

## پودمان ۲

### کاربرد مواد معدنی در صنایع



## واحد یادگیری ۳

### کاربرد مواد معدنی فلزی و غیر فلزی با توجه به خواص فیزیکی آنها

#### مقدمه

هدف از انجام عملیات معدن کاری و استخراج مواد معدنی، تأمین مواد اولیه مورد نیاز در صنایع مختلف است. هیچ صنعتی نیست که به طور مستقیم و یا غیرمستقیم با مواد معدنی در ارتباط نباشد، به عنوان مثال: در صنایع فلزی مانند صنایع فولاد با ماده اولیه سنگ آهن همراه با سنگ آهک، زغال و کمک ذوب‌ها؛ و در صنایع مس با ماده اولیه سنگ معدن مس و در صنایع غیرفلزی مانند صنایع ساختمانی، راه‌سازی، دیرگذاها، سرامیک، پرکننده‌ها، رنگدانه‌ها، شیشه‌سازی، تهیه مصالح ساختمانی و .... بنابراین پیشرفت و توسعه صنایع بدون دستیابی به مواد معدنی اولیه مورد نیاز ممکن نیست. مواد معدنی در صنایع مختلف به سه صورت مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارت‌اند از عنصر، کانی و سنگ. در ادامه موارد و نحوه استفاده از مواد معدنی مختلف را در دو سرفصل مواد معدنی فلزی و غیرفلزی بررسی خواهیم نمود. توجه: کلیه اعداد و ارقام ارائه شده در این فصل جهت آشنای کلی هنرجویان با خصوصیات و ویژگی‌های مواد معدنی می‌باشد و نیاز به حفظ اعداد نمی‌باشد. توجه: کلیه اعداد و ارقام ارائه شده در این فصل جهت آشنایی کلی هنرجویان با خصوصیات و ویژگی‌های مواد معدنی می‌باشد و نیاز به حفظ اعداد نمی‌باشد.

#### مواد معدنی فلزی

##### آهن

آهن خالص به رنگ خاکستری و به وزن مخصوص  $7/3 - 7/8$  (گرم بر سانتی متر مکعب) است که دمای ذوب آن به  $1536$  درجه سانتی گراد می‌رسد. میزان متوسط آهن پوسسته زمین حدود  $5$  درصد است. حداقل عیاری که به ذخایر آهن ارزش اقتصادی می‌بخشد حدود  $25$  تا  $30$  درصد است. در جدول (۲) کانی‌های مهم آهن و درصد آهن آنها گزارش شده است. توجه: تغییرات قیمت در بازار و پیشرفت تکنولوژی می‌تواند بر حداقل عیارهای اقتصادی قابل استخراج مواد معدنی (عیار حد) اثر گذاشته و آن را تغییر دهد.

جدول کانی‌های مهم آهن

نام کانی	فرمول	درصد آهن
مگنتیت	$Fe_3O_4$	۷۲/۳۸
هماتیت	$Fe_2O_3$	۷۰
لیمونیت	$FeOOH$	۶۲/۸۵
سیدریت	$FeCO_3$	۴۸/۲۱
ایلمنیت	$FeTiO_3$	۳۶/۸



سنگ معدن آهن و کانی مگنتیت

آهن در طبیعت به صورت **کانسارهای رسوبی و آذرین** یافت می‌شود. حدود ۹۰ درصد از آهن دنیا از کانسارهای آهن رسوبی لایه‌ای به دست می‌آید. کانسارهای آهن در سنگ‌های مافیکی و اولترامافیکی تشکیل می‌شوند (کریم پور، ۱۳۷۴).

**کاربرد:** آهن در میان فلزات بیشترین مصرف را به خود اختصاص داده است. این فلز بنیان تمدن امروزی را تشکیل می‌دهد. به دلیل فراوانی و سهولت تهیه آن، پایه و اساس بیشتر صنایع کوچک و بزرگ را تشکیل می‌دهد. آهن در ساخت انواع ماشین‌های سبک و سنگین، کشتی‌ها، راه‌آهن، پل‌ها و سدها، ساختمان‌سازی، تهیه ادوات جنگی، لوازم خانگی و ساخت کارخانه به مصرف می‌رسد. در کارخانه‌های ذوب آهن، کانسنگ آهن با کک و سنگ آهک مخلوط و سپس ذوب می‌گردد. سنگ آهک دمای ذوب کانسنگ آهن را کاهش داده و کک با اکسیژن کانسنگ تشکیل گاز کربنیک می‌دهد. آهن ذوب شده که حاوی ۳ تا ۴ درصد کربن است برای مصارف گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرد. عناصری که در تهیه انواع فولاد استفاده می‌شوند عبارت‌اند از کروم، منگنز، کبالت، وانادیوم، نیکل، مولیبدن، مس، نیوبیوم و سیلیس. خواص انواع فولاد در جدول صفحه بعد نمایش داده شده است.

جدول خصوصیات مهم انواع فولادها (کسلر، ۱۹۷۶)

نوع فولاد	خصوصیات
کُرم دار	ضد زنگ، مقاوم در حرارت بالا
منگنز دار	مقاوم، مقاومت سایشی بسیار خوب، سخت
وانادیم دار	مقاوم، هادی خوب، خاصیت ارتجاعی خوب
نیکل دار	ضد زنگ، سخت و مقاوم
مولیبدن دار	مقاوم، هادی، مقاوم در برابر شوک و ضربه
تنگستن دار	سختی بالا و مقاوم در حرارت بالا
کبالت دار	دارای خاصیت مغناطیس دائم، مقاوم در حرارت بالا
مس دار	ضد زنگ و قابل استفاده در قطعات ماشین
نیوبیوم دار	مقاوم در حرارت های بالا
سیلیس دار	مقاوم در برابر حرارت و سایش، ضد زنگ

منابع آهن در ایران: بزرگترین معادن آهن در ایران عبارتند از:

۱ معدن سنگان در استان خراسان رضوی ۲ معادن گل گهر در استان کرمان ۳ معدن چادرملو و چغارت در استان یزد.

منگنز

منگنز فلزی است خاکستری مایل به صورتی، با وزن مخصوص ۷/۴ که دمای ذوب آن به ۱۲۴۵ درجه سانتی گراد می رسد. حداقل عیار منگنز که می تواند به لحاظ اقتصادی مورد توجه قرار گیرد ۱۰٪ است. در طبیعت به صورت خالص تشکیل نمی شود و بیشتر به صورت اکسید، کربنات و سیلیکات وجود دارد. کانسارهای منگنز از نوع رسوبی و گرمابی هستند. کانی های مهم منگنز در جدول زیر گزارش شده است.

جدول کانی های مهم منگنزدار

نام کانی	فرمول	درصد Mn
پیرولوسیت	$MnO_2$	۶۳/۲
پسیلوملان	$Mn_5O_{10} \cdot (Ba, H_2O)_2$	۶۳/۲
منگانیت	$Mn_2O_3 \cdot H_2O$	۶۲/۴۶
رودوکروزیت	$Mn_2O_4$	۴۶/۸

**کاربرد:** منگنز در تهیه فولادهای مقاوم در مقابل سایش به مصرف می‌رسد و در این کار دو نقش اساسی دارد:

- گوگرد و عناصر مزاحم را به خود جذب نموده و آنها را وارد سرباره می‌نماید.
- در مرحله تولید فولاد وجود منگنز موجب سختی و مقاومت فولاد می‌گردد.

مصارف دیگر منگنز در تهیه انواع مواد شیمیایی، تهیه کود شیمیایی، رنگ‌سازی و تهیه پرمنگنات سدیم و پتاسیم (که به عنوان ضد عفونی به کار می‌روند) می‌باشد.

پیرولوسیت در ساخت باتری‌های خشک، بی‌رنگ نمودن شیشه‌ها و خشک‌کننده در رنگ و همچنین در چرم‌سازی مصرف می‌شود و در عکاسی برای رنگین کردن فیلم و در صنایع شیمیایی مصارف زیادی دارد.

**منابع منگنز ایران:** در ایران سالانه از دو معدن فعال و نارچ قم و رباط کریم تهران مقادیر زیادی منگنز استخراج و به کارخانه ذوب آهن اصفهان تحویل می‌شود. قسمتی از نیاز منگنز کارخانه ذوب آهن اصفهان نیز توسط معادن آهن منگنزدار مانند ناریگان، شمس‌آباد و چاه‌باشه تأمین می‌گردد.



معدن منگنز و نارچ قم

**آلومینیوم:** آلومینیوم فلزی به رنگ سفید نقره‌ای، وزن مخصوص ۲/۵۸ و دمای ذوب ۶۶۰ درجه سانتی‌گراد است. در طبیعت به صورت خالص یافت نمی‌شود. میزان فراوانی آلومینیوم در سنگ‌های پوسته زمین حدود ۸/۱۳ درصد و حداقل عیار آلومینیوم در کانسارهای آلومینیوم‌دار حدود ۲۵ درصد است. حدود ۹۶ درصد آلومینیوم دنیا از بوکسیت‌ها که سنگ معدن اصلی آلومینیوم می‌باشند و از کانی‌های گیبسیت، بوهمیت و دیاسپور تشکیل شده‌اند، به دست می‌آید. در جدول زیر عیار آلومینیوم در کانی‌ها و سنگ‌های مهم گزارش شده است.

جدول عیار آلومینیوم در کانی‌ها و سنگ‌های مهم

درصد Al یا Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	فرمول	نام کانی با سنگ
۳۴/۷	Al(OH) <sub>3</sub>	گیبسیت
۴۵	AlOOH	بوهمیت
۴۵	AlOOH	دیاسپور



بوکسیت



معدن بوکسیت جاجرم در استان خراسان شمالی

**کاربرد:** خواص مهم آلومینیوم عبارت‌اند از: وزن مخصوص کم، ضد زنگ و هادی مناسب جریان برق و حرارت. مصارف مهم آلومینیوم در صنایع هوایی، ساختمانی، الکتریکی و ماشین‌های سبک‌وزن است.

### منابع آلومینیوم در ایران

بزرگ‌ترین معدن آلومینیوم (بوکسیت) در ایران در استان خراسان شمالی در منطقه جاجرم قرار دارد.

### مس



معدن مس سرچشمه

مس فلزی است چکش‌خوار به وزن مخصوص ۸/۱۹ و دمای ذوب ۱۰۸۳ درجه سانتی‌گراد و بعد از نقره بهترین هادی جریان الکتریسیته به‌شمار می‌رود. مس در طبیعت به صورت‌های خالص، اکسید، سولفید، سولفات، کربنات، سیلیکات و فسفات یافت می‌شود. در شرایط فعلی و با فناوری‌های موجود جهت فراوری ذخایر مس حداقل عیار اقتصادی جهت استخراج مس ۰/۴ درصد می‌باشد.

کانسارهای مهم آن از نوع رسوبی، آذرین، اسکارن و گرمابی هستند. در جدول زیر کانی‌های مهم مس و عیار آنها گزارش شده است.

### جدول کانی‌های مهم مس



کانی اکسید مس (آزوریت)

درصد مس	فرمول	نام کانی
۱۰۰	Cu	مس خالص
۳۴/۷	CuFeS <sub>۲</sub>	کالکوپیریت
۵۵-۶۳	Cu <sub>۵</sub> FeS <sub>۴</sub>	بورنیت
۵۷/۵	Cu <sub>۲</sub> (CO <sub>۳</sub> )(OH) <sub>۲</sub>	مالاکیت
۶۹	Cu <sub>۳</sub> (CO <sub>۳</sub> ) <sub>۲</sub> (OH) <sub>۲</sub>	آزوریت

**کاربرد:** حدود ۵۳ درصد از مس تولیدی به مصارف الکتریکی، ۱۶ درصد به مصارف ساختمانی، ۱۲ درصد در ساخت قطعات ماشینی و ۱۹ درصد باقی‌مانده به مصارف دیگر می‌رسد. آلیاژهای مهم مس عبارت‌اند از: برنز، برنج، مس - نیکل و مس - نیکل - نقره.

**منابع مس در ایران:** بزرگ‌ترین معادن مس در ایران عبارت‌اند از:

- ۱ معدن مس سرچشمه در استان کرمان
- ۲ معدن مس شهر بابک در استان کرمان
- ۳ معدن مس سونگون در استان آذربایجان شرقی.

### سرب

سرب خالص به رنگ خاکستری با جلای فلزی است که وزن مخصوص آن ۱۱/۳۴ و دمای ذوب آن ۳۲۷/۴ درجه سانتی‌گراد است. سرب در طبیعت به صورت سولفید، سولفات، کربنات و نمک‌های سرب یافت می‌شود. کانسارهای سرب از انواع **رسوبی**، **آذرین**، **دگرگونی** و **گرمابی** می‌باشند. کانی‌های مهم سرب و عیار سرب آنها در جدول زیر آمده است.

جدول کانی‌های مهم سرب

نام کانی	فرمول	درصد مس
گالن	PbS	۸۶/۶
سروزیت	PbCO <sub>۳</sub>	۷۷/۵۵
انگلیزیت	PbSO <sub>۴</sub>	۶۸/۳۳

**کاربرد:** سرب و ترکیبات آن مصارف زیاد دارند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: تهیه لوله‌های سربی، حروف چاپ، ساخت باتری، ورقه‌های سربی پوشش سیم، مهمات جنگی و حفاری. آلیاژهای مهم آن شامل برنز و مفرغ است. در سرامیک‌سازی به عنوان ماده رنگی به کار می‌رود و ترکیبات آرسنیک‌دار آن در حشره‌کش‌ها و نیترات آن در رنگرزی استفاده می‌شود.



رگه سرب در تونل معدن زیرزمینی نخلک

منابع سرب و روی در ایران: برخی از معادن بزرگ سرب و روی ایران عبارت‌اند از:

۱ انگوران در استان زنجان ۲ مهدی آباد استان یزد ۳ کوشک استان یزد.

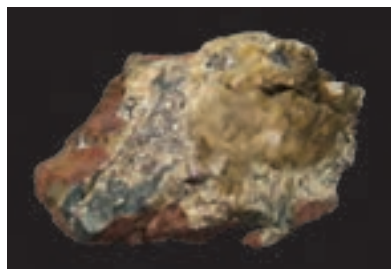
پژوهش

در خصوص معادن سرب و روی انگوران و مهدی‌آباد تحقیق کنید و نتایج را در کلاس ارائه نمایید.



## روی

روی خالص به رنگ سفید متمایل به آبی است. وزن مخصوص آن ۷/۱۵ بوده و ترد و شکننده است. دمای ذوب آن به ۴۱۹/۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. روی در طبیعت به صورت سولفید، اکسید، کربنات و سیلیکات یافت می‌شود. کانسارهای روی از نوع رسوبی، آذرین، اسکارن و گرمابی هستند. کانی‌های مهم روی در جدول زیر گزارش شده است.



کانی اسفالریت

### جدول کانی‌های مهم روی

نام کانی	فرمول	درصد Zn
اسفالریت	ZnS	تا ۶۷
اسمیت زونیت	ZnCO <sub>3</sub>	۵۲/۱

**کاربرد:** مصارف مهم روی در اتومبیل‌سازی، لوازم آشپزخانه، روکش فولاد (گالوانیزه کردن)، تهیه آلیاژهای برنز و برنج، لحیم‌کاری، قوطی‌های خمیردندان، چسب و غیره است. اکسید و سولفور روی به‌عنوان ماده رنگی سفید در رنگ‌سازی و تهیه پلاستیک استفاده می‌شوند و سولفات روی در رنگرزی و ساخت چسب به مصرف می‌رسد. کلرور روی در لحیم‌کاری و جلوگیری از فساد چوب استفاده می‌شود.



معدن سرب و روی مهدی‌آباد در استان یزد



## طلا

طلا در طبیعت به صورت خالص، الکتروم و ترکیبات تلورید یافت می‌شود. کانسارهای مهم طلا انواع گرمابی، پلاسیر، مس پورفیری و ماسیوسولفید (Cu - Zn) را شامل می‌شوند. کانی‌های مهم طلا در جدول زیر گزارش شده است.

جدول کانی‌های مهم طلا

نام کانی	فرمول	درصد طلا
طلای خالص	Au	۸۰-۸۹
الکتروم	Ag, Au	۷۰-۷۵
کالاوریت	AuTe <sub>۲</sub>	۴۳/۷
سیلوانیت	AuAgTe <sub>۲</sub>	۲۴/۲

**کاربرد:** اگرچه امروزه طلا به‌عنوان پشتوانه پول رایج کشور محسوب نمی‌گردد، اما هنوز به‌عنوان یک ذخیره ارزی معتبر در نزد دولت‌ها نگهداری می‌شود. از طلا در ساخت لوازم تحقیقاتی، لوازم الکترونیک، جواهرسازی، آلیاژهای مخصوص و مجسمه‌سازی و آب طلاکاری استفاده می‌شود.

## منابع طلا در ایران

- ۱ معدن طلای زرشوران در آذربایجان غربی
- ۲ معدن طلای آق‌دره در آذربایجان غربی
- ۳ معدن طلای موته در استان اصفهان



طلای موته

## نیکل

نیکل در طبیعت به حالت خالص یافت نمی‌شود. فلز نیکل به رنگ سفید و چکش خوار و ضدزنگ است. دمای ذوب آن ۱۴۵۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. کانی‌های نیکل در سنگ‌های مافیکی و اولترامافیکی یافت می‌شوند. این کانی‌ها عبارت‌اند از: نیکولیت (NiAs)، پندلانیت  $(Ni,Fe)_9S_8$ .

**کاربرد:** مصارف مهم نیکل عبارت‌اند از: تهیه فولادهای ضد زنگ، آلیاژهای ویژه (آلیاژ نقره و نیکل جهت ساخت لوازم خانگی از جمله استکان، سینی و ...)، آب‌کاری کرم و ضرب سکه، نمک‌های آن مصارف شیمیایی دارند و در بعضی از باتری‌ها نیز استفاده می‌شود.

**منابع نیکل در ایران:** نیکل عمدتاً به شکل همراه در کنار معادن دیگر از جمله معادن مس، معادن سرب و روی به دست می‌آید.

## مولیبدن

مولیبدن به صورت خالص در طبیعت یافت نمی‌شود. فلزی است به رنگ سفید مایل به خاکستری به وزن مخصوص ۱۰/۲ و دمای ذوب ۲۶۱۰ درجه سانتی‌گراد. کانی مهم آن مولیبدنیت ( $MoS_2$ ) است. **کاربرد:** مصارف مهم و عمده مولیبدن (۹۰ درصد) در تهیه فولادهای ویژه است که در صنایع مربوط به سرعت‌های زیاد، ضد زنگ، آلیاژهای مخصوص، صنایع هوایی و ریخته‌گری کاربرد دارد. مصارف دیگر آن به عنوان مواد رنگی، کاتالیزور، مصارف شیمیایی و تهیه گریس است.



مولیبدنیت

**منابع مولیبدن در ایران:** مولیبدن در منابع مس وجود داشته و به‌عنوان محصول فرعی از معادن مس به دست می‌آید بنابراین منابع آن همان منابع مس در ایران است.

## واحد یادگیری ۴

### کاربرد مواد معدنی غیر فلزی با توجه به خواص شیمیایی آنها

#### مواد معدنی غیر فلزی

##### برات‌ها

**مشخصات کلی برات‌ها:** بور یکی از عناصر نسبتاً کمیاب در طبیعت است که به دلیل میل ترکیبی زیاد با اکسیژن، در طبیعت به صورت آزاد وجود ندارد.

**تولید و کاربرد برات‌ها:** مهم‌ترین کاربردهای برات‌ها به شرح زیر است:



کریستال براکس

کود کشاورزی	پشم شیشه
اطفاء حریق	الیاف شیشه‌ای
فریت و سرامیک	بوروسیلیکات (پیرکس)

ترکیبات ارگانیکی بور، مواد مفیدی به‌عنوان عامل آبگیری، کاتالیزورها و قالب‌پذیری می‌باشند. بعضی از ترکیبات آبی بوردار در حشره‌کش‌ها و دیگر مواد دارویی مصرف می‌شود. فلز بور در تصفیه آلومینیوم، فیوزهای تأخیری، باطری‌های خورشیدی و نیمه‌هادی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهم‌ترین کاربردهای برات‌ها در صنایع شیشه‌سازی، لعاب و سرامیک باشد.

**منابع برات ایران:** به علت هم‌جواری ایران با ترکیه و ذخایر بزرگ کانی‌های بور در ترکیه، به نظر می‌رسد ایران نیز نباید از کانسارهای بور بی‌بهره باشد، هر چند گزارش‌های زمین‌شناسی موجود، خلاف این تحلیل را عنوان می‌نمایند. تاکنون ۶ کانسار بور در ایران گزارش شده‌اند، که تعداد محدودی از آنها فعال‌اند: معدن قره‌گل؛ معدن میانج؛ معدن قره‌آغاج، همگی در استان زنجان؛ براکس خاتون‌آباد، شهر بابک؛ براکس ده شتران، سیرجان؛ براکس شکار، سبزواری.

##### بنتونیت‌ها



سنگ بنتونیت

بنتونیت به خاک رسی اطلاق می‌شود که ضرورتاً از مونت‌موریلونیت تشکیل شده، نرم و پلاستیک بوده و حاوی سیلیکات‌های کلونیدی حاصل از دگرسانی شیمیایی سنگ‌های آذرین (معمولاً توف) است. رنگ آن سفید، سبز کم‌رنگ، آبی کم‌رنگ (سطح تازه) تا کرم (سطح هوازده) می‌باشد که به تدریج به زرد، قرمز و قهوه‌ای تمایل پیدا می‌کند. این کانی سطح چرب و صابونی دارد.

به همراه بنتونیت معمولاً کانی‌های فلدسپات، بیوتیت، کوارتز و زیرکن یافت می‌شوند.

بنتونیت از صفحات آزاد سیلیس تشکیل شده است که به آسانی در محلول‌های آبی به ذرات خیلی ریز (واحد سلولی) تفکیک می‌شود. این سهولت جدایش ذرات و بار منفی نامتوازن باعث می‌شود که ذرات در محیط‌های قطبی (مانند آب) به خوبی پراکنده شوند. بنتونیت یون‌های قابل تعویض سدیم، کلسیم و یا منیزیم دارد و پس از زئولیت، بیشترین قابلیت تعویض یونی را در میان کانی‌ها دارد.

**کاربرد:** کاربردهای مهم بنتونیت و توزیع آنها عبارت‌اند از:

درصد	نام صنعت
۲۷/۵۷	ماسه ریخته‌گری
۱۶	گندله‌سازی / کنسانتره آهن
۲۲/۴	گل حفاری
۱۷	ماده جاذب فضولات حیوانات خانگی
۳/۱۲	غذای حیوانات
۵/۵۶	سرامیک
۷/۵	ضد آب
۲/۷	جاذب
۲/۳	فیلتر کردن، بو زدایی، رنگ‌زدایی
۵/۸۵	غیره

● **گل حفاری:** وقتی بنتونیت سدیمی در آب وارد می‌شود به صورت ذرات کلئیدی (۱ تا ۱۰۰ میکرون) پراکنده و معلق درمی‌آید و به علت انرژی الکتروشیمیایی در شبکه بلوری، خاصیت تورم (۱۵ تا ۳۰ برابر حجم خشک‌رس)، گرانروی و قدرت ژل‌شدگی پیدا می‌کند. این خواص در چاه حفاری باعث ایجاد پوشش بر روی دیواره چاه و جلوگیری از عبور مایع یا گاز از جداره آن، پایداری دیواره و روغن‌کاری مته حفاری می‌شود. گرانروی گل باعث انتقال و شناور شدن مواد کنده شده می‌شود و خاصیت ژل‌شدگی آن از ته‌نشین شدن مواد جلوگیری می‌کند.

به طور کلی بنتونیت می‌تواند جایگزین ۲ تا ۵ درصد وزنی گل حفاری شود که غالباً برای چاه‌های کم عمق تا متوسط به کار می‌رود. برای چاه‌های عمیق و زاویه‌دار نفت از گل‌های حفاری مصنوعی استفاده می‌شود. در این گل‌های جدید ۱ تا ۲ درصد بنتونیت به کار برده می‌شود.

● **ماسه ریخته‌گری:** بنتونیت یک عامل اتصال‌دهنده ایده‌آل برای ماسه‌های ریخته‌گری است که مقاومت سبز و قرمز (خام و پخته) خوب و نفوذپذیری کمی دارد. ۴ تا ۶ درصد (حداکثر ۱۰ درصد) قالب ریخته‌گری

را بنتونیت تشکیل می‌دهد که باعث اتصال دانه‌های ماسه در ریخته‌گری می‌شود. بنتونیت سدیم‌دار، پلاستیسیته عالی، مقاومت اتصال خشک و مقاومت مکانیکی بالایی در دمای بالا دارد و از دهه ۱۹۵۰ برای گندله‌سازی کنسانتره هماتیت و منیتیت به کار رفته است. به ازای هر تن کانسنگ (کنسانتره) آهن، ۶ تا ۸ کیلوگرم بنتونیت سدیمی افزوده می‌شود. اما به هر حال باید سعی شود که مقدار بنتونیت مصرفی کاهش یابد زیرا بنتونیت، سیلیس سرپاره و در نتیجه میزان کمک ذوب لازم را افزایش می‌دهد. امروزه بیشتر از اتصال دهنده‌های آلی استفاده می‌شود که به‌طور کامل در طی فرایند می‌سوزند.

● **ماده جاذب:** بنتونیت به شدت جاذب رطوبت است و وقتی خرد شده و خشک شود تا رطوبت آن به زیر ۵ درصد برسد، به سرعت رطوبت را جذب می‌کند. بنتونیت می‌تواند تا ۵ برابر حجم خشک خود مایع جذب کند. از این خاصیت برای فندقه‌سازی غذای حیوانات، حمل سموم و مدفوع حیوانات خانگی استفاده می‌شود.

**منابع بنتونیت ایران:** بنتونیت در ایران از جمله موادی است که از دیرباز شناخته شده است. اکتشاف و بهره‌برداری از این ماده حداکثر به بیست و پنج سال پیش بازمی‌گردد. ممکن است قبل از این تاریخ نیز بنتونیت به عناوین مختلف در صنایعی نظیر سرامیک، چینی درجه دو و پوشش بام‌ها استفاده می‌شده ولی کاربرد آن تحت عنوان بنتونیت و در مصارفی همچون حفاری، ریخته‌گری، پرکننده، کارخانجات سرامیک و چینی سابقه‌ای بیش از این ندارد.

از معادن بنتونیت ایران می‌توان به معدن بنتونیت کاشمر، چاه کم در شمال طبس، گرمینج قائن، معادن بنتونیت شمال یزد مثل ساغند، علی‌آباد پشت بادام اشاره کرد.



معدن بنتونیت

## پتاس

**مشخصات کلی پتاس:** پتاس واژه‌ای است که به کلرور پتاسیم، کلرور منیزیم و پتاسیم و سولفات پتاسیم اطلاق می‌شود. در صنعت سرامیک، اکسید پتاسیم، پتاس نامیده می‌شود. پتاس معمولاً همراه نمک‌های سدیم (هالیت) در شورابه‌ها و همچنین به صورت ذخایر لایه‌ای (سخت و نرم) یافت می‌شود. پتاسیم یک عنصر لازم برای زندگی گیاهان و حیوانات می‌باشد. این عنصر به دلیل میل ترکیبی بسیار زیادی که با سایر عناصر به‌خصوص کلر دارد، به صورت طبیعی به شکل خالص وجود ندارد. آب دریا حاوی ۴۰ درصد

$K_2O$  می‌باشد و فقط در حوضه‌های بسته تبخیری است که تمرکز آن افزایش می‌یابد. کانی‌های پتاسیم‌دار فراوانی وجود دارند که در حال حاضر کانی‌هایی که از نظر اقتصادی مهم هستند عبارت‌اند از: سیلویت و کارنالیت، کانی‌های پتاسیم‌دار نیز به‌ندرت به‌صورت خالص یافت می‌شوند و اکثراً به صورت مخلوطی از نمک‌های مختلف وجود دارند. به عنوان مثال در اکثر نهشته‌های پتاس کانه باطله، نمک طعام می‌باشد. مهم‌ترین کانی‌های پتاسیم در جدول زیر فهرست شده‌اند.

#### جدول کانی‌های اصلی پتاسیم

درصد K	ترکیب شیمیایی	کانی
۴۴/۸۸	$K_2SO_4$	آرکانیت
۱۴/۰۷	$KCl.MgCl_2.6H_2O$	کارنالیت
۱۵/۷۱	$4KCl.4K_2SO_4.11H_2O$	کاینیت
۱۸/۸۴	$K_2SO_4.2MgSO_4$	لانگ بنیت
۲۱/۳۳	$K_2SO_4.2MgSO_4.4H_2O$	لئونیت
۵۲/۴۴	KCl	سیلویت
۱۲/۹۷	$K_2SO_4.MgSO_4.2CaSO_4.2H_2O$	پلی‌هالیت

**تولید و کاربرد پتاس:** پتاس علاوه بر منابع سنگی، از تبخیر آب دریاچه‌های شور (پلایا) نیز قابل استحصال است. همچنین از آبهای شور زیر سطحی به وسیله حفاری‌های کم عمق می‌توان به پتاس دست یافت. در حال حاضر پتاس از هر دو منبع سنگی و آب شور به‌دست می‌آید. امروزه با آنکه بازیابی پتاس از منابع سنگی بیشتر مورد توجه می‌باشد ولی حدود ۸۵ درصد منابع پتاس دنیا از محل تبخیرهای دریایی است.

**منابع پتاس ایران:** اندیس‌های (نشانه‌های) پتاسیم در سری‌های نمکی ایران به شرح زیر است:



پتاس در خور و بیابانک اصفهان

سری نمکی هرمز در جنوب ایران، سری نمکی منطقه راور کرمان، سری نمکی حوزه یزد و اردکان، سری نمکی نواحی شوراب قم، کوه نمک قم، ناحیه خرقان منطقه گرمسار، حمزه‌علی در جنوب میانه، هریس در ۷۰ کیلومتری غرب تبریز و منطقه مامان در میانه، ناودیس خرقان واقع در جاده قزوین - همدان، ناحیه خاک‌مردان در جنوب‌شرقی خوی، ناحیه اوگلی و حوزی در جنوب شهرستان خوی.

در حال حاضر در منطقه خور و بیابانک، طرح استحصال پتاس از پلایای این ناحیه در دست اجراست. در این طرح شورابه پتاس در تعدادی حوضچه تبخیری، تغلیظ شده و سپس با استفاده از فلوتاسیون، هالیت جدا می‌شود. در مرحله بعد با کنترل دما و شرایط انحلال، پتاس از کارنالیت جدا می‌شود.

## دیرگذاها

**مشخصات کلی دیرگذاها:** دیرگذاز یا نسوز به ماده‌ای گفته می‌شود که در دمای بالا مقاومت و استحکام داشته باشد. بسیاری از فلزات نقطه ذوب بالایی دارند و در دمای کمتر از نقطه ذوب، مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهند اما به علت گرانی استفاده نمی‌شوند، یعنی یک شرط ضروری برای مواد دیرگذاز وفور و ارزانی نسبی آنها است.

در جدول زیر فهرستی از انواع موادی که به‌عنوان دیرگذاز مورد استفاده قرار می‌گیرند به همراه دمای ذوب و چگالی آنها ارائه شده است.

جدول مواد دیرگذاز

دمای ذوب (°C)	چگالی	مواد
۲۰۵۰	۳/۹۷	آلومین (اکسید آلومینیوم)
۲۵۳۰	۳/۰۰	اکسید بریلیم
۲۵۷۰	۳/۳۲	آهک CaO
۲۸۰۰	۳/۵۸	اکسید منیزیم
۲۶۹۰	۶/۲۷	اکسید زیرکونیم
۱۷۲۵	۲/۶۵	سیلیس

شرایط کلی مواد دیرگذاز را می‌توان این‌طور خلاصه کرد:

- وفور و ارزانی نسبی
- دمای ذوب بالا و استحکام کافی قبل از ذوب (بعضی از مواد در دماهای بسیار پایین‌تر از نقطه ذوب خود، خمیری و سیال می‌شوند).
- مقاومت کافی در مقابل نیروهای مکانیکی، ضربه و سایش در دمای بالا در مقابل شوک حرارتی
- عایق گرما
- ضریب انبساط کم (در هنگام سرد و گرم شدن، انقباض و انبساط آن محدود باشد).
- در مقابل اثرات شیمیایی مواد مذاب و سرباره مقاوم باشد.

## انواع مواد دیرگذاز

دیرگذازها را براساس ترکیب کانی‌شناسی آنها به گروه‌های زیر تقسیم می‌کنند:

**۱ دیرگذازهای آلومین دار:** دیرگذازهای آلومین دار بیش از ۶۵ درصد کل مواد دیرگذاز را تشکیل می‌دهند. مقدار آلومین در این مواد از ۱۲ تا ۹۹ درصد متفاوت است که بر این اساس خود به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند:

- نیمه رسی: مقدار  $Al_2O_3$  تا ۳۰ درصد
- رسی: مقدار  $Al_2O_3$  تا ۴۴ درصد
- سیلیکاتی: مقدار  $Al_2O_3$  حداقل ۴۶ و حداکثر ۶۳ درصد، این گروه شامل آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت است.
- هیدروکسید آلومینیوم: مقدار  $Al_2O_3$  بیش از ۵۵ درصد و شامل بوکسیت، دیاسپور و بوهمیت است.
- مولیت‌ها: مقدار  $Al_2O_3$  در مولیت ۷۳ درصد و شامل کانی مولیت به صورت  $2SiO_3 \cdot Al_2O_3$  است که به ندرت در طبیعت یافت می‌شوند.
- کروندم: مقدار  $Al_2O_3$  ۹۹ درصد

۲ دیرگدازهای سیلیسی: به دو گروه نیمه سیلیسی (با  $SiO_2$  بیش از ۷۵ درصد) و سیلیسی (با  $SiO_2$  بیش از ۹۳ درصد) تقسیم می‌شوند.

### ۳ دیرگدازهای دولومیتی، منیزی

۴ دیرگدازهای ویژه: از دیرگدازهای ویژه می‌توان به زیرکن و زیرکنیا اشاره کرد. زیرکن سیلیکات زیرکونیوم است که بسیار دیرگداز می‌باشد. زیرکن در مقابل شوک حرارتی مقاوم اما در مقابل حمله سرباره قلیایی و اکسید آهن ضعیف است. زیرکن دیرگداز باید بیش از ۶۰ درصد زیرکونیا  $ZrO_2$  و کمتر از ۳۰ درصد  $SiO_2$  داشته باشد. کاربرد عمده زیرکن در صنعت شیشه‌سازی و صنعت ریخته‌گری است.

## منیزیت و منیزیا

منیزیا ( $MgO$ ) تجاری را می‌توان از منیزیت طبیعی یا سولفات منیزیم و کلراید منیزیم موجود در آب دریا و شورابه‌ها، دولومیت، بروسیت و هونتیت به دست آورد. به طور کلی منیزیا به ۳ صورت در صنعت نسوز به کار می‌رود:

- **اکسید منیزیم فعال:** کانی منیزیت در اثر حرارت ( $1000^\circ C - 700^\circ C$ ) تکلیس می‌شود اما ۲ تا ۱۰ درصد  $CO_2$  در آن باقی می‌ماند. منیزیای حاصل را منیزیای فعال می‌گویند زیرا به شدت با آب هیدراته می‌شود. این نوع منیزیا در سیمان منیزیایی و در خوراک دام و کودسازی و ساخت قطعات سبک به کار می‌رود.
- **منیزیای مرده:** حرارت دادن منیزیت تا دمای  $1540^\circ C$  تا  $1840^\circ C$  درجه سانتی‌گراد موجب از بین رفتن تمایل منیزیا به جذب آب (هیدراته شدن) می‌شود. به این محصول، منیزیای مرده می‌گویند. کاربرد آن در صنایع فولادسازی، ذوب فلزات غیرآهنی به صورت آجرهای منیزیاتی، منیزیت - کرومیتی، منیزیت - آلومینی و منیزیت - کربنی می‌باشد.
- **منیزیای ذوب شده:** منیزیای ذوب شده با استفاده از کوره‌های قوس الکتریکی در دمای بالا تهیه می‌شود. ویژگی آن، چگالی بالا (۳/۵۸)، درشتی بلور و مقاومت الکتریکی است. منیزیت به ندرت به صورت خام و یا ماده معدنی استفاده می‌شود. اما مقدار خیلی کم از آن در صنایع شیمیایی مثل نمک، در صنایع تهیه کود نیترات آمونیوم، داروسازی، صنعت لاستیک، ابریشم مصنوعی، سیمان‌های مخصوص، کاغذسازی و شکر استفاده می‌شود.



کاربرد منیزیت در داروسازی به عنوان ماده حامل خنثی به کار می‌رود. همچنین در روغن‌ها و کرم‌های آرایشی پوست و مو، ماده حامل در عطرها، عامل نرم‌کنندگی در پودرها، به عنوان یک بتونه یا چسبدهی اکسید تیتانیوم در رنگ‌سازی، در جوهر چاپ و در ساخت مواد ضدشعله نیز استفاده می‌شود.

### رنگ‌دانه‌ها

**مشخصات کلی رنگ‌دانه‌های طبیعی:** اکسیدهای آهن، پر حجم‌ترین کانی‌های رنگی موجود در طبیعت هستند که پس از پودر شدن تا ابعاد مناسب، به عنوان رنگ‌دانه در صنایع مختلف به کار می‌روند. هرچند اکسیدهای آهن، علاوه بر وفور، ثبات، ارزان و غیرسمی هستند اما در سال‌های اخیر تولید رنگ‌دانه‌های مصنوعی آهن نیز رواج یافته است و امروزه رقیب سرسخت رنگ‌دانه‌های طبیعی هستند. علاوه بر اکسیدهای آهن، منگنز، کروم، زیرکن و تیتانیوم نیز به عنوان رنگ‌دانه به کار می‌روند. رنگ‌دانه‌های طبیعی آهن را بر حسب رنگشان می‌توان به ۴ گروه تقسیم نمود: رنگ‌دانه‌های قرمز، زرد، قهوه‌ای و سیاه. در جدول زیر برخی از کانی‌های رنگی طبیعی و مصنوعی آورده شده‌اند. کاربرد ترکیبات معدنی به عنوان رنگ‌دانه بستگی به خواص آنها دارد.

### جدول انواع رنگ‌دانه‌ها

مصنوعی	طبیعی	
گوتیت، لپیدوکروزیت، آکازنیت	گوتیت، لپیدوکروزیت، لیمونیت	رنگ‌دانه زرد
هماتیت، مخلوط هماتیت، گوتیت	هماتیت، سیدریت (کلسینه)، پیریت	رنگ‌دانه قرمز
گوتیت و منیتیت، میگماتیت	(کلسینه) آمبر، لیمونیت (کلسینه)، سیدریت (کلسینه)	رنگ‌دانه قهوه‌ای
منیتیت	منیتیت	رنگ‌دانه سیاه



هماتیت (گل اخرا)

خواص فیزیکی رنگ‌دانه‌ها را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود.

- **جذب روغن:** به مقدار جذب روغن توسط رنگ‌دانه برای اینکه وزن مشخصی از آن را مرطوب و به صورت خمیر درآورد، گفته می‌شود.
- **سطح ویژه:** دو رنگ‌دانه با دانه‌بندی یکسان می‌توانند سطح ویژه و متفاوتی داشته باشند.
- **شکل:** شکل که می‌تواند عامل مهم‌تری از دانه‌بندی و ابعاد ذرات در مصرف مواد معدنی در رنگ‌دانه‌ها باشد، معمولاً به صورت مکعبی، کروی و ورقه‌ای تعریف می‌شود.
- **توزیع دانه‌بندی**
- **خواص نوری**
- **خواص مغناطیسی**

کاربردهای اصلی رنگ‌دانه‌های آهن عبارت‌اند از پوشش و رنگ، الکترونیک، لاستیک، پلاستیک، ساختمانی

**منابع رنگ‌دانه‌های ایران:** معادن اکسید آهن در اکثر نقاط دنیا یافت می‌شوند، اما فقط تعداد معدودی از آنها به عنوان رنگ‌دانه‌های اکسید آهن کاربرد دارند. بهترین معدن خاک سرخ ایران در جزیره هرمز ایران قرار دارد. اکسید آهن جزیره هرمز ایران از نوع قرمز مایل به آبی است.

معدن خاک سرخ جزیره هرمز در ۱۷ کیلومتری جنوب‌غربی بندرعباس واقع شده است و از قدیمی‌ترین معادن ایران می‌باشد که از سال ۱۳۱۴ مورد استخراج و بهره‌برداری قرار گرفته است. ماده معدنی استخراجی خاک سرخ می‌باشد که بسته به عیار آهن موجود در آن به سه نوع درجه یک، دو و سه تقسیم‌بندی می‌گردد.



معدن خاک سرخ جزیره هرمز

از دیگر معادن و کانسارهای خاک سرخ ایران می‌توان خاک سرخ احمدی در بندرعباس، خاک سرخ حاجی‌آباد، خاک سرخ بیاضه، خاک سرخ خور، خاک سرخ ندوشن، خاک سرخ فخرآباد، خاک سرخ ورطون، خاک سرخ وناچ و خاک سرخ مامونیه را نام برد.

## فسفات‌ها

**مشخصات کلی فسفات:** فسفات به سنگ‌های فسفات‌دار اطلاق می‌شود که ارزش اقتصادی دارند. به‌طور کلی به هر سنگ حاوی بیش از ۲۰ درصد  $P_2O_5$ ، سنگ فسفات گفته می‌شود. کانه‌های فسفات در سنگ‌های رسوبی و آذرین یافت می‌شوند. ۸۵ درصد تولید فسفات دنیا از منابع رسوبی است. سنگ‌های فسفاتی رسوبی بیشتر شامل فلئور آپاتیت  $Ca_5(PO_4)_3(F,OH)$  و سنگ‌های آذرین بیشتر دربرگیرنده هیدروکسی آپاتیت  $Ca_5(PO_4)_3(F,OH)$  هستند مانند مگنتیت - آپاتیت در سوئد و نفلین آپاتیت در روسیه.

**تولید و کاربرد فسفات:** فسفر در هر سلول زنده (گیاهی و حیوانی) وجود دارد و به همراه پتاسیم و سدیم مواد غذایی اصلی هستند که انرژی را برای مصرف غذا به شکل قابل استفاده تبدیل می‌کنند. فسفر بعد از ازت دومین کود مصرفی در دنیاست. ۹۰ درصد مصرف فسفر به کود کشاورزی اختصاص دارد. از دانه‌های گیاهی، حبوبات ۵۵ درصد، گندم ۲۰ درصد، ذرت ۱۴ درصد، برنج ۱۳ درصد و جو ۴ درصد مصرف فسفر را دارند.

**منابع فسفات ایران:** به‌طور کلی منابع فسفات از دو نوع با منشأ آذرین و رسوبی می‌باشند. منابع عمده سنگ فسفات ایران از نوع رسوبی می‌باشد که در مناطق البرز مرکزی و آذربایجان (معدن فسفات جیرود)، شیرگشت در ایران مرکزی و فسفات سلطانیه در جنوب البرز قرار گرفته‌اند.

به غیر از فسفات‌های رسوبی، فسفات‌های با منشأ آذرین نیز در ایران شناخته شده‌اند. از جمله فسفات اسفوردی با ذخیره ۱۶ میلیون تن و عیار متوسط ۱۲ درصد و زیرگان که در شمال شرق بافق واقع شده‌اند. بزرگ‌ترین ذخیره فسفات ایران با ذخیره ۱۶۰ میلیون تن به نام ریزرود در شمال بوشهر قرار دارد که به‌دلیل وجود ناخالصی‌های مزاحم در امر کانه‌آرایی مطالعات دقیقی بر روی آن انجام نشده است.



معدن فسفات اسفوردی

## کائولن

کائولن یک کانی صنعتی سفید، نرم و پلاستیک بوده که عمدتاً از کائولینیت  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  تشکیل شده است. انواع مختلف کائولن عبارت‌اند از:

**بال کلی:** یک نوع کائولینیت ریزدانه و بسیار پلاستیک است و به همراه کوارتز، میکا، ایلیت، کلریت و مواد کربن دار یافت می‌شود.

**رس فلینتی:** یک سنگ سخت ریزبلورین است که به طور عمده از کائولینیت تشکیل شده است. این کانی وقتی که در آب آسیا می‌شود، خاصیت پلاستیک می‌یابد.

**رس آتشی:** یک نوع رس سیلیس دار یا آلومینیوم دار است که از کائولینیت غیر بلورین (بدبلورین) تشکیل شده و قادر است در دماهای بالا بدون تغییر شکل، مقاومت کند یعنی حالت دیرگدازی دارد.

**کائولن تکلیس شده:** شامل مولیت (از کائولن) و شاموت (از بال کلی) است.

**منابع تولید و مصارف کائولن:** خواص مهم کائولن جهت استفاده در صنایع مختلف عبارت‌اند از:

- درجه تبلور که بر روی سفیدی، درخشندگی، کدوری و گرانبوی آن تأثیر می‌گذارد.
- توزیع دانه‌بندی و شکل ذرات که بر خواص نوری، نرمی، صافی و رئولوژی آن مؤثر است. حد کنترل دانه‌بندی ۲ میکرون است که کائولن را به دو گروه درشت و ریزدانه تقسیم می‌کند. دانه‌بندی متوسط ( $d_{50}$ ) کائولن جورجیا ۳۷٪ میکرون است.

کائولن به علت خواص ویژه‌ای که دارد، کاربردهای متنوعی در صنعت دارد.

**۱ کاغذسازی:** بی‌شک مهم‌ترین کاربرد کائولن است. کائولن در کاغذسازی دو نقش مجزا دارد: پرکننده که هزینه تهیه کاغذ را کاهش داده و خواص چاپ (جوهرپذیری) آن را بهبود می‌بخشد و پوشش‌دهنده که خواص سطحی کاغذ مانند صافی، درخشندگی و براق بودن را افزایش می‌دهد.

**۲ سرامیک‌سازی:** شناخته شده‌ترین مصرف کائولن است که قدمتی طولانی دارد.

**۳ رنگ‌سازی:** علاوه بر کاهش هزینه به‌قدرت پوشاندگی رنگ کمک می‌کند. دانه‌بندی کائولن اهمیت زیادی در کاربرد آن در رنگ دارد. هر چند کائولن یک رنگ‌دانه کاملاً سفید نیست، اما فضای بین رنگ‌دانه گران‌قیمت اکسیدتیتانیوم را پر می‌کند و حداکثر انعکاس نور را به رنگ می‌بخشد.

**۴ لاستیک‌سازی:** نقش آن تقویت و تحکیم لاستیک می‌باشد.

**۵ پلاستیک‌سازی:** در پلاستیک‌هایی مانند PVC کف‌پوش به‌کار می‌رود. از کائولن تکلیس شده در دمای کم در کابل‌سازی نیز استفاده می‌شود.

**۶ دیرگداز:** از کائولن با آلومینای بالا در تولید شاموت (جرم دیرگداز) استفاده می‌شود.

**منابع کائولن ایران:** یکی از مهم‌ترین منابع کائولن ایران معدن زنوز واقع در شمال شرق مرند در استان آذربایجان شرقی است. کانی‌هایی مانند کلسیت و به میزان بسیار کم دولومیت نیز در کائولن زنوز دیده می‌شود. کارخانه کائولن زنوز شامل مراحل خردایش و دانه‌بندی با چندین مرحله پیوسته هیدروسیکلون

است به نحوی که محصولاتی با عیارهای مختلف اکسید آلومینیوم تولید می‌کند. مصرف عمده کائولن فراوری شده زنون در صنعت سرامیک است. مشخصات یک محصول کارخانه زنون در زیر آورده شده است. دانه‌بندی این محصول ۵۴ درصد زیر ۲ میکرون است.

جدول مشخصات محصول کائولن زنون

LOI	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	اکسید
۱۱	۸۵	۸۲	۲۵	۶۵	۲۰	مقدار (درصد)



معدن کائولن زنون

### گرافیت

گرافیت طبیعی با چگالی ۲/۱ تا ۲/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب و سختی ۱ تا ۲ به رنگ سیاه تا خاکستری فولادی یافت می‌شود. گرافیت از دگرسانی مواد آلی یا بیتومینه به وجود می‌آید. با افزایش دما و فشار، فرایند تبدیل و دگرگونی از گرافیت کاملاً بی‌شکل شروع و به گرافیت کاملاً بلورین خاتمه می‌یابد. به گرافیت بلورین، گرافیت پولکی نیز گفته می‌شود. گرافیت کلوخه‌ای، درشت دانه است. گرافیت بی‌شکل نیز بلورین می‌باشد اما به دلیل ریز بودن بلوره‌های آن به گرافیت بی‌شکل معروف است. گرافیت بلوری در رسوبات سیلیسی - آهکی مانند شیست، کوارتزیت و گنایس پراکنده می‌باشد. اندازه بلورها متغیر و ممکن است حتی به چندین میلی‌متر برسد.

انواع گرافیت را می‌توان بر اساس درصد کربن محتوی نیز تعریف نمود: گرافیت ریزبلور (بی‌شکل) ۷۰ تا ۸۵ درصد کربن، گرافیت بلورین ۸۰ تا ۹۹ درصد کربن و گرافیت کلوخه‌ای (بسیار بلورین) ۹۰ تا ۹۹ درصد کربن دارند.

گرافیت طبیعی یک هدایت‌کننده عالی گرما و الکتریسیته است که در دماهای زیاد، پایدار و مقاوم است. نقطه ذوب گرافیت ۳۶۵۰ سانتی‌گراد است. گرافیت در مقابل شوک حرارتی، انقباض و حملات شیمیایی مقاوم است.



گرافیت

**تولید و کاربرد گرافیت:** با توجه به نقطه ذوب بالا و خواص فیزیکی مطلوب گرافیت مانند مقاومت در مقابل اکسیداسیون، شوک حرارتی و حملات شیمیایی، گرافیت به عنوان یک ماده دیرگداز به همراه سایر مواد نسوز به کار می‌رود. از اختلاط منیزیت ذوب شده، با پولک‌های گرافیت که توسط رزین به هم وصل می‌شوند، نسوزهای کربن - منیزیا ساخته می‌شوند. ۱۵ تا ۲۰ درصد این دیرگدازها را گرافیت تشکیل می‌دهد. گرافیت هدایت حرارتی بالایی به این مواد می‌دهد. به عنوان پوشش نسوز در روش

ریخته‌گری پیوسته، درصد گرافیت در دیرگداز می‌تواند به ۳۰ درصد برسد. در این کاربرد ناخالصی‌های سیلیس، آهن و آلومینا زیان‌آورند و لذا باید حداکثر ۲ درصد باشند. دیرگدازهای گرافیت - آلومینا در روش ریخته‌گری پیوسته، در قالب‌های ریخته‌گری، پاتیل‌ها یا ملاقه‌های مذاب به کار می‌روند. افزودن آلومینا موجب بهبود هدایت حرارتی، مقاومت در مقابل شوک حرارتی و عدم اکسید شدن گوشه‌های پولک‌های گرافیت می‌شود.

**منابع گرافیت ایران:** ذخایر شناخته شده‌ای از گرافیت در ایران گزارش نشده است؛ اما چند ناحیه اکتشافی توسط سازمان زمین‌شناسی کشور معرفی شده‌اند:

گرافیت قزلجه خوی: در ۱۵ کیلومتری شمال خوی به صورت یک افق کربن‌دار در میان لایه‌های شیل و اسلیت. گرافیت گلباران: در جنوب ۴ گوشه و رجه محدوده روستای حسین آباد (۵۰ کیلومتری خمین)، ملاطالب در ۲۵ کیلومتری الیگودرز.

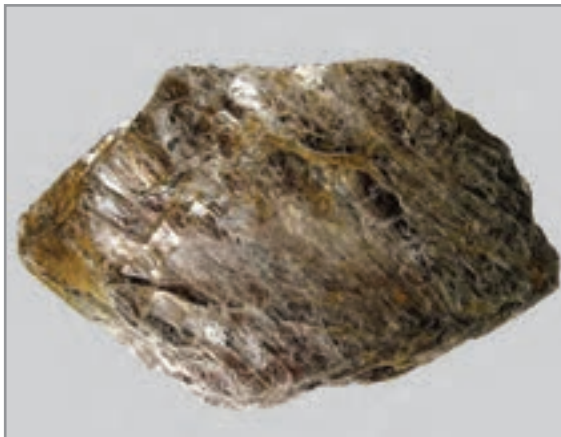
گرافیت شازند: در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی شازند و ۵ کیلومتری شرق آبادی مال میر، گرافیت به صورت رگه‌ای با ضخامت حدود ۵ متر.

بروجرد: در شمال شرق بروجرد.

### میکا

میکا به گروهی از کانی‌ها اطلاق می‌شود که در دسته بزرگی از سیلیکات‌ها موسوم به سیلیکات‌های ورقه‌ای قرار دارند. این گروه سیلیکات‌های پیچیده حاوی آلومینیوم و فلزات قلیایی می‌باشند و همگی آنها عامل هیدروکسیل (OH) دارند. اکثر میکاها حاوی یک یا چند عنصر دیگر مانند آهن، منیزیم، لیتیم و فلوئور هستند. انواع میکاها ساختمان ورقه‌ای یا صفحه‌ای با قابلیت تورق داشته و در سیستم منوکلینیک متبلور شده‌اند. میکاها دارای کلیواژ موازی در سطوح قابل توجه و بزرگ می‌باشند که به صورت فیلم‌های نازک و شفاف به ضخامت حدود ۱ میکرون قابل جدا شدن هستند.

از نظر اقتصادی میکاهایی که رنگ روشن دارند ارزش بیشتری دارند. مسکویت و فلوگوپیت از این میان



فلوگوپیت

اهمیت صنعتی بیشتری دارند. این کانی‌ها مانند سایر میکاها در سیستم منوکلینیک متبلور شده و بلورهای شش وجهی دارند. این بلورها کاملاً رشد کرده و ساخت صفحه‌ای آنها باعث شده این بلورها را بلورهای کتابی بنامند. میکاهایی که از نظر اقتصادی اهمیت بیشتری دارند عبارت‌اند از:

**مسکوویت:** میکای پتاسیم‌دار که به میکای سفید نیز معروف بوده و دارای رنگ سفید متمایل به سبز کم رنگ و قرمز می‌باشد.

**فلوگوپیت:** میکای منیزیم‌دار که به رنگ زرد کم‌رنگ تا قهوه‌ای یافت می‌شود.

**بیوتیت:** میکای منیزیم - آهن‌دار که به رنگ سیاه، قهوه‌ای و سبز تیره یافت می‌شود.

فیلم نازک میکا دارای خاصیت نرمی انطباق و مقاومت مکانیکی خیلی زیادی است. نازک‌ترین ورقه میکا می‌تواند دور یک میله به قطر حدود ۳ میلی‌متر بدون ترک خوردگی پیچیده شود. خصوصیت مهم دیگر آن قابلیت عبور نور یا شفافیت آن می‌باشد. هر دو خاصیت شفافیت و قابلیت انطباق و قدرت خمشی آن با ضخامت نسبت عکس دارد.

میکا همچنین در مقابل حرارت زیاد، مقاوم بوده و قادر است بدون تغییر چندانی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، حرارت‌های بالا یا تغییرات ناگهانی و شدید دما را تحمل نماید.

علاوه بر خصوصیات فوق، خواص الکتریکی ذیل، میکای ورقه‌ای را به یک ماده بی‌نظیر تبدیل می‌نماید:

- خاصیت هدایت دی‌الکتریکی پایین (به خصوص اگر میکا فاقد کانی‌های ریز باشد).
- قدرت مقاومت دی‌الکتریکی در مقابل ولتاژ زیاد بدون ترک خوردگی یا خردشدگی



معدن میکای یارم قیه خوی

**منابع میکای ایران:** میکا در ایران منحصراً از دو معدن میکای فلوگوپیت قره‌باغ ارومیه و میکای بیوتیت علی‌کوابر املش استخراج می‌شود. ماده معدنی به صورت بلورهای درشت ورقه‌ای (حداکثر ۱۵ سانتی‌متر) درون لایه‌های شیب‌دار یا به صورت بین‌لایه‌ای با آنها و گاه به صورت متقاطع با لایه‌های شیب‌دار قرار گرفته است. این میکا از نوع فلوگوپیت ترد و شکننده است.

معدن علی‌کوابر املش در استان گیلان در ۵ کیلومتری جنوب املش در نزدیکی قریه‌ای به نام علی‌کوابر قرار دارد. ماده معدنی از نوع میکای

سیاه بیوتیت و به صورت ورقه‌هایی با ابعاد تا ۷ سانتی‌متر است. علاوه بر بلورهای میکای سیاه، بلورهای شکل‌دار الیومین و اوژیت نیز در سنگ معدنی وجود دارند. از دیگر معادن میکای ایران می‌توان به میکای یارم قیه خوی، میکا - فلدسپات ماسوله، منگاو می‌همدان، جندق اصفهان، رنجانبر کاشان و طرقله مشهد اشاره کرد.

### عناصر نادر خاکی

عناصر نادر خاکی شامل گروه لانتانیدها می‌شوند که از لانتانیوم با عدد اتمی ۵۷ شروع می‌گردد و به لوتسیوم با عدد اتمی ۷۱ پایان می‌پذیرد.

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0		
1	H															He		
2	Li	Be								B	C	N	O	F		Ne		
3	Na	Mg								Al	Si	P	S	Cl		Ar		
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	A															
		L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
		A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

موقعیت عناصر نادر خاکی در جدول مندلیف که با رنگ نارنجی مشخص شده‌اند

عناصر کمیاب به دو گروه سربیم و ایتریوم تقسیم می‌شوند:

۱ گروه سربیم شامل: لانتانیم، سربیم، پراسودیوم، نئودیمیم، پرومتیم، ساماریم، اروپوم و گادولینیم.

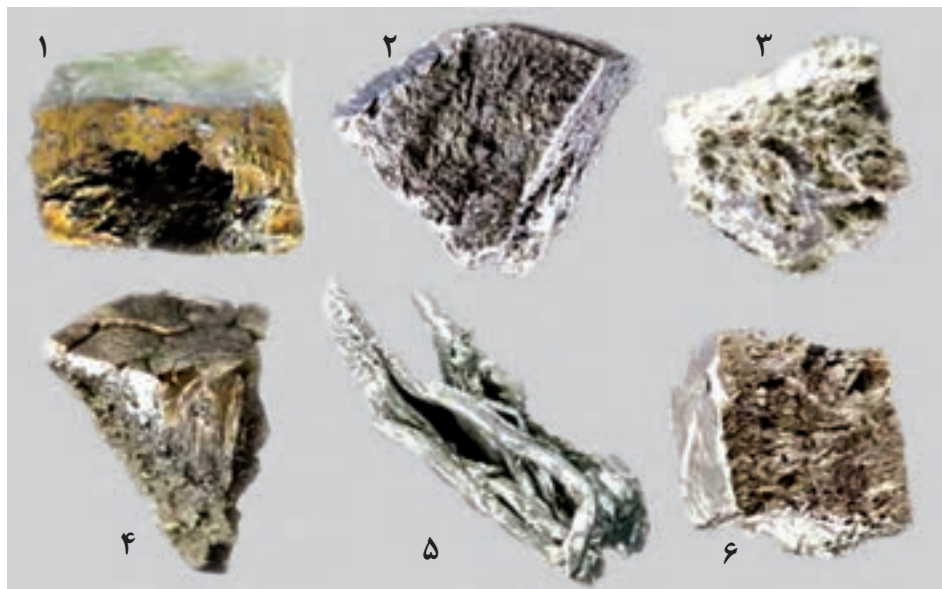
۲ گروه ایتریوم شامل: تریوم، دیسپرسیوم، هولمیوم، اربیوم، تولیوم، ایتریوم و لوتسیوم.

مونازیت به فرمول شیمیایی  $(Ca,La,Th,Y)PO_4$  و باستانسیت به فرمول ترکیبی  $(Ce,La)CO_3F$  دوکانی مهم عناصر کمیاب شمرده می‌شوند. مونازیت حاوی عناصر کمیاب گروه سربیم و حدود ۷۲ درصد توریم است که بیشتر به صورت پلاسما ارزش اقتصادی دارد و باستانسیت، حاوی نزدیک به ۷۵ درصد اکسیدهای کمیاب گروه سربیم است و همراه با کربناتیت‌ها، پگماتیت‌ها و زون‌های اسکارنی یافت می‌گردد. عناصر کمیاب از نظر ژئوشیمیایی در سنگ‌های آکالین به‌ویژه کربناتیت‌ها پیدا می‌شوند. پلاسماهای حاوی عناصر کمیاب (مونازیت، زینوتیم) حائز اهمیت هستند. عناصر کمیاب همراه با آپاتیت در ذخایر آهن - آپاتیت نیز وجود دارند. در کانی‌های آپاتیت و فلورید عناصر کمیاب جانشین کلسیم می‌شوند.



عناصر	نام	عناصر	نام	عناصر	نام	عناصر	نام
Tm	تولیم	Tb	تربیوم	Nd	نئودیمیوم	Y	ایتربیم
Yb	ایتربیوم	Dy	دیسپرسیوم	Sm	ساماریوم	La	لانتانیوم
Lu	لوتسیوم	Ho	هولمیوم	Eu	اروبیوم	Ce	سریوم
Pm	پراسئودیمیوم	Er	اریوم	Gd	گادولینیوم	Pr	پراسودیمیوم

### کاربردهای عناصر نادر خاکی



کاربرد	نام عنصر	ردیف
نمایشگرهای صفحه تخت، فیبرهای نوری	سریوم	۱
پالایش نفت، باتری‌های هیبریدی و فلزی ماشین‌های الکتریکی	لانتانیوم	۲
ماشین‌های الکتریکی / هیبرید	نئودیمیوم	۳
تلفن‌های همراه هوشمند، نمایشگرهای صفحه تخت	ایتربیم	۴
تصویر برداری‌های مغناطیسی مانند MRI، تلفن‌های همراه هوشمند	دیسپرسیوم	۵
ماشین‌های الکتریکی / هیبریدی، تلفن‌های همراه هوشمند، نمایشگرهای صفحه تخت	تربیوم	۶

## ارزشیابی پودمان ۲- کاربرد مواد معدنی در صنعت

نمره	استاندارد (شاخص ها، داوری، نمره دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (شایستگی ها)	عنوان پودمان
۳	کاربرد مواد معدنی در صنایع مختلف و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی کانی ها	بالاتر از حد انتظار	جداول خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کاربرد مواد معدنی در صنایع مختلف	کاربرد مواد معدنی فلزی و غیر فلزی با توجه به خواص فیزیکی آنها	کاربرد مواد معدنی در صنایع
۲	کاربرد مواد معدنی در صنایع مختلف	در حد انتظار		کاربرد مواد معدنی غیر فلزی با توجه به خواص شیمیایی آنها	
۱	ویژگی های مواد معدنی	پایین تر از انتظار			
				نمره مستمر از ۵	
				نمره شایستگی پودمان از ۳	
				نمره پودمان از ۲۰	