بسم الله الرحمن الرحیم

اللهم صل علی محمد و آل محمد و عجل فرجهم

# دانش فنی پایه

رشتهٔ معدن

گروه مواد و فراوری

شاخهٔ فنی وحرفه‌ای

پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه

**وزارت آموزش و پرورش**
**سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی**

**نام کتاب:** دانش فنی پایه(رشته معدن) ـ ۲۱۰۵۴۴
**پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
**مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
**شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** عباس شرفی، مهدی حمیدی، هانی محمدیانی ، حسن مخلصیان(اعضای شورای برنامه‌ریزی و گروه تألیف)
**مدیریت آماده‌سازی هنری:** ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
**شناسه افزوده آماده‌سازی:** مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ حسین وهابی (طراح جلد و صفحه‌آرا)
**نشانی سازمان:** تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب سایت: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
**ناشر :** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج
خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰/
صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
**چاپخانه:** شرکت چاپ ونشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»
**سال انتشار و نوبت چاپ:** چاپ پنجم ۱۳۹۹

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 تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

**شابک ۶- ۲۶۱۵ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸** **ISBN 978 - 964 - 05 - 2615-6**

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)**

## سخنی با هنرآموزان گرامی

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

لازم به یادآوری است که کتاب دانش فنی‌پایه تئوری تفکیک شده دروس عملی کارگاه‌های ۸ ساعته نیست بلکه در راستای شایستگی‌ها و مشاغل تعریف شده برای هر رشته تدوین شده است. در ضمن، آموزش این کتاب نیاز به پیش‌نیاز خاصی ندارد و براساس آموزش‌های قبلی تا پایهٔ نهم به تحریر درآمده است. محتوای آموزشی کتاب دانش‌فنی‌پایه، آموزش‌های کارگاهی را عمق می‌بخشد و نیازهای هنرجویان را در راستای محتوای دانش‌نظری تأمین می‌کند.

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

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

## سخنی با هنرجویان عزیز

درس دانش‌فنی‌پایه با هدف شناخت مفاهیم، کسب دانشِ‌فنی‌پایه در گروه مواد و فرآوری و رشتهٔ تحصیلی معدن برای شما هنرجویان عزیز طراحی و کتاب آن تألیف شده است.

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

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

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

**دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی وحرفه‌ای و کاردانش**

# فهرست


**پودمان ۱: کلیات معدن ..... ۷**
معدن و معدن‌کاری ..... ۸
سوابق تاریخی معدن‌کاری ..... ۸
نقش صنایع معدنی در اقتصاد ..... ۹
معادن بزرگ ایران ..... ۱۰
اصطلاحات معدنی ..... ۱۳
رابطه معدن با سایر علوم ..... ۱۳
تعدادی از مشاغل موجود در معدن ..... ۱۴
**پودمان ۲: علوم پایه در رشتهٔ معدن ..... ۱۵**
اهمیت و کاربرد زمین‌شناسی در معدن ..... ۱۶
کانی شناسی ..... ۲۲
سنگ شناسی ..... ۲۸
ساخت‌های تکتونیکی ..... ۵۱
چین‌خوردگی ..... ۵۲
شکستگی‌ها ..... ۵۵
گسل‌ها ..... ۵۶
**پودمان ۳: اصول و مفاهیم پایهٔ رشتهٔ معدن ..... ۵۷**
فازهای مختلف عملیات معدن‌کاری ..... ۵۸
تأسیسات و مراحل مختلف استخراج معدنی ..... ۶۱
انواع حفریات معدنی ..... ۶۶
فراوری مواد معدنی ..... ۷۰
**پودمان ۴: بهداشت و ایمنی در معادن ..... ۸۵**
سلامتی ..... ۸۶
بهداشت ..... ۸۷
اهمیت حفظ محیط زیست ..... ۸۹
خطرات در معادن روباز ..... ۹۰
ایمنی در معادن زیر زمینی ..... ۹۵
**پودمان ۵: محاسبات فنی ..... ۱۰۳**
واحدهای سنجش زاویه ..... ۱۰۵
روش‌های محاسبهٔ مساحت ..... ۱۰۷
روش‌های محاسبهٔ حجم ..... ۱۱۴
فهرست منابع ..... ۱۲۰

# پودمان ۱

# کلیّات معدن

معدن و معدن‌کاری
تاریخچه معدن‌کاری
نقش معدن در اقتصاد
معادن بزرگ ایران
اصطلاحات معدنی
رابطه معدن با سایر علوم
برخی از مشاغل معدنی

## معدن و معدن‌کاری

معدن‌کاری و کشاورزی، صنایع پایه کشورها می‌باشد. کشاورزی مواد اولیه خوراکی، پوشاکی و تا حدودی بعضی مصالح ساختمانی را تأمین می‌کند ولی به کمک معدن‌کاری، مواد اولیه مورد نیاز صنایع مختلف تأمین می‌شود. مواد اساسی ساختمان سازی نظیر سنگ‌های طبیعی، ماسه، رس و مواد اولیه سیمان، از محصولات فعالیت‌های معدنی هستند. به عنوان نمونه دیگری از کارهای معدنی، می‌توان از استخراج گوگرد، زغال سنگ، مواد دیرگداز، طلا، نقره، مس، سرب، روی، آهن و آلومینیوم که اهمیت آنها در صنایع بر کسی پوشیده نیست، نام برد.

### معدن چیست؟

شاید کمتر کسی بتواند معدن را به درستی تعریف کند. در بسیاری موارد در رسانه‌ها می‌خوانیم و یا می‌شنویم که مثلاً «یک معدن بزرگ مس کشف شد». واضح است که چنین مطلبی صحیح نیست، زیرا اگر به محلی معدن گفته می‌شود، بایستی سال‌ها پیش کشف شده باشد و استخراج ماده معدنی صورت بگیرد.

به طورکلی برای اینکه استعداد بالقوه موجود در طبیعت که به آن کانسار می‌گوییم به یک معدن تبدیل شود، فعالیت‌های زیادی باید انجام گیرد. در واقع آنچه که به کمک عملیات پی‌جویی و اکتشاف به اصطلاح کشف می‌شود، کانسار است نه معدن. پس از پی‌جویی و اکتشاف کانسار و آگاهی از اینکه کانسار در شرایط فنی و اقتصادی موجود قابل بهره‌برداری است، بایستی معدن طراحی گردد. یعنی اینکه ابتدا مشخص شود بهترین راه دستیابی به ماده معدنی چیست. پس از طراحی و انجام حفریات آماده سازی و احداث شبکه معدن، که معمولاً یک تا چند سال طول می‌کشد، آنگاه می‌توان محل مورد نظر را معدن نامید.

## سوابق تاریخی معدن‌کاری

معدن‌کاری یکی از قدیمی‌ترین فعالیت‌هایی است که توسط بشر اولیه انجام گرفته است. از جمله کارهای معدنی قدیمی می‌توان جدا کردن طلا از شن‌های رودخانه، استخراج و ذوب کانی‌های مس و استفاده از قیر طبیعی را نام برد. اولین کارهای معدنی به صورت ترانشه و حفره‌های روباز بوده است.

بعدها، بشر روش‌های زیرزمینی را برای استخراج کانسنگ‌های فلزی به کار برد و تا اعماق ۱۵ تا ۲۰ متری در داخل زمین پیشروی کرد. ابزاری که برای این حفاری‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت، کلنگ‌هایی بود که با استفاده از سنگ‌های آتش‌زنه ساخته می‌شد. براساس اطلاعات موجود، مصریان برای استخراج فیروزه در شبه جزیره سینا در حدود ۳۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، عملیات معدنی انجام می‌دادند.

و نیز تحقیقات تاریخی نشان داده است که در حدود ۳۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، نقره توسط بابلی‌ها استخراج می‌شده و به عنوان واحد پول به کار می‌رفته است. در زمان‌های قدیم قسمت عمده طلا از جنوب سودان استخراج می‌شده است. برای استخراج طلا، چاه‌های کوچکی حفر و سپس مخلوط طلا و شن به وسیله سینی‌های چدنی و به روش شستشو از هم جدا می‌شده است. به نظر می‌رسد که کار استخراج معادن طلا از حدود ۴۰۰۰ سال قبل، در این منطقه آغاز شده باشد.

اولین آهنی که در صنعت به کار رفته، از نوع سنگ‌های آسمانی بوده و با توجه به نادر بودن این سنگ‌ها، احتمالاً قیمت آهن اولیه از طلا نیز گران‌تر بوده است. فن استخراج آب‌های زیرزمینی (قنات) را می‌توان جزو اولین کارهای معدن‌کاری در نظر گرفت که مبتکر آن، ایرانیان بوده‌اند. با توجه به آنکه طول این قنات‌ها در بعضی از نواحی ایران مرکزی به حدود ۶۰ کیلومتر می‌رسد، اهمیت این فن،

بیشتر مشخص می‌شود.
در بسیاری از معادن فعلی‌ایران، آثار معدن‌کاری قدیمی دیده می‌شود که آنها را کارهای شدادی می‌خوانند. از جمله این معادن می‌توان معادن سرب و روی نخلک (حوالی انارک)، معدن سرب آهنگران (حوالی ملایر)، معدن مس عباس آباد (از توابع شاهرود)، معدن سرب و روی‌ایران کوه (نزدیکی اصفهان) و معدن سرب و روی نمار (حوالی ده نمار از توابع بلده) را نام برد.
بااکتشاف معادن طلادر کالیفرنیا (۱۸۴۸ میلادی)، افریقای جنوبی (۱۸۷۵ میلادی)، استرالیا (۱۸۸۲ میلادی) و کانادا (۱۸۹۶ میلادی)، معدن‌کاری قدم‌های بزرگی در راه تکامل برداشت، به طوری که امروزه در تمام زمینه‌ها، از اکتشاف گرفته تا لوازم و وسایل استخراج و کارخانجات کانه‌آرایی، یکی از مدرن‌ترین صنایع به شمار می‌آید (۱).

## نقش صنایع معدنی در اقتصاد

اهمیت منابع معدنی چه در زمان صلح و چه در زمان جنگ بر کسی پوشیده نیست. در حقیقت می‌توان گفت کشورهایی از نظر صنعتی موفقیت یافته‌اند که یا خود دارای منابع معدنی مهم بوده‌اند و یا به آسانی از منابع معدنی سایر کشورها، بهره‌برداری کرده‌اند.
دنیای صنعت و تکنولوژی مدرن با روندی که امروز در پیش گرفته است هر روز نیاز بیشتری به مواد معدنی پیدا می‌کند و در جهت تأمین نیازها، بهره‌وری از معادن نیز روزبه‌روز افزایش می‌یابد.
مستقل زیستی و استقلال صنعتی در جامعه زمانی به وجود می‌آید که مواد اولیه صنعت در داخل کشور تأمین شود.
در کشور ما نیز چنانچه بخواهیم از وابستگی به اقتصاد تک‌محصولی نفت رهایی یابیم، باید اهمیت و ارزش بیشتری برای مواد معدنی قائل شویم. در این راستا مجموعه فعالیت‌های معدنی را از زمین‌شناسی و اکتشاف گرفته تا استخراج و فراوری باید به صورت سیستماتیک دنبال کنیم. بدین‌ترتیب نیازهای مواد اولیه صنایع کشور را که از عمده‌ترین وابستگی‌ها و مشکلات صنعت است، تأمین خواهیم کرد و حتی شرایط صادرات آنها را نیز فراهم خواهیم ساخت.
نقش معادن و مواد معدنی از دیرباز مشخص بوده و بشر همواره جهت رفع نیازها در جستجو و تکاپوی مواد معدنی بوده است. هیچ صنعتی نیست که به طور مستقیم و یا غیرمستقیم با مواد معدنی در ارتباط نباشد، به عنوان مثال می‌توان صنایع سیمان (با مادهٔ اولیهٔ سنگ آهک، دولومیت، رس و غیره)، صنایع فولاد (آهن، مواد غیرفلزی متالوژیکی مانند زغال، کمک ذوب، عایق و مواد دیرگداز)، مواد شیمیایی (کلسیت، نمک‌ها، گوگرد و موارد مشابه)، سنگ‌های ساختمانی (گچ، شن، ماسه، مرمر، گرانیت و موارد مشابه)، صنایع شیشه (سیلیس، فلدسپات، سلستین، کربنات سدیم و موارد مشابه)، صنایع سرامیک (پودر کائولین، تالک، فلدسپات‌های سدیک و موارد مشابه)، صنایع کاغذ (دیاتومیت و موارد مشابه)، صنایع رنگ‌سازی (دیاتومیت، میکا، ایلمنیت، آهک و موارد مشابه)، صنایع ریخته‌گری (ماسه‌های سیلیسی، خاک نسوز، بنتونیت و موارد مشابه)، صنایع لاستیک‌سازی (کائولین، دساتومیت و موارد مشابه)، صنایع ساینده‌ها (گرونا و موارد مشابه)، صنایع اتمی (اورانیوم، توریوم، و موارد مشابه)، صنایع نظامی (مس، مولبیدن و موارد مشابه)، صنایع سنگین، صنایع الکترونیک و حتی صنایع کشاورزی بدون استفاده از مواد معدنی مانند، فسفات، ورومیکولیت و پرلیت نمی‌تواند به تولید بهینه دسترسی یابند.
بنابراین مواد معدنی را می‌توان از عمده‌ترین و اساسی‌ترین مواد اولیه صنعت دانست و با توجه به مواد اولیه و اینکه رشد صنایع مادر، جز با توسعه سریع تولید مواد اولیه امکان پذیر نیست، منابع معدنی را کشف کنیم، استخراج و بهره‌برداری از معادن را با طراحی صحیح انجام دهیم و در نهایت بتوانیم کانی‌ها و عناصر با ارزش را بازاریابی کنیم (۲).

## معادن بزرگ ایران

ایران یکی از غنی‌ترین کشورهای معدنی دنیاست به طوری که وجود معادنی چون مس سرچشمه و سنگ‌آهن چادرملو سبب شده تاایران دو معدن از پر عیارترین و منحصر به فردترین معادن دنیا را به نام خود ثبت کند.
ایران با دارا بودن ذخایر غنی معدنی خود به بهشت معادن دنیا معروف شده و توانسته نظر بسیاری از سرمایه گذاران این حوزه را طی دهه‌های گذشته به خود جلب کند. در ادامه ۱۰ معدن مهم و بزرگ‌ایران را معرفی می‌کنیم تا بدانیم جایگاه واقعی کشورمان از این لحاظ در دنیا در چه مرتبه ای قرار دارد.

### معدن مس سرچشمه

معدن مس سرچشمه در ۱۶۰ کیلومتری جنوب‌غربی کرمان قرار گرفته و بزرگ‌ترین تولید کننده مس‌ایران است. این معدن یکی از بزرگ‌ترین معادن روباز مس دنیا و بزرگ‌ترین معدن روباز در خاورمیانه هم محسوب می‌شود.

### معدن مس سونگون

معدن مس سونگون ورزقان یکی دیگر از بزرگ‌ترین معادن مس‌ایران است که دارای بیش از یک میلیارد تن ذخیره کان سنگ مس است. عناصر همراه کان سنگ این معدن مولیبدن، طلا، نقره، رینیوم و... محسوب می‌شود و سابقه معدن‌کاری در سونگون به دو قرن پیش (دوره قاجاریه) بر می‌گردد.

### معدن مس میدوک کرمان

معدن مس میدوک کرمان یکی از بزرگ‌ترین معادن مس‌ایران است که در فاصله ۱۳۲ کیلومتری شمال غرب معدن مس سرچشمه قرار گرفته است. نام قدیمی این معدن مس لاچاه بوده است که به سبب نزدیکی به روستای میدوک به این نام تغییر یافته است.

## معدن زغال‌سنگ پابدانا

معدن زغال‌سنگ پابدانا، با عمقی در حدود ۶۰۰ متر عمیق‌ترین معدن زیرزمینی زغال‌سنگ‌ایران است که در شهرستان کوهبنان و در فاصله ۱۷۰ کیلومتری مرکز استان کرمان قرار دارد. محصول این معدن زغال کک‌شو است که پس از استخراج به کارخانه زغال‌شویی زرند ارسال می‌شود.

## معدن سنگ‌آهن چغارت

اولین معدن سنگ‌آهن ایران، معدن سنگ‌آهن چغارت بافق یزد است که این معدن تغذیه‌کننده شرکت ذوب آهن اصفهان در زمان تأسیس آن بوده محسوب می‌شود. بلوک معدنی بافق به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق آهن‌دار ایران شناخته شده است.

## معدن سنگ‌آهن چادرملو

معدن سنگ‌آهن چادرملو که در حال حاضر یکی از بزرگ‌ترین تولیدکننده کنسانتره سنگ‌آهن در کشور است با ذخیره قابل استخراج به مقدار ۳۲۰ میلیون تن در قلب کویر مرکزی ایران واقع شده و در ۱۸۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان یزد قرار گرفته است.

## معدن سنگ‌آهن گل گهر

معدن سنگ‌آهن گل گهر در شهرستان سیرجان با ذخیره احتمالی یک میلیارد تن و ذخیره قطعی ۲۱۹ میلیون تن بزرگ‌ترین معدن شناخته شده سنگ‌آهن خاورمیانه شناخته می‌شود و در حال حاضر تولیدات حاصل از سنگ استخراجی این معدن گندله سنگ‌آهن، کنسانتره سنگ‌آهن و سنگ‌دانه‌بندی شده است.

## معدن طلای زرشوران

معدن طلای زرشوران به عنوان بزرگ‌ترین معدن طلای‌ایران که در ۳۵ کیلومتری شهرستان تکاب و ۱۵ کیلومتری مجموعه میراث فرهنگی و گردشگری تخت سلیمان واقع شده است. این معدن ۱۵۰ تن ذخیره طلای خالص دارد و قرار است با تولید کارخانه زرشوران میزان تولید شمش طلای کشور دو برابر و به ۵ / ۵ تن برسد.

## معدن فیروزه نیشابور

معدن فیروزه نیشابور نه تنها در کشور بلکه در سطح جهان بزرگ‌ترین معدن فیروزه است که مرغوب‌ترین سنگ‌ها را داراست تا جایی که در تمام کشورها ارزش فیروزه خود را با فیروزه نیشابورایران مقایسه می‌کنند. این معدن با ذخیره ۹ هزار تن و ظرفیت تولید سالانه ۱۹ تن در ۵۵ کیلومتری شمال غربی نیشابور، در جاده قدیم سبزوار و در روستای «معدن» قرار دارد. محاسبات نشان داده از هر تن سنگ فیروزه خام این معدن ۸ تا ۱۰ کیلوگرم فیروزه به دست می‌آید.

## معدن سرب و روی انگوران

معدن سرب و روی انگوران در ۱۳۵ کیلومتری غرب شهر زنجان واقع شده است. این معـدن بزرگ‌ترین معدن سرب و روی خاورمیانه محسوب می‌شود. انگوران به دلیل خلوص بالای روی آن یکی از استثنایی‌ترین معادن روی دنیا به شمار می‌آید.

## معدن سرب و روی مهدی آباد

معدن سرب و روی مهدی آباد هم یکی از بزرگ‌ترین ذخایر سرب و روی جهان است که هم‌اکنون بالاترین میزان استخراج باریت کشور را هم به خود اختصاص داده است. احداث کارخانجات شمش روی و کنسانتره روی از برنامه‌های آینده این معدن است.

## اصطلاحات معدنی

**کانی:** این کلمه از دو جزء «کان» به معنی معدن و پسوند نسبی «ی» تشکیل شده و عبارت از جسم متجانسی است که به حالت طبیعی در زمین یافت می‌شود و ترکیب شیمیایی و خواص فیزیکی کمابیش مشخصی دارد.

تعداد کانی‌هایی که تاکنون شناخته شده‌اند به حدود چند هزار می‌رسد. ولی توزیع آنها در پوسته زمین یکنواخت نیست. بخش اصلی سنگ‌های تشکیل دهنده پوسته زمین را تنها تعداد معدودی از کانی‌ها تشکیل می‌دهند، در صورتی که تعداد زیادی از کانی‌ها نادرند و به صورت آثاری در بعضی از سنگ‌ها مشاهده می‌شوند.

**کانسنگ:** کانسنگ مجموعه طبیعی از یک یا چند کانی است که امکان دارد فلزات یاترکیباتی با صرفه اقتصادی از آن استخراج شود. بنابراین اصطلاح کانسنگ نه تنها شامل کانی‌های موجود در کانسار می‌شود، بلکه باطله‌های کارخانه کانه آرایی و نظایر آنها نیز در صورتی که با انجام عملیات جدید از نظر اقتصادی با ارزش باشند، کانسنگ تلقی می‌شوند.

**کانه:** معمولاً کانسنگ حاوی کانی‌های گوناگون فلزی و غیرفلزی است. کانی‌های فلزی موجود در کانسنگ را کانه می‌نامند.

**باطله یا گانگ:** کانسنگ معمولاً با بعضی کانی‌های دیگر همراه است که ضمن استخراج کانی، باید الزاماً آنها را نیز استخراج کرد. به این مواد، باطله یا گانگ گفته می‌شود.

مثلاً رگه‌های سرب در ایران غالباً با کانی باریت همراه است که در این مورد باریت، باطله کانسنگ سرب به شمار می‌آید.

باید توجه داشت که جسمی که در یک معدن عنوان گانگ ماده معدنیِ اصلی را دارد الزاماً و در تمام موارد گانگ نیست. مثلاً اگرچه باریت در معادن سرب حالت گانگ را دارد، ولی در معادن باریت، کانسنگ اصلی به شمار می‌رود و در ایران، معادن متعددی تنها به خاطر استخراج باریت احداث شده‌اند.

**کانسار:** کانسار از دو کلمه «کان» به معنی معدن و پسوند مکانی «سار» تشکیل شده است و به محلی گفته می شود که در آن یک یا چند کانسنگ یا ماده معدنی، که ارزش استخراج دارد، وجود داشته باشد و بنابراین توده‌های قابل استخراج اعم از فلزی یا غیرفلزی را شامل می‌شود. قابلیت استخراج کانسار از سویی به مشخصات ذاتی آن بستگی دارد و از سوی دیگر، به پیشرفت‌های فناوری و ارزش مواد معدنی وابسته است.

**ذخیره معدنی:** اگر عملیات اکتشافی در کانسار به طور کامل انجام گیرد و مشخصات مواد معدنی موجود در آن به خوبی مشخص شود، بخش شناخته شده کانسار به نام ذخیره خوانده می‌شود، که میزان کانسنگ آن قابل محاسبه است و بسته به درجه اکتشاف، به رده‌های مختلف تقسیم می‌شود (۳).

## رابطه معدن با سایر علوم

اکتشاف، استخراج و فراوری معدن را نمی‌توان به عنوان یک علم کاملاً مستقل مورد مطالعه قرار داد بلکه این علم در حقیقت تلفیقی از سایر رشته‌های مهندسی نظیر عمران، مکانیک، برق، شیمی و زمین‌شناسی است که این فنون، خود بر اساس علوم ریاضی، فیزیک و مکانیک پایه گذاری شده‌اند.

برای انتخاب صحیح وسایل نگهداری جهت جلوگیری از ریزش در معدن، آشنایی با مقاومت مصالح و مصالح ساختمانی و در نتیجه مبانی مهندسی عمران ضروری است و مبحث حمل و نقل بر مبنای مهندسی مکانیک پایه گذاری شده است. دیگر فعالیت‌های معدن‌کاری نیز بر مبنای سایر رشته‌های مهندسی بنا شده‌اند. مثلاً پایه مبحث مواد منفجره و آتشباری را مهندسی شیمی تشکیل می‌دهد و مبحث حفاری با توجه به پایه مهندسی مکانیک برنامه‌ریزی شده است (۱).

## تعدادی از مشاغل موجود در معادن

جدول زیرتعدادی از مشاغل قابل احراز در معادن را نشان می‌دهد:

| سطح کارگر ماهر | |
|---|---|
| ردیف | نام گروه کاری/شغل |
| ۱ | مأمور نجات ایمنی |
| ۲ | اپراتور دستگاه‌های معدنی و فعالیت‌های معدنی |
| ۳ | کارگر تعمیرات وخدمات |
| ۴ | مکانیک سرویس ونگهداری |
| ۵ | متصدی مکانیک |
| ۶ | کارگر حفاری معدن |
| ۷ | گمانه زن |
| ۸ | اپراتور واگن دریل |
| ۹ | کارگر آزمایشگاه |
| ۱۰ | کارگر سنگ‌جوری وشستشوی مواد معدنی |
| ۱۱ | اپراتور انواع سنگ شکن |
| ۱۲ | اپراتور انواع اسیا |
| ۱۳ | کارگر معدن |
| ۱۴ | نمونه بردار معدن |
| ۱۵ | انباردارمعدن |

| سطح کمک تکنسین | |
|---|---|
| ردیف | نام گروه کاری/شغل |
| ۱ | کمک اپراتور نقشه برداری معدن |
| ۲ | متصدی انفجار در معدن |
| ۳ | متصدی امور ناریه |
| ۴ | آتش کار معدن |
| ۵ | آتش نشان معدن |
| ۶ | استاد کار معدن |
| ۷ | کارگر ماهر استخراج |
| ۸ | سرپرست ماشین‌های معدنی |
| ۹ | کارمند دفتری نگهداری وتعمیرات |
| ۱۰ | اپراتور آزمایشگاه |
| ۱۱ | کارگر فنی دستگاه جدایش مواد معدنی |
| ۱۲ | اپراتور میزهای لرزان (جیگ و..... ) |
| ۱۳ | حفار معدن |
| ۱۴ | کارگر نگهداری معدن (لق گیر) |
| ۱۵ | مسئول ایمنی و بازرسی |

## ارزشیابی پایانی پودمان اول

### کلیات معدن

| عنوان پودمان | تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری) | استاندارد عملکرد (کیفیت) | نتایج مورد انتظار | شاخص تحقق | نمره |
|---|---|---|---|---|---|
| پودمان ۱: کلیات معدن | ۱- تعیین موقعیت معادن بزرگ ایران روی نقشه<br>۲- کاربرد اصطلاحات معدنی در تحلیل نقش معدن و صنایع معدنی در اقتصاد | تعیین نواحی معدنی از روی نقشه و بیان اصطلاحات معدنی | بالاتر از حد انتظار | تعیین موقعیت معادن بزرگ، نوع ماده معدنی، تعریف اصطلاحات معدنی | ۳ |
| | | | در حد انتظار | تعیین موقعیت معادن از روی نقشه | ۲ |
| | | | پایین‌تر از حد انتظار | تعریف اصطلاحات معدنی | ۱ |
| | نمره مستمر از ۱ | | | | |
| | نمره واحد یادگیری از ۳ | | | | |
| | نمره واحد یادگیری از ۲۰ | | | | |

# پودمان ۲

# علوم پایه در رشته معدن

اهمیت و کاربرد زمین‌شناسی در معدن

کانی شناسی

سنگ شناسی

زمین شناسی ساختمانی

## بخش اول: علم زمین‌شناسی

«زمین‌شناسی» علمی است که دربارهٔ زمین و مسائل گوناگون آن از جمله طرز تشکیل، ساختمان فیزیکی و شیمیایی، ساخت‌های سطحی و شکل‌های مختلف آن، جایگاه زمین در فضای بی‌کران، تحولات و رویدادهای تاریخ زمین و فرایندهای درونی و بیرونی کره زمین بحث می‌کند.

## اهمیت و کاربرد زمین شناسی در اکتشاف و استخراج منابع معدنی

انسان قسمت اصلی مواد مورد نیاز خود را از درون زمین استخراج می‌کند که از آن جمله است: فلزات، مصالح ساختمانی، نفت گاز و زغال سنگ. علم زمین‌شناسی، عامل مؤثری در پیدا کردن محل این منابع در نقاط مختلف زمین است.

با مطالعهٔ انواع مختلف سنگ‌ها و ساخت‌های زمین‌شناسی و مطالعات چینه شناسی، همچنین با به کارگیری روش‌های پی‌جویی و اکتشاف می‌توان در زمینهٔ وجود منابع زیرزمینی به اطلاعات لازم دسترسی پیدا کرد؛ سپس درباره امکان استخراج و اقتصادی بودن فعالیت‌های معدن کاری ارزیابی نمود.

به‌طور خلاصه، کاربرد زمین‌شناسی در زمینه‌های اکتشاف و استخراج معادن، عبارت‌اند از:

**الف ــ** حفر تونل‌های زیرزمینی،

**ب ــ** تعیین جنس و استحکام سنگ‌های اطراف تونل‌های زیرزمینی،

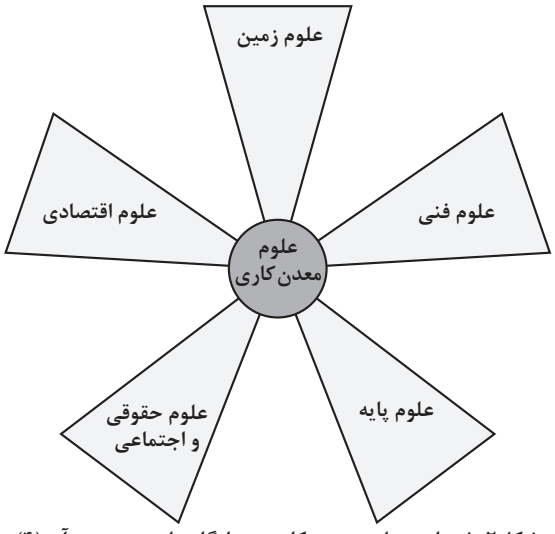
**ج ــ** تعیین موقعیت گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌ها،

**د** بررسی احتمال ریزش سقف، بررسی لغزش سنگ‌ها و دیوارهٔ تونل‌ها و پله‌های معادن روباز،

**هـ ــ** تعیین محدودهٔ کانسارها و ذخایر معدنی،

**و ــ** جهت یابی لایه‌های مواد معدنی.

بدیهی است بدون در نظر گرفتن معیارهای علمی و دانش زمین‌شناسی، موفقیت در فعالیت‌های معدن‌کاری، چندان میسر نخواهد بود. زمین‌شناسان با در اختیار داشتن عکس‌های هوایی و فضایی که از طریق هواپیما یا ماهواره‌ها گرفته می‌شوند، بررسی‌های ژئوفیزیکی را از هوا یا در سطح و زیرزمین آغاز می‌کنند؛ همچنین با نمونه‌برداری و مطالعات ژئوشیمیایی و سنگ‌شناسی و از همه مهم‌تر، با بررسی‌های محلی زمین‌شناسی صحرایی، منابع معدنی را شناسایی می‌کنند، پس نقشه‌های زمین‌شناسی را تهیه می‌کنند و بدین‌وسیله، در فعالیت‌های اکتشافی و تعیین ذخیرهٔ کانسار، نقش بسیار مهمی‌ایفا می‌کنند، بنابراین مطالعات زمین‌شناسی پایه و اساس کارهای مربوط به استخراج معادن به شمار می‌رود. در شکل ۲ـ۱ ارتباط بین علوم زمین و سایر علوم در فعالیت‌های معدن‌کاری مشاهده می‌شود (۴).

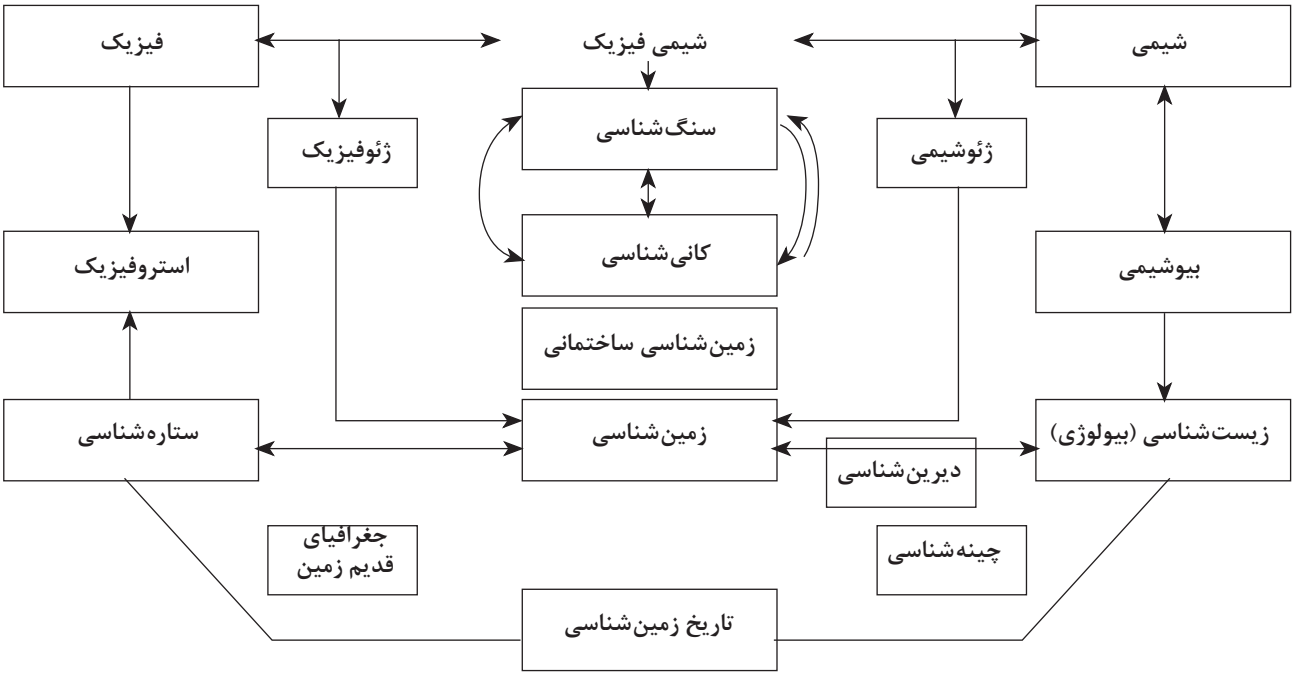



**شکل ۲ـ۱ــ دامنه علوم معدن کاری و جایگاه علوم زمین در آن (۴)**

## ارتباط علم زمین شناسی با سایر علوم

اصولاً مطالعهٔ جنبه‌های مختلف مربوط به زمین از طریق برقراری ارتباط بین شاخه‌های گوناگون علوم امکان‌پذیر می‌گردد.

زمین‌شناسان در حقیقت با به خدمت گرفتن دانش‌های پایه‌ای نظیر فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، ستاره‌شناسی نه تنها موفق به حل بسیاری از مسائل ناشناخته زمین شده‌اند بلکه رشته‌ها و شعبات تخصصی خاصی را نیز در علوم زمین به وجود آورده‌اند (شکل ۲ـ۲).




### هواکره (آتمسفر)

هوا گازی است بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌طعم که به مقدار اندکی در آب حل می‌شود. وجود هوا برای انسان و کلیهٔ جانداران ضروری است و زندگی بدون آن امکان‌پذیر نیست. پوشش ضخیمی از هوا اطراف کرهٔ زمین را دربرگرفته سبب می‌شود تا وضعیت لازم برای زیستن موجودات زنده در سیارهٔ خاکی ما فراهم باشد. این پوشش هوای پیرامون زمین را «اتمسفر» یا «جو» می‌نامند. از طرفی، چون اتمسفر یا جو بر اثر کشش گرانشی در اطراف زمین جذب می‌شود و تابع شکل کروی زمین است به آن «هواکره» نیز می‌گویند.

### آب‌کره (هیدروسفر)

آب در طبیعت به شکل‌های گوناگونی پراکنده شده است. شکل گازی آب همان بخار آب است که هوا آن را دربرمی‌گیرد. آب به دو شکل دیگر یعنی به صورت مایع و جامد نیز در طبیعت وجود دارد در حالت مایع آب بخش بزرگی از سطح زمین را پوشانده است. ۳۶۱میلیون کیلومترمربع از وسعت زمین را اقیانوس‌ها و دریاها فراگرفته است. در مقایسه با ۱۴۹میلیون کیلومترمربع سطح خشکی‌ها ملاحظه می‌شود که حدود ۷۰/۷۸ درصد یعنی ۴/۳ سطح کرهٔ زمین را آب پوشانده است. آب موجود در اقیانوس‌ها و دریاهای آزاد ۹۷ درصد «حجم آب‌کره» را تشکیل می‌دهد و بقیهٔ آن در داخل خشکی‌ها قرار دارد.

### چرخهٔ آب در طبیعت

مقداری از آب که در سطح زمین وجود دارد در اثر تابش نور خورشید تبخیر می‌شود و به صورت بخار به اتمسفر زمین راه پیدا می‌کند. بخاری که به این ترتیب وارد هوا کره می‌شود، متراکم می‌گردد و سپس ابرها را تشکیل می‌دهد. این ابرها نیز به صورت باران یا برف دوباره به سطح زمین برمی‌گردند. آب حاصل از بارندگی هم در زمین جریان پیدا می‌کند وبه صورت جویبارها، رودخانه‌ها و سیلاب‌ها به حرکت درمی‌آید. قسمتی از این آب‌ها در زمین فرو می‌رود و مجدداً به صورت چشمه‌ها یا از طریق چاه‌های آب به سطح زمین راه می‌یابد و بخشی هم به شکل مخازن آب زیرزمینی باقی می‌مانند. آب‌های جاری سطح زمین به دریاچه‌ها، دریاها و سرانجام رودخانه‌ها می‌پیوندد و بار دیگر، آمادهٔ تبخیر و تکرار این چرخه می‌شوند البته باید در نظر داشت مقدار بارندگی و تبخیر در اقیانوس‌ها و دریاها در حدود شش مرتبه بیشتر از خشکی‌هاست (شکل ۲ـ۳) (۴).

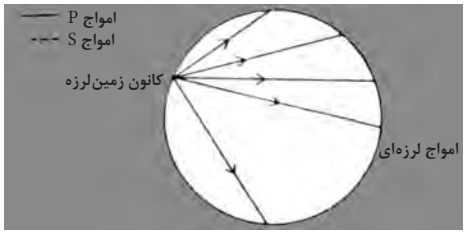
شکل ۲ـ۳ـ چرخه آب در طبیعت (۴)

## سنگ کره

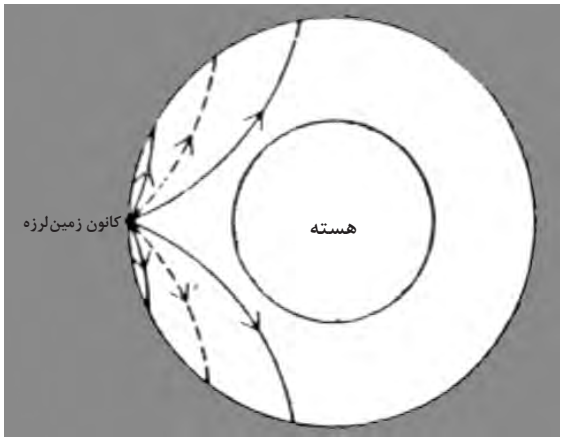
### ساختمان درونی زمین

مطالعهٔ بخش‌های سطحی زمین از طریق نمونه‌برداری از سنگ‌ها و تجزیهٔ شیمیایی در آزمایشگاه‌ها عملی است. دستیابی به قسمت‌های درونی زمین به‌طور مستقیم امکان‌پذیر نیست، اما با استفاده از امواج زلزله مطالعهٔ این بخش امکان‌پذیر شده است. امواج زلزله به امواج نورانی شباهت زیادی دارند.

به خوبی می‌توان قوانین مربوط به بازتابش و شکست نور را برای امواج زلزله به کار بست. در ضمن، ارتعاشات نورانی و لرزه‌ای فاصلهٔ بین دو نقطه را درکوتاه‌ترین فاصله طی می‌کنند. به شکل ۲ـ۴ توجه کنید




شکل ۲ـ۴ـ عبور امواج زلزله در ساختار یک نواخت (۴)

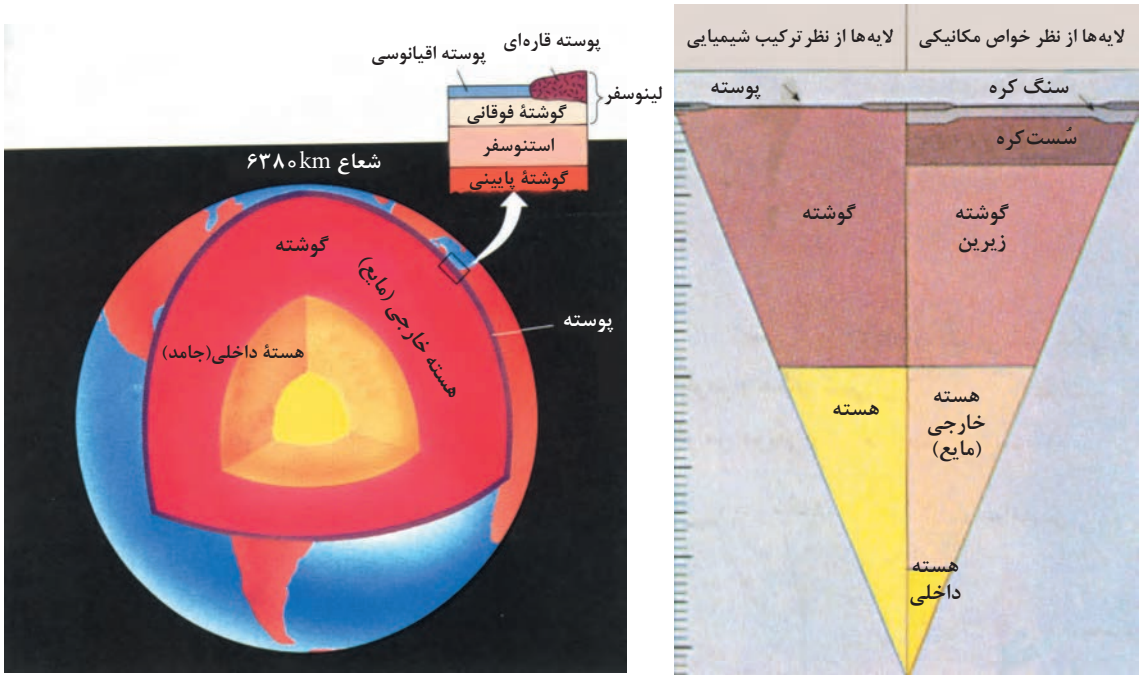



شکل ۲ـ۵ـ رفتار عبور امواج زلزله از داخل کره زمین (۴)

اگر زمین ساختمان یکنواخت داشت، امواج زلزله به‌گونه‌ای که در شکل نشان داده شده است انتشار می‌یافت.
مشاهدات زمین شناسی و بررسی خواص فیزیکی داخل زمین از طریق دریافت و مطالعهٔ امواج لرزه‌ای نشانگر این واقعیت است که مسیر آنها به طور کلی منحنی شکل است و نشان‌دهندهٔ این است که زمین حالت لایه لایه دارد و هر لایه دارای خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت است (شکل ۲ـ۵).
نتایج حاصل از بررسی امواج، سه لایهٔ پوسته، گوشته و هسته را مشخص می‌کند.

## لایه‌های تشکیل دهنده زمین

**پوسته:** بخش نازک لایهٔ لیتوسفر، «پوسته» نامیده می‌شود. ضخامت متوسط این قسمت در بخش قاره‌ای ۲۰ تا ۶۰ کیلومتر و در بخش اقیانوسی ۸ تا ۱۲ کیلومتر است.
بر پایهٔ مطالعات زمین‌شناسی، پوسته بر حسب جنس سنگ‌های تشکیل دهندهٔ آن، به دو قسمت تقسیم می‌شود:
**الف** پوستهٔ قاره‌ای باترکیب شیمیایی شبیه به گرانیت که چگالی آن در حدود ۲/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.
**ب** پوستهٔ اقیانوسی باترکیب شیمیایی بازالتی که چگالی آن در حدود ۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است دارد. مرز بین پوسته و گوشته «سطح انفصال موهو» نامیده می‌شود. شکل ۲ـ۶ نشان دهندهٔ لایه‌های زمین است.




شکل ۲ـ۶ـ لایه‌های زمین (۴)

**گوشته (جبه):** این لایه بعد از پوسته قرار داشته تا عمق ۲۹۰۰ کیلومتری درون زمین ادامه دارد. چگالی متوسط جبه ۴/۵ تا ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. بخش فوقانی گوشته سخت و سنگی است و به همراه پوستهٔ زمین «لیتوسفر» نامیده می‌شود. ضخامت این قسمت از سطح زمین بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلومتر است. در عمق ۱۰۰ تا ۳۵۰ کیلومتری درون گوشته دما و فشار به‌اندازه‌ای است که سنگ‌های تشکیل دهنده حالت خمیری دارد و به همین دلیل «سست کره» نامیده می‌شود. بعد از آن، گوشته حالت جامد به خود گرفته تا مرز هستهٔ خارجی ادامه می‌یابد.

**هسته :** هسته از عمق ۲۹۰۰ کیلومتری تا مرکز زمین ادامه دارد. چگالی هستهٔ زمین حدود ۱۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب برآورد شده است. و با توجه به رفتار امواج لرزه‌ای این لایه به دو بخش «هستهٔ خارجی» و «هستهٔ داخلی» تقسیم می‌شود.

هستهٔ خارجی حالت مایع و هستهٔ داخلی حالت جامد دارد.

با مقایسهٔ ترکیب شهاب سنگ‌ها با هستهٔ زمین، جنس زمین را نیکل و آهن می‌دانند (۴).

## رویه سنگ کره

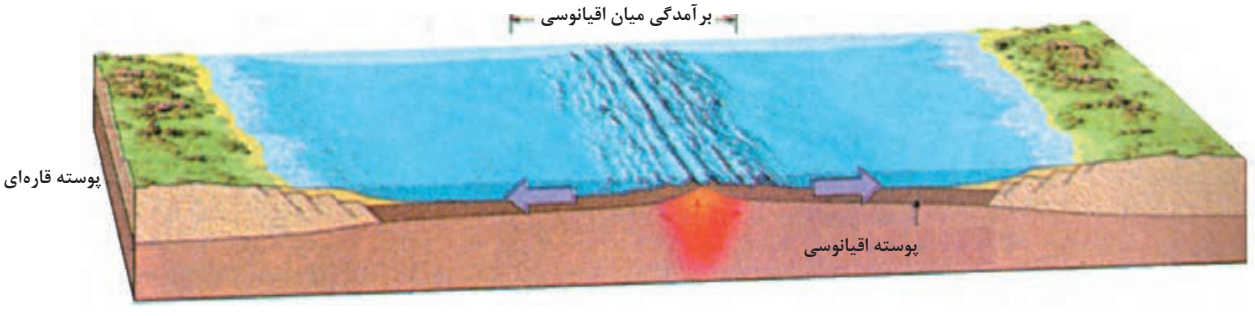
سطح زمین از دو قسمت متمایز «پوستهٔ قاره‌ای» و «پوستهٔ اقیانوسی» تشکیل شده که هر یک دارای مشخصات خاص خود هستند در شکل (۲ـ۷)، مقطع پوستهٔ قاره‌ای و اقیانوسی را مشاهده می‌کنید.

**پوستهٔ قاره‌ای:** قطعات بزرگ مرتفعی که از میلیون‌ها سال قبل از زیر آب خارج شده در شمار خشکی‌های زمین درآمده‌اند «پوسته قاره‌ای» زمین نامیده می‌شوند. در سطح قاره‌ها پستی و بلندی‌های مختلف وجود دارد که بر اثر فرایندهای گوناگونی به وجود آمده‌اند.

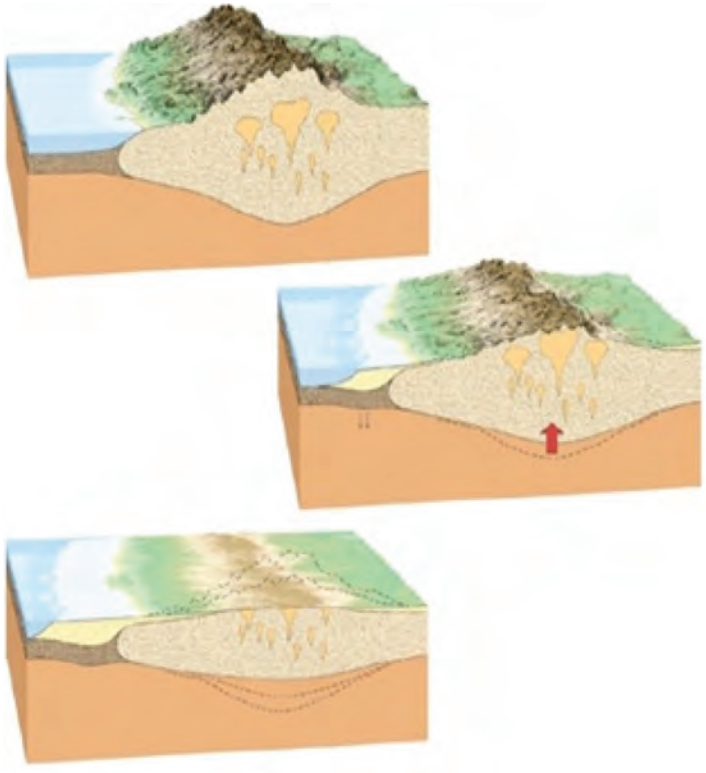
**کوه‌ها:** کوه‌ها قسمت‌هایی از سطح زمین هستند که از زمین‌های مجاور خود به نحو چشمگیری بلندتر هستند. تشکیل رشته کوه‌ها را بر اساس نظریهٔ تکتونیک صفحه‌ای، حاصل برخورد صفحه‌های قاره‌ای می‌دانند؛ مانند کوه‌های هیمالیا که از برخورد صفحهٔ هندوستان با قارهٔ آسیا به وجود آمده است.

کوه‌های زاگرس نیز باید حاصل برخورد صفحهٔ عربستان به قارهٔ آسیا باشد.

دربارهٔ چگونگی تشکیل ریشهٔ کوه‌ها در زیر سطح زمین، دانشمندان فرضیه‌هایی را مطرح ساخته‌اند که از نتیجهٔ مطالعهٔ آنها چنین برمی‌آید که عوارض سطح کرهٔ زمین بر روی قسمت‌های زیرین خود در حال تعادل است.




**شکل ۲ـ۷ـ مقطع پوسته قاره‌ای و اقیانوسی (۴)**



شکل ۲ـ۸ـ براساس اصل ایزواستازی پوسته جامد زمین در زیر قاره‌ها و اقیانوس‌ها همواره در حال تعادل است

**ایزوستازی:** بر اساس اصل ایزوستازی، در طول زمان و در پی فرسایش، از ارتفاع کوه‌ها کاسته شده با پر شدن دریا از رسوبات، وزن این قسمت از پوسته، فزونی می‌یابد و در نتیجه، تعادل بین توده‌های قشر جامد به هم می‌خورد. کف دریا به علت سنگینی فرو می‌نشیند و کوه به خاطر سبک شدن، بالاتر می‌آید تا تعادل مجدد برقرار شود.

**کمربندهای کوه‌زایی:** پدیده‌ای که بر اثر آن کوه‌ها پدید می‌آیند «کوه‌زایی» نام دارد. مطالعهٔ سنگ‌های تشکیل دهنده کوه بیانگر این واقعیت است که بر اثر نیروهای عظیم چین‌خوردگی گسل، فعالیت‌های آذرین، ایجاد شده است.

کمربندهای کوه‌زایی آلپ، البرز و هیمالیا که در زمان نسبتاً جدید حاصل شده‌اند و فرسایش کمتری داشته‌اند، مرتفع هستند.

**پوستهٔ اقیانوسی:** در بستر اقیانوسی فقط یک لایه از بازالت و گابرو موجود است. (اختصاصات وتحولات این بخش از پوسته در بخشی از علوم زمین تحت عنوان تکتونیک صفحه ای) بررسی می‌شود (۴).

شکل ۲ـ۹ـ کمربندهای مهم کوه‌زایی جهان (۴)

پوستهٔ زمین ساختمان یکنواختی ندارد بلکه ۹۸/۵ درصد عناصر تشکیل‌دهندهٔ آن عبارت‌اند از: اکسیژن، سیلیسیم، آلومینیوم، آهن، کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم. ۱/۵ درصد باقی مانده را عناصر دیگر تشکیل می‌دهد (جدول ۲ـ۱).

**جدول ۲ـ۱ـ فراوانی نسبی عناصر اصلی در پوسته زمین (۴)**

| عنصر | درصد وزنی |
|---|---|
| اکسیژن O | ۴۶/۶ |
| سیلیسیم Si | ۲۷/۷ |
| آلومینیوم Al | ۸/۱ |
| آهن Fe | ۵ |
| کلسیم Ca | ۳/۶ |
| پتاسیم K | ۲/۶ |
| سدیم Na | ۲/۸ |
| منیزیم Mg | ۲/۱ |
| جمع | ۹۸/۵ |

## تعریف کانی

کانی جسمی است طبیعی، جامد، غیرآلی و دارای ترکیب شیمیایی خاصی که در وضعیت معین متبلور می‌شوند، اما اغلب ساختمان بلورین ندارند.

## منشأ کانی‌ها

سنگ‌های آذرین از سرد شدن مواد مذاب به وجود آمده‌اند. کانی‌های تشکیل‌دهندهٔ این نوع سنگ‌ها از انواع دیگر در پوستهٔ جامد زمین فراوان‌ترند.

گازهای حاصل از مواد مذاب بر اثر نفوذ در درزها، شکاف سنگ‌ها و تبلور، کانی‌های متنوعی ایجاد می‌کنند.

مواد حاصل از تخریب سنگ‌های پوستهٔ زمین از طریق آب‌های جاری به حوضه‌های رسوب‌گذاری حمل و در دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها ته‌نشین می‌شوند. برخی از کانی‌ها ابتدا در آب‌های جاری محلول‌اند؛ سپس بر اثر تبخیر آب یا واکنش‌های دیگر در دریاها و دریاچه‌ها کانی‌های رسوبی راایجاد می‌کنند. کانی‌های سنگ‌های آذرین و رسوبی بر اثر فشار لایه‌های بالایی و دمای زیاد تغییر شکل و حالت داده به صورت کانی‌های دگرگونی متبلور می‌شوند.

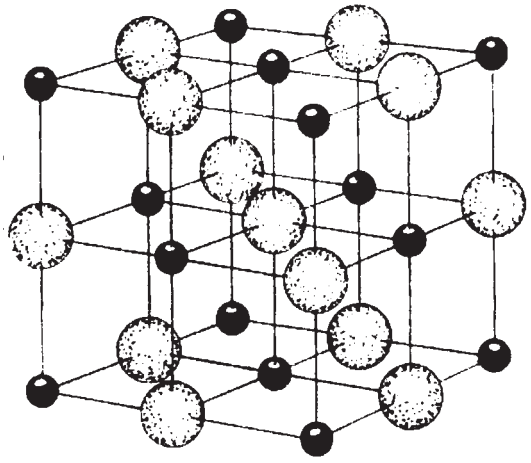
## شناسایی کانی‌ها

با توجه به تعریف کانی چون تعیین ساختمان داخلی وترکیب شیمیایی کانی‌ها بدون آزمایش و ابزار پیچیده مشکل است. برای این منظور از خواص فیزیکی و برخی از خواص شیمیایی که به آسانی قابل تشخیص است، استفاده می‌کنند.

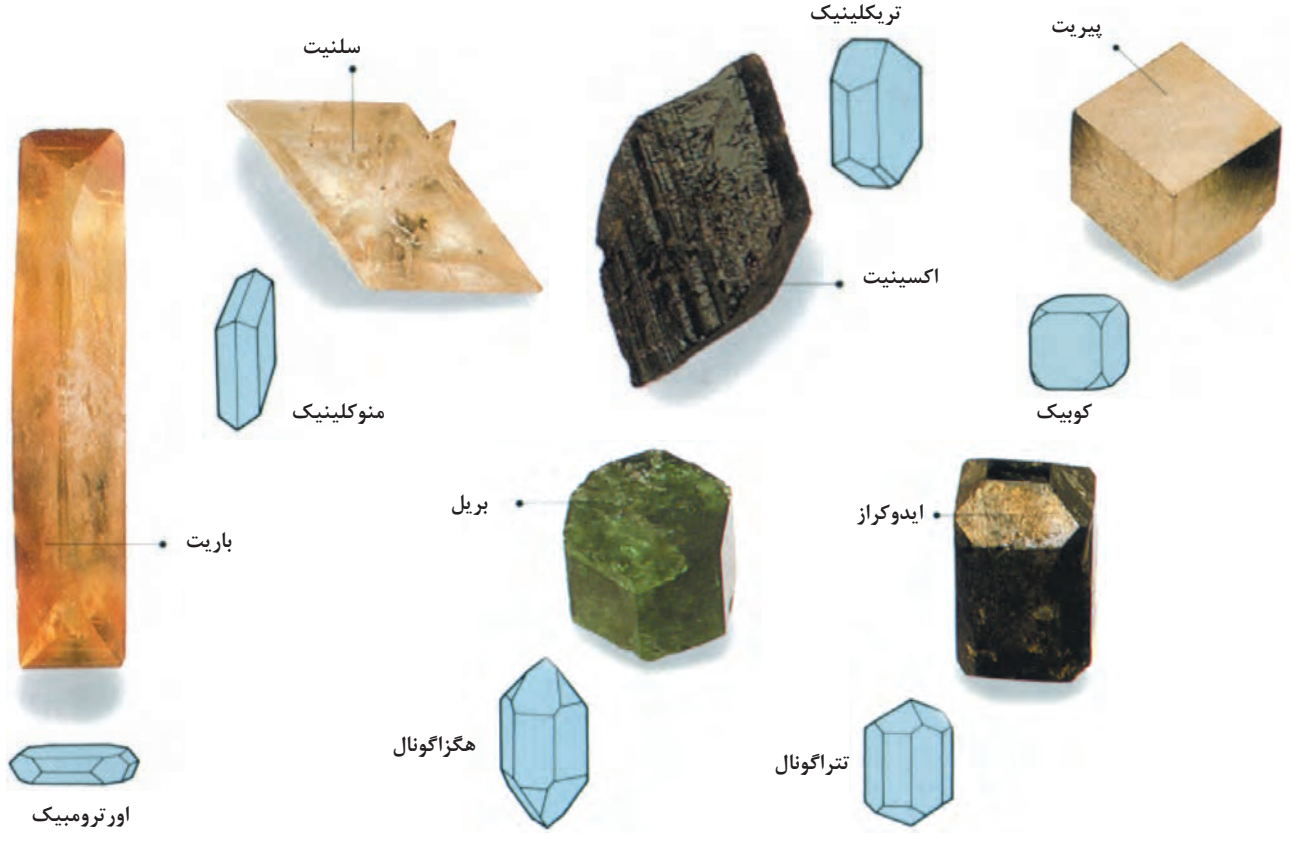
**شکل بلور:** بسیاری از اجسام غیرآلی از بلور ساخته شده‌اند. شکل بلوری نشان دهندهٔ آرایش منظم اتم‌ها در داخل بلور است. نظم درونی در سه جهت فضایی بلور وجود دارد، مانند آرایش منظم اتم‌های سازندهٔ نمک طعام (شکل ۲ـ۱۰).

استقرار منظم اتم‌های سازنده به کانی شکل هندسی منظم می‌دهد.

بلورها در اندازه‌های مختلف تشکیل می‌شوند. انواع بلورهای درشت با چشم مشاهده می‌گردند و اجزای آنها (زوایا، سطوح و اضلاع) قابل‌اندازه‌گیری هستند.
اندازهٔ بلورها به وضعیت تشکیل آنها بستگی دارد. در شکل ۲ـ۱۱ شکل‌های اصلی بلوری در کانی‌های مختلف مشاهده می‌شود (۴).




شکل ۲ـ۱۰ـ آرایش اتمی در سه جهت فضایی در بلور مکعبی نمک طعام




شکل ۲ـ۱۱ـ شکل‌های اصلی بلوری (۴)

## مشخصات فیزیکی کانی‌ها

**جلا:** نشانگر ظاهر با کیفیت بازتاب، شکست، جذب یا پخش نور به وسیلهٔ کانی است.

## انواع جلا

**۱ـ جلای فلزی:** در این نوع جلا، کانی انعکاسی نور را همانند فلزات انجام می‌دهد، مانند پیریت (سولفیدآهن) و گالن (سولفید سرب) (شکل۲ـ۱۲).

**۲ـ جلای شبه فلزی:** برخی از کانی‌های تیره با ضریب شکست نوری زیاد، جلای شبه فلزی دارند. مانند گرافیت، منیتیت (اکسید مغناطیسی آهن) و هماتیت (اکسید آهن) در جلای غیر فلزی از اصطلاحات ویژه‌ای استفاده می‌شود که عبارت‌اند از:

**الف) جلای الماسی:**

جلالی کانی‌های شفاف هستند که ضریب شکست نوری زیاد دارند. در داخل این نوع کانی‌ها پخش نور انجام می‌گیرد، مانند الماس.

**ب) جلای شیشه‌ای:**

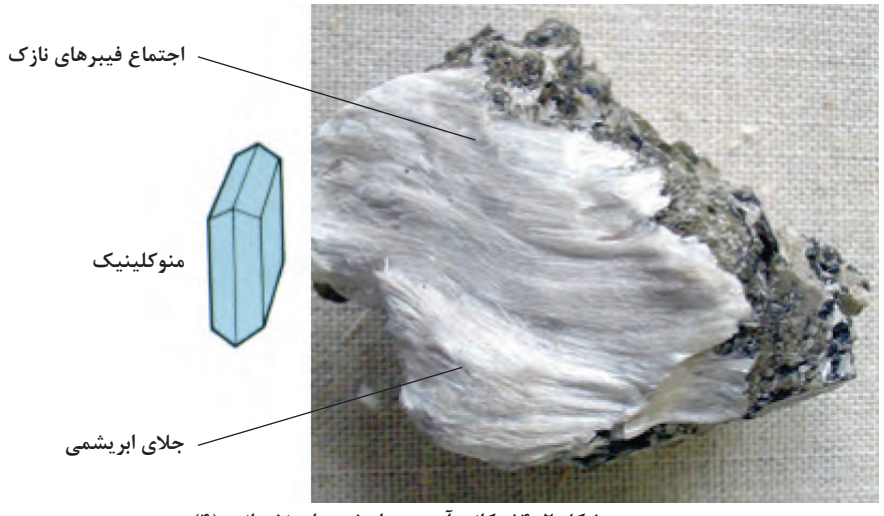
درکانی‌های شفاف که ضریب شکست کمی دارند و درخششی همانند شیشه از خود نشان می‌دهند؛ مانند کوارتز و کلسیت

**ج) جلای ابریشمی:**

بر اثر خاصیت موجی بودن نور حاصل از بازتابش کانی جلای ابریشمی‌ایجاد می‌شود؛ مانند آزبست (پنبهٔ نسوز) (شکل۲ ۱۴)

شکل ۲ـ۱۲ـ جلای فلزی در گالن

شکل۲ـ۱۳ـ جلای شیشه ای بلور کوارتز صورتی




شکل ۲ـ۱۴ـ کانی آزبست با رشته‌های نخ مانند (۴)

**رنگ کانی:** در نگاه اول، رنگ کانی توجه بیننده را جلب می‌کند به علت متنوع بودن رنگ کانی‌ها، شناخت آنها از روی رنگ دشوار است؛ برای نمونه، کوارتز خالص بی‌رنگ است، اما در این کانی رنگ‌های متنوعی ایجاد می‌کند. وقتی کانی‌ای مانند کوارتز، رنگ‌های گوناگون از خود نشان می‌دهد، دارای رنگ آمیزی بیگانه۶ است.
کانی‌های دیگری نیز وجود دارند که دارای رنگ ثابت هستند؛ مانند گوگرد که عموماً زرد رنگ یا فیروزه که به رنگ آبی است. این کانی‌ها دارای رنگ موروثی۷ هستند و از طریق رنگ شناسایی می‌شوند.
**رنگ خاکه:** رنگ کانی از بارزترین ویژگی‌های کانی است، اما از نمونه‌ای به نمونه دیگر تغییر می‌کند؛ حال آنکه رنگ خاک معمولاً ثابت است. رنگ خاکه، رنگ پودر کانی است و از کشیدن آن بر سطح چینی بدون لعاب به وجود می‌آید. (شکل ۲ـ۱۵)

شکل ۲ـ۱۵ـ انواع رنگ خاکه

**سختی:** سختی، مقاومت کانی است در برابر خراشیده شدن با اجسام دیگر. «سختی» یک خاصیت نسبی است و از کشیدن یک کانی با سختی نامشخص روی کانی با سختی مشخص تعیین می‌شود. کانی‌های با درجهٔ سختی بالاتر بر روی کانی‌های نرم‌تر خراش ایجاد می‌کنند. به منظور تعیین سختی کانی‌ها و مقایسهٔ سختی، از مقیاس سختی «موس» استفاده می‌شود. این مقیاس شامل ۱۰ کانی است که نرم‌ترین آنها تالک با سختی ۱ و سخت‌ترین آنها الماس (سختی ۱۰ ) است.
مثال: کوارتز دارای سختی ۷ است. این ماده می‌تواند کانی‌های دیگر را که سختی آنها از هفت کمتر است خراش دهد جدول ۲ـ۲ جدول سختی موس و شکل ۲ـ۱۶ شکل کانی‌های «جدول موس» را نشان می‌دهد.

جدول ۲ـ۲ـ جدول سختی موس (۴)

| نام کانی | درجهٔ سختی |
|---|---|
| تالک | ۱ |
| ژیپس | ۲ |
| کلسیت | ۳ |
| فلوئوریت | ۴ |
| آپاتیت | ۵ |
| اورتوز | ۶ |
| کوارتز | ۷ |
| توپاز | ۸ |
| کروندوم | ۹ |
| الماس | ۱۰ |

شکل ۲ـ۱۶ـ کانی‌های (موس) جدول

**رخ (کلیواژ):** رخ عبارت است از تمایل یک کانی به شکستن بر اثر فشار یا ضربه در امتداد سطوح پیوند ضعیف. هر قدر پیوند اتمی در امتداد سطوحی ضعیف‌تر باشد کانی در آن جهت آسان می‌شکند.

ساده‌ترین نوع «رخ» در میکاها یافت می‌شود که هر گاه شکسته می‌شوند در یک جهت ورقه‌های نازک و مسطحی به وجود می‌آورند (شکل ۲ـ۱۷). این نوع کانی‌ها دارای رخ یک جهتی هستند. بعضی از کانی‌ها دارای سطوح رخ متعددی هستند که وقتی می‌شکنند، سطوح صافی را به وجود می‌آورند. برخی دیگر دارای رخ‌های ضعیف و تعدادی نیز فاقد رخ هستند.

شکل ۲ـ۱۷ـ رخ ورقه ای در کانی میکا

شکستگی صدفی در اوپال

شکل ۲ـ۱۸ـ اوپال (۴)

**شکستگی :**

کانی‌هایی نظیر کوارتز در هنگام شکسته شدن، به صورت سطوح ناصاف درمی‌آیند و به همین سبب، اصطلاح «شکستگی» برای آنها به کار می‌رود. کانی‌هایی که شکل شکستگی آنها شبیه پوستهٔ صدف شکسته بوده از منحنی‌های متحدالمرکز تشکیل شده باشند، دارای شکستگی صدفی هستند.

برخی از کانی‌ها به شکل رشته‌ای و برخی دیگر نیز دارای شکستگی نامنظم هستند (۴).

**وزن مخصوص:**

عبارت است از وزن یک کانی نسبت به وزن آب هم حجم آن. وزن مخصوص بر اساس این رابطه محاسبه می‌شود.

$$\text{وزن مخصوص کانی} = \frac{\text{وزن کانی در هوا}}{\text{وزن آب هم حجم}}$$

**طبقه بندی کانی‌ها از نظر وزن مخصوص:**

- کانی‌های سبک که وزن مخصوص آنها از $2\,gr/cm^3$ کمتر است.
- کانی‌های نیمه سنگین که وزن مخصوص آنها بین ۲ تا ۴ $gr/cm^3$ قرار دارد.
- کانی‌های سنگین که وزن مخصوص آنها بین $gr/cm^3$ ۶ـ۴ قرار دارد.
- کانی‌های فوق سنگین که وزن مخصوص آنها از $gr/cm^3$ ۶ بیشتر است.

بیشتر کانی‌ها وزن مخصوص بین ۲ تا ۴ دارند. وزن مخصوص باریت (سولفات باریم) ۴/۵ و وزن مخصوص گالن (سولفید سرب) ۷/۵ است. بالا بودن وزن مخصوص این کانی‌ها به عناصر سنگین، مانند باریم و سرب بستگی دارد.

**خاصیت مغناطیسی:** کانی مگنتیت (اکسید مغناطیس طبیعی آهن) دارای خاصیت مغناطیسی است؛ از این‌رو بر عقربهٔ قطب‌نما اثر می گذارد. از خاصیت دفعی عقربه قطب نما می‌توان خاصیت مغناطیسی کانی را تعیین کرد.

**لومینسانس کانی‌ها:** توانایی درخشش برخی از کانی‌ها را در مقابل اشعهٔ X یا در برابر کاتودیک یا ماورای بنفش، «لومینسانس» گویند. اگر درخشش به وسیلهٔ اشعهٔ ماورای بنفش باشد به آن «فتولومینسانس» گویند. در کانی‌شناسی از خاصیت فتولومینسانس استفاده می‌شود.

**فلوئورسانس:** پس از قطع نور به کانی، درخشش آن نیز پایان می‌یابد، مانند فلوئوریت.

**فسفر سانس:** پس از قطع تابش نور به کانی، درخشش آن مدت‌ها پایدار می‌ماند. از خاصیت لومینسانس در شناخت کانی‌ها استفاده می‌شود.

**خاصیت رادیواکتیویته کانی‌ها:** کانی‌های رادیواکتیو تشعشعاتی دارند که به وسیلهٔ دستگاه‌های بسیار حساس ردیابی و شناسایی می‌شوند. این فرایند هنگامی رخ می‌دهد که نیروی پیوند هستهٔ اتم‌ها برای نگاهداری آنها کافی نباشد. از طریق قرار دادن کانی به روی فیلم عکاسی سالم در طی چند ساعت از پرتوها به صورت نقاط سفید (پس از ظهور فیلم) نمایان می‌شود.

**واکنش برخی کانی‌ها نسبت به اسید:** اسید کلریدریک با فرمول $HCl$ بر کانی کلسیت با فرمول $CaCO_3$ در دمای معمولی اثر می‌گذارد و گاز دی‌اکسیدکربن $CO_2$ متصاعد می‌کند.
واکنش کلسیت با اسید کلریدریک با فرمول زیر نشان داده شده است:

$$CaCO_3+2HCl\rightarrow CaCl_2\uparrow+H_2O$$

کانی پودر شده دولومیت (کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم با فرمول $Ca,Mg(CO_3)_2$) با اسید کلریدریک گرم و غلیظ واکنش نشان می‌دهد و گاز $CO_2$ ایجاد می‌کند (۴).

**شیوه‌های دیگر برای شناسایی کانی‌ها:**

هالیت (نمک طعام $NaCl$ ) مزهٔ شور دارد.
سیلویت (کلرید پتاسیم $KCl$) مزهٔ تلخ دارد.
ژیپس (سولفات کلسیم آبدار $2H2O$ و $CaSO_4$ ) با ناخن دچار خراش می‌شود.
کائولن (از کانی‌های رسی) به زبان می‌چسبد.
گرافیت و تالک دارای لمس چرب هستند.

**نام‌گذاری کانی‌ها:**

کانی‌ها بر اساس ضوابط خاص نام‌گذاری شده‌اند که شرح آن در پی می‌آید:
**الف)** نام عده‌ای از کانی‌ها از نام محل‌هایی گرفته شده است که برای اولین بار کانی در آنجا یافت شده است؛ برای نمونه، کانی «آندالوزیت» از نام ناحیهٔاندلس (جنوب اسپانیا)، «تالمسیت» از معدن «تالمسی» واقع در «انارک»ایران، «مسکویت» از شهر «مسکو» و «دولومیت» از کوه‌های «دولومیت» آلپ گرفته شده است.
**ب)** نام بعضی از کانی‌ها منسوب به رنگ آنهاست و معمولاً از زبان یونانی گرفته شده است. مانند هماتیت (رنگ قرمز خونی)، آزوریت (آبی) و کلریت (سبز).
**ج)** بعضی از کانی‌ها به نام محققان که نخستین بار آن را یافته‌اند نام‌گذاری شده‌اند؛ مانند بیرونیت (از نام ابوریحان بیرونی) سیلیمانیت (از نام سیلیمان)
**د)** نام برخی از کانی‌ها برگرفته از خواص دارندهٔ آن کانی‌هاست؛ مانند: باریت (سنگین) و پیروپ (آتشین) (۴).

## سنگ شناسی

### تعاریف

**الف) تعریف سنگ:** سنگ عبارت از جسم طبیعی ناهمگن است که از یک کانی یا مجموعه‌ای از چند کانی تشکیل شده است (۴).
**ب) سنگ شناسی:** سنگ‌شناسی بخشی از علم زمین‌شناسی است که در آن راجع به طرز تشکیل، منشأ، همچنین توصیف، طبقه‌بندی وترکیب سنگ‌ها صحبت می‌شود.

**ج) سنگ شناسی توصیفی**[1]: بخشی از سنگ شناسی و مربوط به ترکیب مشخصات و طبقه‌بندی سنگ‌هاست. در سنگ‌شناسی توصیفی، از چشم غیرمسلح (حداکثر با ذره بین دستی)، میکروسکوپ، تجزیهٔ شیمیایی و اشعهٔ X استفاده می‌شود.

**۲ـ۱۹ـ سنگ پگماتیت و کانی‌های تشکیل دهنده آن**

## طبقه‌بندی سنگ‌ها

سنگ‌ها را به سه دسته تقسیم کرده‌اند: «سنگ‌های آذرین»، «سنگ‌های دگرگونی» و «سنگ‌های رسوبی» (۴).

**سنگ‌های آذرین**

سنگ‌های آذرین از سرد شدن و متبلور شدن ماگما یا گدازه به وجود می‌آیند. مواد مذاب که از ذوب سنگ‌های پوسته یا گوشته پدید می‌آیند، ماگما نامیده می‌شوند. ترکیب شیمیایی ماگما متفاوت بوده عمدتاً دارای ترکیب سیلیکاتی، بخار آب و گازهای مختلف است. هر گاه ماگما به سطح زمین راه پیدا کند، بیشتر گازهای خود را از دست داده تشکیل «گدازه» می‌دهد. سنگ‌های آذرینی که در اعماق زمین و از سرد شدن ماگما حاصل می‌شوند «سنگ‌های آذرین درونی» نامیده می‌شوند.

سنگ‌هایی که حاصل سرد شدن گدازه در سطح زمین هستند «سنگ‌های آذرین بیرونی» نام دارند (۴).

۱ـ Petrography

**شکل ۲ـ۲۰ـ ماگما یا گدازه**

## ترکیب و انواع ماگما

در ترکیب ماگما، همان ۸ عنصر اکسیژن، آلومینیوم، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم یافت می‌شوند که در ترکیب پوستهٔ زمین نیز فراوان‌ترین عناصر به شمار می‌آیند.

اگر عناصر را به صورت اکسید در نظر بگیریم در خواهیم یافت که $SiO_2$ (سیلیس) از همه فراوان‌تر است. سنگ‌های آذرین را بر حسب مقدار سیلیس به چهار گروه تقسیم‌بندی می‌کنند.

ـ $SiO_2$ بیشتر از ۶۶ درصد: سنگ‌های آذرین اسیدی

ـ $SiO_2$ بین ۵۲ تا ۶۶ درصد: سنگ‌های آذرین خنثی یا حد واسط.

ـ $SiO_2$ بین ۴۵ تا ۵۲ درصد: سنگ‌های آذرین بازیک

ـ $SiO_2$ کمتر از ۴۵ درصد: سنگ‌های آذرین خیلی بازیک

در این طبقه‌بندی، عناوین اسیدی، بازیک و خیلی بازیک بر اساس رنگ ظاهری و ترکیب کانی‌شناسی سنگ است.

سنگ‌های اسیدی، کوارتز و فلدسپات فراوان، نیز ظاهر روشن دارند. سنگ‌های آذرین بازیک و خیلی بازیک به علت فراوانی کانی‌های آهن و منیزیم‌دار رنگ تیره از خود نشان می دهند. در این نوع بررسی‌ها سطح تازه شکسته شدهٔ سنگ در نظر گرفته می‌شود (۴).

## ساخت سنگ‌های آذرین[1]

ساخت سنگ‌های آذرین در نمونه‌های کوچک عبارت‌اند از: «ساخت توده‌ای[2]» و «ساخت جریانی[3]». سنگ‌های آذرین درونی معمولاً به صورت توده‌ای هستند. هر گاه بخواهیم آن‌را از معادن استخراج کنیم در هیچ جهتی ساده‌تر از جهتی دیگر نخواهد شکست.

سنگ‌های آذرین بیرونی دارای ساخت مشخص جریانی هستند. این سنگ‌ها بر اثر جریان یافتن و سرد شدن مواد مذاب به وجود می‌آیند. در ساخت جریان سطحی، مانند میکاهای موازی، سنگ‌ها در امتداد این صفحات خیلی

---

۱ـ Structure
۲ـ Massive
۳ـ Flow

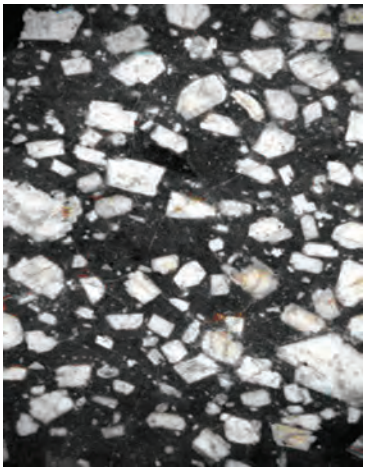
آسان‌تر شکسته می‌شوند و ساخت جریانی خطی، کانی‌های منشوری شکل، مانند آمفیبول‌ها، موازی یکدیگر قرار می‌گیرند (۴)

.

## بافت سنگ‌های آذرین

بافت سنگ آذرین مربوط به‌اندازه، شکل و آرایش کانی‌های موجود در آن است. بافت نشان‌دهندهٔ درجهٔ سرد شدن مادهٔ مذاب و تبلور کانی‌های تشکیل دهندهٔ سنگ آذرین است. بافت دانه درشت نشان‌دهندهٔ سرد شدن کند و بافت دانه ریز نشان دهندهٔ سرد شدن سریع است. بافت پورفیری نیز بیانگر هردو گونه است (شکل ۲ـ۲۱).

بافت دانه درشت



بافت پورفیری

بافت شیشه ای

**شکل ۲ـ۲۱ـ انواع بافت دانه درشت، پورفیری و شیشه ای**

بافت سنگ‌های آذرین به انواع «درشت بلور»، «وسط بلور» «ریز بلور» و «شیشه‌ای» طبقه بندی می‌شود.

**بافت پور فیری :** در این نوع بافت، بلورهای درشت در زمینه‌ای ریز بلور یا شیشه‌ای قرار دارند. اختلاف بین‌اندازه‌های بلور در سنگ نشان دهندهٔ تبلور در دو مرحله است.

در بعضی از سنگ‌ها هیچ بلوری دیده نمی‌شود؛ مانند ابسیدین[۱] که از شیشه‌های طبیعی و فراوان است و رنگ آن شبیه شیشهٔ شکسته و معمولاً سیاه است؛ همچنین بافت سنگ تماماً شیشه‌ای است.

بسیاری از سنگ‌های آتش فشانی، دارای بافت حفره‌ای هستند که در نتیجهٔ خروج گاز از ماگمای نیمه جامد، پدید آمده‌اند؛ مانند سنگ پا[۲] و پوکهٔ معدنی[۳].

طبقه بندی سنگ‌های آذرین: سنگ‌های آذرین براساس این مشخصات طبقه بندی می‌شوند:

۱ ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین از اسیدی تا بازیک تغییر می‌کند (این نکته در صفحات قبل توضیح داده شد).

۲ نوع کانی‌های تشکیل دهندهٔ سنگ.

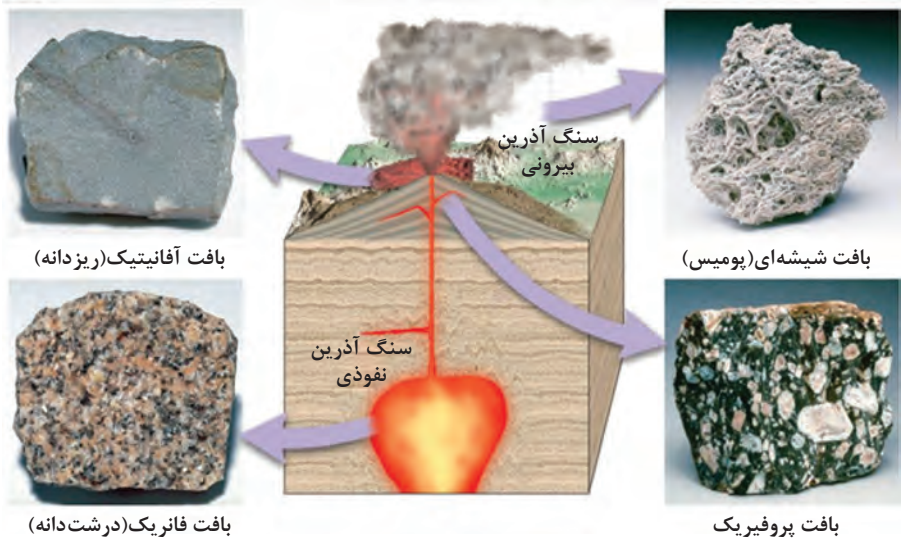
۳ بیرونی و درونی بودن(بافت سنگ).

خانواده‌های مهم سنگ‌های آذرین در این کتاب بررسی می‌شوند خانواده‌های گرانیت، ریولیت‌ـپگماتیت، سینیت‌ـتراکیت، دیوریت‌ـاندزیت، گابرو و بازالت است.

---

۱ـ Obsidian
۲ـ Scoria
۳ـ Pumice

هر مادهٔ مذاب ممکن است در عمق یا در سطح زمین سرد شود. بنابراین، دونوع سنگ که از نظر شیمیایی و کانی‌شناسی به هم شبیه بوده اما از نظر بافت باهم فرق دارند، تشکیل می‌شود؛ از این رو هر سنگ آذرین درونی یک معادل بیرونی نیز دارد. سنگ‌های آذرین درونی معمولاً به صورت سنگ تزیینی و نما به کار می‌روند (شکل ۲ـ۲۲) (۴).




شکل ۲ـ۲۲ـ تغییرات بافت سنگ‌های حاصل از ماده مذاب در عمق و در سطح

## خانواده‌های مهم سنگ‌های آذرین

### خانواده گرانیت ـ ریولیت

**گرانیت**[1]: از فراوان‌ترین سنگ‌های آذرین درونی است. بافت سنگ‌دانه‌ای و درشت‌بلور تا ریزبلور است. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده سنگ، فلدسپات، کوارتز و میکاها هستند (شکل ۲ـ۲۳). رنگ گرانیت بستگی به نوع فلدسپات آنها دارد.

**ریولیت**: ریولیت عبارت از یک سنگ بیرونی، با بافت ریزبلور است. کانی‌های تشکیل دهنده سنگ همانند گرانیت از کوارتز، فلدسپات و میکای سیاه به‌وجود آمده است.

شکل ۲ـ۲۳ـ گرانیت صورتی و سفید (۴)

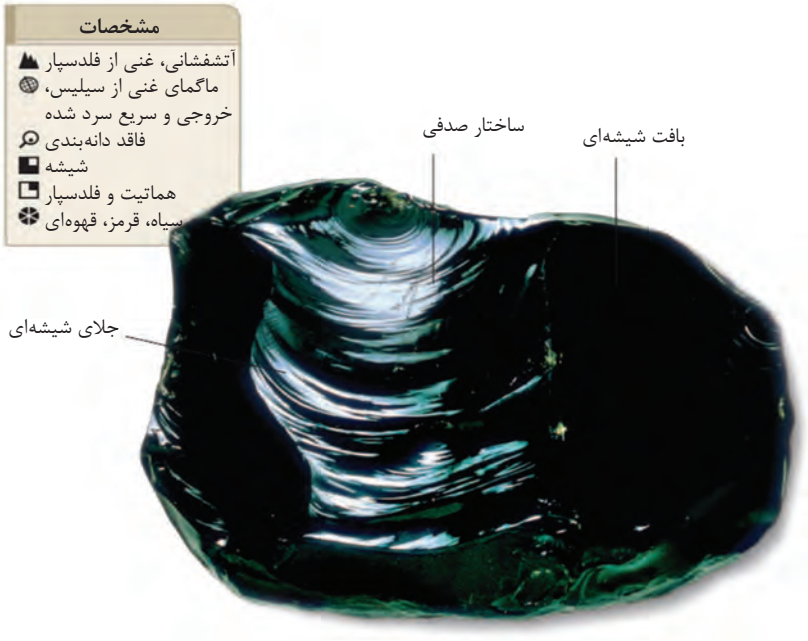
۱ـ Granite

شکل ۲ـ۲۴ـ گرانیت و رگهٔ آپلیتی (۴)

شکل ۲ـ۲۵ـ سنگ نفوذی با بافت پورفیری

**ابسیدین:** ابسیدین، شیشه‌های طبیعی بوده که دارای ترکیب کانی شناسی ریولیت هستند. ابسیدین سنگی سیاه و شیشه‌ای است که ظاهر قیرمانند دارد. سرعت سرد شدن در آن به حدی سریع بوده که کانی‌های آن فرصت تبلور نداشته در نتیجه، مواد آن به صورت غیر متبلور در سنگ وجود دارد (شکل ۲ـ۲۶).

**پگماتیت**[۱]: پگماتیت‌ها حاصل فرایندهای ماگمایی هستند. از مشخصات پگماتیت‌ها وجود بلورهای درشت کانی‌های مختلف در بخش‌های داخلی آنهاست. کانی‌های تشکیل‌دهندهٔ سنگ از کوارتز، تورمالین، بلور بریل، ورقه‌های میکا، و فلدسپات‌های بسیار درشت است. در شکل ۲ـ۲۷ دو تصویر از پگماتیت را مشاهده می‌کنید.




شکل ۲ـ۲۶ـ ابسیدین

۱ـ Pegmatite

## خانواده‌های گرانودیوریت

در گرانیت‌ها فلدسپات‌های« اورتوز» از «پلاژیو کلازها» بیشتر است. اگر پلاژیوکلازها بیشتر از اورتوز بوده و کوارتز نیز موجود باشد، سنگ «گرانودیوریت» نامیده می‌شود.

شکل ۲ـ۲۷ـ پگماتیت (۴)

شکل ۲ـ۲۸ـ گرانو دیوریت

## خانوادهٔ سینیت ـ تراکیت[1]

شکل ۲ـ۲۹ـ سینیت

**سینیت:** سینیت سنگ آذرین درونی تمام بلورینی است که معمولاً فاقد کوارتز بوده، مقدار فلدسپات‌های پتاسیم‌دار آن از فلدسپات‌های دیگر بیشتر است. در سینیت ۵ تا ۴۰ درصد کانی‌های فرومنیزین (آهن و منیزیم‌دار) مانند میکای سیاه، همچنین گاه ممکن است هورنبلاند در آن دیده شود.

**پوکهٔ معدنی:** پوکهٔ معدنی نوعی از تراکیت‌های متخلخل و پر حفره است که ظاهری اسفنجی دارد و سبک وزن است. در صنایع ساختمانی به صورت عایق رطوبت و صدا از آن استفاده می‌شود.

۱ـ Syenite Trachyte

**تراکیت:**

تراکیت سنگ آذرین بیرونی دانه‌ریز و ترکیب کانی‌شناسی آن شبیه به سینیت است، یعنی فاقد کوارتز بوده فلدسپات‌های پتاسیم در آن بیشتر از پلاژیو کلازهاست (۴).

**پوکه معدنی:**

پوکه معدنی نوعی از تراکیت‌های متخلخل و پرحفره است که ظاهری اسفنجی دارد و سبک وزن است. در صنایع ساختمانی به صورت عایق رطوبت و صدا از آن استفاده می‌شود (۴).

شکل ۲ـ۳۰ـتراکیت

شکل ۲ـ۳۱ـ پوکه معدنی (۴)

## خانوادهٔ دیوریت ـ آندزیت[1]

**دیوریت :**

دیوریت‌ها سنگ‌های آذرین درونی تمام بلورین هستند. این سنگ فاقد کوارتز بوده مقدار فلدسپات‌های پلاژیوکلاز آن از فلدسپات‌های پتاسیم‌دار بیشتر است. دیوریت دارای کانی‌های آهن و منیزیم‌دار مانند هورنبلاند و میکای سیاه است (شکل ۱۲ـ۱۰).

کاربرد دیوریت‌ها: این سنگ‌ها چون نسبتاً سخت و متراکم هستند در کارهای ساختمانی از آن استفاده می‌شود (۴).

شکل ۲ـ۳۲ـ دیوریت

۱ـ Diorite Andesite

**آندزیت:**

آندزیت سنگی است بیرونی، با بافت تمام بلورین تا نیمه بلورین و بافت پور فیری، که از نظرکانی‌شناسی به دیوریت شبیه است. این سنگ از پلاژیو کلاز و میکای سیاه یا هورنبلاند و به‌ندرت از کوارتز به وجود آمده است (۴).

**شکل ۲ـ۳۳ـ آندزیت**

## خانواده گابرو ـ بازالت[1]

**گابرو:** سنگی درونی، تمام بلورین و درشت بلور که کانی‌های تشکیل دهنده آن را کانی‌های آهن و منیزیم دار، مانند اوژیت (نوعی پیروکسن) اولیوین و پلاژیوکلازها هستند. رنگ سنگ‌های گابرویی به سبب فراوانی کانی‌های تیره، اغلب تیره، خاکستری تیره یا متمایل به سیاه است (۴).

**بازالت:** سنگ آذرین بیرونی تمام بلورین تا نیمه بلورین و گاهی شیشه‌ای که‌ترکیب کانی شناسی آن همانند گابرو بوده، رنگ آن تیره و اغلب سیاه است. بازالت از فراوان‌ترین سنگ‌های آذرین بیرونی است و در کف اقیانوس‌ها گسترش وسیع دارند.

**شکل ۲ـ۳۴ـ گابرو**

۱ـ Gabro Basalte

کانی‌های موجود در این سنگ، پلاژیو کلاز و کانی‌های آهن و منیزیم دار( پیروکسن، اولیوین) هستند( شکل ۲ـ۳۵).

### پریدوتیت[1]

پریدوتیت، سنگ‌های درونی، با بافت بلورین و تمام تیره رنگ هستند که قسمت زیاد آن از کانی‌های اولیوین تشکیل شده است. این سنگ‌ها تجزیه می‌شوند و از آن سنگ‌های سرپانتین با رنگ سبز به وجود می‌آیند (۴).

شکل ۲ـ۳۶ـ پریدوتیت

شکل ۲ـ۳۵ـ بازالت

## سنگ‌های آذر آواری[2] (پیرو کلاستیک)

سنگ‌های آذر آواری متشکل از ذرات ریز و درشت سنگ‌های آتش فشانی هستند که به هوا پرتاب شده، سپس دچار رسوب شده‌اند. نوعی از این رسوبات که از دانه‌های ریز تشکیل می‌شود «توف آذرین» نامیده می‌شود (۴).

شکل ۲ـ۳۷ـ توف سبز کرج (۴)

۱ـ Pridodite
۲ـ Pyroclastic

جدول ۲ـ۳ـ طبقه بندی سنگ‌های آذرین[1] (۴)

| رنگ تیره یا وزن سنگین (کانی‌ها اصلی: فلدسپات، پیروکسن، آمفیبول، اولیوین) | رنگ واسط ( کانی‌های اصلی: فلدسپات، آمفیبول، بیوتیت، پیروکسن) | رنگ روشن یا وزن سبک (کانی‌های اصلی: فلدسپات و کوارتز) | بافت |
|---|---|---|---|
| گابرو<br>متوسط بلور: دولریت = دیاپاز<br>اولیوین: دونیت<br>پیروکسن: پیروکسینیت<br>اولیوین و پیروکسن: پریدونیت | دیوریت<br>کوارتزدار: کوارتزداردیوریت یا دیوریت<br>کوارتزدار: تونالیت | گرانیت<br>درشت‌بلورتر: پگمانیت<br>ریزبلور: آپلیت<br>بدون کوارتز: سینیت | درشت‌بلور |
| بازالت | فلسیت (شامل ریولیت، تراکیت، فنولیت، آندزیت، داسیت، لاتیت، کوارتزلاتیت) | | ریزبلور |
| بازالت شیشه‌ای<br>متخلخل: اسکوری | ابسیدین<br>پیچ‌استون(سنگ قبری)<br>مرواریدی: پرلیت<br>متخلخل: پومیس | | شیشه‌ای |
| بازالت پورفیری | دیوریت پورفیری<br>فلسیت پورفیری | گرانیت پورفیری<br>سینیت پورفیری<br>فلسیت پورفیری<br>ابسیدین پورفیری = ویترو پورفیری (پورفیری شیشه‌ای) | بلورهای درشت و ریز |
| | ریز: توف | درشت: برش آتش‌فشانی | درهم |

۱ـ این جدول جنبهٔ کاربردی دارد و لزومی به حفظ کردن آن نیست.

## سنگ‌های رسوبی

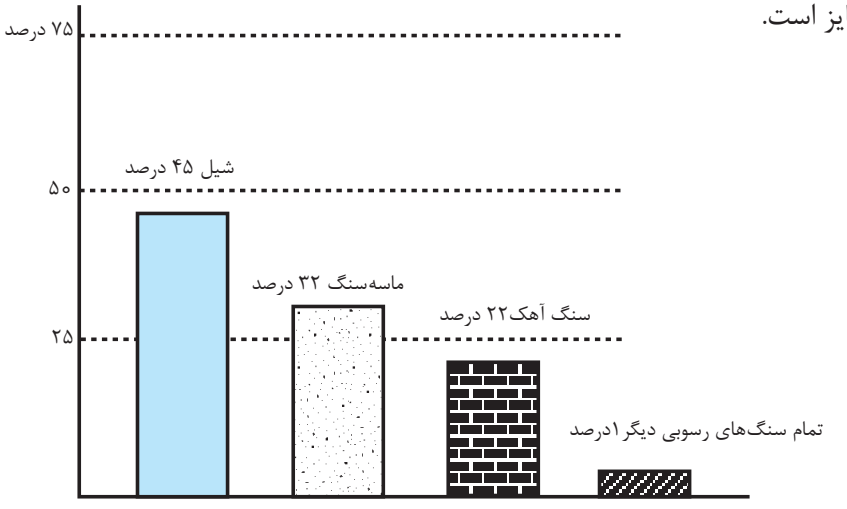
فرایند هوازدگی مواد خام سنگ‌های رسوبی را فراهم می‌کند. رودخانه‌ها ذرات هوازده را به حوضه‌های رسوبی مانند دریاها، دریاچه‌ها، دره‌های رودخانه‌ای و دیگر حوضه‌ها به صورت لایه‌لایه ته نشین می سازد. سنگ‌های رسوبی۵درصد از حجم پوستهٔ زمین را تشکیل می‌دهد. این سنگ‌ها دارای فسیل هستند که یکی از ابزارهای مهم در مطالعهٔ تاریخ گذشتهٔ زمین به شمار می‌آید.

بسیاری از سنگ‌های رسوبی از نظر اقتصادی اهمیت دارند. زغال سنگ و سایر منابع انرژی مانند نفت و گاز طبیعی به سنگ‌های رسوبی ارتباط دارد. گروهی از سنگ‌های رسوبی منبع مهمی از آهن، آلومینیوم، منگنز، کود و مواد لازم دیگر برای صنعت به شمار می‌آیند. سنگ‌های رسوبی محل ذخیره و انتقال آب‌های زیرزمینی است که از نظر مصارف صنعتی، کشاورزی و آب آشامیدنی اهمیت فراوان دارد (۴).

## ساخت‌های موجود در لایه‌های رسوبی

در حوضه‌های رسوبی، رسوبات به صورت لایه لایه و افقی روی هم ته نشین می‌شوند. پس از سخت شدن لایه‌ها، سنگ‌های رسوبی به وجود می‌آید.

لایه یا طبقه، جسم ورقه مانندی است که طول و عرض آن در مقایسه با ضخامت لایه، زیاد است. ضخامت هر لایه ممکن است از یک سانتی‌متر کمتر تا چندین متر تغییر کند و به وسیله سطحی به‌نام (سطح لایه بندی) از لایه‌های مجاور جدا شود. هر لایه، از طبقات رویی و زیرین خود به وسیلهٔ تغییرات سنگ شناسی، رنگ واندازهٔ دانه‌ها متمایز است.

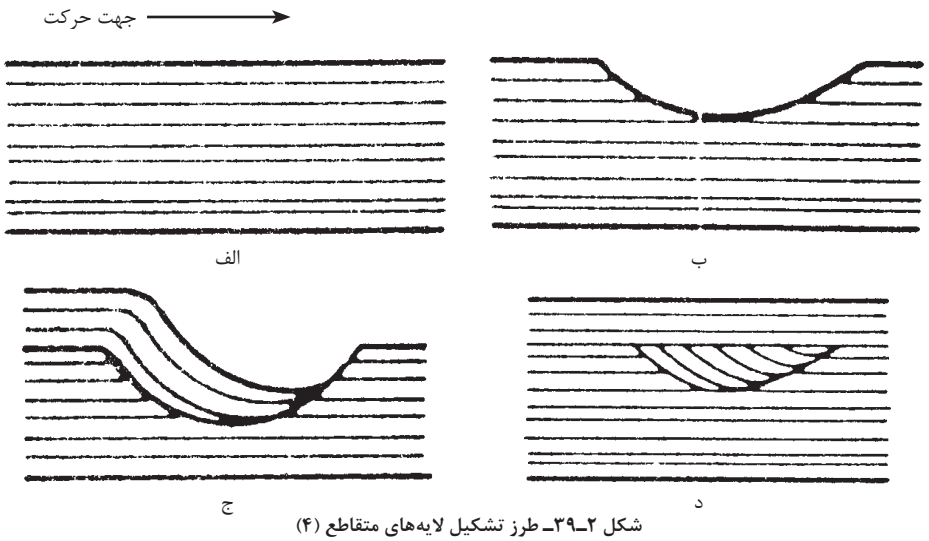



**شکل ۲ـ۳۸ـ نسبت فراوانی سنگ‌های رسوبی در روی زمین (۴)**

### لایه‌بندی متقاطع [۱]:

این لایه‌بندی ساختی است که در نتیجهٔ موقعیت و ویژهٔ رسوب گذاری و لایه‌بندی نازک و شیب‌دار در مقابل لایه‌های سنگی ضخیم به وجود می‌آید. لایه‌بندی متقاطع در تپه‌های ماسه‌ای، دلتاها و رودخانه‌ها تشکیل می‌شود.

۱ـ Crossing Bedding



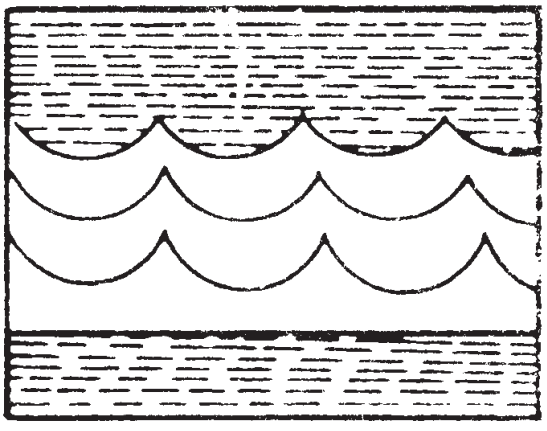

**شکل ۲ـ۳۹ـ طرز تشکیل لایه‌های متقاطع (۴)**

## ریپل مارک[۱] یا موج نشان :

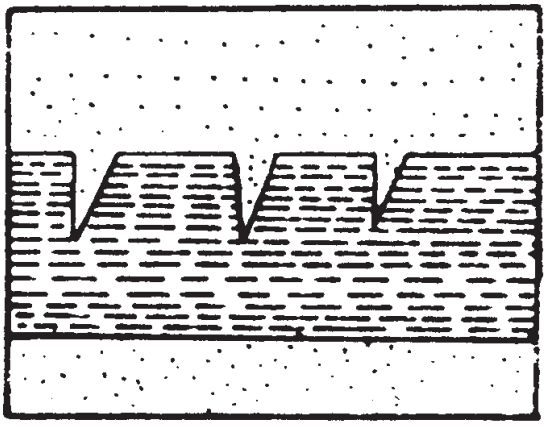
ریپل مارک سطح موج دار یا چین و شکن‌هایی است که به وسیلهٔ رودخانه‌ها با جریان‌های جذرومدی در یک بستر ماسه‌ای ساخته می‌شود، این ساخت بر اثر حرکت باد در تپه‌های ماسه‌ای یا در اعماق کم دریاها، بر اثر حرکت موج به وجود می‌آید.

## ترک‌های گلی[۲] :

وقتی ترک‌های گلی در رسوباتی پیدا شوند، نشان‌دهندهٔ آن است که آنها به‌طور متناوب تر خشک می‌شده‌اند. گل‌های تر وقتی در معرض هوا قرار گیرند خشک‌شده ترک‌هایی در آنها ایجاد می‌شود. ترک‌های گلی در محیط‌های کم عمق مانند دریاچه‌ها، بستر رودخانه‌ها و نظایر آن تشکیل می‌شوند.



**شکل ۲ـ۴۰ـ ریپل مارک (۴)**



**شکل ۲ـ۴۱ـ ترک‌های گلی (۴)**

۱ـ Ripple Mark
۲ـ Mud Craks

## بافت سنگ‌های رسوبی

بافت به‌اندازهٔ ذرات تشکیل دهندهٔ سنگ‌ها گفته می‌شود. «بافت‌های آواری» یا تخریبی (کانی‌ها و خرده سنگ‌ها)، و «بافت غیر آواری»، دو نوع بافت اصلی در سنگ‌های رسوبی به شمار می‌آیند.

۱ **بافت آواری:** اندازهٔ ذرات در سنگ‌های رسوبی متفاوت بوده و دارای بافت دانه درشت بزرگ‌تر از ۲میلی‌متر، دانه متوسط ۲تا ۱/۱۶ میلی‌متر و دانه ریز کمتر از ۱/۱۶ میلی‌متر است. مواد تشکیل دهندهٔ سنگ‌های رسوبی شامل دو دستهٔ «دانه[۱]» و «سیمان[۲]» است. میزان سیمان شدگی از ویژگی‌های مهم سنگ‌های رسوبی آواری به شمار می‌آید. سیمان اصلی این گونه بافت‌ها، آهک، سیلیس، اکسیدهای آهن و رس است.

۲ **بافت‌های بلورین (غیر آواری):** کانی‌های تشکیل دهنده در آب‌ها به صورت محلول در می‌آیند، سپس بر اثر تبخیر با واکنش‌های شیمیایی در دریاچه‌ها و دریاها ته نشست حاصل کرده، بافت بلورین را تشکیل می دهند. این بافت‌ها از نظراندازه شامل سه دسته‌اند. «بافت درشت بلور بزرگ‌تر از ۲میلی‌متر»، «بافت متوسط بلور ۲تا ۱/۱۶ میلی‌متر» و «بافت ریز بلور کمتر از ۱/۱۶ میلی‌متر».

شکل ۲ـ۴۲ـ بافت اسکلتی

## انواع سنگ‌های رسوبی

سنگ‌های رسوبی را به سه گروه «آواری»، «شیمیایی» و «لی» طبقه بندی می‌کنند. اما هر یک از این گروه‌ها، شامل اقسام مختلفی از سنگ‌ها می‌شوند و از لحاظ طرز انتقال، رسوب‌گذاری و سنگ‌شدن با هم فرق دارند.

سنگ‌های رسوبی آواری: این سنگ‌ها بیشترین نوع سنگ‌های رسوبی هستند که از سیمان‌شدگی خرده سنگ‌های حاصل از سنگ‌های قبلی به وجود آمده‌اند. براساس طبقه‌بندی، خرده سنگ‌ها شامل شن، ریگ، قلوه سنگ و مانند آنها بوده که شیل‌ها دانه‌ریزترین سنگ‌های آواری، ماسه سنگ‌ها، دانه متوسط، و کنگلومراها دانه درشت‌ترین این گروه از سنگ‌ها هستند.

۱ـ Grain
۲ـ Matrix

**جدول ۲ـ۴ـ طبقه بندی سنگ‌های تخریبی بر اساس‌اندازهٔ دانه‌ها (۴)**

| اندازه برحسب میلی‌متر | نام ذرات | رسوبات | نام عمومی رسوبات | سنگ رسوبی تخریبی |
|---|---|---|---|---|
| بیشتر از > ۲۵۶<br>۶۴ تا ۲۵۶<br>۴ تا ۶۴<br>۴ تا ۴ | درشت سنگ<br>قلوه‌سنگ<br>ریگ<br>شن | دانه درشت | گراول | کنگلومرا<br>یا<br>برش |
| ۲ تا $\frac{۱}{۱۶}$ | ماسه | دانه متوسط | ماسه | ماسه‌سنگ |
| $\frac{۱}{۱۶}$ تا $\frac{۱}{۲۵۶}$<br>کوچک‌تر از< $\frac{۱}{۲۵۶}$ | سیلت<br>سیلت + رس<br>رس | دانه ریز | گِل | سیلت‌سنگ<br>گِل‌سنگ<br>شیل |

## شیل[۱] :

شیل سنگ رسوبی است و از ذراتی به‌اندازهٔ رس ساخته شده است. این سنگ‌ها بیش از نصف تمام سنگ‌های رسوبی است. شیل‌ها از نوع رس و میکا هستند که حالت ورقه‌ای دارند و به آسانی خرد می‌شوند. این سنگ‌ها در محیط‌های رسوبی نسبتاً آرام و جریان‌های غیر آشفته رسوب کرده‌اند. رنگ شیل‌ها متفاوت بوده و به نوع کانی‌های موجود در سنگ بستگی دارند (۴).

**شکل ۲ـ۴۳ـ شیل سیاه**

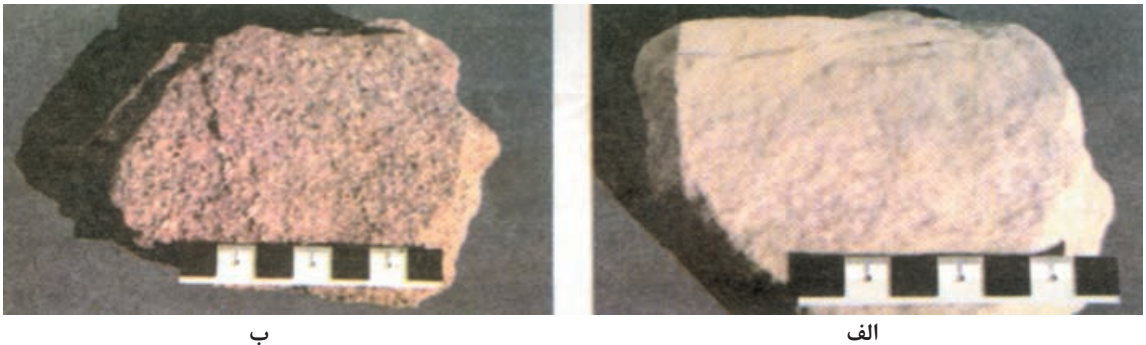
شیل‌های سیاه دارای مقدار زیادی مواد آلی هستند. شیل‌های قرمز اکسید آهن دارند. از انواع دیگر سنگ‌های رسوبی تخریبی دانه ریز، «سیلتستون» است که از ذرات سیلت که درشت‌تر از ذرات رس است تشکیل شده است.

۱ـ Shale

**شکل ۲ـ۴۴ـ سیلتستون**

**ماسه سنگ**[۱]: به سنگی که‌اندازهٔ دانه‌های آن به‌اندازهٔ ماسه باشد، «ماسه سنگ» می‌گویند. ماسه سنگ‌ها بعد از شیل، فراوان‌ترین سنگ‌های رسوبی به شمار می‌آیند. دانه‌های ماسه سنگ‌ها به وسیلهٔ سیمانی از جنس سیلیس یا کربنات به هم چسبیده‌اند ماسه سنگ کوارتزی[۲]، بیش از ۹۰درصد کوارتز واندکی سیمان دارد.

«آرکوز»، ماسه سنگی است که حداقل ۲۵درصد فلدسپات دارد و کوارتز از ذرات اصلی آن است. اندازهٔ ذرات در آرکوز اغلب بزرگ و زاویه دار است، از این رو، ذرات کمتر در معرض جریان آب بوده مسافت کمی را طی کرده‌اند. در ماسه سنگ کوارتزی دانه‌ها در معرض جریان آب، مسافت زیادی را طی کرده‌اند؛ بنابراین، دانه‌ها حالت گردشدگی دارند (۴).



ب الف

**شکل ۲ـ۴۵ـ الف) ماسه سنگ کوارتزی، ب) آرکوز (۴)**

۱ـ Sandstone
۲ـ Quartz Sandatone

**کنگلومرا:**

کنگلومراها از سیمان شدگی ذرات درشت رسوبی بزرگ‌تر از ۲میلی‌متر با گردشدگی خوب و مادهٔ زمینه‌ای از سیلیس و رس ـ تشکیل شده‌اند. دانه‌ها ممکن است از هر جنس باشند، اما کوارتز از کانی‌های مقاوم در کنگلومراها به حساب می‌آیند(شکل ۲ـ۴۶) (۴)

شکل ۲ـ۴۶ـ کنگلومرا

شکل ۲ـ۴۷ـ برش

**برش**[۱]: برش از سیمان شدگی ذرات درشت و زاویه دار، با زمینه‌ای ذرات ریزتر تشکیل شده است.

دانه‌های برش زاویه دار بوده، نشان دهنده طی مسافت کم است (۴).

سنگ‌های رسوبی شیمیایی غیر آلی: این رسوبات از موادی پدید آمده‌اند که به صورت محلول به دریاچه‌ها و دریاها وارد شده‌اند. مواد همیشه به حالت محلول باقی نمی‌مانند، بلکه قسمتی از آن به صورت ذراتی رسوب نموده روی هم انباشته می‌شوند و رسوبات شیمیایی را به وجود می‌آورند. مواد محلول در آب بر اثر تغییر یا تغییرات شدید دما رسوب می‌کنند (۴).

**سنگ‌های آهکی:** سنگ‌های آهک از کانی کلسیت ($CaCO_3$) تشکیل شده که در نتیجهٔ فرایندهای شیمیایی به وجود می‌آید. میزان رسوب آهک در حوضه‌های رسوبی به میزان $CO_2$ بستگی دارد. آهک در آب‌های گرم، به علت خروج $CO_2$ زودتر رسوب می‌کند.

شکل ۲ـ۴۸ـ تراورتن (۴)

۱ـ Breccias

«تراورتن» نوعی سنگ آهک است که در دهانهٔ جسم‌ها با خارج شدن گاز $CO_2$ از آب، تشکیل می‌شود. سنگ آهک پر حفرهٔ تراورتن و ستون‌های آهکی درون غارها به همین شکل به وجود آمده‌اند.

**سنگ‌های تبخیری:** گروهی از سنگ‌های رسوبی، حاصل تبخیر آب مناطق کم عمق و گرم هستند و در محیط‌هایی مانند دریاچه‌ها که مقدار تبخیر بیشتر از مقدار آب‌های ورودی است پدید می‌آید؛ مانندهالیت و ژیپس. «هالیت» سازندهٔ اصلی سنگ نمک و «ژیپس» سازندهٔ اصلی سنگ گچ که هر دو دارای ارزش اقتصادی هستند، در حوضه‌های تبخیری رسوب می‌کنند.

**سنگ نمک:** سنگ نمک در حالت خاص بی رنگ است، و در صورت ناخالصی به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود و در صورت داشتن اکسید آهن به رنگ قرمز روشن در می‌آید. مزهٔ شور، ویژگی اصلی شناخت این سنگ است.

**سنگ گچ آبدار (ژیپس):** این سنگ اغلب به رنگ سفید دیده می‌شود و در صورت داشتن اکسید آهن به رنگ قرمز روشن در می‌آید. بهترین معرف آن میزان سختی آن است (با ناخن خراش برمی‌دارد). این سنگ بدون مزه بوده، اسید بر آن تأثیر ندارد. سنگ گچ بی‌آب را «انیدریت [1]» گویند که سختی آن بیشتر از سختی سنگ گچ آب‌دار است و با ناخن خراش برنمی‌دارد.

**دولومیت:** دولومیت بسیار شبیه به سنگ آهک است (۴). و از کانی دولومیت یعنی کربنات کلسیم و کربنات منیزیم ساخته شده است. دولومیت‌ها هنگامی تشکیل می‌شوند که منیزیم جانشین کربنات کلسیم سنگ آهک شود.

**چرت [2]:** چرت به سنگ‌های متراکم سختی اطلاق می‌شود که از سیلیس بسیار ریز ساخته شده‌اند. نوع شیمیایی آن محصول رسوب کردن سیلیس در آب‌هایی است که از این ماده اشباع گشته‌اند (شکل ۲ـ۴۹)

شکل ۲ـ۴۹ـ چرت (۴)

## سنگ‌های رسوبی شیمیایی آلی:

مهم‌ترین سنگ‌های این گروه عبارت است از سنگ‌های آهک آلی و چرت که از بقایای اسکلت جانوران و گیاهان دریازی حاصل شده‌اند.

**گل سفید:** گل سفید سنگی است که از پوستهٔ موجودات ریز میکروسکوپی تشکیل شده است.

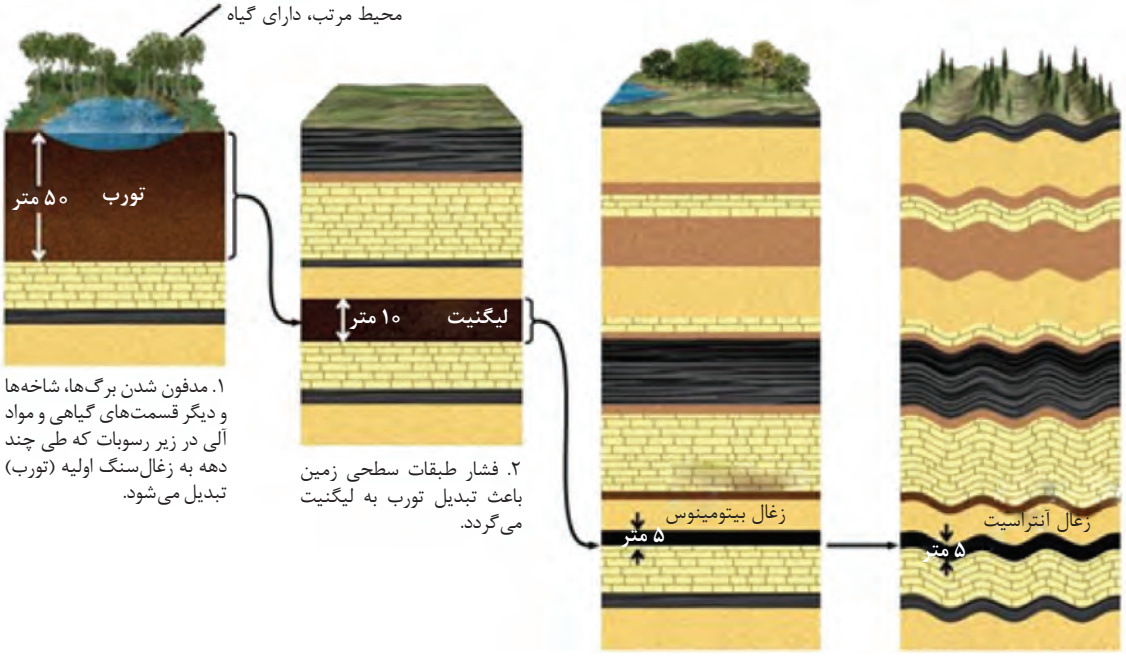
**چرت آلی:** نوعی سنگ رسوبی شیمیایی آلی است که از سیلیس باقیماندهٔ جانداران دریایی تشکیل می‌شود.

**زغال سنگ:** با بررسی دقیق یک تکه زغال سنگ با ذره‌بین مشخص می‌شود که ساختمان‌های گیاهی، مانند برگ‌ها، پوست درخت و چوب در آن وجود دارد؛ بنابراین، زغال‌سنگ محصول نهایی دفن مواد گیاهی در دوره‌های طولانی است.

مرحلهٔ اصلی تشکیل زغال‌سنگ، تجمع و انباشتگی بقایای گیاهی به مقدار زیاد است. با وجود این، برای تجمع باید وضعیت خاصی فراهم شود، مهم‌ترین محیط مناسب برای حفظ مواد گیاهی، محیط باتلاقی است. این محیط فاقد اکسیژن است و تجزیهٔ کامل مواد گیاهی در آن انجام نمی‌شود. مواد گیاهی تحت تأثیر عمل باکتری‌ها قرار می‌گیرند و مواد آلی آنها تا اندازه‌ای تجزیه شده، اکسیژن و هیدروژن آزاد می‌شود. با خروج این عناصر، درصد کربن به تدریج افزایش می‌یابد. تجزیهٔ ناقص مواد گیاهی در محیط باتلاقی، ایجاد لایه‌ای از«تورب» می‌شود که

۱ـ Anhydrite
۲- Chert

ماده‌ای نرم و قهوه‌ای است. با افزایش تدریجی فشار و گرما، مواد فشرده‌تر و سخت‌تر حاصل می‌شود. این مواد به‌ترتیب درجهٔ خلوص لیگنیت، زغال‌سنگ و آنتراسیت هستند (۴).

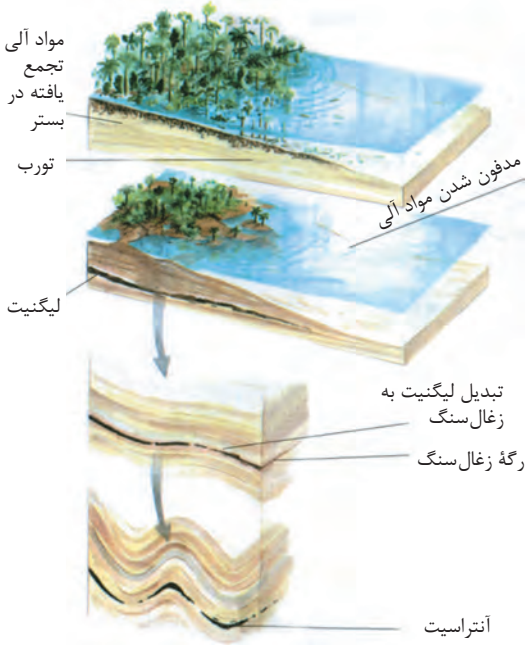



۱. مدفون شدن برگ‌ها، شاخه‌ها و دیگر قسمت‌های گیاهی و مواد آلی در زیر رسوبات که طی چند دهه به زغال‌سنگ اولیه (تورب) تبدیل می‌شود.

۲. فشار طبقات سطحی زمین باعث تبدیل تورب به لیگنیت می‌گردد.

۳. با افزایش ضخامت رسوبات از چند متر تا چند هزار متر، لیگنیت تبدیل به زغال‌سنگ نارس (بیتومینوس) می‌گردد.

۴. با ادامهٔ فشار و حرارت طبقات موجود بر روی بیتومینوس نهایتاً زغال‌سنگ سخت یا آنتراسیت تشکیل می‌گردد.




**شکل ۲ـ۵۰ـ تشکیل زغال سنگ از رسوبات مردابی (۴)**

## سنگ‌های دگرگونی[۱]

فرایند دگرگونی شامل تغییر حالت سنگ‌های موجود در زمین است. سنگ‌های رسوبی، آذرین، و حتی سنگ‌های دگرگونی، براساس وضعیت خاص زمین شناسی به سنگ‌های دگرگونی تبدیل می‌شوند. عوامل تغییردهندهٔ سنگ‌ها شامل حرارت و فشار است؛ بنابراین، دگرگونی عبارت است از «مجموعهٔ فرایندهای درونی که براساس موقعیت خاص باعث تغییر ساختمان و ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌ها می‌شود و یک سنگ در حالت جامد به سنگ دیگری تبدیل می‌کند» (۴).

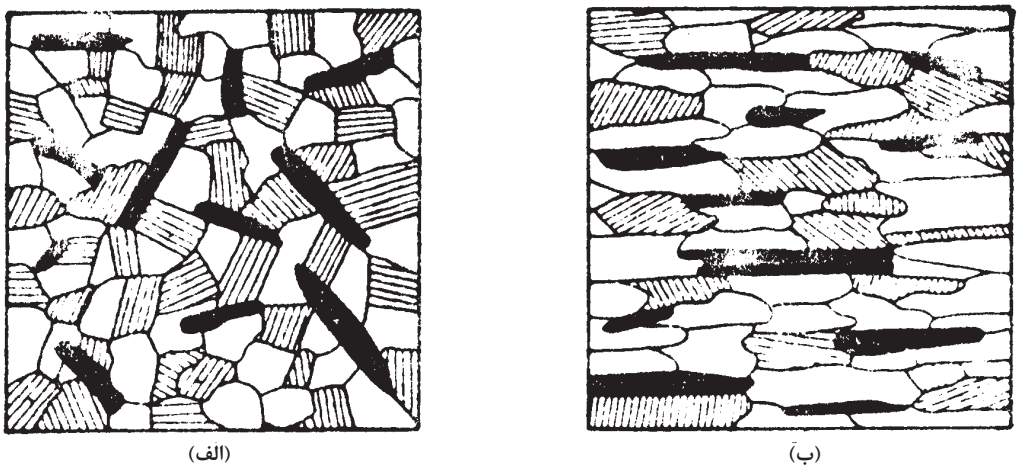
## عوامل دگرگونی

عوامل دگرگونی شامل حرارت و فشار بوده، سنگ‌ها اغلب تحت تأثیر هر دو عامل قرار می‌گیرد، اما درجهٔ دگرگونی از یک محیط به محیط دیگر متفاوت است.

۱ـ Metamorphic rocks

**حرارت:** مهم‌ترین عامل دگرگونی، حرارت است، اگر سنگ‌های نواحی مختلف پوستهٔ زمین تحت تأثیر حرارت زیاد قرار گیرند، دگرگون می‌شوند. انتقال حرارت به زمین‌های اطراف ممکن است بر اثر نفوذ توده‌ای مذاب (گاما) به سنگ‌های درون گیر ایجاد شود یا با سنگ‌های درون زمین تحت تأثیر درجهٔ زمین گرمایی۲ قرار گیرند.

**فشار:** سنگ‌های درون زمین تحت فشار طبقات رویی قرار می‌گیرند سنگ‌های اعماق زمین کاملاً نرم و در هنگام تغییر شکل حالت خمیری دارند. اگر فشار و نیروهای وارده به اطراف سنگ‌ها متفاوت باشند، کانی‌های تشکیل دهندهٔ سنگ «جهت یافتگی» پیدا می‌کنند (۴).



(الف) (ب)

**شکل ۲ـ۵۱**

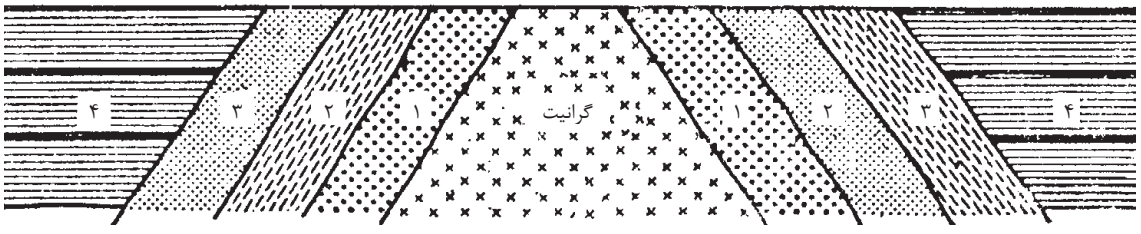
**در قسمت (الف) بلورها هیچ گونه جهتی ندارند، اما در قسمت (ب) بلورها بر اثر دگرگونی کشیده و جهت دار شدند**

## انواع دگرگونی

دگرگونی در وضعیت‌های مختلف صورت می‌گیرد.

### دگرگونی مجاورتی[1]:

این نوع دگرگونی بر اثر نفوذ ماگما در سنگ‌های تشکیل دهندهٔ پوستهٔ زمین پدید می‌آید. سنگ‌های درون گیر به‌ترتیب فاصله تحت تأثیر اعمال مختلف ماگما قرار می‌گیرند و دگرگون می‌شوند. مقدار تغییر به دمای ماگما به طول زمانی که با سنگ‌های اطراف در تماس است بستگی دارد. هنگام دگرگونی مجاورتی، منطقه‌ای تغییر شکل یافته‌ای به نام «هالهٔ دگرگونی» در اطراف تودهٔ ماگمایی تشکیل می‌شود.

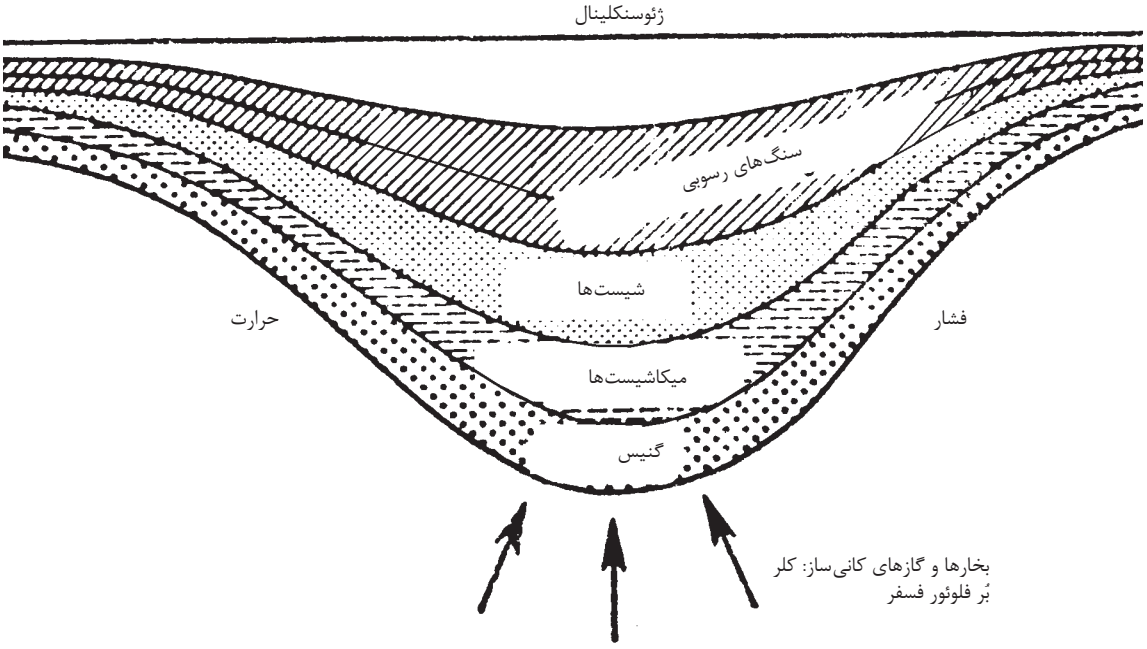



۱ـ هورنفلس ۲ـ میکاشیست ۳ـ شیست ۴ـ سنگ‌های رسی

**شکل ۲ـ۵۲ـ دگرگونی مجاورتی (۴)**

۱ـ Contact metarmorphism

**دگرگونی ناحیه‌ای:**
در صورتی که سنگ‌ها در وسعت زیاد، تحت تأثیر حرارت و فشار قرار گیرند و تغییر شکل یابند، دگرگونی ناحیه‌ای به وجود می‌آید. مناطق مهم دگرگونی در قاره‌ها از نوع دگرگونی ناحیه‌ای هستند (۴).




**شکل ۲ـ۵۳ـ دگرگونی ناحیه‌ای (۴)**

**بافت:** درجهٔ دگرگونی در بافت و ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های دگرگونی نمایان می‌شود. نحوهٔ رشد و استقرار کانی‌ها براثر فشار، بافت‌های متنوعی را در سنگ‌های دگرگونی‌ایجاد می‌کند.
**اندازهٔ دانه‌ها:** فشار زیاد باعث تبلور دوبارهٔ دانه‌های کانی موجود در سنگ می‌شود. آب نیز در این فرایند موجب رشد کانی‌ها می‌گردد.
**شکل دانه‌ها:** بعضی از کانی‌ها مانند میکا، با ساختمان ورقه‌ای، هورنبلاند یا بلورهای طویل و سوزنی است و کوارتز و فلدسپات در سنگ، با جهت یافتگی مشخصی متبلور می‌شوند. نحوهٔ جهت یافتگی کانی‌ها به صورتی است که به سنگ منظره‌ای لایه‌ای یا نواری می‌دهد. اگر تنها با رشد کانی‌های ورقه‌ای، سنگ به شکل ورقه ورقه‌ای به‌صورت فلس باشد، به آن «شیستوزیته» می‌گویند و سنگ دارای چنین نامی را «شیست» می‌نامند (۴).

## انواع سنگ‌های دگرگونی

سنگ‌های دگرگونی را به دو گروه عمده طبقه بندی می‌کنند:
۱ـ انواعی که دارای جهت یافتگی هستند؛ از این گروه «سنگ لوح»، «شیست‌ها» و «گنیس» را می‌توان نام برد.
**سنگ لوح:** این دسته از سنگ‌ها از دگرگونی خفیف سنگ‌های رسی (شیل) به وجود می‌آید. در این سنگ نوعی تورق ساده و خوب وجود دارد که باعث می‌شود سنگ به شکل صفحات تقریباً صاف و منظم شکسته شود. رنگ سنگ لوح خاکستری یا سیاه است و بر حسب وجود کانی‌های مختلف، به رنگ‌های متنوعی مانند قرمز و سبز درمی‌آید «فیلیت» نوعی سنگ لوح است که به علت فراوانی میکا، ظاهری براق پیدا می‌کند.

**شکل ۲ـ۵۴ـ سنگ لوح**

## شیست‌های دگرگونی:

این سنگ‌ها دارای کانی‌های ورقه‌ای یا سوزنی و کانی‌های فرعی مانند «گرونا» هستند و از دگرگونی شیل‌ها به وجود می‌آید، درجهٔ دگرگونی این سنگ‌ها شدیدتر از سنگ لوح است.

شیست‌ها را براساس ترکیب کانی‌شناسی نام‌گذاری می‌کنند.

## میکاشیست‌ها:

عمدتاً از مسکویت (میکای سفید) و میکای سیاه، ترکیب یافته‌اند و دارای مقدار کمی کوارتز و فلدسپات هستند.

## گارنت شیست:

کانی‌های اصلی این سنگ‌ها گرونا است.

**شکل ۲ـ۵۵ـ فیلیت (۴)**

**شکل ۲ـ۵۶ـ مسکویت شیست (۴)**

**شکل ۲ـ۵۷ـ دانه‌های گرونا در سنگ نمایان است**

**آمفیبولیت شیست:** سنگ‌های دگرگونی با بلورهای سوزنی هورنبلاند تشکیل شده است.

**گنیس**[1]: بیشتر کانی‌های این سنگ به جای ورقه‌ای از نوع دانه‌ای است. گنیس‌ها ترکیب گرانیتی دارند. کانی‌های اصل گنیس همان انواعی است که در گرانیت یافت می‌شود و دارای جهت یافتگی هستند.

۲ـ سنگ‌های دگرگونی که فاقد جهت یافتگی هستند: مرمر، کوارتزیت و هورنفلس از انواع این سنگ‌ها به شمار می‌آیند (۴).

**شکل ۲ـ۵۸ـ گنیس (۴)**

**مرمر**[2]: سنگ‌های آهکی هنگامی که تحت تأثیر حرارت و فشار قرار می‌گیرند سنگی به وجود می‌آید که به آن «مرمر» می‌گویند.

**شکل ۲ـ۵۹ـ مرمر سفید و سبز**

۱ـ Gneiss
۲ـ Marble

«مرمر خالص» سفید است و فقط از کانی کلسیت تشکیل یافته است. سنگ‌های آهکی تشکیل‌دهندهٔ مرمر ممکن است با داشتن ناخالصی‌ها رنگ‌های متنوع در مرمرایجاد کند.

**کوارتزیت:**
ماسهٔ سنگی دگرگون شده است که فاصلهٔ تمام ذرات آن را خمیری متبلور شده از جنس کوارتز، پر کرده است.

شکل ۲ـ۶۰ـ کوارتزیت (۴)

**هورنفلس[1]:**
از دگرگونی مجاورتی شیل‌ها و یا شیست‌ها حاصل می‌شوند. اصولاً به علت دمای بسیار درهالهٔ دگرگونی، سنگ‌های سخت، دانه ریز، متراکم و غالباً سیاه رنگ ـ فاقد هر نوع جهت یافتگی ـ به وجود می‌آید.

شکل ۲ـ۶۱ـ هورنفلس گرونا دار (۴)

## ساخت‌های تکتونیکی

رشته کوه‌های عظیم دنیا چگونه تشکیل شده‌اند؟

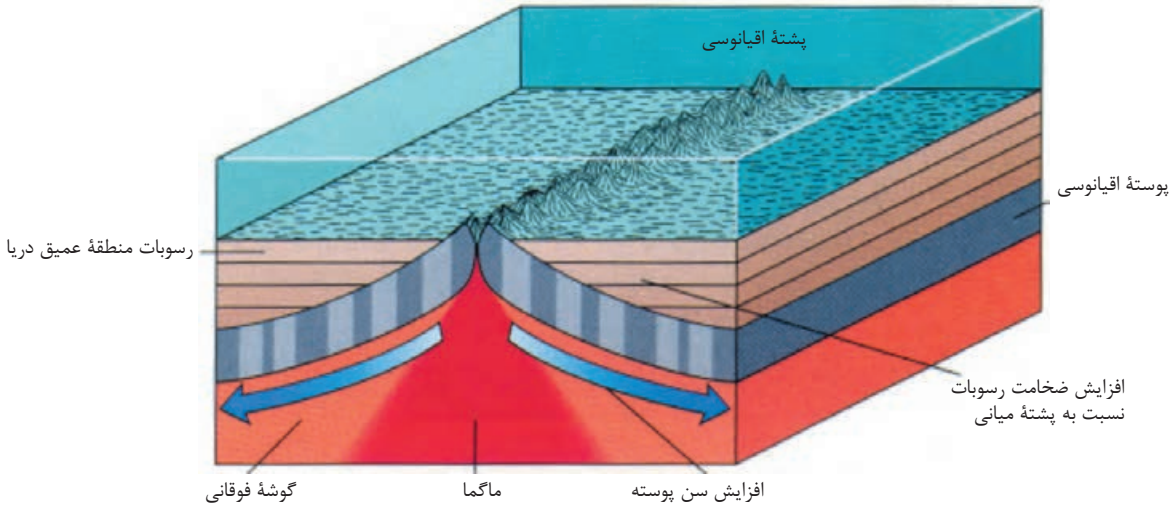
باتوجه به نحوهٔ رسوب گذاری و تشکیل سنگ‌های رسوبی انتظار می‌رود که سنگ‌ها به صورت لایه‌لایه، افقی و بدون جابه‌جایی تشکیل شوند. اگر ماسه سنگ‌ها و دیگر سنگ‌های رسوبی تپه‌ها و کوهستان‌ها را تشکیل داده باشند، نشانگر آن است که مواد رسوبی تشکیل‌دهندهٔ تپه‌ها و کوهستان‌ها، در کف دریا به صورت افقی ته نشین شده‌اند و در شکل جدید باید پدیده‌های غیر عادی را تحمل کرده باشند.

بنابراین، در طبیعت علاوه بر حالت افقی لایه‌ها، شکل‌های غیرافقی نیز دیده می‌شود که نشان‌دهندهٔ حرکات پوستهٔ زمین و تأثیر آن در سنگ‌های رسوبی است. «تکتونیک» یا «زمین ساخت» بخشی از علم زمین‌شناسی که با

۱ـ Hornfels

آن، فرایند تغییر شکل سنگ‌ها و ساخت‌های حاصل از آنها بررسی می‌شود. کوهستان‌ها و دیگر ارتفاعات ممکن است حاصل این پدیده‌ها باشند:

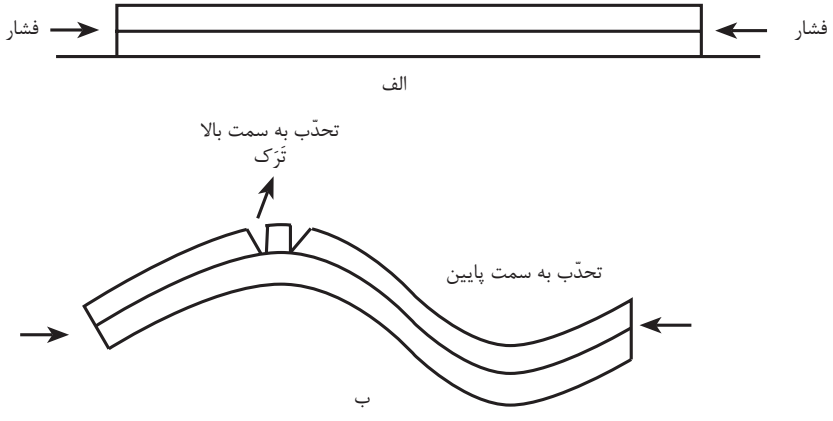
۱ـ براساس فرایندی که چین‌خوردگی نامیده می‌شود، به وجود بیایند.
۲ـ از طریق فرایند شکستگی و گسل به وجود بیایند.
۳ـ از طریق پدیده‌ای نظیر آتش‌فشان‌ها تشکیل شوند (۴).




**شکل ۲ـ۶۲ـ نحوه حرکت پوسته اقیانوسی در اثر حرکت ماگما (۴)**

## چین‌خوردگی[۱]

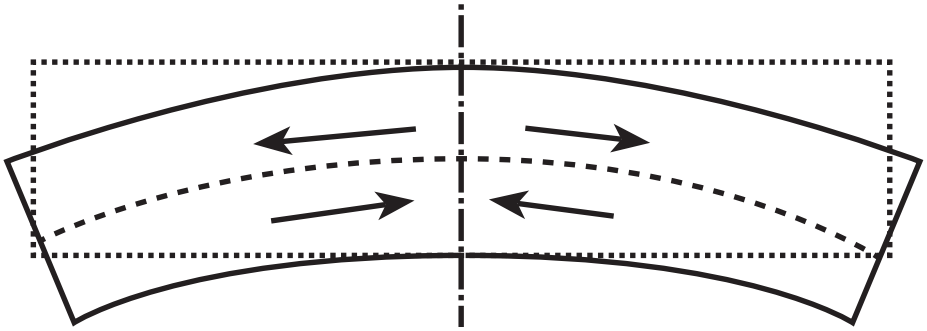
اگر چند لایهٔ گل رسی را روی سطح صافی قرار دهید (شکل۲ـ۶۳ـ الف) به تدریج از دو انتها لایه‌ها را فشار دهید، در قسمت میانی خمیدگی به وجود می‌آید(شکل۲ـ۶۳ـ ب)



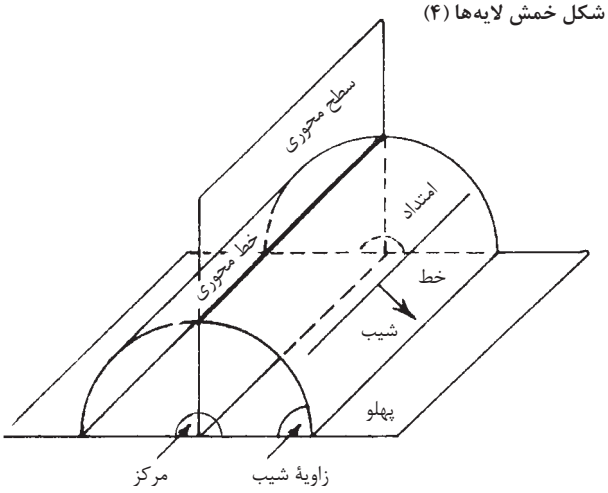

**شکل ۲ـ۶۳ـ چین خوردگی در اثر فشار جانبی (۴)**

۱ـ Folding

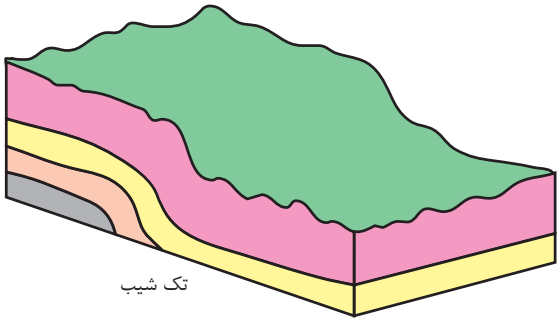
جسمی که تحت تأثیر تغییر شکل خمش قرار بگیرد (شکل ۲ـ۶۴)، بخش بالایی آن تحت تأثیر نیروهای کششی است؛ در حالی‌که بخش زیرین آن نیروهای فشردگی را تحمل می‌کند و قسمت میانی تغییر شکل می‌یابد.



شکل ۲ـ۶۴ـ تغییر شکل خمش لایه‌ها (۴)




شکل ۲ـ۶۵ـ عناصر یک چین




شکل ۲ـ۶۶ـ چین تک شیب (۴)

### مشخصات هندسی چین:(شکل ۲ـ۶۵)

**مرکز** : درونی‌ترین بخش چین‌خوردگی «مرکز» نام دارد.

**سطح محوری:** سطحی است که فرضی از همهٔ لایه‌های چین می‌گذرد و تا حدی آن را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند. سطح محوری ممکن است «قائم»، «مایل» و «افقی» باشد.

**محور:** فصل مشترک سطح محوری با هر یک از لایه‌های چین را «محور چین» گویند.

**پهلو:** هر طرف چین شامل یه پهلو است؛ بدین‌ترتیب، هر چین دو پهلو دارد.

**امتداد لایه:** به فصل مشترک سطح لایه با صفحهٔ افقی، «امتداد لایه» گویند.

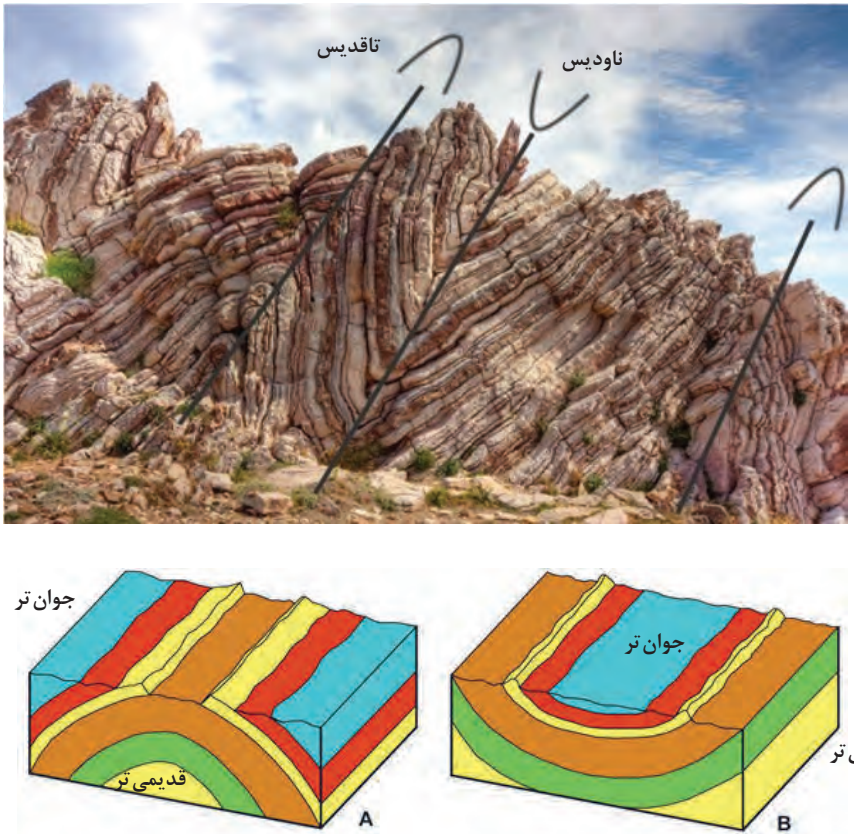
**شیب لایه:** زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. بر روی لایه، پاره‌خط عمودبر امتداد لایه را «شیب» می نامند و آن را با شیب‌سنج اندازه می‌گیرند (۴).

## انواع چین

**۱ـ چین تک‌شیب:** چین تک شیب عبارت از آن است که قسمتی از لایه‌ها از حالت افقی خارج شده و

بالاتر یا پایین‌تر از سطح اولیه قرار گیرد(شکل ۲ـ۶۷)

**۲ـ تاقدیس**[۱]: تاقدیس چینی است که تحدّب لایه‌ها به سمت بالا باشد و هرچه از مرکز آن دورتر شویم، سنگ‌ها جوان‌تر خواهد بود(شکل ۲ـ۶۷).

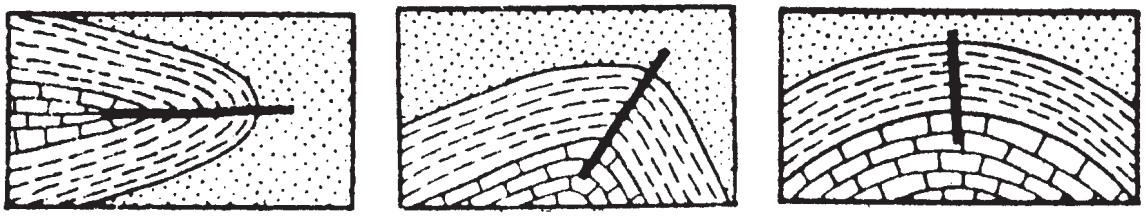



**شکل ۲ـ۶۷ـ یک تاقدیس و ناودیس و عمل فرسایش بر آنها (۴)**

**۳ـ چین متقارن:** چینی است که سطح محوری آن قائم است (شکل۲ـ۶۸ـالف). شیب هر دو پهلو یکسان است.

**۴ـ چین نامتقارن:** در این چین، سطح محوری مایل است. شیب دو پهلو در دو جهت مخالف بوده زاویهٔ شیب دو پهلو متفاوت است( شکل۲ـ۶۸ـب).

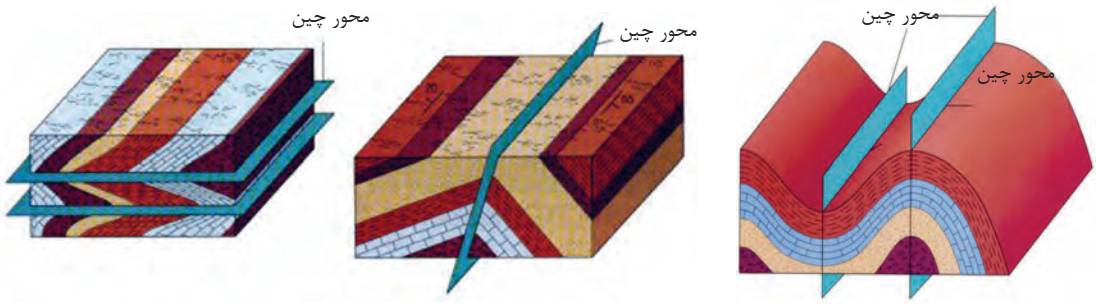
**۵ـ چین خوابیده:** چینی است که در آن سطح محوری معمولاً افقی است( شکل۲ـ۶۸ـج).



الف) متقارن ب) نامتقارن ج) چین خوابیده

**شکل ۲ـ۶۸**

۱-Syncline



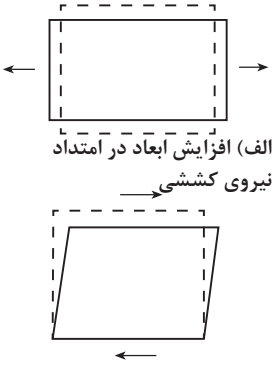
شکل ۲ـ۶۹ـ انواع چین (۴)

## شکستگی‌ها

هرگاه سنگ‌ها تحت تأثیر نیروهای کششی یا پرشی قرار گیرند ( شکل۲ـ۷۰ـ الف و ب). تغییر شکل‌های ایجاد شده در سنگ‌ها به صورت «شکستگی» نمایان می‌شود. حاصل شکستگی سنگ‌ها به صورت «درز» و «گسل» است.

درزها و گسل‌ها از نظر تشکیل کانسارها و تجمع آب‌های زیر زمینی، نیز احداث تونل‌ها و سازه‌های مهندسی اهمیت دارند.

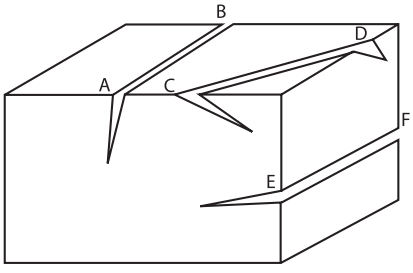
**درز:** نوعی شکستگی است که در بین بخش‌های شکستگی، هیچ‌گونه جابه‌جایی انجام نشده است. درز ممکن است به صورت «قائم»، «مایل» و «افقی» باشد. طول درز ممکن است از چند سانتی‌متر تا صدها متر تغییر کند.




الف) افزایش ابعاد در امتداد نیروی کششی

ب) نیروهای زوج در یک سطح تأثیر گذاشته نقش مهم در پدیدهٔ شکستگی دارد.

شکل ۲ـ۷۰




**AB** : درز قائم
**CD** : درز مایل
**EF** : درز افقی

شکل ۲ـ۷۱

## گسل‌ها

گسل‌ها شکستگی‌هایی هستند که در آنها دو دیوارهٔ سطح شکستگی نسبت به هم حرکت کرده است. میزان جابه‌جایی گسل‌ها از چند سانتی‌متر تا چند کیلومتر تغییر می‌کند.

### مشخصات هندسی گسل

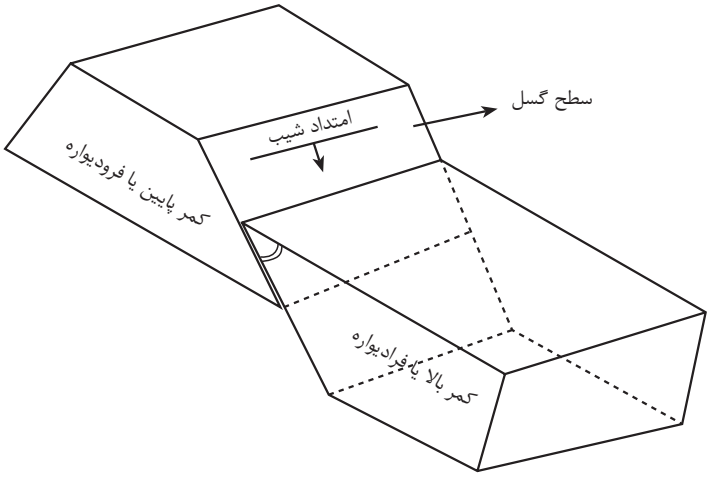
**سطح گسل:** سطحی است که شکستگی و جابه‌جایی در امتداد آن انجام گرفته است. سطح گسل ممکن است «قائم»، «مایل» یا «افقی» باشد.

**امتداد گسل:** فصل مشترک بین سطح گسل و سطح افقی را «امتداد گسل» نامند.

**شیب گسل:** زاویهٔ بین سطح گسل و سطح افق را شیب گسل گویند.

**کمربالا (فرادیواره):** به طبقات سنگی روی سطح گسل، کمربالا یا فرادیواره می‌گویند.

**کمرپایین (فرودیواره):** طبقات سنگی زیر سطح گسل، کمر پایین یا فرودیواره نام دارد (۴).




**شکل ۲ـ۷۲ـ مشخصات هندسی گسل (۴)**

## ارزشیابی پایانی پودمان دوم

**علوم پایه در رشته معدن**

| عنوان پودمان | تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری) | استاندارد عملکرد (کیفیت) | نتایج مورد انتظار | شاخص تحقق | نمره |
|---|---|---|---|---|---|
| پودمان ۲: علوم پایه در رشته معدن | ۱- تعیین نوع کانی‌ها وکاربرد آنها در سنگ‌شناسی<br>۲- استفاده از تکتونیک در تعیین عوارض زمین‌شناسی | تحلیل و بررسی زمین‌شناسی با استفاده از کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی وتکتونیک | بالاتر از حد انتظار | تعیین نوع کانی و نوع سنگ و عوارض تکتونیک زمین | ۳ |
| | | | در حد انتظار | تعیین و بررسی خصوصیات فیزیکی وتعیین نوع کانی و سنگ | ۲ |
| | | | پایین‌تر از حد انتظار | تعیین نوع کانی | ۱ |
| | نمره مستمر از ۱ | | | | |
| | نمره واحد یادگیری از ۳ | | | | |
| | نمره واحد یادگیری از ۲۰ | | | | |

# پودمان ۳

# اصول و مفاهیم پایه رشته معدن

مراحل مختلف اکتشاف معدن

تأسیسات و مراحل مختلف استخراج معدن

فراوری مواد معدنی و مراحل مختلف آن

### از کانسار تا معدن

برای تبدیل یک کانسار یعنی استعداد بالقوه موجود در طبیعت به معدن یعنی استعداد بالفعل، باید فرایندی طولانی انجام گیرد. این فرایند شامل عملیات اکتشاف و استخراج ماده معدنی است و در بسیاری از موارد ماده معدنی پس از استخراج نیاز به فراوری دارد تا آماده عرضه به بازار مصرف گردد. انجام این فرایندها دارای مسیر پیچیده‌ای است که نیاز به تخصص، صرف زمان و هزینه زیادی دارد. در ادامه به معرفی فرایندهای عملیات معدن‌کاری می‌پردازیم.

## فازهای مختلف عملیات معدن‌کاری

مقصود از اصطلاح عام معدن‌کاری[۱] طیف گسترده‌ای از عملیاتی است که مراحل اکتشاف، استخراج، فراوری پس از استخراج را دربر می‌گیرد و می‌توان آن را به سه فاز اصلی تقسیم کرد:

### مراحل مختلف اکتشافات

این فاز شامل مراحل زیر است:

**الف)** مرحلهٔ مطالعاتی زمین‌شناسی

**ب)** مرحله شناسایی[۲]

**ج)** مرحله پی‌جویی[۳]

**د)** مرحله اکتشاف عمومی[۴]

**هـ)** مرحله اکتشاف تفصیلی[۵]

مراحل «ب، ج، د و هـ» از این فاز تحت عنوان کلی اکتشاف[۶] نامیده می‌شود. در حین استخراج نیز همچنان اکتشاف ادامه دارد، این مرحله را به نام اکتشاف حین استخراج[۷] می‌نامند که باید آن را جزو مرحله استخراج در نظر گرفت.

در مراحل مختلف اکتشافات، عملیات اکتشافی به شرحی که در ادامه خواهد آمد انجام می‌گیرد ولی بسته به مورد، مقیاس کار در مراحل مختلف، متفاوت است (۳).

### فاز استخراج

این فاز مراحل زیر را دربر دارد:

**الف)** مرحله طراحی[۸]

**ب)** مرحله مطالعات امکان‌سنجی[۹]

**ج)** مرحله گشایش، تجهیز و آماده‌سازی[۱۰]

**د)** مرحله استخراج[۱۱]

**هـ)** مرحله فراوری[۱۲]

### فاز پس از استخراج

این فاز مراحل زیر را شامل می‌شود:

**الف)** مرحله بستن معدن[۱۳]

**ب)** مرحله بازسازی معدن[۱۴]

ارتباط مراحل اکتشاف با سایر فعالیت‌ها در جدول ۳ـ۱ نشان داده شده است.

باید توجه داشت که نمودار جدول ۳ـ۱ نشانگر وضعیت کلی ارتباط مراحل مختلف معدن‌کاری است و ممکن است برحسب مورد چندین مرحله به طور هم‌زمان انجام گیرد.

در حالت کلی برای کم کردن زمان و هزینه عملیات معدن‌کاری، کانسار به بخش‌های مختلف تقسیم می‌شود و در هر یک از آنها مراحل یادشده پشت سر هم انجام می‌گیرد. پس از شروع تولید اولین بخش کانسار، در دیگر بخش‌های آن فعالیت‌های توسعه‌ای به صورت اکتشاف، تجهیز و آماده‌سازی متمرکز می‌شود و امکان دارد که در بخش‌های مختلف کانسار فعالیت‌های اکتشاف، تجهیز،

۱ـ mining
۲ـ reconnaissance
۳ـ prospecting
۴ـ General exploration
۵ـ Detailed exploration
۶ـ exploration
۷ـ Mining exploration
۸ـ Planning
۹ـ Feasibility study
۱۰ـ Opening and development
۱۱ـ exploitation
۱۲ـ Processing
۱۳ـ closing
۱۴ـ reclamation

آماده‌سازی و تولید به طور هم‌زمان انجام گیرد. همچنین ممکن است در قسمت‌های کم‌عمق کانسار که اکتشاف آن به پایان رسیده است، عملیات استخراجی آغاز شود و درعین‌حال در بخش‌های عمیق‌تر آن اکتشاف ادامه یابد.

**جدول ۳ـ۱ـ ارتباط مراحل مختلف اکتشاف با مراحل مختلف استخراج**

| مراحل | |
|---|---|
| اکتشاف | شناسایی ← پی‌جویی ← اکتشاف عمومی ← اکتشاف تفصیلی ← اکتشاف حین استخراج |
| طراحی | طراحی مفهومی ← طراحی پایه ← طراحی تفصیلی |
| امکان‌سنجی | فرصت‌سنجی ← پیش امکان سنجی ← امکان‌سنجی |
| تجهیز و آماده‌سازی | تجهیز و آماده‌سازی |
| استخراج | استخراج |
| بستن معدن | |
| بازسازی معدن | بازسازی معدن از لحاظ منابع طبیعی و زیست‌محیطی بعد از اتمام ذخیره |

## اهداف کلی اکتشاف

هدف از انجام عملیات اکتشافی در یک ناحیه، ارائه کلیه داده‌ها و اطلاعاتی است که برای طراحی معدن لازم است. بدیهی است در پایان مرحله اکتشاف تفصیلی است که می‌توان به تمام این اطلاعات در مقیاس مورد نیاز برای طراحی تفصیلی دست یافت، اما اطلاعات حاصل از مراحل پی‌جویی و اکتشاف عمومی نیز باید به گونه‌ای باشد که براساس آنها به‌ترتیب مراحل طراحی مفهومی و پایه را انجام داد. به بیان دیگر، بعضی از فعالیت‌های اکتشافی ممکن است در تمام مراحل چهارگانه اکتشاف انجام گیرد، ولی مقیاس کار در هر مرحله متفاوت و متناسب با اهداف موردنظر خواهد بود (۳).

## معیارهای اکتشاف

بسیاری از کانسارها در سطح زمین رخنمون ندارند یا در محلی دور از چشم زمین‌شناسان و مهندسین اکتشاف واقع‌اند. با توجه به نحوه و شرایط تشکیل کانسار، می‌توان معیارهای مختلفی را برای شناسایی و اکتشاف آن تعیین و بر این اساس، عملیات اکتشافی را آغاز کرد؛ به عنوان مثال اگر کانسار جزو انواع رسوبی باشد، باید آن را در طبقات رسوبی جستجو کرد. از آنجا که کانسارهای رسوبی در زمان‌های خاصی تشکیل شده‌اند، بنابراین برای جستجوی آنها، باید سنگ‌های مربوط به همان دوره را مورد کاوش قرار داد، مثلاً از آنجا که اغلب زغال‌سنگ‌های ایران در دوره‌های خاصی از تاریخ زمین تشکیل شده‌اند، لذا برای جستجوی زغال، سازنده‌های این دوره را باید مطالعه کرد؛ همچنین بسیاری از کانسارهایی که منشأ ماگمایی دارند، در سنگ‌های خاصی متمرکز می‌شوند و طبیعی است که برای یافتن آنها باید این سنگ‌ها را مطالعه کرد.

مفهوم معیارهای اکتشاف ذخایر معدنی به خصوصیاتی اطلاق می‌شود که به طور مستقیم یا غیرمستقیم به امکان دستیابی مواد معدنی با ارزش کمک می‌کند.
برای روشن شدن مطلب به مثال ساده‌ای توجه می‌کنیم. اگر کسی بخواهد در یک روز تعطیل در یک شهر پر جمعیت مثل تهران به دنبال کسی بگردد، غیرمنطقی‌ترین راه آن است که بدون هیچ مقصد خاصی، در خیابان‌های شهر به راه افتد و البته از نظر قوانین احتمال، امکان اینکه با این روش، دوست خود را بیابد صفر نیست ولی احتمال بسیاراندکی در این مورد وجود دارد. راه منطقی آن است که قبل از آغاز جستجو، به این نکته توجه کند که در یک روز تعطیل دوستش معمولاً به کجا می‌رود، اگر اهل کوهنوردی باشد، روش منطقی آن است که در کوه‌ها او را جستجو کند. اگر معمولاً در چنین روزهایی به سینما می‌رود، باید بررسی کند که دوست وی به چه فیلم‌هایی علاقه‌مند است و اگر به عنوان مثال فیلم‌های کمدی راترجیح می‌دهد، محتمل‌ترین جا برای پیدا کردن دوستش، سینماهایی هستند که این‌گونه فیلم‌ها را نشان می‌دهند. همچنین اگر دوستش اهل فوتبال و طرفدار تیم خاصی باشد، باید جایگاه ویژه طرفداران این تیم را برای یافتن دوستش بگردد.
بدیهی است مکان‌هایی که به آنها اشاره شد، محتمل‌ترین جا برای پیدا کردن دوست است و البته این احتمال وجود دارد که دوستش در هیچ‌یک از این محل‌ها نباشد، اما به هر حال، با انتخاب محتمل‌ترین جاها برای یافتن دوست می‌توان به فرد مورد نظر دست یافت.
این مثال در مورد شناسایی و پی‌جویی مواد معدنی نیز صادق است. به بیان دیگر برای یافتن ماده معدنی مورد نظر، ابتدا باید بررسی کرد که محتمل‌ترین جا برای تمرکز ماده مورد نظر کجاست و آنگاه در این محدوده، جستجو را آغاز کرد. به بیان دیگر، ابتدا باید مناطقی را که احتمال وجود ماده معدنی در آنجا هست مشخص ساخت. تعیین این مناطق براساس معیارهایی است که در ادامه به شرح آنها خواهیم پرداخت.
در اکتشاف مواد معدنی معیارهای مختلفی کاربرد دارند که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان معیارهای آب و هوایی، چینه‌شناسی، رخساره‌ای و سنگ‌شناسی، زمین‌ساختی و ماگمایی را نام برد (۳).

## معیارهای آب و هوایی

بسیاری از کانسارها در شرایط آب و هوایی خاصی تشکیل می‌شوند؛ بنابراین اگر مقصود اکتشاف این مواد باشد، ابتدا باید دوره‌هایی از تاریخ زمین را که دارای آب و هوای مناسب برای تشکیل این مواد بوده است، مشخص ساخت. بدیهی است وجود آب و هوای مناسب به‌تنهایی برای تشکیل کانسار کافی نیست بلکه در کنار آن باید مواد اولیه مناسب و نیز عوامل لازم به منظور حفظ مواد تشکیل‌شده هم وجود داشته باشد؛ به عنوان مثال در دوره کربونیفر شرایط گیاهان بسیار مناسب بوده و در بسیاری از نقاط دنیا در این دوره زغال‌سنگ تشکیل شده است، ولی در کشور ما علی‌رغم وجود مواد گیاهی در این دوره، شرایط حفظ آنها وجود نداشته و به همین دلیل زغالی تشکیل نشده است (۳).

## معیارهای رخساره‌ای و سنگ‌شناسی

در بسیاری موارد، رابطه نزدیکی بین کانسار و نوع سنگ‌های همبر آن وجود دارد که از این ویژگی می‌توان در اکتشاف کانسارهای رسوبی یا ماگمایی استفاده کرد. در مواردی که چنین رابطه‌ای وجود داشته باشد، به کمک آن می‌توان به وجود ماده معدنی پی‌برد و بررسی آن را آغاز کرد. رابطهٔ یاد شده ممکن است به صورت مستقیم و به شکل وجود علائمی از ماده معدنی در این سنگ‌ها باشد و یا اینکه امکان دارد غیرمستقیم باشد؛ یعنی وجود ماده معدنی سبب تغییرات خاصی در سنگ‌های درون‌گیر شود.
به عنوان مثالی در این مورد می‌توان از کانسارهای بوکسیت که یکی از مهم‌ترین کانسنگ‌های آلومینیوم است نام برد. در بسیاری موارد، این ماده معدنی در اثر دگرسانی گرانیت و سینیت که دو نوع سنگ آذرین

هستند، تشکیل می‌شود. در چنین مواردی اگر مواد دگرسان شده بر جا بمانند، کانسارهای بوکسیت در جازا را تشکیل می‌دهند و بنابراین وجود سنگ‌های آذرین یادشده، معیار مناسبی برای جستجوی بوکسیت در آنهاست (۳).

### معیارهای ساختاری

ارتباط ساختار زمین‌شناسی منطقه با مواد معدنی که در آن یافت می‌شود، یکی از معیارهای مهم اکتشاف است. در موارد متعددی، رابطه نزدیکی بین کانسار و عوامل ساختاری وجود دارد. به عنوان مثال می‌توان از ساختار بسیاری از نفت‌گیرها نام برد که معمولاً به شکل تاقدیس‌هستند. بنابراین اگر مقصود یافتن منابع نفتی باشد، باید مناطقی را که چنین ساختاری دارند، مورد جستجو قرار داد. اساس اکتشافات ژئوفیزیکی در مورد کاوش نفت را همین معیار تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر، به کمک روش‌های مختلف ژئوفیزیکی، ابتدا ساختارهای تاقدیس شکل مشخص شده و در مرحله بعدی امکان وجود نفت و گاز در داخل آن بررسی می‌شود.

بسیاری از مواد معدنی فلزی به شکل رگه‌هایی دیده می‌شوند که این رگه‌ها درواقع شکستگی و گسل‌هایی هستند که از مواد معدنی پرشده‌اند. بنابراین در چنین مواردی با جستجوی مناطقی که شدیداً دارای شکستگی هستند، می‌توان راه جستجوی مواد معدنی را آسان کرد. در پاره‌ای موارد، مواد معدنی در محل تلاقی دو گسل متمرکز می‌شوند که این خود می‌تواند معیار مناسبی برای اکتشاف مواد معدنی باشد (۳).

### معیارهای ماگمایی

ارتباط ماگمایی با تشکیل مواد معدنی مختلف به‌خوبی شناخته شده است و بر این اساس می‌توان گفت که بخش قابل توجهی از مواد معدنی، به طور مستقیم یا غیرمستقیم در ارتباط با ماگما تشکیل می‌شوند.

بسیاری از مواد معدنی در داخل توده‌های آذرینی متمرکز می‌شوند که برای اکتشاف آنها فقط باید این‌گونه توده‌ها را مورد کاوش قرار داد. به علاوه، تعداد قابل‌توجهی از کانسارها در نتیجه دگرسانی توده‌های آذرین و یا در مجاورت این توده‌ها با سنگ‌های همبر تشکیل می‌شوند. به هنگام مطالعه توده‌های آذرین با هدف جستجوی مواد معدنی، در ابتدا باید شکل توده و موقعیت آن را نسبت به سنگ‌های درون‌گیر مشخص ساخت و آنگاه ساختار داخلی توده را بررسی کرد و سپس در داخل توده به دنبال مواد معدنی مورد نظر گشت. همچنین از آنجا که بسیاری از مواد معدنی در مرز توده‌های آذرین با سنگ‌های همبر تشکیل می‌شوند، سنگ‌های اطراف این توده را نیز نباید مورد کاوش قرار داد (۳).

## تأسیسات و مراحل مختلف عملیات معدنی

هدف از این مبحث، آشنایی کلی با قسمت‌های مختلف معدن است. به طوری که خواهیم دید، بسیاری از عملیات معدنی هم‌زمان با یکدیگر انجام می‌گیرد و درهرحال بایستی شرایط مربوط به عملیات دیگر را نیز در نظر داشت؛ مثلاً ضمن حفر حفریات معدنی مختلف، توجه به مسائل ایمنی، ازجمله تهویه معدن، ضروریست و درعین‌حال، نبایستی مسائل مربوط به نگهداری را از نظر دور داشت. به همین‌خاطر، در این فصل، عملیات مختلف معدن به اجمال بررسی خواهد شد تا خواننده آشنایی کلی پیدا کند (۱).

### تأسیسات بیرونی معدن

قبل از فعالیت معدن‌کاری، ابتدا بایستی منطقه وسیعی را به منظور احداث تأسیسات بیرونی معدن در نظر گرفت. این محل، باید در مجاورت دهانه چاه یا تونل اصلی معدن واقع و حتی‌المقدور مسطح باشد. درصورتی‌که در مجاورت چاه یا تونل اصلی، زمین مسطح نباشد، بایستی آن را با استفاده از ماشین‌آلات راه‌سازی تسطیح کرد؛ مثلاً محوطه معدن بزرگ منطقه زغال‌سنگ باب‌نیزو بزرگ منطقه زغال‌سنگ باب‌نیزو کرمان با صرف وقت و مبالغ زیاد احداث شده است.

بزرگ منطقه زغال‌سنگ باب‌نیزو کرمان با صرف وقت و مبالغ زیاد احداث شده است.

انتخاب محل تأسیسات بیرونی معدن از جمله مسائل مهم است که باید با توجه به تمام عوامل انجام گیرد. این محل که به نام محوطه معدن نامیده می‌شود، بایستی از دسترس سیلاب‌ها، سنگ‌های معلق و عوامل نظیر آن دور و در عین حال، اختلاف ارتفاع لازم، برای احداث محل جمع‌آوری مواد باطله و انبارهای مواد معدنی (بونکر) موجود باشد. بدیهی است زمین محل باید مقاومت کافی داشته باشد تا بتواند وزن تأسیسات مختلف را تحمل کند.

یکی از مسائل مهمی که به هنگام انتخاب محوطه معدنی باید مورد توجه قرار گیرد، وجود فضای لازم برای تخلیه مواد باطله حاصل از عملیات معدن‌کاری است. این محل باید به گونه‌ای انتخاب شود که به‌آسانی بتوان واگن‌های حاوی سنگ‌های باطله را تخلیه کرد. مهم‌ترین تأسیسات بیرونی به شرح زیر است:

**الف) نیروگاه پست توزیع برق:** برای تأمین روشنایی محوطه معدن، شارژ چراغ‌های معدنی، تغذیه بادبزن‌های اصلی، تلمبه‌ها و کمپرسورها و نیز تغذیه تعمیرگاه و مسائل نظیر آن، وجود نیروگاه پست توزیع برق ضروری است. اگر معدن در نقطه دورافتاده‌ای واقع باشد، برای آن نیروگاه اختصاصی برق احداث می‌کنند؛ ولی اگر در مسیر خط سراسری انتقال برق واقع شود، برای تغذیه آن، یک پست توزیع برق در نظر می‌گیرند.

به هنگام طراحی معدن باید میزان مصرف برق لازم را محاسبه و با توجه به آن، مولدها باترانسفورماتور مورد نیاز را انتخاب کرد که این موضوع در درس خدمات فنی مورد بحث قرار می‌گیرد. انتخاب محل نیروگاه برق باید با رعایت تمام نکات‌ایمنی صورت گیرد.

**ب) کمپرسور خانه:** به‌طوری‌که خواهیم دید، بسیاری از دستگاه‌های معدنی با هوای فشرده کار می‌کنند و در بعضی از قسمت‌ها نیز، به منظور رعایت مسائل ایمنی، استفاده از هوای فشرده الزامی است. نحوه کار کمپرسورها و انواع آنها در درس خدمات فنی بررسی می‌شود و در اینجا ذکر این نکته ضروری است که با توجه به سروصدای زیاد کمپرسورها، حتی‌المقدور باید محل کمپرسورخانه را دور از تأسیسات اداری در نظر گرفت.

**ج) چراغ‌خانه:** برای تأمین روشنایی لازم برای افراد به هنگام کار در معدن برای هر کارگر و در هر شیفت کار، باید یک چراغ موجود باشد. برای تأمین روشنایی کافی، هرچراغ پس از ۸ ساعت کار حداقل بایستی ۸ ساعت زیر شارژ بماند تا برای مصرف روز بعد آماده شود.

شرح انواع چراغ‌ها و نحوه تأمین روشنایی در درس خدمات فنی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**د) تعمیرگاه و کارگاه فنی:** برای تعمیر وسایل معدنی، معمولاً تعمیرگاهی در محوطه معدن تأسیس می‌شود. همچنین به منظور ساختن قطعات فلزی، چوبی و بتنی مورد نیاز معدن، یک کارگاه فنی احداث می‌کنند.

**هـ) دکل‌های معدن:** در مواردی که برای دسترسی به ماده معدنی از چاه قائم استفاده شود، برای انجام عملیات باربری، در بالای هر چاه دکل نصب می‌شود. مشخصات این دکل‌ها در مبحث حمل و نقل در داخل چاه بررسی خواهد شد.

**و) مرکز جرثقیل‌ها:** حمل و نقل افراد و مواد معدنی در داخل چاه، به کمک تعدادی جرثقیل انجام می‌گیرد که معمولاً تمامی آنها در یک محوطه مخصوص نصب شده‌اند.

**ز) بادبزن اصلی:** به‌طوری‌که خواهیم دید، یکی از مهم‌ترین مسائل معدن، تهویه آن است.

برای به جریان‌انداختن هوا در قسمت‌های مختلف، معمولاً یک بادبزن اصلی در محوطه معدن نصب می‌شود که از طریق تونل یا چاه موجود هوا را به جریان می‌اندازد.

**ح) بونکرها:** معمولاً مواد معدنی به وسیله واگن از معدن به بیرون حمل شده و در مخازنی که به نام بونکر مرسوم است، تخلیه می‌شود. در مرحله بعد، مواد معدنی از این بونکر به داخل کامیون‌ها تخلیه شده است و به‌ایستگاه بارگیری حمل می‌شود.

**ط) مخزن آب:** برای خاموش کردن آتش سوزی‌های احتمالی در معدن، به ویژه معادن زغال‌سنگ، یک مخزن بزرگ آب همراه با شبکه گسترده‌ای از لوله‌های بزرگ که در قسمت‌های معدن گسترش می‌یابد، پیش‌بینی می‌شود.

بدیهی است این مخزن، جدا از مخزن لازم برای مصارف بهداشتی و آشامیدنی است.

**ی) کارگاه تغلیظ:** امروزه در اکثر معادن، کارخانه تغلیظ و شستشوی مواد معدنی وجود دارد که ماده استخراج شده را بر عیار می‌کند.

با توجه به هزینه زیاد احداث این‌گونه کارخانه‌ها، معمولاً برای چند معدن نزدیک به هم، یک کارخانه تغلیظ احداث می‌شود. مثلاً برای شستشوی زغال‌های معادن باب نیزو و پابدانا در کرمان، یک کارخانه زغال‌شویی بزرگ در حوالی زرند احداث شده است که شستشوی محصول هر دو معدن را به عهده دارد.

**ک) ساختمان‌های اداری و بهداشتی:** علاوه‌بر تأسیسات یادشده، در محوطه هر معدن، یک ساختمان اداره مرکزی، حمام و ساختمان کمک‌های اولیه احداث می‌شود (۱).

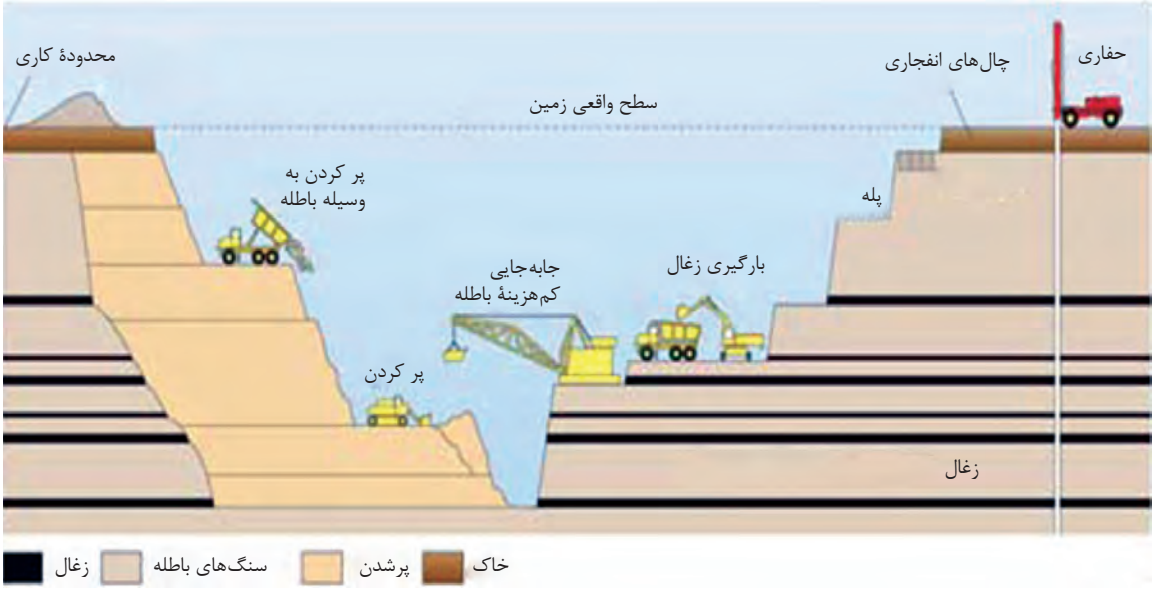
## روش‌های دسترسی به ماده معدنی

بعد از اینکه محوطه معدن انتخاب و تأسیسات بیرونی آن نصب‌شده، بایستی به ماده معدنی دسترسی پیدا کرد که این عمل را به اصطلاح، گشایش می‌گویند.

اگر وضعیت کانسار به گونه‌ای باشد که به‌توان آن را به طریق روباز استخراج کرد، ابتدا سنگ‌ها و مواد پوشاننده کانسار موسوم به روباره را بر می‌دارند و آنگاه به استخراج ماده معدنی می‌پردازند (شکل ۳-۱). به عنوان مثالی از معادن روباز، می‌توان معدن مس سرچشمه در حوالی رفسنجان و معدن آهن چغارت واقع در حوالی بافق را نام برد که در حال حاضر جزو بزرگ‌ترین معادن روبازایران به شمار می‌آیند.

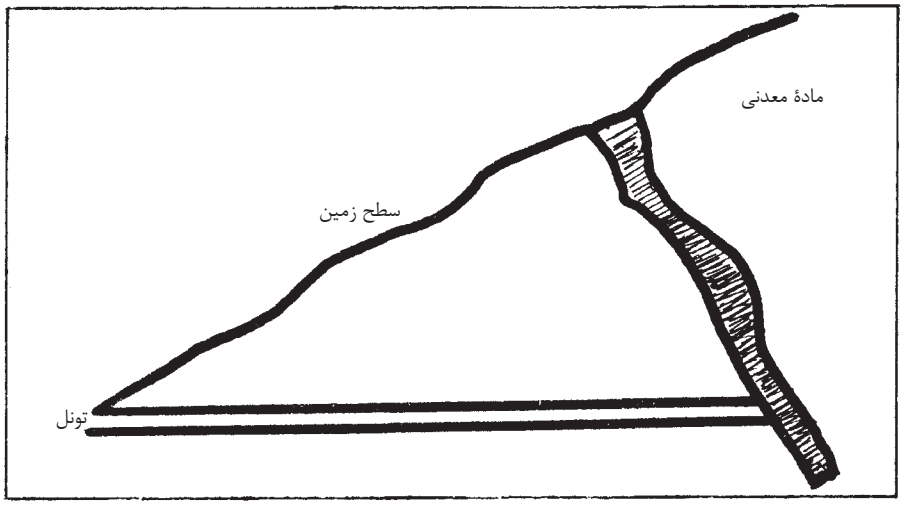
در مواردی که ضخامت سنگ‌های پوشاننده کانسار زیاد و با شکل آن به نحوی باشد که استخراج به روش روباز از نظر فنی یا اقتصادی ممکن نباشد، ابتدا باید به ماده معدنی دست یافت و سپس شبکه معدن را احداث کرد. روش‌های مختلف دسترسی به ماده معدنی عبارت است از:

**دسترسی با استفاده از تونل:** در مواردی که شیب زمین مناسب باشد، با استفاده از یک تونل افقی می‌توان به ماده معدنی دسترسی پیدا کرد (شکل ۳ـ۲) (۱).



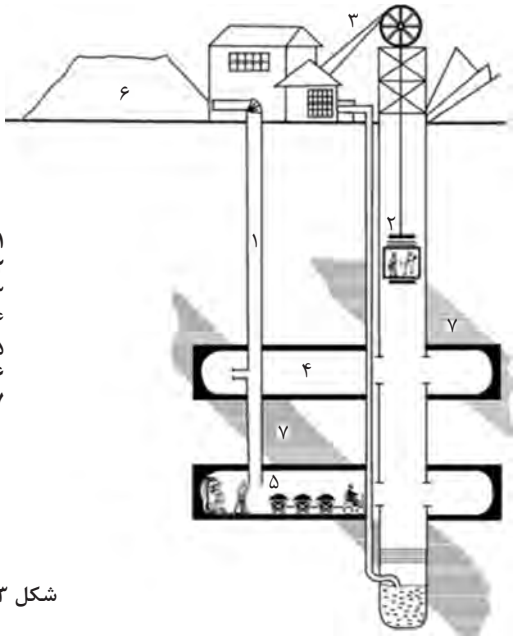

**شکل ۳ـ۱ـ نمایی از یک معدن روباز زغال**

در بسیاری از معادن‌ایران، با استفاده از تونل به ماده معدنی دسترسی یافته‌اند که از جمله آنها می‌توان معدن بزرگ پابدانای کرمان و معدن بزرگ تزره‌شاهرود را نام برد.




**شکل ۳ـ۲ـ دسترسی به ماده معدنی توسط تونل**

**دسترسی با استفاده از چاه قائم:** در موردی که شیب زمین در محل کم باشد و یا به دلایل دیگر نتوان از تونل استفاده کرد، برای دسترسی به ماده معدنی از چاه قائم استفاده می‌شود (شکل ۳ـ۳). از جمله معادنی که با این روش کار شده است می‌توان معدن بزرگ باب نیزو واقع در حوضه زغالی کرمان را نام برد.

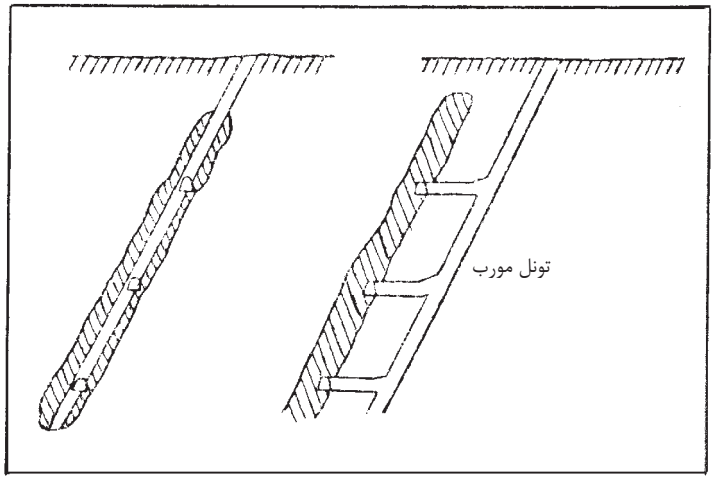



**۱ـ کانال هوادهی**
**۲ـ آسانسور انتقال افراد به داخل معدن**
**۳ـ شفت**
**۴ـ تونل استخراجی**
**۵ـ انتقال مواد معدنی**
**۶ـ دپوی ماده معدنی**
**۷ـ ماده معدنی استخراج نشده**

**شکل ۳ـ۳ـ دسترسی به ماده معدنی توسط چاه قائم (شفت)**

باید توجه داشت که گرچه در نظر اول برای دسترسی به ماده معدنی، حفر یک چاه کافی است، برای تأمین شرایط‌ایمنی و نیز برای جریان یافتن هوا در داخل معدن، همیشه حفر حداقل دو چاه ضرورت دارد (۱).

**دسترسی با استفاده از تونل مورب:** در مواردی که برای دسترسی به ماده معدنی نتوان از تونل افقی استفاده کرد، از تونل‌های مورب استفاده می‌شود، در این مورد نیز برای رعایت مسائل ایمنی و جریان یافتن هوا، باید حداقل دو تونل مورب حفر کرد. از جمله معادنی که با این روش کار شده است، می‌توان معدن پابدانای جنوبی واقع در حوضه زغالی کرمان را نام برد (۱).




شکل ۳ـ۴ـ دسترسی به ماده معدنی توسط تونل مورب

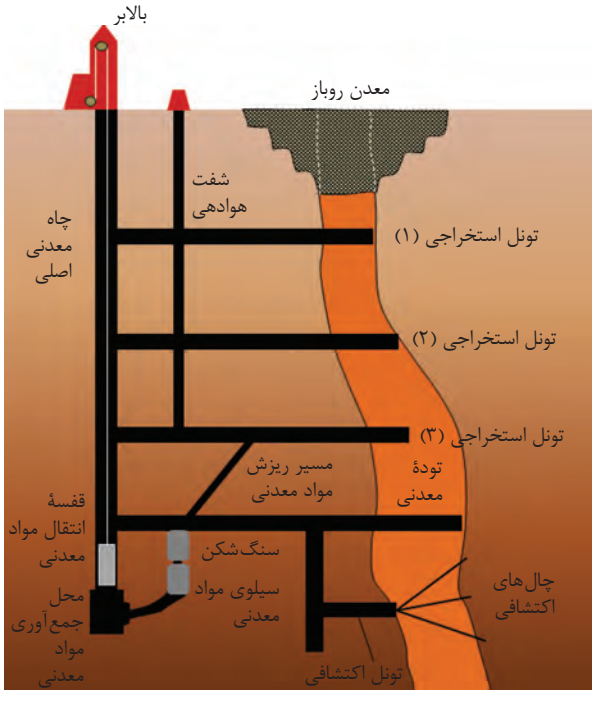
## احداث شبکه معدن

بعد از دسترسی به ماده معدنی، ابتدا باید حفر تونل‌های افقی آن را به تعدادی طبقه[۱] تقسیم کرد. انتخاب فاصله دو طبقه معدن، از جمله مهم‌ترین مسائل استخراجی است که در موقع خود، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در مرحله بعد بایستی هر طبقه را با استفاده از حفریابی که در داخل ماده معدنی حفر می‌شود، به تعداد قطعه[۲] یا پهنه تقسیم کرد.

در حقیقت هر قطعه یا پهنه، قسمتی از ماده معدنی است که از چهار طرف به وسیله حفریات معدنی مختلف محدود شده باشد.

بعد از آماده شدن بخش‌ها، معدن برای استخراج آماده است و می‌توان عملیات استخراجی را شروع کرد (۱).




شکل ۳ـ۵ـ احداث طبقه‌های معدن

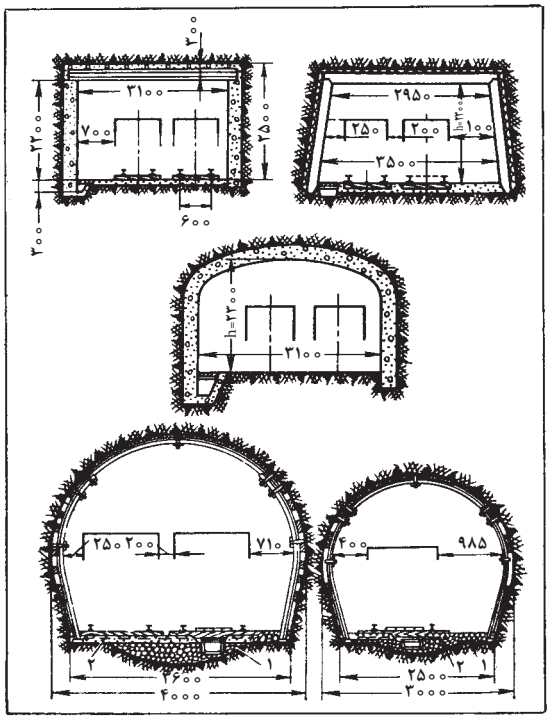
۱ـ Level
۲ـ Block

## انواع حفریات معدنی

حفریات معدنی به انواع زیر تقسیم می‌شود:

**چاه[1] معدنی:** چاه، کار معدنی استوانه‌ای یا منشوری شکلی است که از سطح زمین به طرف پایین حفر می‌شود. چاه عموماً به حالت قائم است؛ ولی در بعضی موارد ممکن است به طور مایل حفر شود.

**تونل[2]:** تونل، کار معدنی افقی است که در داخل سنگ‌ها حفر می‌شود. در اصطلاح راه‌سازی، تونل به کار زیرزمینی‌ای گفته می‌شود که از هر دو طرف به بیرون ارتباط دارد، ولی در اصطلاح معدن‌کاری، آن را برای تونل‌هایی که از هر دو سویه به هوای آزاد ارتباط ندارند نیز به‌کار می‌برند. شکل مقطع تونل‌های مختلف و انواع متداول آن در شکل ۳ـ۶ نشان داده شده است.




**شکل ۳ـ۶ـ شکل‌های مختلف مقاطع تونل**

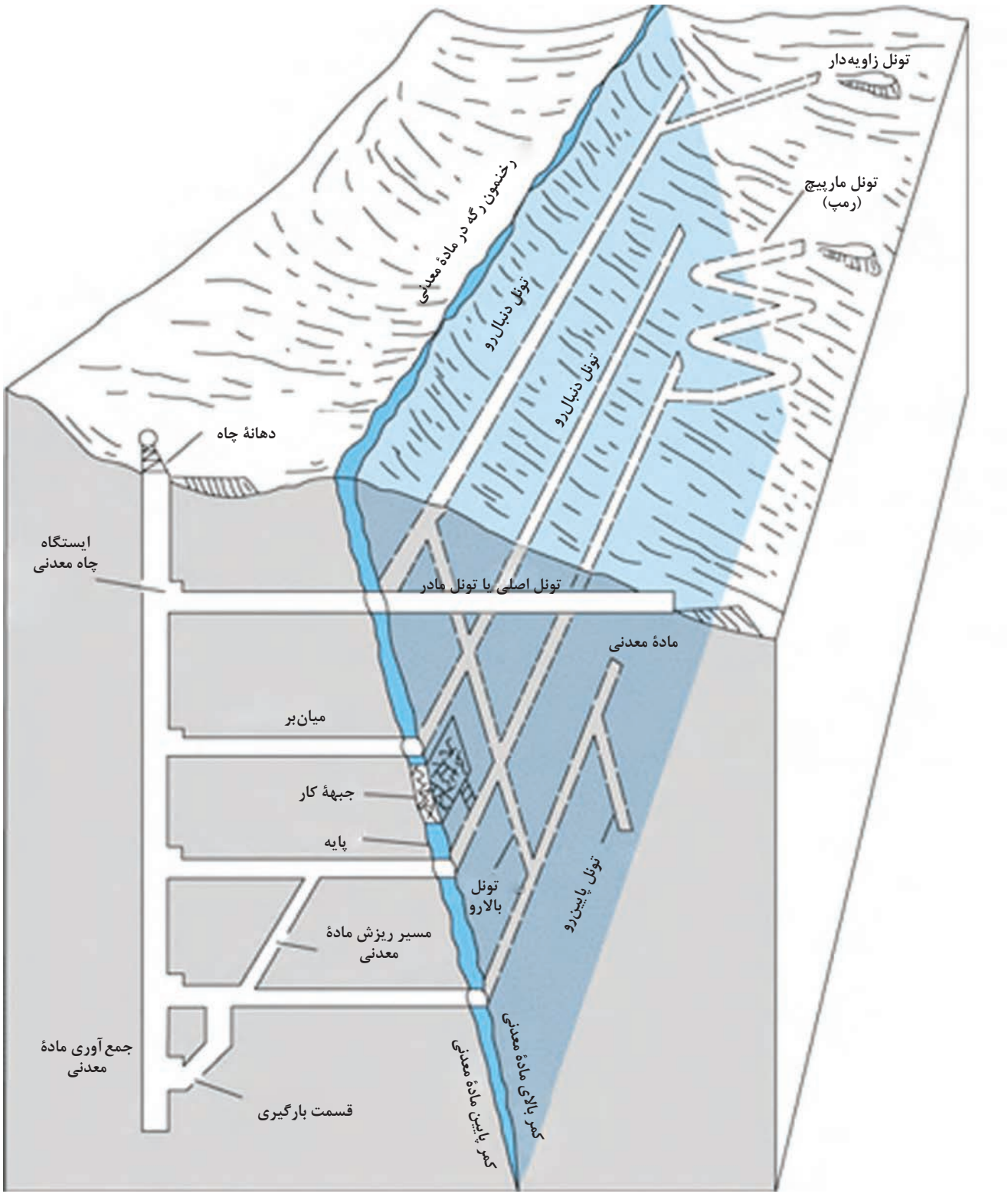
**تونل اصلی[3] یا تونل مادر:** تونل اصلی یا مادر تونلی است که به وسیله آن به ماده معدنی دسترسی پیدا می‌کنند. مقطع این تونل بزرگ‌تر از سایر تونل‌هاست و با توجه به آنکه مدت بهره‌برداری از آن زیاد است، وسایل نگهداری آن از مصالح با دوام‌تری انتخاب می‌شود. باربری اصلی معدن نیز به وسیله این تونل‌ها انجام می‌گیرد.

**تونل امتدادی[4] یا موازی لایه:** این تونل‌ها در داخل سنگ و به موازات امتداد لایه یا رگه ماده معدنی حفر می‌شود.

**تونل دنباله‌رو[5] یا دنبال لایه:** این تونل در داخل لایه یا رگه و به موازات امتداد آن حفر می‌شود.

**میان‌بر یا رکوب[6]:** این کار معدنی عبارت از حفره زیرزمینی است که در جهت عمود بر امتداد لایه حفر می‌شود. میان‌بر معمولاً با سطح زمین ارتباط ندارد.
در حالتی که تونل عمود بر امتداد لایه و از بیرون حفر شده باشد، به نام تونل عمود بر لایه خوانده می‌شود.

---
۱ـ Shaft
۲ـ Tunnel
۳ـ Adit
۴ـ Strike
۵ـ Drift
۶ـ Cross ـ cut. در اصطلاح معدن‌کاران، واژه فرانسوی رکوب معمول است

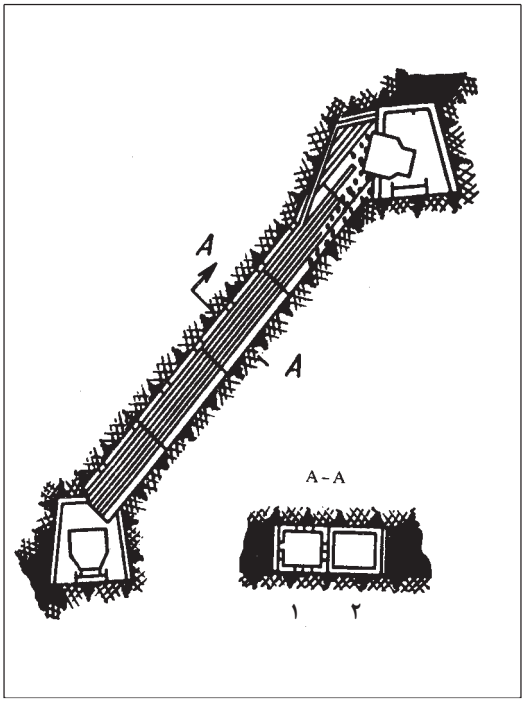



شکل ۳ـ۷ـ انواع حفریات معدنی

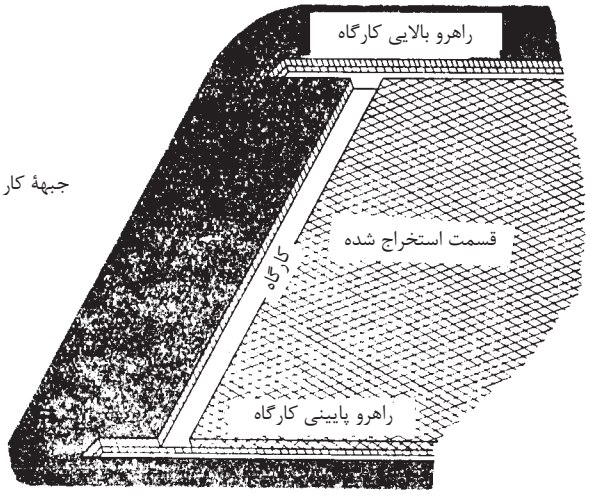
**بالارو یا دویل**[1]: دویل عبارت از زیرزمینی قائم یا مایل است که از زیر زمین به طرف بالا حفر می‌شود، دویل، معمولاً در داخل ماده معدنی حفر می‌شود، برای تهویه، حمل‌ونقل افراد و وسایل و احداث کارگاه استخراج مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مواردی که از دویل، هم به منظور حمل مواد و هم عبور افراد استفاده می‌شود، مقطع آن را به دو قسمت برای یک منظور استفاده می‌کنند (۱).

**پایین‌رو یا دساندری**[2]: این معدنی شبیه دویل است، منتها حفر آن را بالا به پایین انجام می‌گیرد.

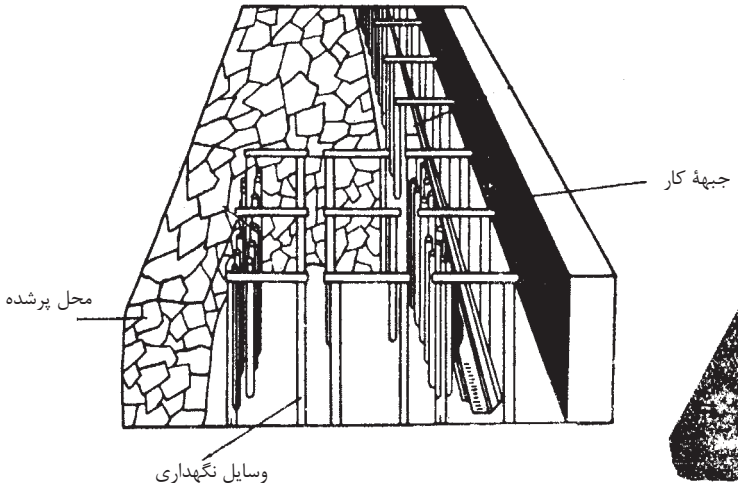
**کارگاه استخراج**[3]: کارگاه استخراج محلی است که ماده معدنی از آن استخراج می‌شود. بعد از اینکه ماده معدنی به تعدادی قطعه تقسیم شد، تونل‌های دنباله‌رو موجود در بالا و پایین را به‌وسیله دویل به‌یکدیگر وصل می‌کنند و بدین‌ترتیب، کارگاه استخراج را آماده می‌سازند، بعد از آماده‌سازی کارگاه استخراج، ماده معدنی را استخراج‌کرده و محل خالی‌شده را ابتدا به وسیله قطعات خرده سنگ پر می‌کنند (۱).




شکل ۳ـ۸ـ دویل




شکل ۳ـ۹ـ کارگاه استخراج




شکل ۳ـ۱۰ـ پرکردن محل استخراج شده

---

۱ـ Raise. در اصطلاح معدن‌کاری واژه فرانسوی دویل معمول است.
۲ـ Winze. در اصطلاح معدن‌کاری واژه فرانسوی دساندری و واژه آلمانی گزنگ معمول است.
۳ـ Stope

## نگهداری

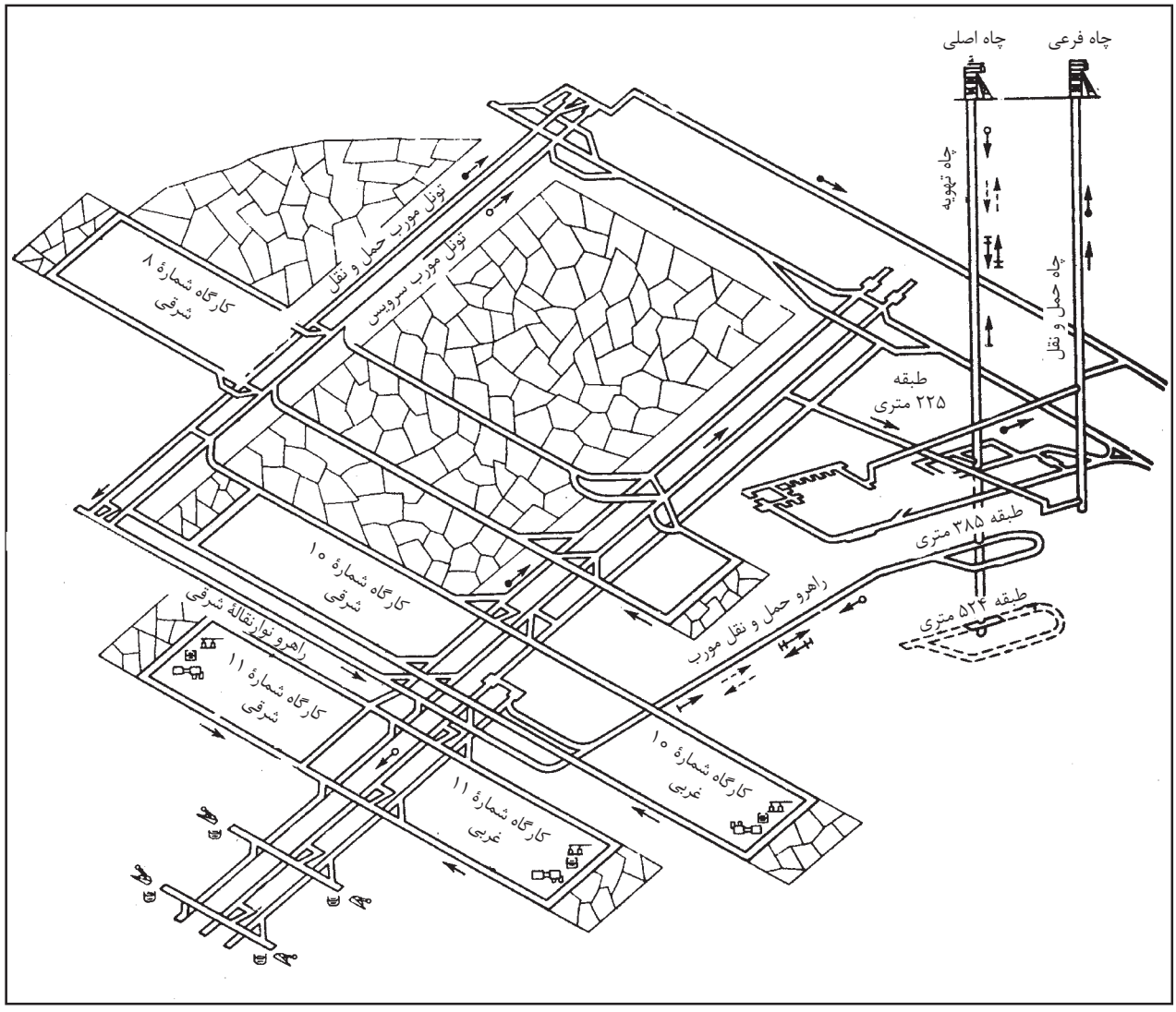
در بسیاری موارد حفریات معدنی در سنگ‌ها و مواد سست حفر می‌شوند و بنابراین برای جلوگیری از ریزش سنگ‌ها، بایستی این حفریات را به وسایل مختلف نگهداری کرد.
نگهداری یکی از مباحث مهم استخراج معدن است که آن را طی بخش جداگانه‌ای در همین کتاب به طور مفصل بررسی خواهیم کرد.

## حمل و نقل

مواد معدنی حفر شده و نیز سنگ‌های باطله را بایستی از داخل معدن به بیرون حمل کرد. حمل و نقل در داخل معدن به وسیله ناوها، نوار نقاله‌ها و واگن انجام می‌گیرد.

## تهویه

برای تأمین اکسیژن لازم برای تنفس کارگران درون معدن، رقیق کردن گازهای حاصله از آتش‌بازی و رقیق کردن گازهای قابل اشتعال، هوای داخل معدن باید دائماً تعویض شود. به جریان‌انداختن هوا در قسمت‌های مختلف معدن به نام تهویه موسوم است.
برای اینکه هوای تازه به تمام قسمت‌های معدن برسد، هوای تازه را از یک چاه تونل اصلی وارد می‌کنند و بعد از اینکه هوا تمام قسمت‌ها را دور زد، از طریق چاه تونل دیگر خارج می‌شود.




شکل ۳ـ۱۱ـ تهویه معدن

### آب‌کشی

ضمن حفر کارهای معدنی مختلف معمولاً مقدار زیادی آب جمع می‌شود که باید آنها را به بیرون معدن هدایت کرد. در مواردی که شبکه معدن از یک تونل اصلی تشکیل شده باشد، با توجه به آنکه شیب تونل به سمت بیرون معدن است، آب‌های جمع‌شده خودبه‌خود به بیرون جریان خواهد یافت، اما در مواردی که شبکه معدن با استفاده از چاه‌های قائم یا مایل احداث شده باشد، بایستی آب را به وسیله تلمبه به بیرون معدن هدایت کرد.

### روشنایی

در داخل معدن نور طبیعی نفوذ نمی‌کند و برای تأمین روشنایی، بایستی آن را به طریق مصنوعی روشن کرد. قسمت‌های اصلی معدن را می‌توان با نصب چراغ‌های ثابت روشن ساخت ولی برای کار افراد در قسمت‌های در حال کار، بایستی برای هر نفر، چراغ انفرادی نیز در نظر گرفت که این منظور به کمک چراغ‌های مخصوصی تأمین می‌شود. نحوهٔ تأمین روشنایی معدن نیز در درس خدمات فنی در معادن بررسی خواهد شد (۱).

## فراوری مواد معدنی

افزایش تولید مواد معدنی به عنوان مادهٔ اولیه مورد مصرف در صنعت، موجب‌ایجاد معادن بزرگ‌تر و در نتیجه کم‌عیارتر می‌شود و پیشرفت تکنولوژی، استفاده از مواد اولیه با مشخصات فنی دقیق‌تری را ضروری می‌سازد؛ بنابراین کاهش ذخایر معدنی با عیار بالا وترکیبات کانی‌شناختی ساده، سبب شده است که معادنی با عیار بسیار پایین وترکیبات کانی‌شناختی بسیار پیچیده مورد استفاده قرار گیرند و به موازات آن، فراوری مواد معدنی نیز اهمیت بیشتری یابد.

ذخیره مواد معدنی، محل معدن، عیار نسبی، ترکیبات کانی‌شناختی، بافت وترکیب مواد معدنی از یک سو و هزینه‌های استخراج (روباز و زیرزمینی) و تغلیط‌پذیری از سوی دیگر از پارامترهای مهم در سنجش اقتصاد یک معدن به شمار می‌رود. به عنوان مثال در بسیاری مواد هزینه‌های استخراج به روش زیرزمینی گرانتر از استخراج به روش روباز است که در این راستا عیار ماده معدنی پارامتر تعیین کننده‌ای به شمار می‌رود.

بنابراین هرچه عیار ماده معدنی مورد نظر بیشتر باشد ارزش بیشتری خواهد داشت و در نتیجه هزینه‌های فراوری نیز به همان نسبت کمتر خواهد بود. حداقل فلز موجود در کان‌ساری که بتوان آن را کانسنگ قلمداد کرد از فلزی به فلز دیگر تغییر می‌کند و یکسان نیست؛ به عنوان مثال بیشتر کانسنگ‌های غیرآهنی عیاری کمتر از یک درصد دارند و از طرفی این عیار برای طلا کمتر از ۴ ppm[۱] است. همچنین کانسنگ آهنی که کمتر از ۱۵ درصد آهن داشته باشد، کانسنگ کم عیار نامیده می‌شود.

از نظر نوع ذخیره نیز، ذخایر رگه‌ای با عیار بالا نسبت به نوع توده‌ای با عیار پایین ارزش بیشتری دارند و چنانچه پدیده‌های تکتونیکی باعث شکستگی و تغییر وضعیت ماده معدنی شده باشند، علی‌رغم داشتن عیار بالا و میزان ذخیره مناسب، به دلیل چنین بی‌نظمی، هزینه‌های استخراج و در نتیجه فراوری افزایش خواهد یافت و ممکن است کلیه هزینه‌ها از ارزش ذخیره بیشتر شود و عملیات را غیراقتصادی سازد.

موادی که از معادن استخراج می‌شوند، همیشه با میزان قابل‌توجهی از ناخالصی‌ها همراه‌اند و چنانچه مقیاس استخراج بزرگ‌تر و عملیات با وسایل کامل‌تری انجام گیرد، مواد استخراج شده ناخالصی بیشتری خواهد داشت. در اکثر مواقع، وجود این ناخالصی‌ها و باطله همراه، عیار ماده معدنی را به قدری کاهش می‌دهد که فروش آن بدون عملیات فراوری ارزش اقتصادی نخواهد داشت. عواملی مانند ترکیبات کانی‌شناختی و بافت ماده معدنی، شکل، ابعاد و نحوهٔ قرارگیری کانی‌های با ارزش و کم ارزش، درجه آزادی، درجه اکسایش؛ نوع کانی

۱ـ قسمت در میلیون

مفید، نوع باطله همراه (کربناته و یا سیلیکاته)، خواص فیزیکی، شیمی فیزیکی و شیمیایی، میزان درگیر بودن کانی‌ها و بسیاری دیگر از پارامترها، نقش تعیین‌کننده‌ای را در انتخاب روش و یا روش‌های فراوری‌ایفا می‌کنند. ماهیت یک ماده معدنی از نظر پارامترهای عنوان شده بسیار متفاوت است و هزینه و نحوه فراوری برای حالات مختلف نیز متفاوت و قابل بررسی است (۱).

### تاریخچه فراوری مواد معدنی

بشر از دیرباز در تکاپوی تهیه فلزاتی از جمله طلا، نقره، مس، جیوه، آهن و دیگر عناصر بوده است و اساساً فراوری مواد معدنی به شکل ابتدایی خود تاریخچه جدیدی ندارد؛ به عنوان مثال فروشویی (لیچینگ) به روش توده‌ای[۱] و اکسایش سولفیدهای توده‌ای از هزاران سال پیش در کشور اتریش معمول بوده است. فلز مس در اواخر عصر حجر یعنی ۸ تا ۱۰ هزار سال پیش شناخته شده بود و شواهد زیادی مبین عملیات ذوب و احیا در آن زمان بوده است. در حقیقت در همین عصر بود که نطفهٔ فلزآرایی[۲] بسته شد. شواهد دیگر نیز مبنی بر ذوب، اکسایش و احیای آهن در ۵ تا ۶ هزار سال پیش وجود دارد. یونانیان قدیم اولین کسانی بودند که فراوری کانسنگ سولفیدی سرب را بنیان‌گذاری کردند و این رومی‌ها بودند که فلز سرب را برای ساخت لوله‌های آب به‌کار بردند. آلیاژ برنج و برنز به شکل تصادفی در همین‌ایام کشف شد.

## اصول کانه‌آرایی

کانه آرایی[۳]سلسله عملیاتی است که پس از استخراج از معدن (در بعضی مواقع توأم با عملیات استخراج) بر روی مواد معدنی انجام می‌شود تا محصول حاصل شده حداقل شرایط فنی لازم جهت مصرف در صنایع مختلف را داشته باشد. عملیات باید کاملاً اقتصادی باشد و تغییری درترکیب شیمیایی مواد نشود. البته از دیگر روش‌های بازیابی مواد معدنی مانند لیچینگ (فروشویی زیستی) حرارتی و الکتریسیته نیز در این زمینه استفاده می‌شود (متالوژی استخراجی)؛ بنابراین مطابق نظر جین[۴] می‌توان تعریف جامع‌تری را در این زمینه مطرح کرد. سلسله عملیاتی که بر روی مواد معدنی انجام می‌شود تا محصولی با مشخصات قابل قبول در صنعت به‌دست آید خواه خواص شیمیایی ماده معدنی تغییر یابد و یا در ماهیت شیمیایی آن تغییری ایجاد نشود و فرایند اقتصادی قابل انجام باشد، فراوری مواد معدنی[۵] گفته می‌شود؛ البته از واژه‌های دیگری مانند پرعیار سازی مواد معدنی[۶] تهیه مواد معدنی[۷] تغلیظ ماد معدنی[۸] آرایش مواد معدنی[۹] شستشوی مواد معدنی[۱۰] نیز در این زمینه استفاده شده است. لازم به ذکر است که تکنولوژی سوخت که در آن جدایش گازهای مایع از جامد مطرح است و از تلفیق دو فرایند فیزیکی

۱ـ Heap Leaching
۲ـ Metal Processing
۳ـ Mineral Processing
۴ـ Jain
۵ـ Beneficiation (Ore Processing)
۶ـ Up grading
۷ـ Ore Preparation
۸ـ Enrichment Process
۹ـ Mineral Dressing (ore dressing)
۱۰ـ Washing of the Ore

و فیزیکی و شیمیایی تشکیل شده است نیز به جزء شاخه‌ای از فراوری مواد معدنی نیز محسوب می‌شود. کانسنگی که از معدن استخراج می‌شود بار اولیه[1] نامیده می‌شود و پس از عملیات فراوری محصولی که مشخصات فنی آن مانند عیار، عناصر مفید و مضر، توزیع دانه‌بندی، کیفیت و کمیت کلیه کانی‌های همراه، درصد رطوبت و غیره از سوی مصرف کننده مشخص است به محصول پر عیار شده و یا کنسانتره[2] اطلاق می‌شود. بقیه مواد، باطله[3] نامیده می‌شود. به محصولی که از ترکیب باطله و کنسانتره تشکیل شده باشد محصول حد واسط گفته می‌شود. بنابراین چنانچه ماده معدنی از دو کانی گالن و کوارتز تشکیل شده باشد، پس از عملیات فراوری ممکن است برحسب ترکیب کانی‌شناختی و بافت و از دیدگاه درجه آزادی سه نوع محصول تولید شود (کنسانتره، باطله و حد واسط). ذرات حد وسط را نه می‌توان به عنوان باطله در نظر گرفت (زیرا بخش قابل‌توجهی از گالن در آن به هدر می‌رود) و نه می‌توان به محصول کنسانتره اضافه کرد (زیرا کیفیت کنسانتره را کاهش می‌دهد)؛ بنابراین برای بازیابی چنین ذراتی بهتر است محصول حد واسط را مجدداً خرد و نرم کرد، البته میزان خردایش به ماهیت مواد از نظر عیار، ارزش فلز و یا غیرفلز، وضعیت کانی‌ها از نظر درگیر بودن، شکل و ابعاد ذرات بستگی دارد.

همان‌گونه که گفتیم، به محصولات غیرمفید معادن و کارگاه فراوری، باطله اطلاق می‌شود و کمیت و کیفیت تولیدات معادن و کارخانجات تغییر می‌یابد. توسعه معادن کم عیار و به موازات آن فراوری این مواد باعث گردیده تا حجم باطله‌ها نیز افزایش یابد، به طوری که امروزه بیش از ۲/۳ میلیارد تن باطله در سال تولید می‌شود. چنین افزایشی لزوم توجه به انباشت باطله، احداث سد باطله، پایداری سد، حفاظت آن، جلوگیری از آلودگی محیط زیست، آبگیری[4] باطله و استفاده مجدد از آن را در کارگاه فراوری ایجاد می‌کند.

در وضعیت‌های استثنایی مسافت بین معدن، کارخانه فراوری و متالوژی نقش مهمی را در مشخصات فنی محصول (عیار) به عهده دارد.

صرف‌نظر از چند حالت خاص که فراوری به روش خشک انجام می‌گیرد. اکثر روش‌های فراوری با مصرف بسیار زیاد آب همراه است و در نتیجه محصول کنسانتره باید آب‌گیری شود. آب‌گیری از کنسانتره هزینه حمل و نقل و خورندگی وسایل را کاهش می‌دهد و از بعضی از واکنش‌های گرمازا جلوگیری می‌کند. از این گذشته از آنجا که بیش از ۹۰درصد آب مصرفی در کارخانه باید قابل برگشت باشد حتماً باید کنسانتره باطله، آبگیری و مجدداً در کارخانه استفاده شود (۲).

## اهمیت و توجیه ضرورت کانه‌آرایی

مواد معدنی براساس وجود عناصر مفید به چندین گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

ـ خالص[5] که فلز موجود در این کانه‌ها به شکل اولیه وجود دارد (طلا و... )

ـ سولفیدها، کانه‌هایی که فلز موجود در کانی آنها به شکل سولفید وجود دارد (گالن و... )

ـ اکسیدها که کانی با ارزش آنها به صوت، اکسید،

---

۱ـ Feed
۲ـ Concentrate
۳ـ Tailing
۴ـ Heap Leaching
۵ـ Native

سولفات، سیلیکات، کربنات و نوع هیدراته این مواد وجود دارد.

هرتن از مواد معدنی موجود در یک کانسار دارای ارزش بالقوه مشخص است و به بعضی از پارامترها از جمله، عیار فلز، ارزش فلز، وجود عناصر مفید و یا مضر و بسیاری دیگر، بستگی دارد.

هزینه اصلی، هزینه استخراج است و ممکن است از کمتر از یک پوند تا بیش از پنجاه پوند بر تن نیز تغییر کند. هزینه‌های عملیاتی برای ظرفیت‌های بسیار زیاد ارزان است ولی به هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالا نیاز می‌باشد که طی چند سال جبران خواهد شد. بنابراین هرچه ظرفیت عملیات بالاتر کانسار نیز باید به همان نسبت بزرگ باشد و به عکس برای کانسارهای کوچک، ظرفیت عملیاتی نیز کوچک است و بدین‌ترتیب می‌توان هزینه‌ای سرمایه‌گذاری کل را کاهش داد ولی هزینه سرمایه‌گذاری و عملیاتی برای هر تن افزایش خواهد یافت.

روش‌های استخراج آبرفتی، روش‌های ارزان قیمتی هستند به شرط آنکه ظرفیت بالا باشد و ماده معدنی ارزش بالقوه پایینی ناشی از عیارکم و ارزش پایین فلز و یا هر دو حالت را داشته باشد. به عنوان مثال در کشور مالزی ماده معدنی کاسیتریت کمتر از ۰/۰۱ درصد قلع دارد و ارزش بالقوه این ماده کمتر از یک پوند بر تن است. ولی هزینه‌های بسیار ارزان کانه‌آرایی باعث شده که عملیات کاملاً اقتصادی باشد.

وقتی هدف از استخراج، استخراج انتخابی باشد، به‌خصوص در مورد مواد رگه‌ای، هزینه‌های استخراج بسیار گران تمام می‌شود مگر آنکه ارزش بالقوه ماده معدنی زیاد باشد.

یکی از مهم‌ترین اهداف کانه‌آرایی تبدیل سنگ به کانسنگ است. موادی که به کارخانه ذوب فرستاده می‌شود باید علاوه بر یکنواختی در ابعاد و میزان رطوبت، مشخصات فنی دیگری از لحاظ عیار کانی با ارزش و عناصر مضر در حد قابل قبول را نیز داشته باشد در غیر این صورت نه تنها هزینه حمل و نقل افزایش می‌یابد بلکه، کارآیی دستگاه‌های ذوب نیز کم شده و باعث افزایش سرباره و تلفات فلز نیز می‌شود (۲).

## خواص سنجی و شناسایی مقدماتی نمونه

انتخاب و طراحی یک مدار صحیح در مورد یک معدن خاص، یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مراحل تصمیم‌گیری در امر طراحی کارگاه فراوری مواد معدنی است. به عنوان مثال در طراحی فرایندهای خردایش و انتخاب صحیح مدار فراوری که از جمله پرهزینه‌ترین مراحل فراوری هستند، می‌توان هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی را نام برد که عدم توجه به این مسائل ممکن است خسارات جبران ناپذیری را در پی داشته باشد. اگر هدف طراحی مدار فراوری معدن جدیدی باشد کلیه پارامترهای لازم باید مورد ارزیابی قرار گیرند و چنانچه هدف تصحیح یک خط تولید و یا توسعه مدار فراوری به منظور افزایش ظرفیت باشد عملیات موجود نقش کلیدی در انتخاب و ارزیابی پارامترهای لازم را خواهد داشت.

تعداد پارامترهایی که در طراحی مدار فراوری باید مورد بررسی قرار گیرند بسیارند و شاید این تعداد به‌اندازه انواع کانه‌های مختلف موجود باشد. بنابراین هر نوع ماده معدنی مدار فراوری مخصوص به خود را خواهد داشت.

یکی از مهم‌ترین مسائل در طراحی مدار فراوری،

آنالیز و شناخت خواص مواد است. سختی، سایندگی، شکنندگی، رطوبت، عیار، ترکیبات کانی‌شناختی (اعم از کانی‌های مفید و مضر)، خواص فیزیکی، شیمیایی، شیمی فیزیکی و بسیاری دیگر از جمله پارامترهایی مانند ابعاد کارخانه، ظرفیت، محل و آب و هوا، دسترسی، وجود آب و بسیاری دیگر است (۲).

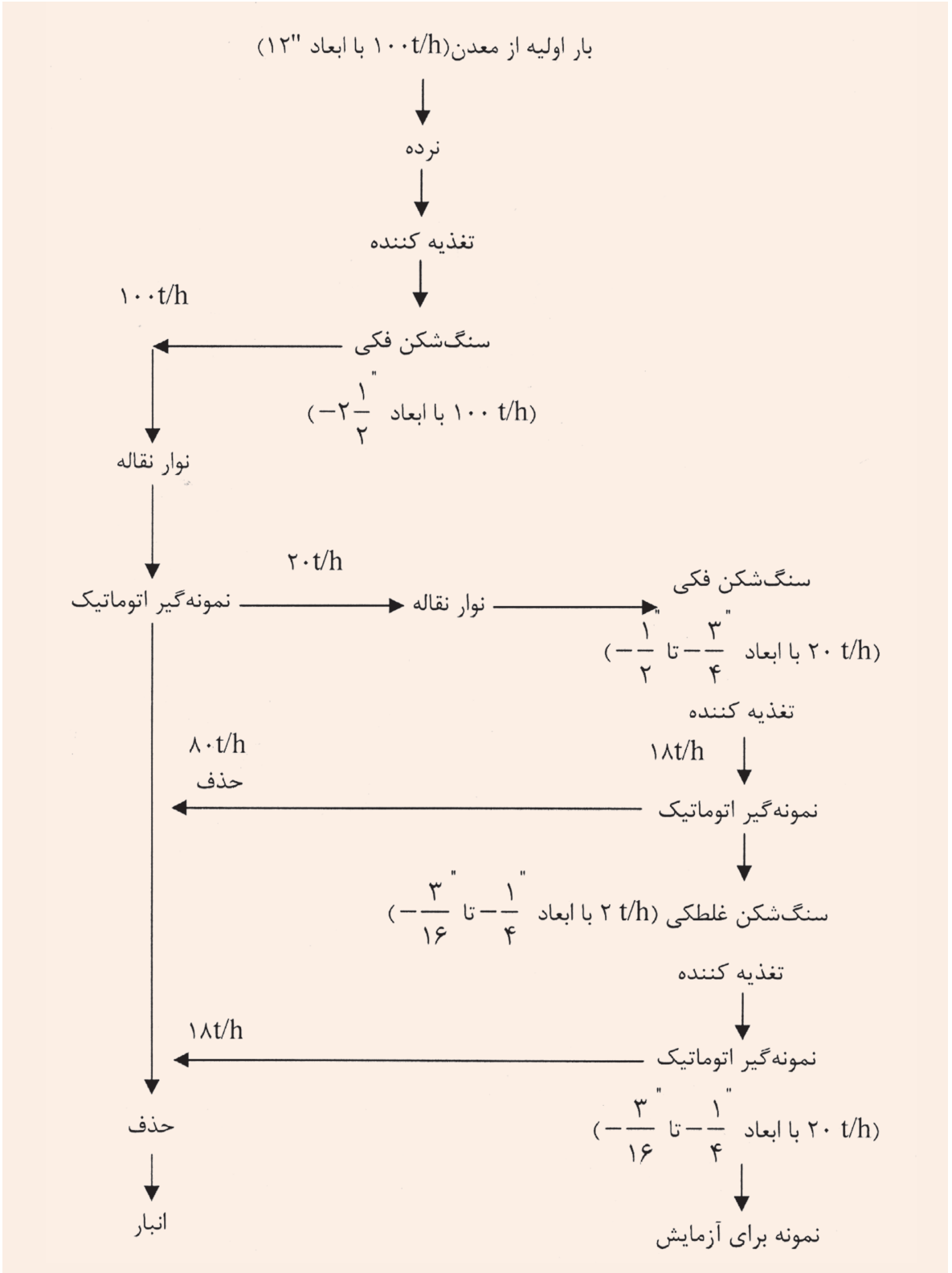
## نمونه‌گیری

یکی از مهم‌ترین پارامترهای لازم در طراحی مدار فراوری مهندسی فرایند، نمونه‌گیری دقیق از ذخیره معدنی است و به عبارتی هرچه در مورد نمونه‌گیری اطمینان بیشتری داشته باشیم طراحی مدار فراوری اعتبار بیشتری خواهد داشت.

بررسی محصولات فرعی و نحوه بازاریابی آنها، جهت‌دهی مهندسین اکتشاف به زون‌های پرعیار و مناسب فقط و فقط در گرو یک سیستم نمونه‌گیری سیستماتیک است. از آنجا که تعداد و وزن نمونه‌ها، ماهیت نمونه‌برداری، بررسی ائتلاف نمونه‌ها، نمونه‌گیری جداگانه و یا به صورت‌ترکیبی، دقت لازم در حمل و نگهداری نمونه‌ها چه از لحاظ آلودگی و یا از نظر اکسایش و بسیاری پارامترهای دیگر براساس نوع کانسنگ و فرایندهای بعدی صورت می‌گیرد، لذا نظارت و کنترل نمونه‌گیری فقط و فقط باید توسط مسئول مربوطه انجام گیرد. به عنوان مثال برای انجام آزمایشات قابلیت خردشوندگی و نرم‌شوندگی به منظور تعیین انرژی لازم به روش‌اندیس کار باند حداقل ۲۵ کیلوگرمی نمونه لازم است. در روش قابلیت خردشوندگی به روش ضربه‌ای، ابعاد نمونه‌ها باید در حدود ۷ الی ۸ سانتیمتر باشد و چنانچه آزمایشات مقدماتی نشان دهند که کانسنگ استعداد خردایش به وسیله خودشکنی را دارد حداقل ۲۵ تا ۵۰ تن نمونه (در مقیاس نیمه صنعتی) با ابعاد ماکزیم ۲۰ سانتیمتر لازم است. به طور کلی نتایج حاصل از آزمایشات آزمایشگاهی وسعت مورد نیاز پروژه را مشخص می‌سازد و درجه یکنواختی ماده معدنی حجم آزمایشات را تعیین می‌کند. پس از نمونه‌گیری و آماده‌سازی آنها نوبت به مطالعات خواص سنجی نمونه‌ها از دیدگاه فراوری می‌رسد. شکل ۲ـ۱ نحوه نمونه‌گیری، کاهش وزن و کاهش ابعاد نمونه را جهت تهیه نمونه‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد (۲).

## آنالیز شیمیایی نمونه

تعیین عیار واقعی یک نمونه یکی از پارامترهای مهمی است که در طراحی مدار فراوری و تکمیل عملیات بعدی نقش بسزایی دارد. خطاهای احتمالی در این مرحله از عملیات، جبران ناپذیر است و برای جلوگیری از بروز این خطاها نمونه‌بردار باید در تهیه، آماده‌سازی و بررسی روش‌های آنالیز و کنترل نتایج کوشا باشد؛ به عنوان مثال در مورد یک ماده معدنی اکسیدی وجود عناصر با ارزش و یا مزاحم، در تهیه نمونه و روش عیار سنجی پارامتر مهمی به شمار می‌رود. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی کامل نمونه، اطلاعات با ارزشی است که به کمک آن می‌توان مسائل مورد نیاز را بررسی کرد (۲).


بار اولیه از معدن(۱۰۰t/h با ابعاد "۱۲)
نرده
تغذیه کننده
۱۰۰t/h
سنگ‌شکن فکی
(۱۰۰ t/h با ابعاد "۲−$\frac{۱}{۲}$)
نوار نقاله
۲۰t/h
نمونه‌گیر اتوماتیک
نوار نقاله
سنگ‌شکن فکی
(۲۰ t/h با ابعاد "$\frac{۳}{۴}$− تا "$\frac{۱}{۲}$−)
تغذیه کننده
۱۸t/h
۸۰t/h
حذف
نمونه‌گیر اتوماتیک
سنگ‌شکن غلطکی (۲ t/h با ابعاد "$\frac{۱}{۴}$− تا "$\frac{۳}{۱۶}$−)
تغذیه کننده
۱۸t/h
نمونه‌گیر اتوماتیک
حذف
(۲۰ t/h با ابعاد "$\frac{۱}{۴}$− تا "$\frac{۳}{۱۶}$−)
انبار
نمونه برای آزمایش

## مطالعات کانی‌شناسی و میکروسکوپی در فراوری مواد معدنی

یکی دیگر از پارامترهای تعیین کننده در امر طراحی مدار فراوری، بررسی وضعیت ماده معدنی از نظر کانی‌شناسی و میکروسکوپی است.

در بسیاری از موارد دانستن عیار فلزی به تنهایی کافی نیست و باید نوع ترکیب شیمیایی فلز مورد نظر و نیز باطله همراه مشخص شود. بنابراین قطعاتی از نمونه برای تهیه مقاطع صیقلی و یا فلزی باید انتخاب و آماده‌سازی شوند. با مطالعه میکروسکوپی مقاطع فلزی و یا نازک می‌توان مشخصات نمونه را از لحاظ درصد حجمی کانی و یا کانی‌های موجود و دیگر پارامترهای مهم مشخص کرد. اگر با میکروسکوپ‌های معمولی نتوان هویت نمونه را مشخص کرد باید وسایل پیشرفته‌تری (مثل میکروسکوپ الکترونی) را به کاربرد. مطالعات کانی‌شناسی جزء مسائل تخصصی است که باید به وسیلهٔ کارشناس متخصص در این زمینه انجام گیرد (۲).

## کاربرد خواص کانی‌ها در فراوری مواد معدنی

**سختی:** مقاومت یک کانی در برابر خراشیده شدن (یا خط افتادن) سختی خوانده می‌شود و در مقیاس موس[۱] با اعداد ۱۰ تا ۱ برای سخت‌ترین و نرم‌ترین کانی‌ها بیان می‌شود (الماس، کرندوم، توپاز، کوارتز، ارتوز، آپاتیت، فلورین، کلسیت، ژیپس و تالک). اگر مقیاس‌اندازه‌گیر موس در اختیار نباشد، به کمک بعضی از اجسام می‌توان سختی تقریبی مواد را مشخص کرد ناخن شست (۲/۵)، سکه مسی و یا نقره‌ای (۳)، چاقو (۵)، شیشه (۶)، کوارتز (۷)، کروندم (۹) و الماس (۱۰). مطالعه سختی به همراه ساینده‌گی در مراحل مدار فراوری خردایش به کار می‌رود.

**شفافیت:** وقتی داخل کانی به راحتی قابل رؤیت باشد، کانی را شفاف[۲] (کوارتز، بریل، کلسیت و الماس) و وقتی کانی نور را عبور دهد ولی دیده نشود کانی را نیمه شفاف[۳] و چنانچه حتی نور از تیغه بسیار نازک نیز عبور نکند به آن غیر شفاف و یا کدر[۴] (نقره، مس، گالن، پیریت، هماتیت و منیتیت) می‌گویند. از آنجا که بیشتر کانی‌ها خالص نیستند، شفافیت مختلفی دارند. در بیشتر مواقع کانی‌های شفاف نیز خاصیت نیمه شفاف دارند، به‌خصوص هنگامی که خالص نباشند.

**جلا:** کیفیت انعکاس نور از سطح کانی را جلای آن می‌گویند. جلا به ظاهر سطح کانی مربوط است و به دو گروه فلزی و غیر فلزی تقسیم می‌شود. به عنوان مثال‌هایی در این زمینه می‌توان از جلای صدفی (ژیپس)، شیشه‌ای (کوارتز)، چرب و روغنی (نفلین) ابریشمی (آزبست)، مومی (سرپانتین)، و رزینی (اسفالریت) نام برد.

**سطوح رخ (کلیواژ):** کلیواژ خاصیتی است که بعضی از کانی‌ها به هنگام شکستگی از خود نشان می‌دهند و طی آن شکستگی باایجاد صفحاتی صاف و موازی هم توأم است. کانی‌هایی که بدین شکل شکسته می‌شوند سطوح کلیواژ کاملی دارند و در مطالعات فلوتاسیون در خصوص آبرانی طبیعی کانی نقش بسیار مهمی را به عهده دارند.

**رنگ:** در بیشتر مواقع رنگ کانی ناشی از جذب طول موجهایی از انرژی نور توسط اتم‌های موجود در بلور است. باقی مانده طول موج‌هایی که جذب نمی‌شوند توسط چشم قابل رؤیت‌اند. به جز موارد استثنایی رنگ کانی به دلیل وجود ناخالصی‌های موجود بسیار متغیر است؛ به عنوان مثال کلسیت بی‌رنگ به دلیل وجود مقدار بسیار ناچیزی هورنبلند سبز سوزنی و یا سبز رنگ خواهد بود. در بعضی از کانی‌ها به دلیل وجود مقدار بسیار کمی از ناخالصی‌ها تشخیص رنگ مشکل است. بعضی از کانی‌های غیر فلزی

۱ـ Dorr
۲ـ Transparency
۳ـ Transparent
۴ـ translucent

تنوع رنگ بسیار زیادی دارند مانند فلورین و کوارتز و برخی مانند گوگرد (زرد) و گرافیت (سیاه) رنگشان ثابت است. با این وجود از اختلاف رنگ کانی‌ها می‌توان به کمک نور منعکسه توسط سنگ جوری خودکار (الکترونیکی)[1] و یا دستی[2] در جدایش آنها استفاده کرد.

**خواص رادیواکتیویته:** در بعضی موارد می‌توان از خواص رادیواکتیویته در بعضی از کانی‌ها برای جدایش آنها استفاده کرد. این عملیات به سنگ جوری رادیواکتیویته نیز معروف است. کانی‌هایی که خواص رادیواکتیویته دارند، دارای عناصر رادیواکتیو مانند اورانیوم (کانی اورانیتیت) و توریم (کانی توریت) هستند که با روش سنگ جوری خودکار می‌توان جدایش آنها را ممکن ساخت.

**خواص مغناطیسی:** از اختلاف خواص مغناطیسی کانی‌ها می‌توان برای جدایش این مواد توسط جداکننده‌های مغناطیسی تر و خشک، شدت بالا و شدت پایین استفاده نمود.

علاوه بر کاربرد این روش در فراوری کانسنگ‌های آهن در جدایش کانی‌های پارامغناطیسی (به عنوان مواد مزاحم) از کانی‌های غیرآهنی و همچنین در فراوری کانی‌های غیرفلزی (ماسه‌های ساحلی) نیز می‌توان از آن استفاده نمود.

**خواص الکتریکی:** از خاصیت الکتریسیته ساکن و یا هدایت الکتریکی کانی‌های‌هادی، نیمه‌هادی و یا غیرهادی می‌توان جدایش آنها را توسط جداکننده‌های الکترواستاتیکی و یا الکتریکی ممکن ساخت.

از آنجا که اکثر کانی‌ها کمابیش اختلاف هدایت الکتریکی دارند؛ بنابراین بااستفاده از روش الکتریکی می‌توان آنها را جدا کرد. این روش به دلیل آنکه بیشتر در جدایش کانی‌های موجود در ماسه‌های ساحلی به‌کار می‌رود، کاربرد محدودی دارد.

**خواص سطحی (شیمی فیزیکی):** از اختلاف قابلیت‌تر شوندگی ذرات (تمایل به آبران و یا آبگیر شدن) در یک محیط سیال و جریان هوا برای ایجاد حباب‌های مناسب و در حضور بعضی از مواد شیمیایی که هدف آنها افزایش خاصیت آبرانی یک یا چند کانی و یا بازداشت بعضی از کانی‌هاست. می‌توان برای جدایش کانی‌های آبران و آبگیر استفاده کرد (روش فلوتاسیون).

**خاصیت گرانشی (ثقلی):** از اختلاف جرم مخصوص بین دو کانی می‌توان استفاده کرد و جدایش آنها را ممکن ساخت. علاوه بر جرم مخصوص، ابعاد و شکل ذرات نیز بر روی حرکت نسبی آنها در محیط آب تأثیر می‌گذارند. در روش‌های ثقلی یا از جریان آب به طور نوسانی استفاده می‌شود (جیگ) و یا باایجاد جرم مخصوص کاذبی بین جرم مخصوص کانی با ارزش و گانگ(واسطه سنگین) جدایش صورت می‌گیرد. بدین‌ترتیب که کانی با جرم مخصوص بیشتر از جرم مخصوص واسطه غرق و کانی دیگر با جرم مخصوص کمتر شناور می‌شود (۲).

## خردایش مواد معدنی

چنان‌که قبلاً نیز اشاره شد باطله به مادهٔ با ارزش چسبیده و برای آزاد کردن آن ابتدا باید مادهٔ معدنی را خرد کرد تا در مراحل بعدی بتوان به طور کامل آنها را از هم جدا کرد. خرد کردن عمل افزایش سطوح خارجی به کمک نیروهای وارد شده بر جسم است. به‌محض اینکه این نیروها با ضربهٔ دو جسم متحرک به یکدیگر ضربهٔ یک جسم متحرک به یک جسم ثابت، نیروهای برشی، خمشی، کششی و پیچشی اعمال شوند از مجموع این نیروها مواد معدنی در نقاطی ضعیف شده شکسته و خرد می‌شوند و اجزای کوچک‌تری به وجود می‌آید. شکستن و خرد کردن سنگ‌ها و تجهیزاتی که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد مهم‌ترین قسمت یک کارخانه کانه‌آرایی را تشکیل می‌دهند به نحوی که معمولاً ۷۰ تا ۹۰

۱- Automatic (Electronic) Sorting
۲- Hand Sorting

درصد نیروی مصرفی و ۵۰ تا ۷۰ درصد کل هزینه‌ها را به خود اختصاص می‌دهد (۲).

### عوامل مؤثر در خرد شدن ماده معدنی

موادی که در طبیعت وجود دارند از لحاظ خرد شدن به دو دسته تقسیم می‌شود. دستهٔ اول آنهایی هستند که در اثر ضربه یا فشار به آنها در تمام جهات به طور یکنواخت خرد می‌شوند و دستهٔ دوم موادی که عمل خرد شدن در آنها در تمام جهات مختلف یکسان نیست و عواملی مانند صفحات کلیواژ، وجود حفره و شکاف و رگه باعث می‌گردد تا ماده معدنی در بعضی جهات آسان‌تر شکسته و خرد شود. در این میان سختی چکش‌خواری و شکل تبلور نیز مؤثر است.

### حد لازم در خرد کردن

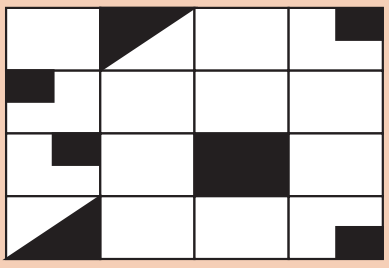
ابعاد کانی‌ها تشکیل‌دهندهٔ ماده معدنی متغیر بوده به طوری که ممکن است از چند میکرون تا چندین سانتی‌متر برسد و چون هدف از خرد کردن آزاد شده کانی با ارزش از دیگر مواد است؛ لذا این فرایند به‌درشتی و ریزی دانه‌های کانی و بافت آن بستگی دارد؛ مثلاً اگر کانی به شکل بسیار ریز پخش شده باشد عمل نرم کردن باید تا حد بیشتری ادامهٔ ابد و در نتیجه مخارج بیشتری نیز خواهد داشت.

### تعیین درجه آزادی

یکی از مهم‌ترین اهداف خردایش مواد معدنی توسط سنگ‌شکن‌ها (و کنترل دانه‌بندی با سرندها) و آسیاها (کنترل دانه‌بندی مواد توسط کلاسیفایرها) دست‌یابی به آزادسازی کانی‌های با ارزش از مواد باطله همراه در درشت‌ترین ابعاد ممکن است. دست‌یابی به درجه آزادی ۱۰۰ درصد یک فرض‌ایده‌آل است و معمولاً برمبنای ۸۰درصد آزاد شدن مواد مورد بررسی قرار می‌گیرد و عبارت است از نسبت کانی با ارزش به صورت کاملاً آزاد، به کل همان کانی با ارزش موجود در ماده معدنی برحسب درصد. این پارامتر بسیار مهم در کانی‌آرایی به نوع ماده معدنی، تفریق کانی‌شناختی، خواص مکانیکی کانی‌ها، نیروهای وارده، ارزش فلز و یا کانی و بسیاری عوامل دیگر وابسته است. تعیین درجه آزادی معمولاً با دانه‌بندی مواد و توزیع عناصر با ارزش در آنها، مطالعات میکروسکوپی، مطالعات غرق و شناورسازی و دیگر روش‌ها صورت می‌گیرد.

مثال

**درجه آزادی کانی با ارزش (قطعات سیاه‌رنگ) را از مواد باطله (گانگ) سفید رنگ بدست آورید. تعداد ذرات حاصل از شکست ماده بر اثر وارد شدن ضربه ۱۶ عدد است.**



$$\text{درجهٔ آزادی} = \frac{\text{کانی با ارزش آزاد}}{\text{کل کانی با ارزش}} \times ۱۰۰ = \frac{۱}{۳} \times ۱۰۰ = ۳۳/۳۳٪$$

**قطعه کامل آزاد شده (مربع سیاه) (در صورت کسر) و کل کانی با ارزش مجموع ۳ قطعه کامل است در مخرج کسر (۴ قطعه $\frac{۱}{۴}$ + ۲ قطعه $\frac{۱}{۲}$ + ۱ قطعه $\frac{۱}{۱}$)؛ بنابراین چون حداقل درجه آزادی ۸۰ درصد است ماده باید از این هم خردتر شود.**

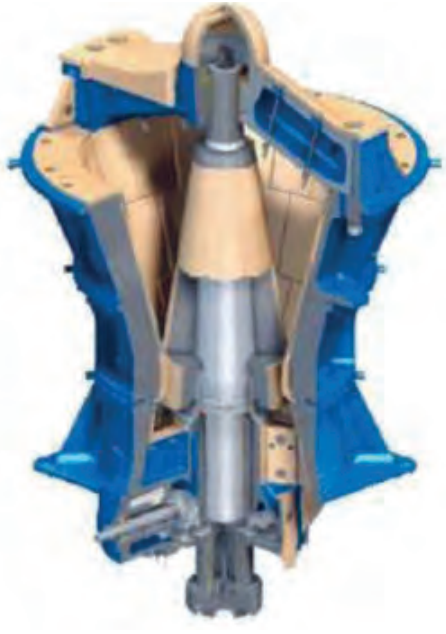
### سنگ شکن‌ها

خرد کردن قطعات بزرگ مواد استخراج شده از معدن تا حد کوچکی که مورد نظر است، فقط با یک دستگاه خاص عملی نیست، معمولاً در دو یا چند مرحله انجام می شود؛ در مرحله اول مواد درشت را شکسته و به ابعاد ۶ـ۴ سانتی متری تبدیل و محصول به دست آمده را درسنگ شکن‌های دیگری خرد نموده، به ابعادی در حدود یک سانتی متر می رسانند. برخی از انواع سنگ شکن‌ها عبارت‌اند از:

**سنگ شکن‌های مرحله اول:** سنگ شکن‌های فکی، ژیراتوری و...

**سنگ شکن‌های مرحله دوم:** سنگ شکن‌های مخروطی، استوانه‌ای، ضربه‌ای و...

سنگ شکن فکی



سنگ شکن ژیراتوری

## نرمایش مواد معدنی

نرم کردن مواد در صنعت اهمیت زیادی دارد و علاوه بر آزاد نمودن ماده معدنی، برای عملیاتی نظیر «سیانوراسیون» (که ابعاد ذرات باید بین ۰/۵ الی ۰/۱ میلی‌متر باشد) و همچنین برای نرم کردن موادی که اگر کمتر از حد معینی نرم شده باشند در بازار غیرقابل فروش هستند مانند سیمان‌ها، باریت‌ها، فسفات‌ها و موارد مشابه این عمل کاربرد دارد. نرم کردن نوعی خرد کردن است که طی آن ذراتی که در بین دو سطح قرار می‌گیرند، نرم می‌شوند.

یکی از مهم‌ترین اهداف مرحلهٔ نرم کردن، آزاد ساختن کانی مفید از مواد باطله همراه است و هر قدر ذرات مادهٔ معدنی ریزتر باشند، عمل نرم کردن تا حد بیشتری انجام می‌شود تا کلیه کانی و یا کانی‌های با ارزش از «گانگ» آزاد شود.

اگرچه به طور قطع نمی‌توان اندازهٔ بار ورودی جهت نرم کردن را دقیقاً مشخص کرد؛ اما در هر حال بار ورودی به آسیاها آخرین محصول سنگ‌شکن‌ها می‌باشد که دارای ابعادی بین ۱ تا ۳۰ میلی‌متر می‌باشد.

حداکثر ابعاد محصولات بین ۰/۱ تا۰/۴ میلی‌متر (۳۵ـ ۱۵۰ مش) متغیر است.

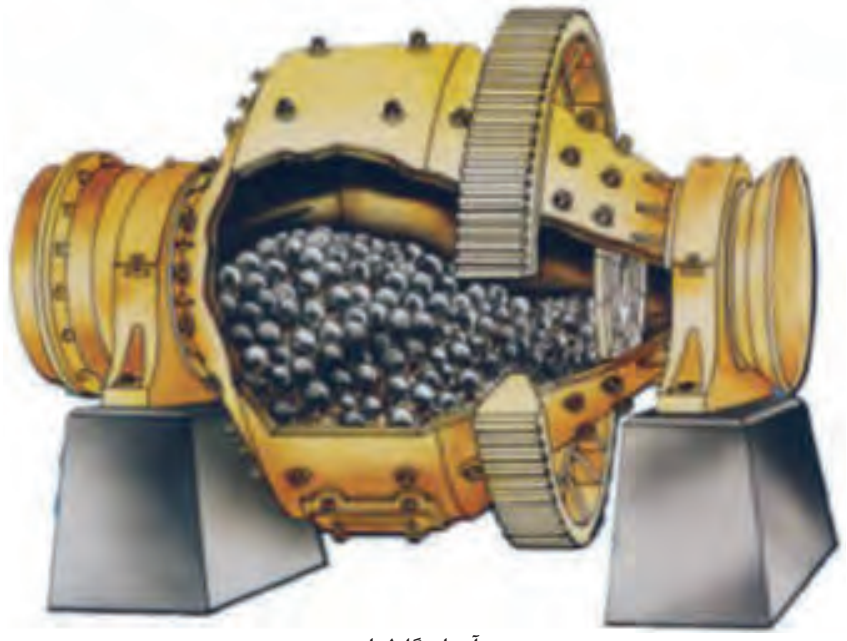
### آسیاها

عمل نرم کردن مواد در دستگاه‌هایی به نام آسیاها انجام می‌شود محصول خارج شده از سنگ‌شکن‌های مرحلهٔ دوم پس از کنترل دانه‌بندی توسط سرندها به آسیاها وارد می‌گردد و تا حد مورد نظر نرم می‌شود. این آسیاها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

**اول:** آسیاهایی که به طریقهٔ «تر» کار می‌کنند.

**دوم:** آسیاهایی که به طریقه «خشک» کار می‌کنند. در صنعت همواره طریقهٔ‌تر راترجیح می‌دهند و فقط در بعضی موارد که جسم در آب محلول است و باید از نرم کردن مواد آن را خشک نمود و یا فرایند بعدی خشک باشد آسیاهای خشک به کار می‌روند.

آسیاهای‌تر چون با ذرات مرطوب سرو کار دارند گردوخاک نداشته برای حفظ سلامتی کارگران مطلوب‌تر می‌باشد و از طرف دیگر ظرفیت آنها برحسب واحد حجم یا وزن بیشتر ولی هزینه‌های بعدی افزایش می‌یابد (۲).

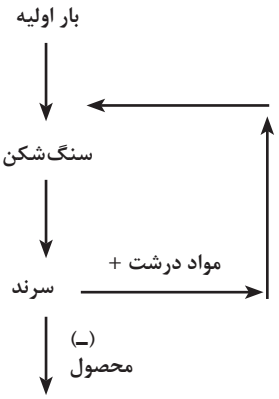


آسیای گلوله ای

## دانه‌بندی مواد معدنی

سرند کردن طبقه‌بندی مواد به روش مکانیکی است و برمبنای ابعاد ذرات و احتمال عبور و یا توقف آنها در سطح سرند استوار است. یکی از تفاوت‌های بین طبقه‌بندی مستقیم مواد (سرند کردن) با طبقه‌بندی غیرمستقیم (کلاسیفایرها) آن است که کلاسیفایرها براساس ابعاد، جرم مخصوص و اختلاف در سرعت ته نشینی مواد معدنی و سرندها براساس ابعاد، ذرات را طبقه‌بندی می‌کنند؛ بنابراین از سرندها برای طبقه‌بندی مواد درشت‌تر از ۲۵۰ میکرون (هر میکرون معادل $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ متر است) و از کلاسیفایر برای مواد ریزتر استفاده می‌شود.

از سرندها برای جلوگیری از ورود ذرات درشت




بار در گردش

از دهانه و ریزتر از گلوگاه در سنگ‌شکن‌ها استفاده می‌شود و علاوه‌براین در کنترل بار ورودی به دستگاه‌های پر عیارسازی نیز استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین کاربردهای سرندها در مسیر سنگ‌شکن‌ها کنترل بار و یکنواخت‌سازی محصول است. شکل صفحهٔ بعد بار در گردش را نشان می‌دهد.

به عبارتی مواد درشت‌تر از گلوگاه مجدداً به سنگ‌شکن برگشت داده می‌شود و به این عمل بار در گردش می‌گویند و هرچه بیشتر باشد، دانه‌بندی یکنواخت‌تر، نرمه تولیدی کمتر، کارایی دستگاه بیشتر و انرژی مصرفی کمتر خواهد بود (۲).

سرند گریزلی

کلاسیفایر هوایی

کلاسیفایر مارپیچی

همان‌گونه که قبلاً نیز دیدیم، کانه آرایی به عملیاتی اطلاق می‌شود که بر روی مواد استخراج شده و یا در طی استخراج انجام تا یک یا چند کانی باارزش از مواد کم ارزش با صلاح و تدبیر اقتصادی جدا شود بدون آنکه تغییری در خواص شیمیایی موادایجاد شود. بدیهی است که روش جدایش را باید با توجه به اختلاف خواص کانی‌های مفید و مواد باطله به طریقی انتخاب کرد که با حداقل هزینه، حداکثر بازدهی به عمل آید. هرچه اختلاف خواص مذکور بیشتر باشد، عمل جدایش و پرعیار کردن به همان نسبت بهتر و موفق‌تر انجام خواهد شد.

برای پرعیار کردن ماده اولیه و بالا بردن ارزش اقتصادی آن، باید مواد قبلاً در مراحل خرد کردن و آسیا کردن و تنظیم ابعاد تا درشتی مطلوب برای مراحل پرعیار کردن، نرم شده باشند و مواد با ارزش از مواد کم ارزش آزاد شده باشند.

انتخاب روش پرعیار کردن ماده معدنی به عوامل و شرایط متعددی بستگی دارد که به دلیل روش‌های جدایش با استفاده از خواص فیزیکی را شرح می‌دهد

اهمیت، تکنیک‌های پرعیار کردن با استفاده از خواص فیزیکی و مکانیکی، مغناطیسی و الکترواستاتیکی و فلوتاسیون مورد بحث قرار خواهد گرفت.

در روش پرعیار کردن با استفاده از خواص فیزیکی موضوع رنگ، وزن مخصوص، خاصیت مغناطیسی و خاصیت الکترواستاتیکی مواد مورد توجه است و خواص مکانیکی مانند خاصیت الاستیسیته و اختلاف مقاومت اجزای ماده نیز هریک در جای خود همراه با روش‌های کاربردی و دستگاه‌های مربوط به آنها شرح داده خواهد شد.

## روش‌های جدایش با استفاده از خواص فیزیکی

در این روش‌ها «پرعیارکردن» بر مبنای خواص فیزیکی کانی‌ها به خصوص وزن مخصوص قرار دارد و در اکثر آنها عمل جدایش ذرات در داخل مایع انجام می‌شود و ذرات برحسب سرعت رسوب خود در مایع از یکدیگر جدا می‌شوند. شرط اصلی در این روش‌ها همچنان که قبلاً هم ذکر شد آن است که اولاً درجه آزادی ذرات به‌اندازه کافی بالا باشد. ثانیاً ذرات دارای وزن‌های مخصوص مختلف باشند که هرچه این اختلاف بیشتر باشد، عمل جدا شدن کامل‌تر صورت خواهد پذیرفت. روش‌های پرعیارسازی براساس وزن مخصوص به دو دسته تقسیم می‌شوند. در یک دسته آب جریان افقی و در دسته دیگر جریان قائم دارد و در بعضی دستگاه‌ها نیز آب دارای هر دو حرکت می باشد. همچنین می‌توان به جای آب از هوا یا سایر گازها نیز استفاده نمود. علاوه بر وزن مخصوص، از خواص فیزیکی دیگر مثل خاصیت مغناطیسی، خاصیت الکترواستاتیکی و همچنین از رنگ، نور، جلا، رادیواکتیویته و دیگر پارامترها نیز برای پرعیار کردن استفاده می‌شود.

## روش‌های جدایش با استفاده از خواص شیمیایی

در این روش‌ها «پرعیارکردن» برمبنای خواص شیمیایی مواد انجام می‌شود که از این جمله می‌توان به فلوتاسون، لیچینگ و بابیولیچینگ اشاره نمود.

### فلوتاسیون:

فلوتاسیون امروزه یکی از مهم‌ترین روش‌های جداسازی ماده معدنی با ارزش از باطله همراه است که از سابقه تاریخی دیرینه‌ای برخوردار است. در یونان قدیم، روش ابتدایی فلوتاسیون معمول بوده است، اما بعدها فراموش شده، تا آنکه مجدداً از اواخر قرن نوزدهم، بار دیگر رونق گرفت و امروزه مهم‌ترین روش برای پرعیار کردن مواد معدنی کم‌عیار است. مزیت عمده فلوتاسیون بر سایر روش‌های

پرعیارسازی این است که موادی که عیار آنها بسیار کم می‌باشد، توسط این روش پرعیار می‌شوند و نتایج مطلوبی حاصل گردیده است.
پرعیار کردن مواد معدنی که عیارفلزی آنها ۳ تا ۵ درصد می‌باشد، جز به روش فلوتاسیون، به هیچ روش دیگری ممکن و مقرون به صرفه نیست؛ زیرا عملاً پرعیار کردن این مواد با روش‌های فیزیکی، براساس وزن مخصوص، کارآیی بسیار پایینی دارد و بازیابی از ۴۰ـ۳۰ درصد تجاوز نمی‌کند. در حالی که بازیابی همین مواد توسط فلوتاسیون به ۸۰ تا ۹۰ درصد می رسد.
روش فلوتاسیون در اکثر معادن‌ایران برای پرعیارسازی بکار گرفته می‌شود؛ به عنوان مثال می‌توان معادن زغال سنگ «پابدانا ـ باب‌نیزو» در کرمان، معدن زغال سنگ «تزره» در شاهرود، معدن زغال سنگ «زیرآب» در مازندران، معدن مس سرچشمه کرمان و معادن سرب و روی «آهنگران» ملایر، «ایران‌کوه» اصفهان، «کوشک» یزد و «انگوران» زنجان و بسیاری دیگر را نام برد.
در این روش که براساس خواص سطحی ذرات استوار است، ذرات پس از آماده سازی با آب و مواد شیمیایی آماده و با تزریق حباب هوا، ذرات آب گریز جذب حباب و به سطح منتقل ولی ذرات آبگیر در ظرف باقی می‌ماند.

### لیچینگ:

وقتی ماده معدنی در تماس با حلال مناسب قرار گیرد، با انحلال مواد موردنظر، محلول مادر حاصل و در مراحل بعدی حلال نباید بر روی دیگر مواد باطله تأثیر داشته باشد. آب یکی از بهترین انواع حلال‌ها می‌باشد که در شرایط معمولی بسیاری از نمک‌ها مانند NaCl و KCI و دیگر موارد را در خود حل می‌سازد.
این روش شیمیایی برمبنای انحلال انتخابی یک کانی و یا فلز در یک حلال مناسب مانند آب، اسید، باز و موارد مشابه استوار می‌باشد. این روش طی مراحل مختلف مانند آماده‌سازی بار اولیه، روش پیش تغلیظ و پیش فراوری قبل از لیچینگ که ممکن است با سایر روش‌های کانه آرایی صورت گیرد، مرحله انحلال عنصر و یا کانی موردنظر در حلالی مناسب، جدا کردن محلول مادر (غنی) از رسوب باقی‌مانده، تصفیه محلول مادر و آخرین مرحله بازیابی عناصر با ارزش از محلول به روش تعویض یونی، سمنتاسیون، استخراج حلالی و موارد مشابه صورت می‌گیرد.

### لیچینگ به کمک باکتری

از این روش هم‌اکنون در مقیاس‌های صنعتی برای کانسنگ‌های اورانیوم، طلا، مس و بسیاری دیگر استفاده می‌شود. هزینه‌های این روش نسبت به دیگر روش‌های لیچینگ ارزان‌تر است (۲).

## ارزشیابی پایانی پودمان سوم

### اصول و مفاهیم پایه رشته معدن

| عنوان پودمان | تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری) | استاندارد عملکرد (کیفیت) | نتایج مورد انتظار | شاخص تحقق | نمره |
|---|---|---|---|---|---|
| پودمان ۳: اصول و مفاهیم پایه رشته معدن | ۱- نحوه استفاده از معیارها ومراحل اکتشاف واستخراج در معدن‌کاری<br>۲- کاربر وخواص موادمعدنی در فراوری | بررسی وتحلیل اکتشاف و استخراج و فراوری با استفاده از معیارها وخواص موادمعدنی | بالاتر از حد انتظار | دسته‌بندی مراحل اکتشاف و استخراج وفراوری | ۳ |
| | | | در حد انتظار | دسته‌بندی مراحل اکتشاف و استخراج | ۲ |
| | | | پایین‌تر از حد انتظار | دسته‌بندی مراحل استخراج | ۱ |
| | نمره مستمر از ۱ | | | | |
| | نمره واحد یادگیری از ۳ | | | | |
| | نمره واحد یادگیری از ۲۰ | | | | |

# پودمان ۴

# بهداشت و ایمنی در معادن

بهداشت و سلامت

حفظ محیط زیست

ایمنی در معادن روباز

ایمنی در معادن زیر زمینی

تندرستی و سلامتی هدیه و موهبتی خداوندی است که باید در حفظ و نگهداری آن بکوشیم. با به کار بستن دستورهای بهداشتی، سالم زندگی کرده، از بروز بیماری‌های مختلف پیشگیری می‌شود و از به خطر افتادن سلامتی خود، خانواده و اجتماع جلوگیری به عمل می‌آید. این سلامتی، تنها محدود به جسم (تن) نمی‌شود بلکه باید روان نیز سالم باشد تا از نظر اجتماعی نیز بتوانیم وظایف و نقش‌های خود را انجام دهیم.

پیامبر اکرم (ص) فرموده است که سلامتی بالاترین نعمت‌هاست. بارها برای دوستان؛ آشنایان و مردم، آرزوی سلامتی می کنید و از سلامتی آنان جویا می شوید و اگر اظهاراتی مبنی بر داشتن رنج و درد داشته باشند از خداوند متعال برای آنان سلامتی آرزو می‌کنید. اما، سلامتی چیست و چه ویژگی‌هایی دارد که با مشاهدهٔ آنها در یک فرد، او را سالم می نامیم؟ چه کسی سالم است و آیا با نگاه کردن می‌توان سلامتی را در آنها دید یا می‌توان برای بیان سلامتی از فرمول‌های ریاضی استفاده کرد؟

کوشش‌های زیادی برای تعریف سلامتی انجام گرفته است. بعضی سلامتی را «حالت طبیعی جسم و روان یعنی زمانی که اعضای بدن به صورت طبیعی عمل نمایند» تعریف می‌کنند. بعضی دیگر سلامتی را به صورت «فعالیت خوب اعضای بدن و نبودن بیماری» تعریف کرده‌اند. با استنباط از تعاریف فوق، می‌توان گفت سلامتی و تندرستی وضعیتی است که حالت تعادل نسبی در شکل ظاهری و اعمال طبیعی بدن وجود دارد و بین دستگاه‌های مختلف بدن تعادل و همکاری لازم برقرار است و ساختمان بدن وترکیبات شیمیایی مایعات بدن طبیعی است.

شخصی که از سلامتی کامل برخوردار است، در برابر حوادث توانا و بردبار می‌ماند و می‌تواند بار سختی‌های گوناگون زندگی را با نیرو و توانایی جسمی و روانی خود تحمل کند.

سازمان جهانی بهداشت سلامتی را «تأمین رفاه کامل جسمانی، روانی و اجتماعی و نه فقط نبودن بیماری و نقص عضو» تعریف کرده است.

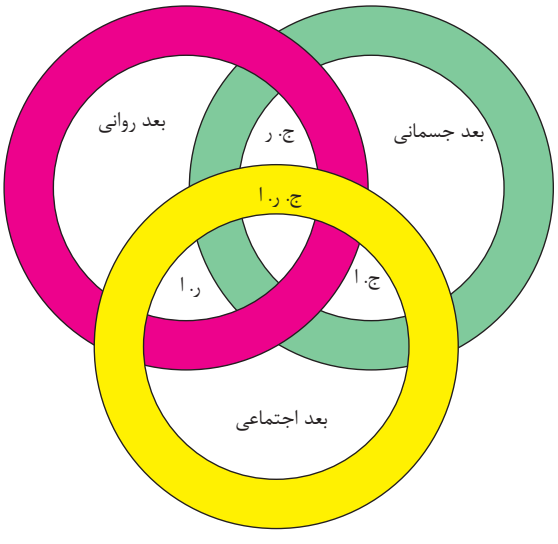
به این‌ترتیب، نمی‌توان کسی را که بیماری جسمی ندارد فردی سالم دانست، بلکه شخص سالم کسی است که از سلامت روان نیز برخوردار و از نظر اجتماعی، در آسایش باشد. پژوهش‌های انجام یافته نشان می‌دهد که ممکن است ریشه و علت بسیاری از ناتوانایی‌های جسمی از نابسامانی‌های فکری و عاطفی سرچشمه گیرد یا به شرایط فرهنگی و اجتماعی که شخص در آن زندگی می‌کند مربوط می‌شود. بنابراین می‌توان گفت تندرستی یا سلامتی سه بعد دارد.

۱ بعد جسمانی

۲ بعد روانی

۳ بعد اجتماعی

این سه بعد در یکدیگر تأثیر می گذارند. گاه یک بعد تسلط و نفوذ بیشتری در ابعاد دیگر دارد و گاه نیز امکان دارد دو بعد یا هر سه بعد نسبت به یکدیگر تأثیر متقابل داشته باشند و می‌توان این سه بعد را مانند سه حلقه زنجیری دانست که به همدیگر متصل‌اند و روی هم تأثیر دارند.




**شکل ۴ـ۱ـ ارتباط ابعاد جسمی، روانی و اجتماعی در انسان (۵)**

## بهداشت

«علم و هنر دستیابی به سلامت را «بهداشت» تعریف می‌کنند» در واقع، بهداشت علم نگه‌داری و بالا بردن سطح سلامت است و بر هر گونه فعالیت اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی تأثیر می‌گذارد و می‌توانند آینده و افق‌های روشنی را برای ملت‌ها به وجود آورد و از طرف دیگر عدم رعایت آن می‌تواند ضررهای جبران ناپذیر به خانواده، اجتماع و منطقه و حتی در سطح جهان وارد کند.

برای تأمین سلامت یک جامعه، باید بهداشت را هم به صورت فردی و هم به صورت عمومی رعایت نمود و هر گامی که در این راستا برداشته شود گامی در مسیر عبادت و جلب رضای خدا و بی نیازی از بیگانگان و در نهایت باعث توسعه اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی کشور خواهد شد. در فصل بعد با مفاهیم بهداشت عمومی و فردی بیشتر آشنا می شویم.

**تعریف بیماری:** با در نظر گرفتن تعریف تندرستی یا سلامت، می‌توان نتیجه گرفت، بیماری حالتی است که در پی بروز هر گونه دگرگونی ناخوشایند و رنج آوری که تندرستی را دچار اختلال می کند ایجاد می گردد. به عبارت دیگر:

بیماری، حالتی است ناخوشایند، دارای نشانه‌ها و خصوصیات مشخص، که ممکن است همه یا قسمتی از بدن را فرا گیرد. چگونگی تأثیر عوامل بیماری را بر روی انسان و آسیب زایی این عوامل و همچنین سیر بیماری و عواقب احتمالی آن ممکن است معلوم و یا تاکنون ناشناخته‌باشد.

**طیف تندرستی و بیماری:** مردم را همیشه نمی‌توان به دو گروه کلی بیمار و یا سالم دسته بندی کرد. افراد جامعه را می‌توان بر حسب حالت تندرستی یا شدت بیماری در گروه‌های زیر قرار داد:

- افرادی که از تندرستی کامل برخوردارند.
- افرادی که دارای بیماری غیرآشکار هستند.
- افرادی که در آنها بیماری به طور خفیف وجود دارد.
- افرادی که بیماری با علائم و شدت متوسط در آنها وجود دارد.
- اشخاصی که از بیماری شدید رنج می برند.
- افرادی که مبتلا به بیماری کشنده هستند.
- افرادی که به عللی نظیر ضعف و پیری، ناتوانی و بیماری، حیاتشان قطع می‌شود و فوت می کنند.

**شکل ۴ـ۲ـ طیف تندرستی و بیماری (۵)**

شایان ذکر است که عده‌ای از افراد جامعه هیچ گونه ناراحتی و یا علامت ظاهری بیماری از خود بروز نمی دهند لکن با معاینات دقیق و انجام آزمایش‌های مختلف معلوم می‌شود که مبتلا به بیماری هستند. این افراد دچار بیماری غیرآشکار و یا تندرستی ظاهری و ناقص‌اند.

دلایل اولویت بهداشت بر درمان: امروزه کسی در ضرورت مقدم بودن پیشگیری نسبت به درمان‌تردیدی ندارد، زیرا وقتی بیماری عارض گردید، علاوه بر رنجی که به انسان تحمیل می‌شود، رفع آن مستلزم هزینهٔ بسیاری نیز هست و بعضاً اتفاق می‌افتد که درمان، مؤثر واقع نمی‌شود و جان انسان در معرض مرگ قرار می‌گیرد یا عوارضی با آثار کم و بیش دائمی به‌جا می ماند و یک فرد، جایگاه واقعی خودش را در جامعه از دیدگاه‌های نیروی کار مفید، از دست می‌دهد. از این رو، در نهایت می‌توان گفت آثار و عوارض ناشی از بیماری، از دست رفتن وقت نیروی کار، هزینهٔ مصرف دارو و درمان، آثار نامناسب دارو بر روی انسان و برخی مسائل دیگر، اولویت بهداشت بر درمان را آشکار می نماید (۵).

## بهداشت فردی و عمومی

بهداشت فردی و عمومی مکمل همدیگرند و رعایت بهداشت فردی به تنهایی کافی نخواهد بود زیرا انسان جدا از اجتماع و یکدیگر زندگی نمی‌کند و رعایت نکردن بهداشت فردی، بر روی سلامت سایرین اثر می‌گذارد. بنابراین برای تعمیم بهداشت در جامعه باید هر دو جنبه مورد توجه قرار گرفته، تأمین گردد.

## بهداشت فردی

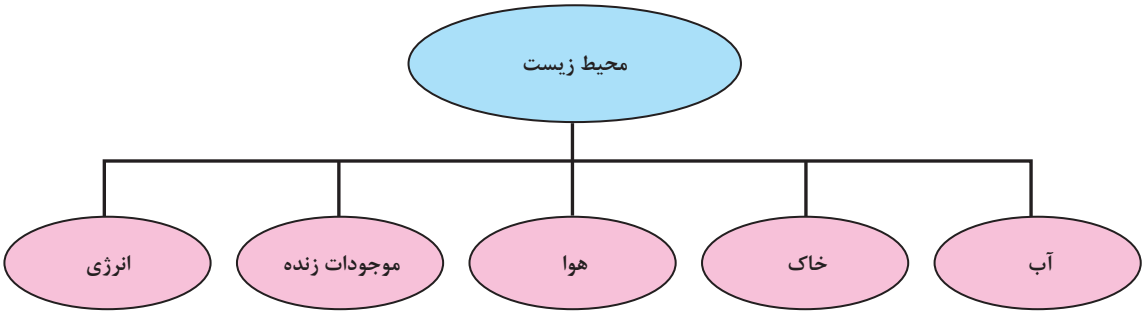
پیروی افراد از مجموعهٔ دستورها و عادت‌های خوب و دوری جستن آنها از رفتارها و عادت‌های غلط، باعث جلوگیری از بروز و اشاعهٔ بیماری‌ها می‌گردد و که به آن «رعایت بهداشت فردی» می‌گویند. از اصول و نکات آن می‌توان بهداشت‌اندام‌های مختلف بدن، استراحت طبیعی، نظافت، خواب مناسب، رژیم غذایی مناسب، ورزش، پوشاک و استحمام و رعایت عادات.

## بهداشت عمومی

جامعه سالم را انسان‌های سالم می‌سازند و سلامت هر جامعه در گرو رعایت موارد و نکات بهداشتی است. بخشی از این نکات مستقیماً به هر فرد از آحاد جامعه و چگونگی رعایت اصول بهداشتی از سوی او ارتباط پیدا می‌کند که در چارچوب «بهداشت فردی» مطرح می‌شود. از این میان می‌توان به مسئله رعایت نظافت فردی اشاره نمود که در مبحث قبل در این فصل مورد بحث قرار گرفت. اما سال‌هاست این مسئله به تحقیق و تجربه ثابت شده است که عوامل محیطی نیز در تأمین بهداشت و سلامت افراد به شدت تأثیر دارند که معمولاً در بخش «بهداشت عمومی» جامعه مطرح می‌شوند. به عبارت دیگر، قرار گرفتن انسان در محیط‌های آلوده، تنفس هوای ناپاک، آشامیدن آب آلوده، تماس با خاک آلوده و غیره همگی زمینه را برای سرایت انواع بیماری‌ها از محیط به انسان فراهم می‌کنند. در این قسمت، مسئله بهداشت عمومی از دیدگاه عوامل محیطی مورد بحث قرار می‌گیرد (۵).

بهداشت محیط و مفهوم آن: به منظور درک بهتر مفهوم «بهداشت محیط» یا «بهداشت محیط زیست» مناسب است، ابتدا تعریف کلی محیط زیست بیان گردد:

محیط زیست مجموعه‌ای متشکل از: آب، خاک، هوا، موجودات زنده و انرژی است. (شکل ۴ـ۳)




شکل ۴ـ۳ـ عوامل تشکیل دهنده محیط زیست (۵)

در طبیعت، این عوامل با یکدیگر در ارتباط هستند؛ بر هم تأثیر می‌گذارند و از یکدیگر تأثیر می‌پذیرند. مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر مجموعهٔ محیط زیست، انسان است که برای دستیابی به زندگی بهتر و رشد و تعالی خود، از منابع موجود در محیط زیست بهره می‌گیرد.

تأثیر انسان بر محیط زیست تاریخچهٔ بسیار طولانی دارد، اما در طول تاریخ، در دو دههٔ زمانی، شدت این تأثیر بیشتر و مشخص‌تر بوده است:

۱ آغاز دوران کشاورزی از حدود ۸۰۰۰ سال پیش، یعنی زمانی که انسان دریافت که می‌تواند غذای مورد نیاز خود را از راه کشاورزی تولید نماید. از این رو اجتماعات انسانی به ویژه در کنار منابع آب شکل گرفتند و استفاده از آب و خاک گسترش یافت.

۲ انقلاب صنعتی، رشد صنایع مختلف و تولید محصولات صنعتی مورد نیاز که به ویژه در قرن اخیر شدت یافته است.

همهٔ این فعالیت‌ها، نیازمند استفاده از منابع طبیعی محیط‌زیست و انرژی هستند و یکی از نتایج این فعالیت‌ها، ورود آلاینده‌های مختلف به محیط زیست است به عبارت دیگر، ارتباط بین مجموعه محیط زیست و انسان، ارتباطی دو طرفه است:

از یک سو، انسان برای رفع نیازهای خود از منابع محیط بهره می‌گیرد و از سوی دیگر، آنچه به محیط برمی‌گرداند ضایعات حاصل از فعالیت‌های مختلف است که به صورت جریان فاضلاب‌ها، مواد زائد جامد (زباله‌ها) یا گازها و بخارات سمی به محیط تخلیه می‌نماید. به این‌ترتیب، حاصل کلی این ارتباط متقابل، ارتقای سطح زندگی مردم همراه با آلودگی محیط‌زیست می باشد ( آلودگی منابع آب، آلودگی خاک و آلودگی هوا)، ضمن آنکه مهم‌ترین عامل مؤثر در تشدید این آلودگی، رشد جمعیت است. بنابراین، تعریف جامع‌تر از محیط زیست را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

« **محیط زیست، مجموعه‌ای از عوامل، شرایط و تأثیرات متقابلی است که زندگی موجودات زنده ( به ویژه انسان) را تحت تأثیر قرار می‌دهد**».

اما در علم بهداشت محیط روش‌های کنترل این عوامل مطرح می‌شود به طوری که ضمن تأمین بهترین شرایط برای زندگی انسان امروز و نسل‌های آینده، محیط زیست نیز حفاظت گردد.

واژه « بهداشت» از دو بخش «به» و «داشت» تشکیل گردیده است که به مفهوم نگهداری بهتر و مطلوب‌تر است. یعنی چگونه محیط زیست و بقای انسان و سایر موجودات زنده را با شرایط مطلوب حفاظت نماییم. به این‌ترتیب می‌توان گفت:

« بهداشت محیط، کنترل عواملی است که به صورت‌های مختلف بر حفظ محیط زیست و بر سلامت انسان و افراد جامعه تأثیر می گذارند» (۵).

## اهمیت حفظ محیط زیست

در بهداشت محیط، هدف اصلی حفاظت محیط زیست برای نسل‌های کنونی، آینده و تأمین شرایط رفاهی مناسب برای ادامه حیات انسان‌هاست. این امر تنها در شرایطی امکان پذیر است که بهره گیری انسان از منابع طبیعی محیط زیست به گونه‌ای باشد که موجودیت آنها را به خطر نیفکند، زیرا آلودگی محیط به صورت متقابل بر زندگی انسان تأثیر می گذارد و شرایط زیست را مشکل تر می سازد.

**مهم‌ترین تأثیر آلودگی محیط بر زندگی انسان، بروز انواع بیماری‌هاست که اثرات آن در کوتاه مدت یا در دراز مدت می‌تواند ظاهر گردد. منشأ این بیماری‌ها، انواع مختلف آلاینده‌های محیط زیست هستند که از طریق آب، هوا یا مواد غذایی آلوده وارد بدن انسان می‌شوند.**

## حادثه

حادثه عبارت است از واقعه یا رویداد برنامه ریزی نشده‌ای که انجام و پیشرفت یا ادامهٔ طبیعی یک فعالیت تشخیص یک خطر، یا در اثر بعضی نارسایی‌ها در سیستم کنترل خطر اتفاق افتد.

حادثه همیشه موجب صدمه یا خسارت نمی‌شود یعنی بعضی مواقع حادثه اتفاق می افتد ولی پیامدی ندارد. این حالت را معمولاً با عبارت «بخیر گذشت» یا «از بغل گوشمان رد شد» بیان می‌کنند (۵).

## خطرات در معادن روباز

در جریان عملیات استخراج به روش روباز، کارگران معدن علاوه بر آنکه در معرض عوامل خطرناک محیط کار قرار دارند، با عوامل مخاطره آمیز دیگری نیز مواجه‌اند که حفاظت و بهداشت آنان را تهدید می‌کند. میزان‌ایمنی و حفاظت در کارگاه‌های معادن روباز نه تنها به نوع عملیات، فناوری استخراج و معیارهای مربوط به پیشگیری حوادث بستگی دارد، بلکه به عوامل آب و هوایی و طبیعی منطقه مانند یخبندان، طوفان، رعد و برق، بهمن و غیره نیز ارتباط می یابد؛ در نتیجه؛ بر اثر هر گونه بی‌توجهی و سهل‌انگاری، به آثار و نتایج زیان‌بخش و خطرناک عوامل مذکور، وقوع حوادث ناگوار و غیرمترقبه، دور از انتظار نیست (۶).

شکل ۴ـ۶

**لغزندگی سینه کارها و مواد انباشته شده:**

این مسئله به نوبه خود از مشخصات عمدهٔ استخراج معادن روباز است. گاهی در اثر فعالیت و کار تجهیزات استخراجی در محوطه‌ای وسیع، شرایطی فراهم می‌شود که گودال‌ها و کناره‌هایی با ارتفاع فراوان‌ایجاد شود. به علت وجود تفاوت‌هایی در اصول بالابری معادن رو باز به سبب انباشتن حجم بزرگی از مواد معدنی یا فضولات بر روی هم، همواره خطر ریزش و سقوط قطعات و مواد معدنی و وسایل وجود دارد و در کنار آن سقوط از بلندی نیز موجب حوادث ناگواری برای کارگران می‌شود. انجام عملیات معدنی در معادن روبازی که جبهه کارهای آنها مرتفع بوده و فضولات فراوانی در آن انباشته است، خطر لغزندگی و سقوط را به همراه دارد. حوادث ناشی از آن موجب خسارت‌های شدیدی به تجهیزات و تأسیسات و تلفات جانی بسیار شده است.

شکل ۴ـ۷ـ تخریب ریل خط آهن معدنی در اثر ریزش

گاهی اوقات ارتفاع سینه‌کارها به ده‌ها متر می رسد و واضح است که کارکردن در چنین شرایطی فوق العاده خطرناک است؛ از این رو، شیب و ارتفاع جبهه‌ها باید مطابق با مقررات‌ایمنی، طوری تعیین شود که خطر سقوط کاهش یابد (۶).

## سقوط بهمن در مناطق کوهستانی

یکی از مسائل خاص معادن رو باز در مناطق کوهستانی و نواحی سردسیر و قطبی، سقوط بهمن است. بهمن، به سبب نیروی فوق‌العاده زیادی که به هنگام لغزیدن و غلتش به طرف پایین پیدا می‌کند، قدرت تخریبی بسیاری دارد و سرعت آن گاهی به ۵۰ متر در ثانیه می‌رسد. قدرت ضربه‌ای که از طرف بهمن به یک جسم ساکن وارد می‌شود، برابر صدها تن نیرو است. به علاوه در اثر حرکت بهمن ممکن است، درهوا نوعی امواج ضربه‌ای تولید شود که خطر آن از خطر خود بهمن کمتر نیست. گاهی نیز در بعضی نواحی آب و هوایی خاص خطر لغزش گل وجود دارد و در پاره‌ای مواقع به قدری جدی است که هرگونه عملیات مربوط به استخراج معدن رو باز را با خطرات بزرگی مواجه می‌کند (۶).

### تخلیه الکتریکی مربوط به رعد و برق:

تخلیهٔ الکتریکی مربوط به رعد و برق در معادن روباز، نه تنها ممکن است به طور مستقیم باعث برق گرفتگی شود، بلکه در اثر تماس با دستگاه‌های مواد منفجره الکتریکی نیز باعث انفجار و وقوع حوادث ناگوار می‌شود. همان‌طوری که می دانید، ابرهای باردار هنگامی که به زمین نزدیک‌تر می‌شوند، بار الکتریکی خود را روی زمین تخلیه می‌کنند.

در نقاط کوهستانی و مرتفع با تخلیهٔ بار ابر روی زمین و وقوع صاعقه، حوادث ناگواری به وجود می‌آید. چنانچه؛ صاعقه بر درختان فرود آید موجب آتش سوزی می‌شود و چنانچه روی انسان و یا حیوان تخلیه شود، باعث مرگ و آسیب شدید می‌شود. برای جلوگیری از خطر صاعقه زدگی در ساختمان‌های مرتفع و دودکش‌ها بایستی آنها را به برق‌گیر مجهز کنند. هنگام رعد و برق در کابل‌های برق وهادی‌ها ولتاژ فراوانی تولید می‌شود و به شدت باردار می‌گردند. برای جلوگیری از خطر مذکور، دکل‌های برق را به صاعقه شکن مجهز می سازند.

شکل ۴ـ۸ـ تصویری از یک معدن روباز بعد از سقوط بهمن

چون هوا و به طور کلی، جو اطراف زمین به طور دائم دارای الکتریسیته است، بایستی به خطرات و آثار سویی که الکتریسته بر روی افراد باقی می گذارد، اشارهٔ مختصری شود، بار الکتریسیته جو نسبت به زمین بیشتر اوقات مثبت است ولی ممکن است، در بعضی نقاط منفی شود. الکتریسیته مثبت بیشتر در هوای آزاد و نقاط کوهستانی وجود دارد ولی نقاط سربسته و پرجمعیت، اجتماع کارگران، دره‌های عمیق و پر درخت الکتریسیته ندارند. هرگاه فشار هوا کم شود و بر حرارت و رطوبت آن افزوده گردد، الکتریسیتهٔ هوا منفی خواهد شد. مقدار ولتاژ الکتریسیتهٔ هوا در تابستان حدود سه برابر در زمستان است. الکتریسیتهٔ هوا بر روی افراد، ممکن است تأثیرات فیزیولوژیکی خاصی باقی گذارد که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱ افزایش کش آمدگی عضلات و عدم تعادل در شخص ( با الکتریسیتهٔ مثبت)

۲ احساس خفگی و عصبانیت (با الکتریسیتهٔ منفی)

۳ سر درد، اختلال‌های عصبی، گوارشی و تنفسی (با فقدان الکتریسیته)

## برف و بوران و سرما:

سردی هوا در معادن رو باز، به خصوص در مواقعی که با بادها و بوران‌های شدید همراه است، خطرات جدی برای کارگران به وجود می آورد. تجربه‌های حاصله از عملیات معدنی در نواحی قطبی، ثابت کرده است که برای مقابله با شرایط نامساعد جوی، بایستی به ماشینی کردن عملیات متوسل شد. در چنین شرایطی، کارگران می‌توانند در داخل کابین‌های ماشین آلات که کلیهٔ وسایل راحتی در آنها فراهم است، قرار گرفته و عملیات را انجام دهند.

کارگرانی که مدت‌ها در محیط سرد کار می‌کنند، به خصوص اگر محیط کارشان سرد و مرطوب باشد، به بیماری‌های پوستی سختی مبتلا می‌شوند. معدن چیانی که مدت‌ها در معادن و جاهای سرد کار می‌کنند، در معرض سرمازدگی قرار می‌گیرند. سرمازدگی اگر در شرایط یخبندان باشد برای اعضای بدن به خصوص اعضایی که با سرما در تماس مستقیم هستند، بسیار خطرناک است و چنانچه فوراً برای درمان آن اقدام نشود، امکان سیاه شدن عضو را دارد که ممکن است به قطع عضو بینجامد.

برف و یخبندان شدید، کار حمل و نقل در معادن روباز را با مشکل مواجه می‌کند که گاهی ممکن است به حوادث خطرناکی نیز منجر شود. بنابراین؛ بایستی ماشین آلات معدن به وسایل‌ایمنی مانند زنجیر چرخ، برف پاک‌کن و غیره مجهز باشند و متصدیان آن مراقبت بیشتری کنند. در نواحی قطبی که ارتفاع برف گاهی به چندین متر می رسد، مسئله آمد و رفت در جاده و خط آهن اهمیت فراوانی پیدا می‌کند. برای مبارزه با برف دو روش جلوگیری از انتقال برف بر روی ریل‌ها و روبیدن برف‌های جمع شده وجود دارد. طریقهٔ اول، یعنی؛ جلوگیری از انتقال برف بر روی ریل‌ها ساده‌تر و ارزان‌تر از روبیدن برف‌ها است و روش برف‌روبی فقط هنگامی استفاده می‌شود که روش دیگری برای باز کردن راه وجود نداشته باشد. برای آنکه از انتقال برف بر روی جاده و ریل‌ها جلوگیری کنند، صفحات محافظ مخصوصی را به صورت دیواره در کنار مسیر عبور قطارها و کامیون‌ها نصب می‌کنند که نمونه‌های آن را در شکل‌ها مشاهده می کنید.

الف) دیوار دائمی برای حفاظت در مقابل ریزش سنگ و برف

ب) دیوار حفاظتی قابل حمل

شکل ۴ـ۹

گاهی نیز بلوک‌هایی از برف را به صورت یک دیوار روی هم چیده و بدین‌ترتیب، راه را در مقابل برف و بوران حفظ می‌کنند. برای برف‌روبی نیز از ماشین‌های مخصوصی نظیر آنچه در شکل‌های زیر مشاهده می‌شود، استفاده می‌کنند.

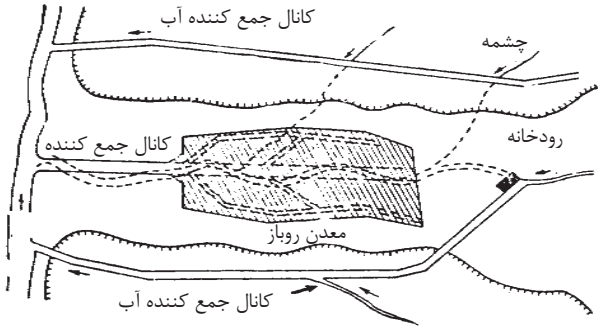
الف) ماشین برف‌روب دورانی

ب) ماشین برف‌روب تراکتوری

شکل ۴ـ۱۰

## سیلاب‌های مخرب:

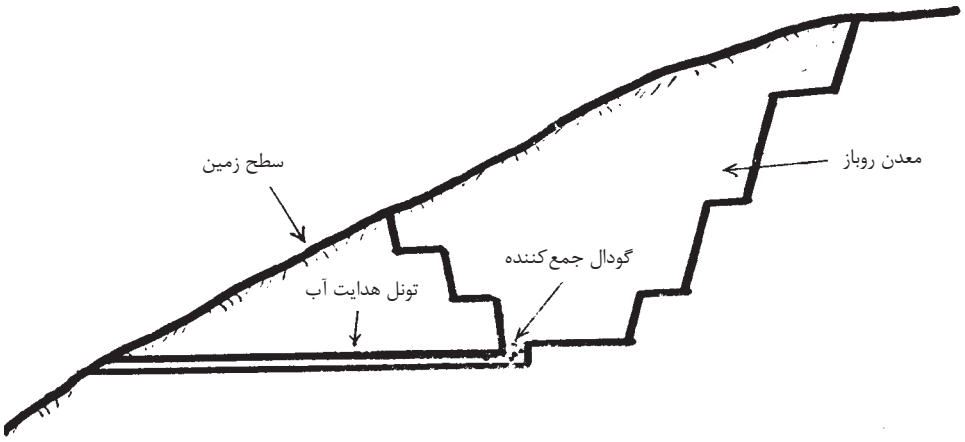
معمولاً در فصل بهار باران‌های سیل‌آسایی شروع به باریدن می‌کند و سبب ایجاد سیلاب‌های مخربی می‌شود و نیز از طرفی با گرم شدن تدریجی هوا، برف‌ها ذوب شده و باعث می‌شود، جریان‌های روان آب در سطح زمین به وجود آید. عوامل مذکور، گاهی در معادن روباز، چنان تولید مزاحمت می‌کنند که مسئله کنترل آنها اهمیت فراوانی دارد. در بعضی موارد آب‌های مزبور باعث لغزش و شسته شدن سینه کارها، جابه‌جا کردن ماشین‌آلات و واژگون شدن و انهدام وسایل حمل و نقل معدن شده است. در معادن روباز زغال‌سنگ، بیشتر لغزش‌ها و جابه‌جایی سینه کارها و انبارهای مواد باطله، بر اثر نفوذ جریان آب انجام می‌شود. در چنین مواردی هرگاه تأسیسات آبکشی معدن به خوبی طراحی و نصب شده باشند، از هر گونه اشکالی در پیشرفت استخراج پیشگیری خواهد شد. در معادن روباز نیز همچون معادن زیرزمینی گاهی حوادث تأسف‌آوری در اثر جریان ناگهانی آب به سینه کارها رخ می‌دهد. برای آنکه میزان آب‌های ورودی به معدن کمتر شود، بایستی در سرتاسر محدودهٔ آن، یک سری کانال‌های انتقال آب احداث کرد تا آب باران و سایر آب‌های سطحی موجود را به خارج از معدن هدایت کند (۶).




شکل ۴ـ۱۱ جلوگیری از ورود آب‌های سطحی به داخل معدن (۶)

برای خارج کردن آب‌های موجود در داخل معادن رو باز، در پایین‌ترین قسمت کارگاه گودالی ایجاد می‌کنند و تمام آب‌ها را از طریق کانال‌هایی به داخل آن هدایت می‌کنند. سپس با توجه به اختلاف ارتفاع موجود، پمپ مناسبی در گودال مذکور نصب کرده و با آن، آب‌های جمع شده را به خارج معدن تخلیه می‌کنند.

در صورتی که وضعیت پستی و بلندی‌های اطراف معدن مناسب باشد، با حفر یک تونل افقی آب‌های جمع آوری شده را به خارج معدن انتقال می دهند.




**شکل ۴ـ۱۲ـ هدایت آب از طریق حفر تونل به خارج معدن (۶)**

## سقوط کارگران از نقاط مرتفع:

یکی از نکات مهم حفاظتی که با کلیهٔ عملیات و کارهای معادن رو باز نیز در ارتباط است، تأمین جا پاهای مستحکم برای کارگرانی است که در قسمت‌های مرتفع کار می‌کنند و در معرض سقوط قرار دارند. از نظرایمنی بهترین شکل محل استقرار افراد به صورت سکوی مسطح و با محلی با گنجایش کافی است. وجود سطوح شیب دار به خصوص با زاویه بیش از ۴۵ درجه، مستلزم توجه و احتیاط فراوان می باشد. براساس مقررات حفاظتی، کارگرانی که در چنین نقاط پرشیبی کار می‌کنند، بایستی مجهز به کمربندایمنی متصل به طناب حفاظت باشند. طناب حفاظت باید در قسمت بالایی پای سینه کارها نصب شده و کاملاً محافظت گردد. هر چهار ماه یکبار لازم است طناب‌های حفاظت، کمربندهای ایمنی و زنجیرهای اتصال با فشار ۳۰۰ کیلوگرم به مدت ۵ دقیقه آزمایش شود.

استفاده از طناب حفاظت یا کمربندایمنی معیوب، به مراتب خطرناک‌تر از عدم کاربرد آنهاست. زیرا کارگر با اعتماد به وسیله‌های مذکور، کمتر احتیاط می‌کند و دچار حادثه می‌شود. جنس طناب حفاظت از نوع کنفی یا الیاف مخصوصی است که به آن قابلیت ارتجاع زیادی می‌دهد.

استفاده از طناب‌های سفت یا طناب‌های مسی و همچنین، کمربندهای حفاظتی آتش نشان‌ها برای این کار چندان مناسب نیست. لبهٔ سینه‌کاری که طناب از آنجا به طرف کارگر کشیده شده است، نیز بایستی از هرگونه سنگ‌های نوک تیز عاری باشد؛ زیرا سبب پارگی طناب خواهد شد. تجربه ثابت کرده است که کارگر موقعی بهترین حالت تعادل را دارد که در سطح افقی‌ایستاده باشد. در این حالت پایدار بودن سطح را نیز بایستی در نظر گرفت.

مثلاً یک کارگر حفار بیشتر اوقات بر روی لبهٔ صخره‌ها و پرتگاه‌هایی می‌ایستد که چندان پایدار نیستند (۶).

**شکل ۴ـ۱۳ـ وضعیت ناپایدار کارگر کوه‌بُر بَر روی گرانیت (۶)**

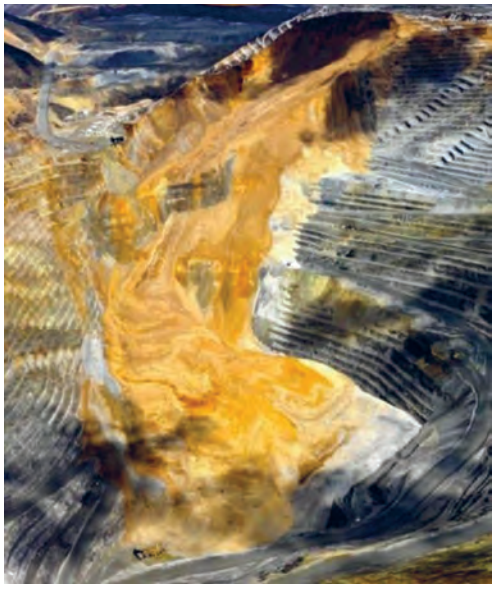
قبل از شروع به کار باید مراقبت‌های لازم را به عمل آورد. گاهی نیز کار بر روی داربست یا پل‌های فلزی و یا دکل صورت می‌گیرد که در این حالت، بایستی مناسب بودن و استحکام آنها را به دقت رسیدگی کرد.

### سقوط و ریزش دیواره‌ها و سینه کارها:

همان طوری که کارگران معادن زیرزمینی در معرض خطرات ناشی از ریزش سقف قرار دارند، افرادی که در معادن رو باز به عملیات استخراج اشتغال دارند، نیز از ناحیهٔ ریزش دیواره‌ها و سینه کارها و سقوط تخته سنگ‌ها و قطعات و اجسام مختلف، از پله‌ها و جبهه کارهای بالایی تهدید می‌شوند که از نظر اهمیت موضوع به شرح آن می‌پردازیم.

### سقوط و ریزش در معادن رو باز:

یکی از جدی‌ترین مسائل معادن رو باز استحکام بخشیدن به دیواره‌ها و جبهه‌های کار و کرانه‌های مواد پس مانده است. حل درست این مسئله موجب تأمین شرایط کامل‌ایمنی در جبهه کارها و بازدهی اقتصادی عملیات معدنی می‌شود. براساس اطلاعات و فرضیه‌های موجود شیب ابتدای دیواره‌های معادن رو باز بین ۳۵ تا ۵۶ درجه تغییر می‌کند و همین که عمق معدن زیاد شد، بایستی شیب دیواره‌ها به میزان ۲۲ تا ۲۶ درجه کاهش یابد. در گذشته، ارتفاع و شیب سینه کارها و عرض پله‌ها با توجه به سودآوری هر چه بیشتر مواد معدنی استخراج شده، انتخاب می شدند و اشتباهاتی که در تعیین درجهٔ شیب سینه کارها و دیواره‌های معدن می شد، اثری در اوضاع معدن نداشت؛ اما همین که عمق معدن از حد معینی تجاوز می‌کرد، این مسئله مورد اهمیت قرار می‌گرفت. تحقیق‌های زیادی که در زمینهٔ ریزش در معادن روباز انجام شده، نشان می‌دهد که چنانچه اقدامات صحیح و به موقع در شناخت و کنترل عوامل مؤثر بر حرکت سینه کارها و دامنه‌ها انجام گیرد، بیشتر حرکت‌ها و لغزش‌های زمین و سنگ‌ها، قابل پیشگیری خواهد بود (۶).



شکل ۳ـ۱۵ـ ریزش در یک معدن روباز

## ایمنی در معادن زیر زمینی

کارگرانی که در کارگاه‌های معادن زیرزمینی کار می‌کنند، در مقایسه با کارگران سایر صنایع دارای شرایط مناسبی در محیط کار نیستند و خطرات متعدد و بیماری‌های شغلی گوناگونی آنان را تهدید می‌کند. محدود بودن فضای کارگاه‌های زیرزمینی، فقدان نور کافی، وجود گازها و غبارهای سمی و انفجار آمیز در هوای معدن، خطر ریزش سقف کارگاه و بسیاری موارد دیگر، از جمله عواملی هستند که‌ایمنی و تندرستی کارگران را در این معادن به خطر می‌اندازند که برای رفع یا تقلیل اثرات و صدمه‌های حاصله بایستی اقدامات مؤثری انجام شود. آگاهی از خطرات موجود در معادن و چگونگی پیشگیری و مقابله با آنها، سبب می‌شود راندمان کار وایمنی کارگاه‌ها افزایش یابد و از میزان حوادث و ضایعات ناشی از بی توجهی به مقررات حفاظتی، به نحو چشمگیر کاسته شود. در این فصل به بیان مهم‌ترین خطرات موجود در این زمینه می پردازیم (۶).

## ریزش در معدن

در معادن زیرزمینی، ریزش سقف و کمر بالا یکی از معمول‌ترین و بیشترین حوادث محسوب می‌شود؛ به طوری که کمر بالا دشمن جان کارگر به شمار می‌رود. اهمیت مسئله ریزش در کارگاه‌های زیرزمینی، تا آنجا بالا می‌گیرد که یکی از روش‌هایی که از طریق آن به میزان‌ایمنی معدن پی برده می‌شود، بررسی تعداد ریزش‌ها و سقوط ناگهانی سنگ‌ها از سقف کارگاه‌هاست؛ حتی اگر به کسی آسیبی نرسد. در بعضی معادن، هرگاه تکه سنگی بدون انتظار سقوط کند و به کسی صدمه هم وارد نشود؛ مع ذالک، آن را حادثه‌ای معدنی قلمداد می‌کنند؛ زیرا این مسئله نشان می‌دهد که کارگاه دارای ایمنی کامل نیست. چنانچه این سنگ بر سر کسی فرود می‌آمد، منجر به وارد آمدن آسیب بدنی به وی می‌شد. براساس آمارهای موجود تقریباً یک سوم تمام حوادث معادن دنیا را ریزش‌های بزرگ و سقوط سنگ‌ها به خود اختصاص داده‌اند (۶).

## روش‌های جلوگیری از ریزش

همان طوری که اشاره شد، عوامل اصلی وقوع ریزش در معدن، یعنی؛ فشار زمین، جنس سنگ‌ها و چینه‌ها، روش استخراج نادرست، رطوبت و فشار آب و گاز، تا زمانی که تحت کنترل و مراقبت قرار نگیرند، احتمال خطر وجود دارد و نمی‌توان با اطمینان وایمنی در معدن مشغول به کار شد. از همین رو، لازم است با اقداماتی که به شرح آنها می‌پردازیم، امکان‌ایجاد خطر را به حداقل ممکن رساند.

نگه‌داری سقف و دیواره‌ها: در برخی موارد کارهای معدنی را بایستی با وسایل مختلف نگهداری کرد و از ریزش آنها جلوگیری نمود؛ زیر افرادی که در داخل معادن زیرزمینی کار می‌کنند، قبل از هر چیز باید از ایمنی سقف کارگاه خود اطمینان حاصل کنند و وسایل نگه‌داری می‌تواند در این زمینه آسودگی خاطر آنها را تأمین کند. وسایل نگه‌داری باید مانند یک چتر یا سپر عمل کند و مانع از ریزش سقف و دیواره‌ها بر روی کارگران شود. نکاتی که از نظرایمنی اهمیت بسیاری دارند به‌شرح زیر می‌باشند.

۱ هیچ‌گاه نباید یک ستون را بدون کلاهک در زیر سقف، نصب کرد.

۲ اگر در سقف کارگاه‌ترک یا شکافی وجود داشته باشد، امتداد طول کلاهک باید عمود بر امتداد شکاف باشد.

۳ هیچ‌گاه نباید چوب را در امتداد طولی آن اره کرد؛ زیرا مقداری از تارهای چوب اره شده و چوب سست می‌شود. در این قبیل موارد چوب را باید با تبر و امثال آن لاشه کرد.

۴ چوب بست‌گالری‌ها، باید به‌موقع و مطابق با پاسپورت آن انجام شود در صورت تغییر شرایط زمین شناسی و بهره‌برداری، پاسپورت باید مورد تجدید نظر قرار گرفته و تصمیمات جدید برای تقویت چوب بست اتخاذ شود.

۵ ستون‌های چوبی را باید از پوست و گیره تمیز کرده و استفاده از لایه و چوب‌های شکسته به عنوان ستون و یا جزء دیگر چوب بست که تحت فشار طولی قرار گرفته، ممنوع است.

۶ در صورت ریزش دیواره جلوی سینه کار در کارگاه استخراج و یا در گالری پیش روی، چنانچه معلوم شود که علت ریزش، نادرست بودن و نقص پاسپورت پیش روی و چوب بست آن بوده است، چوب بست آخری را جمع کرده و پاسپورت جدیدی، بدون عیب تنظیم و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷ تکنسین‌ها و سرکارگران، قبل از به کار بردن پاسپورت جدید باید با آن آشنایی کامل پیدا کرده و آن را امضا کنند. انجام کارهای تونلی بدون پاسپورت و با عدم رعایت نکات پاسپورت، ممنوع است.

۸ برای کشیدن چوب و برداشتن چوب بست (که برای تعویض یا صرفه جویی در مصرف چوب انجام می‌شود)، باید نخست سقف محل، به دقت آزمایش شود و کار کشیدن چوب با افراد آزموده به وسیلهٔ طناب و حتماً از فاصله دور صورت گیرد.

۹ برداشتن بیش از ۲ قاب چوبی یا فلزی در یک زمان مجاز نبوده و قبل از برداشتن هر قاب، چوب بست قاب‌های طرفین آن به‌اندازه کافی باید تقویت و تخته‌کوبی شوند.

**اندودن سیمان:** برای پیشگیری از اثرات تخریبی و مشکلات حاصله از رطوبت که در روی سنگ‌های سقف و اطراف راهروها و کارگاه‌های زیرزمینی نقاط ضعفی‌ایجاد می‌کند، پوشش‌های مواد گوناگونی را مانند رنگ‌های آسفالتی و قیری و یا ماده‌ای به نام گونیت، مورد استفاده قرار می دهند. گونیت عموماً از سه قسمت ماسه، یک قسمت سیمان و مقداری آب تشکیل شده که آن را با دستگاه‌های مخصوصی در دو لایه به ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر به سقف و دیواره‌ها می‌پاشند. قبل از اقدام به این کار، بایستی تکه‌های لق و سنگ‌های سست را کاملاً جدا کرد و سپس در فاصلهٔ زمانی کوتاهی، گونیت را پاشید. این ماده علاوه بر آنکه از هوازدگی و لق شدن سنگ‌ها و جدارهٔ درون تونل جلوگیری می‌کند، سطح آن را صاف‌تر کرده که این امر در بهبود تهویهٔ معدن، اثر مطلوبی دارد.

**خارج کردن آب و گاز از طبقات:** به علت اینکه فشار حاصل از وجود گاز یا آب در حفره‌های زیرزمینی امکان ریزش را زیادتر می‌کند می‌توان با خارج کردن آب و گاز از داخل طبقات، فشار چینه‌ها را کاهش داده و خطر ریزش را کمتر کرد.

**بازرسی سقف و لق گیری:** کلیهٔ کارگران و ناظران فنی که در سینه کارهای استخراج معادن زیرزمینی کار می‌کنند، بایستی همه روزه قبل از شروع به کار وضعیت تغییر یافته کمر بالا و وسایل نگه‌داری را بازرسی کنند تا چنانچه از نظر خطر ریزش موردی مشاهده شود، نسبت به رفع آن اقدام نمایند (۶).

## اشتعال و انفجار گاز متان و گرد زغال در معدن

در صورتی که غلظت گاز متان در هوای معدن از مقدار معینی تجاوز کند و به حد قابل انفجاری برسد، ایجاد هر گونه شعله یا جرقه می‌تواند به اشتعال و انفجار گاز مذکور منجر شود؛ زیرا همان‌طوری که می‌دانیم متان گازی قابل اشتعال است و با هوا مخلوط انفجارآمیزی را تشکیل می‌دهد.

قابلیت اشتعال و انفجار جزء مهم‌ترین خواص گاز متان است که با درصد متان موجود در مخلوط هوا تغییر می‌کند. هوایی که مقدار گاز متان آن ۵ تا ۶ درصد باشد، قابل انفجار نیست ولی در مجاورت یک منبع حرارتی داغ، قابلیت سوختن پیدا می‌کند و شعله حاصله در اطراف منبع باقی می ماند مخلوطی از ۶ـ۵ درصد الی ۱۶ـ۱۴ درصد متان دارای قابلیت انفجار است. بالاخره درآمیختگی گاز متان و هوا، هرگاه مقدار متان از ۱۶ـ۱۴ درصد تجاوز کند، مخلوط قابلیت انفجار خود را از دست می‌دهد.

غلظت گاز متانی که در مقایسه با سایر انواع خود قابلیت اشعال بیشتری دارد، ۸درصد است ولی پرقدرت‌ترین انفجار با مخلوط متان و هوای ۹/۵ درصد اتفاق می افتد. به هر حال، بایستی در داخل معدن ازایجاد هر گونه جرقه یا شعله جلوگیری شود و تا سر حد امکان به رعایت نکات‌ایمنی تأکید و توجه شود مهم‌ترین عوامل مشتعل‌کنندهٔ گاز متان به شرح زیر است:

**روش‌های پیشگیری از اشتعال گاز متان:** با شرحی که در مورد عوامل مشتعل‌کنندهٔ گاز متان بیان شد این

نتیجه حاصل می‌شود که برای جلوگیری از وقوع اشتعال و انفجار گاز متان، بایستی عوامل خطرآفرین را از میان برداشت. یعنی، با انجام تهویه مؤثر مقدار گاز متان را در هوای معدن تا زیر حد مجاز رقیق کرد و در ضمن اقداماتی نیز به شرح زیر انجام داد:

۱ استفاده از چراغ‌های بدون حفاظ، کبریت، فندک و نیز استعمال دخانیات ممنوع شود.

۲ برای روشنایی انفرادی، از چراغ‌های باطری‌دار استفاده شود و کیفیت هوا به طور مرتب با دستگاه‌ها و چراغ‌های مخصوص کنترل شود.

۳ تعداد دفعات آتش کاری به حداقل ممکن کاهش یابد و روش حفر زغال با وسایل هیدرولیک جانشین آن شود و برای شکافتن سقف گالری‌ها از چکش‌های بادی سنگین استفاده گردد.

۴ موارد زیر در هنگام آتش کاری بایستی حتماً رعایت شود:

الف ـ فقط مواد منفجره و وسایل‌ایمنی مجاز به کار گرفته شود.

ب ـ از چاشنی‌های الکتریکی فوری یا کم تأخیر استفاده شود که زمان تأخیر آنها مطابق استانداردهای حفاظتی باشد.

ج ـ چال‌ها به دقت و به طور کامل مسدود شوند و مواد پرکننده از مواد غیرقابل سوختن، خرد شونده یا پلاستیک مانند سنگ، گرد و خاک، ماسه یا خاک رس تهیه شود. هیچ فشنگی در خارج از چال‌های مسدود شده نباید منفجر شود و هیچ چالی از ۶۵ سانتی متر نباید کوتاه‌تر باشد و همواره مواد پرکننده ۵۰ سانتی متر طول چال را مسدود کند. آتش کاری هنگامی مجاز است که عیار گاز متان تا ۲ متری سینه کار استخراجی کمتر از یک درصد بوده و چنانچه گرد زغال نیز در فاصله مذکور موجود باشد، بایستی به خاک پاشی آن نیز اقدام کرد.

دـ در هنگام استفاده از برق، رعایت کلیهٔ نکات‌ایمنی ضرورت کامل دارد و کاربرد وسایل الکتریکی ضد انفجاری ضروری است. هرگاه مقدار زیادی گاز متان منتشر شود، لوازم و دستگاه‌های هوای فشرده جانشین ابزارها و آلات برقی می‌شود (۶).

## حریق در معادن

آتش یک فعل و انفعال شیمیایی است که در آن کلیه مواد سوختنی با اکسیژن هوا ترکیب شده و گرما تولید می‌کنند. به محض شروع فعل و انفعال، حرارت فراوانی ایجاد می‌شود که مقدار آن تقریباً به ۱۲۰۰ـ۸۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد. آتش تا زمانی که مواد سوختنی و گاز اکسیژن در آن وجود داشته باشد، به سوزانیدن و از بین بردن ادامه می‌دهد؛ مگر اینکه خاموش شود. آتش سوزی یکی از حوادث خطرناکی است که نه تنها در معادن بلکه در هر جای دیگر می‌تواند سبب ایجاد خسارت‌های فراوان مالی و تلفات جانی شود. معمولاً در هنگام وقوع حریق کسانی که در صحنه حضور دارند، با مشاهده شعله‌های آتش و حرارت زیاد آن دچار هراس و آشفتگی می‌شوند و به همین خاطر امکان انجام عکس العمل مناسب از آنها سلب می‌شود که این موضوع در گسترش دامنهٔ آتش و بالا رفتن میزان ضایعات تأثیر می‌گذارد. مواد سوختنی و قابل احتراقی مانند داربست‌های چوبی، مواد روغنی، نوار باربری و غیره در معادن موجب می‌شود که چنانچه حرارت و شعله‌ها با آنها تماس یابد، مشتعل شده و به آتش سوزی و انفجار منجر می‌شود. بنابراین؛ ملاحظه می‌شود که آتش سوزی‌های معدنی، جریان کار عادی و روزانه را در معادن بر هم زده و خسارت‌های سنگین، خطرات بزرگ و

حوادث ناگواری را به وجود می‌آورند. در معادنی که دارای گاز متان و گرد و زغال هستند، آتش سوزی ممکن است موجب انفجار آنها شود.

خطر بزرگی که آتش‌سوزی‌های معدنی دربردارند، مسمومیت افراد در اثر تنفس گاز منواکسیدکربن ناشی از سوختن زغال، داربست‌های چوبی و سایر مواد سوختنی موجود در معدن است. اگر یک دست قاب چوبی با سطح مقطع ۴ تا ۵ متر مربع آتش بگیرد، به طول ۲ کیلومتر فضای کارگاه‌ها و گالری‌های زیرزمینی را مسموم و خفه‌کننده می‌سازد. به همین علت آتش‌سوزی در معدن عموماً با مسمومیت و مرگ کارگرانی که در محل مشغول کار هستند، همراه است. تجربه‌هایی که در اثر عوامل و خسارت‌های اقتصادی ناشی از بروز آتش سوزی به دست آمده است، نشان می‌دهد که هزینهٔ وسایل معدنی پیش گیرنده آتش، بسیار کمتر از خسارت‌هایی است که در اثر آتش سوزی به وجود می‌آید.

## پیشگیری از حریق معدنی:

بررسی علل پیدایش و محل وقوع آتش معدنی در معادن، دستیابی به روش‌های پیشگیری از این نوع حریق را میسر می‌سازد، به‌طوری که با خنثی کردن عوامل تولید آتش معدنی و یافتن راه حل‌های مناسب برای استخراج قسمت‌هایی که آسیب‌پذیر هستند، می‌توان امیدوار بود که خطر بروز آتش معدنی تا حدود زیادی کاهش یابد. مثلاً چون سیستم صحیح استخراج در لایه‌های مستعد به مقدار قابل توجهی مؤثر است، بنابراین؛ روشی مانند اتاق و پایه برای استخراج انتخاب نمی‌شود، همچنین با استخراج کامل مواد معدنی در نزدیکی گسل‌ها و شکستگی‌ها و سرعت دادن به پیشروی در کارگاه استخراج برای جلوگیری از تماس طولانی مادهٔ معدنی با هوا، خطر بروز حریق به میزان زیادی تقلیل می‌یابد. قسمت‌هایی از لایه هم که در اطراف درب‌های تهویه واقع است، مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد و هرگاه در وضع تهویه معدن و مدارهای آن تغییراتی داده شود، تا مدت زیادی لایه‌ها از نظر درجهٔ حرارت و مقدار گاز دی اکسید کربن، مراقبت و کنترل می‌شود که اگر مقدار آنها از حد معینی تجاوز کند، با ایجاد دیواره‌هایی در اطراف محل، آن را از شبکه تهویه جدا می سازند. در هنگام ریزش سقف کارگاه محل خالی شده را با خاک پر کرده یا سطح آن را گل‌پاشی می‌کنند.

## پیش‌بینی‌های حفاظتی:

در معادنی که احتمال بروز حریق در آنها وجود دارد، لازم است که امکانات اطفای حریق قوی باشد. بنابراین با نصب وسایل آتش نشانی خاموش کننده در محل‌های مناسب و انتخاب مسیرهای وسیع برای حمل لوازم مذکور، توانایی‌های معدن را در این زمینه بالا می برند. همچنین؛ ضروری است که در فاصله زمانی معین از اتمسفر محل‌های مشکوک نمونه برداری به عمل آید و نسبت گاز منواکسید کربن بر مقدار اکسیژن مصرف شده تعیین شود.

## نحوهٔ عملکرد در هنگام بروز حریق:

به محض آنکه علائم و نشانه‌هایی از وقوع حریق مشاهده شد باید موضوع با کارگران و کارکنان درون معدن با جدیت دنبال شود و به سرعت نسبت به محدود کردن اطفای آتش اقدام شود. در این قبیل موارد، بهتر است که از طریق گل پاشی استفاده شود، زیرا مصرف آب سبب تولید مقدار زیادی گاز هیدروژن و منواکسیدکربن خواهد شد که ممکن است به مسمومیت افراد منجر شود. همچنین ضمن اقدام به گل پاشی روی سینه کار برافروخته بایستی از ورود هوای تازه به محل جلوگیری به عمل آید، لیکن در آن صورت راهی را برای خروج دود و گازهای موجود باید باز بگذارند (۶).

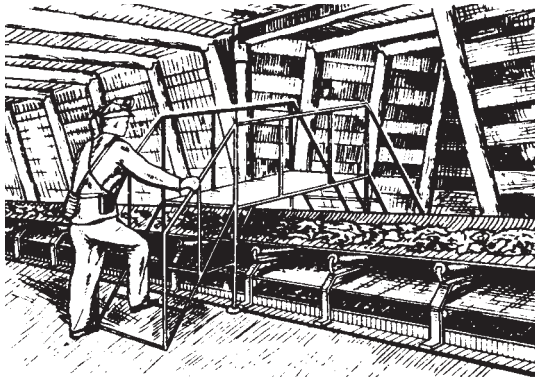
همه روزه در معادن زیرزمینی میلیون‌ها تن مواد معدنی و سنگ و خاک حفر می‌شوند که با وسایل باربری موجود مانند راه آهن، نوارهای نقاله، بالابرها و غیره به بیرون معدن انتقال می یابند. از طرفی حجم قابل توجهی مواد مصرفی و مورد نیاز از قبیل چوب، سوخت و مواد منفجره به محل‌های کار منتقل می‌شوند و تعداد بسیار زیادی از کارگران در مسیرهای منتهی به کارگاه‌ها و بالعکس رفت و آمد می کنند. بنابراین، ملاحظه می‌شود که تردد افراد و وسایل حمل و نقل در فضای محدود و بستهٔ معدن که مواجه با تاریکی نیز هست، چنانچه با برنامه ریزی دقیق و سازماندهی منظمی همراه نباشد و در کنار آن مقررات ویژه و حفاظتی به اجرا گذارده نشود، وقوع خطرات و پیشامدهای غیر منتظره و ناگواری در معدن اجتناب ناپذیر است. با توجه به بعضی از آمارهای موجود، ۴/۵ درصد حوادث معدنی، به راه آهن و ۲/۱ درصد متعلق به سایر انواع باربری است و بیان این مطلب نشان می‌دهد که تا چه‌اندازه باید نسبت به خطرات و صدماتی که ممکن است از این ناحیه متوجه جان افراد و نیز وسایل و ماشین آلات شود، توجه شود و برای جلوگیری از حوادث و سوانح ناشی از آنها چاره‌اندیشی کرد.

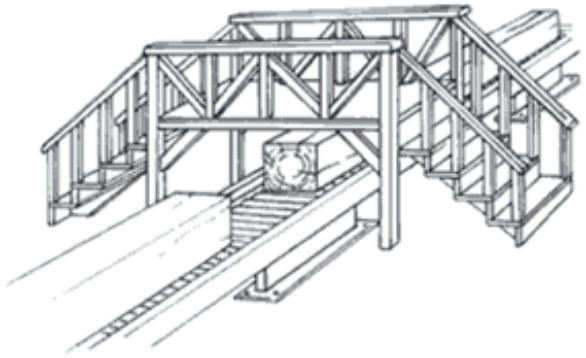
### عبور و مرور افراد در معدن:

عملیات معدنی روز به روز متمرکزتر می‌شود و محصول روزانهٔ یک واحد معدنی رو به افزایش است و در نتیجه تعداد بیشتری کارگر مشغول به کار در داخل معدن خواهند بود که در ابتدای نوبت کار، بایستی وارد کارگاه‌ها شده و به فعالیت بپردازند و در پایان نوبت کار از معدن خارج شوند. بنابراین؛ مدتی از وقت یک نوبت کار صرف رفت و آمد می‌شود و در این مدت از راهروها و چاه‌های زیرزمینی برای حمل موادمعدنی نمی‌توان استفاده کرد. برای آنکه مدت رفت و آمد به حداقل ممکن برسد، از وسایل مکانیکی استفاده می‌کنند و در هر حال رفت و آمد کارگران باید برحسب آئین نامه و مقررات خاص حفاظتی صورت گیرد. همچنین، لازم است، تمام کسانی که در معادن زیرزمینی کار می کنند هنگام رفت و آمد در راهروها و تونل‌ها، مراقب اطراف و مسیر خود باشند تا به طور ناگهانی با مانعی برخورد نکنند و یا در چاله یا گودالی سقوط نکنند. هر چند امروزه، با استفاده از وسایل روشنایی عمومی و انفرادی، مسئله تاریکی در زیرزمین تا حد زیادی حل شده ولی با این وجود، به علت اینکه دیواره‌ها و ماده معدنی، نور را به خود جذب کرده و از انعکاس آن جلوگیری می کنند، باز هم روشنایی مطلوب نیست و محدود بودن ابعاد تونل‌ها و کارگاه‌ها نیز امکان وقوع سانحه و تصادف را افزایش می‌دهند؛ به خصوص آنکه تونل‌ها و کارگاه‌ها منحصر به رفت و آمد افراد نیست و ماشین‌آلات معدنی نیز در آنجا در حرکت هستند. برای آنکه عبور لوکوموتیو و واگن‌های دنبال آن، منجر به برخورد و تصادف با افراد نشود، در یک طرف کنارهٔ تونل‌ها و گالری‌ها، گذرگاهی را برای عبور افراد در نظر می‌گیرند و معبری درست می کنند که فاصلهٔ دیواره تا لبهٔ واگن در آن حداقل از ۶۰ سانتیمتر کمتر نباشد یا آنکه لوکوموتیوها را با چراغ‌های پرنوری در جلو و عقب مجهز می کنند که وجود هرگونه مانعی را قابل تشخیص سازد و افراد را از تردد قطار آگاه کند.

شکل ۴ـ۱۶ـ گذرگاه مخصوص کارگران (۶)

برای آنکه در تونل‌ها و راهروهای شیب دار رفت و آمد افراد به آسانی انجام شود و لغزیدن و زمین افتادن رخ ندهد، معمولاً در کف تونل و نزدیک به دیواره، یک سری تخته که در فاصله‌های معینی روی آن چوب‌های عرضی متصل شده، قرار می‌دهند و در کنار دیوار یک نرده چوبی برای دست گرفتن نصب می‌کنند تا افراد به راحتی عبور و مرور کنند. محل‌هایی را که در آنها احتمال سقوط افراد وجود دارد، با نرده کشی و نصب علائم خبری و چراغ راهنما مشخص می‌کنند و کارگران نیز همواره باید به نشانه‌ها و علامت‌های مخصوص توجه کافی داشته باشند. در محل تلاقی تونل‌ها هم یک پل ایمنی نظیر آنچه که در شکل زیر ملاحظه می‌شود، نصب می گردد تا افراد به راحتی از روی آن عبور کنند برای عبور و مرور کارگران در مسیرهای طولانی، از واگن‌های مخصوص حمل و نقل افراد استفاده می‌شود.





**شکل ۴ـ۱۷ـ پل ایمنی روی نوار باربری (۶)**

این کار در چاه‌ها با آسانسور انجام می‌گیرد و یادآوری می‌شود که به موجب دستورات حفاظتی، تعداد افرادی که در یک زمان در هر طبقه آسانسور معدنی قرار می‌گیرند، حداکثر ۵ نفر در هر متر مربع است. آسانسور را به سرپوشی مجهز می‌کنند تا کارگران از سقوط اشیا و اجسام پیش بینی نشده محفوظ باشند. در آئین‌نامه‌های ایمنی نسبت به مسئله رفت و آمد افراد در قسمت‌های مختلف معدن به طور مفصل بحث و بررسی شده است که برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توان به آنها مراجعه نمود. بنابراین، از بیان آنها در اینجا خودداری می‌شود و تنها به ذکر چند نکته مهم حفاظتی اکتفا می‌گردد.

۱ همواره از گذرگاه ویژه عبور افراد رفت و آمد کرده و به‌خصوص از عبور و مرور بین ریل‌ها و فاصله میان قطارهای باربری خودداری کنید.

۲ اگر لازم باشد از یک طرف گالری به طرف دیگر آن بروید و بایستی مطمئن شوید که قطاری در نزدیکی محل عبور شما نیست.

۳ راه خود را با چراغ الکتریکی روشن کنید و علائم خبری را زیر نظر داشته باشید.

۴ متوجه داربست‌ها و نیز اشیا و برآمدگی‌های کف گالری‌ها باشید.

۵ از ورود به گالری‌هایی که دارای علامت خطر هستند، به شدت خودداری کنید.

۶ به کابل‌ها، سیم‌های برق موتورها و دستگاه‌های الکتریکی و ترانسفورماتورها، نزدیک نشوید.

۷ در گالری‌هایی که در آنها سیم برق وجود دارد، وسیله یا شیئی را روی دوش حمل نکنید و یا چیزی را به حالت عمودی نگه ندارید.

۸ اگر لازم است، کارگرانی را به محل‌های دور از کار یا به گالری‌های زیرزمینی که در آنها فعالیتی انجام نمی‌شود، بفرستید، تأکید می‌شود از چند کارگر مجرب و مجهز به دستگاه‌های مشخص کنندهٔ گاز، استفاده کنید.

۹ عبور از روی تسمهٔ نقاله‌ها فقط در صورتی مجاز است که متوقف باشند و رفت و آمد کردن از طریق آنها به کارگاه استخراج اکیداً ممنوع است.

۱۰ حمل و نقل افراد در گالری‌های مایل بدون راهنما و ناظر فنی به هیچ وجه مجاز نیست.

## ارزشیابی پایانی پودمان چهارم

### بهداشت وایمنی در معادن

| عنوان پودمان | تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری) | استاندارد عملکرد (کیفیت) | نتایج مورد انتظار | شاخص تحقق | نمره |
|---|---|---|---|---|---|
| پودمان ۴: بهداشت و ایمنی درمعادن | ۱- تعیین عوامل زیان‌آور در محیط زیست<br>۲- نحوه استفاده از دستورالعمل‌های ایمنی به منظور رفع خطر در معادن روباز | بررسی وتحلیل عوامل زیان‌آور محیط زیست و بهداشت فردی و روش‌های پیشگیری با توجه به دستورالعمل‌های ایمنی | بالاتر از حد انتظار | تعیین عوامل زیان‌آور محیط زیست، بهداشت فردی، ایمنی و راه‌های پیشگیری آنها | ۳ |
| | | | در حد انتظار | تعیین عوامل زیان‌آور درمحیط زیست، بهداشت فردی و ایمنی | ۲ |
| | | | پایین‌تر از حد انتظار | بیان عوامل زیان آور درمعادن روباز | ۱ |
| | نمره مستمر از ۱ | | | | |
| | نمره واحد یادگیری از ۳ | | | | |
| | نمره واحد یادگیری از ۲۰ | | | | |

# پودمان ۵

# محاسبات فنی

واحدهای سنجش زاویه

روش‌های محاسبهٔ مساحت

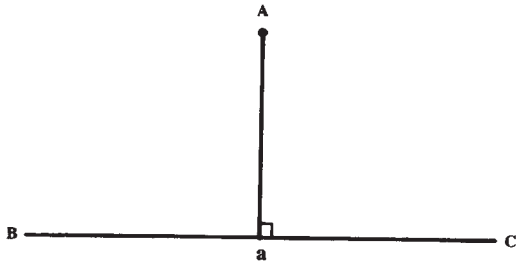
روش‌های محاسبهٔ حجم

## تصویر نقطه بر خط

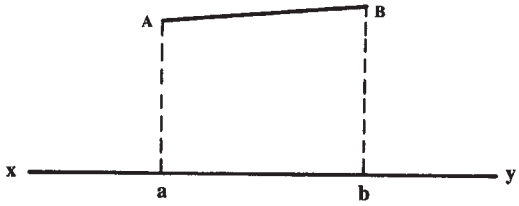
چنانچه از نقطه A عمودی بر خط BC وارد کرده پای عمود را a بنامیم، نقطه a تصویر نقطه A بر خط BC است (شکل ۱ـ۱).

تصویر خط بر خط

برای تعیین تصویر قطعه خط AB روی خط xy، از نقاط A و B بر خط xy عمود کرده پای عمودها را به‌ترتیب a و b می نامیم، ab تصویر AB بر خط xy است (شکل ۲ـ۱) (۷).




شکل ۵ـ۱ـ نمایش تصویر نقطهٔ A بر خط Bc

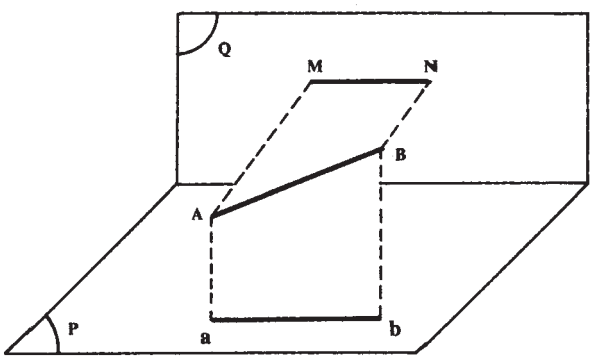



شکل ۵ـ۲ـ نمایش تصویر خط AB بر خط xy

## تصویر خط بر صفحهٔ افقی و قائم

خط AB و صفحهٔ افقیP و صفحهٔ قائم Q مفروض‌اند. اگر از نقاط A و B به صفحات مزبور عمود کرده پای عمودها را در صفحهٔ P به‌ترتیب a و b بر صفحهٔ Q به‌ترتیب M و N بنامیم، ab تصویر افقی خط AB و MN تصویر قائم خط AB نامیده می‌شود( شکل۳ـ۱).

در زندگی روزمرهٔ خود به صفحات افقی و قائم متعددی برخورد می کنیم. کف اطاق مسکونی، کف میز، کف پله و امثال آنها نمایشگر صفحهٔ افقی و سطح دیوار نشان‌دهندهٔ صفحهٔ قائم است. دقیق‌ترین و صحیح‌ترین صفحهٔ افقی سطح آب ساکن در استخر و حوض است (۷).



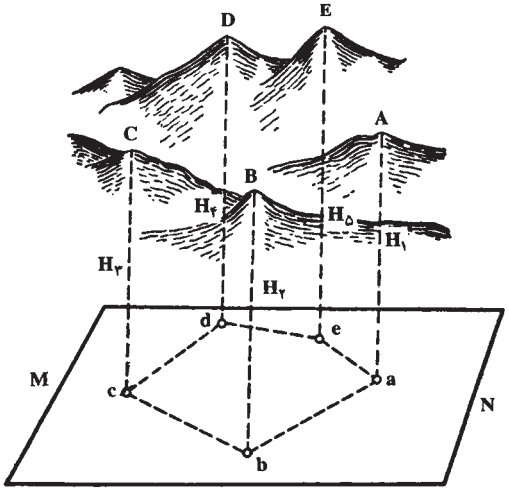

شکل ۵ـ۳ـ نمایش تصاویر افقی و قائم خط بر صفحه

## تصویر افقی یک قطعه زمین

پیرامون یک قطعه زمین را خطوط راست و منحنی تشکیل می دهند. هر خط راست با دو نقطه و هر خط منحنی با چند نقطه مشخص می‌شود؛ از این رو پیرامون یک قطعه زمین را تعدادی نقطه تشکیل می دهند.

اگر این نقاط را روی صفحهٔ افقی تصویر کرده محل تصویر نقاط را به هم وصل کنیم، شکل به‌دست آمده تصویر افقی

قطعه زمین مزبور است.
در شکل۴ـ۱ پنج ضلعی abcde تصویر افقی قطعه زمینی است که از وصل کردن نقاط A وB و C وD وE به یکدیگر به دست می‌آید.
چنان که ملاحظه می‌شود، ارتفاع نقاط مختلف زمین که با H و H۱ وH۲ وH۳ و H۴ نشان داده شده، با یکدیگر تفاوت دارند، یعنی این قطعه زمین ناهموار است اگر آن را به کمک خاک‌ریزی و خاک‌برداری تسطیح کنیم و کف آن را به حالت افقی درآوریم، این زمین مطابق شکل abcde خواهد شد (۷).




شکل ۵ـ۴ـ نمایش تصویر افقی یک قطعه زمین

## واحدهای سنجش زاویه

زاویه نیز یکی از عوامل اساسی در نقشه‌برداری است، قبل از اینکه به تشریح ابزارهای اندازه‌گیری بپردازیم، مقداری دربارهٔ واحدهای اندازه‌گیری زاویه شرح داده خواهد شد.

**واحدهای اندازه گیری زاویه:**

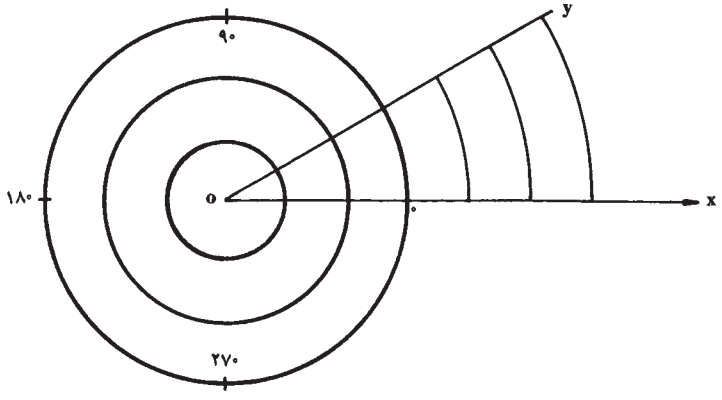
برای سنجش واحدهای مختلفی از قبیل درجه، گراد و رادیان به‌کار می‌رود.

**درجه :** اگر محیط هر دایره را ۳۶۰ قسمت مساوی تقسیم کنیم، هر قسمت به درجه نام دارد. هر درجه را به ۶۰ دقیقه و هر دقیقه را به ۶۰ ثانیه تقسیم می‌کنند. درجه را با علامت (°)، دقیقه را با علامت ( ′ ) و ثانیه را با علامت ( ″ ) نشان می دهند؛ مثلاً زاویه سی و هشت درجه و سی و پنج دقیقه و چهل ثانیه به این صورت نوشته می‌شود:

۳۸° ،۳۵′ ،۴۰″

باید اضافه کرد که تقسیم دایره به ۳۶۰ قسمت مساوی ارتباطی به بزرگی و کوچکی دایره ندارد و

درهر دایره $\frac{۱}{۳۶۰^{\circ}}$ محیط آن را یک درجه می نامند. در شکل ۱ـ۴ تقسیم دایره به ۳۶۰ درجه دیده می‌شود. برای جلوگیری ازتراکم اعداد روی شکل به نوشتن چند عدد قناعت شده است. در این شکل زاویه xoy که برابر ۳۰درجه استرسیم شده و می‌دانیم که هرچه ضلع‌های زاویه را ادامه دهیم، در مقدار آن تغییری حاصل نمی‌شود. در این شکل هم برای زاویه xoy قوس‌های متعددی می‌توان رسم کرد و در همهٔ حالات مقدار این زاویه برابر ۳۰ درجه است.




شکل ۵ـ۵ـ تقسیم دایره به ۳۶۰ درجه

**گراد:** اگر محیط دایره را به ۴۰۰ قسمت مساوی تقسیم کنیم، هر قسمت یک گراد نام دارد ( شکل ۵ـ۶). هر گراد را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم کنند، گراد را با علامت (g) نشان می‌دهند؛ مثلاً زاویهٔ دوازده و شش‌دهم گراد به این‌صورت نوشته می‌شود:

$$۱۲/۶g$$

**رادیان:** رادیان عبارت است از نسبت طول قوس به شعاع دایره در شکل ۵ـ۷ زاویه $\alpha$ برابر (طول قوس$AB/R$) رادیان است. محیط دایره $۲\pi$ یا ۶/۲۸ رادیان است. یک زاویه نیم صفحه $\pi$ رادیان و زاویه ۹۰درجه $\pi/۲$ رادیان است.

از تعاریف فوق نتیجه‌گیری می‌شود که ۳۶۰ درجه ۴۰۰ گراد یا $۲\pi$ رادیان هر سه نشان دهندهٔ یک دایره کامل هستند و اگر زاویه‌ای با واحد درجه برابر $\alpha$ یا واحد گراد برابر $\beta$ ویا واحد رادیان برابر$\gamma$ باشد، رابطهٔ زیر همواره برقرار است:

$$\frac{\alpha}{۳۶۰}=\frac{\beta}{۴۰۰}=\frac{\gamma}{۲\pi}$$

با استفاده از این رابطه می‌توان‌اندازهٔ یک زاویه را از واحدی به واحد دیگر تبدیل کرد:

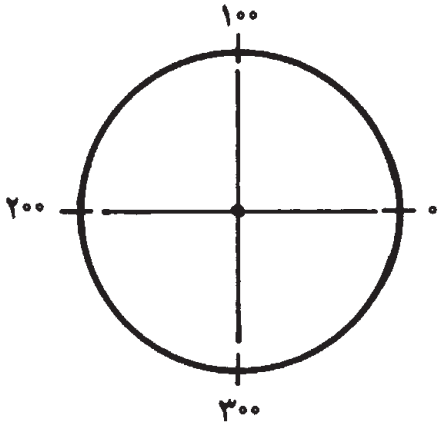
مثال:۱۸ درجه چند گراد است؟

حل: در رابطه $\frac{\alpha}{۳۶۰}=\frac{\beta}{۴۰۰}$ مقدار $\alpha$ برابر ۱۸ درجه است؛ بنابراین خواهیم داشت:

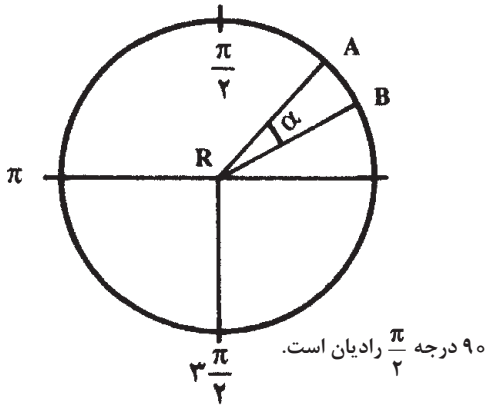
$$\frac{۱۸}{۳۶۰}=\frac{\beta}{۴۰۰}$$

$$\beta=۲۰$$

جدول روبه‌رو نیز می‌تواند برای تبدیل واحدهای زاویه به یکدیگر مورد استفاده قرار گیرد. در نقشه‌برداری، با درجه و گراد سر و کار داریم و ابزارهای اندازه‌گیری زاویه با یکی از این دو واحد مدرج شده‌اند. این ابزارها را زاویه‌سنج می‌نامیم.




**شکل ۵ـ۶ـ تقسیم دایره به ۴۰۰ گراد**




۹۰ درجه $\frac{\pi}{۲}$ رادیان است.

**شکل ۵ـ۷ـ تقسیم دایره به ۲۸ رادیان**

| | درجه | دقیقه | ثانیه | گراد | رادیان |
|---|---|---|---|---|---|
| درجه | ۱ | ۶۰ | ۳۶۰۰ | $\frac{۱۰}{۹}=۱/۱۱۱$ | $\frac{\pi}{۱۸۰}=$ |
| دقیقه | $\frac{۱}{۶۰}$ | ۱ | ۶۰ | $\frac{۱}{۵۴}$ | $\frac{\pi}{۱۰۸۰۰}$ |
| ثانیه | $\frac{۱}{۳۶۰۰}$ | $\frac{۱}{۶۰}$ | ۱ | $\frac{۱}{۳۲۴۰}$ | $\frac{\pi}{۶۴۸۰۰۰}$ |
| گراد | ۰/۹ | ۵۴ | ۳۲۴۰ | ۱ | $\frac{\pi}{۲۰۰}$ |
| رادیان | $\frac{۱۸۰}{\pi}$ | $\frac{۱۰۸۰۰}{\pi}$ | $\frac{۶۲۸,۰۰۰}{\pi}$ | $\frac{۲۰۰}{\pi}$ | ۱ |

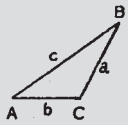
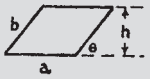
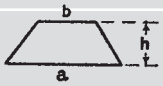
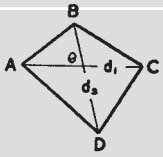
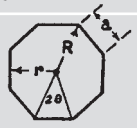
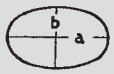
زاویه‌سنج‌ها را برحسب دقت و اندازه‌گیری، بدین شرح تقسیم می‌کنند:

ـ زاویه‌سنج کم دقت مثل قطب نما
ـ زاویه‌سنج دقیق مثل تئودولیت (۷)

## محاسبهٔ مساحت

برای محاسبه مساحت هر محدوده باید ابتدا نقشه آن با مقیاس معینی تهیه شود تا با توجه به شکل به‌دست آمده و مقیاس نقشه بتوان نسبت به آن اقدام کرد. محاسبه مساحت با روش‌های متعددی میسر است و در این تعیین مساحت منطقه می‌توان از یک یا مخلوط چند روش استفاده کرد. دربخش از کتاب مساحت اشکال هندسی و غیرهندسی بیان شده است (۷).

**مساحت اشکال هندسی (۷)**

| نام شکل هندسی | فرمول محاسبه مساحت | اشکال هندسی |
|---|---|---|
| مثلث | (۲) $\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$<br>where $p=\frac{a+b+c}{2}$<br>(۳) $\frac{1}{2}ab\sin C=\frac{1}{2}bc\sin A=\frac{1}{2}ac\sin B$ |  TRIANGLE |
| متوازی‌الاضلاع | (۱) $a\times h$<br>(۲) $ab\sin\theta$ |  PARALLELOGRAM |
| ذوزنقه | (۱) $\frac{(a+b)}{2}\times h$ |  TRAPEZIUM |
| چهارضلعی | (۱) trianglae ABC + trianglae ACD, or<br>trianglae BCD + trianglae BDA<br>(۲) $\frac{d_1\times d_2\times\sin\theta}{2}$ |  QUADRILATERAL |
| n ضلعی منتظم | (۱) $\frac{nar}{2}$<br>(۲) $\frac{nR^2}{2}\sin 2\theta$<br>(۳) $nr^2\tan\theta$ |  REGULAR POLYGON |
| دایره | (۱) $\pi r^2$<br>(۲) $\frac{\pi d^2}{4}$ | CIRCLE |
| بیضی | (۱) $\frac{\pi}{4}\times a\times b$ |  ELLIPSE |

## محاسبهٔ مساحت چند ضلعی با استفاده از مختصات:

اگر مختصات رئوس چند ضلعی که با خطوط راست محدود باشد مشخص شوند، می‌توان مساحت آن را با سهولت محاسبه کرد. این امر در مورد چند ضلعی‌های محدود به خطوط منحنی نیز صادق است، اما در این حالت تعداد نقطه‌ها باید زیاد باشد. حال طرز عمل به همراه یک مثال شرح داده می‌شود.

مثال

**نقاط A، B، C، D و E که رئوس یک عارضه پنج ضلعی هستند نقشه برداری و مختصات آنها محاسبه شده است( شکل ۱ـ۶). مشخصات این نقاط در جدول زیر نوشته شده است، مساحت زمین واقع در محدودهٔ این نقاط را حساب کنید.**

| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| x | ۱۰۳ | ۶۵ | ۹۱ | ۳۰ | ۲۰ |
| y | | ۶۱ | ۵ | ۲۷ | ۱۰۶ |

**حل:** نقاط فوق را با مقیاس یک هزارم در یک دستگاه مختصات پیدا کرده آنها را به هم وصل می کنیم تا شکل زمین ب دست آید (شکل ۱ـ۶).

پنج ضلعی ABCDE را می‌توان در یک مستطیل MNPQ لحاظ کرد. مساحت کل این مستطیل را حساب کرده، مساحت قسمت‌های هاشورخورده را از آن کم می‌کنیم تا مساحت پنج‌ضلعی به‌دست آید. قسمت‌های‌هاشور خورده را به پنج بخش تقسیم و مساحت هر یک را جداگانه حساب می‌کنیم.

بخش(۱) به‌صورت یک مثلث قائم‌الزاویه است که اضلاع آن را مختصات نقاط c و d معلوم می‌کنند. طول اضلاع آن به قرار زیر است.

$QC = X_C - X_D$

$QC = ۹۱ - ۳۰ = ۶۱$ متر

$QD = YD - YC = ۲۷ - ۵ = ۲۲$ متر

مساحت بخش۱ = (۲۲×۶۱) / ۲ = ۶۷۱ مترمربع

مساحت سایر بخش‌های هاشورخورده نیز به همین‌ترتیب حساب می‌شود:

$$\text{مساحت بخش۲} = \frac{۱۰ \times ۷۹}{۲} = ۳۹۵ \text{ مترمربع}$$

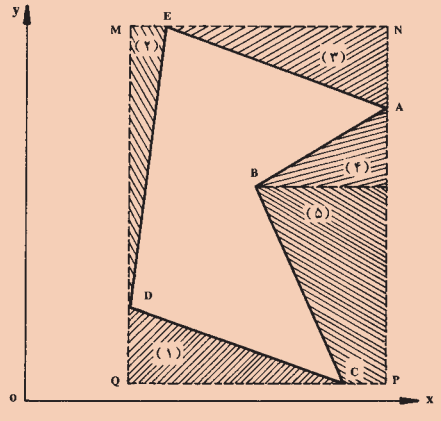
$$\text{مساحت بخش۳} = \frac{۷۳ \times ۲۳}{۲} = ۸۳۹/۵ \text{ مترمربع}$$

$$\text{مساحت بخش۴} = \frac{۳۸ \times ۲۳}{۲} = ۴۱۸ \text{ مترمربع}$$

$$\text{مساحت بخش۵} = \frac{۳۸ + ۱۲}{۲} \times ۵۶ = ۱۴۰۰ \text{ مترمربع}$$

مساحت مستطیل MNPQ $= (x_A - x_D)(y_E - y_c)$

مساحت مستطیل MNPQ $= ۷۳ \times ۱۰۱ = ۷۳۷۳$ مترمربع




شکل ۵ـ۸ـ ترسیم پنج ضلعی با مختصات و محاسبهٔ مساحت آن

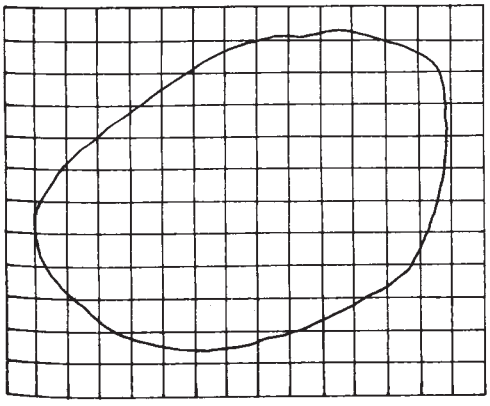
## مساحت اشکال محدود به خطوط منحنی :

روش‌های متعددی برای محاسبه این اشکال وجود دارد. ممکن است پیرامون قطعه زمین‌هایی که برداشت می‌شوند خطوط منحنی باشد. مساحت این زمین‌ها را روی نقشه محاسبه کرده، با رعایت اصل نقشه، مساحت اصلی زمین به دست می‌آید. روش‌هایی که برای محاسبه مساحت این گونه زمین‌ها یا اشکال شرح داده می‌شوند، برای اشکال هندسی با آنهایی که به خطوط راست محدود می‌شوند نیز صادق هستند. اما آنچه که در مورد اشکال هندسی گفته شد، دربارهٔ اشکال غیر هندسی قابل اجرا هستند. روش‌های تعیین مساحت اشکال غیر هندسی محدود به خطوط راست یا منحنی به شرح زیر است.

**روش شبکه‌بندی:** این روش ساده‌ترین راه محاسبه مساحت اشکال غیر هندسی است. طرز عمل بدین قرار است که سطح مورد نظر را با شبکه‌ای از مربع می پوشانند. مربع‌های کامل را شمارش کرده و تعداد آنها را یادداشت می‌کنند. مربع‌های ناقص را نیز شمارش کرده و تعداد آنها را بر دو تقسیم می‌کند. این تعداد را با تعداد مربع‌های کامل جمع می‌کنند. چون مساحت هر مربع کوچک معلوم است، مجموع مربع‌های کامل و نصف مربع‌های ناقص را در مساحت یک مربع کوچک ضرب می‌کنند تا مساحت کامل شکل به دست آید. هرچه اضلاع مربع‌ها کوچک‌تر باشد، محاسبهٔ مساحت دقیق‌تر است. درشکل ۵ـ۹ برای محاسبه مساحت منحنی روش فوق اجرا شده و نتایج زیر به دست آمده است.

عدد ۷۴ = تعداد مربع‌های کامل
عدد ۴۰ = تعداد مربع‌های ناقص

سانتی‌متر مربع ۳۷۶=۴×۹۴



شکل ۵ـ۹ـ شبکه‌بندی منحنی برای تعیین مساحت

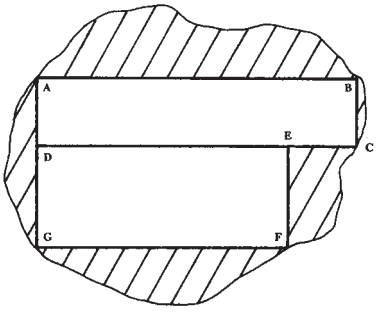
بنابرآنچه گفته شد مساحت منحنی برابر۹۴مربع خواهد بود:

$$۷۴ + (\frac{۱}{۲} \times ۴۰) = ۹۴$$

اگر مساحت مربع‌های کوچک یک سانتی‌متر مربع باشد، مساحت منحنی ۹۴ سانتی متر مربع خواهد بود و اگر به فرض مساحت مربع‌های کوچک ۴ سانتی‌متر مربع باشد، مساحت منحنی ۳۷۶ سانتی‌متر مربع خواهد بود.

## تبدیل بخشی از مساحت به اشکال هندسی:

موقعی که اضلاع چند ضلعی خطوط منحنی باشند، می‌توان مطابق شکل ۵ـ۱۰ بخشی از آن را به اشکال هندسی تبدیل کرد. در این شکل مستطیل‌های ABCD و DEFG بخشی از مساحت منحنی را اشغال کرده‌اند. مساحت این مستطیل‌ها با اندازه گیری طول و عرض آنها به سادگی قابل محاسبه است. مساحت‌های باقیمانده مابین اضلاع مستطیل و محدوهٔ چند ضلعی قرار می‌گیرد که در شکل ۵ـ۱۰ با هاشور مشخص شده است.




شکل ۵ـ۱۰ـ جا دادن اشکال هندسی در داخل منحنی

آنچه که باقی می‌ماند مساحتی است که از یک سو محدود به یک خط مستقیم و از سوی دیگر محدود به خط منحنی یا خط شکسته است. محاسبه مساحت این قبیل اشکال به چند طریق میسر است که عبارت‌اند از:

الف) روش ارتقای متوسط

ب) روش ذوزنقه

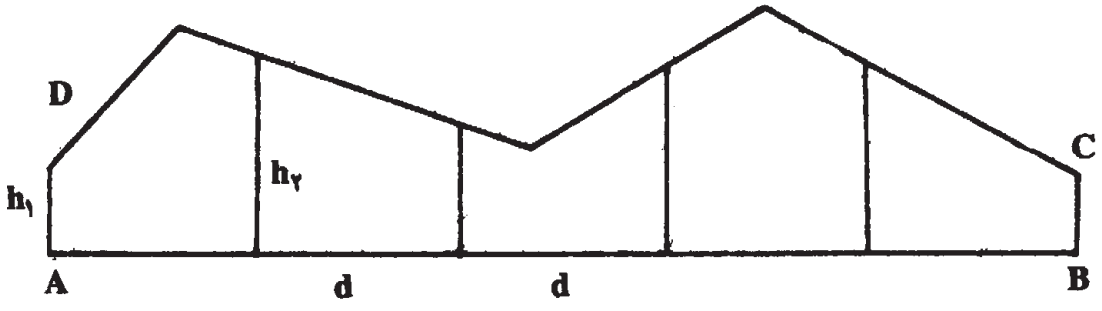
پ) روش سیمپسون( simpson)

ت) روش سرشکن کردن

حال به تدریج به شرح هر کدام از این روش‌ها می‌پردازیم:

**الف) روش ارتقای متوسط:** برای محاسبه مساحت محدود بین خط راست AB و خط شکسته CD در شکل ۵ـ۱۱ ابتدا AB را به n قسمت مساوی d تقسیم کرده از محل تقسیم‌ها عمودی بر AB اخراج می‌کنیم و تا رسیدن به خط شکسته CD آنها را ادامه می‌دهیم. طول عمودها را که h۱ و h۲ و h۳ و... hn+۱ نام دارند، روی نقشه اندازه‌گیری می‌کنیم. مساحت مورد نظر را به شکل مستطیلی فرض می‌کنیم که یک ضلع آن AB و ضلع دیگرش متوسط ارتفاع‌های اندازه‌گیری شده باشد. در این صورت مساحت محدود بین خط راست و خط شکسته برابر است با:

$$S=\frac{h_1+h_2+h_3+\ldots+h_{n+1}}{n+1}\times AB$$




شکل ۵ـ۱۱ـ ارتفاع متوسط در محاسبه مساحت

**ب) روش ذوزنقه:** در این روش نیز خط AB را به n قسمت مساوی d تقسیم کرده، از محل تقسیم عمودهایی بر AB و رسیدن به خط شکسته اخراج می‌کنیم و طول این عمودها را به‌ترتیب h۱ و h۲ و... و hn+۱ می‌نامیم. هر قسمت از مساحت بین دو خط عمود متوالی به منزلهٔ یک ذوزنقه فرض کرده و آن را محاسبه می‌کنیم مجموع مساحت‌های ذوزنقه مساحت بین AB و خط منحنی CD است (شکل ۵ـ۱۲)

$$S_1=\frac{d}{2}\left(h_1+h_2\right)$$

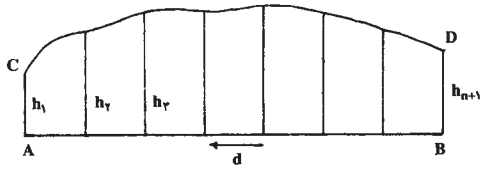
$$S_2=\frac{d}{2}\left(h_2+h_3\right)$$

$$S_3=\frac{d}{2}\left(h_3+h_4\right)$$

$$S_n=\frac{d}{2}\left(h_n+h_{n+1}\right)$$

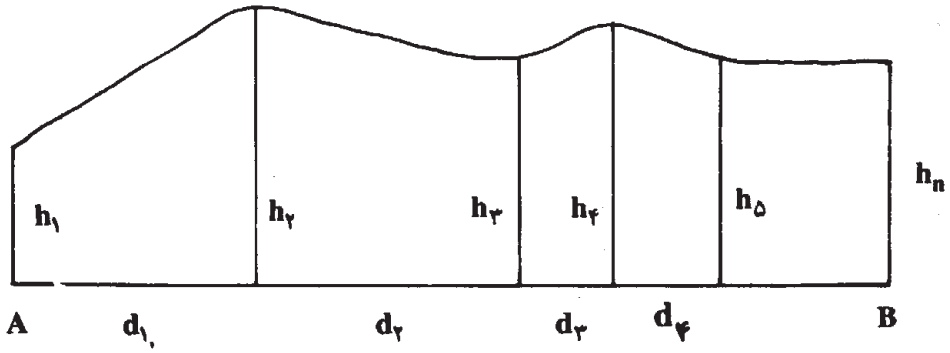
مساحت کل $S=S_1+S_2+\ldots+S_n$

$$S=\frac{d}{2}\left(h_1+2h_2+2h_3+\ldots+2h_n+h_{n+1}\right)$$




شکل ۵ـ۱۲ـ محاسبهٔ مساحت با روش ذوزنقه

برای اعمال دقت بیشتر در این روش، بهتر است محل تغییر وضعیت را ابتدا روی خط شکسته منحنی مشخص کرده از آن نقاط عمودهایی بر AB اخراج کنیم در این حالت مساحت هر ذوزنقه جداگانه محاسبه می‌شود که کاراندکی مشکل‌تر از حالت قبلی می‌شود. اما در عوض دقت زیادتری هم در محاسبات به وجود می‌آید.
این گونه تقسیم مساحت در شکل ۵ـ۱۳ مشاهده می‌شود.
به طوری که از شکل ۵ـ۱۳ ملاحظه می‌شود اگر مساحت ذوزنقه‌ها را به‌ترتیب S۱ و S۲ و... و Sn بنامیم:




**شکل ۵ـ۱۳ـ تقسیم مساحت به چند ذوزنقه با ارتفاع‌های متفاوت**

$$S_۲ = \frac{d}{۲}(h + h_۲)$$

$$S_۲ = \frac{d_۲}{۲}(h_۲ + h_۳)$$

$$S_n = \frac{d_n}{۲}(h_n + h_{n+۱})$$

در این صورت مساحت کل برابر است با

$$S=S_۱+S_۲+S_۳+... +S_n$$

**پ) روش سیمپسون**( simpson Rule):در این روش مانند روش ذوزنقه، پاره‌خط AB را به چند قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم. تعداد تقسیمات باید زوج باشند بنابراین تعداد عمودها فرد خواهند بود(شکل ۵ـ۱۴).
با این روش مساحتی را که بین عمود اول و سوم قرار دارد، حساب می‌کنیم و به همین‌ترتیب مساحت بین عمودهای سوم و پنجم، پنجم و هفتم و... را محاسبه کرده سرانجام کلیهٔ مساحت‌های به دست آمده را با هم جمع می‌کنیم. فرمولی که برای محاسبهٔ مساحت به کار می‌رود به قرار زیر است:

$$S_۱ = \frac{d}{۳}(h_۱ + ۴h_۲ + h_۳)$$

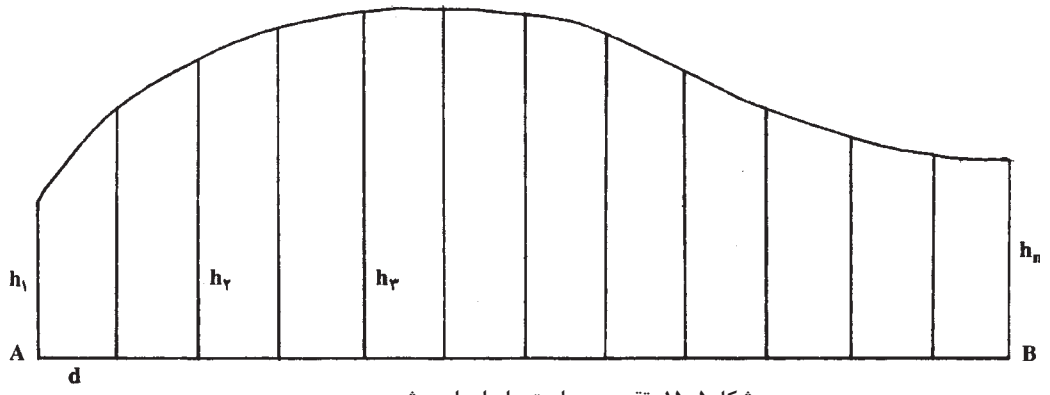
$$S_۲ = \frac{d}{۳}(h_۳ + ۴h_۴ + h_۵)$$

$$S_n = \frac{d}{۳}(h_{n-۴} + ۴h_{n-۱} + h_n)$$

$$S=S_۱+S_۲+... +S_n$$

$$S = \frac{d}{۳}[\,(h_۱ + h_n) + ۴(h_۲ + h_۴ + ... + h_{n-۱}) + ۲(h_۳ + h_۵ + ... + h_{n-۲})$$

چنانچه از این فرمول مشاهده می‌شود، ارتفاع‌هایی که دارای‌اندیس فرد هستند در۲ و آنهایی که‌اندیس زوج دارند در۴ ضرب شده‌اند و اولین و آخرین ارتفاع در عدد یک خوب شده‌اند. در محاسبه مساحت بین خط راست، خط منحنی فرمول سیمپسون از دقت بسیار خوبی برخوردار است.




شکل ۵ـ۱۵ـ تقسیم مساحت برای اجرای روش سیمپسون

مثال

**مطابق شکل ۵ـ۱۶ برای محاسبه مساحت، طول AB رابه ۸قسمت مساوی تقسیم و از محل تقسیم عمودهایی بر AB اخراج کرده‌ایم. طول عمودها از A تا B به‌ترتیب ۲سانتی‌متر، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۰، ۷، ۶ و ۴ سانتی‌متر است و فاصله هردو عمود متوالی از یکدیگر برابر۴سانتی متر است. مساحت واقع بین منحنی و خط راست را با سه روش ذوزنقه‌ای و سیمپسون و ارتفاع متوسط حساب کنید.**

**حل: با روش ذوزنقه ای داریم:**

$$S=\frac{d}{۲}\left(h_۱+۲h_۲+۲h_۳+...+h_n\right)$$

$$S=\frac{۴}{۲}\left[۲+۲\left(۵+۷+۹+۱۱+۱۰+۷+۶\right)+۲\right]$$

$S$ = ۲۳۲ سانتی‌مترمربع

**و با استفاده از روش سیمپسون داریم:**

$$S=\frac{d}{۳}\left[h_۱+h_n+۴\left(h_۲+h_۴+...\right)+۲\left(h_۳+h_۵+...\right)\right]$$

$$S=\frac{۴}{۳}\left[۲+۴+۴\left(۵+۹+۱۰+۶\right)+۲\left(۷+۱۱+۷\right)\right]$$

S=۲۳۴/۷ سانتی‌مترمربع

**و با روش ارتفاع متوسط مساحت مورد نظر برابر است با:**

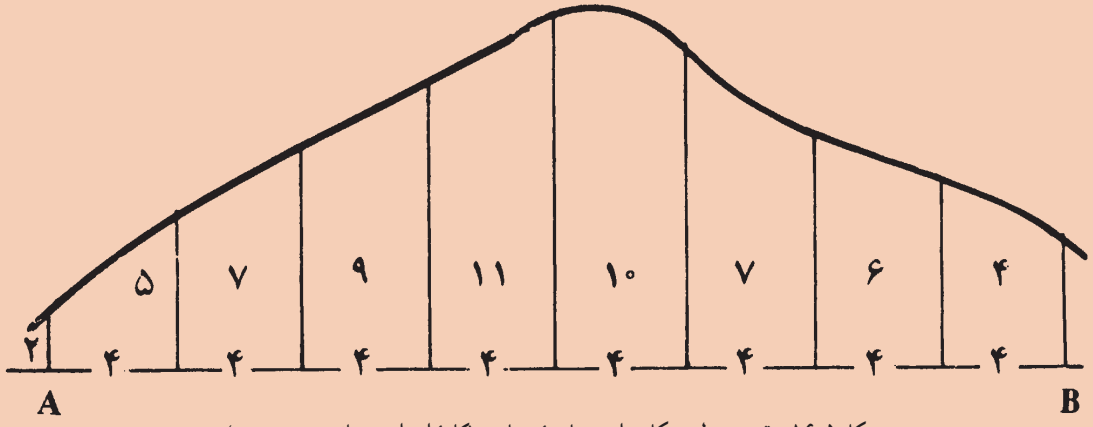
$$S=AB\times\frac{h_۱+h_۲+h_n}{n+۱}$$

**اما طول BA برابر ۳۲ سانتی‌متر است: ۸×۴=۳۲**

$$S=۳۲\times\frac{۲+۵+۷+۹+۱۱+۱۰+۷+۶+۴}{۹}$$

S=۲۱۶/۸۹ سانتی‌مترمربع

**ملاحظه می‌شود که اعداد به دست آمده برای یک مساحت معینی با یکدیگر متفاوت هستند. باید در نظر داشت که دقت روش سیمپسون بیش از روش ذوزنقه‌ای و دقت روش ذوزنقه‌ای بیش از روش ارتفاع متوسط است.**




شکل ۵ـ۱۶ـ تقسیم سطح شکل برای محاسبهٔ مساحت (کلیهٔ اعداد به سانتی‌متر هستند.)

**مثال: مثال فوق را برای حالت زیر حل کنید:**

$h_1=8cm$ , $n=7$ , $AB=35cm$

$h_2=5cm$ , $h_3=11cm$ , $h_4=15cm$

$h_5=3cm$ , $h_6=7cm$ , $h_7=10cm$ , $h_8=2cm$

**حل: مساحت مورد محاسبه با روش‌های مختلف به قرار زیر است:**

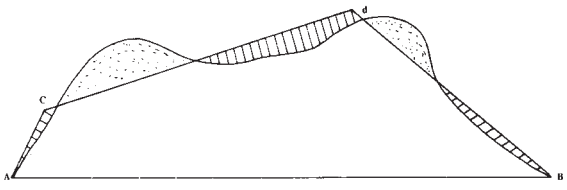
**ـ با روش ارتفاع متوسط = سانتی‌متر مربع ۲۶۶/۸۸**

**ـ با روش ذوزنقه‌ای = سانتی‌متر مربع ۲۸۰**

**ـ با روش سیمیسون = سانتی‌متر مربع ۲۷۰**

**ت ـ روش سرشکن کردن اینترپولاسیون** (Interpolation)

طبق این روش برای محاسبه مساحت، بین خط منحنی و خط راست باید خطوطی مستقیم را چنان رسم کنیم که جایگزین خط منحنی بشود، بدون اینکه در مقدار مساحت تغییری پیش بیاید. درشکل می‌خواهیم مساحت بین خط منحنی و خط مستقیم AB را حساب کنیم. برای این کار خط شکسته ABCD را چنان رسم کنیم که مساحت‌های از دست رفته تقریباً با مساحت‌های اضافه شده مساوی شود در شکل ۵ـ۱۷ قسمت‌های نقطه‌چین مساحت‌های از دست رفته و قسمت‌های‌هاشور خورده مساحت‌های اضافه شده به مساحت مورد نظر است. حال کافی است به جای مساحت بین منحنی وخط راست، مساحت چهار ضلعی ABCD را حساب کنیم. طریقهٔ ترسیم خطوط برای سرشکن کردن مساحت‌ها و دقت در محاسبهٔ آن بستگی زیادی به مهارت محاسبه دارد.

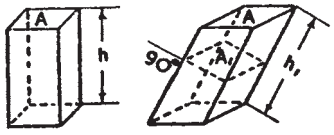
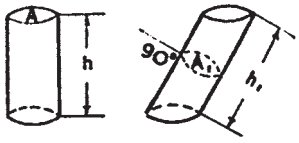
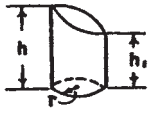
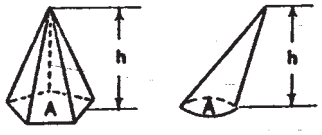
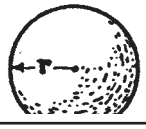



شکل ۵ـ۱۷ـ محاسبهٔ مساحت با طریقهٔ سرشکن کردن

## محاسبه حجم

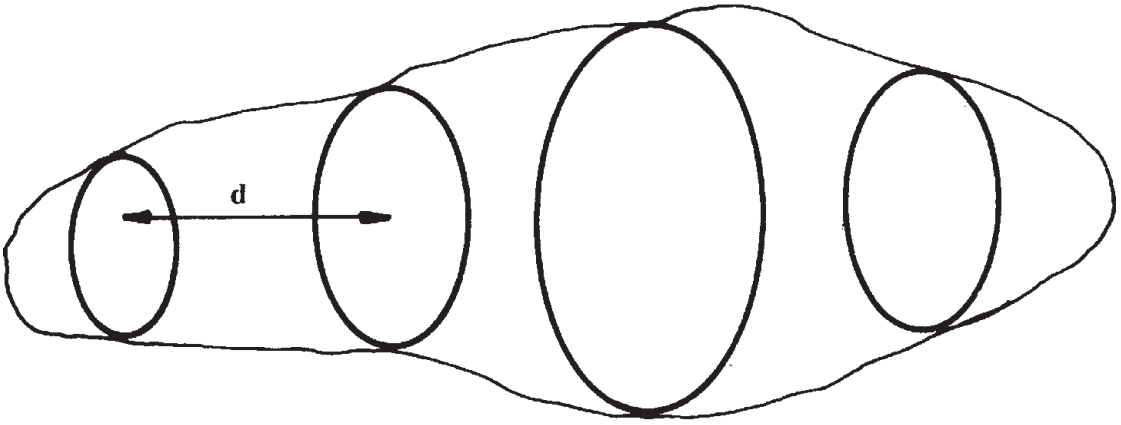
محاسبه حجم یکی از اهداف نقشه برداری و تهیه نقشه است. حجم عوارضی که شکل هندسی دارند بااندازه‌گیری یک یا دو یا سه فاصله قابل محاسبه هستند، اما عوارضی نظیر کوه، دره، آب پشت سد، ذخایر معدنی و نظایر آنها که شکل هندسی ندارند، باید نقشه برداری شده، به کمک نقشه حجم آنها محاسبه شود. عوارضی که نام بردیم همه عوارضی طبیعی هستند و شکل هندسی ندارند. در اینجا محاسبهٔ حجم‌های هندسی و غیر هندسی شرح داده خواهد شد (۷).

### ۱ـ۲ـ۶ـ محاسبه حجم اشکال هندسی:

| | | |
|---|---|---|
| مکعب مستطیل و متوازی‌السطوح |  | $Ah = A'h'$ |
| استوانه |  | $Ah = A'h'$ |
| نیم‌استوانه (یا استوانه ناقص) |  | $\pi r^3\left(\frac{h+h'}{2}\right)$ |
| هرم ـ مخروط منظم (عمود) ـ نامنظم (با زاویه) |  | $\frac{Ah}{3}$ |
| هرم ناقص یا مخروط ناقص | | $\frac{h}{3}(A+A'+\sqrt{A\times A'})$ |
| کره |  | $\frac{4\pi r^3}{3}$ |

## محاسبه حجم اشکال غیر هندسی:

حجم‌هایی را که شکل غیر هندسی دارند یا تعداد صفحه موازی با فاصلهٔ متساوی قطع کرده مساحت هر مقطع را مطابق روش‌های محاسبه مساحت به دست می آورند سپس حجم بین هر دو مقطع متوالی را یکی از اشکال هندسی فرض کرده یا مطابق یکی از روش‌های زیر حساب می‌کنند. برای اعمال دقت زیاد بهتر است تعداد مقاطع را زیاد کنند(شکل ۵ـ۱۸).




**شکل ۵ـ۱۸ـ تقسیم حجم اشکال غیرهندسی با چند مقطع**

**روش متوسط مساحت‌ها :**

اگر A۱ و A۲ و A۳ و... و An مساحت مقاطع و d فاصلهٔ بین هردو مقطع متوالی باشد و حجم محصور بین دو مقطع پشت سر هم را V بنامیم، خواهیم داشت:

$$V_{۱} = \frac{A_{۱} + A_{۲}}{۲} d$$

$$V_{۲} = \frac{A_{۲} + A_{۳}}{۲} d$$

$$V_{n-۱} = \frac{A_{n-۱} + A_{n}}{۲} d$$

و از جمع حجم‌های جزیی فوق حجم کل عارضه حساب می‌شود.

$$V = V_{۱} + V_{۲} + V_{۳} + ... + V_{n-۱}$$

**روش شبه منشور:** در این روش حجم مورد نظر را با صفحات موازی و به فاصلهٔ مساوی از یکدیگر قطع می‌کنند، به‌طوری که تعداد مقاطع فرد باشد، در نتیجه تعداد حجم‌هایی که باید محاسبه شود زوج خواهد بود. حجم این محصور بین هر سه مقطع متوالی را به شرح زیر محاسبه می‌کنند. سپس حجم‌های فوق را باهم جمع می‌کنند تا حجم عارضه به دست آید.

$$V_1 + V_2 = \frac{2d}{6}( A_1 + 4A_2 + A_3 )$$

$$V_3 + V_4 = \frac{2d}{6}( A_3 + 4A_4 + A_5 )$$

$$V_5 + V_6 = \frac{2d}{6}( A_5 + 4A_6 + A_7 )$$

$$V_{n-2} + V_{n-1} = \frac{2d}{6}( A_{n-2} + 4A_{n-1} + A_n )$$

مثال

**مساحت ۵مقطع متوالی از یک حجم نامنظم به ترتیب برابر با :**

$A_4=16\ cm^2$ , $A_3=20\ cm^2$ , $A_2=18\ cm^2$ , $A_1=15\ cm^2$

$A_5=20$

**و فاصله هر دو مقطع متوالی ۸ سانتی‌متر است. حجم فوق را از طریق متوسط مساحت‌ها و فرمول شبه‌منشور حساب کنید.**

**راه حل اول:محاسبه حجم با روش متوسط مساحت‌ها:براساس این فرمول متوسط مساحت‌ها خواهیم داشت:**

$$V_1 = \frac{15+18}{2} \times 8 = 132 \text{ سانتی‌مترمکعب}$$

$$V_2 = \frac{18+20}{2} \times 8 = 152 \text{ سانتی‌مترمکعب}$$

$$V_3 = \frac{20+16}{2} \times 8 = 144 \text{ سانتی‌مترمکعب}$$

$$V_4 = \frac{16+20}{2} \times 8 = 144 \text{ سانتی‌مترمکعب}$$

$$V=V_1+V_2+V_3+V_4$$

$$V=132+152+144+144$$

$$V= 572 \text{ سانتی‌مترمکعب}$$

**راه حل دوم: محاسبه حجم با روش شبه منشور:**

$$V_1 + V_2 = \frac{2\times8}{6}[15+(4\times18)+20] = 285/3 \text{ سانتی‌متر مکعب}$$

$$V_3 + V_4 = \frac{2\times8}{6}[20+(4\times16)+20] = 277/3 \text{ سانتی‌متر مکعب}$$

حجم کل برابراست با :

۲۸۵/۳+۲۷۷/۳=۵۶۲/۶ سانتی‌مترمکعب

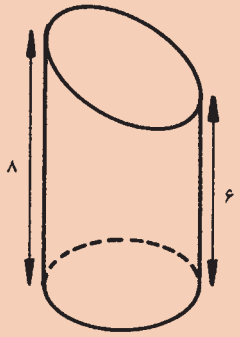
مثال

**مثال ۱:شعاع فاصله استوانه‌ای برابر ۶ سانتی‌متر و ارتفاع آن ۱۰ سانتی‌متر است. حجم استوانه چقدر است؟**
**حل: ۱۱۳۰/۹۷ سانتی‌متر مکعب**
**مثال ۲:حجم کره‌ای به شعاع ۴ متر برابر چند فوت مکعب است؟**
**حل:۹۴۶۵/۹۹۵ فوت مکعب**
**مثال ۳:حجم مکعب مستطیلی به ابعاد ۴×۳×۲ متر را حساب کنید.**
**حل:۲۴ متر مکعب**
**مثال ۴:شکل غیر هندسی را برای محاسبهٔ حجم با تعدادی صفحات موازی و به فاصلهٔ مساوی ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر قطع کرده‌ایم. مساحت سطوح به دست آمده را به‌ترتیب A1 و A2 و... نامیده آنها را طبق روش محاسبه مساحت، محاسبه کرده‌ایم. نتیجهٔ عملیات به شرح زیر است:**

$A_1=20\ cm^2$ $A_2=32\ cm^2$ $A_3=30\ cm^2$
$A_4=16\ cm^2$ $A_5=27\ cm^2$ $A_6=20\ cm^2$
$A_7=12\ cm^2$ $A_8=16\ cm^2$ $A_9=15\ cm^2$

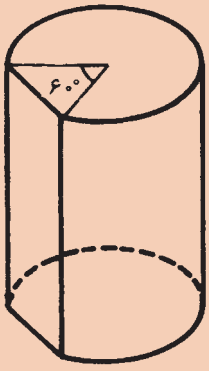
**حجم شکل مزبور را با روش شبه منشور و متوسط مساحت‌ها محاسبه کنید.**
**حل:۱۷۰۵ سانتی متر مکعب و۱۶۹۶/۶۷ سانتی‌متر مکعب**

**مثال۵:حجم استوانه‌ای را که مطابق شکل روبه‌رو از عرض بریده شده حساب کنید. شعاع قاعده ۶سانتی‌متر و ارتفاع‌های طرفین ۸ و۶ سانتی‌متر است.**




**حل: ۷۹۱/۶۸سانتی متر مکعب**

**مثال۶:حجم استوانه‌ای که از طول و موازی محور آن بریده شده حساب کنید. شعاع قاعده۵ سانتی‌متر و ارتفاع استوانه ۱۲ سانتی‌متر است.**




**حل: ۷۶/۳۷۵سانتی‌متر مربع**

## ارزشیابی پایانی پودمان پنجم

### محاسبات فنی

| عنوان پودمان | تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری) | استاندارد عملکرد (کیفیت) | نتایج مورد انتظار | شاخص تحقق | نمره |
|---|---|---|---|---|---|
| پودمان ۵: محاسبات فنی | ۱- تعیین مساحت وحجم اشکال هندسی وغیرهندسی<br>۲- تعیین زاویه و ترسیم تصویر افقی بر روی زمین | ترسیم چندضلعی‌ها ومحاسبه حجم اشکال وتعیین زاویه وشیب با استفاده از روابط مثلثاتی و روش‌ها و جداول استاندارد | بالاتر از حد انتظار | تعیین وترسیم زاویه با مساحت وحجم اشکال مختلف هندسی | ۳ |
| | | | در حد انتظار | محاسبه مساحت وحجم اشکال هندسی وغیرهندسی | ۲ |
| | | | پایین‌تر از حد انتظار | ترسیم مساحت وحجم اشکال هندسی | ۱ |
| | نمره مستمر از۱ | | | | |
| | نمره واحد یادگیری از۳ | | | | |
| | نمره واحد یادگیری از ۲۰ | | | | |

## فهرست منابع


۱ مدنی, حسن. تکنولوژی استخراج معدن (۱). تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران, ۱۳۸۹. ص. ۲۴۸. جلد ۴, دفتر برنامه ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ۹۶۴ـ۰۵ـ۱۰۸۴ـX.

۲ رضایی, بهرام. فراوری موادمعدنی. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران, ۱۳۹۱. ص. ۱۶۲. جلد ۱, کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته معدن. ۹۷۸ـ۹۶۴ـ۰۵ـ۲۰۳۷ـ۶.

۳ مدنی, حسن. اکتشاف معدن. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران, ۱۳۹۱. ص. ۱۷۲. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته معدن. ۹۷۸ـ۹۶۴ـ۰۵ـ۲۰۳۱ـ۴.

۴ اسداللهی, عبدالله. علوم زمین و آزمایشگاه. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران, ۱۳۹۱. جلد ۴, کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته معدن. ۹۶۴ـ۰۵ـ۱۰۸۲ـ۳.

۵ شاه طاهری, سید جمال‌الدین. بهداشت و ایمنی‌کار. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران, ۱۳۹۳. ص. ۱۴۸. جلد ۱۴. ۹۶۴ـ۰۵ـ۰۸۷۷ـ۲.

۶ فیضی, محمد. تکنولوژی استخراج معدن (۲). تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران, ۱۳۹۰. ص. ۲۶۵. جلد ۴, کمیسیون برنامه ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته معدن. ۹۶۴ـ۰۵ـ۱۱ـ۲۲ـ۶.

۷ استوار, رحمت الله. نقشه برداری عمومی و عملیات. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران, ۱۳۹۳. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته معدن. ۹۶۴ـ۰۵ـ۰۲۸۳ـ۹.