بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحیمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلیٰ مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

دانش فنی تخصصی

رشتهٔ معدن

گروه مواد و فراوری

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

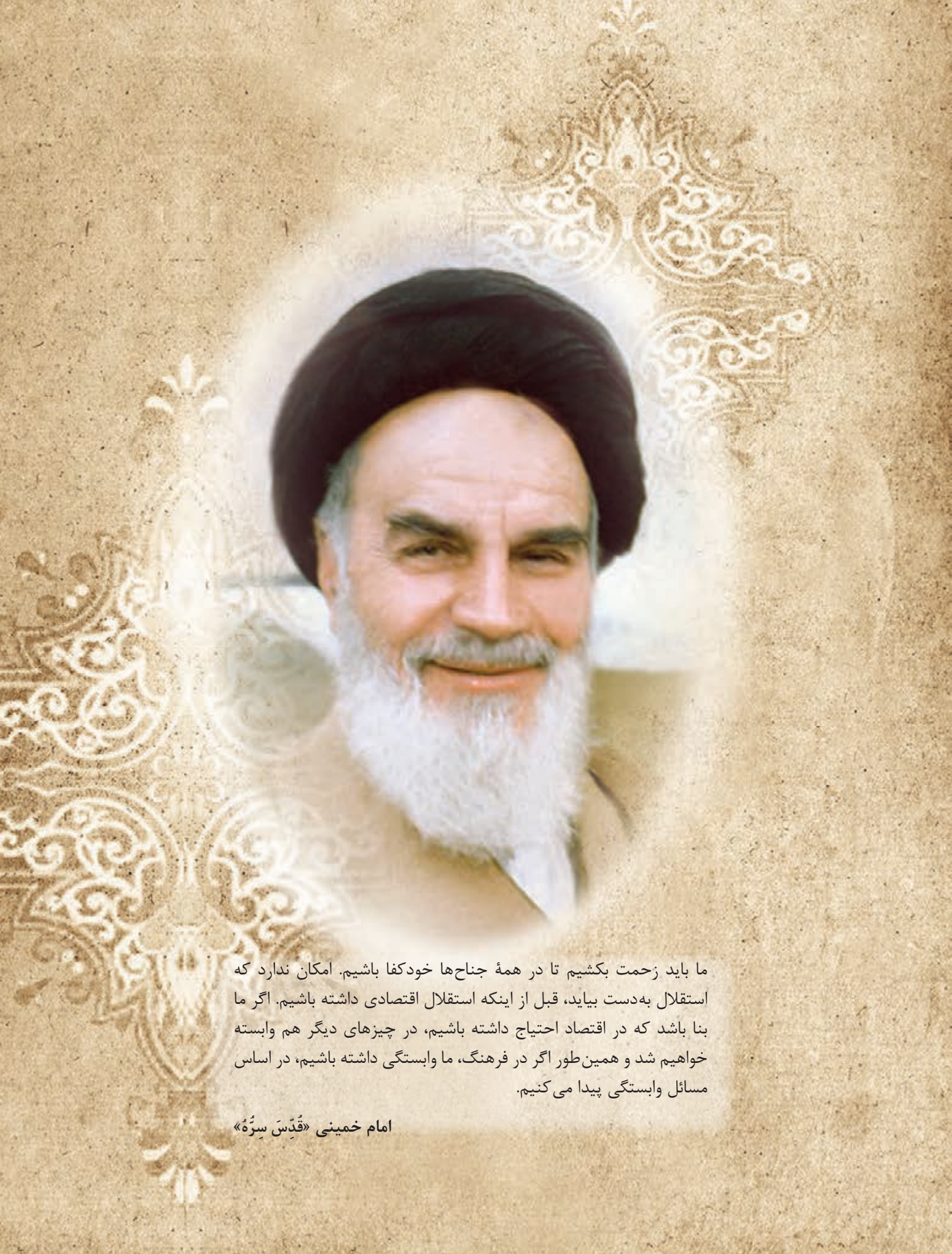
پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: دانش فنی تخصصی (رشتهٔ معدن) ـ ۲۱۲۵۴۴
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی وتألیف: هانی محمدیانی، عباس شرفی، مهدی حمیدی وحسن مخلصیان (اعضای شورای برنامه‌ریزی و تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) ـ سمیه قنبری (صفحه‌آرا) ـ الهام محبوب (رسام)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت‌چاپ‌ونشرکتاب‌های‌درسی ایران: تهران‌ـ‌کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن :۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ نهم ۱۴۰۵

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

شابک ۷- ۳۰۴۶ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 3046–7**



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

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

فهرست

پودمان اول: تحلیل کانی‌ها و سنگ‌های معدنی ۱

پودمان دوم : کاربرد مواد معدنی در صنایع ۲۹

پودمان سوم:تحلیل روش‌های استخراج معادن ۵۵

پودمان چهارم: تحلیل روش‌های پر عیارسازی مواد معدنی ۷۳

پودمان پنجم: کسب اطلاعات فنی ۹۱

فهرست منابع ۱۳۶

سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش‌وپرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی‌ایران و تغییرات سریع عصر فناوری و نیازهای متغیر جامعه بشری و دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته معدن بازطراحی و براساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. این کتاب و درس از خوشه دروس شایستگی‌های فنی می‌باشد که در سبد درسی هنرجویان برای سال دوازدهم تدوین و تألیف شده است. و مانند سایر دروس شایستگی و کارگاهی دارای ۵ پودمان می‌باشد. کتاب دانش فنی تخصصی مباحث نظری و تفکیک‌شده دروس کارگاهی و سایر شایستگی‌های رشته را تشکیل نمی‌دهد بلکه پیش‌نیازی برای شایستگی‌های لازم در سطوح بالاتر صلاحیت حرفه‌ای ـ تحصیلی می‌باشد. هدف کلی کتاب دانش‌فنی تخصصی آماده‌سازی هنرجویان برای ورود به مقاطع تحصیلی بالاتر و تأمین نیازهای آنان در راستای محتوای دانش‌نظری است. یکی از پودمان‌های این کتاب با عنوان «کسب اطلاعات فنی» با هدف یادگیری مادام‌العمر و توسعه شایستگی‌های هنرجویان بعد از دنیای آموزش و ورود به بازار کار، سازماندهی محتوایی شده است. این امر با آموزش چگونگی استخراج اطلاعات فنی موردنیاز از متون فنی غیر فارسی و جداول، راهنمای ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، دستگاه‌های اداری، خانگی و تجاری و درک مطلب آنها در راستای توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای محقق خواهد شد. تدریس کتاب در کلاس درس به‌صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعال صورت می‌گیرد. به مانند سایر دروس هنرآموزان گرامی برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش ارزشیابی پایانی و مستمر تشکیل می‌شود. این کتاب مانند سایر کتاب‌ها جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است. شما می‌توانید برای آشنایی

بیشتر با اجزای بسته، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی، شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ برخی از فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و سایر مراحل کلیدی براساس استاندارد عملکرد از ملزومات کسب شایستگی‌های فنی و غیرفنی می‌باشند.

کتاب دانش فنی تخصصی شامل پودمان‌هایی به شرح زیر است:

پودمان اول: تحلیل کانی‌های معدنی

پودمان دوم: کاربرد مواد معدنی در صنعت

پودمان سوم: تحلیل روش‌های استخراج معادن

پودمان چهارم: تحلیل روش‌های پرعیارسازی مواد معدنی

پودمان پنجم: کسب اطلاعات فنی

امید است با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نظرسنجی کتاب درسی

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی‌ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌های درسی تغییر رویکرد آموزشی، آموزش و ارزشیابی مبتنی‌بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار در محیط واقعی براساس استاندارد عملکرد تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی ـ حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی درنظر گرفته شده است:

۱ـ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند انجام عملیات معدنی

۲ـ شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند مسئولیت‌پذیری، نوآوری و مصرف بهینه انرژی

۳ـ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها و انواع شبیه‌سازها

۴ـ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

براین‌اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی‌وحرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی‌وحرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف برای هر یک از کتاب‌های درسی در هر رشته است.

درس دانش فنی تخصصی، از خوشه دروس شایستگی‌های فنی می‌باشد که ویژه رشته معدن برای پایهٔ دوازدهم تألیف شده است. کسب شایستگی‌های فنی و غیرفنی این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و توسعه آن براساس جدول توسعه حرفه‌ای بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

این کتاب نیز شامل پنج پودمان است. هنرجویان عزیز پس از طی فرایند یاددهی ـ یادگیری هر پودمان می‌توانند شایستگی‌های مربوط به آن را کسب کنند. در پودمان «کسب اطلاعات فنی» هدف توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای شما بعد از اتمام دوره تحصیلی در مقطع کنونی است تا بتوانید با درک مطالب از منابع غیرفارسی در راستای یادگیری در تمام طول عمر گام بردارید.

و در دنیای متغیر و متحول کار و فناوری اطلاعات خود را به‌روزرسانی کنید. هنرآموز محترم شما مانند سایر دروس این خوشه برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید. نمره قبولی حداقل ۱۲ می‌باشد. درصورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فهرست جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. در کارنامه شما این درس شامل ۵ پودمان درج شده که هر پودمان از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی تشکیل می‌شود و چنانچه در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، لازم است همان پودمان‌ها مورد ارزشیابی قرار گیرید. همچنین این درس دارای ضریب ۴ بوده و در معدل کل شما تأثیر می‌گذارد.

همچنین در کتاب همراه هنرجو واژگان پرکاربرد تخصصی در رشته تحصیلی ـ حرفه‌ای شما آورده شده است. کتاب همراه هنرجوی خود را هنگام آزمون و ارزشیابی حتماً همراه داشته باشید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی مانند مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به‌کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در ارتباط با رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت شایستهٔ جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

تحلیل کانی‌ها و سنگ های معدنی

واحد یادگیری ۱

تحلیل انواع کانی‌ها در اکتشاف مواد معدنی

مقدمه

در این فصل سعی بر آن شده که شناختی از چگونگی تشکیل سنگ و کانی‌های تشکیل دهنده آن داشته باشیم و در ادامه خصوصیات هر یک از سنگ‌ها را مورد بررسی قرار دهیم تا بتوانیم شناختی اولیه از انواع سنگ‌ها به‌دست بیاوریم. تشخیص نوع کانی و با استفاده از آن شناخت نوع سنگ جزء علوم پایه در اکتشاف، استخراج و فراوری مواد معدنی است و کاربرد گسترده‌ای در فعالیت‌های مربوط به زمین‌شناسی و معدن دارد که به کمک آن می‌توان مواد معدنی با ارزش را از باطله‌ها تشخیص داد. به‌عنوان مثال در اکتشاف با تشخیص محیط‌های مناسب کانی‌سازی و تشخیص کانی‌های با ارزش می‌توان مکان‌های مناسب جهت انجام عملیات اکتشافی را تعیین نمود. در استخراج مواد معدنی و در یک جبهه کار معدن تشخیص قسمت‌های پرعیار، کم‌عیار و یا باطله با استفاده از علم کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی انجام می‌شود و در نهایت در عملیات فراوری، با تشخیص کانی‌ها از باطله عملیات سنگجوری و همچنین کنترل محصول می‌تواند انجام شود.

کانی: عبارت است از عنصری با ترکیبات شیمیایی طبیعی، جامد، همگن و متبلور با ساختار نسبتاً معین که در زمین یافت می‌شود. خواص فیزیکی کانی‌ها در حدود مشخص ممکن است تغییر نمایند.

بلور: کانی‌ها به‌صورت اجسام هندسی با ساختمان اتمی منظم متبلور می‌گردند که به آن بلور می‌گویند.

کانی‌شناسی

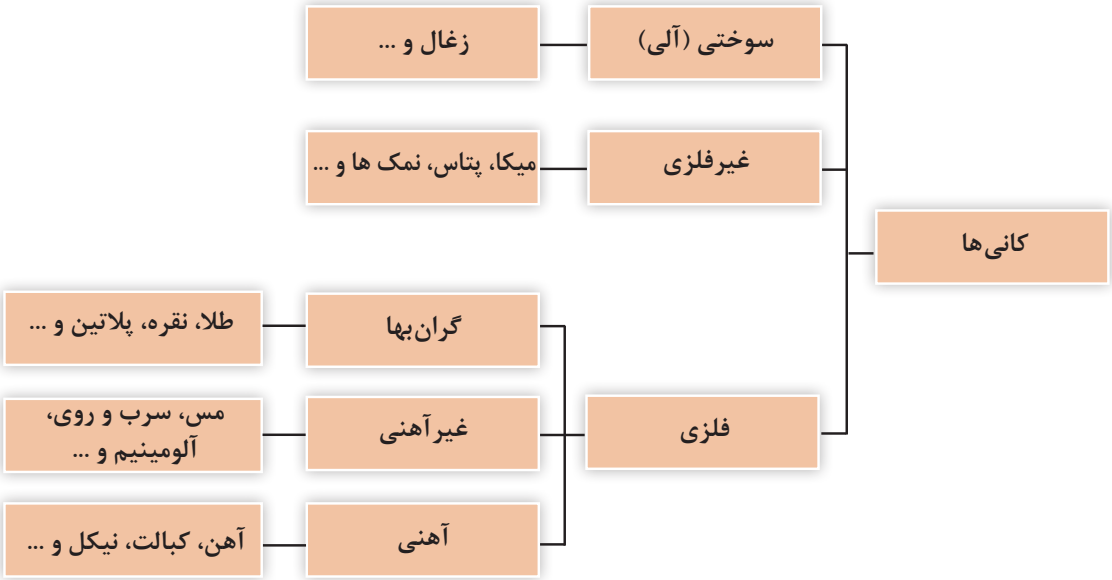
علم مربوط به شناخت آن دسته از ترکیبات معدنی که بدون دخالت انسان و به‌طور طبیعی وجود دارند و عمدتاً جامد می‌باشند مانند کانی‌های کوارتز، فلدسپات، میکا، طلا، نقره و غیره را کانی‌شناسی گویند. کانی‌ها پایه و اساس تشکیل و به‌وجود آمدن گیاهان، جانوران و همچنین پایه‌ای برای پیشرفت تمدن و تکنولوژی می‌باشند. کانی‌شناسی در واقع شناخت مواد معدنی خام به‌منظور سنجش ساختار و ترکیب شیمیایی مواد معدنی، به منظور استفاده در صنایع مختلف مانند ذوب فلزات و تأمین مواد اولیه کارخانه‌ها را دربر می‌گیرد.

طبقه‌بندی کانی‌ها

با توجه به اینکه تعداد کانی‌ها بسیار فراوان است و به لحاظ خواص فیزیکی و شیمیایی از پیچیدگی فراوانی برخوردارند، روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی آنها ارائه شده است. در اینجا به بررسی دو روش طبقه بندی کانی‌ها با ذکر مثال می‌پردازیم.

طبقه‌بندی کانی‌ها براساس نوع کاربرد

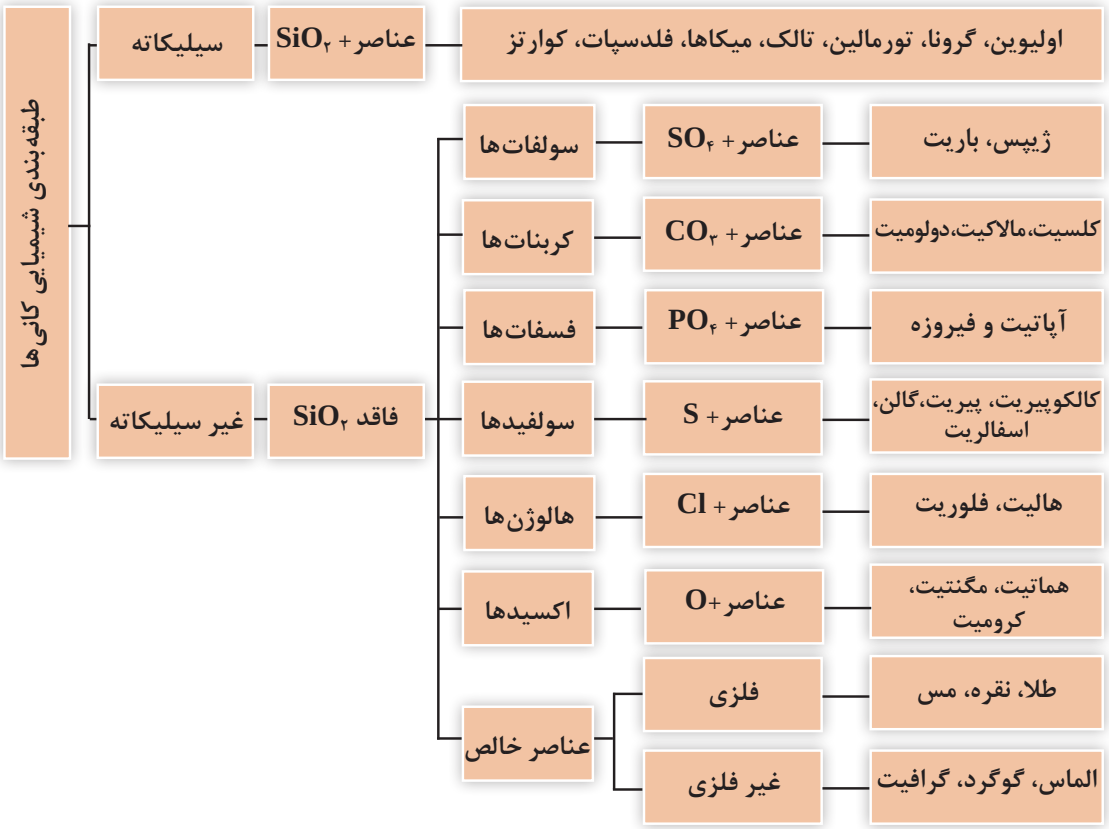
کانی‌ها را براساس نوع استفاده می‌توان به سه دسته کلی طبقه‌بندی کرد که شامل: کانی‌های فلزی، غیرفلزی و سوختی می‌باشند. نمودار زیر تقسیم‌بندی کانی‌ها را بر این اساس نشان می‌دهد.



نمودار تقسیم‌بندی کانی‌ها

طبقه‌بندی کانی‌ها براساس خواص شیمیایی

براساس خصوصیات شیمیایی، کانی‌ها به دو دسته کلی سیلیکاته و غیرسیلیکاته تقسیم می‌شوند. کانی‌های سیلیکاته کانی‌هایی هستند که در ترکیب شیمیایی آنها سیلیس (Si) وجود دارد. کانی‌های غیرسیلیکاته فاقد عنصر سیلیس هستند، دسته‌بندی این کانی‌ها به شرح نمودار زیر است.



کانی‌های سیلیکاته: نتیجه مطالعه ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین و آتشفشان‌های فعال نشان می‌دهد که ماگما ترکیب سیلیسی است همراه با اکسیدهای فلزی، بخار آب و مواد فرار که از اعماق زمین به قسمت‌های بالایی پوسته راه پیدا می‌کند و با از دست دادن گرمای خود کانی‌های آذرین متبلور می‌شود و سنگ‌های آذرین درونی پدید می‌آید. قسمتی از ماگما که به سطح زمین راه پیدا می‌کند گدازه نامیده می‌شود و سنگ آذرین بیرونی را تشکیل می‌دهد.

در مجموع می‌توان گفت که بیش از ۹۰٪ پوسته زمین از سیلیکات‌ها تشکیل شده است که عناصر سازنده آن شامل ۸ عنصر زیر می‌باشند.

نام عنصر	علامت اختصاری	عیار
اکسیژن	O	٪ ۶۲/۵
سیلیسیم	Si	٪۲۱/۲
آلومینیوم	Al	٪ ۶/۵
آهن، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلسیم	Fe, Mg, Na, K, Ca	٪ ۳ تا ۲

بنابراین ترکیب اصلی سنگ‌های تشکیل‌دهنده زمین را کانی‌های سیلیکاته تشکیل می‌دهند و لازم است جهت تشخیص نام این سنگ‌ها نوع کانی‌های سیلیکاته و میزان هر یک را تعیین نمود. بنابراین در این پودمان به بررسی مهم‌ترین کانی‌های سیلیکاته می‌پردازیم:

کانی اولیوین

۱ **اولیوین:** دارای ساختمان سیلیکاتی، رنگ سبز زیتونی و خاکه آن بی‌رنگ است. جلای کانی شیشه‌ای و شکست صدفی دارد. به‌علت مقاومت حرارتی بالا در ماسه‌های ریخته‌گری کاربرد دارد. همچنین از کانی اولیوین در صنایع جواهرسازی و تهیه نگین انگشترهای قیمتی نیز استفاده می‌شود.

۲ **پیروکسن:** رنگ این کانی سبز خاکستری تا سیاه، رنگ خاکه آن بی‌رنگ و جلای آن شیشه‌ای و مهم‌ترین نوع آن اوژیت است.

کانی پیروکسن

۳ **آمفیبول:** به صورت بلورهای منشوری طویل باریک و سوزنی شکل که به‌صورت مستقل و یا مجتمع در رنگ‌های مختلف دیده می‌شود. رنگ آن سبز تیره تا سیاه و رنگ خاکه آن بی‌رنگ، و جلای شیشه‌ای و مهم‌ترین نوع آن هورنبلند است.

کانی آمفیبول

۴ **میکاها:** دارای ساختمان ورقه‌ای شکل هستند و به دو نوع میکای سیاه (بیوتیت) و میکای سفید (مسکویت) تقسیم می‌شوند.

- **میکای سیاه (بیوتیت):** به رنگ سیاه یا قهوه‌ای و دارای رنگ خاکه بی‌رنگ می‌باشد. جلای آن شیشه‌ای است.

کانی میکای سیاه

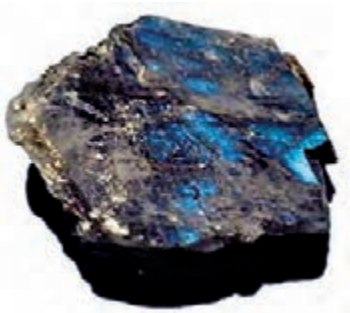
- **میکای سفید (مسکویت):** بی‌رنگ و شفاف بوده رنگ خاکه آن بی‌رنگ است و جلای آن شیشه‌ای می‌باشد. از میکای سفید در صنایع الکتریکی و الکترونیکی استفاده می‌شود با توجه به مقاومت آن در برابر حرارت و شفاف بودن و از ورقه‌های آن در ساختن تلق چراغ‌های علاءالدین قدیم و پنجره‌های کوره‌های ذوب استفاده می‌شود.

کانی میکای سفید

۵ **تورمالین:** دارای رنگ‌های متنوعی بوده که رنگ سیاه آن بیشتر متداول است. رنگ خاکه آن بی‌رنگ، جلای شیشه‌ای و شکستگی نامنظم دارد. سطح مقطع بلورهای آن به شکل مثلث است و در جواهرسازی و صنایع الکترونیک کاربرد دارد.

کانی تورمالین

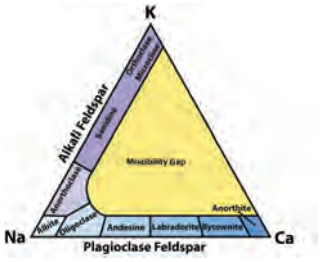
۶ **فلدسپات‌ها:** فلدسپات‌ها از فراوان‌ترین کانی‌های پوسته زمین هستند و در صنایع سرامیک، چینی و کاشی‌سازی کاربرد دارند و به دو دسته ارتوکلاز و پلاژیوکلاز تقسیم می‌شوند.



کانی پلاژیوکلاز فلدسپات ـ Cu

● **پلاژیوکلازها (Na-Ca Feldspar):**
فلدسپات‌های سدیک و کلسیک را پلاژیوکلاز گویند. به رنگ سفید تا خاکستری کم رنگ است. اثر خاکه آن بی‌رنگ، جلای آن شیشه‌ای و از انواع آن می‌توان به آنورتیت، آندزین، اُلیگوکلاز و آلبیت می‌باشد.

کانی پلاژیوکلاز فلدسپات ـ Na



● **اورتوکلاز (k-Feldspar):**
فلدسپات‌های پتاسیک را اورتوکلاز گویند. به رنگ کرم روشن تا صورتی است. رنگ خاکه بی‌رنگ و جلای شیشه‌ای دارد و از انواع مهم آن سانیدین است.

کانی اورتوکلاز فلدسپات

۷ **فلدسپاتوئیدها:** این دسته از کانی‌ها شباهت زیادی با فلدسپات‌ها دارند و مهم‌ترین کانی‌های آنها عبارت‌اند از :

● **لوسیت:** دارای جلای شیشه‌ای و چرب و رنگ سفید با ته رنگ مایل به خاکستری یا مایل به زرد است. این کانی به‌صورت دانه‌ای درون سنگ‌های آذرین بسیار کمیاب است. از این کانی به‌عنوان کود شیمیایی و همچنین به‌عنوان کانی آلومینیم‌دار در تولید آلومینیم استفاده می‌شود.

کانی لوسیت

کانی‌های نفلین

● **نفلین:** این کانی سنگ‌ساز در سنگ‌های آذرین قلیایی سرشار از سدیم وجود دارد. جلا بر روی سطوح بلور جلای شیشه‌ای تا چرب دارد. از نظر رنگ بی‌رنگ تا سفید مایل به خاکستری و حتی تا قهوه‌ای و سرخ‌گون نیز دارد. شبیه به اورتوکلاز هستند ولی دارای رخ بهترند. نفلین بیشتر در سنگ‌های آذرین فقیر از سیلیس و در پگماتیت‌ها با زیرکن، تیتانیوم و ایلمینیت همراه است. از نفلین در صنایع آلومینیم، شیشه و سرامیک و همچنین تهیه کودهای شیمیایی استفاده می‌شود.

کانی کوارتز

۸ **کوارتز:** از نظر فرمول شیمیایی یک اکسید است ولی اختصاصات فیزیکی، شیمیایی و ساختمان داخلی آن به گونه‌ای است که جزو سیلیکات‌ها به‌حساب می‌آید. بی‌رنگ است و دارای جلای شیشه‌ای و فاقد رخ بوده و شکستگی از نوع صدفی دارد. بر روی شیشه خط می‌اندازد و سختی آن ۷ است. در مقابل هوا بسیار مقاوم است. از کوارتز در صنعت شیشه‌سازی، کاغذسازی، سمباده و ابزارهای نوری و الکتریکی استفاده می‌شود. از انواع مهم کوارتزها، کوارتز دودی، صورتی، آمیتیست، اوپال، عقیق و کالسدوئن می‌باشد.

پژوهش

در خصوص انواع کانی‌های کوارتز و کاربردهای آنها تحقیق کنید و نتایج را با همکلاسی‌های خود بررسی نمایید.

کانی زئولیت

۹ **زئولیت:** آلومینوسیلیکات‌های سدیم و کلسیم آبدار می‌باشند که درون حفره‌های گدازه‌های آتشفشانی تشکیل می‌شود. در اثر حرارت آب موجود در آنها خارج می‌شود و پس از سرد شدن مجدداً آب را جذب می‌کنند. بلورهای آنها به شکل رشته‌ای و یا الیافی می‌باشد. زئولیت‌ها در کشاورزی به‌عنوان عامل نگهدارنده آب، تصفیه آب و در صنایع نظامی کاربرد دارند.

پژوهش

آنچه در خصوص انواع کانی‌های سیلیکاته بیان شده به اختصار و با هدف استفاده جهت شناسایی انواع سنگ‌ها می‌باشد در خصوص دسته‌بندی کامل کانی‌های سیلیکاته تحقیق کنید و جدولی در این خصوص ارائه نمایید.

واحد یادگیری ۲

تحلیل انواع سنگ‌ها جهت تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی

سنگ‌شناسی

سنگ:

به موادی گفته می‌شود که به‌طور طبیعی از اجتماع یک یا چند نوع کانی تشکیل شده باشند. در زمین سه گروه سنگ با سه روش تشکیل و منشأ جداگانه وجود دارد.

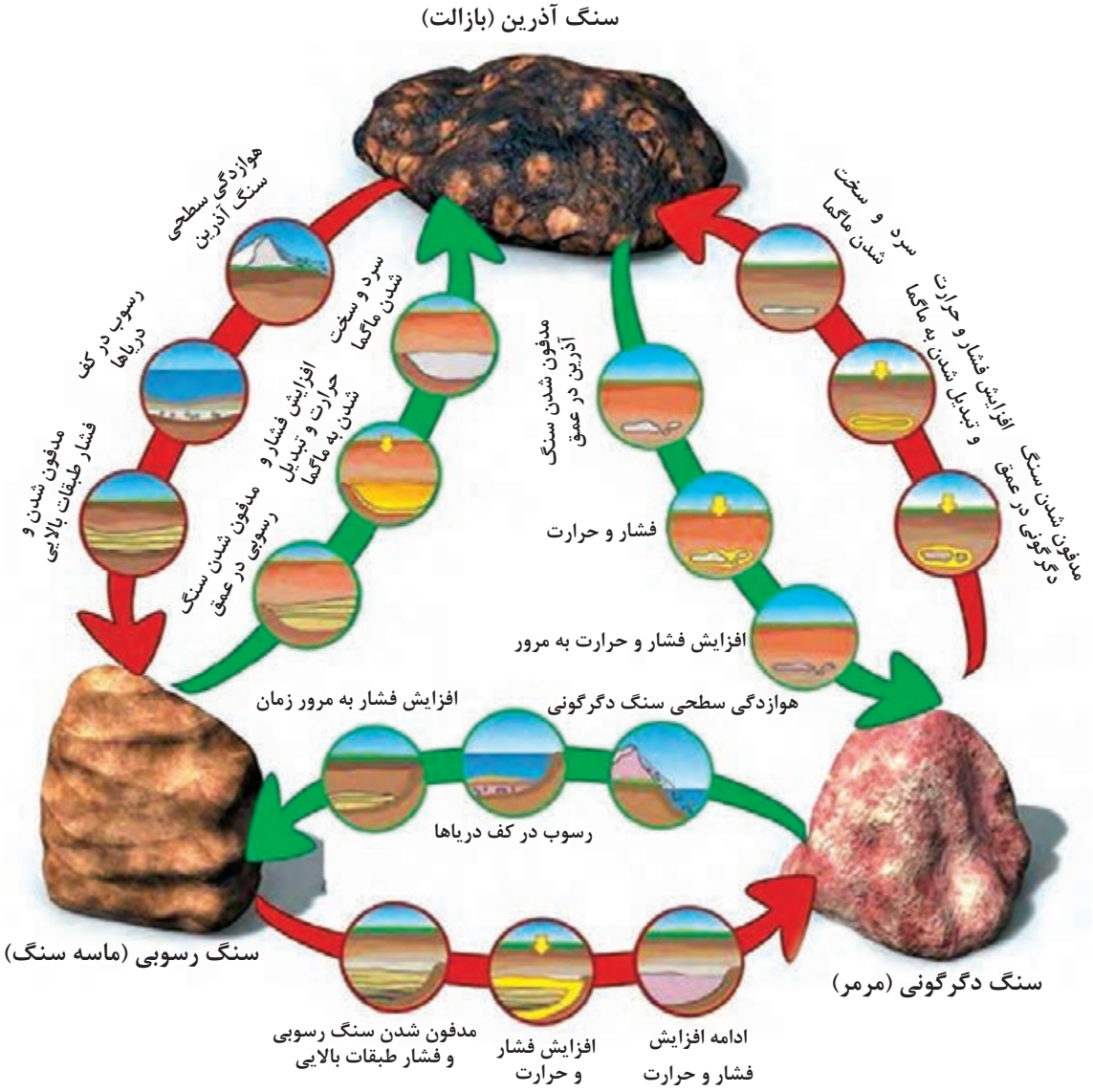
سنگ‌های آذرین: محصول انجماد مواد مذاب درونی‌اند که در داخل یا سطح زمین سرد و تبدیل به سنگ شده‌اند.

سنگ‌های دگرگون شده: در صورتی تشکیل می‌شوند که ترکیب شیمیایی یا ساختار یک سنگ در حالت جامد تحت تأثیر گرما، فشار و واکنش‌های شیمیایی خاص عوض شود.

سنگ‌های رسوبی: ممکن است از فرسایش و هوازدگی سنگ‌های آذرین و دگرگونی و رسوب آنها در جای مناسب به‌وجود آیند یا از بقایای موجودات زنده قدیمی تشکیل شوند. بعضی از سنگ‌های رسوبی هم حاصل تبخیر شدید آب‌های اشباع از املاح خاص و بر جای ماندن آن املاح هستند.

سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی تحت فرایندهای مختلف می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند این چرخه تبدیل سنگ‌ها و فرایندهای مؤثر بر روی آنها در شکل صفحه بعد نشان داده شده است. در این شکل دو سیکل تبدیل سنگ‌ها به یکدیگر با مسیرهای سبز و قرمز رنگ نشان داده شده است. به‌عنوان مثال مرحله اول از مسیر قرمز نشان می‌دهد که با حرکت در جهت خلاف عقربه‌های ساعت چگونه سنگ‌های آذرین به سنگ رسوبی تبدیل می‌شوند. فرایندهای مؤثر عبارت‌اند از:

- طی فرایندهای هوازدگی در سطح زمین ذرات از سنگ‌های آذرین جدا می‌شوند.
- ذرات جدا شده با جریان باد و یا آب رودخانه‌ها حرکت کرده و در کف دریاها و اقیانوس‌ها مدفون می‌شوند.
- پس از گذشت زمان طولانی مواد در زیر طبقات بالایی مدفون و در اثر فشار وزن طبقات بالایی رسوبات سفت و سخت شده و به سنگ رسوبی تبدیل می‌شوند.



چرخه تبدیل سنگ

بارش فکری: در شکل بالا ۲ نمونه چرخه متفاوت تبدیل انواع سنگ‌ها به یکدیگر نشان داده شده است. هر چرخه را بررسی کنید و برای هر یک شرحی بنویسید.

طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین

سنگ‌های آذرین به‌طور کلی به دو گروه آذرین بیرونی (آتشفشانی[۱]) و آذرین درونی (نفوذی[۲]) تقسیم می‌شوند.

فیلم

نحوه تشکیل سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی از ماگما

نحوه تشخیص سنگ‌های آذرین براساس اندازه بلورها، رنگ و میزان کانی‌های سیلیکاته موجود در ساختمان، آنها می‌باشد. برخی از مهم‌ترین عوامل تشخیص سنگ در ادامه بیان شده است.

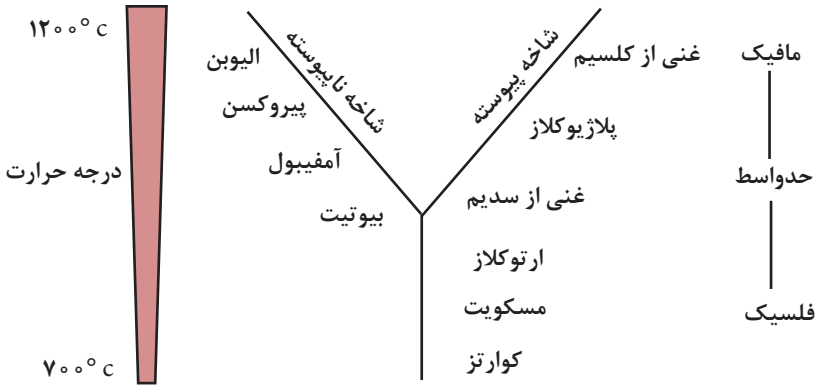
اندازه دانه‌ها: در صورتی که سنگ‌ها کاملاً دارای دانه‌های متبلور باشند و قابل تشخیص با چشم، جزء سنگ‌های آذرین درونی قرار می‌گیرند. اما در صورتی که قسمتی و یا تمامی سنگ فاقد دانه‌های بلوری قابل تشخیص با چشم باشند جزء سنگ‌های آذرین بیرونی قرار می‌گیرند.

پژوهش

چرا سنگ‌های آذرین درونی دارای دانه‌های بلوری درشت هستند اما سنگ‌های آذرین بیرونی فاقد دانه‌بندی بلورین می‌باشند. منابع را بررسی و نتایج را در کلاس ارائه نمایید.

رنگ سنگ: هرچه رنگ سنگ تیره‌تر باشد، جزء سنگ‌های مافیک و الترا مافیک قرار می‌گیرد که به آن معناست که سنگ دارای کانی‌های تیره‌تر و وزن مخصوص بیشتر بوده و در مراحل اولیه از ماگما جدا شده است و هرچه سنگ روشن‌تر باشد به آن کانی‌های فلسیک گویند و بدین معناست که کانی‌های با رنگ روشن آن مثل کوارتز و فلدسپات آن بیشتر است و در مراحل انتهایی از ماگما تشکیل شده است. این مراحل جداشدن کانی‌ها از ماگما را سری تفریق ماگمایی یا سری بوون[۳] گویند که درشکل زیر نمایش داده شده است.

سری واکنشی باون

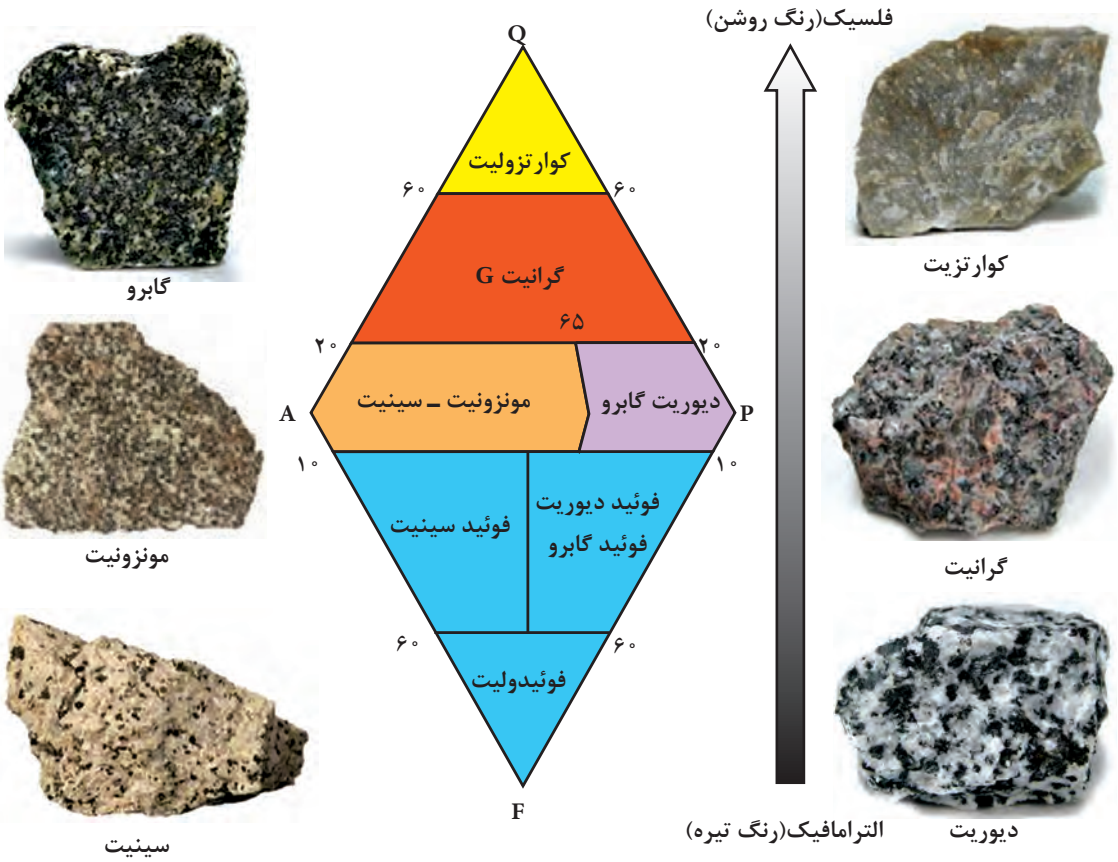


سری تفریق ماگمایی بوون

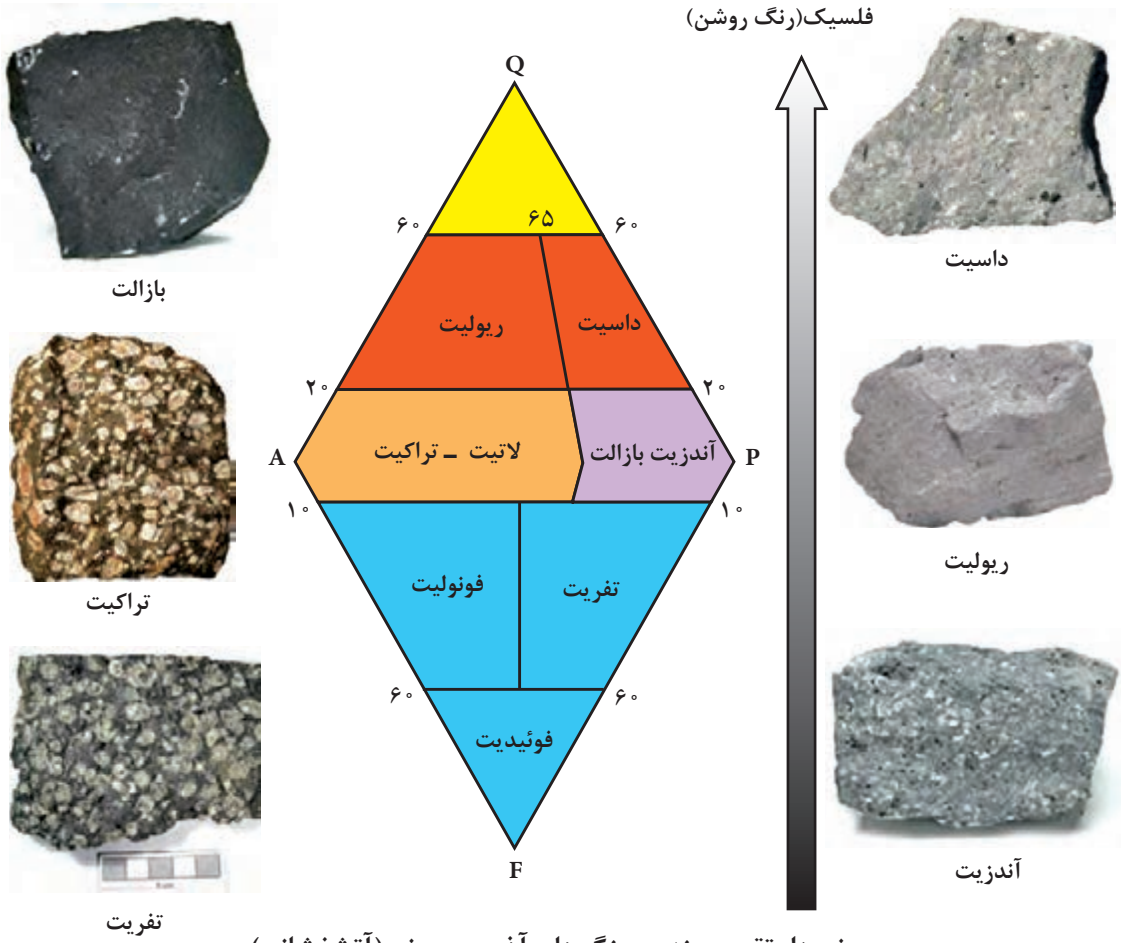
۱ـ Volcanic Rocks
۲ـ Plotonic Rocks
۳ـ Bowen Reaction Series

براساس سری تفریق ماگمایی بوون ماگما در حین حرکت از داخل زمین (۱۲۰۰درجه سانتی‌گراد) به طرف سطح زمین (۷۰۰ درجه سانتی‌گراد) مرتباً حرارت از دست داده و برخی از عناصر محلول در ماگما که میل به محلول بودن کمتری دارند نامحلول می‌شوند، یعنی با توجه به فشار و حرارت موجود از حالت یون به ذره درمی‌آیند و از ماگما جدا شده و تبدیل به کانی‌هایی می‌شوند که سری بوون مراحل تفریق و تشکیل این کانی‌ها را نشان می‌دهد. در تفریق ماگمایی آن کانی‌هایی که عناصر آنها میل به محلول بودن کمتر، وزن مخصوص و نقطه ذوب بالاتری دارند اول جدا می‌شوند. لذا مشاهده می‌شود که سری کانی‌های پیوسته (غنی از کلسیم مثل پلاژیوکلاز، و غنی از سدیم و ...) و سری ناپیوسته مانند اولیوین، پیروکسن، آمفیبول و ... ابتدا از ماگما جدا شده و به تدریج با کاهش درجه حرارت ماگما سایر کانی‌ها مانند کوارتز در مراحل پایانی تشکیل می‌شود.

میزان کانی‌های سیلیکاته: پس از تشخیص درونی و یا بیرونی بودن سنگ‌های آذرین می‌بایست با بررسی درصد حجمی ترکیب کانی‌های سیلیکاته سنگ، نام سنگ را تشخیص داد. تشخیص نام سنگ‌های آذرین برمبنای نمودارهای اشتریکایزن (Streckeisen) صورت می‌گیرد.



نمودار تقسیم‌بندی سنگ‌های آذرین درونی (نفوذی)



نمودار تقسیم‌بندی سنگ‌های آذرین بیرونی (آتشفشانی)

Q : کوارتز

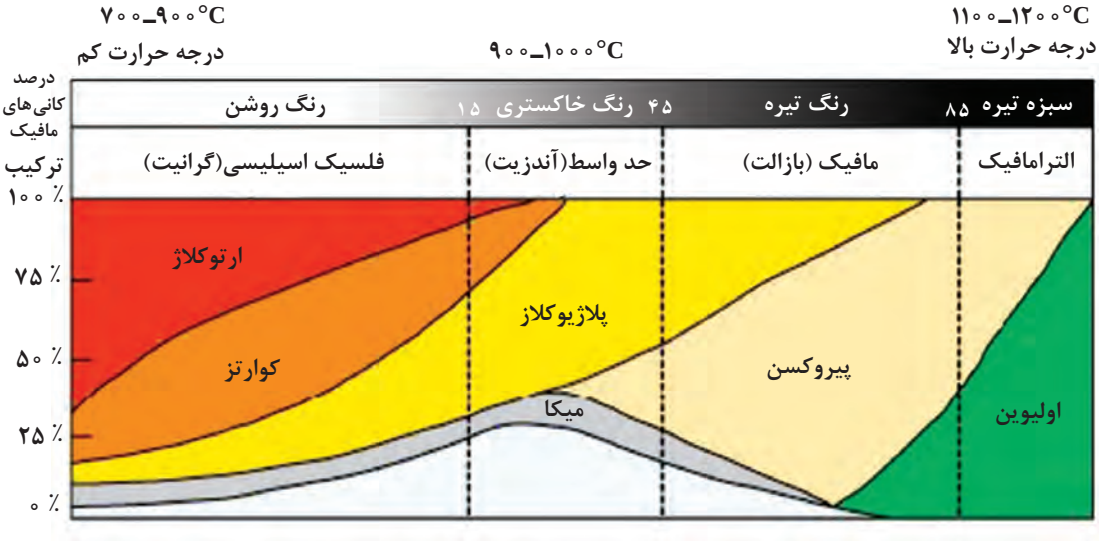
A :فلدسپات‌های قلیایی (آلکالن) مانند ارتوز، سانیدین، آلبت، آنورتیت

F :فلدسپاتوئیدها

P :پلاژیوکلازها

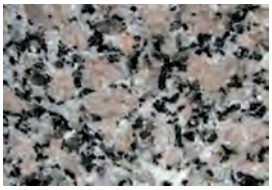
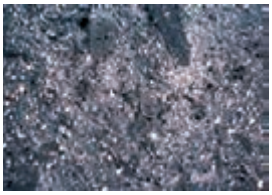
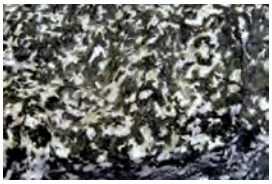
مثال۱: براساس نمودارهای اشتریکایزن، اگر سنگی دارای دانه‌های قابل مشاهده با چشم و تقریباً یک اندازه باشد یک سنگ آذرین نفوذی است و در صورتی که دارای ۴۵٪ کانی‌های سیلیسی (Q)، ۱۵٪ کانی‌های پلاژیوکلاز (P) و ۳۵٪ ارتوز (A) باشد، نام سنگ، گرانیت است (که با علامت G بر روی نمودار نشان داده شده).

توجه: مقدار هر یک از کانی‌های موجود در رئوس نمودار ۱۰۰٪ در نظر گرفته می‌شود و هرچه از آن رئوس دور می‌شویم مقدار آن کانی کاهش می‌یابد. بنابراین در رأس بالایی مقدار کانی سیلیس حداکثر (۱۰۰٪) است و هرچه به سمت مرکز لوزی حرکت می‌کنیم مقدار آن کاهش می‌یابد که همان‌طور که در شکل نشان داده شده است با دور شدن از رأس مقدار آن به ۶۰، ۲۰ و صفر (در امتداد A، P) می‌رسد.



بافت سنگ	نام سنگ			
دانه درشت	گرانیت	دیوریت	گابرو	پریدوتیت
دانه ریز	ریولیت	آندزیت	بازالت	ناشناخته (بسیار نادر)
آذرآواری	ریولیت توف	آندزیت توف	بازالت توف	
شیشه ای	ابسیدین			
جریان دار	پومیس		اسکوریا (سنگ پا)	

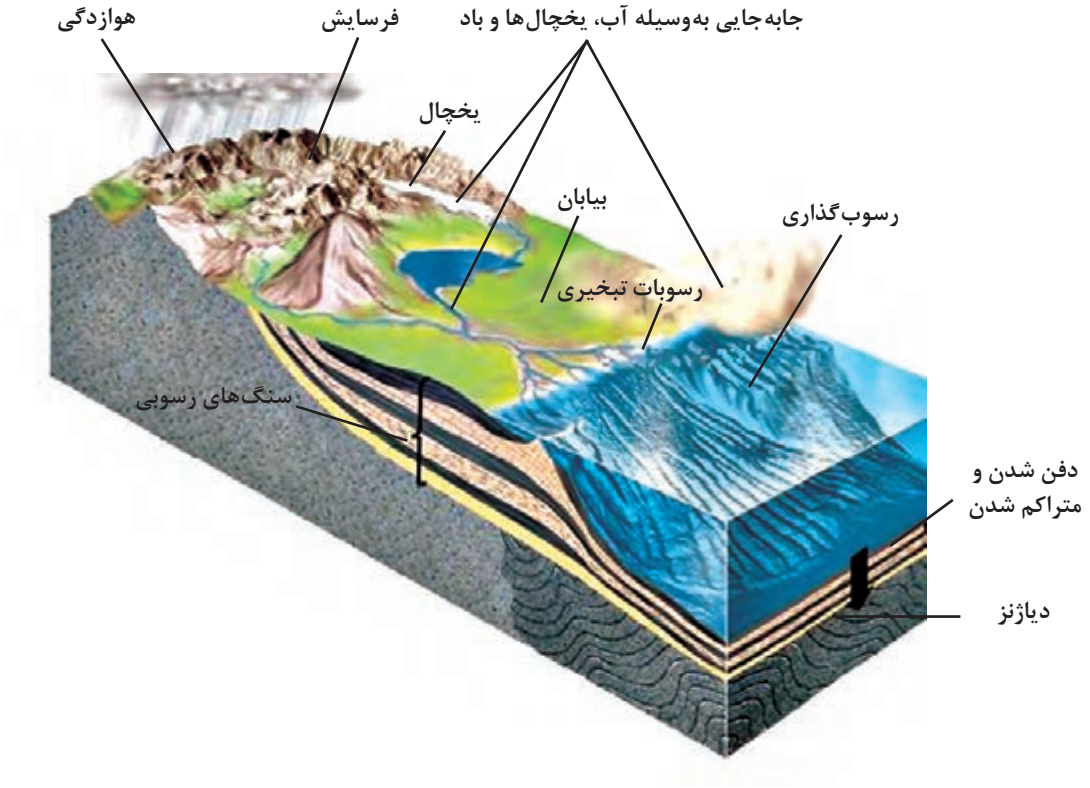
سؤال: با توجه به طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین و مشخصات ارائه شده در جدول زیر، خانه‌های خالی جدول را تکمیل کنید.

نام سنگ	بافت سنگ	٪Q	٪A	٪P	٪F	شکل
گرانیت	دانه درشت	۳۰			۰	
		متغیّر	متغیّر	متغیّر	متغیّر	
	شیشه‌ای و ریزدانه	۵	۱۰	۳۵	۵۰	
داسیت						
دیوریت						
بازالت						

طبقه‌بندی سنگ‌های رسوبی

رسوب: ذرات ته‌نشین شده و سخت نشده که از سنگ‌های آذرین، دگرگونی و یا رسوبی قبلی و در اثر فرایندهای فرسایش فیزیکی، شیمیایی و یا بیوشیمیایی تشکیل می‌شوند، رسوب گویند.

سنگ رسوبی: چنانچه رسوبات فوق تحت شرایط فشار و دما قرار گیرند و مجدداً به‌هم پیوسته و سخت شوند، سنگ‌های رسوبی را تشکیل می‌دهند. بنابراین سنگ‌های رسوبی در اثر حمل و نقل و ته‌نشین شدن ذرات سنگ‌های قبلی و یا رسوب مواد محلول حاصل از آنها در محیط‌های مختلف (هوا، رودخانه، دریاچه و یخچال) و یا از سیمان شدن و به‌هم چسبیدن سنگ‌های مختلف و برجا (بدون حمل و نقل) تشکیل شده باشند.



به‌طور کلی مراحل تشکیل سنگ‌های رسوبی از رسوبات به شرح ذیل است:

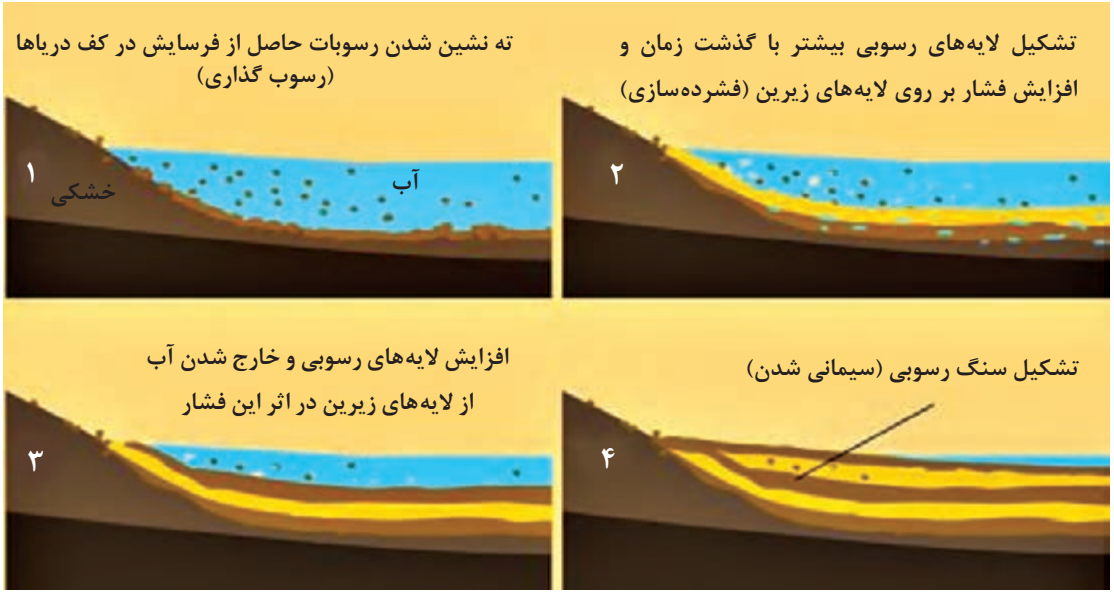
۱ تجزیه و تخریب مکانیکی و یا شیمیایی و بیوشیمیایی دانه‌ها، جداشدگی مواد حاصل از هوازدگی بر اثر فرایندهای فرسایش، حمل و نقل و ته نشست.

۲ گذر زمان، ایجاد لایه‌های بیشتر و قرار گرفتن رسوبات در لایه‌های زیرین و فشرده شدن.

۳ افزایش بیشتر لایه و طبقات‌رویی که باعث خارج شدن آب موجود بین لایه‌ها می‌شود.

۴ سیمانی شدن و سخت شدن رسوبات و تولید سنگ رسوبی طی فرایند دیاژنز

دیاژنز: عبارت است از مجموعه تغییراتی که ضمن آن رسوب نرم و منفصل تبدیل به سنگ سخت می‌شود.

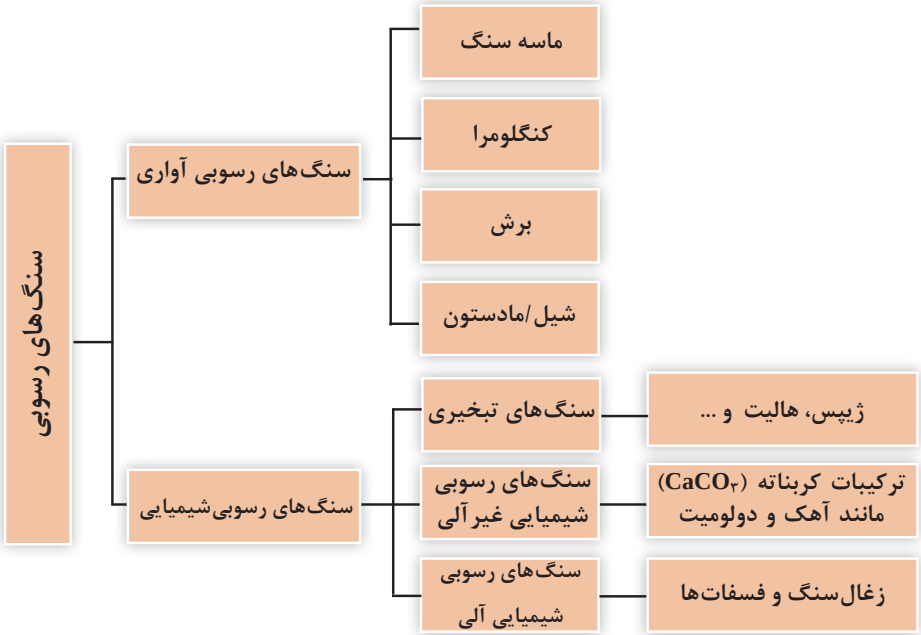


انواع سنگ‌های رسوبی:

سنگ‌های رسوبی به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از :

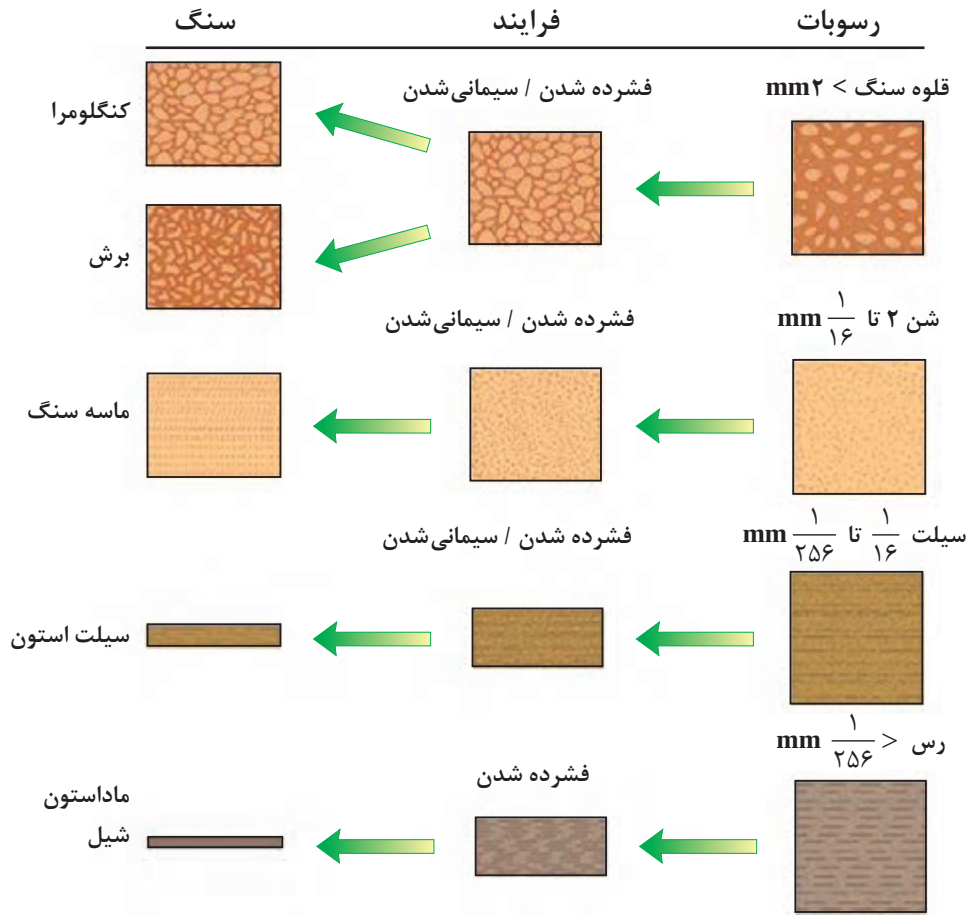
سنگ‌های رسوبی آواری: این سنگ‌های رسوبی از اجزای سنگ‌های قدیمی‌تر بر اثر هوازدگی و فرسایش حاصل شده‌اند. این رسوبات توسط باد، آب یا یخچال‌ها و نیروی ثقل از جایی به جای دیگر منتقل می‌شوند و درجات مختلفی از سایش را تحمل کرده و سرانجام به صورت رسوب ته‌نشین می‌شوند.

سنگ‌های رسوبی شیمیایی: ترکیبی از کانی‌های رسوب کرده در آب (معمولاً اقیانوس‌ها) که در نتیجه تبخیر مانند نمک‌ها (هالیت و ژیپس) و یا ترکیبات غیر آلی ($CaCO_3$) و یا آلی مانند زغال و فسفات‌ها ایجاد می‌شوند.

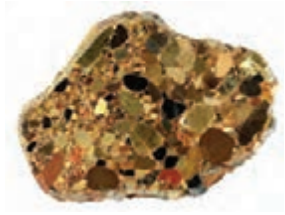


جدول شناسایی انواع سنگ‌های رسوبی آواری

	اندازه دانه	ترکیب	توضیحات	نام سنگ
رسوبی آواری	قلوه‌ای، تکه‌سنگ، تخته‌سنگ (فاقد شن، سیلت و رس)	اغلب کانی‌های کوارتز، فلدسپات و رسی؛ ممکن است حاوی قطعاتی از دیگر سنگ‌ها و کانی‌ها نیز باشند.	قطعات گرد شده	کنگلومرا
	شن (۲ تا ۰/۰۶ میلی‌متر)		قطعات گوشه دار	برش
			ذرات ریز تا درشت	ماسه سنگ
	سیلت (۰/۰۶ تا ۰/۰۰۴ میلی‌متر)		ذرات بسیار ریز	شیل
	رس (کوچک‌تر از ۰/۰۰۴ میلی‌متر)		متراکم؛ ممکن است به آسانی خرد شوند.	



جدول نحوه تشکیل سنگ‌های رسوبی آواری

	**کنگلومرا:** یک سنگ رسوبی آواری است که از قطعات بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر و گرد شده تشکیل شده است. فضای بین این قطعات را ذرات کوچک و یا سیمان شیمیایی پرکرده است.
برش: سنگ رسوبی آواری است که از قطعات با قطر بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر و زاویه‌دار تشکیل شده است. فضای بین قطعات از مواد ریزدانه پر شده است.	
	ماسه سنگ: سنگ رسوبی آواری است که از ذرات شن و ماسه (قطر ۲ تا $\frac{۱}{۱۶}$ میلی‌متر) و در اثر هوازدگی تشکیل شده است.
شیل: سنگ رسوبی آواری است که از ذرات رس (قطر کمتر از $\frac{۱}{۲۵۶}$ میلی‌متر) و در اثر هوازدگی تشکیل شده است.	

جدول شناسایی انواع سنگ‌های رسوبی شیمیایی

	بافت	اندازه دانه	ترکیب	توضیحات	نام سنگ
رسوبی شیمیایی	بلورین	ریز تا درشت بلور	هالیت	بلورهای تشکیل شده در اثر رسوب و یا تبخیر شیمیایی	سنگ نمک
			ژیپس		ژیپس
			دولومیت		دولومیت
	بلورین یا بایوکلاستیک	میکروسکپی تا درشت بلور	کلسیت	رسوب اسکلت موجودات زنده و سیمانی شدن قطعات پوسته آنها	سنگ آهک
	بایوکلاستیک		کربن	فشرده شدن باقیمانده گیاهان	زغال بیتومینه

سنگ نمک (هالیت):

یک سنگ رسوبی شیمیایی است که در اثر تبخیر آب اقیانوس‌ها و یا دریاچه‌ها تشکیل می‌شود. عمدتاً در صنایع شیمیایی و غذایی کاربرد دارد.

ژیپس:

یک سنگ رسوبی تبخیری است کـه عمدتاً همراه با نمک، انیدریت، و ... سولفور، کلسیت و دولومیت تشکیل می‌شود فرمول شیمیایی آن ($CaSO_4.H_2O$) است و در صورتی که آب خود را از دست بدهد به انیدریت تبدیل می‌شود. ژیپس در مصالح ساختمانی و پزشکی کاربرد دارد.

دولومیت:

سنگ رسوبی شیمیایی غیرآلی است که بسیار شبیه سنگ آهک است. وقتی سنگ آهک به وسیله آب‌های سطحی از منیزیم غنی شود دولومیت تشکیل می‌شود.

سنگ آهک:

این سنگ از کربنات کلسیم ($CaCO_3$) تشکیل شده و می‌تواند از مواد ارگانیک مانند انباشت پوسته جانوران، مرجان‌ها و جلبک‌ها و موادی از این قبیل تشکیل شود. همچنین سنگ آهک می‌تواند به‌صورت شیمیایی از رسوبات کربنات کلسیم که در دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها رسوب کرده‌اند تشکیل شود. سنگ آهک کاربردهای فراوانی دارد؛ از جمله برای تولید سیمان، برای خنثی کردن اسید، صنایع تولید قند و شکر، قطعات خرد شده در ساختمان سازی و به عنوان کمک ذوب در صنایع ذوب آهن.

زغال سنگ بیتومینه:

یک سنگ رسوبی شیمیایی آلی است که از باقیمانده گیاهان تشکیل شده است. زغال‌سنگ به‌عنوان سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

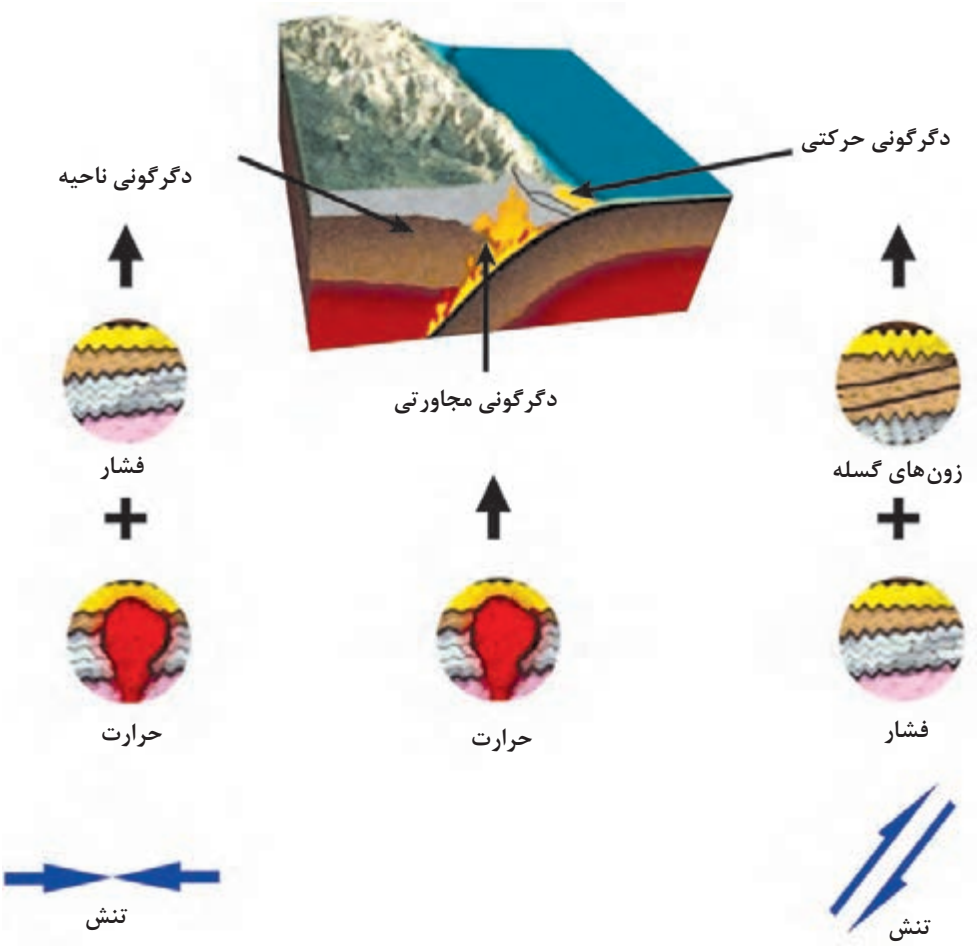
طبقه‌بندی سنگ‌های دگرگونی

سنگ‌های دگرگونی از سنگ‌های آذرین، رسوبی و یا دگرگونی قبلی به‌وجود می‌آیند به‌طوری که در آنها به‌علت تغییرات فشار، درجه حرارت و یا محیط شیمیایی تغییراتی به‌وجود آید اما از حالت جامد خارج نشده باشند. این تغییرات ممکن است به‌صورت تغییر بافت سنگ و یا تغییر کانی‌ها و یا تغییر هر دو باشد که با به‌وجود آمدن کانی‌های جدید، از بین رفتن کانی‌های قبلی و یا تبلور مجدد کانی‌ها صورت می‌گیرد.
انواع دگرگونی عبارت‌اند از:

دگرگونی حرکتی: این نوع دگرگونی در اثر ایجاد فشار طبقات بالایی و یا ایجاد تنش در اثر فشار گسل‌ها ایجاد می‌شود. در این نوع دگرگونی حرارت کمترین تأثیر را دارد.

دگرگونی مجاورتی: در نزدیکی توده نفوذی تشکیل می‌شود. گسترش آن به حجم، درجه حرارت و عمق نفوذ ماگما بستگی مستقیم دارد.

دگرگونی ناحیه‌ای: در مناطق کوه‌زایی تشکیل می‌شود و از نوع دینامیکی و حرارتی است. این نوع دگرگونی ناحیه وسیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد از ویژگی‌های آن، رخ اسلیتی و یا شیستوزیته است.



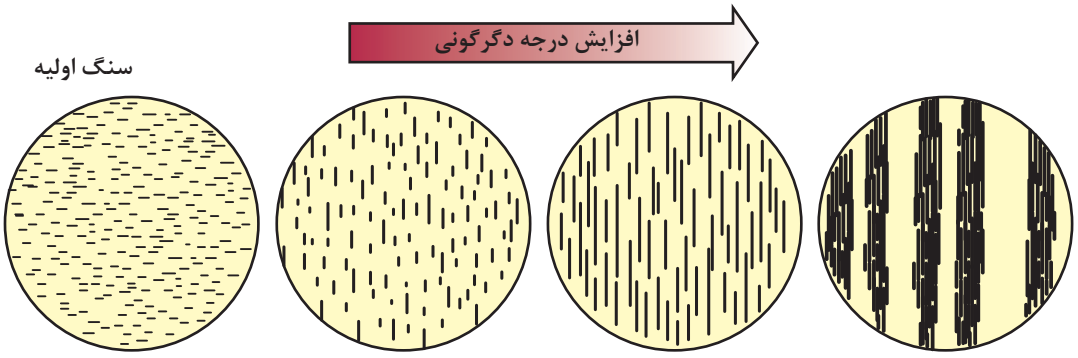
خصوصیات عمومی سنگ‌های دگرگونی:

جهت یافتگی: جهت یافتگی در سنگ‌های دگرگونی به‌معنای کشیده شدن و قرار گرفتن کانی‌های درون سنگ به یک سمت خاص می‌باشد. این جهت یافتگی در اثر وجود حرارت، فشار و تنش‌های موجود و در ارتباط با نوع دگرگونی مؤثر در آن محیط (حرکتی، ناحیه‌ای و یا مجاورتی) ایجاد می‌شود. در سنگ‌های دگرگونی اغلب جهت یافتگی به اشکال زیر مشاهده می‌شود:

به‌صورت چینه‌بندی که در اغلب موارد باقیمانده ساختمان قبلی سنگ‌های رسوبی تشکیل دهنده آن است.

به‌صورت شیستوزینه که موجب تورق آسان سنگ می‌شود.

نواری‌شدن که به‌صورت تناوب کانی‌های تیره مانند آهن و منیزیم با کانی‌های روشن مثل کوارتز و فلدسپات است.



وجود کانی‌های معرف سنگ دگرگونی: برخی از مهم‌ترین کانی‌های دگرگونی عبارت‌اند از:

آندالوزیت: معمولاً به رنگ‌های قرمز، قهوه‌ای، خاکستری، بنفش و ... دیده می‌شود. جلای شیشه‌ای دارد و سختی حدود ۷، سطح شکست ناصاف و از ترکیب سیلیس و آلومینیوم تشکیل شده است.

آندالوزیت

سیلیمانیت: جلای شیشه‌ای و به رنگ سفید، آبی و سبز روشن و شفاف تا نیمه شفاف است. با بلورهای باریک و رخ در یک جهت شناخته می‌شود و در اسیدها حل نمی‌شود و از کانی‌های مشخص سنگ‌های رسی است. در سنگ‌های دگرگونی مجاورتی مانند گنایس و همچنین در سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای مانند مسکویت شیست و ... نیز یافت می‌شود.

سیلیمانیت

کردیریت: این کانی حدود ۵۰٪ سیلیس همراه با آهن و منیزیم دارد. بی رنگ تا بنفش و آبی است. شکننده است و شباهت به کوارتز دارد و در هورنفلس‌های دگرگونی مجاورتی همراه با سیلیمانیت و پلاژیوکلاز یافت می‌شود.

کردیریت

گرونا (گارنت): دارای رنگ‌های بسیار متنوعی هستند و انواع شفاف و بی‌رنگ آن کمیاب است. دارای شکل هشت وجهی هستند. انواع قرمز متمایل به قهوه‌ای و سبز آن فراوان‌تر هستند. دارای سختی بیش از ۷ هستند و بر روی شیشه خط می‌اندازد.

گارنت

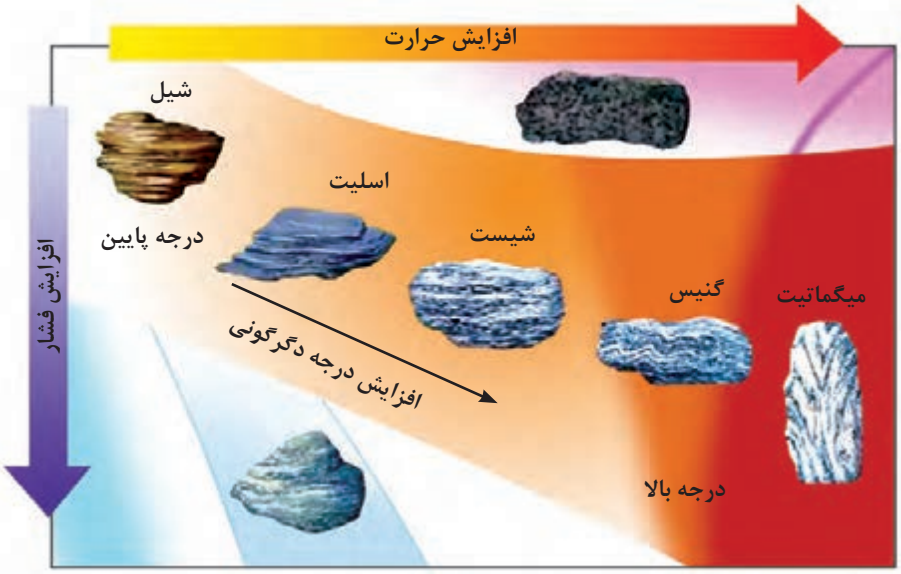
دیستن (کیانیت): معمولاً به رنگ آبی تیره دیده می‌شود. رنگ خاکه آن بی‌رنگ است و بنابراین سنگ‌ها را رنگی نمی‌کند. جلای آن شیشه‌ای و سختی آن در جهات مختلف متفاوت است. در سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای یافت می‌شود و اغلب با گارنت و کروندوم همراه است. کانی‌های دیستن، آندالوزیت و سیلیمانیت در مقابل اسیدها مقاوم‌اند و در صنعت دیرگدازها کاربرد دارند.

دیستن

کلریت: در حفرات سنگ‌ها دیده می‌شود و معمولاً رنگ سبز علفی تا سیاه مایل به سبز دارد. جلای روی رخ آن مرواریدی است. سختی کمی دارد و توسط آزمایش‌های شیمیایی از سایر کانی‌های گروه تشخیص داده می‌شود.

کلریت

طبقه‌بندی سنگ‌های دگرگونی:

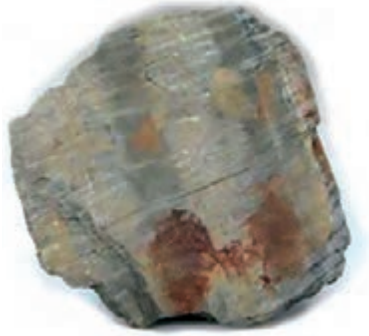


جدول شناسایی انواع سنگ‌های دگرگونی

بافت		اندازه دانه	ترکیب کانی‌ها	نوع دگرگونی	توضیحات	نام سنگ
جریان یافتگی	جهت یافتگی کانی‌ها	ریز		دگرگونی ناحیه ای (افزایش فشار و حرارت)	دگرگونی درجه پایین در شیل	اسلیت
		ریز تا متوسط	میکا، کوارتز، فلدسپات، آمفیبول، گارنت		جریان یافتگی سطحی و براق شدگی در بلورهای میکا	فیلیت
					کریستال‌های صفحه‌ای در رس‌ها و فلدسپات‌ها	شیست
	نواری شدن	متوسط تا درشت	پیروکسن		دگرگونی درجه بالا: جدا شدن انواع کانی‌ها به‌صورت نواری	گنیس
بدون جریان یافتگی		ریز	کربن	ناحیه‌ای	دگرگونی زغال بتومینه	آنتراسیت
		ریز	کانی‌های مختلف	مجاورتی (حرارتی)	تغییرات در سنگ‌های مختلف در اثر حرارت در نزدیکی ماگما	هورنفلس
		ریز تا درشت	کوارتز	ناحیه‌ای یا مجاورتی	دگرگونی در ماسه‌سنگ کوارتزی	کوارتزیت
			کلسیت و / یا دولومیت		دگرگونی در سنگ‌آهک و یا دولومیت	مرمر
		درشت	کانی‌های مختلف		قلوه سنگ‌های گرد جهت یافتگی و یا کشیدگی پیدا می‌کنند.	کنگلومرای دگرگون شده

سنگ‌های دگرگونی دارای جریان یافتگی:

اسلیت: سنگ دگرگونی دارای جریان یافتگی که از دگرگونی شیل تشکیل شده است.



فیلیت: یک سنگ دارای جریان یافتگی است که از ذرات ریز میکا تشکیل شده است. سطح آن معمولاً براق است و دارای دگرگونی حدواسط بین اسلیت و شیست می‌باشد.

شیست:سنگ دگرگونی دارای جریان یافتگی خوب و مشخص است و اغلب حاوی مقادیر زیادی میکا می‌باشد که باعث می‌شود سنگ به ورقه‌های نازک تقسیم شود. این سنگ با درجه دگرگونی متوسط بین سنگ‌های فیلیت و گنایس قرار دارد.

گنایس: سنگ دگرگونی جریان یافته است که به‌صورت باندهای تیره و روشن از دانه‌های کانی مافیک و فلسیک است. گنایس عموماً شامل کانی‌های کواتز و فلدسپات می‌باشد.

سنگ‌های دگرگونی بدون جریان یافتگی:

آنتراسیت: یک سنگ دگرگونی بدون جریان یافتگی است که از دگرگونی سنگ رسوبی زغال‌سنگ بیتومینه ایجاد می‌شود و به عنوان سنگ‌های فسیلی سوختنی کاربرد دارد.	
هورنفلس: سنگ دگرگونی دارای دانه‌بندی ریز و بدون جریان یافتگی است که در دگرگونی مجاورتی تشکیل می‌شود. تیره رنگ و متراکم و با وزن مخصوص زیاد می‌باشد و در نزدیکی توده ماگمای نفوذی تشکیل می‌شود.	
کوارتزیت: ماسه‌سنگ دگرگون شده است و فاقد جهت یافتگی است که ترکیب اولیه آن عمدتاً کوارتز است.	
مرمر: یک سنگ دگرگونی بدون جریان یافتگی است که از دگرگونی آهک و دولومیت تشکیل شده است. ترکیب اولیه آن کربنات کلسیم ($CaCO_3$) است.	

جدول کانی‌های تیپیک و معمولی سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی

سنگ‌های آذرین	ارتوز، میکروکلین، پلاژیوکلاز، کوارتز، نفلین، لوسیت، هورنبلند، بیوتیت، الیوین، مسکویت
سنگ‌های دگرگونی	آندولوزیت، سلیمانیت، کردیریت، گرونا، گرافیت، کیانیت، تالک
سنگ‌های رسوبی	کوارتز، کلسیت، کانی‌های رسی،هالیت، انیدریت، ژیپس، کربنات‌ها، چرت، سیلویت

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
تحلیل کانی‌ها و سنگ‌های معدنی	تحلیل کانی‌ها در اکتشاف مواد معدنی	جداول استاندارد کانی‌ها و سنگ‌ها	بالاتر از حد انتظار	تحلیل و طبقه‌بندی انواع کانی‌ها، طبقه‌بندی سنگ‌ها براساس کانی‌های موجود در آنها	۳
	تحلیل انواع سنگ‌ها جهت تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی		در حد انتظار	طبقه‌بندی سنگ‌ها براساس کانی‌های موجود در آنها	۲
			پایین‌تر از انتظار	عدم توجه به کانی‌ها در طبقه‌بندی سنگ‌ها	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان از ۳				
	نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۲

کاربرد مواد معدنی در صنایع

واحد یادگیری ۳

کاربرد مواد معدنی فلزی و غیرفلزی با توجه به خواص فیزیکی آنها

مقدمه

هدف از انجام عملیات معدن‌کاری و استخراج مواد معدنی، تأمین مواد اولیه مورد نیاز در صنایع مختلف است. هیچ صنعتی نیست که به‌طور 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، دیرگدازها، 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 ۷/۳ـ۷/۸ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) است که دمای ذوب آن به ۱۵۳۶ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد. میزان متوسط آهن پوسته زمین حدود ۵ درصد است. حداقل عیاری که به ذخایر آهن ارزش اقتصادی می‌بخشد حدود ۲۵ تا ۳۰ 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 به‌دست 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. به‌دلیل 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
کُرُم دار	ضدزنگ، مقاوم در حرارت بالا
منگنزدار	مقاوم، مقاومت سایشی بسیار خوب، سخت
وانادیم‌دار	مقاوم،هادی خوب، خاصیت ارتجاعی خوب
نیکل‌دار	ضد زنگ، سخت و مقاوم
مولیبدن‌دار	مقاوم،هادی، مقاوم در برابر شوک و ضربه
تنگستن‌دار	سختی بالا و مقاوم در حرارت بالا
کبالت‌دار	دارای خاصیت مغناطیس دائم، مقاوم در حرارت بالا
مس‌دار	ضد زنگ و قابل استفاده در قطعات ماشین
نیوبیوم‌دار	مقاوم در حرارت‌های بالا
سیلیس‌دار	مقاوم در برابر حرارت و سایش، ضد زنگ

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

۱ معدن سنگان در استان خراسان رضوی ۲ معادن گل‌گهر 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 درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد. حداقل عیار منگنز که می‌تواند به لحاظ اقتصادی مورد توجه قرار گیرد ۱۰٪ است. در طبیعت به صورت خالص تشکیل نمی‌شود و بیشتر به صورت اکسید، کربنات و سیلیکات وجود دارد. **کانسارهای منگنز از نوع رسوبی و گرمابی** هستند. کانی‌های مهم منگنز در جدول زیر گزارش شده است.

جدول کانی‌های مهم منگنزدار

نام کانی	فرمول	درصد Mn
پیرولوسیت	MnO_2	۶۳/۲
پسیلوملان	$Mn_5O_{10}(Ba,H_2O)_2$	۶۳/۲
منگانیت	$Mn_2O_3.H_2O$	۶۲/۴۶
رودوکروزیت	Mn_3O_4	۴۶/۸

کاربرد: منگنز در تهیهٔ 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 مرحلهٔ تولید فولاد وجود منگنز موجب سختی و مقاومت فولاد می‌گردد.

مصارف دیگر منگنز در تهیه انواع مواد شیمیایی، تهیهٔ کود شیمیایی، رنگ‌سازی و تهیهٔ پرمنگنات سدیم و پتاسیم (که به‌عنوان ضد عفونی به‌کار 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 ونارچ قم و رباط‌کریم 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 ونارچ قم

آلومینیوم: آلومینیوم فلزی به رنگ سفید نقره‌ای، وزن مخصوص ۲/۵۸ و دمای ذوب ۶۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد است. در طبیعت به صورت خالص یافت نمی‌شود. میزان فراوانی آلومینیوم در سنگ‌های پوستهٔ 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، به‌دست می‌آید. در جدول زیر عیار آلومینیوم در کانی‌ها و سنگ‌های مهم گزارش شده است.

جدول عیار آلومینیوم در کانی‌ها و سنگ‌های مهم

نام کانی یا سنگ	فرمول	درصد Al یا Al_2O_3
گیبسیت	$Al(OH)_3$	۳۴/۷
بوهمیت	AlOOH	۴۵
دیاسپور	AlOOH	۴۵

معدن بوکسیت جاجرم در استان خراسان شمالی

بوکسیت

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 درجهٔ 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

نام کانی	فرمول	درصد مس
مس خالص	Cu	۱۰۰
کالکوپیریت	$CuFeS_2$	۳۴/۷
بورنیت	Cu_5FeS_2	۵۵ـ۶۳
مالاکیت	$Cu_2(CO_3)(OH)_2$	۵۷/۵
آزوریت	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$	۶۹

کانی اکسید مس (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 ـ نیکل و مس ـ نیکل ـ 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 درجهٔ 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	$PbCO_3$	۷۷/۵۵
انگلزیت	$PbSO_4$	۶۸/۳۳

کاربرد: سرب و ترکیبات آن مصارف زیاد دارند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: تهیهٔ 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 به‌کار می‌رود و ترکیبات ارسنیک‌دار 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:

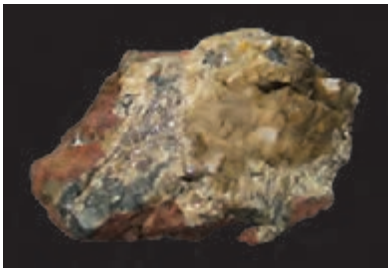
۱ انگوران در استان زنجان ۲ مهدی آباد استان یزد ۳ کوشک استان یزد.

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 درجهٔ 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	$ZnCO_3$	۵۲/۱

کاربرد: مصارف مهم روی در اتومبیل‌سازی، لوازم آشپزخانه، روکش فولاد (گالوانیزه کردن)، تهیهٔ 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، پلاسر، مس پورفیری و ماسیوسولفید (Cu ـ 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	۸۰ـ۸۹
الکتروم	Ag, Au	۷۰ـ۷۵
کالاوریت	$AuTe_۲$	۴۳/۷
سیلوانیت	$AuAgTe_۴$	۲۴/۲

کاربرد: اگرچه امروزه طلا به‌عنوان پشتوانهٔ پول رایج کشور محسوب نمی‌گردد، اما هنوز به عنوان یک ذخیرهٔ 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 چکش‌خوار و ضدزنگ است. دمای ذوب آن ۱۴۵۳ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد. کانی‌های نیکل در سنگ‌های مافیکی و اولترامافیکی یافت می‌شوند. این کانی‌ها عبارت‌اند از: نیکولیت (NiAs)، پندلاندیت $(Ni,Fe)_9 S_8$.

کاربرد: مصارف مهم نیکل عبارت‌اند از: تهیهٔ 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 درکنار معادن دیگر از جمله معادن مس، معادن سرب و روی به‌دست می‌آید.

مولیبدن

مولیبدن به‌صورت خالص در طبیعت یافت نمی‌شود. فلزی است به رنگ سفید مایل به خاکستری به وزن مخصوص ۱۰/۲ و دمای ذوب ۲۶۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد. کانی مهم آن مولیبدنیت (MoS_2) است.
کاربرد: مصارف مهم و عمدهٔ مولیبدن (۹۰درصد) در تهیهٔ 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 تهیهٔ گریس است.

مولیبدنیت

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

واحد یادگیری ۴

کاربرد مواد معدنی غیرفلزی با توجه به خواص شیمیایی آنها

مواد معدنی غیرفلزی

بُرات‌ها

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

کریستال براکس

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

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

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 کاربرد برات‌ها در صنایع شیشه‌سازی، لعاب و سرامیک باشد.

منابع بُرات 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 قره گل؛ معدن میانج؛ معدن قره آغاج، همگی در استان زنجان؛ براکس خاتون آباد، شهربابک؛ براکس ده شتران، سیرجان؛ براکس شکار، سبزوار

بنتونیت‌ها

سنگ بنتونیت

بنتونیت به خاک رسی اطلاق می‌شود که ضرورتاً از مونت موریلونیت تشکیل شده، نرم و پلاستیک بوده و حاوی سیلیکات‌های کلوئیدی 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:

نام صنعت	درصد
ماسه ریخته‌گری	۲۷/۵۷
گندله‌سازی/ کنسانتره آهن	۱۶
گل حفاری	۲۲/۴
ماده جاذب فضولات حیوانات خانگی	۱۷
غذای حیوانات	۳/۱۲
سرامیک	۰/۵۶
ضد آب	۷/۵
جاذب	۲/۷
فیلتر کردن، بو زدایی، رنگ‌زدایی	۲/۳
غیره	۰/۸۵

● **گل حفاری:** وقتی بنتونیت سدیمی در آب وارد می‌شود به صورت ذرات کلوئیدی (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 ژل شدگی 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 به‌کار 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 ۱۰درصد) 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 به‌کار 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 سرباره 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، چاه‌کم در شمال طبس، گریمنج 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، به‌صورت 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

کانی	ترکیب شیمیایی	درصد K
آرکانیت	K_2SO_2	۴۴/۸۸
کارنالیت	$KCl.MgCl_2.6H_2O$	۱۴/۰۷
کاینیت	$4KCl.4KgSO_2.11H_2O$	۱۵/۷۱
لانگ بنیت	$K_2SO.2MgSO_2$	۱۸/۸۴
لئونیت	$K_2SO_2.2MgSO_2.4H_2O$	۲۱/۳۳
سیلویت	KCl	۵۲/۴۴
پلی‌هالیت	$K_2SO_2.MgSO_2.2CaSO_2\ 2H_2O$	۱۲/۹۷

تولید و کاربرد پتاس: پتاس علاوه‌بر 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:
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 ـ همدان، ناحیه خاک‌مردان در جنوب‌شرقی خوی، ناحیه اوگلی و حوزی در جنوب شهرستان خوی.

پتاس در خور و بیابانک اصفهان

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.

دیرگدازها

مشخصات کلی دیرگدازها: دیرگداز 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 دیرگداز وفور و ارزانی نسبی آنها است.

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

جدول مواد دیرگداز

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

شرایط کلی مواد دیرگداز را می‌توان این طور 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 دیرگداز

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

۱ **دیرگدازهای آلومین‌دار:** دیرگدازهای آلومین‌دار بیش از ۶۵ درصد کل مواد دیرگداز 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 ۳۰ 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 $2SiO_2Al_2O_3$ 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 ۷۵درصد) و سیلیسی (با SiO_2 بیش از ۹۳ درصد) تقسیم می‌شوند.

۳ **دیرگدازهای دولومیتی، منیزیتی**

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 به‌دست آورد.
به طور کلی منیزیا به ۳ صورت در صنعت نسوز به‌کار می‌رود:

- **اکسید منیزیم فعال:** کانی منیزیت در اثر حرارت ($^{\circ}C$ ۱۰۰۰ ـ ۷۰۰) 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 به‌کار می‌رود.

- **منیزیای مرده:** حرارت دادن منیزیت تا دمای ۱۵۴۰ تا ۱۸۴۰ 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 منیزیتی، منیزیت ـ کرومیتی، منیزیت ـ آلومینی و منیزیت ـ 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 به‌ندرت 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 به‌عنوان ماده حامل خنثی به‌کار می‌رود. همچنین در روغن‌ها و کرم‌های آرایشی پوست و مو، ماده حامل در عطرها، عامل نرم‌کنندگی در پودرها، به‌عنوان 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، پرحجم‌ترین کانی‌های رنگی موجود در طبیعت هستند که پس از پودر شدن تا ابعاد مناسب، به‌عنوان رنگ‌دانه در صنایع مختلف به‌کار می‌روند. هرچند اکسیدهای آهن، علاوه‌بر 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. علاوه‌بر اکسیدهای آهن، منگنز، کروم، زیرکن و تیتانیوم نیز به‌عنوان رنگ‌دانه به‌کار می‌روند.

رنگ‌دانه‌های طبیعی آهن را برحسب 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 به‌عنوان رنگ‌دانه بستگی به خواص آنها دارد.

جدول انواع رنگ‌دانه‌ها

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

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 به‌عنوان 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 ونارچ 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 فلوئورآپاتیت $Ca_5(PO_2,Co_3,OH)_3(F,OH)$ و سنگ‌های آذرین بیشتر دربرگیرنده هیدروکسی آپاتیت $Ca_5(PO_4)_3(F,OH)$ هستند مانند مگنتیت ـ 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. ۹۰درصد 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 زریگان 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 برروی آن انجام نشده است.

معدن فسفات اسفوردی

کائولن

کائولن یک کانی صنعتی سفید، نرم و پلاستیک بوده که عمدتاً از کائولینیت $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ 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 کربن‌دار 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 سیلیس‌دار یا آلومینیوم‌دار 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 (ازکائولن) 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، کدری و گرانروی 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 پوشانندگی 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 زنوز در صنعت سرامیک است. مشخصات یک محصول کارخانه زنوز در زیر آورده شده است. دانه‌بندی این محصول ۵۴ درصد زیر ۲ میکرون است.

جدول مشخصات محصول کائولن زنوز

اکسید	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	Na_2O+K_2O	LOI
مقدار (درصد)	۲۰	۶۵	۲۵	۸۲	۸۵	۱۱

معدن کائولن زنوز

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 به‌وجود 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 به‌دلیل ریز بودن بلورهای آن به گرافیت بی‌شکل معروف است. گرافیت بلوری در رسوبات سیلیسی ـ 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 به‌عنوان یک ماده دیرگداز به همراه سایر مواد نسوز به‌کار می‌رود. از اختلاط منیزیت ذوب شده، با پولک‌های گرافیت که توسط رزین به هم وصل می‌شوند، نسوزهای کربن ـ منیزیا ساخته می‌شوند. ۱۵ تا ۲۰ درصد این دیرگدازها را گرافیت تشکیل می‌دهد. گرافیت هدایت حرارتی بالایی به این مواد می‌دهد. به‌عنوان 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 ـ آلومینا در روش ریخته‌گری پیوسته، در قالب‌های ریخته‌گری، پاتیل‌ها یا ملاقه‌های مذاب به‌کار 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 ورجه محدوده روستای حسین آباد (۵۰ کیلومتری خمین)، ملاطالب در۲۵ کیلومتری الیگودرز.

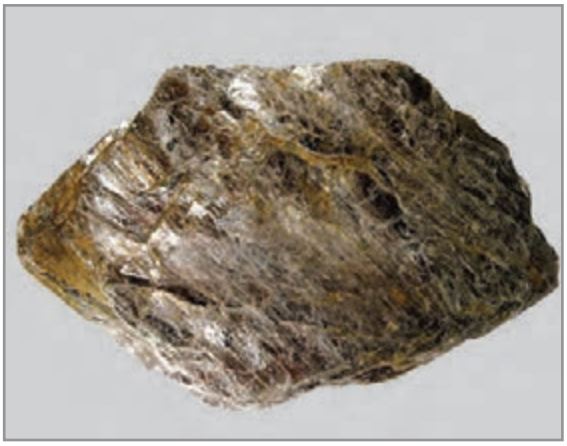
گرافیت شازند: در ۴۰ کیلومتری جنوب‌غربی شازند و ۵ کیلومتری شرق آبادی مال‌میر، گرافیت به صورت رگه‌ای با ضخامت حدود ۵ متر.

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، لیتیوم 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:

مسکویت: 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 ـ آهن‌دارکه 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 ترک‌خوردگی 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 فیزیک 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 مادهٔ بی‌نظیر تبدیل می‌نماید:

- خاصیت هدایت دی الکتریکی پایین (به‌خصوص اگر میکا فاقد کانی‌های ریز باشد).
- قدرت مقاومت دی الکتریکی 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 علی کوابر املش استخراج می‌شود. ماده معدنی به صورت بلورهای درشت ورقه‌ای (حداکثر ۱۵ سانتی‌متر) درون لایه‌های شیست یا به‌صورت بین لایه‌ای با آنها و گاه به‌صورت متقاطع با لایه‌های شیست قرار گرفته است. این میکا از نوع فلوگوپیت ترد و شکننده است.

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

سیاه بیوتیت و به صورت ورقه‌هایی با ابعاد تا ۷ سانتی‌متر است. علاوه‌بر بلورهای میکای سیاه، بلورهای شکل‌دار الیوین و اوژیت نیز در سنگ معدنی وجود دارند.
از دیگر معادن میکای ایران می‌توان به میکای یارم قیه خوی، میکا ـ فلدسپات ماسوله، منگاوی همدان، جندق اصفهان، رنجانبر کاشان و طرقبه 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.

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

عناصر کمیاب به دو گروه سریم و ایتریوم تقسیم می‌شوند:

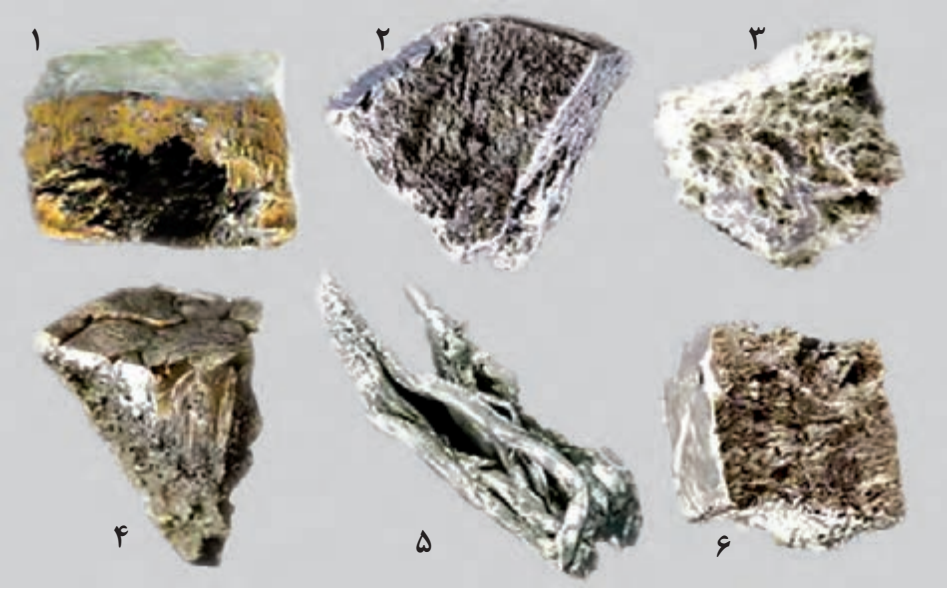
۱ گروه سریم شامل: لانتانیم، سریم، پراسودیمیم، نئودیمیم، پرومتیوم، ساماریم، اروپیوم و گادولینیم.

۲ گروه ایتریوم شامل:تربیوم، دیسپرسیوم، هولمیوم، اربیوم، تولیوم، ایتربیوم 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 سریم و حدود ۷/۲ درصد توریم است که بیشتر به صورت پلاسر ارزش اقتصادی دارد و باستانسیت، حاوی نزدیک به ۷۵ درصد اکسیدهای کمیاب گروه سریم است و همراه با کربناتیت‌ها، پگماتیت‌ها و زون‌های اسکارنی یافت می‌گردد.
عناصر کمیاب از نظر ژئوشیمیایی در سنگ‌های آلکالن به‌ویژه کربناتیت‌ها پیدا می‌شوند.
پلاسرهای حاوی عناصر کمیاب (مونازیت، زینوتیم) حائز اهمیت هستند. عناصر کمیاب همراه با آپاتیت در ذخایر آهن ـ آپاتیت نیز وجود دارند. در کانی‌های آپاتیت و فلورید عناصر کمیاب جانشین کلسیم می‌شوند.

نام	عنصر	نام	عنصر	نام	عنصر	نام	عنصر
ایتریم	Y	نئودیمیوم	Nd	تربیم	Tb	تولیوم	Tm
لانتانیوم	La	ساماریم	Sm	دیسپرسیوم	Dy	ایتربیوم	Yb
سریم	Ce	اروبیوم	Eu	هولمیوم	Ho	لوتسیوم	Lu
پراسودیمیوم	Pr	گادولینیم	Gd	اربیوم	Er	پراسئودمیوم	Pm

کاربردهای عناصر نادر خاکی



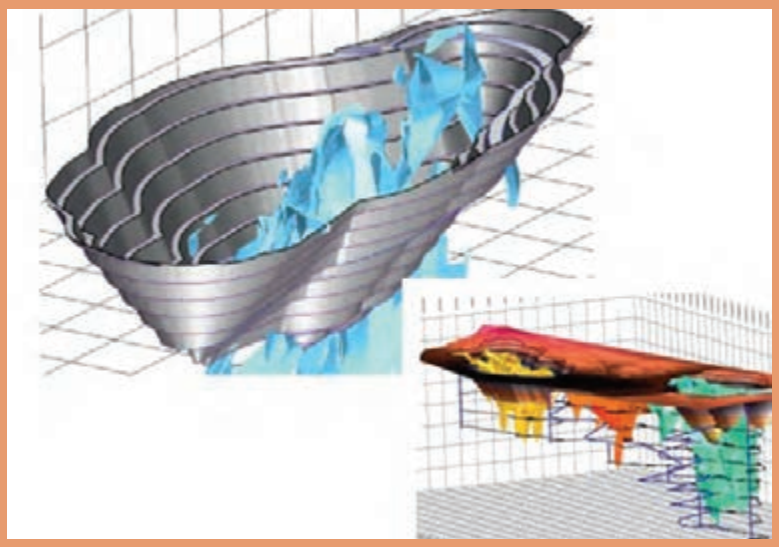
ردیف	نام عنصر	کاربرد
۱	سریم	نمایشگرهای صفحه تخت، فیبرهای نوری
۲	لانتانیوم	پالایش نفت، باطری‌های هیبریدی و فلزی ماشین‌های الکتریکی
۳	نئودیمیم	ماشین‌های الکتریکی/ هیبرید
۴	یتریم	تلفن‌های همراه هوشمند، نمایشگرهای صفحه تخت
۵	دیسپرسیم	تصویر برداری‌های مغناطیسی مانند MRI، تلفن‌های همراه هوشمند
۶	تربیوم	ماشین‌های الکتریکی/ هیبریدی، تلفن‌های همراه هوشمند، نمایشگرهای صفحه تخت

ارزشیابی پودمان ۲ــ کاربرد مواد معدنی در صنعت

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کاربرد مواد معدنی در صنایع	کاربرد مواد معدنی فلزی و غیرفلزی با توجه به خواص فیزیکی آنها	جداول خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کاربرد مواد معدنی در صنایع مختلف	بالاتر از حد انتظار	کاربرد مواد معدنی در صنایع مختلف و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کانی‌ها	۳
	کاربرد مواد معدنی غیرفلزی با توجه به خواص شیمیایی آنها		در حد انتظار	کاربرد مواد معدنی در صنایع مختلف	۲
			پایین‌تر از انتظار	ویژگی‌های مواد معدنی	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان از ۳				
	نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۳

تحلیل روش‌های استخراج معادن



واحد یادگیری ۵

تحلیل روش‌های استخراج معادن رو باز و سنگ‌های ساختمانی

معدن کاری به عنوان یکی از قدیمی‌ترین فعالیت‌های بشری تاریخی طولانی دارد. در ابتدا بشر مواد سنگی خام موجود در سطح زمین را بسته به نیاز خود استفاده می‌کرد ولی با شروع عصر حجر اقدام به استخراج مواد معدنی از زیرزمین نمود.

معدن گودالی است که به منظور استخراج خاک‌ها و کانی‌های مفید در زمین ایجاد می‌شود. چنین گودالی می‌تواند در سطح و یا زیرزمین ایجاد شود. اما این معدن به گونه‌ای که مردم عادی تصور می‌کنند تنها یک حفره در زمین نیست، اگر چنین بود عملیات به علت مسائل اقتصادی و ایمنی خیلی زود متوقف می‌شد. بنابراین برای اطمینان از تولید اقتصادی همراه با ایمنی، باید معدن را در طول عمر کار خود با طراحی و برنامه‌ریزی اصولی آماده‌سازی کرد. بدین معنا که با توجه به مشخصات هندسی کانسار، شرایط زمین‌شناسی منطقه، ملاحظات اقتصادی و زیست محیطی؛ روش استخراج مناسب انتخاب گردد.

عوامل مؤثر در انتخاب روش استخراج

- ملاحظات زیست محیطی
  - میزان تخریب محیط زیست
  - آلودگی‌های مربوط به هوا (تهویه، حرارت، رطوبت)
  - نیازمندی‌های نیروی انسانی
- ملاحظات اقتصادی
  - میزان ذخیره (تناژ و عیار)
  - میزان تولید سالانه
  - مدت زمان عمر معدن
  - مقایسه هزینه‌های روش‌های مختلف استخراج
- شرایط زمین‌شناسی منطقه
  - کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی
  - زمین‌شناسی ساختاری منطقه (درز و شکستگی و گسل‌ها و ...)
  - دگرسانی و هوازدگی سنگ‌های منطقه
  - شرایط آب‌های زیرزمینی
  - مقاومت و پایداری سنگ‌های منطقه
- مشخصات هندسی کانسار
  - اندازه: ابعاد به ویژه ارتفاع و ضخامت
  - شکل کانسار: لایه‌ای، عدسی، توده‌ای، نامنظم
  - جهت فضایی (انحراف یا شیب)

مشخصات هندسی کانسار

این عوامل از آنجایی که بیشترین تأثیر را در انتخاب روش معدن‌کاری (سطحی یا زیرزمینی)، ظرفیت تولید، روش انتقال مواد و جانمایی شبکه معدن در درون یک کانسار دارند از مهم‌ترین عوامل هستند. مشخصات هندسی کانسار عبارت‌اند از:

اندازه ماده معدنی (ابعاد، ارتفاع یا ضخامت): هرچه ابعاد کانسار توده‌ای و بزرگ‌تر باشد احتمال استخراج آن به روش روباز نیز بیشتر خواهد بود گرچه این عامل تابعی از عمق کانسار نیز خواهد بود. زیرا هرچه میزان باطله روی ماده معدنی بیشتر باشد، هزینه عملیات باطله‌برداری نیز افزایش خواهد یافت و باعث می‌گردد تا استخراج به روش روباز غیر اقتصادی شود.

شکل ماده معدنی (لایه‌ای، عدسی، توده‌ای، نامنظم): درصورتی‌که کانسار نزدیک به سطح باشد و با توجه به نسبت باطله‌برداری به ماده معدنی ($\frac{W}{O}$) امکان استخراج روباز وجود داشته باشد. به عنوان مثال:

کانسارهای لایه‌ای و منظم می‌توانند به روش نواری استخراج گردند.

درصورتی‌که توده‌ای و عدسی شکل باشند روش استخراج پلکانی مناسب است.

درصورتی‌که نسبت باطله‌برداری به ماده معدنی اجازه استخراج به روش‌های روباز را ندهد می‌بایست از روش‌های زیرزمینی استفاده گردد. به عنوان مثال:

لایه‌ای منظم: روش جبهه کار طولانی

توده‌ای: روش تخریب توده‌ای

لایه‌ای نامنظم: روش کندن و پر کردن

جهت فضایی ماده معدنی (انحراف یا شیب): درصورتی‌که ماده معدنی کم شیب و نزدیک به سطح باشد از روش‌های استخراج روباز استفاده می‌گردد. اما درصورتی‌که ماده معدنی پر شیب باشد می‌بایست از روش‌های روباز، زیرزمینی و روش‌های ترکیبی استفاده نمود.

شرایط زمین‌شناسی منطقه

مشخصات زمین‌شناسی کانسار و سنگ‌های در برگیرنده مجاور کانسار بر انتخاب روش استخراج تأثیر دارد. آب‌شناسی منطقه بر انتخاب نحوه آبکشی در معادن روباز و زیرزمینی تأثیر دارد. کانی‌شناسی نیز بر انتخاب روش فراوری مناسب تأثیر دارد. مهم‌ترین عوامل زمین‌شناسی مؤثر بر انتخاب روش استخراج عبارت‌اند از:

کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی: با توجه به نوع کانی‌ها و سنگ‌های موجود در منطقه می‌توان در خصوص میزان پایداری پله‌ها و تونل‌های معدن تصمیم‌گیری نمود. همچنین عوامل دیگری مانند سولفوره یا اکسیده بودن کانی‌ها در نحوه فراوری مواد معدنی تأثیرگذار است.

ساختار زمین‌شناسی کانسار: چین‌ها، گسل‌ها، ناپیوستگی‌ها، توده‌های نفوذی، درز و ترک و ... در میزان پایداری پله‌ها و یا تونل‌های معدن و نحوه نگهداری آنها در کارگاه استخراج بسیار مؤثر است.

دگرسانی و هوازدگی: سنگ‌های دگرسان و هوازده از مقاومت کمتری برخوردارند لذا در این نوع سنگ‌ها می‌بایست ضمن عملیات استخراج (به خصوص در روش‌های استخراج زیرزمینی)، از روش‌های نگهداری جهت جلوگیری از ریزش استفاده کرد.

میزان آب‌های سطحی و زیرزمینی: میزان (دبی= شدت جریان آب در واحد زمان)، سرعت جریان و سطح آب بر روی استحکام سنگ‌ها و نحوه آبکشی مورد نیاز معدن تأثیرگذار است.

مقاومت و پایداری سنگ‌های منطقه: این خصوصیات هم ماده معدنی و هم باطله را شامل می‌شود و اساسی‌ترین عامل در انتخاب تجهیزات در معادن سطحی و انتخاب روش‌های زیرزمینی (با نگهداری، بدون نگهداری و تخریبی) می‌باشد.

ملاحظات اقتصادی

موفقیت یا عدم موفقیت یک کار معدنی را ملاحظات اقتصادی تعیین می‌کند. این عوامل عبارت‌اند از میزان تولید، سرمایه‌گذاری (سرمایه در گردش، سرمایه اولیه، سرمایه‌گذاری جهت توسعه و...)، جریان نقدینگی، دوره بازگشت سرمایه و میزان سود که بر انتخاب روش اثر می‌گذارند.

ذخایر (تناژ و عیار): میزان تناژ ماده معدنی تأثیر مستقیم بر تصمیم‌گیری در خصوص مدت زمان مورد نیاز و میزان برداشت سالیانه از معدن دارد. علاوه براین هرچه تناژ ماده معدنی افزایش یابد، توده بزرگ‌تر است و برای استخراج نیاز به ماشین‌آلات و تجهیزات بزرگ‌تر می‌باشد. بنابراین بهتر است تا حد ممکن از روش‌های روباز استفاده گردد. همچنین هرچه عیار ماده معدنی بیشتر باشد، هزینه‌های دستیابی به محصول کاهش خواهد یافت و به عبارت دیگر سود عملیات استخراج بیشتر خواهد بود. در نهایت همیشه می‌بایست به این نکته توجه کرد که روش استخراج مناسب روشی است که با صرف کمترین هزینه و در شرایط ایمن بتوان بیشترین سود را به‌دست آورد.

میزان تولید سالانه: میزان تولید سالیانه می‌تواند بر عوامل بسیاری مانند روش استخراج، ماشین‌آلات مورداستفاده، عمر معدن و ... تأثیر بگذارد.

مدت زمان عمر معدن: براساس میزان تولید سالانه و تناژ کل ماده معدنی میزان عمر معدن تعیین می‌شود. براساس مدت زمان عمر معدن می‌توان روش استخراج مناسب و به تبع آن ماشین‌آلات کاربردی جهت استخراج را در نظر گرفت.

هزینه‌های مقایسه‌ای استخراج به روش‌های مختلف: در نهایت با در نظر گرفتن تمامی موارد بالا چند روش مناسب استخراج برای یک ماده معدنی در نظر گرفته می‌شود و لازم است با مقایسه هزینه‌های استخراج برای هریک از این روش‌ها، مقرون به صرفه‌ترین روش استخراج که شامل کمترین هزینه برای استخراج هر تن ماده معدنی است، انتخاب گردد. در جدول صفحهٔ بعد نمونه‌ای از هزینه‌های استخراج برای روش‌های مختلف ارائه شده است. لازم به ذکر است که این هزینه‌ها با پیشرفت تکنولوژی و شرایط و موقعیت معدن می‌تواند تغییر کند.

هزینه‌های مقایسه‌ای استخراج (گرگوری، س. الفبای معدن‌کاری، ۱۹۷۶)

روش استخراج	میانگین هزینه استخراج یک تن (دلار)
کندن و پرکردن	۱۴
انباره‌ای	۱۲
طبقات فرعی	۹
جبهه کار طولانی	۵
تخریب توده‌ای	۳
روباز پلکانی	۱

مسائل زیست محیطی

نه تنها مسائل زیست محیطی فیزیکی بلکه شرایط سیاسی، اجتماعی ـ اقتصادی نیز در انتخاب روش استخراج مؤثر هستند:

میزان تخریب محیط زیست

آلودگی‌های مربوط به هوا (تهویه، حرارت، رطوبت)

نیروی انسانی: وجود و تأمین نیروی انسانی مورد نیاز، آموزش، بهداشت و ایمنی افراد مشغول به کار در معدن و تأمین شرایط مناسب زندگی فردی و اجتماعی برای آنان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

انتخاب روش استخراج

برای دسترسی به ماده معدنی با توجه به عمقی که کانسار از سطح زمین دارد مواد باطله برداشت می‌شود. بنابراین یکی از فاکتورهای مهم که نشان‌دهنده اقتصادی بودن استخراج روباز و یا زیرزمینی یک کانسار است و در مرحله طراحی می‌بایست آن را در نظر گرفت نسبت برداشت باطله به ماده معدنی ($\frac{W}{O}$) می‌باشد که برابر است با مقدار تناژ برداشت باطله به ازای برداشت یک تن ماده معدنی و به آن نسبت باطله‌برداری گفته می‌شود.

$$R = \frac{W}{O}$$

R: نسبت باطله‌برداری (نسبت باطله برداشت شده به ازای برداشت یک تن ماده معدنی)

W: مقدار تناژ برداشت باطله

O: مقدار برداشت یک تن ماده معدنی

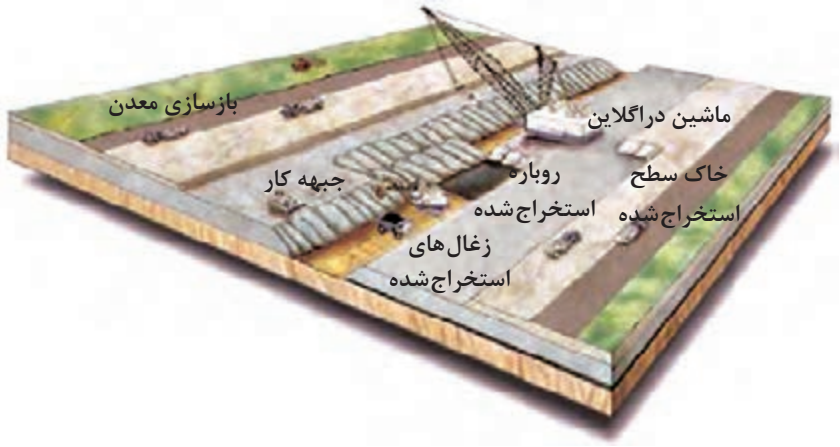
مثال: اگر در یک تراز، ۵ تن ماده معدنی برداشت گردد و نیاز به برداشت ۴۰ تن باطله باشد، در این صورت نسبت باطله‌برداری عبارت است از:

$$R = \frac{W}{O} = \frac{۴۰}{۵} = \frac{۸}{۱}$$

عواملی که در اقتصادی بودن یا نبودن استخراج به روش روباز و یا زیرزمینی براساس نسبت باطله‌برداری تعیین‌کننده است، ارزش ماده معدنی و مقدار ذخیره کانسار است.بعضی اوقات یک ماده معدنی با ارزش هرچند در عمق نسبتاً زیادی قرار داشته باشد چون ارزش فروش بالایی دارد استخراج آن به شکل روباز حتی با باطله‌برداری فراوان مقرون به صرفه است یا اینکه ضخامت ماده معدنی به اندازه‌ای است که برداشت باطله با حجم بالا هم برای استخراج روباز آن اقتصادی است. اما بعضی اوقات نیز ممکن است یک ماده معدنی در عمق کمتری از زمین قرار گرفته باشد اما میزان یا ارزش ذخیره آنقدر بالا نیست که موجب هزینه‌های باطله‌برداری فراوان بشود. برای مثال معدن مس سرچشمه که یکی از بزرگ‌ترین معادن روباز ایران به شمار می‌رود دارای ۳۹ میلیون تن باطله است که در حدود ۴ سال برای برداشت باطله‌های روی ماده معدنی آن زمان صرف شده است. بنابراین با توجه به ارزش ماده معدنی، میزان ذخیره و شرایط محیطی و اقتصادی حد استخراج روباز و زیرزمینی کانسار مشخص می‌شود.

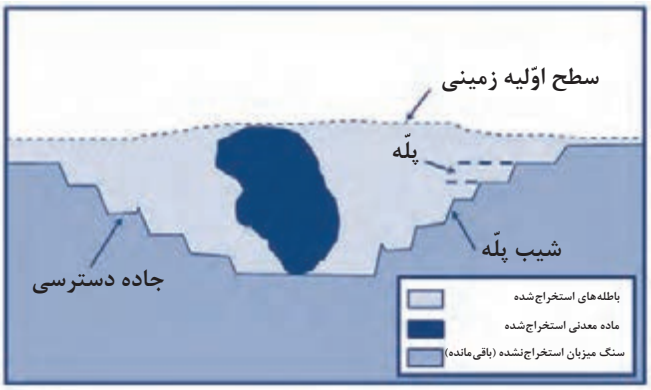
ویژگی‌های انتخاب روش‌های استخراج روباز
شرایط اجرایی و مشخصات روش استخراج نواری

مشخصات	توضیحات
مقاومت کانسنگ	تمامی مواد اما معمولاً برای مواد ضعیف و متوسط
مقاومت سنگ	تمامی مواد اما معمولاً برای مواد ضعیف و متوسط
شکل کانسار	لایه‌ای
شیب کانسار	کم شیب و افقی
عیار کانسنگ	عیار یکنواخت و متوسط
یکنواختی کانسنگ	کاملاً یکنواخت، کانسار باید دارای ضخامت و عمق یکسان باشد.
عمق	بسیار کم و نزدیک به سطح زمین
هزینه استخراج	هزینه‌های استخراج نسبت به روش‌های زیرزمینی بسیار پایین است.
توان تولید	بسیار بالا
میزان سرمایه‌گذاری اولیه	بالا
آماده‌سازی معدن	سریع
قابلیت استخراج انتخابی	ندارد
بازیابی (نسبت استخراج)	ندارد
نشست زمین	ندارد
ایمنی و بهداشت	بسیار خوب
امکان مکانیزاسیون	بالا
نیاز به نگهداری	ندارد



شرایط اجرایی و مشخصات روش روباز پلکانی[1]

مشخصات	توضیحات
مقاومت کانسنگ	تمامی مواد اما معمولاً برای مواد فلزی و سخت
مقاومت سنگ	تمامی مواد اما معمولاً برای مواد سخت
شکل کانسار	توده‌ای، عدسی شکل و رگه‌های بسیار ضخیم با ذخیره بالا
شیب کانسار	کم
عیار کانسنگ	کم، متوسط و پرعیار
یکنواختی کانسنگ	متغیر
عمق	کم و نزدیک به سطح زمین
هزینه استخراج	هزینه‌های استخراج نسبت به روش‌های زیرزمینی بسیار پایین است.
توان تولید	بسیار بالا
میزان سرمایه‌گذاری اولیه	بسیار بالا
آماده‌سازی معدن	سریع
قابلیت استخراج انتخابی	دارد
بازیابی (نسبت استخراج)	ندارد
نشست زمین	یک گودال بزرگ در زمین ایجاد می‌شود.
ایمنی و بهداشت	بسیار خوب
امکان مکانیزاسیون	بالا
نیاز به نگهداری	ندارد



۱ـ Openpit mining method

واحد یادگیری ۶
تحلیل روش‌های استخراج معادن زیرزمینی

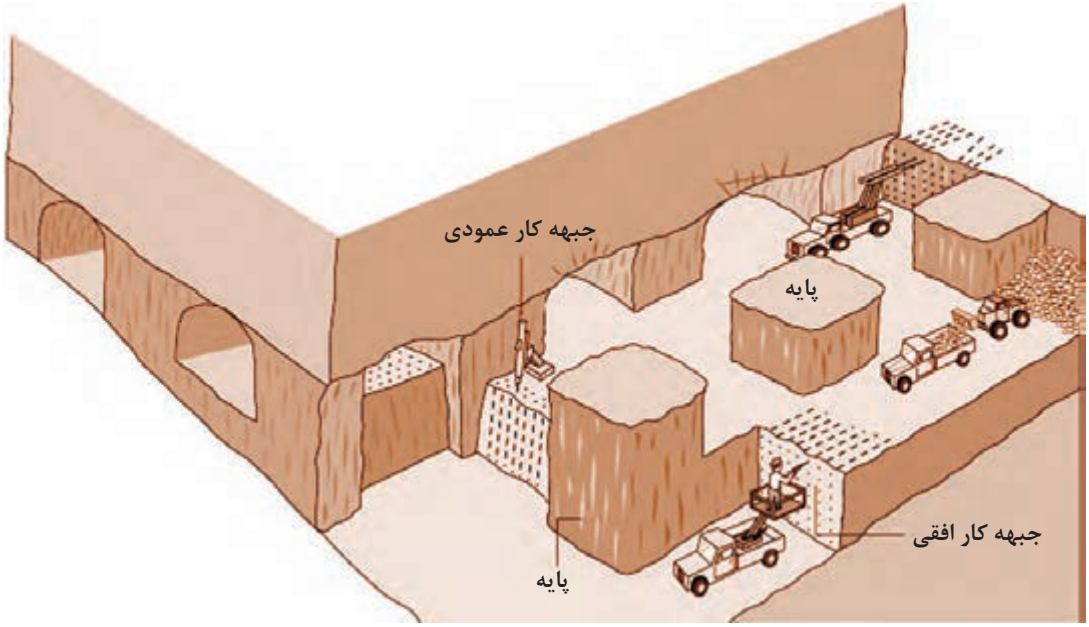
ویژگی‌های انتخاب روش‌های استخراج زیرزمینی

شرایط اجرایی و مشخصات روش استخراج اتاق و پایه[1]

مشخصات	توضیحات
مقاومت کانسنگ	ضعیف تا متوسط
مقاومت سنگ	متوسط تا مقاوم، در زمین‌های سست و ضعیف نیز می‌توان با زیاد کردن تعداد پایه‌ها، این روش را به کار برد که در این حالت مقدار بیشتری از ماده معدنی باقی خواهد ماند که ممکن است اقتصادی بودن عملیات معدن کاری را زیر سؤال ببرد.
شکل کانسار	ورقه‌ای یا لایه‌ای
شیب کانسار	کمتر از ۱۵ درجه، ترجیحاً مسطح، این روش استخراج بیشتر در جایی که ماده معدنی به‌صورت لایه‌های افقی باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.
اندازه کانسار	گسترش منطقه‌ای زیاد، ضخامت کم (زیر ۴/۵ متر)، اندازه کانسار در انتخاب این روش مهم است ولی کوچک بودن کانسار دلیل بر نادرست بودن انتخاب روش نیست.
عیار کانسنگ	متوسط، عیار یکنواخت
یکنواختی کانسنگ	نسبتاً یکنواخت، کانسار باید دارای ضخامت یکنواختی باشد. تغییرات در ضخامت کانسار ممکن است باعث محدودیت در قابلیت مکانیزاسیون بشود.
عمق	بسیار کم عمق تا متوسط (کمتر از ۴۵۰ متر برای زغال و کمتر از ۶۰۰ متر برای مواد غیر زغالی)
هزینه استخراج	به‌طور نسبی ۲۰٪ درصد درآمد
توان تولید	بالا
میزان سرمایه‌گذاری اولیه	بالا
آماده‌سازی معدن	سریع

۱ـ Room and pillar mining method

قابلیت استخراج انتخابی	کم
بازیابی (نسبت استخراج)	متوسط (با بازیابی پایه‌ها ۷۰ تا ۹۰ درصد و بدون بازیابی پایه‌ها ۴۰ تا ۶۰ درصد)
نشست زمین	نشست معمولاً اتفاق نمی‌افتد درصورتی‌که قسمت‌هایی از پایه‌ها یا تمامی آنها استخراج شود، تخریب و نشست زمین اتفاق می‌افتد.
ایمنی و بهداشت	خوب
امکان مکانیزاسیون	به شدت مکانیزه
نیاز به نگهداری	خود نگهدار، درصورتی‌که پایه‌ها بازیابی شوند به روش تخریبی تبدیل خواهد شد.



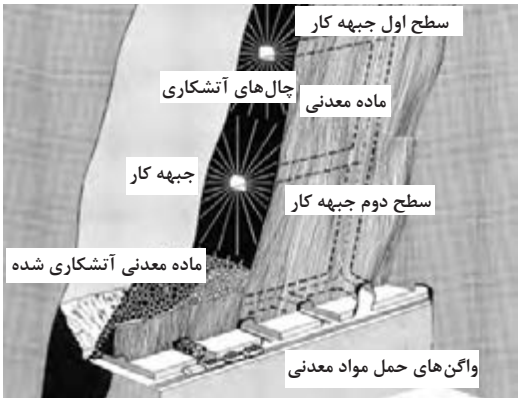
شرایط اجرایی و مشخصات روش استخراج انباره‌ای[1]

مشخصات	توضیحات
مقاومت کانسنگ	محکم (ویژگی‌های دیگر ماده معدنی؛ نباید خاصیت اکسیدشوندگی داشته باشد و همچنین دارای خاصیت خودسوزی و چسبندگی نباشد) ماده معدنی با آتشکاری خوب خرد شود.
مقاومت سنگ	محکم تا نسبتاً محکم
شکل کانسار	عدسی یا مسطح
شیب کانسار	نسبتاً پرشیب (بیش از ۴۵ تا ۵۰ درجه ترجیحاً ۶۰ تا ۹۰ درجه)، بزرگ‌تر از زاویه قرار سنگ خرد شده.
اندازه کانسار	عرض باریک تا متوسط (۱ تا ۳۰ متر) دارای گسترش با وسعت نسبتاً زیاد
عیار کانسنگ	نسبتاً بالا
یکنواختی کانسنگ	یکنواخت
عمق	کم عمق تا متوسط (زیر ۷۵۰ متر)
هزینه استخراج	۴۵ درصد درآمد
توان تولید	پایین
میزان سرمایه‌گذاری اولیه	پایین
آماده‌سازی معدن	سریع
قابلیت استخراج انتخابی	کم تا متوسط
بازیابی (نسبت استخراج)	بالا (۷۵ تا ۸۰ درصد)
نشست زمین	کم
ایمنی و بهداشت	خوب (این روش نسبتاً ایمن است مشروط بر آنکه عملیات تخلیه کارگاه به‌طور مناسب اجرا شود).
امکان مکانیزاسیون	مشکل است.
نیاز به نگهداری	خود نگهدار

۱ـ Shrinkage mining method

شرایط اجرایی و مشخصات روش استخراج طبقات فرعی[1]

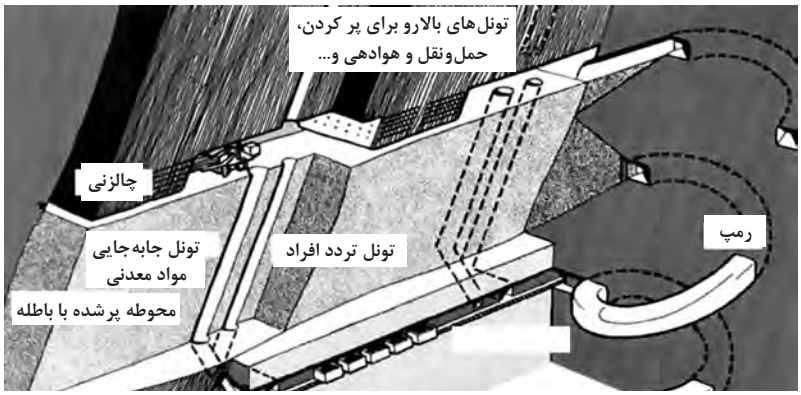
مشخصات	توضیحات
مقاومت کانسنگ	متوسط تا محکم
مقاومت سنگ	محکم تا نسبتاً محکم
شکل کانسار	عدسی یا مسطح
شیب کانسار	نسبتاً پرشیب (بیش از ۴۵ تا ۵۰ درجه ترجیحاً ۶۰ تا ۹۰ درجه) هرچه شیب بیشتر باشد استخراج به این روش موفقیت‌آمیزتر است.
اندازه کانسار	نسبتاً ضخیم تا عرض متوسط (۶ تا ۳۰ متر)
عیار کانسنگ	متوسط
یکنواختی کانسنگ	نسبتاً یکنواخت تا یکنواخت
عمق	متوسط (کمتر از ۱۲۰۰ متر)، عمیق (کمتر از ۲۴۰۰ متر)
هزینه استخراج	۲۰ درصد درآمد
توان تولید	بالا
میزان سرمایه‌گذاری اولیه	متوسط
آماده‌سازی معدن	متوسط
قابلیت استخراج انتخابی	کم
بازیابی (نسبت استخراج)	متوسط تا نسبتاً خوب (۷۵ درصد)
نشست زمین	پایین
ایمنی و بهداشت	خوب
امکان مکانیزاسیون	بالا
نیاز به نگهداری	خود نگهدار



۱ـ Sublevel stoping mining method

شرایط اجرایی و مشخصات روش استخراج کندن و پرکردن[1]

مشخصات	توضیحات
مقاومت کانسنگ	متوسط تا محکم
مقاومت سنگ	ضعیف تا نسبتاً ضعیف
شکل کانسار	مسطح (می‌تواند نامنظم و ناپیوسته هم باشد).
شیب کانسار	متوسط تا نسبتاً پر شیب (بیش از ۴۵ تا ۵۰ درجه)
اندازه کانسار	عرض باریک تا متوسط (۲ تا ۳۰ متر) دارای گسترش و وسعت زیادی است.
عیار کانسنگ	بالا
یکنواختی کانسنگ	متوسط، متغیر (باطله را می‌توان در کارگاه جدا کرد)
عمق	متوسط تا کم عمق (کمتر از ۱/۲ تا ۲/۴ کیلومتر)
هزینه استخراج	به‌طور نسبی ۵۵٪
توان تولید	متوسط
میزان سرمایه‌گذاری اولیه	متوسط
آماده‌سازی معدن	متوسط
قابلیت استخراج انتخابی	زیاد
بازیابی (نسبت استخراج)	عالی
نشست زمین	پایین
ایمنی و بهداشت	متوسط
امکان مکانیزاسیون	مکانیزه
نیاز به نگهداری	با نگهداری



۱ـ Cut and fill mining method

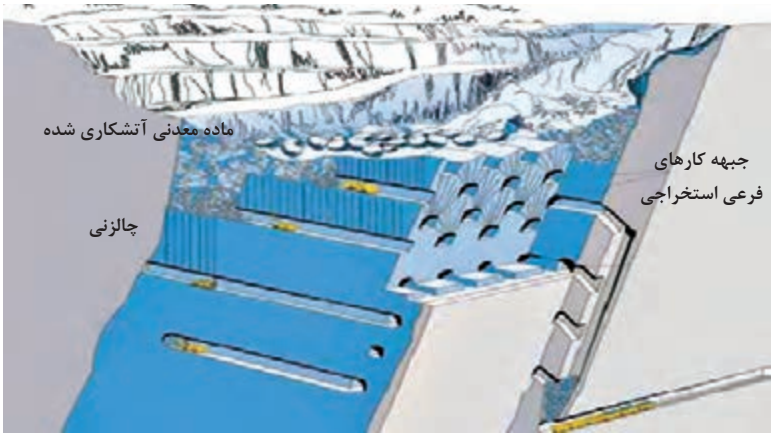
شرایط اجرایی و مشخصات روش استخراج جبهه کار طولانی[1]

مشخصات	توضیحات
مقاومت کانسنگ	با هر مقاومت و استحکام (کارایی ماشین زغال تراش در کانسنگ ضعیف بیشتر است).
مقاومت سنگ	ضعیف تا متوسط (کمر بالا می‌بایست دارای قابلیت تخریب باشد، در حال ایده‌آل سقف می‌بایست به راحتی ریزش کند ولی کمر پایین می‌بایست پایدار و مستحکم باشد).
شکل کانسار	مسطح یا لایه‌ای
شیب کانسار	کم (زیر ۱۲ درجه)، ترجیحاً مسطح و یکنواخت، (البته این روش قابلیت اجرا تا ۴۵ درجه را نیز داراست که دراین صورت می‌بایست در روش تغییراتی ایجاد شود).
اندازه کانسار	دارای گسترش سطحی زیاد (بیش از ۲۶۰ هکتار)، لایه‌ای نازک (۱ تا ۵ متر)
عیار کانسنگ	متوسط
یکنواختی کانسنگ	یکنواخت
عمق	متوسط (۱۵۰ تا ۹۰۰ متر برای کانسارهای زغالی) تا عمق بسیار بالا (بالای ۳/۵ کیلومتر برای کانسارهای غیر زغالی)
هزینه استخراج	به‌طور نسبی ۱۵٪ درآمد
توان تولید	بالا
میزان سرمایه‌گذاری اولیه	بالا
آماده‌سازی معدن	متوسط
قابلیت استخراج انتخابی	کم
بازیابی (نسبت استخراج)	بالا (۷۰ تا ۹۰ درصد)
نشست زمین	پایین
ایمنی و بهداشت	خوب
امکان مکانیزاسیون	به شدت مکانیزه، (کارگاه‌ها را در بدترین شرایط سخت و شیب‌های تند می‌توان مکانیزه کرد منتها آنها را نمی‌توان با گسل خوردگی‌های متوالی، تغییرات بارز در ضخامت زغال و تغییرات سریع در شیب انطباق داد).
نیاز به نگهداری	تخریبی

۱ـ Long wall mining method

شرایط اجرایی و مشخصات روش استخراج تخریب در طبقات فرعی[1]

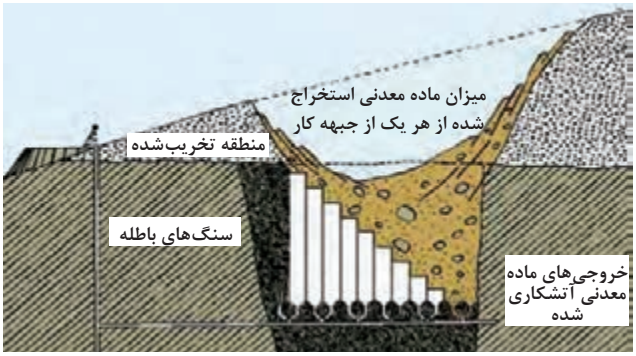
مشخصات	توضیحات
مقاومت کانسنگ	متوسط تا نسبتاً محکم، برای آن دسته از موادی که به آسانی از باطله جدا می‌شوند مثلاً به وسیله فرایند مغناطیس ساده
مقاومت سنگ	ضعیف تا نسبتاً مستحکم، قابل تخریب
شکل کانسار	لایه‌ای یا توده‌ای
شیب کانسار	نسبتاً پرشیب (بیش از ۶۰ درجه)
اندازه کانسار	بزرگ (ضخامت بیش از ۶۰ متر و دارای گسترش زیاد قائم)
عیار کانسنگ	متوسط
یکنواختی کانسنگ	متوسط
عمق	متوسط (کمتر از ۱/۲ کیلومتر)
هزینه استخراج	به‌طور نسبی ۱۵٪ درآمد
توان تولید	متوسط
میزان سرمایه‌گذاری اولیه	متوسط
آماده‌سازی معدن	متوسط
قابلیت استخراج انتخابی	کم
بازیابی (نسبت استخراج)	بالا
نشست زمین	بالا
ایمنی و بهداشت	خوب
امکان مکانیزاسیون	مکانیزه
نیاز به نگهداری	روش تخریبی



۱ـ Sublevel caving mining method

شرایط اجرایی و مشخصات روش استخراج تخریب توده‌ای[1]

مشخصات	توضیحات
مقاومت کانسنگ	ضعیف تا متوسط
مقاومت سنگ	ضعیف تا متوسط و دارای قابلیت تخریب پس از استخراج ماده معدنی
شکل کانسار	توده‌ای، بلوکی با ضخامت زیاد
شیب کانسار	پرشیب و قائم
اندازه کانسار	بزرگ و با وسعت زیاد
عیار کانسنگ	کم
یکنواختی کانسنگ	متغیّر
عمق	متوسط (۱/۲ کیلومتر)
هزینه استخراج	نسبتاً پایین (۱۰٪ درآمد)
توان تولید	بالا
میزان سرمایه‌گذاری اولیه	بالا
آماده‌سازی معدن	کند
قابلیت استخراج انتخابی	کم
بازیابی (نسبت استخراج)	بالا
نشست زمین	تخریب و ریزش در منطقه‌ای با وسعت زیاد انجام می‌گیرد.
ایمنی و بهداشت	پایین، درصورتی‌که تخلیه کند صورت بگیرد یا دچار وقفه شود احتمال خودسوزی در کانسنگ یا سنگ در حال تخریب وجود دارد.
امکان مکانیزاسیون	مکانیزه
نیاز به نگهداری	تخریبی



۱ـ Block caving mining method

ارزشیابی پودمان ۳

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
تحلیل روش‌های استخراج معادن	تحلیل روش‌های استخراج معادن رو باز	دستورالعمل انتخاب روش‌های استخراج مواد معدنی	بالاتر از حد انتظار	روش‌های مناسب استخراج روباز و زیرزمینی را با توجه به ویژگی‌ها و مشخصات ماده معدنی انتخاب می‌کند، نحوه دسترسی به ماده معدنی و نوع ماشین‌آلات را بیان می‌کند.	۳
	تحلیل روش‌های استخراج معادن زیرزمینی		در حد انتظار	روش‌های مناسب استخراج روبازو زیرزمینی را با توجه به ویژگی‌ها و مشخصات ماده معدنی انتخاب می‌کند.	۲
			پایین‌تر از انتظار	انتخاب روش استخراج روباز و زیرزمینی بدون توجه به مشخصات ماده معدنی	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان از ۳				
	نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۴

تحلیل روش‌های پر عیارسازی مواد معدنی

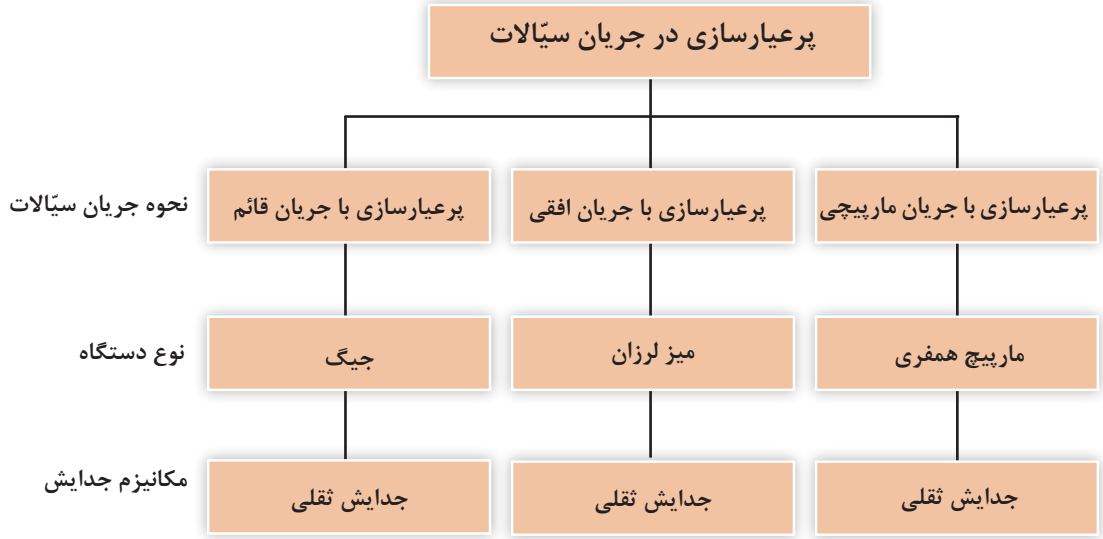
واحد یادگیری ۷

تحلیل روش‌های پرعیارسازی در جریان سیّالات

اگر مواد معدنیِ با ناخالصی همراه نباشد برای استخراج و استفاده در صنعت نیاز به فراوری و پرعیارسازی ندارد و مستقیماً و بدون صرف هزینه فراوری مورد استفاده قرار می‌گیرد که این بهترین شرایط ممکن است. ولی در عمل معمولاً این‌گونه نیست. بلکه موادی که از معادن استخراج می‌شوند همیشه با میزان قابل توجهی از ناخالصی‌ها همراه هستند و در اکثر مواقع وجود این ناخالصی‌ها و باطله همراه، عیار ماده معدنی را به قدری کاهش می‌دهد که بدون عملیات فراوری و پرعیارسازی ارزش اقتصادی لازم را نخواهد داشت. در این رابطه عواملی از قبیل: ترکیبات کانی شناختی و بافت ماده معدنی، شکل، ابعاد و نحوه قرارگیری کانی‌های با ارزش و کم ارزش، درجه آزادی، نوع باطله همراه (کربناته و سیلیکاته) خواص فیزیکی و شیمیایی، بازار مصرف و... از پارامترهای تأثیرگذار در انتخاب روش یا روش‌های فراوری و پرعیارسازی می‌باشند. البته هزینه و نحوه فراوری بسته به حالات مختلف ماده معدنی و سایر عوامل متفاوت است و باید با بررسی و تحقیق لازم بهترین روش برای فراوری انتخاب گردد. بنابراین لازم است جهت انتخاب روش‌های مناسب فراوری یک ماده معدنی با نحوه کار دستگاه‌های پرعیارسازی مواد معدنی آشنا شویم. در این بخش به بررسی نحوه کارکرد برخی از مهم‌ترین دستگاه‌های پرعیارسازی می‌پردازیم.

روش‌های پرعیارسازی در جریان سیّالات

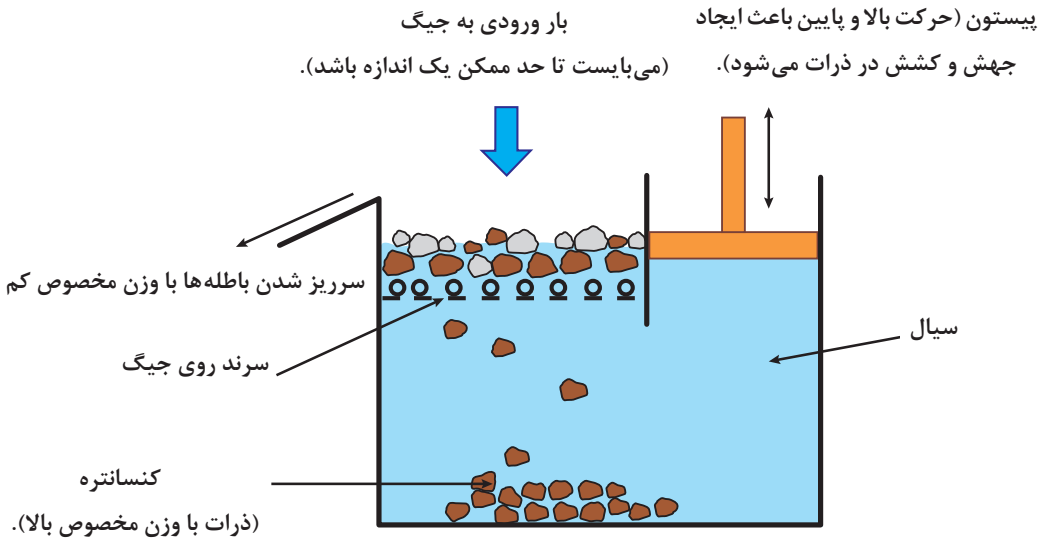
پرعیارسازی مواد معدنی به‌وسیله سیالات می‌تواند به سه شکل انجام شود که عبارت‌اند از:



الف) پرعیارسازی مواد معدنی در جریان قائم

جدایش با استفاده از جیگ: به‌طور کلی جیگ‌ها دستگاه‌هایی هستند که برای پرعیارسازی ذرات نسبتاً درشت ساخته شده‌اند. این دستگاه‌ها از دیرباز برای پرعیارسازی کانی‌های سولفیدی به‌کار می‌رفته‌اند. از آنجایی‌که ذرات درشت اکثراً توسط سرندها طبقه‌بندی می‌شوند لذا بار ورودی به جیگ‌ها برحسب ابعاد و قطر دانه‌ها طبقه‌بندی می‌گردد و هر قدر این طبقه‌بندی دقیق‌تر و اختلاف وزن بیشتر باشد، عمل جیگ و کارایی آن بهتر و محصول به‌دست آمده خالص‌تر خواهد بود.

جیگ‌ها یک محفظه با کف مشبک توری دارند که مواد معدنی را در داخل محفظه آنها ریخته سپس آب از لابه لای مواد معدنی بالا و پایین می‌آید و در نتیجه مواد به‌صورت ذراتی معلق روی شبکه و یا توری به شکل طبقات برحسب وزن مخصوص قرار می‌گیرد. لذا ملاحظه می‌شود که اساس کار جیگ برحسب سقوط ذرات در داخل آب می‌باشد. در مورد جیگ ذرات به‌صورت آزاد سقوط نمی‌کنند و نیز زمان سقوط بسیار کوتاه است و ذرات به‌صورت دسته جمعی سقوط می‌کنند.



جیگ و قسمت‌های مختلف آن

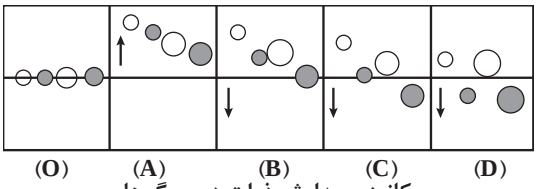
طرز کار جیگ: پرعیارسازی مواد معدنی در جیگ براساس وزن مخصوص مواد انجام می‌شود. همان‌طور که در شکل بالا نشان داده شده است جیگ با استفاده از یک پیستون دو جریان آب ایجاد می‌کند. یک جریان آب بالارو و دیگری جریان آب پایین‌رو که به‌طور متناوب بر روی قشری از مواد معدنی اثر می‌کند و مواد را بر اساس وزن مخصوص تقسیم‌بندی می‌کند.

مکانیزم‌های اصلی عملیات پرعیارسازی در جیگ عبارت‌اند از:

اگر برای آب در جیگ سطح ثابتی را فرض کنیم، آب دارای دو حرکت بالا آمدن و پایین آمدن از سطح ثابت خواهد بود که اولی را حرکت جهشی[۱] و زمان انجام آن را زمان جهش و دیگری را حرکت کششی[۲] و زمان

۱- Pulsion

۲- Suction



مکانیزم جدایش ذرات در جیگ‌ها

انجام آن را زمان کشش گویند. به این دو دوره در جیگ دوره‌های تناوب گفته می‌شود و می‌تواند با حرکت رفت و برگشت پیستون و یا بالا و پایین شدن سرندی که مواد بر روی آن قرار دارند، ایجاد گردد. شکل روبه‌رو نشان می‌دهد درصورتی‌که ذرات دارای وزن مخصوص کم (رنگ سفید، مثلاً کانی کوارتز) و وزن مخصوص زیاد (رنگ مشکی، مثلاً کانی گالن) و با اندازه‌های مختلف در یک سطح ارتفاعی فرضی در جیگ قرار گرفته باشند (مرحله ۰) در مراحل مختلف عملکرد جیگ به چه صورتی از هم تفکیک می‌شوند.

در شکل بالا برای عملکرد جیگ ۴ مرحله در نظر گرفته شده است. فلش به سمت بالا نشان دهندهٔ زمان جهش و فلش‌های روبه پایین زمان کشش را نشان می‌دهند.

- **جهش:** در این مرحله با توجه به حرکت روبه بالای آب نسبت به سطح فرضی، ذرات به ترتیب وزن خود که در آن اندازه و وزن مخصوص هر دو دخیل هستند به سمت بالا حرکت می‌کنند.

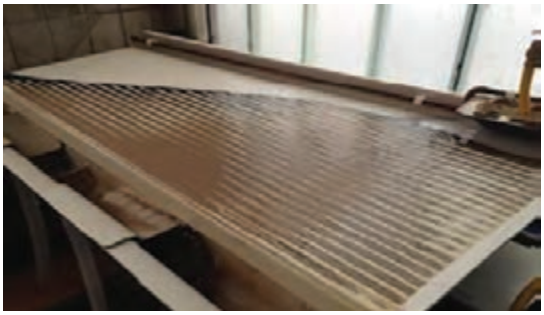
- **اختلاف شتاب اولیه:** در این مرحله با توجه به ایجاد نیروی کشش موادی که دارای وزن مخصوص بالاتری هستند با شتاب اولیه بیشتر به طرف پایین کشیده می‌شوند.

- **سقوط با مانع:** مقدار مواد در داخل جیگ به حدی است که ذرات به‌طور مداوم با یکدیگر برخورد می‌کنند. این برخورد باعث می‌شود تا مواد نتوانند با یک سرعت ثابتی سقوط کنند و به همین علت مواد دارای وزن مخصوص بیشتر، زودتر ته نشین می‌شوند. به این نحوه سقوط ذرات، سقوط با مانع می‌گویند.

- **چکیدن:** حرکت دانه‌های کوچک از لابه‌لای دانه‌های بزرگ را چکیدن گویند. در عمل دانه‌های درشت وقتی روی هم ته‌نشین شوند دیگر نمی‌توانند پایین‌تر بروند درصورتی‌که دانه‌های ریز از لابه‌لای دانه‌های درشت عبور کرده و به طرف پایین حرکت می‌کنند و از دانه‌های درشت جدا می‌شوند. پایین رفتن ذرات ریز هم به علت نیروی ثقل و هم به علت ادامه حرکت جهش و کشش در مایع می‌باشد که این پدیده را حرکت بین دانه‌ای یا از لابه‌لای دانه‌ها گویند.

ب) پرعیارسازی مواد معدنی در جریان افقی

جدایش با استفاده از میز لرزان: دستگاه میز لرزان مؤثرترین دستگاه جهت جدایش مواد با روش ثقلی است و برای مواد معدنی ریزدانه و معمولاً بسیار کم عیار که از نظر ارزش اقتصادی بالا بوده و قابل پرعیارسازی به وسیله دستگاه‌های دیگر نیستند به‌کار می‌رود. مصرف انرژی این دستگاه بسیار کم است از این دستگاه برای پرعیارسازی ذرات طلا و گاهی اوقات محصول کم عیار دستگاه‌های فلوتاسیون نیز توسط این دستگاه پرعیار می‌گردد.

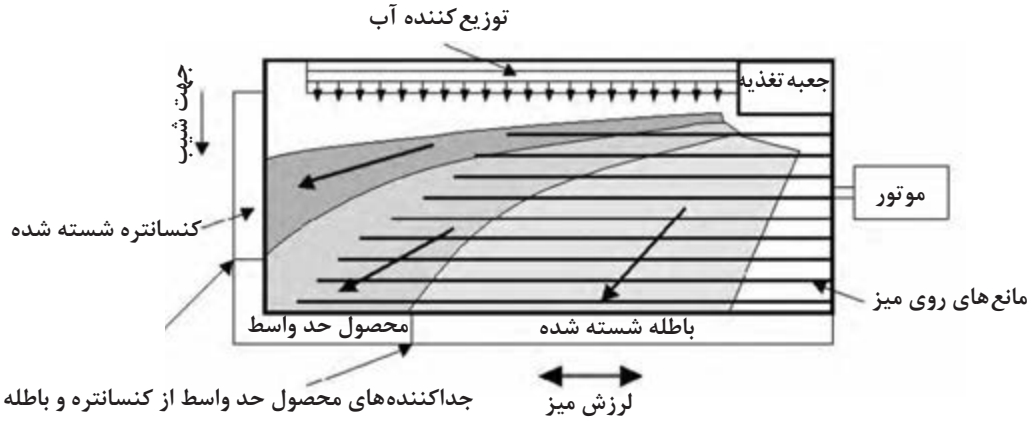

میز لرزان

میز لرزان از یک سطح مستطیل شکل که در جهت طول و عرض دارای شیبی جزئی می‌باشد تشکیل

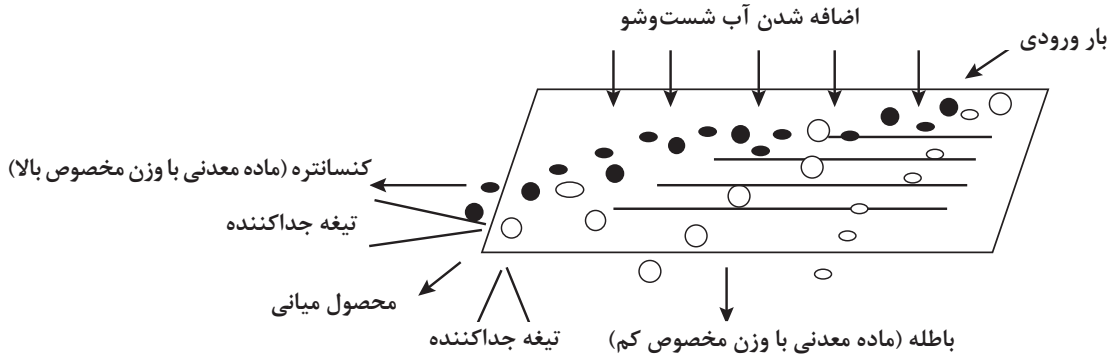
شده است. بار اولیه به‌صورت پالپ با غلظت کم از مواد جامد از یک گوشه آن وارد شده و بر روی میز توزیع می‌گردد. سطح میز توسط موانعی که معمولاً در امتداد میز هستند پوشیده شده است که ارتفاع آنها از سمت ورود بار اولیه به طرف دیگر به تدریج کم می‌شود به نحوی که بخش انتهایی سطح میز صاف و بدون مانع است.

طرز کار میز لرزان

مواد به‌صورت پالپ با درصد جامد کم از گوشه بالایی و سمت راست توسط جعبه تغذیه (شکل زیر) بر روی میز لرزان ریخته می‌شوند. جریان نازک لایه آب توسط توزیع‌کننده آب که در امتداد بالایی میز قرار گرفته است بر روی میز و مواد معدنی ریخته می‌شود. موتور لرزاننده یک حرکت نوسانی در جهت طول میز به آن منتقل می‌کند. این حرکت به نحوی است که میز را به آرامی جلو می‌برد و به سرعت به عقب برمی‌گرداند. در نتیجه دانه‌های جامد موجود بر روی سطح میز در امتداد طول آن به جلو پرتاب می‌شوند. بنابراین دانه‌ها تحت تأثیر دو نیرو قرار می‌گیرند یکی نیروی ناشی از حرکت میز در جهت طول آن و دیگری نیروی ناشی از حرکت لایه نازک آب در امتداد بزرگ‌ترین شیب میز (عمود بر امتداد نوسان میز) برایند این دو نیرو در امتداد قطر میز از محل ورود بار اولیه است.



تأثیر جریان لایه نازک آب به ابعاد و چگالی دانه‌ها بستگی دارد، در نتیجه دانه‌های کوچک‌تر و سنگین‌تر دارای حرکتی عمدتاً در جهت طول میز هستند و بدین ترتیب به بخش محصول پرعیار شده هدایت می‌شوند. حال آنکه دانه‌های درشت‌تر و سبک‌تر با عبور از موانع به بخش باطله منتقل می‌گردد. لازم به ذکر است که بخشی از این موانع که دارای مشخصات وزن و ابعاد میانی باطله و کنسانتره هستند با حرکت قطری به محصول میانی منتقل می‌شوند. بخش محصول میانی به وسیله تیغه‌هایی قابل تنظیم است.



نحوه پرعیارسازی بر روی یک میز لرزان

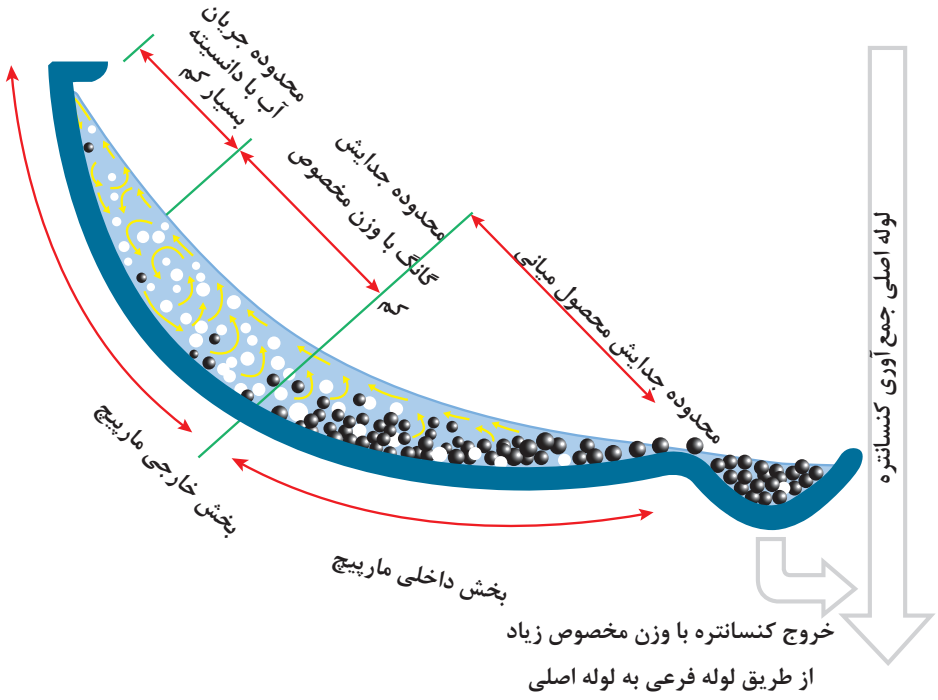
تفکر

با توجه به توضیحات ارائه شده در خصوص نحوه پرعیارسازی مواد معدنی ریزدانه و با ارزش اقتصادی بالا بر روی میز لرزان جدول زیر را تکمیل کنید.

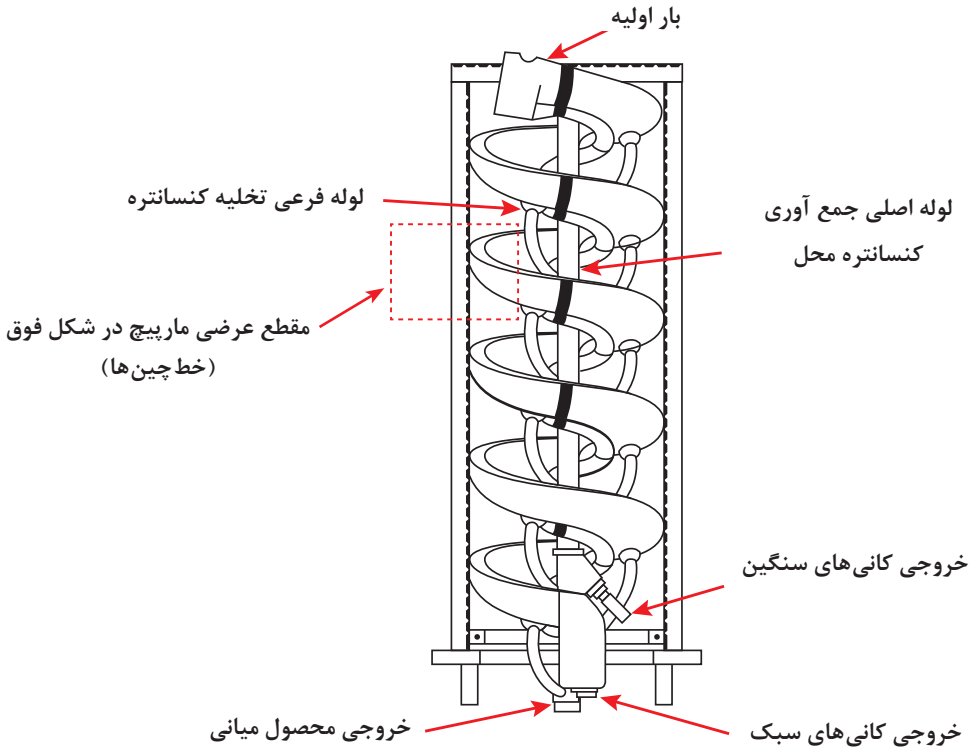
وزن مخصوص ذرات	اندازه ذرات	جهت حرکت پیش‌بینی شده بر روی میز	نوع محصول
زیاد	کوچک	طولی	
زیاد	بزرگ		
زیاد	متوسط		
متوسط	متوسط	قطری	میانی
کم	بزرگ		
کم	متوسط		میانی

ج) پرعیارسازی مواد معدنی در جریان مارپیچی

مارپیچ همفری: جداکننده‌های مارپیچی طی سالیان زیاد در کانه‌آرایی دارای کاربردهای مختلفی بوده‌اند ولی بیشترین کاربرد آنها در مورد کانسارهای ماسه‌ای ساحلی مانند ماسه‌های ایلمنیت دار، روتیل، زیرکن و مونازیت‌دار بوده است. بار اولیه با ابعادی حدود ۳ میلی‌متر تا ۷۵ میکرون به‌صورت پالپی با غلظت کمتر از ۵۰ درصد جامد از قسمت بالای مارپیچ وارد می‌شود و در موقع پایین آمدن بار بر روی مسیر مارپیچی کانی‌های سنگین (دانه‌های سیاه رنگ) بخش داخلی مارپیچ را می‌پیمایند. دانه‌های گانگ (دانه‌های سفیدرنگ) نیز همراه با بخش عمده آب با توجه به اینکه دارای سرعت حرکت بیشتری هستند تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز بزرگ‌تری قرار می‌گیرند و بنابراین بخش خارجی مارپیچ را اشغال کرده و به سمت پایین حرکت می‌کنند. به‌علاوه با جریان آب شست‌وشو در امتداد محور مارپیچ و عبور آن از نوار تشکیل شده از کانی‌های سنگین دانه‌های گانگ باقی‌مانده در این بخش جداشده و به سمت بخش خارجی مارپیچ هدایت می‌شوند. در پایین‌ترین سطح از مقطع مارپیچ مجراهایی برای مواد پرعیار شده پیش‌بینی شده است که با تنظیم آنها می‌توان عرض نوار پرعیار شده را تنظیم کرد. با توجه به خروج تدریجی مواد پرعیار شده در طول مسیر عیار بخش باقیمانده بر روی مارپیچ به‌تدریج از بالا به پایین کم شده و از انتهای مسیر باطله‌ها نیز تخلیه می‌گردند.



مقطع عرضی مارپیچ



مارپیچ همفری

واحد یادگیری ۸
انتخاب روش‌های فلوتاسیون در پرعیارسازی مواد معدنی

فلوتاسیون

فلوتاسیون یا شناورسازی عملیاتی است که در فراوری مواد معدنی به‌طور رایج مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌های جداسازی ماده معدنی با ارزش از باطله است. پرعیار کردن مواد معدنی کم عیار فلزی (۳ تا ۵ درصد) جز به روش فلوتاسیون با هیچ روش دیگری ممکن و مقرون به صرفه نیست زیرا عملاً پرعیار کردن این مواد با روش‌های فیزیکی براساس وزن مخصوص کارایی بسیار پایینی دارد و بازیابی آنها از ۵۰٪ تجاوز نمی‌کند، درحالی‌که بازیابی همین مواد با روش فلوتاسیون تا ۹۰ درصد می‌رسد. ابعاد بار ورودی فلوتاسیون‌ها حدود کمتر از ۲۵۰ میکرون است.

روش فلوتاسیون در اکثر معادن ایران برای پرعیارسازی به‌کار گرفته می‌شود. به عنوان مثال معادن زغال‌سنگ کرمان (پابدانا و باب نیزو)، معادن زغال‌سنگ البرز شرقی (معادن تزره)، معادن زغال‌سنگ البرز مرکزی (معدن زغال‌سنگ زیرآب)، معدن مس سرچشمه در استان کرمان و معادن سرب و روی آهنگران ملایر، معدن ایران کوه اصفهان، معدن کوشک یزد، انگوران زنجان و بسیاری دیگر.

مبنای روش فلوتاسیون قابلیت تر شوندگی سطحی کانی‌هاست. وقتی مواد معدنی در آب قرار می‌گیرند سطح خارجی برخی از کانی‌ها در تماس با آب، تر می‌شوند. این نوع کانی‌ها را هیدروفیل یا آب پذیر می‌نامند. درصورتی‌که سطح کانی در تماس با آب تر نشوند، کانی هیدروفوب یا آبران نام می‌گیرند.

از نظر خواص سطحی کانی‌ها به دو گروه قطبی و غیر قطبی تقسیم می‌شوند. کانی‌های غیرقطبی در سطح خود پیوندهای مولکولی ضعیفی دارند. سطح بعضی از این کانی‌ها از مولکول‌های کووالانسی (نیروی واندروالس) تشکیل شده است و سطح غیر قطبی آنها به سادگی آب جذب نمی‌کند و در نتیجه این مواد آبرانند. کانی‌های قطبی در سطح خود پیوندهای مولکولی قوی دارند و نوع پیوند در این کانی‌ها الکتروالانس است و از نظر جذب حباب هوا ضعیف‌اند. سطح قطبی این کانی‌ها به شدت با مولکول آب ترکیب می‌شود و این دسته از کانی‌ها به‌طور طبیعی آب‌دوست می‌باشند. کانی‌ها به لحاظ آب‌دوست یا آبران بودن به ۶ گروه تقسیم می‌شوند. در جدول صفحهٔ بعد درجه قطبی بودن در مورد کانی‌های گروه دوم کم و به ترتیب در گروه‌های بعدی افزایش می‌یابد. کانی‌های گروه اول کاملاً غیر قطبی هستند. به‌جز طلا، نقره، مس و تمامی سولفیدهای گروه دوم که به علت پیوند یونی کم و بیش درجه قطبی قوی دارند. قطبی بودن کانی‌ها در سولفیدها کم است و به ترتیب در سولفات‌ها، کربنات‌ها، هالیدها، فسفات‌ها، اکسیدها، هیدرواکسیدها، سیلیکات‌ها و کوارتز زیاد می‌شود. کانی‌های گروه یک به‌طور طبیعی آبران هستند. علت اصلی این پدیده غیرقطبی بودن آنها است. علت دوم آبران بودن این کانی‌ها عدم حضور پیوند هیدروژنی است. به عنوان مثال پیوند هیدروژنی آب با یون‌های اکسیژن، دلیل اصلی تر شوندگی اکسیدها و سیلیکات‌ها است. یون سولفید به علت ابعاد بزرگش، با آب پیوند هیدروژنی تشکیل نمی‌دهد پس گوگرد و بسیاری از مواد دیگر نظیر مولیبدنیت و استیبنیت آبرانی طبیعی دارند. در تالک و پیروفیلیت اتم‌های داخلی لایه توسط پیوندهای یونی به یکدیگر متصل هستند درحالی‌که اتم‌های اکسیژن در دولایه مجاور با نیروهای ضعیف باقی‌مانده به یکدیگر متصل می‌شوند و لذا بار الکتریکی آنها ناچیز بوده و ساختار غیرقطبی از خود نشان می‌دهند.

تقسیم‌بندی کانی‌ها از نظر قطبی و غیر قطبی بودن

غیر قطبی					بسیار قطبی
آبران طبیعی					بسیار آب‌دوست
گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴	گروه ۵	گروه ۶
گرافیت	گالن	باریت	سروزیت	هماتیت	زیرکن
الماس	کوولیت	انهدریت	مالاکیت	مگنتیت	ویلمیت
زغال	بورنیت	ژیپس	آزوریت	گوتیت	همی مورفیت
گوگرد	کالکوسیت	انگلزیت	ولفنیت	کرومیت	بریل
مولیبدنیت	کوبالتیت		فلورین	ایلمنیت	گروه فلدسپات
استیبنیت	ارسنوپیریت		کلسیت	کروندوم	سیلیمانیت
پیروفیلیت	پیریت		منیزیت	لیمونیت	گروه گارنت
تالک	اسفالریت		دولومیت	ولفرامیت	کوارتز
آیودریت	فلزات طلا، نقره، مس و پلاتین		آپاتیت	تانتالیت	
			اسمیت زونیت	روتیل	
			شئلیت	کاسیتیریت	

در روش فلوتاسیون سعی می‌شود با استفاده از مواد شیمیایی مناسب که به آنها کلکتور می‌گویند. سطح خارجی یک یا چند کانی در سنگ معدنی را هیدروفوب یا آبران کنند. در این حالت چنانچه در داخل محیط حباب‌های هوا ایجاد شود دانه‌های کانی هیدروفوب شده به حباب‌های هوا می‌چسبند و همراه آنها به سطح پالپ منتقل می‌شوند. با افزودن موادی به نام کف‌ساز این حباب‌ها تشکیل لایه‌ای از کف را در سطح پالپ می‌دهند که حاوی کانی هیدروفوب شده است و با تخلیه کف می‌توان این کانی‌ها را از سایر کانی‌ها جدا کرد.

بارش فکری

می‌خواهیم دو دسته مواد معدنی را که شامل کانی‌های

۱ آنتراسیت، ژیپس و کوارتز

۲ گالن، اسفالریت، سروزیت، کوارتز، دولومیت و کلسیت

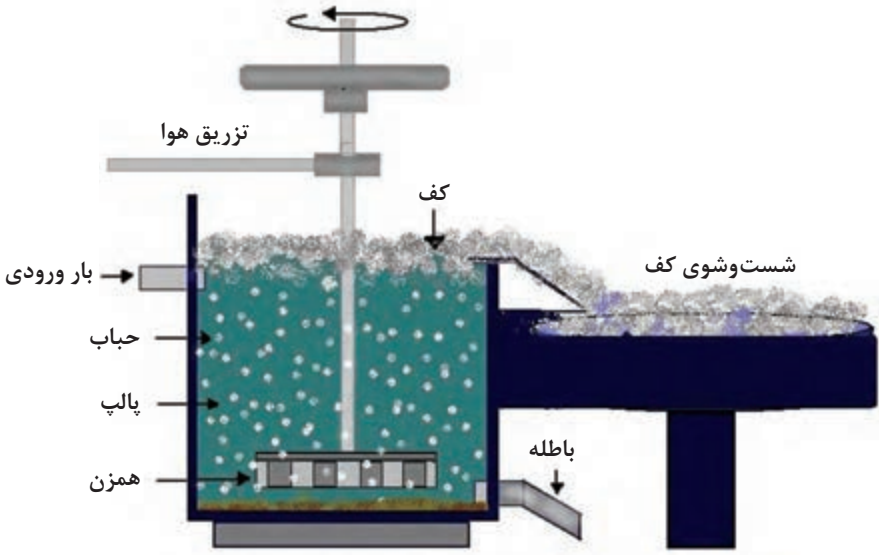
هستند را به‌طور جداگانه به روش فلوتاسیون فراوری کنیم. کدام‌یک از کانی‌ها زودتر به حباب‌های هوا می‌چسبد و شناور می‌شود و کدام‌یک در کف سلول فلوتاسیون باقی می‌ماند و شناور نمی‌شود؟

سؤال: با توجه به آنچه در خصوص روش فلوتاسیون بیان شده تعریف هریک از اصطلاحات زیر را در مقابلشان بنویسید.

هیدروفیل (آب دوست)	
هیدروفوب (آبران)	
کلکتور	
کف‌ساز	
فلوتاسیون	

طرز کار دستگاه‌های فلوتاسیون

در یک سلول فلوتاسیون بار ورودی به‌صورت پالپ معمولاً با استفاده از پمپ و لوله به داخل سلول فلوتاسیون ریخته می‌شود. هوا از طریق لوله‌هایی به کف سلول وارد می‌شود و با استفاده از همزنی که نزدیک کف سلول فلوتاسیون قرار گرفته، پالپ به هم زده می‌شود. هم زدن باعث می‌شود تا از ته‌نشینی و به هم چسبیدن مواد در پالپ جلوگیری شود و تعدادی حباب هوا تشکیل گردد. افزودن محلول‌های کف‌ساز و تزریق هوا به فرایند تشکیل حباب‌های بیشتر و مقاوم‌تر جهت کارایی بهتر فلوتاسیون کمک می‌کند. کانی‌هایی که به‌وسیله کلکتور هیدروفوب شده‌اند می‌توانند به حباب‌های هوا چسبیده و به سطح محلول منتقل شوند. در نهایت کانی‌های هیدروفیل در کف سلول ته‌نشین شده و از آنجا خارج می‌شوند و کانی‌های هیدروفوب به سطح سلول منتقل شده و از بالای سلول خارج می‌شوند. شکل زیر قسمت‌های مختلف یک سلول فلوتاسیون را نشان می‌دهد.



یک سلول فلوتاسیون و قسمت‌های مختلف آن

به‌طور کلی فرایندهای مؤثر در عملیات فلوتاسیون را می‌توان به سه مرحله تقسیم کرد:

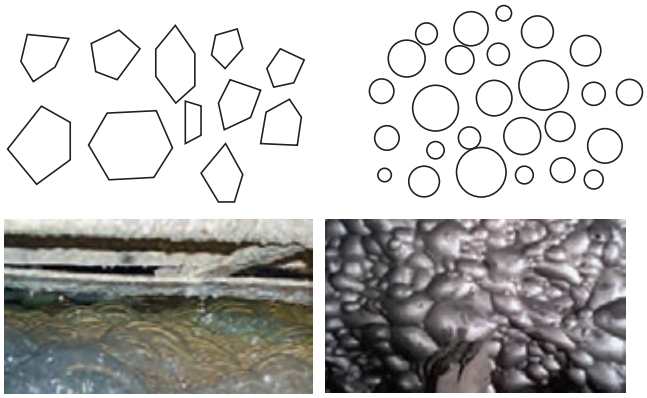
تأثیر مواد شیمیایی بر کانی: مواد شیمیایی مورد استفاده در فلوتاسیون موادی هستند که کانی‌های بخصوصی را شناور ساخته و از شناور شدن بقیه جلوگیری می‌کنند. از نظر کلی قابلیت شناور شدن یک کانی به هیدروفوب (آبران) بودن آن بستگی دارد. خاصیت آبرانی با خواص سطحی مولکول‌ها رابطه مستقیم داشته یا به عبارت دیگر به قطبی یا غیرقطبی بودن مولکول‌های سطحی بستگی دارد و مولکول‌های قطبی از یون‌ها تشکیل شده‌اند در حالی که مولکول‌های غیرقطبی از اتم‌ها تشکیل شده و هیچ بار الکتریکی ندارد. مثلاً کلرور سدیم یک مولکول قطبی و هیدروکربورهای پارافینی غیرقطبی می‌باشد. کانی‌هایی که سطح آنها قطبی است به وسیله آب قابل جذب هستند بنابراین قابلیت شناور شدن نیستند. برعکس کانی‌های با سطوح غیرقطبی هیدروفوب (آب گریز) هستند و در نتیجه شناور می‌شوند.

تشکیل کف: کف‌ها عبارت‌اند از حباب‌های هوا که درون آب قرار گرفته و تا حدودی در این محیط دوام دارند. پراکنده کردن حباب‌های هوا درون آب به طریق مکانیکی و یا از طریق هوای فشرده توسط کمپرسور و یا هر دو انجام می‌شود. مشخصات کف از قبیل دوام، اندازه حباب‌ها، الاستیسیته، فراوانی حباب‌ها و... به‌وسیله وجود مواد شیمیایی که خواص کف را تغییر می‌دهند، تعیین می‌شود. این مواد که کف‌ساز نام دارند به مقدار کم در آب حل می‌شوند و وجود آنها باعث افزایش دوام و الاستیسیته کف می‌شود که برای فلوتاسیون اهمیت دارد. بدون کف‌سازها حباب‌های کف فوراً شکسته شده و از بین می‌رود.

پژوهش

الاستیسیته چیست؟ و افزایش الاستیسیته حباب با افزوده شدن کف‌ساز در فلوتاسیون به چه معناست؟

شکل سمت راست حباب‌های هوای کروی شکل که به وسیله لایه‌های آب از هم جدا شده‌اند را نشان می‌دهد. این حباب‌ها کوچک و کم دوام بوده مقدار آب در آنها زیاد است در حالی که در حباب‌های تقریباً چند وجهی سمت چپ حباب‌ها خشک با دوام و درشت می‌باشند. حباب‌های چند وجهی به وسیله لایه‌های نازک آب از هم جدا می‌شوند. وجود ذرات ریز جامد در سطح حباب‌ها باعث استحکام آنها می‌شود؛ همچنین مقدار کف‌ساز اضافه شده حتی به مقدار بسیار کم در سطح حباب‌ها جمع شده و باعث استحکام آنها می‌گردد.

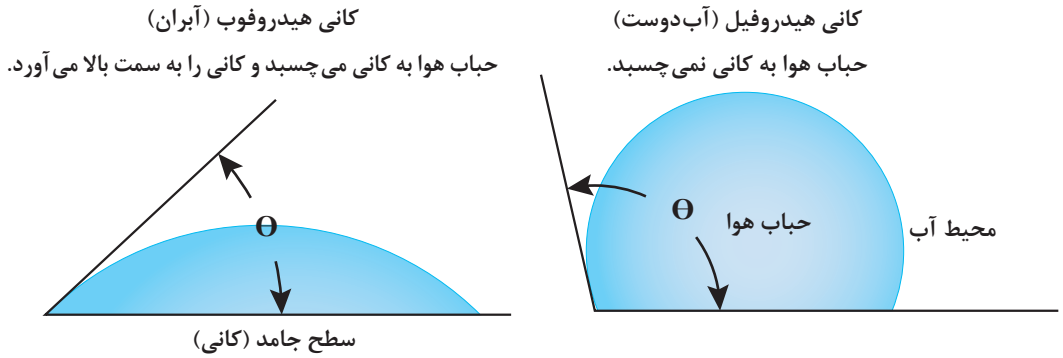


حباب‌های کروی و چند وجهی در فلوتاسیون

تشکیل مجموعه حباب و کانی و شناور شدن آن: در فلوتاسیون ذرات کانی به حباب‌های هوا که در محیط وجود دارند چسبیده و بالا می‌آیند. هر ذره قابل شناور شدن در سلول فلوتاسیون به یک حباب هوا می‌چسبد. به‌طوری که از یک طرف در فاز هوا و از طرف دیگر در فاز آب قرار می‌گیرد. بنابراین در اطراف این ذره خطی وجود دارد که هر سه فصل مشترک آب و هوا؛ هوا و جامد؛ جامد و آب، یکدیگر را قطع می‌کند. نیروهای کشش سطحی بر روی این خط با یکدیگر و با سایر نیروهای وزن، ارشمیدوس و غیره در تعادل هستند. اگر شرایط محیط فلوتاسیون درست انتخاب شود اندازه این نیروها طوری است که:

اولاً؛ کانی به علت نیروی کشش سطحی مناسب به سطح حباب هوا می‌چسبد.

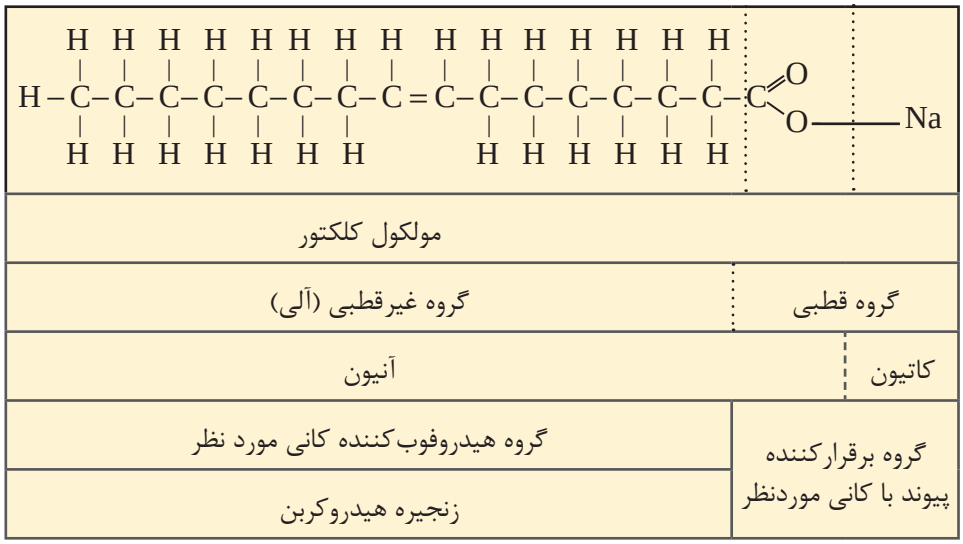
ثانیاً؛ مجموعه حباب هوا و کانی نسبت به مایع حرکت کرده و بالا می‌آید.



زاویه تماس (Θ)	کوچک	بزرگ
چسبندگی	زیاد	کم
قابلیت تر شوندگی	کم	زیاد
قابلیت شناور شدن	دارد	ندارد

معرف‌های مورد استفاده در فلوتاسیون

کلکتورها: کلکتورها مواد شیمیایی آلی هستند که باعث می‌شوند، کانی‌های مورد نظر، به سطح حباب هوا چسبیده، ضمن شناور شدن از بقیه مواد جدا شوند. بنابراین کلکتورها مایعاتی آلی با ساختمان مولکول قطبی و غیر قطبی هستند که در آب حل می‌شوند. قسمت قطبی این مایعات عموماً با کانی‌های مورد نظر پیوند برقرار می‌کنند درحالی‌که قسمت غیر قطبی (آلی) آنها سطح کانی‌ها را آبران می‌کند. در شکل صفحه بعد ساختمان یک مولکول کلکتور سدیم اولئات نشان داده شده است.



ساختار مولکول کلکتور اولئات سدیم

کلکتورها به‌طور طبیعی وجود دارند و یا به‌صورت مصنوعی تهیه می‌شوند. کلکتورها به دو دسته کلی:

کلکتورهای غیر یونیزه

این کلکتورها دارای ترکیبات غیر قطبی هستند و به‌طور کلی از ترکیبات هیدروکربن تشکیل شده‌اند که در آب حل نمی‌شوند. این کلکتورها به‌صورت یک فیلم نازک دور کانی‌ها را می‌گیرند و اجازه تر شده به وسیله آب را به آنها نمی‌دهند.

کلکتورهای یونیزه شونده

این کلکتورها در آب حل شده و به یون تبدیل می‌شوند. بزرگ‌ترین گروه کلکتورهای مورد استفاده در صنعت، کلکتورهای یونیزه شونده هستند که به دو دسته تقسیم می‌شوند:

کلکتورهای آنیونی: دارای بار منفی هستند و با بار منفی خود با کانی مورد نظر که دارای بار مثبت است، پیوند برقرار می‌کند و باعث هیدروفوب شدن آن می‌شوند.

کلکتورهای کاتیونی: که با بار مثبت به سطح کانی مورد نظر که دارای بار منفی است، چسبیده و آن را آبران یا هیدروفوب می‌کنند.

طبقه‌بندی کلکتورها در نمودار صفحه بعد نشان داده شده است.

کلکتورها

کلکتورهای یونیزه

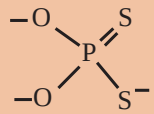
ترکیبات یونیزه که در آب حل می‌شوند.

کلکتورهای یونیزه

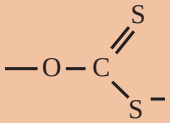
- **کلکتورهای کاتیونی**
  از یک قسمت قطبی کاتیونی و نیتروژن ۵ ظرفیتی تشکیل شده‌اند.
- **کلکتورهای آنیونی**
  از یک قسمت قطبی آنیونی با ترکیبات متفاوت تشکیل شده‌اند.

کلکتورهای آنیونی

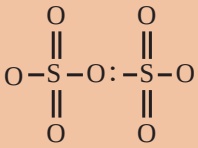
- **کلکتورهای برپایه سولفورهای ۲ ظرفیتی**
  - **دی تیوفسفات ها**



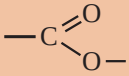
  - **گزنتات‌ها**



- **کلکتورهای برپایه آنیون‌های اسیدهای آلی و سولفو اسیدهای آنیونی**
  - **کلکتورهای با آنیون‌های اسید سولفوریک**



  - **کلکتورهای با گروه کربوکسیل**



اسیدهای ارگانیک و صابون‌ها

گروه کلکتور		نام کلکتور	کاربرد
غیر یونیزه		هیدروکربن‌های غیر قطبی و اشباع‌شده و یا حلقوی مانند نفت، گازوئیل، کروزین، روغن‌های کرکینک، قطران، روغن‌های چوب و بنزین	کانی‌های به‌طور طبیعی آبران مانند زغال و کانی‌های مولیبدن و بیسموت
یونیزه شونده	کاتیونی(آمین‌ها)	آمین‌ها (نیتروژن‌های ۵ ظرفیتی) این کلکتورها مشتقات آمونیاک هستند و در محدوده pH، ۹ تا ۱۱ خاصیت کف‌سازی دارند.	سیلیکات‌ها، فسفات‌ها و همچنین هماتیت، کاسیتریت، کلسیت و کانی‌های غیر فلزی و نمک‌ها به‌کار می‌روند. برخی از انواع آنها در فلوتاسیون سولفیدها هم کاربرد دارند.
	آنیونی(تیول‌ها)	گزنتات‌ها	سولفیدها و بعضی از کربنات‌ها
		دی تیوفسفات‌ها	معمولاً همراه با گزنتات‌ها جهت فلوتاسیون سولفیدهای مس و سرب به‌کار می‌روند.
		تیو کربنات‌ها	سولفیدها
		تیوکاربامیدها	سولفیدها
		مرکاپتان‌ها	نیکل و کبالت و سرب‌های اکسیده
		تیوکاربا نیلیدها	گالن
		اکسیدریل‌ها شامل کربوکسیلات‌ها، سولفونات‌ها، آلکیل سولفونات‌ها و هیدروکسامات‌ها	در pH، ۴ تا ۸ خاصیت کف‌سازی دارند. فلزات قلیایی خاکی و همراه گزنتات در فلوتاسیون اکسیدها و سولفیدها کاربرد دارد.

تنظیم‌کننده‌های pH: برای فلوتاسیون هر کانی pH بهینه‌ای وجود دارد که تحت آن شرایط، بازیابی فلوتاسیون حداکثر می‌شود. به‌علاوه مقدار pH بر عملکرد مواد شیمیایی تأثیر به‌سزایی دارد.

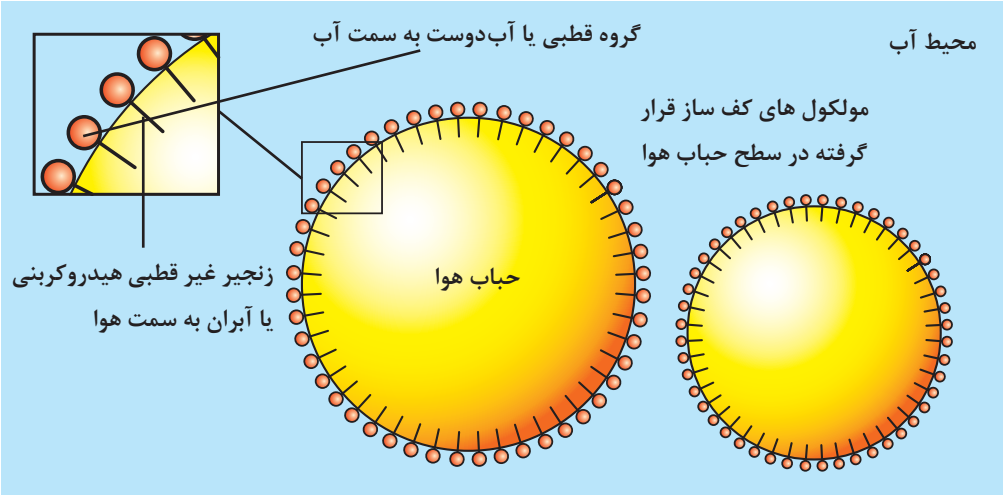
بیشتر عملیات فلوتاسیون در محیط‌های قلیایی که pH از ۷ تا ۱۳ تغییر می‌کند صورت می‌گیرد. pH مناسب به نوع کانی، نوع و غلظت مواد شیمیایی و دمای محیط بستگی دارد. pH، کمتر از ۷ را اسیدی و pH بالای ۷ را قلیایی گویند. موادی که عمدتاً برای تنظیم pH در فلوتاسیون مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

جهت افزایش pH: آهک، کربنات سدیم، هیدروکسید سدیم و هیدروکسید آمونیوم

جهت کاهش pH: اسید سولفوریک، اسید سولفورو و اسید هیدروکلریدریک

کف‌سازها: کف‌سازها ترکیبات قطبی و غیر قطبی هستند که خاصیت آنها در فصل مشترک فاز مایع و جامد

زیاد بوده و باعث جذب کانی‌های آبران می‌شوند.
عمل ایجاد کف در مایعات خالص کار دشواری است. زیرا حباب‌های تشکیل شده به محض رسیدن به سطح مایع پاره می‌شوند. کف‌سازها دارای ترکیبات قطبی و غیر قطبی هستند که بر روی پوسته بیرونی حباب‌های هوا اثر می‌کنند به‌طوری که سر قطبی یا آب‌دوست آنها به سمت آب و زنجیر غیر قطبی هیدروکربنی یا آبران به سمت هوا قرار می‌گیرد.



جهت‌گیری مولکول‌های کف‌ساز در سطح حباب‌ها

علاوه بر توانایی کف‌سازها در تشکیل کف، این مواد نقش‌های دیگری نیز در محیط پالپ ایفا می‌کنند که شامل:
تشکیل حباب‌های ریزتر: بدین ترتیب توزیع هوا در سلول فلوتاسیون بهبود خواهد یافت.
کاهش میزان ادغام حباب‌ها: تجمع کف‌سازها در سطح حباب هوا، به دلیل ایجاد بار همنام از تماس و ادغام حباب‌ها با یکدیگر جلوگیری می‌کند.
افزایش مقاومت سطحی حباب‌ها: کف‌ساز باعث کاهش کشش سطحی و افزایش الاستیسیته در سطح حباب‌ها شده و در نتیجه سبب افزایش پایداری حباب‌ها می‌شود.
کنترل شکل حباب‌ها: کف‌سازها باعث کروی‌تر شدن و در نتیجه کاهش سرعت صعود حباب‌ها در سلول فلوتاسیون می‌شود.
کف‌سازهای عمده در فلوتاسیون عبارت‌اند از:

کف‌ساز	کاربرد و مقدار مصرف
متیل ایزوبوتیل کربینول (MIBC)	در فلوتاسیون کانی‌های سولفیدی (~۳۰ g/t) و زغال‌سنگ (~۱۲۵g/t)
روغن کاج	در فلوتاسیون کانی‌های سولفیدی (~۳۰ g/t) و زغال‌سنگ (~۱۲۵g/t) و سیلیکات‌ها (همراه با کلکتورهای کاتیونی)
کرزیل (اسید کرزیلیک)	در فلوتاسیون کانی‌های سولفیدی (~۴۰ g/t)
پلی‌اترهای هیدروکسیله	در فلوتاسیون کانی‌های سولفیدی (~۲۵g/t)

بازداشت‌کننده‌ها (بازدارنده‌ها):

مواد شیمیایی هستند که اضافه کردن آنها به محیط فلوتاسیون باعث هیدروفیل (آب‌دوست شدن) دیگر کانی‌ها و در نتیجه فلوته نشدن آنها می‌گردد و در عین حال تأثیر نامناسبی بر روی کانی مورد نظر جهت فلوته شدن ندارد. مدت بازداشت کردن ممکن است موقتی و یا دائمی باشد.

بازداشت‌کننده‌ها به دو گروه آلی و غیر آلی (معدنی) تقسیم می‌شوند. انواع غیر آلی در اثر واکنش‌های شیمیایی در سطح کانی جذب می‌شوند. بازداشت‌کننده‌های آلی نیز به‌صورت لایه‌ای نازک سطح کانی‌ها را می‌پوشانند. انواع بازداشت‌کننده‌ها عبارت‌اند از:

بازداشت‌کننده‌های غیر آلی	محدوده کاربرد
یون CN^- (به شکل NaCN)	بازداشت کانی‌های سولفیدی با عناصر Zn، Cu، Fe، Ag، Cd، Ni و Sb
یون $(Cr_2O_7)^{2-}$ (به شکل دی کرومات پتاسیم $K_2Cr_2O_7$)	جهت بازداشت گالن
سولفید سدیم	بازداشت سولفیدهای روی و آهن و همچنین مس طی فلوتاسیون مولیبدن
گاز SO_2	بازداشت سولفیدهای روی، آهن و گالن
سولفات روی	بازداشت اسفالریت و پیریت
کربنات‌ها، فسفات‌ها، سولفات‌ها و فلوئورها	بازداشت کانی‌های خانواده نمک‌ها به کمک اسیدهای چرب
سیلیکات و متاسیلیکات سدیم ($Na_2O.mSiO_2$)	بازداشت کوارتز و گانگ‌های سیلیکاته و همچنین کلسیت
غلظت یون H^+	جهت بازداشت بعضی کانی‌ها
اسید فلوسیلسیک	بازداشت میندریت، تورمالین، کوارتز و توپاز
فلوئوریک	جهت بازداشت کوارتز
هیپوکلرید سدیم	بازداشت کالکوپیریت و کالکوسیت
آهک	بازداشت پیریت و پنتلاندیت
بازداشت‌کننده‌های آلی	**محدوده کاربرد**
اتر پلی گلیکول	بازداشت کلسیت و دولومیت
نشاسته و دکسترین	بازداشت رس‌ها، گالن، اکسیدهای آهن، میکا و تالک
کربوکسی متیل سلولز	بازداشت هماتیت، کلسیت، دولومیت، آپاتیت و تالک
صمغ و گارها	بازداشت تالک و کانی‌های سیلیکاته
تانن و کبراکو	بازداشت کلسیت و دولومیت

فعال کننده‌ها: از جمله معرف‌هایی هستند که خاصیت شناور شدن بعضی از مواد معدنی را تقویت می‌کنند. زیرا بعضی از کانی‌های فلزی سولفیدی به‌خصوص روی و بعضی از کانی‌های غیر فلزی در حالت طبیعی به وسیله کلکتور شناور نمی‌شوند و باید با اضافه کردن فعال‌کننده آنها را شناور نمود. برخی از فعال‌کننده‌های مهم عبارت‌اند از:

فعال کننده	محدوده کاربرد
یون‌های مس و سرب	جهت فعال کردن سولفیدها به ویژه اسفالریت
سولفور سدیم	جهت سولفیدی کردن کانی‌های کربناته نظیر سروزیت و مالاکیت
نیترات و استات سرب	جهت‌فعال‌کردن‌اسیبنیت،نمک‌طعام‌ونیزفعال‌کردن‌سیلیکات‌هاوکربنات‌هایاکلکتورهای‌چرب
یون فلورید	جهت فعال کردن بعضی از سیلیکات‌ها نظیر فلدسپات و بریل

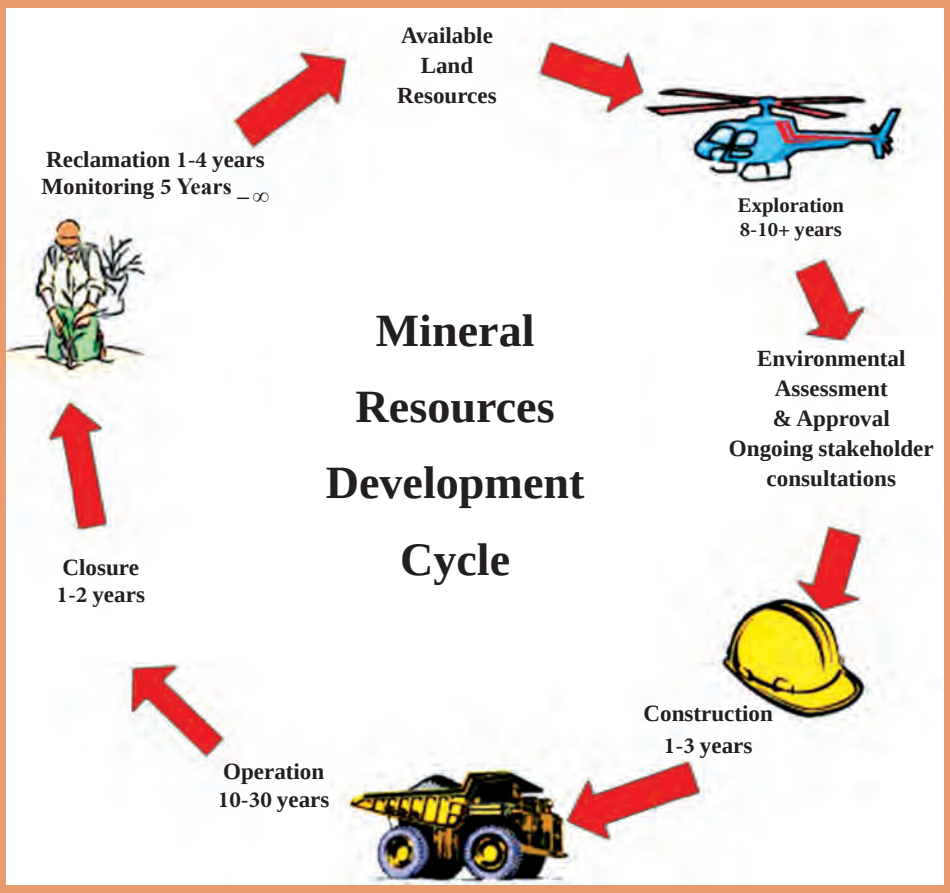
متفرق کننده‌ها: در برخی موارد لازم است تا ذرات رس و نرمه را که در سطح کانی‌ها چسبیده و از شناور شدن آنها جلوگیری می‌کند برداشته شود. کربنات سدیم به عنوان متفرق کننده اصلی برای حذف رس و نرمه از سطوح کانی‌ها به کار می‌رود.

ارزشیابی پودمان ۴ پرعیارسازی مواد معدنی

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
تحلیل روش‌های پرعیارسازی مواد معدنی	تحلیل روش‌های پرعیارسازی در جریان سیالات	دستور العمل‌های پرعیارسازی (جدایش در جریان‌ها و فلوتاسیون)	بالاتر از حد انتظار	اصول کار جیک، میز لرزان و سلول‌های فلوتاسیون را بیان کرده و دستگاه پرعیارسازی را برای ماده‌معدنی انتخاب می‌کند.	۳
			در حد انتظار	اصول کار جیک، میز لرزان و سلول‌های فلوتاسیون را بیان می‌کند.	۲
	انتخاب روش‌های فلوتاسیون در پرعیارسازی مواد معدنی		پایین‌تر از انتظار	اصول کار جیک، میز لرزان را بیان می‌کند.	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان از ۳				
	نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۵

کسب اطلاعات فنی



سرآغاز پیشنهادی پودمان کسب اطلاعات فنی

با پیشرفت و گسترش و تنوع منابع ضرورت است که برای تحقق اهداف و توسعه شایستگی‌های خود به منابع و مراجع غیرفارسی نیز مراجعه کنیم. در این راستا پودمان حاضر به همین منظور در کتاب دانش فنی تخصصی طراحی و تألیف شده است. پودمان «کسب اطلاعات فنی» با هدف یادگیری مادام‌العمر و توسعه شایستگی‌های هنرجویان بعد از دنیای آموزش و ورود به بازار کار، سازماندهی محتوایی شده است. این امر با آموزش چگونگی استخراج اطلاعات فنی مورد نیاز از متون فنی غیر فارسی و جداول، راهنمای ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، دستگاه‌های اداری، خانگی و تجاری و درک مطلب آنها در راستای توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای محقق خواهد شد.

در این پودمان اطلاعات فنی راجع به لغات و اصطلاحات معدنی، تجهیزات ایمنی در معدن، مشخصات فنی ماشین‌آلات استخراجی و تجهیزات نقشه‌برداری، آتش‌باری، قسمت‌های مختلف سنگ‌شکن‌ها و آسیاها، اصطلاحات نمونه‌برداری، ماشین‌آلات پرعیارسازی و .. گردآوری شده است تا بتوان از طریق بروشورها، کاتالوگ‌ها و کتاب‌های راهنمایی با نحوه انتخاب و یا کار با دستگاه‌های مختلف معدنی آشنا شد.

بدیهی است هدف از ارائه این پودمان، تدریس زبان انگلیسی نمی‌باشد بلکه هدف، کسب اطلاعات فنی و تخصصی، حرفه خود می‌باشد. از طریق خواندن منابع ذکر شده می‌توان به این هدف دست یافت. البته برای پشتیبانی این امر در کتاب همراه هنرجو، که خود نیز عملاً یک دانشنامه ویژه بیشتر به خواندن درست لغات، جملات و درک مطالب ارائه شده در کاتالوگ‌ها، بروشور و کتاب‌های راهنمای کاربری تأکید دارد.

پودمان ذکر شده حاوی یک لوح فشرده (CD) آموزشی نیز می‌باشد. در این لوح مطالب ارائه شده در درس به زبان اصلی بیان می‌شود تا راهنمایی در خواندن و گفتار باشد.

هنرجویان عزیز شما می‌توانید علاوه‌بر کتاب همراه هنرجو، فرهنگ تخصصی لغات را در فرایند یادگیری و ارزشیابی به‌همراه داشته باشید.

کسب اطلاعات فنی

Technical words And Expression

Mineral	A homogeneous, inorganic, often crystalline, naturally compounds which are found in the earth.
Gangue	The commercially valueless material in which ore is found.
Mine	excavation in the earth for the purpose of digging out minerals
Mining	process of working mines
Ore	A mixture of minerals and gangue from which at least one of the metals can be extracted.
Deposits	A natural occuring of a useful mineral or ore in sufficient degree of concentration to invite exploitation.
Reserves	ore bodies that may be worked at some future time
Geology	science of the history and development of the Earth
Proven reserves	the reserve that meatured with exploration method with certainly 95%
Probable reserves	the reserve that meatured with exploration method with certainly 75%
Possible reserves	the reserve that meatured with exploration method with certainly 60%
Resources	an ore body which can be used for mining
Zinc	metallic chemical element (Zn)
Copper	metallic chemical element (Cu)
Iron	metallic chemical element (Fe)
Lead	metallic chemical element (Pb)
Chromate	metallic chemical element (Cr)
Manganese	metallic chemical element (Mn)
Coal	A natural carbon compound that use for fuel.
Gold	malleable precious yellow metal (Au)
Silver	precious metal that used to make jewelry (Ag)
Metal	any of several solid mineral elements (such as gold, silver, copper, etc.) that are malleable under heat or pressure and can conduct heat and electricity
Metallic	similar to metal
Grade	assey of element in an ore that measurd with Chemical Analysis
Indications	sign of a ore body
Field	a large area containing valuable ore
Prospect	search an area for valuable mineral

Part (1): Mine and Mining Industries in Iran

Iran is rich not only in oil and gas, but also in mineral deposits. Iran has the world largest zinc reserves and second-largest reserves of copper. It also has important reserves of iron, lead, chromate, manganese, coal, gold and …

Economic geology of Iran is one of the best in the world from a mining perspective point of view. Proven & Probable reserves of metallic and non-metallic deposits are > (more than) 55Bt (billion ton), with 62 known types of mineral deposits and >5,500 known ore deposits and indications, a number which are inactive or not yet developed. The mining sector has a main role in Iran's economy. About 30 percent (30%) of the countries investment has been made in the mining field in recent years. Over 200 iron ore deposits (Reserves of >4.5Bt grading 45-60% ~3% of global reserves, 45 manganese ore deposits (e.g. Robat Karim >300Mt Mn) and 500 ore deposits of copper are known in Iran. Presently there are 10 active copper mines in Iran whose reserves amount to 3Bt of ore, containing 30Mt Cu comprising 9% of the worlds known copper reserves.

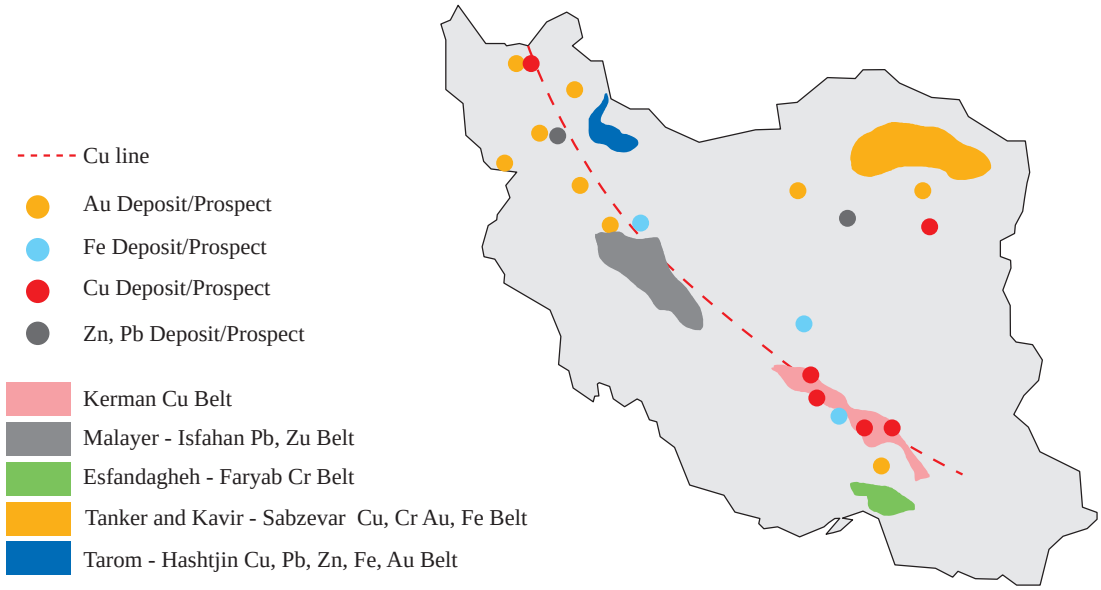
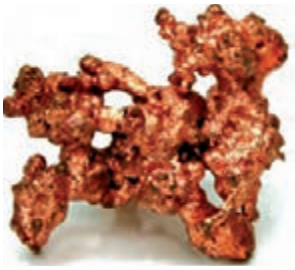


Figure) Areas with the potential of metallic mines

Technical words And Expression

copper belt	a large continious stretch area with similar Geological properties that have potential for copper mineralisation
porphyry	a texture of rock that have a disseminated mineral on non-granolar background
drilling	act of boring a hole
discovered	a ore body that find with exploration method
fluid inclusion analysis	a method of mineralogy study
mineralization	a location that making into naturaly minerals
exploration	examination, checking; searching to unknown regions with geological method for ore
alloys	mixture of metals

Copper Ore in Iran



Native Copper

Copper Ore

Copper Product

Iran's copper reserves, which account for %4 of the world's total reserves, amount to approximately 2,600 million tons. According to the reviews made, Iran is situated on the global copper belt which stretches from northwest to southeast of this country.

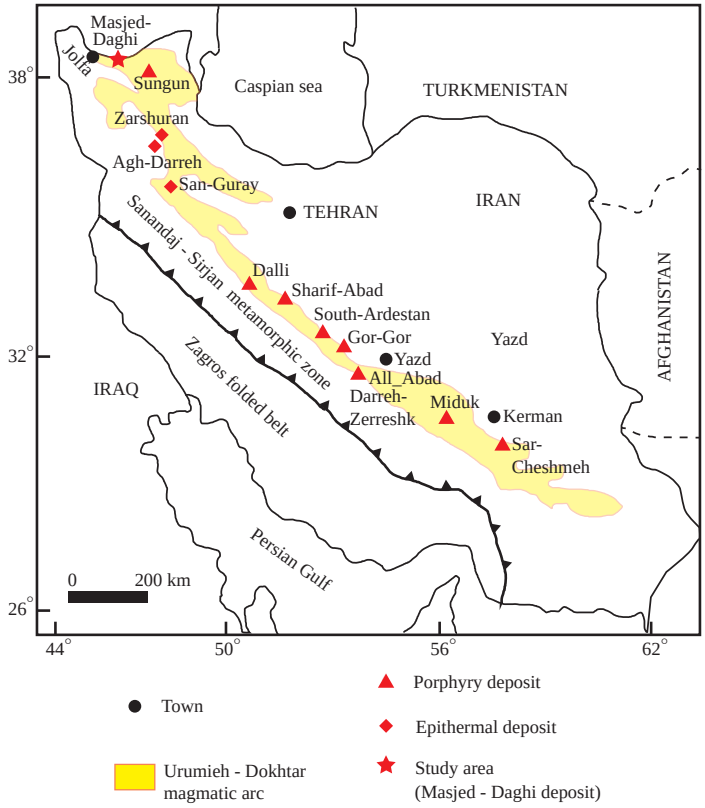


Figure) Iran copper belt

During the 1960s and 1970s, geologic surveys by the Iranian government led to the systematic recording of known deposits, as well as the search for new ones. As a result, about 250 copper occurrences and several potentially viable projects were recognized, including the Darreh-Zerreshk and Ali Abad porphyry systems. At the same time, prospecting and drilling was underway at Sarcheshmeh. Sungun deposit was discovered in the 1970 when fluid inclusion analysis suggested the presence of mineralization similar to that found at other world's large copper deposits.

In 1972, Sarcheshmeh Copper Mine of Kerman was established. By 1977, about half the country had been surveyed from the air, but less than one-fifth had been explored on the ground.

Over the past 10 years, the Exploration Companies had exploration efforts for porphyry copper deposits, particularly in the northwestern Arasbaran and southeastern Kerman regions of the country.

Sarcheshmeh and Meiduk in Kerman Province and Sungun in eastern Azerbaijan Province are the three largest porphyry copper mines in the country.

Iron Ore in Iran

Iron Ore

pellet

Iron product

Today, iron and steel industries are one of the most basic economic and social foundations of the world and this is because of the essential need of human beings to advance their life.

These Industeries product plays important roll in our life; because in addition to its application in the field of construction, bridge, building, shipbuilding and locomotive manufacturing industries and constitutes the foundation of machinery technology in the form of different alloys.

The discovery of an iron axe dating back to 3000 B.C.(Before Christ) inside a Sumerian tomb in south of iron ore extraction and use of iron by man had been common since about 3000 years B.C. and was mainly practiced in Egypt, syria, China, Iran, and India. Some of the works of that period have been discovered in Neyriz, Fars Province, and in Golgohar, Kerman Province. At first, man used natural iron ore with different degrees of purity.

The use of pure iron was made possible in about 1300 years B.C. when presumably pure iron was extracted accidentally as a result of intense heating of mineral rocks by charcoal.

Figure) Ancient iron tools in Iran

The iron ores from which iron is extracted are mainly in the form of iron oxides, such as magnetite or hematite, with 2-20 percent of impurities (such as silicate and aluminates). The impurities are separated from the iron in the furnace.

Major iron ore producing companies and complexes in Iran are Chadormalu Company, Golgohar Company, Iran Central Iron Ore, Sangan, Sirjan, Jalalabad, Mishdovan and Iran Central Plateau.

Chadermalu, Golgohar and Sangan are considered the largest iron ore mines in Iran and the region. Experts describe Sangan (situated about 300 km southeast of Mashhad, Khorasan Razavi Province, and near Afghanistan border) as the "Mineral Assalouyeh" of Iran believe it has a very high mineral potential.

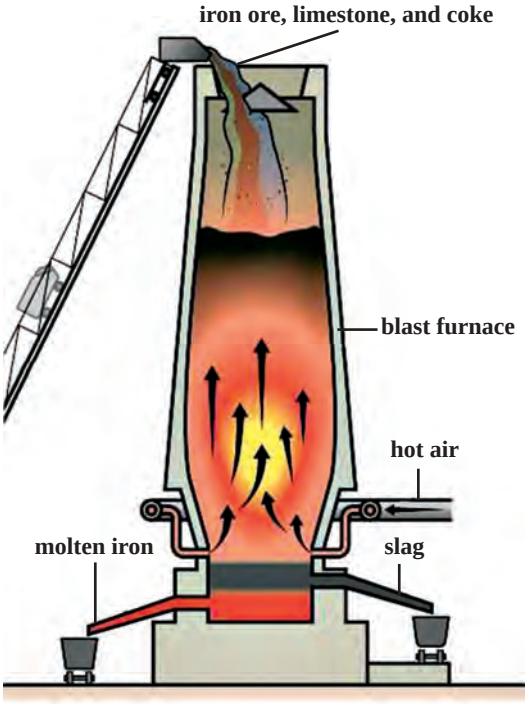
Technical words And Expression

Extraction	taking out ore from mine
Furnace	A device which generates heat (for heating homes, melting metals, etc
Impurities	quality of being unclean or contaminated
Limestone	sedimentary rock which contains mainly calcium carbonate
Blastfurnace	tall cylindrical furnace used for melting metal and iron from ore by way of heat intensified by a blast of air
Slag	Waste matter separated from metals during the smelting of ore.
Molten iron	liquefied iron by heat
Coal bricket	the small block of coal
Purity	Freedom from contamination.
Power plant	an installation where electrical power is generated for distribution
Steel Mill	factory that processes prouduct of steel
Coal-rich	concentration of coal
Region	Especially part of a country or the world having definable characteristics but not always fixed boundaries.

Coal Reserves in Iran

Coal

Coal bricket



Blast Furnace

Coal is one of the oldest sources of energy supply. At their time, countries that had access to coal resources could make power in the industry and development. The purity of coal and low depth of the mineral in those mines have been one of their advantages and are still very important.

Iran's coal is divided into two groups in terms of consumption market.

1. Coke coal which is mainly consumed in the steel industries and
2. Thermal coal which is mostly consumed in coal power plants.

The coke coal mainly supplies the demand of steel making factories with blast furnace method and Isfahan Steel Mill is almost its sole customer.

Iran's coke coal reserves are more than 1.1 billion tons. If Iran is divided into four main coal-rich areas, the total coal reserves of the country will be as follows:

1. Coal-rich Tabas region
2. Coal-rich Central Alborz region
3. Coal-rich Kerman region
4. Coal-rich East Alborz region
5. Other coal-rich regions

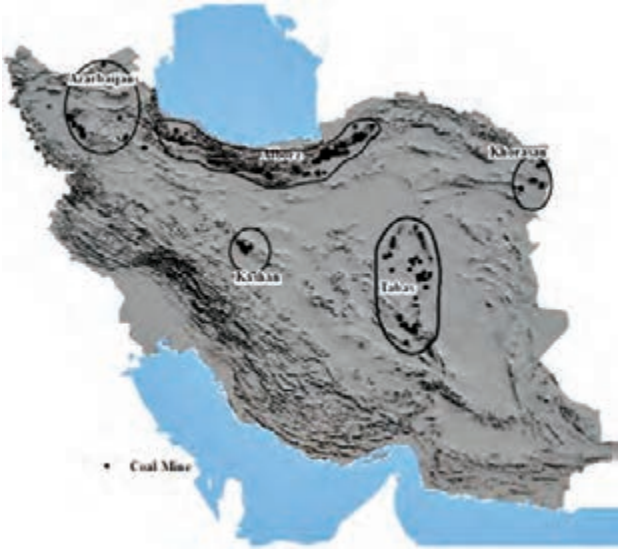


Figure) coal reserve position in Iran

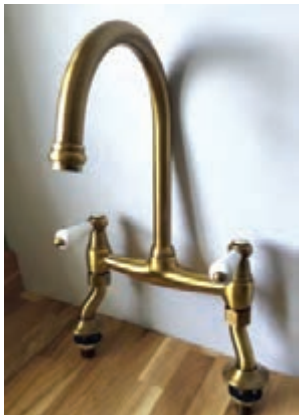
Lead and Zinc Ore in Iran

Iran by possessing 3% of the total world reserves of lead and zinc is the fourth producer of lead and zinc concentrate in Asia after China, Kazakhstan and India.

Zinc is a white and bright metal with a bluish gray appearance and is not found in the nature as an element. It has low toxicity and is flammable in powder form. It is used in many industries such as manufacture of kitchen tools, some alloys such as brass and bronze and in battery production.

Zinc Ore

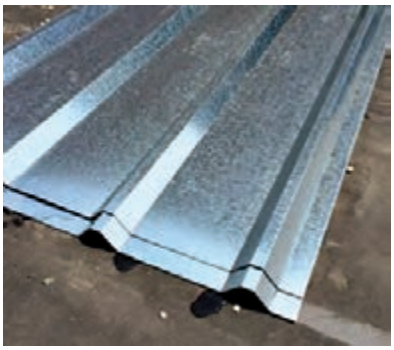
Zinc Alloyes



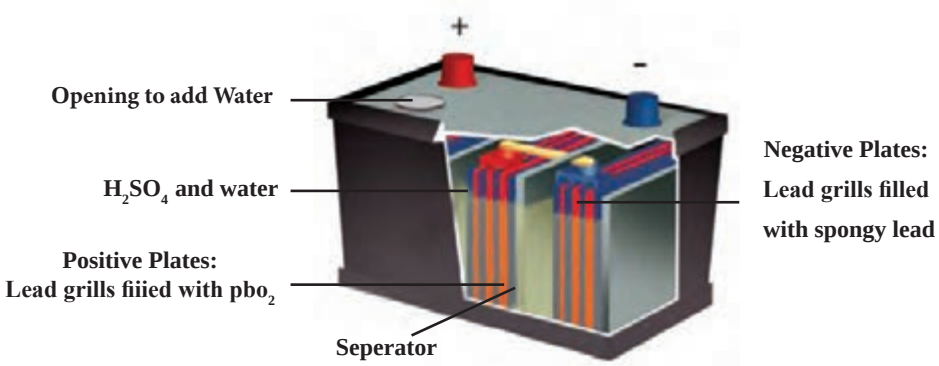
Zink alloy Product

Lead is a gray, soft and heavy metal. It does not catch fire and is toxic in the form of powder or vapor. It has little electric conductivity and absorbs sound waves well. About 50**%** of the lead in the world is used in production of galvanized metal. Lead is used in production of storage battery (car battery).

lead Ore



galvanized metal



storage battery

Iran in terms of geology and structure has several important lead and zinc mineralization poles such as the zones in Sanandaj, Sirjan, Alborz and central Iran where large mines such as Angooran, Mehdiabad, Haft Emarat, Irankouh, etc. are located.

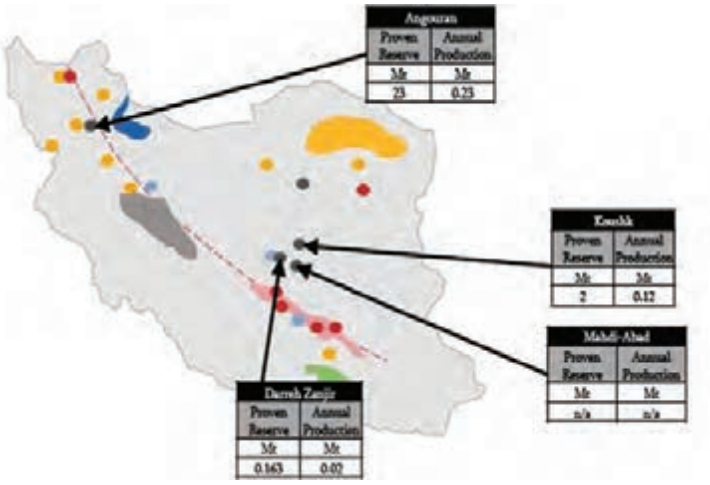


Figure) the biggest Zn-Pb Mine in Iran

The high purity and structure of lead and zinc in Angooran mines (in Zanjan Province) and also volume of lead and zinc mine reserves in Mehdiabad (in Yazd Province) are unique in the world. The amount of lead and zinc reserves in Iran is about 300 million tons which annually an average of about 5.1 million tons are extracted.

Gold Ore in Iran

Gold mine (Zarshouran)

Gold processing plant

Gold ingut

In Iran you can find also gold and silver mines that were operating in the past, some measure was taken to exploit gold mine.same of the Irans gold mine are:

The **Muteh** gold mine, located near meymeh city.

The **Zarshouran** gold mine, located in West Azarbayjan Provence.

The **Agh Darreh** gold mine, located in West Azarbayjan Provence.

Today, approximately 3 tons of gold is produced annually in Iran, and according to the Twenty Year Economic Perspective document, it is set to reach 5 tons per year by 2025.

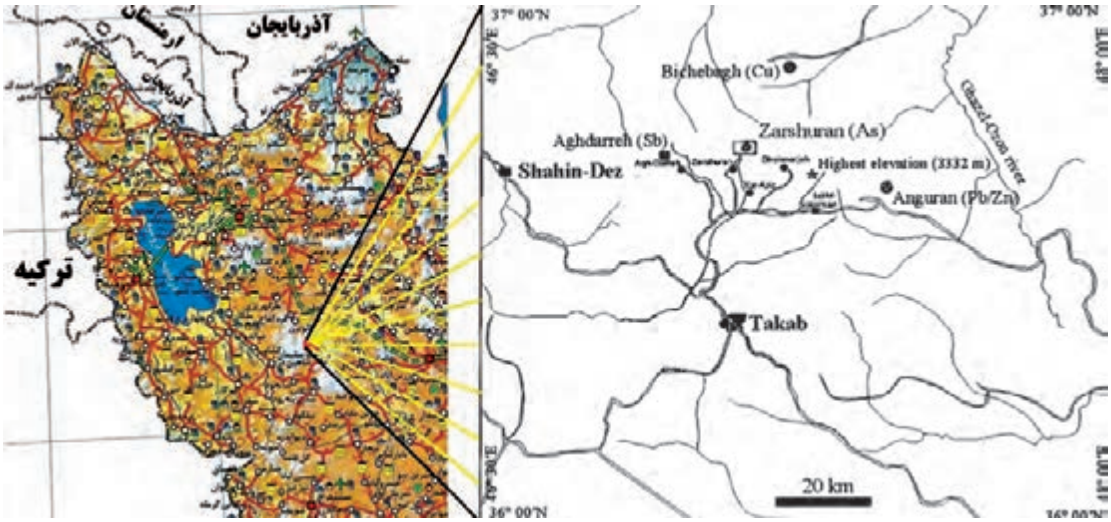
Zarshouran Gold:

A long history of civilization in the Takab region (Takht-e Soleyman) indicates that this mine has been known since the Maad and Sassanid periods. More over, the mining works found during these periods include the use of placers and washing gold-bearing sands.

Zarshouran, the largest gold mine in Iran, is located 35 km from the city of Takab and 15 km from Takht-e Soleyman, a cultural heritage and tourism complex.

The mine is located at Zarshouran village, in geological Map 1:250,000 and geographical coordinates: latitude 36–37 degrees and longitude 46–48 degrees. The area can be accessed via an asphalted road (Shaheen- Dezh-Takab and Zanjan- Dandi-Takab).

Zarshouran reserves evaluated 11.5 million tons with an average grade of 7.9 ppm; as a result, discovered the existence of 88 tons of pure gold in the mine.



(Figure) Zarshuran Location Map

Please Complet the sentences and answer the questions

Iran has the world largest ……. reserves and ……. reserves of copper.
Iran is situated on the global …… which stretches from ……. to ……. of this country.
……. and …….. in Kerman Province and ……... in eastern Azerbaijan Province are the three largest …… copper mines in the Iran.
Where were the first Iron discoveries in Iran?
What are the two types of iron Oxides ore?
Write the name of four Major Iron ore producers companies in Iran.
What is coal?
What is the consumption market of coal in Iran?
…… is a white and bright metal with a bluish gray appearance and is not found in the nature as an element. It has low toxicity and is flammable in powder form.
Lead is ……..
What is the important used of zinc and lead in industry?
The high purity and structure of lead and zinc in …… mines (in …….. Province) and also volume of lead and zinc mine reserves in …… (In …….. Province) are unique in the world.
Where are located the important Iran's gold mine?
What is the zarshouran mine geographical coordinates?
Zarshouran reserves evaluated …….. million tons with an average grade of ……. ppm;

as a result, discovered the existence of ….. tons of pure gold in the mine.

PART (2): Safety in mine

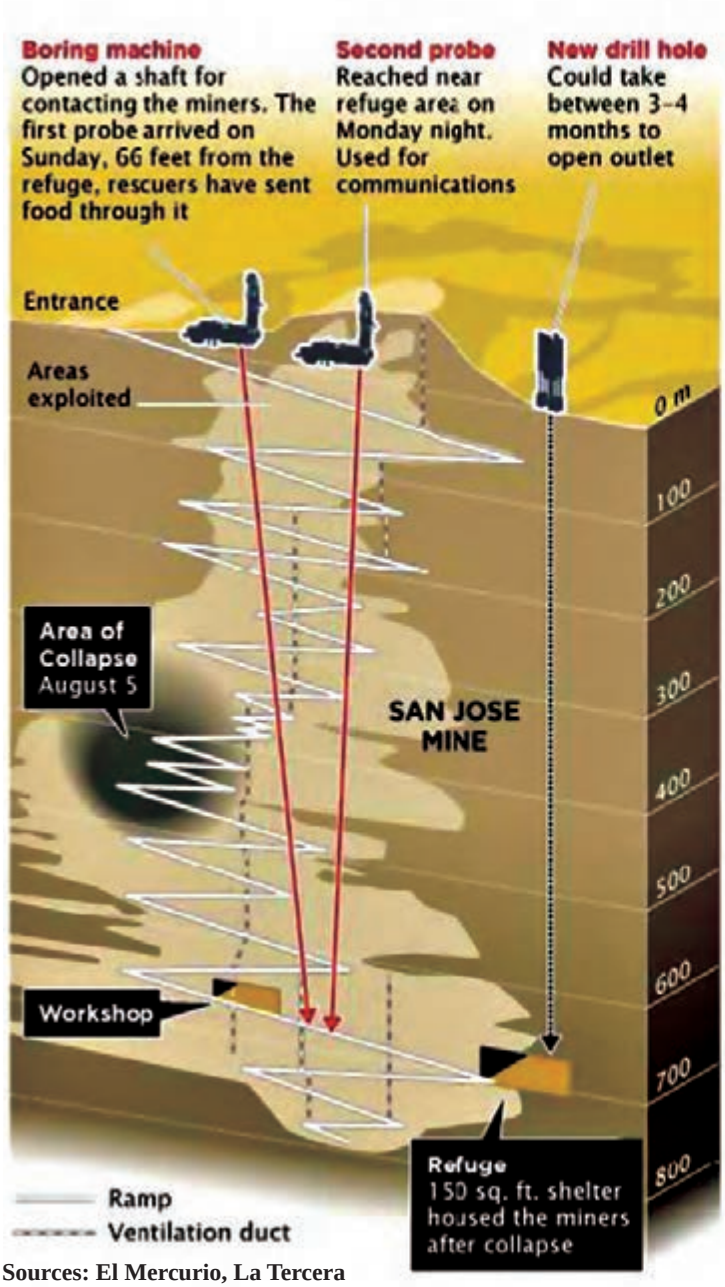
Technical words And Expression

Exploitation	the process of mining and removal of mineral from a mine
Borehole	hole drilled in the Earth
Ramp	a slope or inclined plane for joining two different levels
Shaft	any vertical passage way on underground mining method
Miner	one who works in a mine
Ventilation	the provide of fresh air to underground mine
Collapse	fall apart
Helmet	a hard or padded protective hat
Soil	uppermost part of the earth's crust which consists of humus mixed with rocks and minerals
Assembly	gathering; act of putting together parts
Wireless	a communications without wires

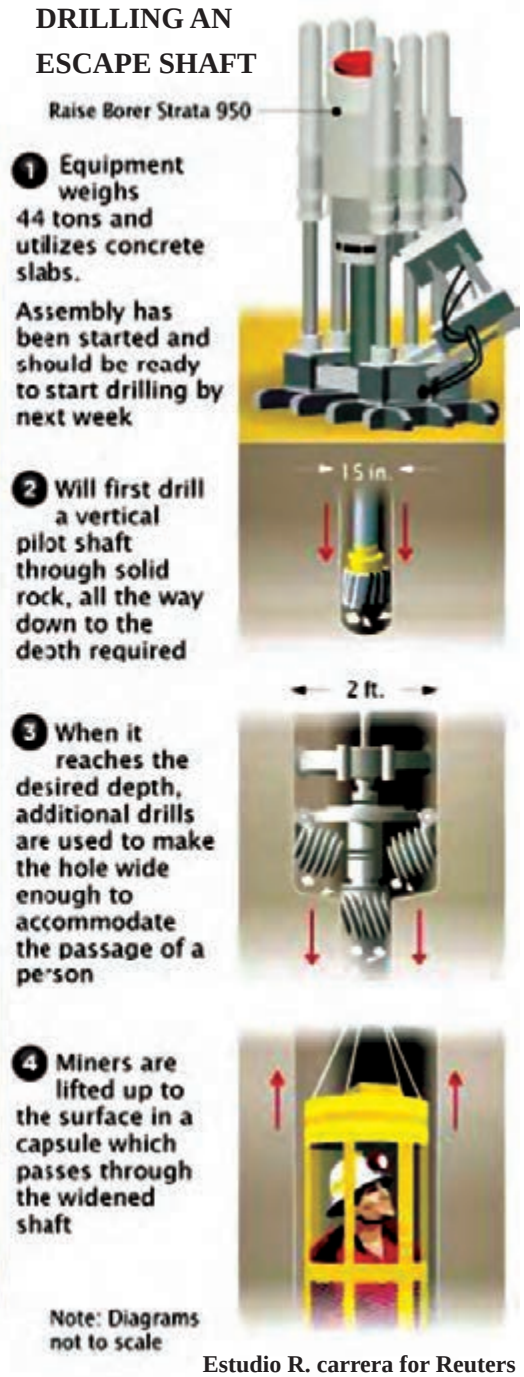
This picture shows how rescue the miners Trapped in the mine

CHILEAN MINERS RESCUE

Rescue workers began mounting a large drilling machine on Tuesday that will allow them to rescue 33 miners trapped for 19 days undergound



DRILLING AN ESCAPE SHAFT



Sources: El Mercurio, La Tercera

Estudio R. carrera for Reuters

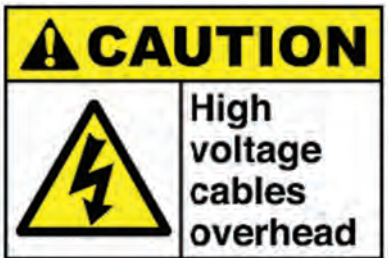
Look at the picture, and learn the Safty rules and use them in mining acivities

Look at the picture and write the name of each equipments

No.	Equipments Name
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

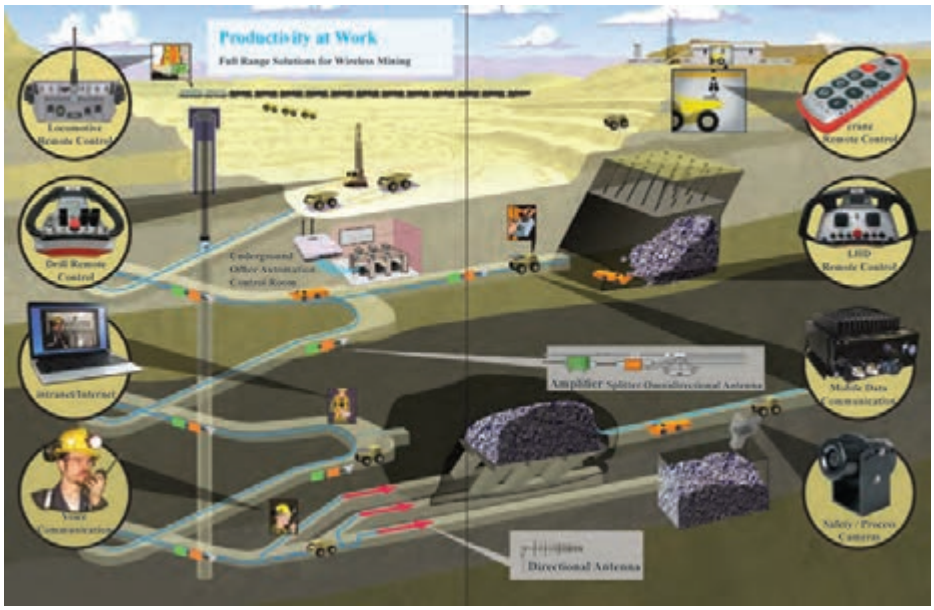
Warning signs

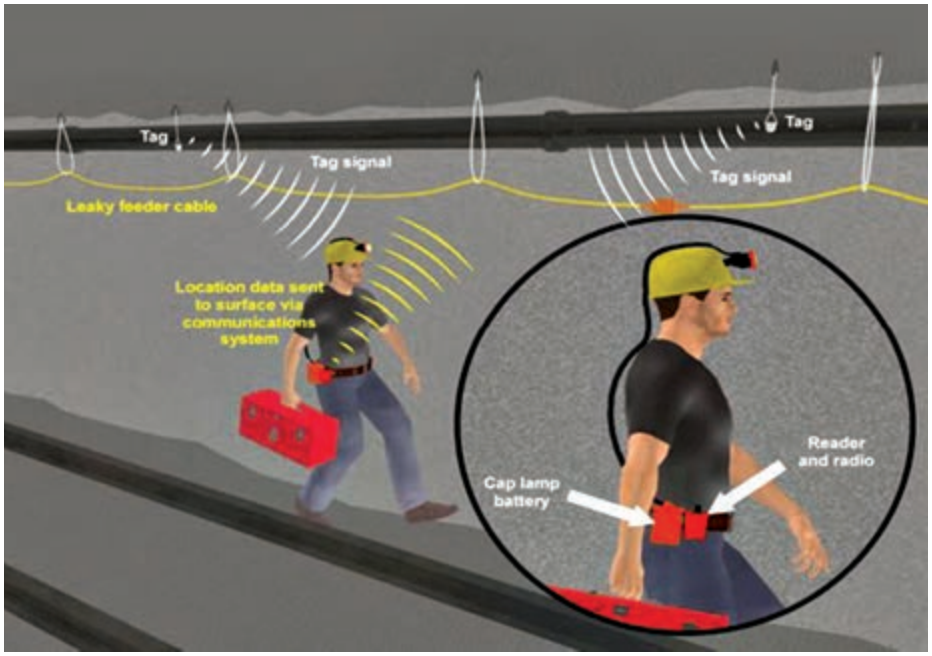
Look at the pictures, do you know meaning, Explaine each of them



Mine communications Equipments

Communication systems have important role in the mine. With this system one can has access to the different part of the mine very short time; in the following picture you see the wireless communication mine system





Vocabulary practice:

What is exploitation?

What is ramp?

What is wireless?

Who is a miner?

List the mine communications equipment?

PART (3): Drilling and Sampling

Technical words And Expression

Feed Frame	a strong pieces that give feed, force or Ore to the another part
Wireline	a kind of drilling method
Mast	long pole above the drilling rig
Rod	a type of pipe that use in drilling
Pump	machine used to move liquids by suction
Core	the column of rock that take out with drilling from the earth
Bit	the cutting edge of a drill
Drilling rig	drilling machin
Mud	soft, sticky matter resulting from the mixing of earth and water

A multitude of features
that make the difference

The mast and feed frame

The mast is carrying the full weight of the drill string. The feed frame is over 3 m long and use for rod changes.

Main hoist and wire–line system

Main hoist has chosen to use for removal of drilling rigs parts. The main wire hoist is used as the wire-line system for core removal.

Hydraulic jacks and mast dump

Hydraulic jacks and mast dump getting a rig into position ready for drilling can be time consuming. Once in place the inte- grated hydraulic jacks are lowered to stabilise the rig. Then the mast is raised into position while the mast dump slides the feed frame into place.

Rod holder

Rod holder Placed at the base of the feed frame. This safety measure means the rod is always clamped in place when the drilling rig is shutdown.

Rotation unit

Rotation units are the muscles of a drilling rig. The rotation units give an extremely wide range of speeds and torque.

Flush pumps

Flush pumps make sure the right amount of water is pumped into the hole at the right pressure. It also facilitates cuttings and mud removal, cooling and stabilization of the hole.

Diesel engines

Diesel engine provides the mine force for drilling rig.

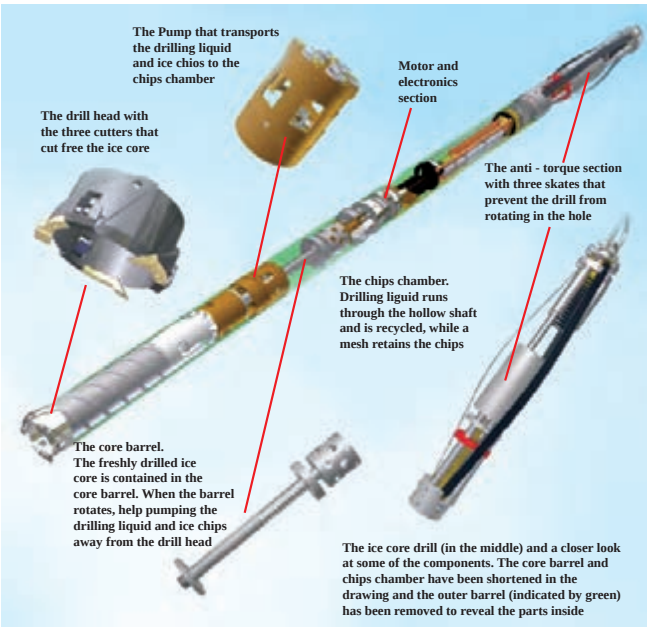
Separate hydraulic oil cooler

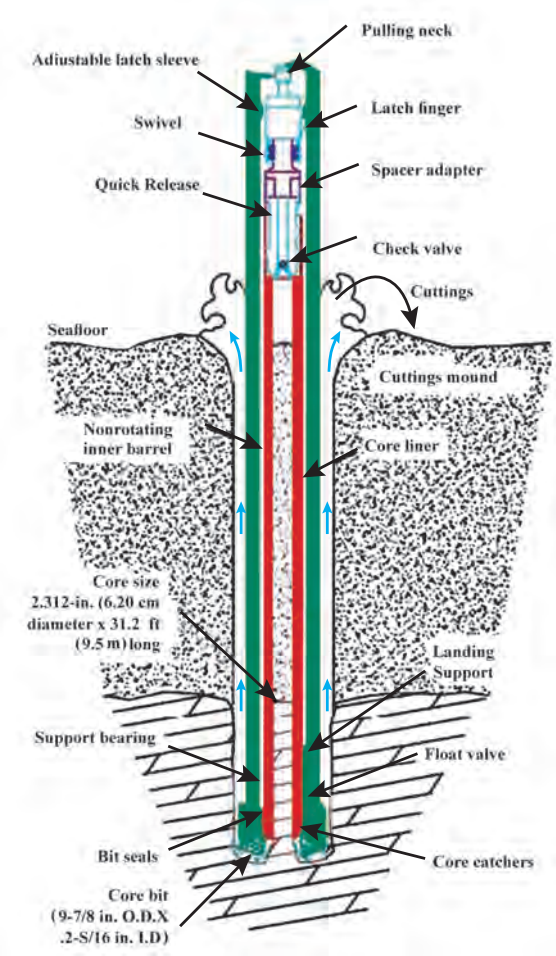
Separate hydraulic oil cooler Keeping cool is not easy when you’re drilling for core samples at temperatures of 50°C. This unique feature is mounted away from the engine and facilitates efficient cooling of the hydraulic oil.

Control panel

Control panel, controls work perfectly. The control panel is mounted on a platform that facilitates an excellent overview of the drill and work site.

Inner bore hole component of a Core drilling rig





Vocabulary and expression practice

Describe the following drilling equipments:

Mast

Rod

Bit

Wireline

mud

List the important inner borehole component of a core drilling rig.

Sampling

Sample	take a small part of something for determine the quality by experimental methods
Soil	uppermost part of the earth's crust which consists of humus mixed with rocks and minerals
analysis	detailed examination of the elements or structure of something
geochemical	an exploration method for taking sample and do processing the analysis chemical result
stream sediment	matter that settles to the bottom of a river
Sieve	a instrument consisting of a wire or plastic mesh held in a frame, used for separating coarser from finer particles
shovel	tool with a handle and a broad scoop used for digging or lifting and removing material
outcrop	part of a large rock which exposed to the surface
chisel	tool with a sharp metal edge that is used to shape and cut wood and stone
libration	the process of setting somethings free from attached matterials

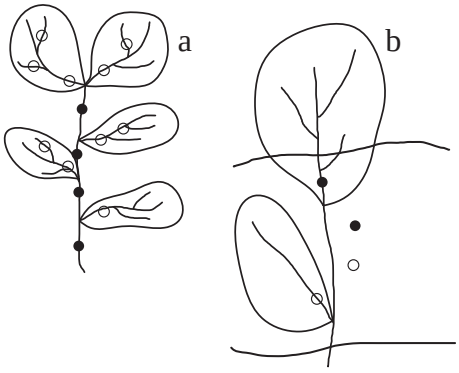
Take a part of things like Rock, Soil, and water and … that shows the properties of them. In mining and geology sampling is used for geochemical analysis or microscopy. Some of the important sampeling methods are:

1 stream Sediment sampling

One of the most widely used methods in regional geochemical approaches is the stream sediments sampling. For taking sample, digging and remove the 15-20 cm top soil and then sampling. The tools are used Sieve and shovel.

● **Sample collected from high stream order**

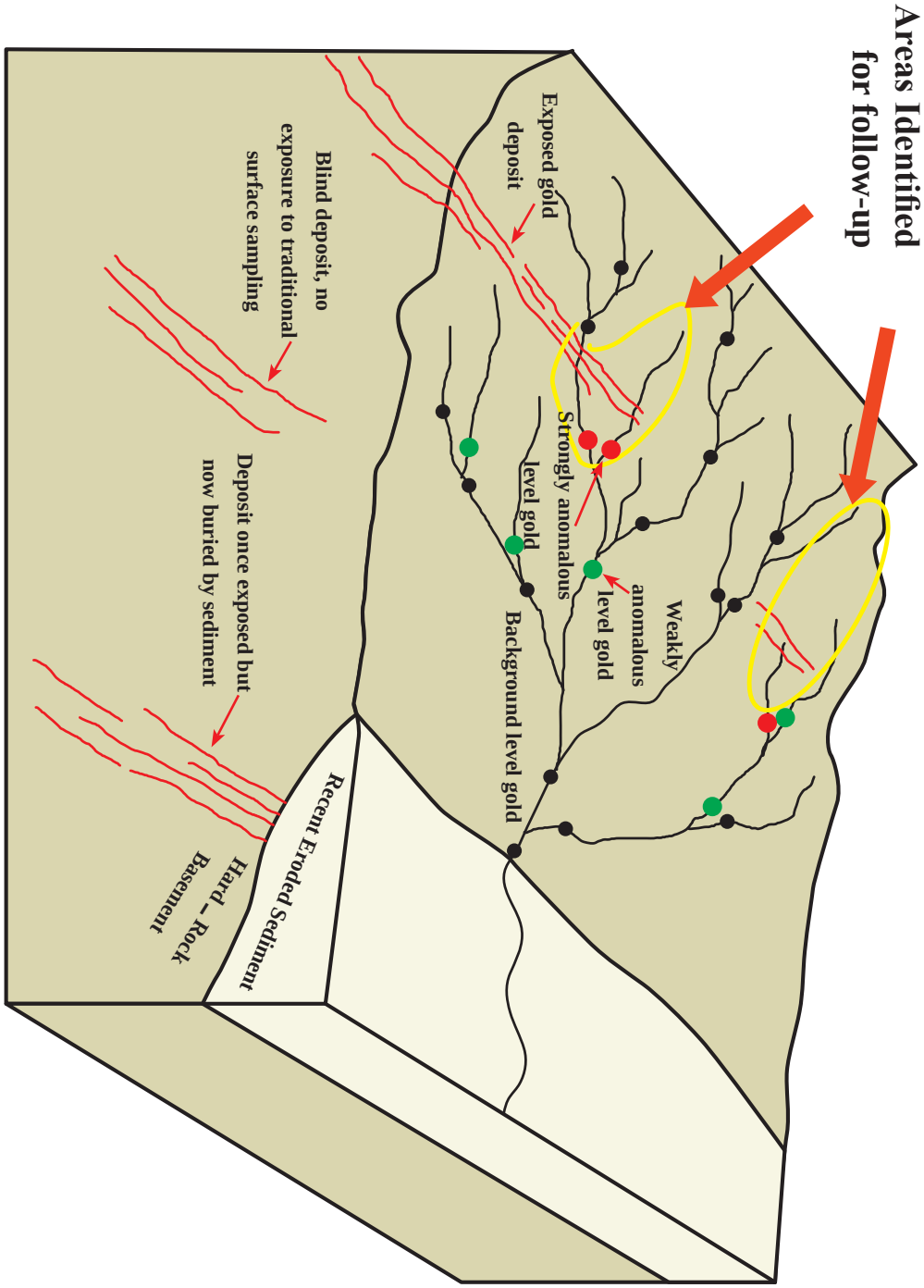
○ **Sample collected from low srream order**



Sample including different geological unit

Sample including on geological unit

geological limit


Areas Identified
for follow-up
Weakly
anomalous
level gold
Strongly anomalous
level gold
Background level gold
Exposed gold
deposit
Blind deposit, no
exposure to traditional
surface sampling
Deposit once exposed but
now buried by sediment
Recent Eroded Sediment
Hard - Rock
Basement

2 chip sampling

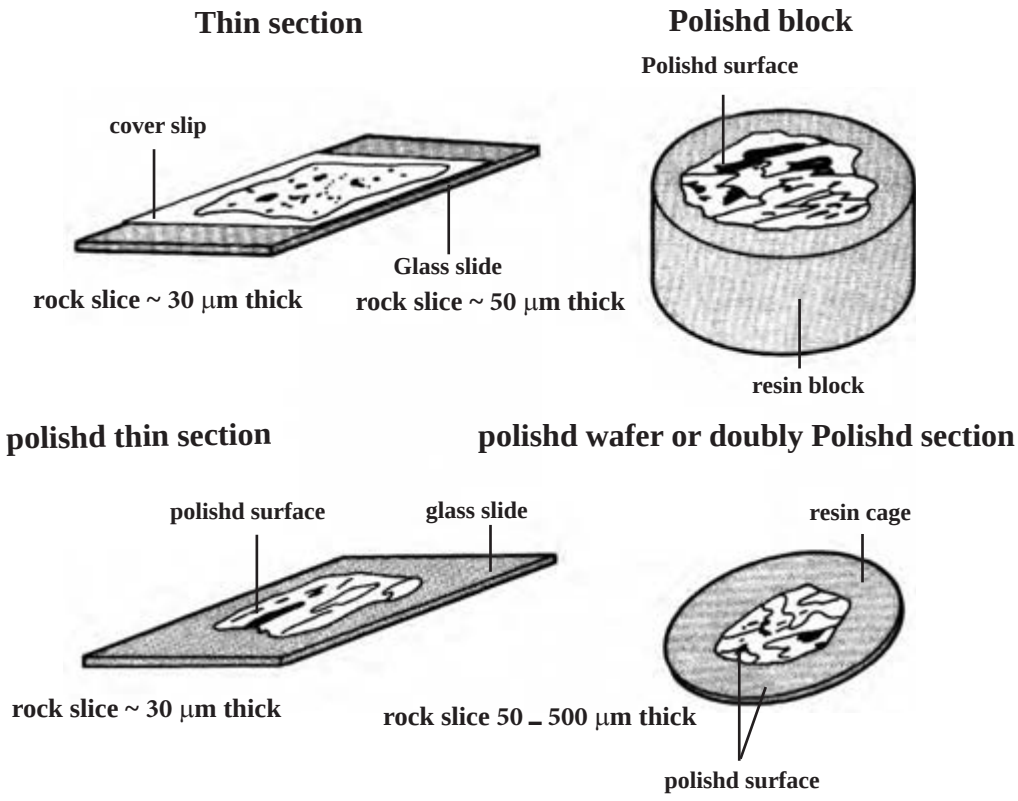
This method is used to take samples from an outcrop. The tools are used hammer and chisel. Samples are taken at the surface fresh and clean.

3 channel sampling

This method can be used for continuous sampling in the surface and also in an underground mine. The tools are used cutting stone machine, hammer and chisel.

4 Thin and Polished section

The following pictures shows different part of thin section, Polished block and polished thin section sampels

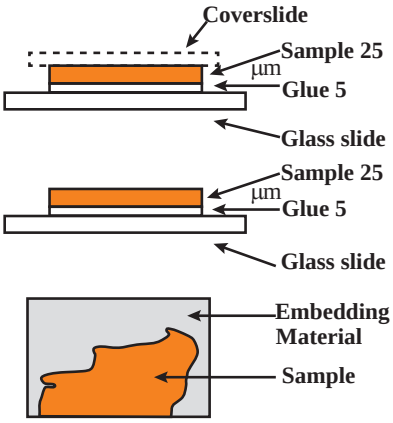


Types Of Thin Sections

1) Thin Sections (+ cover glass)
For transmitted light

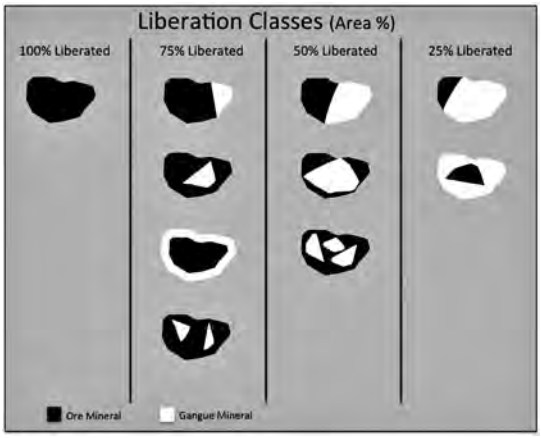
2) Polished Thin Sections
For transmitted & reflected light

3) Polished Sample
For reflected light only



Liberation:

Liberation is crushing and or milling the Rock for liberate the ore minerales from gangue mineral



Please Complet the table and answer the question

Explain sampling and list the differents type of sampling?

Complete the blank cell in the table

	Thin section	Polish section
parts		

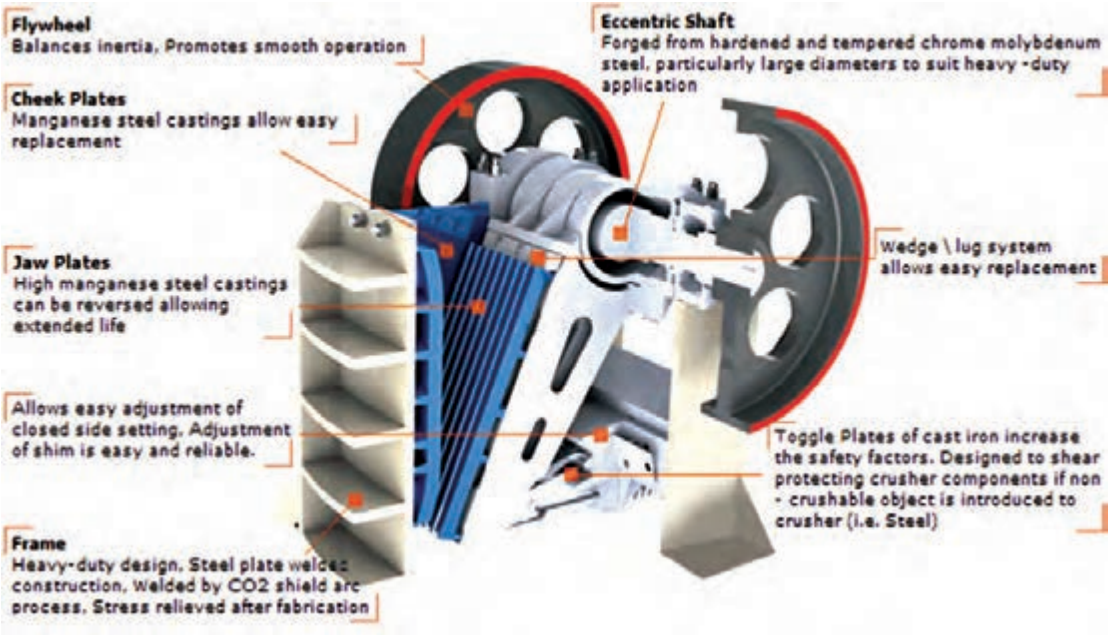
PART (4): Crushing and milling

Technical words And Expression

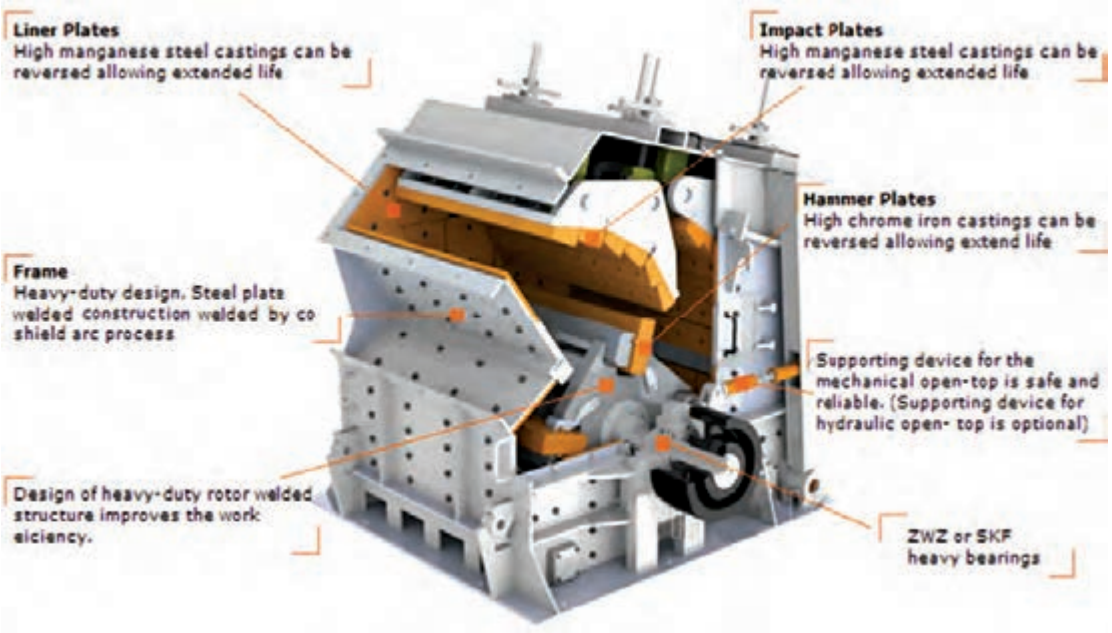
Crusher	the machine that use for brocking rockes
mill	A machin for grinding the product of crusher to the finer particels
Screen	a instrument consisting of a wire or plastic mesh held in a frame, used for separating coarser from finer particles
Rock	hard material on the outer crust of the earth
Shell	hard outer cover
Frame	a structure that surrounds something such as a door or window
Feed	an act of giving ore to mineral processing instrument like Jaw crusher
Discharger	a device that do all things is required to allow (a liquid, gas, or other substance) to flow out.
Hammer	tool with a hard solid head

Crusher

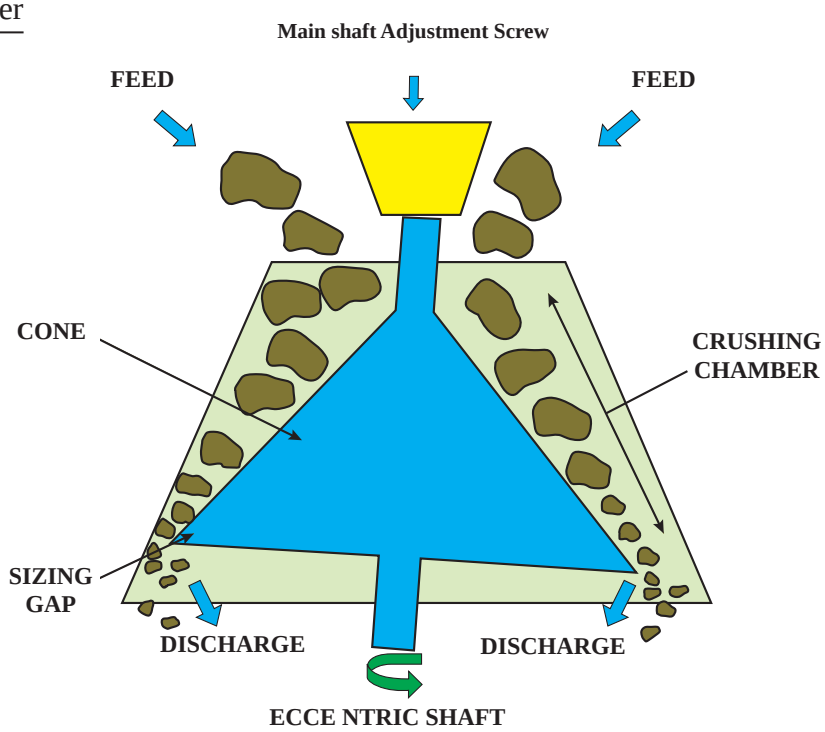
Jaw Crusher



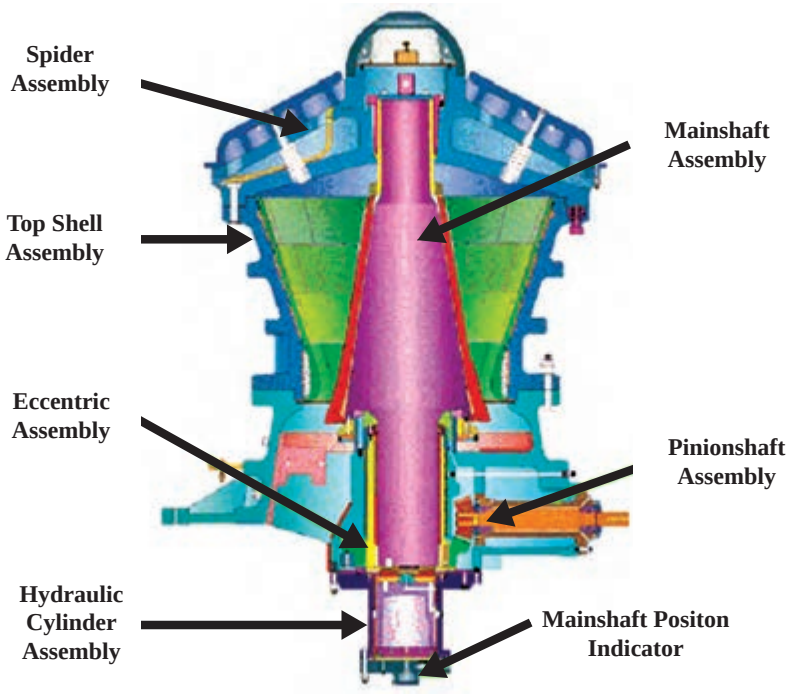
Hammer Crusher

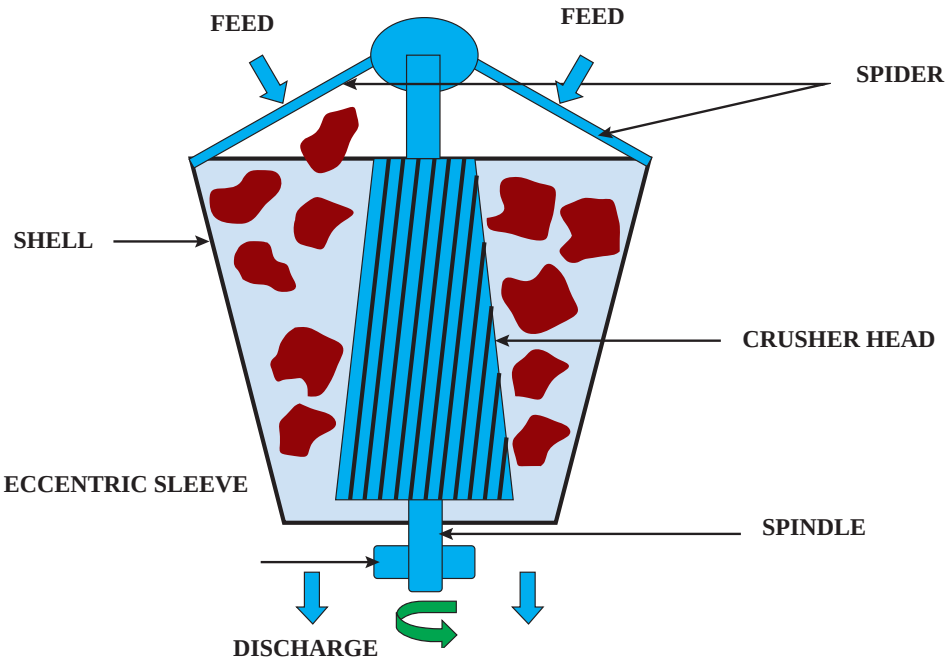


Cone Crusher

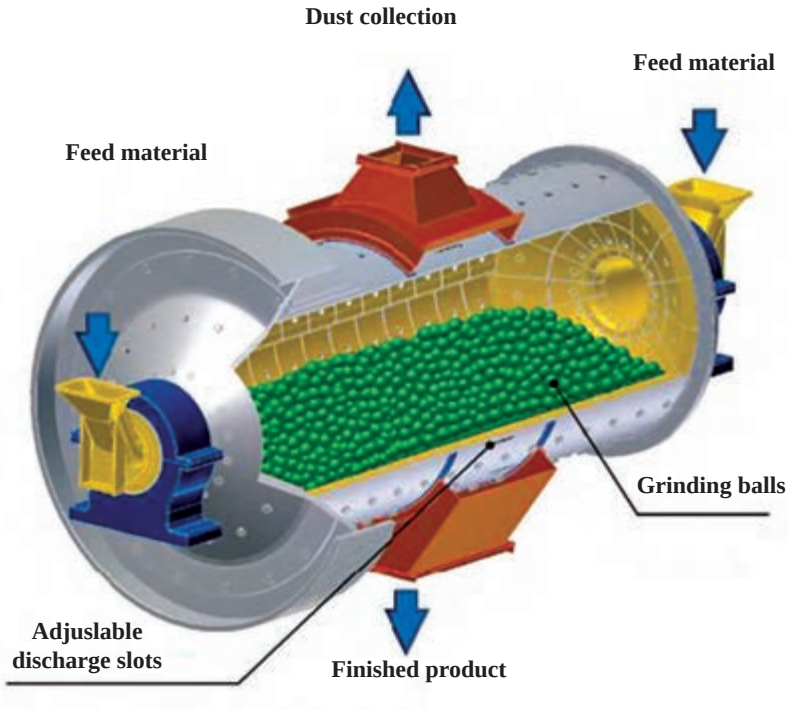


Gyratoyry Crusher




FEED
FEED
SPIDER
SHELL
CRUSHER HEAD
ECCENTRIC SLEEVE
SPINDLE
DISCHARGE

Ball mill


Dust collection
Feed material
Feed material
Grinding balls
Adjuslable
discharge slots
Finished product

Please answer the question

What is feed?

Write the name of first level crushing machine.

List the different part of a cone crusher machine?

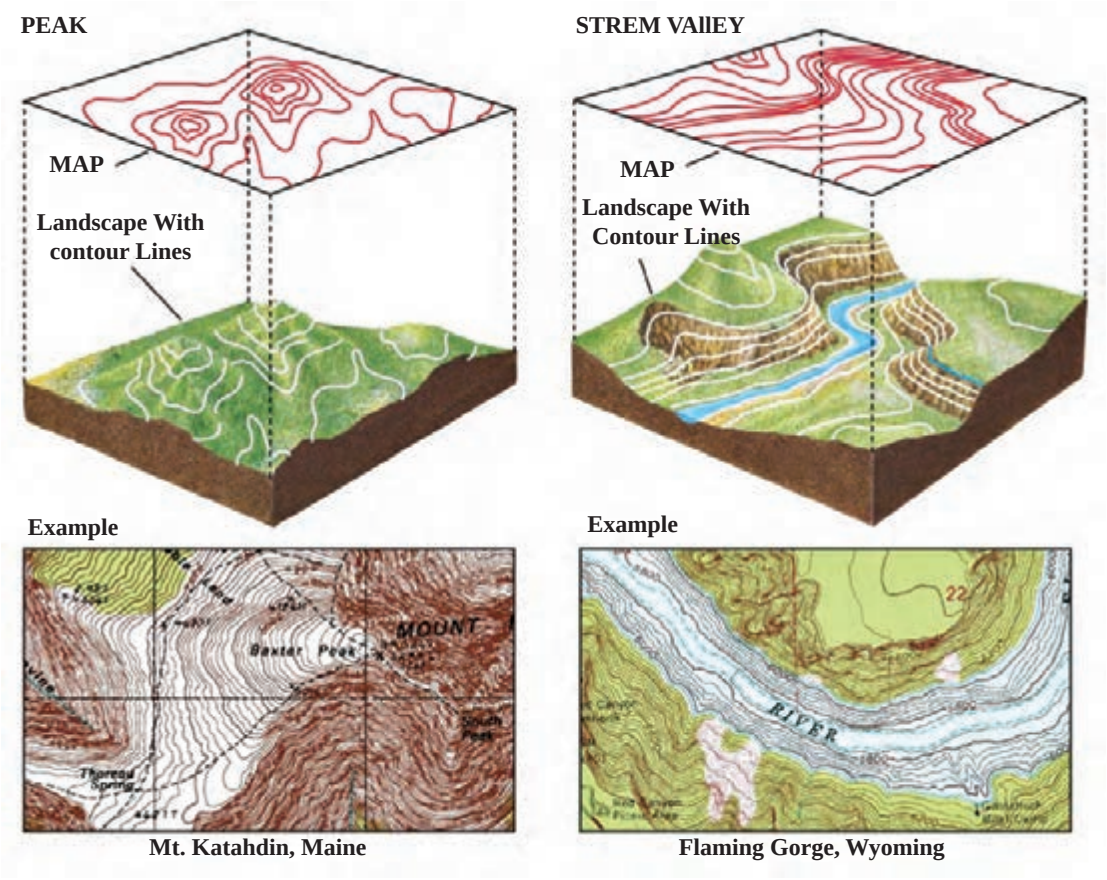
What is mill?

PART (5): Survaying and blasting

Technical words And Expression

Surveying	measure and record the characteristics of a plot of land
level	device used to determine if a surface is horizontal
leveling	changing the ground level to a flat or softly sloping surface
screws	metal fastener with a spiral grooved shaft
valley	low area of land located between hills or mountains
peak	reach the highest point
landscape	all the visible features of an area of land
contourline	a line on a map joining points of equal height above or below sea level.

Surveying Equipment



Mt. Katahdin, Maine

Flaming Gorge, Wyoming

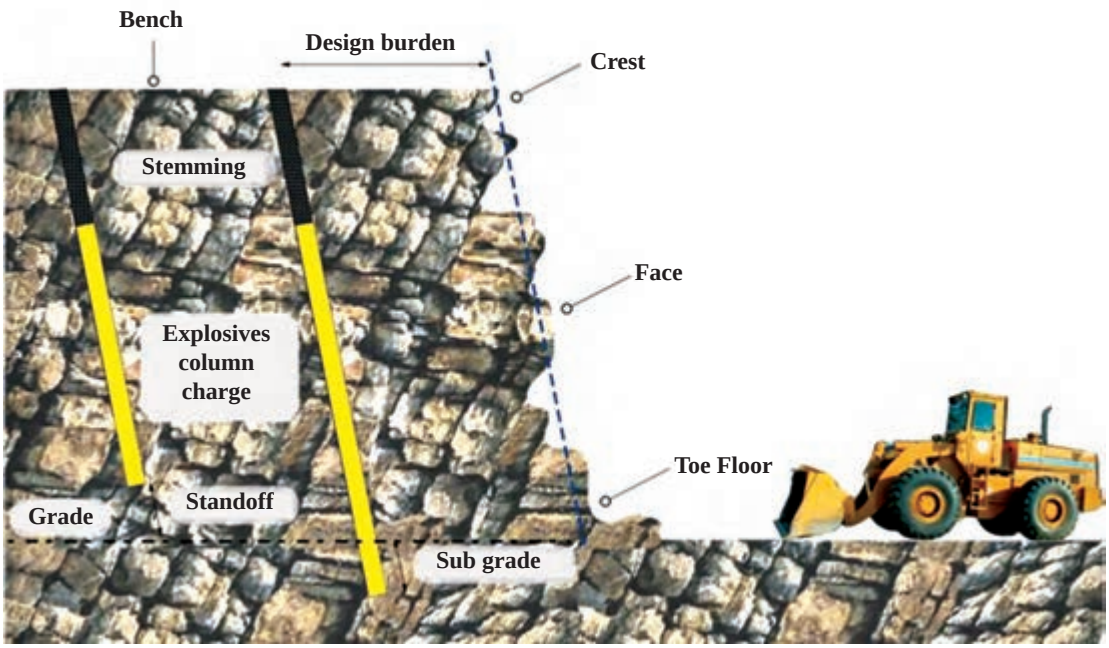
Please answer the question

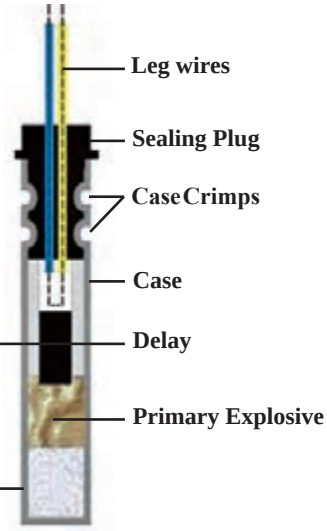
What is leveling scrows?

List the parts of a leveling camera.

Blasting

Explosive	chemical compound that when ignited produces a strong blast of energy
Detonator	device for setting off an explosive
bench	a working level in open pit mine
crest	the top of something, especially a mountain or hill.
steamming	to fill in the end of explosive hole with mud
Face	front part of the working area
Toe	the lowest part of the bench
Floor	flat surface at the bottom of the bench
Burden	the destance between first row of hole from the free space



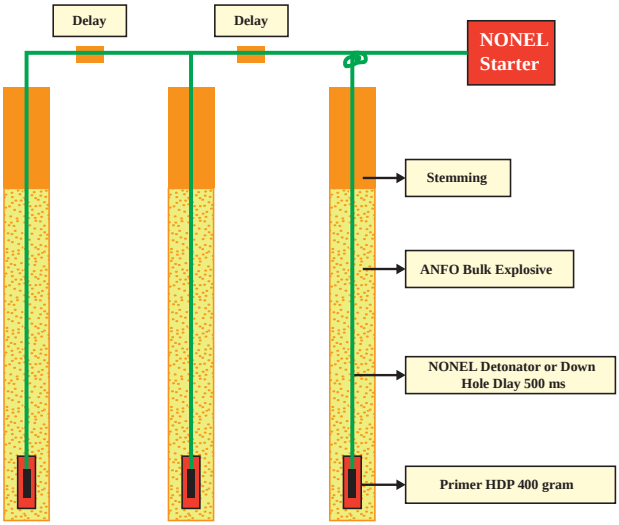


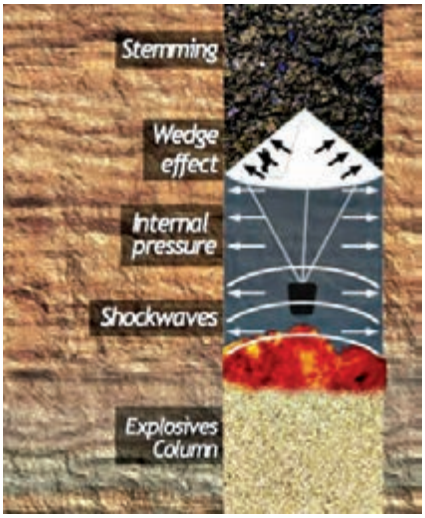
Shock Tube Downline
Rubber Sealing bush
Flatland Crimp

Lsolation Device

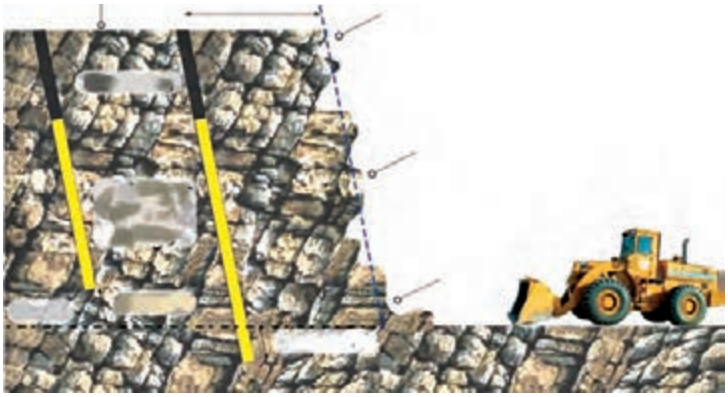
Delay Element Stack

Primary charge
~ 150 mg Lead Azide
Base charge
~ 800 mg PETN





Complet the blank parts in the picture

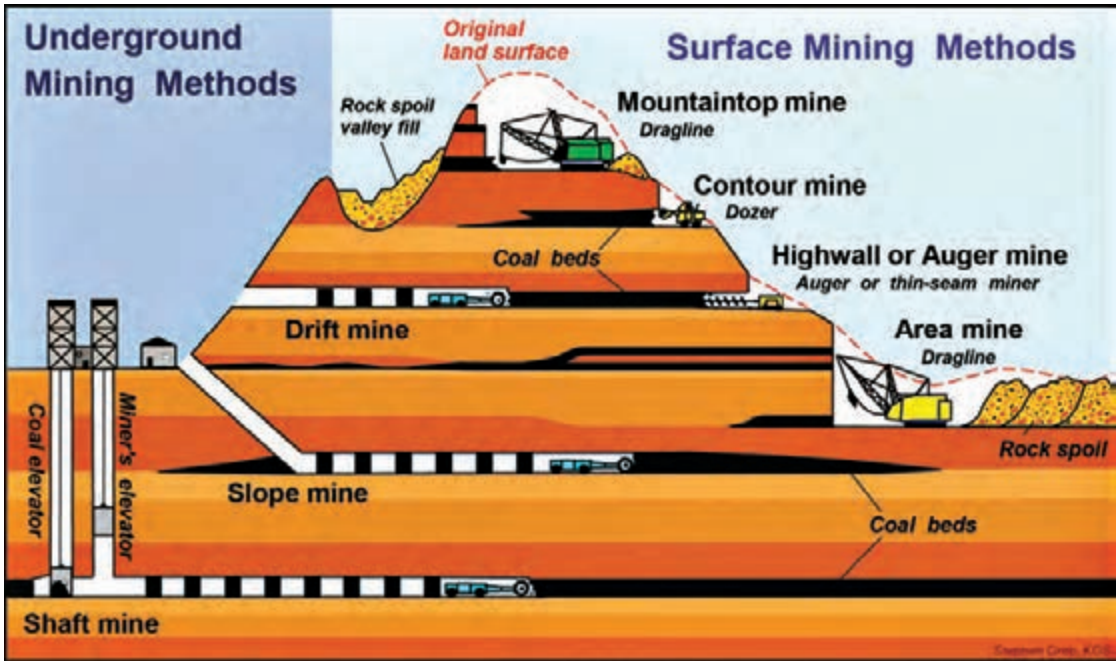


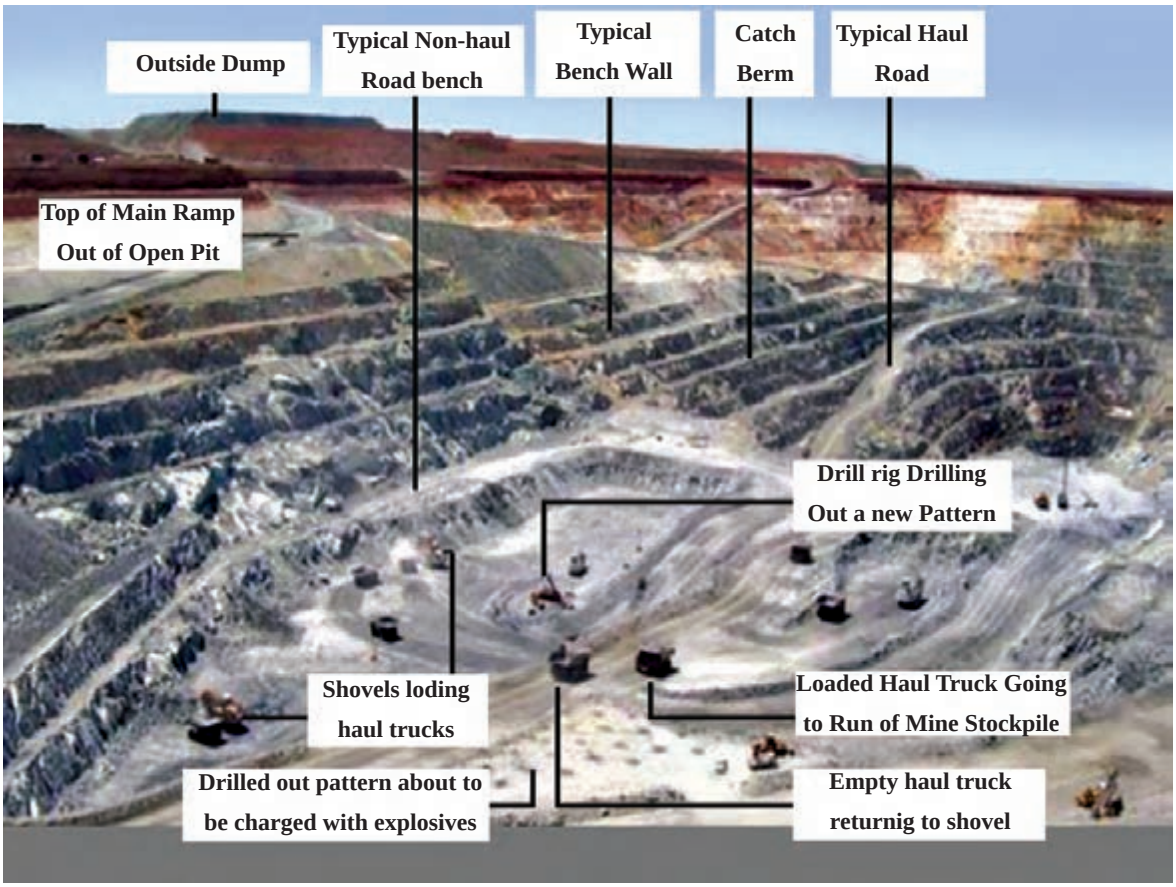
PART (6): Exploitation

Technical words And Expression

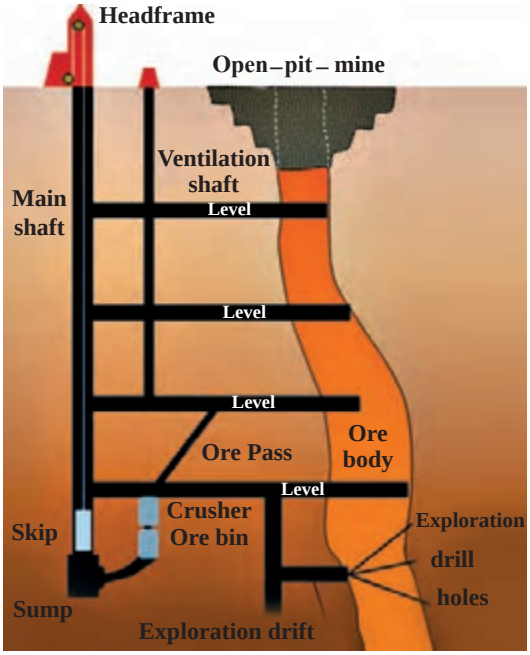
Truck	large vehicle used to carry loads
Underground mining	Excavating mineral deposits by methods that involve shaft or tunnels into the earth
Adit	a horizental shaft that provides an entrance to a mine
Drift	a horizontal shaft at an under ground working level
Open pit	a surface mine in which working levels like traces
Crosscut	a tunnel connecting drifts
Raise	a shaft driven upward from a drift
Winze	a shaft driven downward from a drift
Stope	the area from wich ore is being or has been removed
Sump	a pit where water collects at bottem of a shaft
Slab	flat thick piece of material
Duct	a channel or tube for conveying something like fresh Air
Surface mining	Excavating mineral deposits by methods that do not involve shaft or tunnels into the earth
Shaft	any vertical passage way on underground mining method
Dump	drop somting together
Valve	device that controls the flow of a liquid through a pipe
Ventilation	the provide of fresh air to aunderground mine
Brem	small safty bench in the open pit mine
Dragline	the big excavator machin that used a cable for pull and discharge material
Pillar	narrow vertical structure used as a support in underground mining
Orepass	an incline tunnel that use for fall down ore by gravity
Vein	band of ore between rock layers
Haul track	the very big truck that used in mine
Spiral	curve that twists around a fixed center point

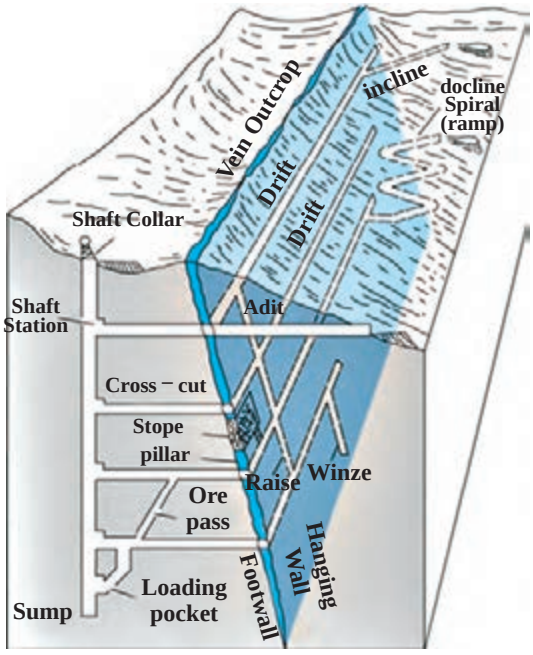
Hanging wall	The block of rock that lies above an inclined fault or an ore body.
Foot wall	The block of rock that lies on the underside of an inclined fault or of a mineral deposit.
Conveyer	mechanical apparatus for carrying material
Shearer	a coal cutter machin that use in long wall mining method
Stockpile	materials that have been accumulated and set aside for future use
Run of mine (ROM)	excavated material from mine

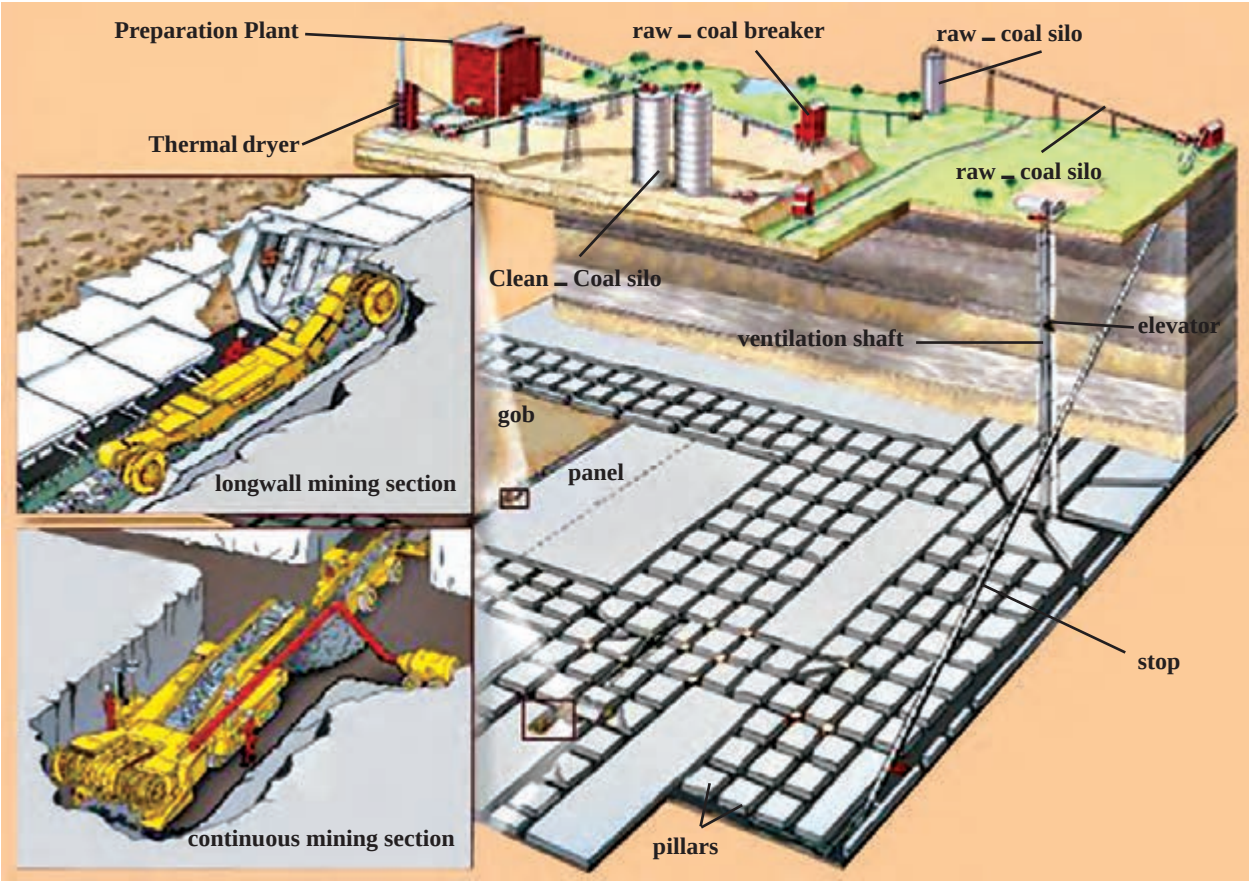


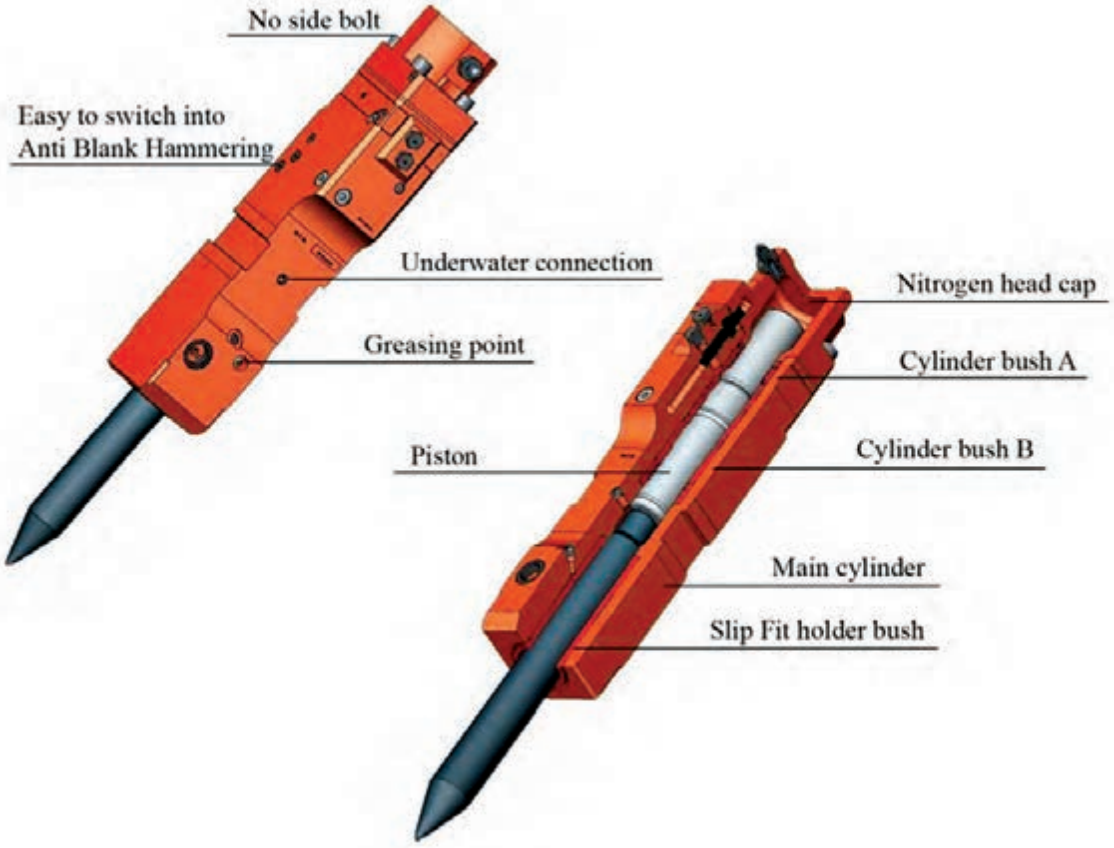


Typical Open Pit mine

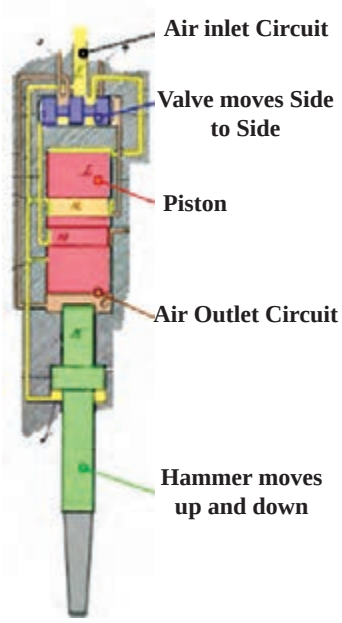


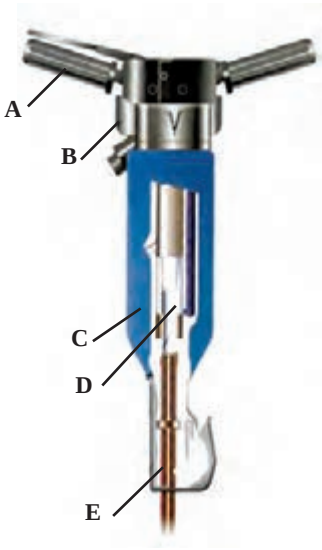



Preparation Plant
raw _ coal breaker
raw _ coal silo
Thermal dryer
raw _ coal silo
Clean _ Coal silo
ventilation shaft
elevator
gob
panel
longwall mining section
stop
continuous mining section
pillars


No side bolt
Easy to switch into
Anti Blank Hammering
Underwater connection
Greasing point
Nitrogen head cap
Cylinder bush A
Piston
Cylinder bush B
Main cylinder
Slip Fit holder bush

The hammers have been designed to deliver the power and efficiency necessary in the mine and construction industry,The part of hammer is shown in the diagram below





A - The handles are made of plastic material to further reduce residual vibrations resulting in a more comfortable use of the hammer.
B - Double spring suspension absorbs vibrations that are transmitted to the operator.
C - Silencer, built in plastic material, has an ergonomic design that does not obstruct the view of the working point.
D - The air cushion that is formed at the end of the piston stroke, practically eliminates all the harmful repercussions for the joints
E - The tool retainer lever allows quick tool change.

Please answer the questions:

What is underground mining?

What is the surface mining?

Explaion the folowing therms

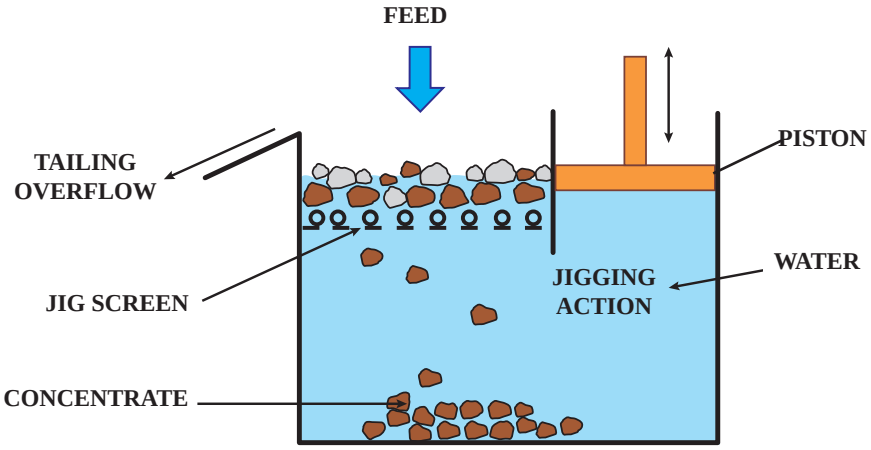
Adit	
Drift	
Raise	
Winze	
Ore pass	
Shaft	

PART (7): Ore Processing

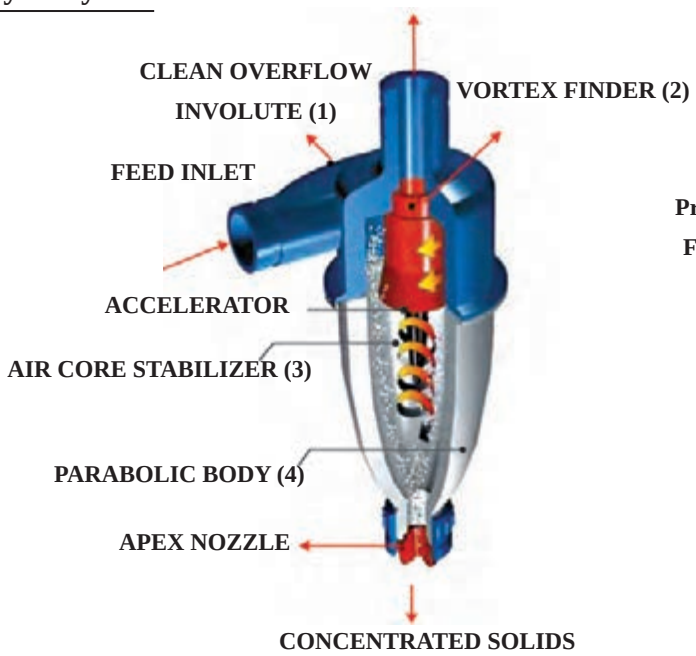
Technical words And Expression

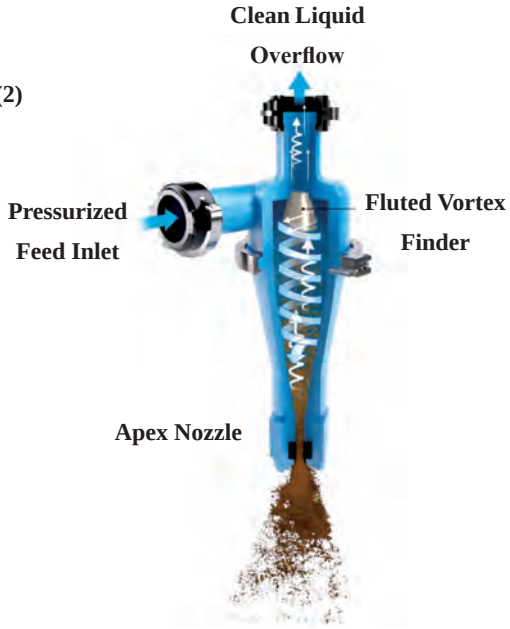
Process	Perform a series of mechanical or chemical operations on something in order to product.
mineral processing	The process of separating valuable minerals from their ores.
Grade	assey of element in an ore that measurd with Chemical Analysis
Gangue	The commercially valueless material in which ore is found.
Flowsheet	a diagram which show all part of a process
Bubble	a thin sphere of liquid enclosing air or another gas
Benchmark	A surveyor's mark that used as a reference point in measuring altitudes.
Valve	device that controls the flow of a liquid through a pipe
Underflow	an undercurrent of air or slurry
Agitator	a device for make circular movements in liquid
Dump	drop somting together
Overflow	an cvercurrent of air or slurry
Slurry	insoluble particles combined with a liquid
Concentration	a process that separating mineral from gangue in an ore
Froth	a mass of small bubbles in liquid caused by agitation
Gravity	earth attractive force
Apex	discharge down valve in hydrocyclon
Vortex	discharge overflow in hydrocyclon
Tailing	The residue of something, especially ore.
Shaking	move (an object) up and down or from side to side with rapid
distributor	a tools that feed equally
Splitter	a tools that divide things
Tickener	A tools that settle particels from water

Jig

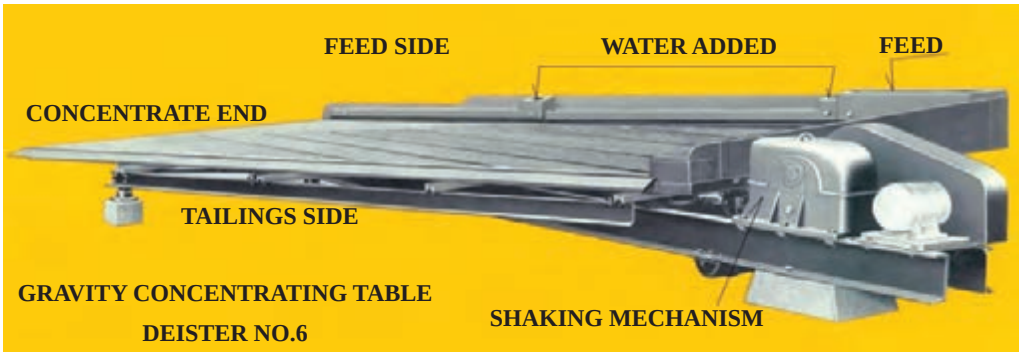


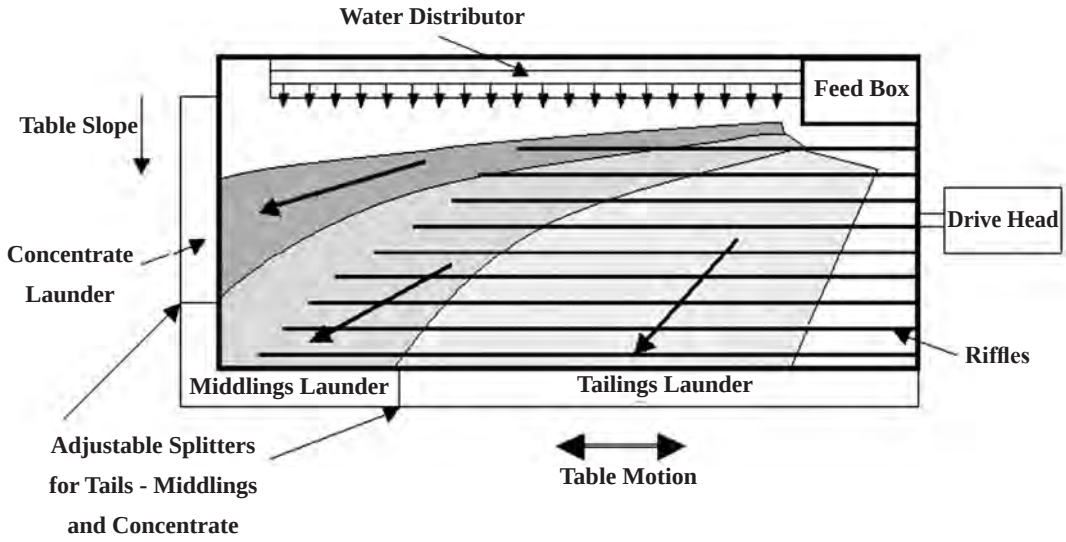
Hydrocyclon





Shaking Table





Humphreys spiral

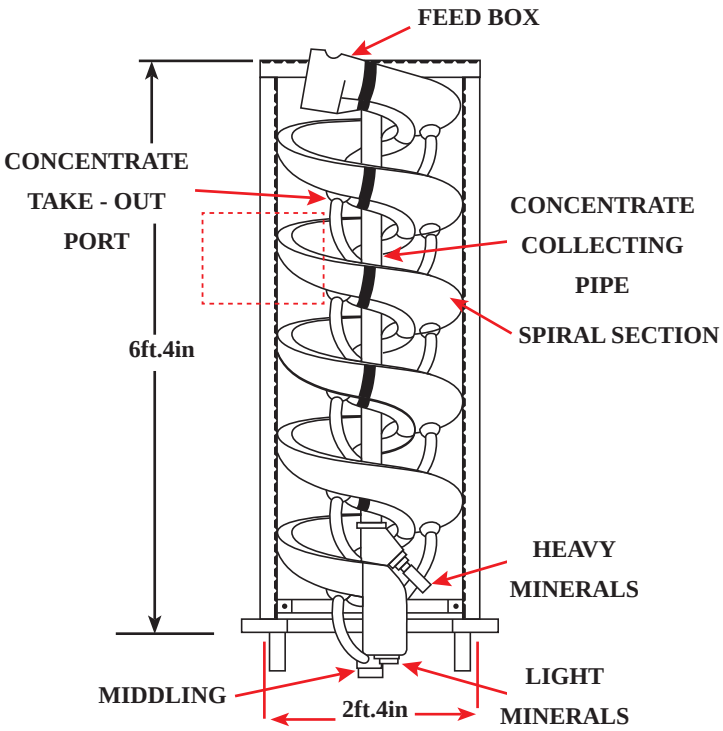


Figure 17 . A modern Humphreys spiral concentrator .
From Wills , 1984.

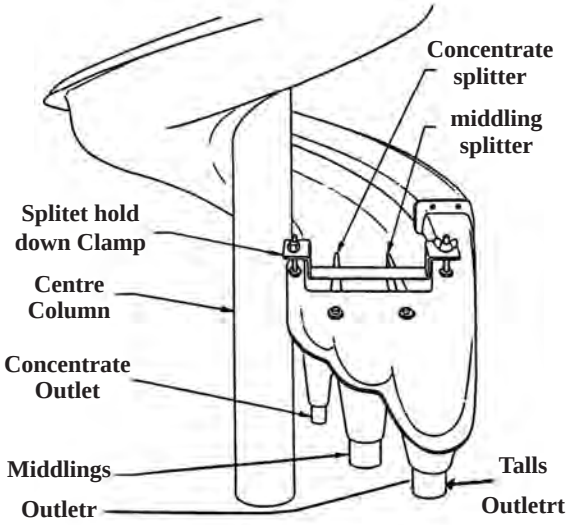


Fig . 7 the Spiral Discharge Splitters

Spiral classifier

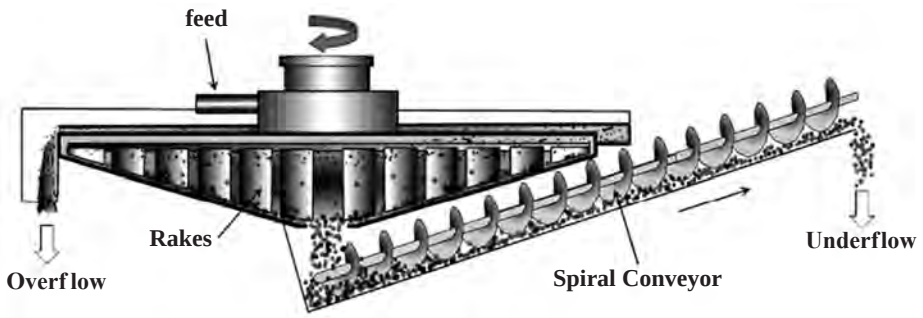
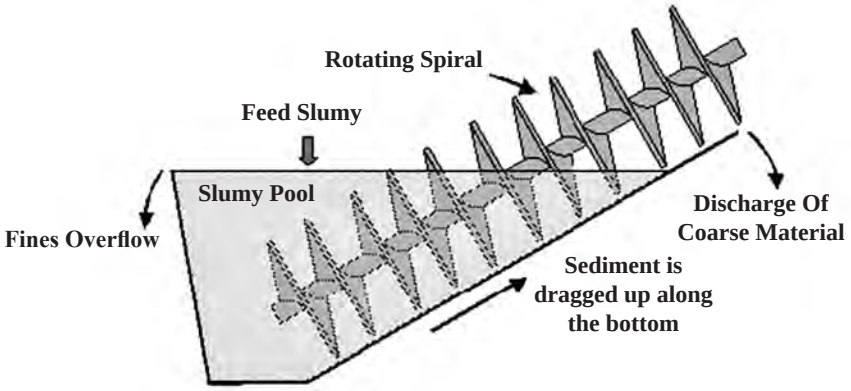
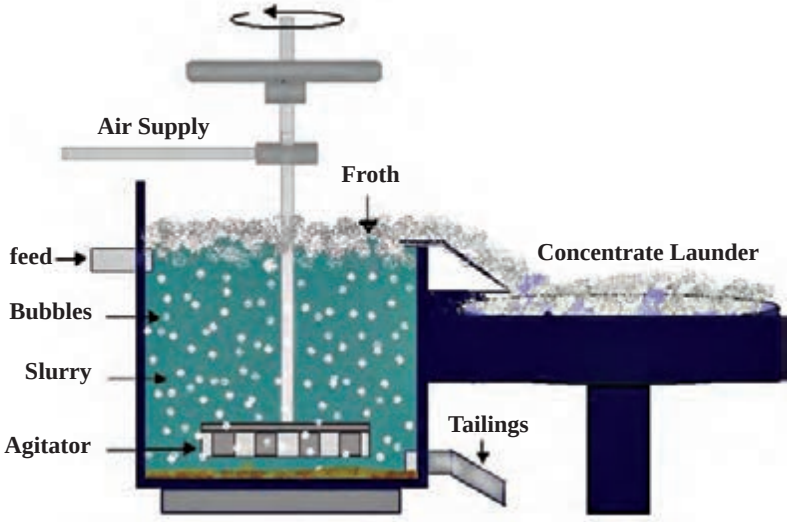


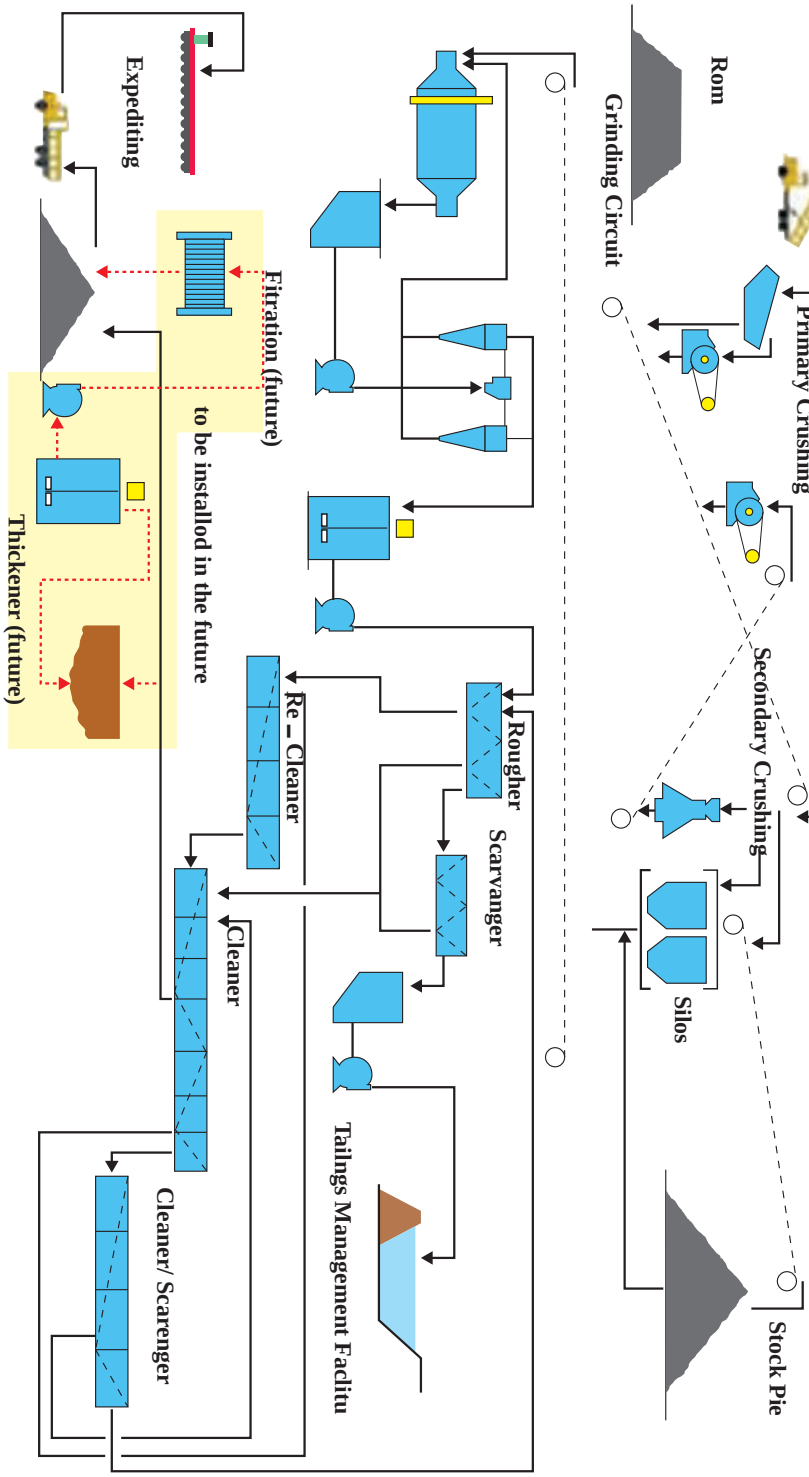
Figure 13.3: Sketch of a Bowl Classifier With Spiral Conveyor For Collecting Sand From The Tank and Discharging to The Launder at the Top End Of The Vessel



FlOTATION PROCESS



ESS FLOWSHEET _ MARAVAIA COPPER MINE



Please answer the questions:

What is Flowsheet?

List the parts of a flotation process

What is the meaning of spiral?

List the name of mineral processing machines.

Explain the folowing therms

Apex	
Vortex	
Agitation	
slurry	
Tail	
Grade	

ارزشیابی پودمان ۵: کسب اطلاعات فنی

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کسب اطلاعات فنی با استفاده از منابع، فرهنگ تخصصی و عمومی و کتاب همراه	تحلیل معادن و صنایع معدنی ایران	آمارو اطلاعات معادن و صنایع معدنی کشور- کاتالوگ‌ها و بروشورهای تجهیزات معدنی	بالاتر از حد انتظار	بیان اطلاعات معادن بزرگ کشور، مطالعه کاتالوگ‌های تجهیزات معدنی، و تجهیزات ایمنی، تهیه لیست سفارش تجهیزات	۳
			در حد انتظار	بیان اطلاعات معادن بزرگ کشور، مطالعه کاتالوگ‌های تجهیزات معدنی و تجهیزات ایمنی	۲
	تحلیل نکات ایمنی معادن، معرفی دستگاه‌ها و تجهیزات معدنی		پایین‌تر از انتظار	بیان اطلاعات معادن بزرگ کشور	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی پودمان از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

فهرست منابع

۱ برنامه درسی رشته معدن، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، سال ۱۳۹۳.

۲ رضایی، بهرام؛ ۱۳۹۱؛ فراوری مواد معدنی؛ وزارت آموزش و پرورش.

۳ نعمت‌اللهی، حسین؛ ۱۳۸۱؛ کانه آرایی؛ انتشارات دانشگاه تهران.

۴ خوش‌دست، حمید؛ ۱۳۹۵؛ فلوتاسیون مقدماتی؛ مجتمع آموزش عالی زرند.

۵ معزز لسکو، ضرغام؛ ۱۳۸۰؛ کانی شناسی؛ انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۶ آدابی، حسین؛ کریم پور، محمدحسن؛ ۱۳۸۷؛ نامگذاری و طبقه‌بندی جامع سنگ‌های رسوبی، دگرگونی و آذرین؛ انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۷ سرابی، فریدون؛ ایران‌پناه، اسد؛ زرعیان، سیروس؛ ۱۳۸۵؛ سنگ شناسی جلد ۱ و ۲؛ انتشارات دانشگاه تهران.

۸ رضایی، بهرام؛ ۱۳۷۵؛ فلوتاسیون؛ انتشارات دانشگاه امیرکبیر.

۹ کریم پور، محمدحسن؛ ۱۳۸۵؛ کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی؛ انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۰ اولیازاده، منوچهر؛ ۱۳۸۵؛ فراوری و کاربرد کانی‌های صنعتی، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.

11 Bulatovic, S.M., Handbook of flotation reagents, 2007, Elsevier.

12 Basics in mineral processing, 2015, Metso Corporation.

13 Tatiya, R.R., 2013, Surface and underground Excavations, CRC Press.