح قابل رؤیت دندان‌های جلویی چسبانده می‌شود. ماده پرکردنی سرامیکی دندان با رنگ طبیعی جایگزین مناسبی است که برای ترمیم حفرات دندانی به جای پرکردنی‌های ساخته شده از آلیاژ نقره، قلع و جیوه مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین از یک پوسته سرامیکی توخالی جهت پوشش سطح خارجی دندان به عنوان تاج استفاده می‌شود.



شکل ۹- روکش‌های پرسلانی

سرامیک‌ها در ارتودنسی (ردیف کردن دندان‌های نامنظم) نیز کاربرد دارند. برای منظم کردن دندان، یک گیره توسط چسب به دندان متصل می‌کنند و یک سیم فلزی از بین گیره‌های نصب شده بر روی دندان‌ها عبور داده می‌شود تا یک فشار یکنواخت به دندان‌ها وارد شود و آنها را به تدریج منظم کند. در گذشته این گیره‌ها را از فلزات می‌ساختند اما به دلیل براقیت فلزات این گیره‌ها بر روی دندان‌ها مشخص بودند و ظاهر جالبی نداشتند.



ب) سرامیکی



الف) فلزی



شکل ۱۰- گیره ارتودنسی فلزی و سرامیکی

## پیوند گوش میانی

بسیاری از مردم به دلیل بیماری یا آسیب به استخوان‌های کوچک گوش که لرزش‌های صدا را از پرده صماخ به گوش داخلی منتقل می‌کنند، دچار مشکل ناشنوایی می‌شوند. جایگزین‌های پلیمری و فلزی زیادی برای گوش میانی مورد استفاده قرار گرفته است، اما به دلیل عدم پیوند این جایگزین با پرده صماخ کارایی مناسبی نداشته است. دانشمندان موفق به ساخت شیشه‌ای شده‌اند که با بدن سازگاری دارد و با بافت‌های نرم و سخت پیوند برقرار می‌کنند و توسط بدن پس زده نمی‌شوند.



ب) برش حفره‌ای از گوش

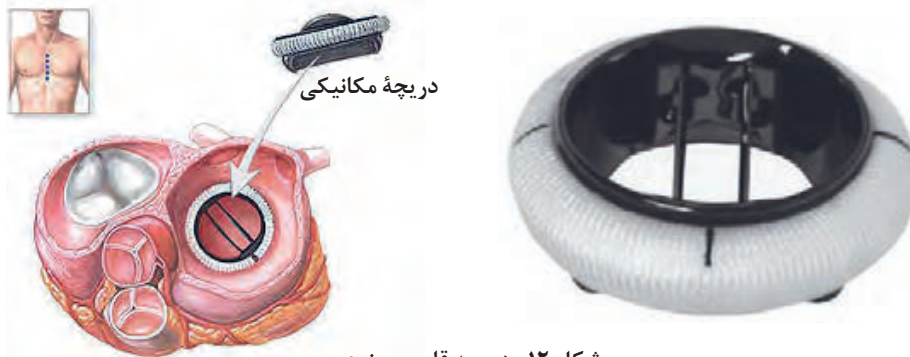


الف) کاشتنی گوش

شکل ۱۱- تصویر گوش و محل قرارگیری کاشتنی گوش

## دریچه قلب

یکی از نارسایی‌های قلبی مربوط به دریچه‌های آئورتی است که نمی‌توانند با هر بار تپش قلب به درستی بسته شوند. هنگامی که دریچه‌های قلب به خوبی عمل نمی‌کنند، خونی که باید از قلب خارج شود مجدداً به قلب باز می‌گردد که باعث کاهش میزان خون جریان یافته با هر ضربان قلب می‌شود. دانشمندان علم سرامیک یک دریچه مکانیکی مصنوعی سرامیکی ساخته‌اند که استفاده از آن موفقیت‌آمیز بوده است. این دریچه از یک ماده کربنی ویژه به نام کربن پیرولیتیک ساخته شده است و مانند دری که فتر به آن وصل شده است عمل می‌کند. این دریچه با هر بار ضربان قلب باز و سپس بسته می‌شود. کربن پیرولیتیک برای جایگزین شدن به جای استخوان نیز مناسب است.



شکل ۱۲- دریچه قلب مصنوعی

## پروتز

محققان در ساخت بازوی دست و دیگر پروتزهای مصنوعی به پیشرفت‌های قابل توجهی دست یافته‌اند. کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف سرامیکی نسبت استحکام به وزن بالایی دارند و در نتیجه پروتزهای بسیار سبک و مستحکمی را می‌توان با این مواد طراحی کرد.



شکل ۱۳- بخش بالایی یک پروتز مفصل ران

## سرامیک‌های مورد استفاده در دستگاه‌های تنظیم ضربان قلب

قلب عضوی است که با سرعت ثابتی می‌تپد. گاهی به ویژه در پیری ضربان قلب به نحو خطرناکی افزایش می‌یابد. پزشکان متوجه شده‌اند که شوک‌های الکتریکی ملایم می‌تواند ضربان قلب را به سرعت معمولی بازگرداند. دستگاه تنظیم ضربان قلب، دستگاهی است که با عمل جراحی در قفسه سینه کار گذاشته می‌شود تا برای کنترل سرعت ضربان قلب به طور پیوسته پالس‌های الکتریکی رها کند. نارسانهای الکتریکی، خازن‌های سرامیکی و واشرهای شیشه‌ای که مانع از ورود مایعات بدن به داخل دستگاه می‌شوند از اجزای مهم این دستگاه محسوب می‌شوند. امروزه حتی محفظه بیرونی برخی از این دستگاه‌ها از سرامیک‌هایی مانند آلومینا ساخته می‌شود زیرا سرامیک‌ها بیش از سایر مواد با بدن سازگار هستند.

## کاربردهای دمای بالای سرامیک‌ها در هوا-فضا

کاشی‌های سرامیکی که سطح فضاپیما را می‌پوشانند به عنوان محافظ حرارتی عمل می‌کنند. در موتورهای توربین گازی، سرامیک‌هایی با ضخامت بسیار کمتر به عنوان پوشش‌های محافظت حرارتی به کار می‌روند تا از فلز زیرین در برابر دمای بالای موتور محافظت کنند.

متداول‌ترین این مواد زیرکونیا است. لایه‌ای به ضخامت حدود ۰/۰۶ سانتی‌متر از این ماده می‌تواند دمای فلز زیرین را تا حدود ۲۰۰ درجه سلسیوس کاهش دهد، به همین دلیل موتور را می‌توان در دمای بالاتر به کار برد. استفاده از موتور در دمای بالاتر قدرت آن را افزایش و سوخت مصرفی را کاهش می‌دهد.

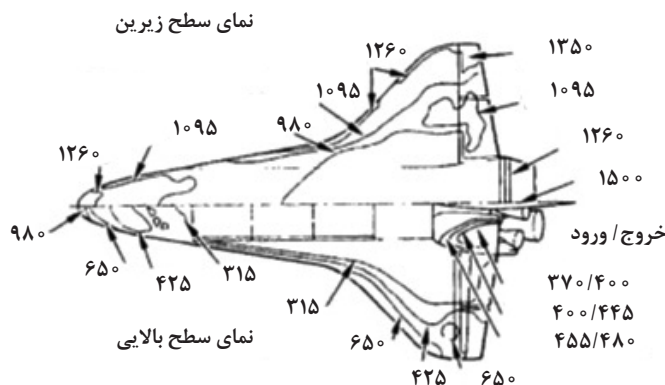
یک کاربرد دمای بالای سرامیک‌ها در موتور هواپیما است. موتور هواپیما نیز مانند خودرو به شمع یا جرقه زن برای احتراق سوخت نیاز دارد، اما دمای موتور هواپیما بسیار بیشتر است. نارسانای شمع خودرو باید این دمای بالا و شوک را تحمل کند. سیلیسیم نیتريد گزینه مناسبی برای این کاربرد است.

سرامیک‌ها در قسمت‌هایی از هواپیما که در معرض دمای بالا هستند، کاربرد دارد. قطعات سرامیکی و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی نیز در مشعل و بسیاری از قطعات موتورهای توربین گازی در حال توسعه به کار می‌روند.

### سرامیک در صنایع فضایی

و بالاترین دما را در شاتل دارند، بنابراین در این قسمت‌ها کامپوزیت سرامیکی به کار می‌رود. این کامپوزیت از الیاف کربن در زمینه کربنی تشکیل می‌شود که مقاومت دمایی بسیار بالایی دارد، اما اگر در دمای بالا در تماس با اکسیژن قرار گیرد، می‌سوزد. برای ممانعت از تماس با اکسیژن، این کامپوزیت ابتدا با لایه‌ای از سیلیسیم کاربید و سپس با لایه‌ای از سیلیسیم‌اکسید پوشانده می‌شود. سایر قسمت‌های شاتل دماهای پایین‌تری دارند و معمولاً به بیشتر از ۱۲۰۰ درجه سلسیوس نمی‌رسد و بنابراین بدنه آلومینیمی با کاشی‌هایی از جنس سیلیس محافظت می‌شود. نقطه ذوب سیلیس ۱۷۰۰ درجه سلسیوس است، بنابراین مقاومت بالایی برای کاربرد در شاتل‌ها دارد.

سرامیک‌ها به دلیل ویژگی پایداری حرارتی بالا کاربرد گسترده‌ای دارند. آشناترین کاربرد سرامیک‌ها در فناوری هوا - فضا شاتل هوایی یا فضاپیما است. سطح خارجی فضاپیما با حدود ۳۳۰۰۰ کاشی سرامیکی پوشانده می‌شود که بدنه آلومینیومی و نیز فضانوردان را از دمای بالا در حین خروج و نیز بازگشت به اتمسفر زمین محافظت می‌کند. اصطکاک ایجاد شده بین شاتل و هوای اطراف در سرعت بالا به قدری است که دمایی حدود ۱۴۵۰ درجه سلسیوس ایجاد می‌کند که این دما تقریباً دو برابر نقطه ذوب آلیاژهای آلومینیمی است که بدنه شاتل از آنها ساخته شده است. دماغه و لبه بال‌ها در معرض بیشترین اصطکاک هستند

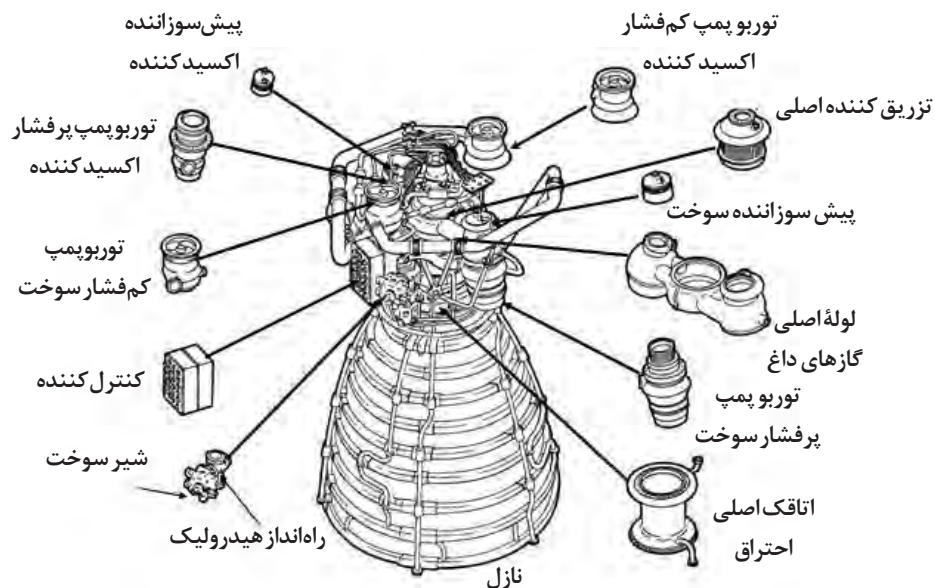


شکل ۱۴- نقشه دمایی شاتل (نمای زیرین و بالایی)  
(دماها بر اساس درجه سلسیوس است)



به نظر شما برای کاشی شاتل سیلیسیم اکسید متخلخل مناسب است؟ چرا؟

سرامیک‌ها کاربردهای دیگری نیز در شاتل‌ها دارند، از آن جمله، آسترکاری نازل هدایت موشک است تا در برابر دمای بالا محافظت شود. همچنین سرامیک‌ها در قطعات پیشرفته، حسگرهای دما و فشار و در تقویت قطعات فلزی نیز کاربرد دارند.



شکل ۱۵- نازل موشک و اجزای آن

## انقلاب اسلامی و شکوفایی صنعت

انقلاب اسلامی توأم با دستاوردهای مختلفی در حوزه صنعت است که از آن جمله می‌توان افزایش ۵۷ برابری صادرات غیرنفتی ایران را نام برد. از مهم‌ترین دستاوردهای انقلاب اسلامی در حوزه صنعت می‌توان موارد زیر را نام برد:

افزایش سهم صنعت در تولید ناخالص ملی از ۱۶ درصد به ۴۰ درصد بیانگر جهش صنعتی ایران پس از انقلاب اسلامی است. صادرات غیر نفتی ایران از ۵۴ میلیون دلار به ۳۱ میلیارد دلار یعنی ۵۷ برابر افزایش یافته است.

انقلاب اسلامی، ایران تک محصولی را به صادرکننده محصولات صنعتی، کشاورزی و خدمات فنی مهندسی تبدیل کرده است. محصولات پتروشیمی ایران از سال ۱۳۵۷ تاکنون ۳۳ برابر رشد داشته است.

ایران هفدهمین اقتصاد جهان را دارد. تولید فولاد از ۳۶۰ هزار تن به ۱۸ میلیون تن افزایش یافته و ۵۰ برابر شده است. ایران امروز در تولید فولاد و آلومینیوم رتبه چهاردهم جهان، در تولید سیمان رتبه هشتم، در تولید سرامیک رتبه پنجم، در تولید موتور وسایل نقلیه رتبه دوازدهم و در تولید خودرو و مس رتبه هجدهم جهان را احراز کرده است. مونتاژکاری در صنعت خودرو از ۱۰۰ درصد به ۱۵ درصد کاهش یافته است.

با وجود تحریم‌های شدید فنی، علمی و اقتصادی به فناوری‌های کاملاً بومی در صنایع هسته‌ای، هوایی و فضایی رسیده‌ایم. تولید سیمان در داخل کشور از هفت میلیون تن به بیش از هفتاد میلیون تن یعنی بیش از ده برابر رسیده است. تولید کاشی و سرامیک از دوازده میلیون مترمربع به چهارصد و ده میلیون مترمربع رسیده است، یعنی بیش از ۳۲ برابر شده است.



نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	عنوان پودمان
۳	انتخاب، تحلیل و به کارگیری فناوری	بالاتر از حد انتظار	تحلیل و به کارگیری فناوری های نوین در تولید سرامیک های پیشرفته	۱- انتخاب فناوری های نوین در تولید سرامیک های پیشرفته ۲- به کارگیری فناوری های نوین در تولید سرامیک های پیشرفته	پودمان ۴: فناوری و سرامیک
۲	انتخاب و تحلیل فناوری	در حد انتظار			
۱	انتخاب فناوری	پایین تر از حد انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان	
				نمره پودمان از ۲۰	







## پودمان ۵

کاربرد سرامیک‌ها در محیط زیست



## انرژی و کنترل آلودگی

جایگزین و تمیز دارند و باعث افزایش بازده روش‌های تولید انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست می‌شوند.

رشد روزافزون جمعیت و صنعتی شدن شهرها منجر به افزایش مصرف انرژی و آلوده شدن محیط زیست شده است. سرامیک‌ها نقش مهمی در تأمین انرژی‌های

## نقش سرامیک‌ها در حفظ انرژی

زمان اپک میزان نفت صادراتی خود را محدود کرد. با تحریم نفت، کشورهای صنعتی با مسائل متعددی روبه‌رو شدند. از سوی دیگر قیمت محصولات ساخته شده از نفت مانند گازوئیل که در منازل کاربرد داشت نیز افزایش یافت. در نتیجه فعالیت و تلاش‌های متعددی برای تأمین انرژی از منابعی نظیر باد، آب، منابع ژئوترمال (آب گرم حاصل از فعالیت‌های آتشفشانی)، گیاهان و نور خورشید مورد توجه قرار گرفت. در این برنامه‌ها سرامیک‌ها و شیشه‌ها نقش کارسازی داشتند.

بشر در قرون گذشته به‌ویژه از زمان اختراع خودرو منابع انرژی طبیعی مانند زغال‌سنگ و نفت را بیش از حد اتلاف کرده است. زغال‌سنگ و نفت منابع تجدیدناپذیر هستند، بنابراین باید جایگزینی برای آنها در نظر گرفته شود و همچنین از اتلاف آنها جلوگیری شود. از سال ۱۹۷۰ تلاش‌های زیادی برای حفظ انرژی انجام شده است. مهم‌ترین رخداد تاریخی که توجه همگان را به خود جلب کرد، تحریم نفت توسط سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اپک) در دهه ۱۹۷۰ میلادی بود. در آن

## عایق کاری با الیاف شیشه‌ای

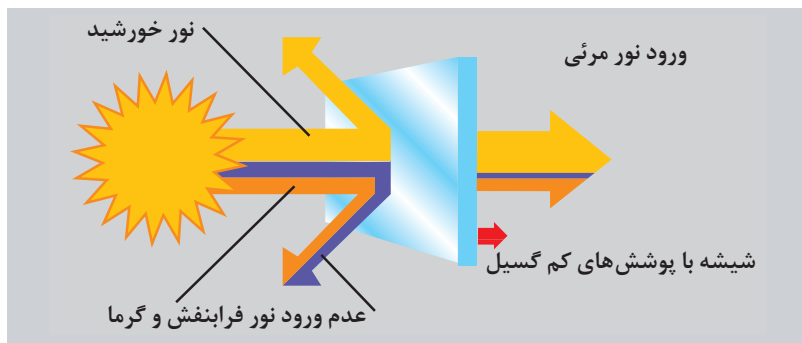


شکل ۱- الیاف شیشه‌ای

یکی از مهم‌ترین برنامه‌ها در زمینه حفظ انرژی ابداع عایق‌های حرارتی ساخته شده از الیاف شیشه‌ای است که برای حفظ انرژی در دیوارها، سقف‌ها و ساختمان‌ها به کار رفته است. این عایق‌ها در سال‌های ۱۹۳۱ تا ۱۹۳۷ میلادی ساخته شده‌اند. الیاف شیشه‌ای رشته‌های نازک از جنس شیشه (پشمک مانند) با تخلخل‌های زیاد هستند و هوای داخل تخلخل‌ها مانع انتقال حرارت می‌شود. برای ساخت این الیاف، مذاب شیشه از انتهای محفظه‌ای با تعداد زیاد سوراخ ریز خارج می‌شود و حالت رشته‌ای دارد. پس از دمیدن هوا و بخار پرفشار به آنها تبدیل به الیاف نازک شیشه‌ای می‌گردند. (در طی این فرایند از گلوله شیشه‌ای که در حدود ۱/۵ سانتی متر قطر دارد، الیافی به طول ۱۵۰ کیلومتر نیز تولید شده است).

## شیشه‌های دوجداره و پوشش‌های بازتابنده

الیاف شیشه‌ای برای کاربرد در دیوارها و ساختمان‌ها بسیار مناسب بوده، اما کدر هستند و نمی‌توانند برای عایق‌بندی پنجره‌ها به کار برده شوند. برای کاهش اتلاف حرارت از پنجره‌ها، شیشه‌های دو جداره ابداع شدند که در بین دو جداره هوای ساکن قرار دارد. همچنین روش دیگری که برای کاهش اتلاف حرارت از پنجره پیشنهاد شده، پوشاندن شیشه پنجره با یک لایه بسیار نازک از یک فلز بازتابنده است.



شکل ۲- عملکرد شیشه‌هایی با پوششی از یک لایه نازک فلزی در جلوگیری از اتلاف انرژی

در مورد عملکرد شیشه‌های با پوشش فلز بازتابنده تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.



تحقیق کنید

## لامپ‌های با بازده بالا

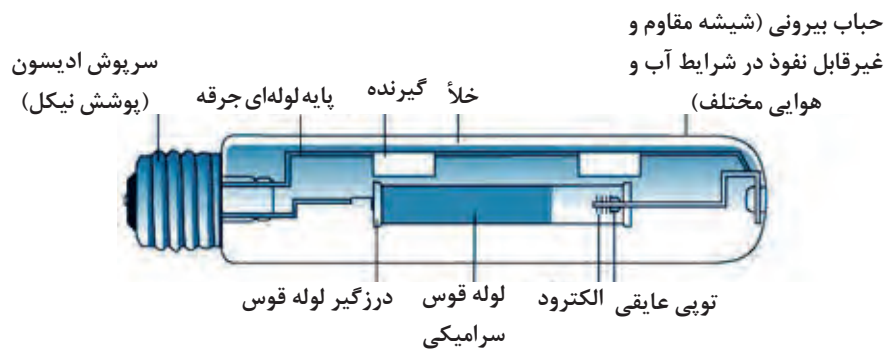
لامپ فلورسنت است که بازده و طول عمر بیشتری نسبت به لامپ‌های التهای دارد. همچنین لامپ‌های بخار سدیمی پر فشار که در دهه ۱۹۶۰ میلادی ابداع شدند، بازده بیشتری را نیز ایجاد می‌کنند. این لامپ‌ها نور طلایی یا زرد داشته و برای روشن کردن خیابان‌ها از آنها استفاده می‌شود. یک لامپ سدیمی ۱۴۰ لومن<sup>۱</sup> روشنایی تولید می‌کند، در حالی که لامپ‌های تنگستن فقط ۱۵ لومن روشنایی دارند. در شکل ۳ اجزای لامپ سدیمی نشان داده شده است. جزء کلیدی در یک لامپ سدیمی، یک لوله قوس الکتریکی نازک از جنس آلومینا است که بخار سدیم و جیوه با فشار بالا در آن نگهداری می‌شود.

لامپ‌ها جزء محصولات پرمصرف هستند که برق بسیار زیادی را مصرف می‌کنند. خوشبختانه نوآوری‌های جدید با استفاده از سرامیک‌ها بازده این لامپ‌ها را افزایش داده است.

اولین لامپ تجاری، لامپ التهای توماس ادیسون بود که از یک رشته تنگستن که در یک حباب شیشه‌ای بدون هوا قرار دارد تشکیل شده است. تنگستن از فلزاتی است که در اثر عبور جریان الکتریسیته حرارت زیادی ایجاد می‌کند و این حرارت باعث روشنایی لامپ می‌شود.

لامپ التهای بازده بالایی ندارد و رشته تنگستن پس از مدتی می‌سوزد. لامپی که جایگزین این لامپ‌ها شده

۱- واحد اندازه‌گیری مقدار نور یک منبع نوری است.



شکل ۳- اجزای لامپ سدیمی

ویژگی‌های آلومینا برای کاربرد در لامپ‌های سدیمی را مشخص کنید.



کنجکاوی

تنها مسئله موجود در مورد لامپ‌های سدیمی تفاوت رنگ اجسام در زیر نور لامپ سدیم با نور روز است. برای رفع این مسئله لامپ‌های هالوژنی ابداع شده‌اند. بخار هالید فلزی در این لامپ‌ها در یک لوله قوسی شکل از جنس شیشه سیلیسی قرار می‌گیرد. محققان در حال بررسی لوله‌های قوس آلومینایی مناسب برای لامپ هالوژنی هستند که بازده و طول عمر بیشتری داشته باشند. یک نمونه لامپ هالیدی در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- یک لامپ هالیدی

چرا بخار هالید فلزی در یک لوله قوسی شکل از جنس سرامیکی قرار می‌گیرد؟



کنجکاوی

در جدول زیر انواع لامپ‌ها از جنبه‌های گوناگون مقایسه شده است.

جدول ۱- خصوصیات مهم لامپ‌های الکتریکی

ردیف	نوع لامپ	شار نوری (لومن)	افت لومن (درصد از لومن اولیه)	متوسط طول عمر (ساعت)	حداکثر بهره نوری (لومن بر وات)
۱	رشته‌ای معمولی	۱۰ تا ۵۰۰۰۰	۱۵ تا ۴۰	۱۰۰۰	۱۰
۲	رشته‌ای هالوژن	۳۰۰ تا ۴۰۰۰۰	۸ تا ۱۵	۱۰۰۰	۱۵
۳	فلورسنت	۹۰۰ تا ۱۲۰۰۰	۸ تا ۲۵	۷۰۰۰	۴۰
۴	بخار جیوه	۱۲۰۰ تا ۶۰۰۰۰	۳۵ تا ۴۰	۳۰۰۰	۶۰
۵	هالید فلزی	۴۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰۰	۳۰ تا ۴۵	۳۰۰۰	۶۰
۶	بخار سدیم پرفشار	۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰	۲۵ تا ۳۵	۵۰۰۰	۷۰
۷	بخار سدیم کم فشار	۱۸۰۰ تا ۳۵۰۰۰	۲۰ تا ۳۵	۴۰۰۰	۸۰

## خودروهای دارای مصرف سوخت کم

۱. محفظه حسگر ۲. لوله محافظ سرامیکی ۳. سیم رابط ۴. لوله محافظ شیاردار ۵. لایه سرامیکی فعال حسگر ۶. اتصال ۷. درپوش محافظ ۸. عنصر گرم کن ۹. اتصالات موجودار برای عنصر گرم کن ۱۰. واشر فنری.



شکل ۵- اجزای حسگر اکسیژن

بیشتر نفت وارداتی کشورها در پالایشگاه‌های بزرگ فراوری می‌شود تا به بنزین و گازوئیل مورد نیاز برای خودروها تبدیل شود. میزان مصرف سوخت خودروها در ۲۵ سال گذشته کاهش چشمگیری داشته است. بخشی از این کاهش با توسعه و تولید خودروهای سبک وزن که مصرف سوخت کمتری دارند، تحقق یافته است. جایگزین کردن آلیاژهای فلزی سنگین با کامپوزیت‌های تقویت شده با سرامیک‌ها منجر به کاهش شدید وزن خودروها شده است. همچنین روی کارآمدن حسگرهای اکسیژن و سامانه‌های کنترل الکترونیکی در موتور خودرو نیز تأثیر بسزایی در کاهش مصرف سوخت داشته است. در شکل ۵ حسگر اکسیژن و اجزای آن نشان داده شده است.

## فندک‌های سرامیکی

جلوگیری از این اتلاف، فندک‌های سرامیکی طراحی و ابداع شدند که منجر به صرفه‌جویی عظیمی در مصرف گاز طبیعی شده‌اند.

این فندک‌ها از ترکیب سرامیکی به نام سیلیسیم کاربید تشکیل شده است. هنگامی که فندک روشن می‌شود، جریان از سیلیسیم کاربید عبور می‌کند و در چند ثانیه به قدری گرم می‌شود که با این گرما می‌توان گاز طبیعی را روشن کرد.

گاز طبیعی منبع انرژی مهم دیگری است که ترکیب آن متان است و از چاه‌های نفت به دست می‌آید. بسیاری از وسایل گرمایشی نظیر اجاق‌های خانگی با گاز طبیعی روشن می‌شوند. تا اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی، در وسایلی که با این سوخت کار می‌کردند از شمعک استفاده می‌شد. شمعک شعله کوچکی است که دائماً می‌سوزد تا برای روشن کردن دستگاه مجبور به استفاده از کبریت نباشیم. براساس بررسی‌های صورت گرفته شمعک‌ها گاز طبیعی خانه‌ها را تلف می‌کنند. به منظور

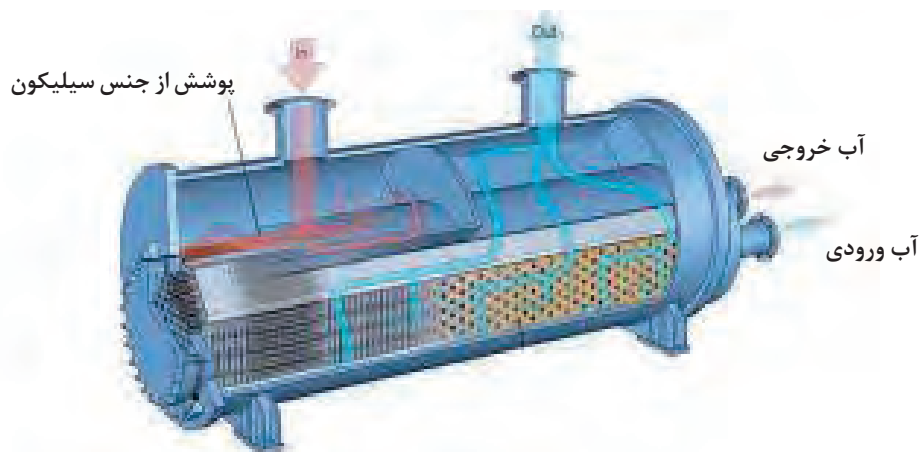


شکل ۶- اجزای سرامیکی در فندک‌ها

## سرامیک‌های مورد استفاده در صرفه‌جویی انرژی صنعتی

### مبدل حرارتی

بیشتر فرایندهای صنعتی حداقل در یک مرحله نیاز به دمای بالا دارند و بازده بالا در این فرایندها دارای اهمیت است. مبدل‌های حرارتی و استفاده از حرارت اتلافی برای پیش‌گرم کردن هوای مورد نیاز در فرایند از جمله راهکارهایی است که برای جلوگیری از اتلاف حرارت تولیدی پیشنهاد شده است. بیشتر این مبدل‌های حرارتی از لوله‌هایی از جنس سیلیسیم کاربید ساخته شده‌اند تا گرمای فرایند با کمترین اتلاف در داخل آنها جریان یابد. سپس هوای سرد مورد نیاز برای فرایند از داخل این لوله‌ها عبور داده می‌شود تا گرم شود. ممکن است مجاری عبور هوا هم‌جهت نباشند و هوای گرم از یک جهت و هوای سرد از جهت عمود بر آن عبور کند؛ در این حالت مبدل حرارتی با جریان عمودی به کار می‌رود که پتانسیل زیادی برای کاربرد در صنایع کوچک و موتورهای توربین‌گازی دارد.



شکل ۷- اجزای مبدل حرارتی



یک نوع از مبدل‌های حرارتی، ساختار لانه زنبوری دارد که در تصویر مقابل نشان داده شده است؛ درباره نحوه عملکرد این مبدل‌ها تحقیق کنید.



تحقیق کنید

### مشعل‌های تابشی

حوزه صنعتی دیگری که سرامیک‌ها برای صرفه‌جویی در انرژی در آن کاربرد دارند، در زمینه حرارت‌دهی تابشی با استفاده از مشعل است. این مشعل‌ها آلودگی بسیار کمی دارند و برای خشک کردن رنگ، شکل دادن شیشه خودرو و گرم کردن هوا در صنایع گوناگون به کار می‌روند. به منظور افزایش بازده این مشعل‌ها، یک توری کامپوزیتی از جنس سیلیسیم کاربرد در سطح آنها قرار می‌گیرد. این توری باعث می‌شود که انتقال حرارت تابشی از مشعل تقریباً دو برابر شود.



شکل ۸- مشعل تابشی

## سرامیک‌ها و منابع انرژی تجدید پذیر

### انرژی باد و آب

هستند. در هر دوی این فناوری‌ها از سرامیک‌های الکتریکی به ویژه نارسا‌های الکتریکی استفاده می‌شود؛ همچنین پره‌آسیاب‌های بادی از کامپوزیت‌های حاوی الیاف سرامیکی ساخته می‌شوند. قطعاتی که در این روش تولید انرژی به کار می‌روند با سرعت زیادی می‌چرخند، بنابراین از سرامیک‌های مقاوم در برابر سایش، به ویژه ساچمه‌های سیلیسیم نیتريد استفاده می‌شود.

سوزاندن نفت و زغال‌سنگ باعث مصرف منابع طبیعی می‌شود که تشکیل آنها چندین میلیون سال به طول انجامیده است و این منابع تجدیدناپذیر هستند، بنابراین باید منابع تجدیدپذیر جایگزین آنها شوند. آسیاب‌های بادی و سدهای هیدروالکتریک دو منبع انرژی تجدیدپذیر هستند که سالیان زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سرامیک‌ها در این دو فناوری نیز دارای اهمیت خاصی

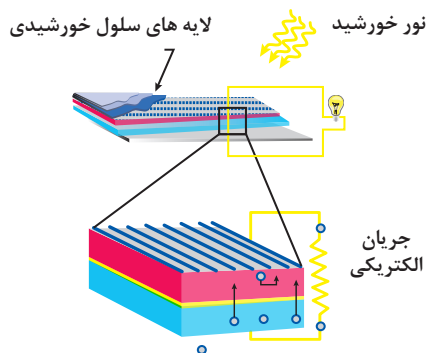


شکل ۹- توربین‌های بادی با طراحی‌های مختلف

### انرژی خورشید

نور خورشید منبع انرژی مهمی است که برای تولید انرژی‌های نو مورد توجه قرار دارد. راه‌های زیادی برای استفاده از انرژی خورشید وجود دارد. از جمله این روش‌ها، متمرکز کردن نور خورشید توسط آینه‌ها است که با این روش می‌توان حرارت مورد نیاز برای راه‌اندازی یک توربین را فراهم کرد.

روش دیگر تولید الکتریسیته با پیل‌های فوتو-ولتایی است که به نام پیل خورشیدی معروف هستند. پیل‌های خورشیدی از نیم‌رسانای سیلیسیمی (همان ماده‌ای که برای ساخت تراشه‌های الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد) ساخته می‌شوند. بنابراین پیل خورشیدی می‌تواند با تابش نور خورشید بدون هزینه و آلودگی، الکتریسیته تولید کند. در حال حاضر تلاش‌های زیادی برای گسترش این نوع انرژی صورت گرفته است.



شکل ۱۰- تولید انرژی در سلول‌های خورشیدی



پیل‌های خورشیدی به دلایل زیر هنوز گسترش زیادی نیافته‌اند:

- ۱- گران هستند.
- ۲- بازده بالایی ندارند (به تعداد زیادی از آنها نیاز است تا برق مصرفی یک خانه تأمین شود).
- ۳- فقط هنگامی که خورشید در آسمان است کار می‌کنند.
- ۴- جریان الکتریسیته مستقیم ایجاد می‌کنند، درحالی که برای روشن کردن لوازم الکتریکی خانه‌ها به جریان متناوب نیاز است.

بررسی کنید چگونه می‌توان جریان الکتریسیته مستقیم را به متناوب تبدیل کرد؟



کنجکاوی

### انرژی حاصل از گیاهان

درختان، سبزه‌ها و ساقه‌های ذرت می‌توانند منبع مهم انرژی باشند. یکی از روش‌هایی که برای تولید انرژی از گیاهان پیشنهاد شده شامل تبدیل انرژی ناشی از سوزاندن گیاهان به انرژی الکتریکی است و راه دیگر تبدیل انرژی شیمیایی گیاهان به سوخت‌های مایع مانند الکل یا سوخت‌های گازی مانند متان است. سرامیک‌ها در هر دوی این روش‌ها برای کنترل و حفظ انرژی تولید شده کاربرد دارند.

چه ویژگی‌ای از سرامیک‌ها برای کاربرد در این روش مورد توجه است؟



کنجکاوی

### برق حاصل از سوخت‌های فسیلی تجدید ناپذیر

سرامیک‌ها برای کنترل آلودگی نیز از اهمیت زیادی برخوردار هستند. برای مثال می‌توان به پارچه‌های سرامیکی که غبار و خاکستر نسوخته را از گازهای گرم اتلافی پیش از خارج شدن از دودکش کارخانجات جدا می‌کنند، اشاره کرد.

هنگامی که نیروگاه سیکل ترکیبی کار می‌کند، زغال سنگ پودر شده با هوا مخلوط شده و در یک کوره بزرگ سوزانده می‌شود. این فرایند گازهای داغی (عمدتاً هوا) را ایجاد می‌کند که باعث چرخش سریع پره‌های توربین و حرکت ژنراتور می‌شود. همچنین گازهای داغ که از توربین خارج می‌شوند از لوله‌های مبدل حرارتی که در میان آنها آب جریان دارد، عبور داده می‌شوند؛ با انتقال انرژی گرمایی آب می‌جوشد و بخار پرفشاری را ایجاد می‌کند که از یک توربین بخار عبور کرده و الکتریسیته بیشتری تولید می‌کند.

مشکل این سامانه‌ها آن است که زغال سنگ ناخالصی‌های زیادی دارد که به خوبی نمی‌سوزد و تولید خاکستر می‌کند. ورود خاکستر به داخل موتور باعث خوردگی و سایش زیادی می‌شود و مانع از عملکرد مناسب توربین‌ها می‌شود. برای جلوگیری از ورود خاکستر به درون توربین، فیلترهای سرامیکی به کار برده می‌شود. در شکل ۱۱ چند نمونه فیلتر سرامیکی نشان داده شده است.



شکل ۱۱- چند نمونه فیلتر سرامیکی

## انرژی هسته‌ای

سرامیک‌ها در صنعت انرژی هسته‌ای نیز کاربرد دارند که شامل قرص سوختی، میله کنترل و دفع زباله‌های رادیواکتیو است. سوخت مورد استفاده در راکتورهای سنتی عمدتاً از جنس اورانیوم اکسید که یک نوع سرامیک است، می‌باشد. واکنش هسته‌ای قرص‌های سوخت اورانیوم اکسید، گرما ایجاد می‌کند که این گرما به آب منتقل می‌شود و به وسیله ژنراتورهای بخار به الکتریسیته تبدیل می‌شود. راکتورهای جدیدتر که راکتور سریع نامیده می‌شوند، از سوخت پرنرژی‌تری که مخلوطی از اورانیوم اکسید و پلوتونیوم اکسید است استفاده می‌کنند و گرما را به طور مؤثرتر و ایمن‌تری به یک فلز مذاب منتقل می‌کنند.



شکل ۱۲- اورانیوم اکسید

یک قرص اورانیوم اکسید با قطری حدود ۱ سانتی‌متر و طول ۱/۲۵ سانتی‌متر دارای انرژی معادل انرژی ۱ تن زغال‌سنگ، ۵۶۷ لیتر نفت یا ۶۳۷ متر مکعب گاز طبیعی است. قرص‌های سوخت راکتورهای هسته‌ای در میله‌هایی به طول ۳/۵ متر نگهداری می‌شوند. یک راکتور معمولاً بیش از ۱۵۰۰۰ میله سوخت دارد و می‌تواند الکتریسیته مورد نیاز ۳۵۰۰۰۰ خانه که فقط از انرژی برق استفاده می‌کنند را تأمین کند.



بیشتر بدانیم

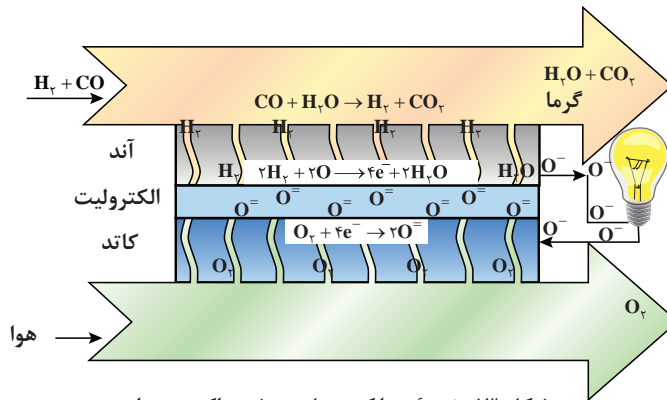
اختلاط پسماندهای رادیواکتیو با پودرهای سرامیکی و تبدیل آنها به شیشه یا سرامیک‌های بسیار پایدار طراحی کرده‌اند. ذوب پسماندهای رادیواکتیو و تبدیل آنها به شیشه یا سرامیک‌ها، احتمال نشت پسماندهای هسته‌ای به محیط اطراف را به حداقل می‌رساند.

مهم‌ترین کاربرد سرامیک‌ها در صنعت هسته‌ای در دفن زباله‌های هسته‌ای رادیواکتیو است. ورود زباله‌های رادیواکتیو به داخل هوا یا آب‌های زیرزمینی آسیب‌های زیادی را ایجاد می‌کند. مهندسين سرامیک برای جلوگیری از ورود تشعشعات این زباله‌ها راه‌هایی برای

## سرامیک‌های مورد استفاده در پیل‌های سوختی

پیل‌های سوختی انواع گوناگونی دارند که مهم‌ترین آنها برای صنعت سرامیک، پیل سوختی اکسید جامد (SOFC) است. این پیل مشابه حسگر اکسیژن زیرکونیایی عمل می‌کند که در اثر اختلاف غلظت اکسیژن در داخل و خارج حسگر اکسیژنی یک ولتاژ ایجاد می‌شود. در SOFC هوا در یک طرف زیرکونیا و در طرف دیگر سوختی مانند گاز طبیعی یا هیدروژن قرار می‌گیرد. اکسیژن موجود در هوا از زیرکونیا عبور کرده و با سوخت واکنش می‌دهد و در اثر انجام واکنش شیمیایی الکتریسیته ایجاد می‌شود. در اثر انجام واکنش شیمیایی بین سوخت و اکسیژن، گرما نیز تولید می‌شود و پیل سوختی را در دمای کاری مناسب و بهینه نگه می‌دارد.

نیروگاه‌های زغال‌سنگی و نفتی بازده بالایی ندارند و بیشتر این نیروگاه‌ها فقط می‌توانند حدوداً ۳۲ تا ۳۵ درصد انرژی ذخیره شده در سوخت را به انرژی الکتریکی تبدیل کنند. پیل‌های سوختی جایگزین مناسبی برای این نیروگاه‌ها هستند. در پیل‌های سوختی به جای سوزاندن سوخت از واکنش‌های شیمیایی برای ایجاد الکتریسیته استفاده می‌شود. یک پیل سوختی می‌تواند به طور مستقیم حدود ۶۰ درصد انرژی سوخت را به الکتریسیته تبدیل کند و هم زمان گرمای مناسبی برای گرم کردن خانه‌ها و یا تولید الکتریسیته اضافی فراهم کند. مزیت دیگر پیل‌های سوختی این است که آلودگی بسیار کمتری نسبت به فرایندهای سوزاندن سوخت ایجاد می‌کنند.



شکل ۱۳- نحوه عملکرد پیل سوختی اکسید جامد

اگر به جای هوا، گاز هیدروژن یا گاز طبیعی مثل متان به کار رود علاوه بر الکتریسیته چه محصولاتی تولید خواهد شد؟





هم اکنون پیل‌های سوختی در چه وسایلی کاربرد دارند؟

### نقش سرامیک‌ها در کنترل آلودگی

شمعک موتورهای حرارتی دما بالا و پیل‌های سوختی همگی به کاهش آلودگی کمک می‌کنند. سرامیک‌ها علاوه بر موارد ذکر شده در حوزه‌های دیگری مانند سوزاندن زباله‌ها، کنترل آب و فاضلاب و حتی نظافت لکه‌های نفتی در دریاها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین از فیلترهای سرامیکی در اگزوز خودروها و غبارگیری صنعتی استفاده می‌شود.

تاکنون برخی از کاربردهای سرامیک‌ها در کنترل آلودگی مورد بررسی قرار گرفت. و در مورد کاربرد سرامیک‌ها در فیلترهای نیروگاه‌های زغال‌سنگی و حبس زباله‌های هسته‌ای بحث شد. در ضمن نقش سرامیک‌ها در دستگاه‌ها و روش‌های حفظ انرژی یا تولید انرژی با بازده بالا نیز مورد بررسی قرار گرفت. لامپ‌های با بازده بالا، مبدل‌های حرارتی سرامیکی، فندک‌های جایگزین

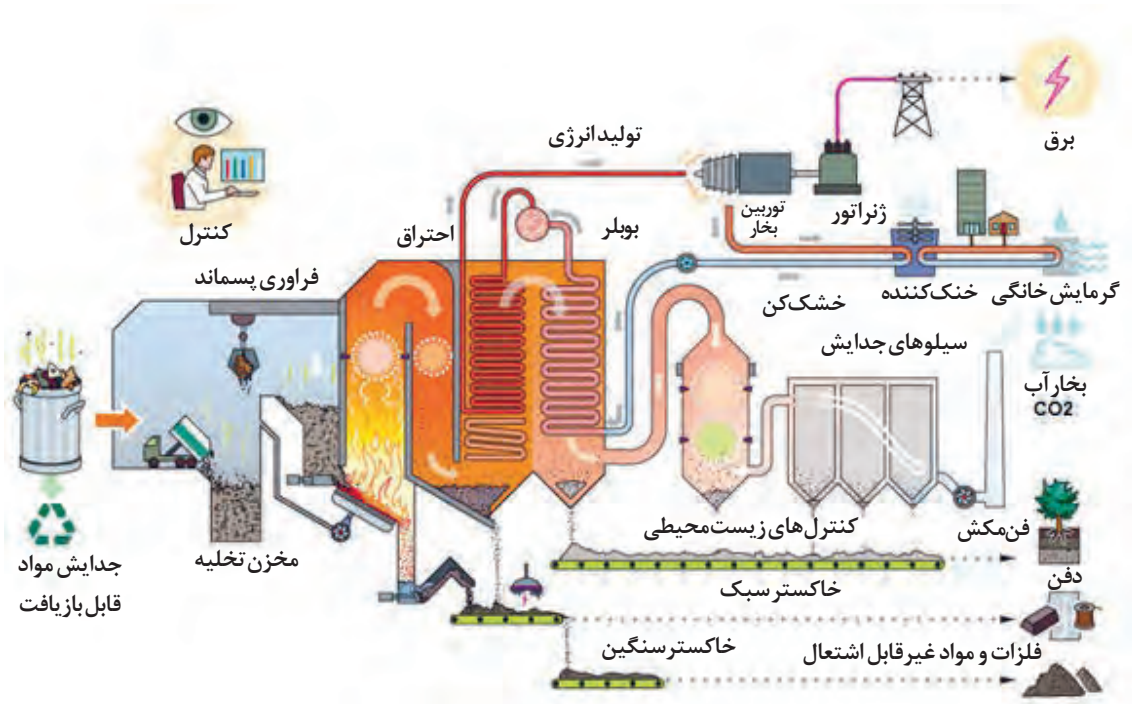
### سوزاندن زباله‌ها و مواد شیمیایی خطرناک

سرامیک‌ها آسترکاری می‌شوند. همچنین سرامیک‌ها در زدودن ذرات خاکستر از هوایی که از زباله‌سوزها خارج می‌شود نیز نقش دارند. بسیاری از مواد شیمیایی مضر و نیز سلاح‌های شیمیایی نظامی به قدری خطرناک هستند که نمی‌توان آنها را دفن کرد یا در زباله‌سوزهای معمولی سوزاند. این مواد در زباله‌سوزهای ویژه‌ای سوزانده می‌شوند تا به موادی بی‌خطر تبدیل شوند که معمولاً جنس زباله‌سوزها سرامیکی است.

یکی از مسائلی که محیط زیست را تهدید می‌کند انباشته شدن زباله‌ها است. از جمله فناوری‌هایی که در سال‌های اخیر در این زمینه انجام شده سوزاندن زباله‌های شهری است. در ابتدا زباله‌ها به مراکز دفن زباله حمل شده و سپس به کارخانه‌های صنعتی منتقل می‌شوند. در آنجا ماشین‌های خودکار، مواد قابل بازیافت را جدا می‌کنند و بقیه را در کوره‌های بزرگ می‌سوزانند و حرارت ایجاد شده برای تولید الکتریسیته استفاده می‌شود. به منظور جلوگیری از انتقال و اتلاف حرارت، زباله‌سوزها با



شکل ۱۴- تفکیک زباله



شکل ۱۵- فرایند زباله سوز شهری

## آب و فاضلاب

بیشتر فرایندهای صنعتی به آب نیاز دارند و آب‌های مصرفی برای آنها اغلب در حین فرایند به اسیدها، بازها و مواد شیمیایی حل شده و ذرات جامد آغشته می‌شوند و باید قبل از استفاده مجدد یا بازگشت به محیط زیست تصفیه شوند. کانال‌های انتقال آب آلوده و مخازنی که آب در آنها مورد عملیات پاکسازی قرار می‌گیرد، اغلب آسترهایی از جنس سرامیک‌ها دارند. همچنین آب‌های آلوده از فیلترهای سرامیکی عبور داده می‌شود تا ذرات ناخواسته از آن جدا شود. همچنین برای ایجاد واکنش‌های پاک‌سازی آب‌ها، گازهای داغی از میان سرامیک‌های متخلخل داخل آب دمیده می‌شود.

به نظر شما چرا باید لوله‌های انتقال آب‌های آلوده که اغلب جنس فلزی یا پلاستیکی دارند، با سرامیک‌ها آسترکاری شوند؟



کنجکاوی

## مهار لکه‌های نفتی

یکی از شگفت‌انگیزترین کاربردهای سرامیک‌ها، مهار لکه‌های نفتی نیست کرده از تانکرهای دریایی است. دانشمندان به این نتیجه رسیدند که آلودگی حاصل از سوزاندن، ضرر بسیار کمتری نسبت به پخش شدن نفت از دریا و رسیدن به خشکی دارد. برای مهار لکه‌های نفتی آن را با یک ساختار شناور به نام بوم محاصره می‌کنند و سپس سوزانده می‌شوند.

در ابتدا بوم‌هایی از جنس فولاد مطرح شدند که بسیار سنگین و گران بود. اما سپس بوم سرامیکی به نام بوم آتشین



شکل ۱۶- مهار لکه نفتی با بوم آتشین

ابداع شد. این بوم از شناورهای تشکلی شده که به راحتی می توان آنها را با یک قایق به دور از لکه نفتی یدک کرد. شناورها دو بخش داخلی و خارجی دارند. بخش داخلی از یک سرامیک متخلخل شناور با لایه هایی از تورهای فولادی مقاوم در برابر خوردگی و یک پارچه سرامیکی دما بالا تشکیل شده و لایه خارجی (دامن بوم آتشین) از جنس پلاستیکی به نام پلی وینیل کلرید است. پس از احاطه شدن لکه نفتی توسط بوم آتشین لکه آتش زده می شود.

آسیب های زیست محیطی ناشی از نشت نفت به دریا را بررسی کنید.



تحقیق کنید

نمره	شاخص تحقق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	عنوان پودمان
۳	انتخاب، تحلیل و به کارگیری مواد سرامیکی سازگار با محیط زیست	بالاتر از حد انتظار	انتخاب مواد و به کارگیری مواد سرامیکی سازگار با محیط زیست	تحلیل کاربرد سرامیک ها در محیط زیست	پودمان ۵: کاربرد سرامیک ها در محیط زیست
۲	انتخاب و تحلیل مواد سرامیکی سازگار با محیط زیست	در حد انتظار			
۱	انتخاب مواد سرامیکی سازگار با محیط زیست	پایین تر از انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان	
				نمره پودمان از ۲۰	

## فهرست منابع و مراجع

- ۱- برنامه درسی رشته سرامیک، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش، ۱۳۹۳
- ۲- تویسرکانی، حسین، زمستان ۱۳۸۰، اصول علم مواد، چاپ دوم، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر

3- Richerson, David. 1944. The magic of ceramics.



هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه  
برنشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار [tvoccd@roshd.ir](mailto:tvoccd@roshd.ir) ارسال نمایند.

وب‌گاه: [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

دقت‌نایف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش