



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای کسترش و برنامه ریزی آموزش عالی

برنامه درسی

رشته مهندسی معدن



دوره: کارشناسی پیوسته

گروه: فنی و مهندسی

به استناد مصوبه جلسه ۱۳۹۱/۱۰/۲۳ تاریخ ۱۳۹۸/۱۰/۲۳ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی

بایستی

عنوان گرایش:-

نام رشته: مهندسی معدن

دوره تحصیلی: کارشناسی پیوسته

گروه: فنی و مهندسی

نوع مصوبه: بازنگری

کارگروه تخصصی: مهندسی معدن

پیشنهادی دانشگاه: کارگروه تخصصی مهندسی معدن

به استناد مصوبه جلسه ۱۳۹۸/۱۰/۲۲ تاریخ ۱۳۹۸/۰۸/۰۱ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی و جلسه تاریخ ۱۳۹۸/۰۸/۰۱ گروه تخصصی برنامه ریزی و گسترش فنی و مهندسی و ۱۳۹۸/۰۷/۰۱ کارگروه تخصصی برنامه ریزی و گسترش مهندسی معدن برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی پیوسته مهندسی معدن تصویب گردید: ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که از مهر ماه سال ۹۸ وارد دانشگاه ها و مراکز آموزش عالی می شوند، قابل اجرا است.

ماده دو- برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی پیوسته رشته مهندسی معدن از نیمسال اول سال تحصیلی ۹۹-۱۳۹۸، جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی پیوسته رشته مهندسی معدن مصوب جلسه ۷۸۷ تاریخ ۱۳۹۰/۰۷/۰۹ شورای عالی برنامه ریزی می شود.

ماده سه- این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و به تمامی دانشگاه ها و مؤسسه های آموزش عالی کشور که مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش و برنامه ریزی آموزشی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را دارند، برای اجرا ابلاغ می شود.

ماده چهار- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۹۹-۱۳۹۸ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن نیاز به بازنگری دارد.



دکتر محمدرضا آهنگیان

دبیر کمیسیون برنامه ریزی آموزشی



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

مشخصات کلی، برنامه آموزشی و سرفصل دروس

دوره: کارشناسی

رشته: مهندسی معدن

گروه: فنی و مهندسی



مصوب جلسه مورخ ۱۳۹۸/۷/۶ کمیته تخصصی مهندسی معدن و تصویب نهایی

در جلسه ۱۳۹۸/۸/۱ گروه فنی و مهندسی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

برنامه آموزشی بازنگری شده دوره کارشناسی رشته مهندسی معدن

کمیته تخصصی: مهندسی معدن

گرایش: -

کد رشته:

گروه: فنی و مهندسی

رشته: مهندسی معدن

دوره: کارشناسی

گروه فنی و مهندسی در جلسه ۱۳۹۸/۸/۱ خود برنامه آموزشی بازنگری شده دوره کارشناسی مهندسی معدن را در چهار فصل (مقدمه، مشخصات کلی، برنامه و سرفصل‌ها) مصوب نمود.

ماده ۱) برنامه آموزشی دوره کارشناسی مهندسی معدن از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و موسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند، لازم الاجرا است.

الف: دانشگاهها و موسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت علوم، تحقیقات و فناوری اداره می‌شوند.

ب: موسساتی که با اجازه رسمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و بر اساس قوانین تاسیس می‌شوند و بنابرین تابع مصوبات گسترش آموزش عالی می‌باشند.

ج: موسسات آموزش عالی دیگر که مطابق قوانین خاص تشکیل می‌شوند و باید تابع ضوابط دانشگاهی جمهوری اسلامی ایران باشند.

ماده ۲) این برنامه از تاریخ ۱۳۹۸/۸/۱ و برای دانشجویان ورودی جدید مهر ۹۸ لازم الاجرا و همچنین بر حسب صلاحدید گروهها و دانشکده‌های ذیربط برای دانشجویان ورودی‌های مهر ۹۶ و ۹۷ نیز می‌تواند اجرا شود. این برنامه از تاریخ تصویب جایگزین برنامه آموزشی کارشناسی مهندسی معدن مصوب قبلی جلسه ۹۰/۸/۹ دفتر برنامه ریزی آموزشی وزات علوم، تحقیقات و فناوری شده و برنامه قبلی منسوخ اعلام می‌شود و کلیه دانشگاهها و موسسات آموزش عالی کشور مشمول ماده ۱ می‌توانند این دوره را برای دانشجویان فوق الذکر دایر و برنامه جدید را اجرا نمایند.

ماده ۳) مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس بازنگری شده دوره کارشناسی مهندسی معدن در چهار فصل مقدمه، مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس برای اجرا به معاونت آموزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ابلاغ می‌شود.



مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس همراه با دروس پیشنهادی و همنیاز آنها

دوره کارشناسی مهندسی معدن

گروه فنی و مهندسی

کمیته تخصصی مهندسی معدن

۱۳۹۸



مقدمه

آموزش کارشناسی مهندسی معدن دارای بیش از ۴ دهه سابقه آموزش در یک رشته در قبل از انقلاب اسلامی (۱۳۱۳ تا ۱۳۵۹)، سه دهه آموزش در دو رشته مجزای مهندسی اکتشاف و استخراج معدن در بعد از انقلاب اسلامی (۱۳۵۹-۱۳۹۰) و همچنین ۷ سال سابقه آموزش در چهار بسته (اکتشاف، استخراج، مکانیک سنگ و فرآوری) در فاصله سالهای ۱۳۹۱ تاکنون می‌باشد. با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در علوم مربوط به این رشته، بهره‌برداری از تجربیات دانشگاه‌های معتبر خارجی و اخذ نظرات صاحب نظران با تجربه داخل کشور و با توجه به نظرات مکتوب و تخصصی همکاران گروه‌ها و دانشکده‌های معدن ۲۱ دانشگاه دولتی مجری آموزش مهندسی معدن سراسر کشور و در نظر گرفتن مشکلات آموزشی و اجرایی دوره، کار بازنگری این دوره آموزشی با عنایت به موارد زیر انجام شد.

با توجه به تنوع عناوین دروس و محتوی آموزشی هر یک از آنها در دانشگاه‌های معتبر دنیا و لحاظ مقررات آموزشی و اسناد بالادستی مصوب وزارت متبوع و نظرات سازنده اکثریت اعضای کمیته تخصصی معدن وزارت متبوع و جمع بندی نظرات تخصصی همکاران گروه‌ها و دانشکده‌های معدن ۲۱ دانشگاه دولتی مجری آموزش مهندسی معدن سراسر کشور و جلسات برگزار شده در این خصوص در دانشگاه‌های تربیت مدرس (اواخر سال ۹۶ به دعوت وزارت متبوع) و جلسات برگزار شده در ماه‌های اردیبهشت و تیر سال ۹۷ در محل دانشکده مهندسی دانشگاه تهران با حضور نمایندگان دانشگاه‌های مجری دوره، بازنگری برنامه آموزش کارشناسی معدن بدون گرایش و بسته آموزشی و آنهم در قالب یک رشته بشرح جداول ذیل به تصویب نهایی رسید.

لازم به ذکر اینکه این برنامه در دو جلسه کمیته تخصصی معدن وزارت متبوع در اواخر سال ۹۷ بررسی و پس از انجام اصلاحاتی نهایتاً در جلسه ۹۸/۷/۶ کمیته تخصصی مهندسی معدن تصویب شد. در خاتمه نسخه پیشنهادی برنامه بازنگری شده همراه با اصلاحات جزئی به همراه سرفصل‌های بازنگری شده دروس در جلسه ۱۳۹۸/۸/۱ گروه فنی و مهندسی وزارت متبوع به تصویب نهایی رسید.



مشخصات کلی مجموعه کارشناسی مهندسی معدن

۱. هدف

هدف این برنامه تربیت کارشناسانی در رشته مهندسی معدن است که از جنبه‌های کلی رشته مهندسی معدن (از اکتشاف و استخراج معدن، مسائل مکانیک سنگی مرتبط با معدن و فرآوری مواد معدنی) دارای تخصص و توانایی خوبی در حد کارشناسی مهندسی معدن داشته باشند. دروس این مجموعه ترکیبی از دروس عمومی، دروس پایه، دروس اصلی مهندسی، دروس تخصصی مهندسی معدن و دروس اختیاری در ارتباط با اکتشاف، استخراج، مکانیک سنگ و فرآوری مواد معدنی است.

۲. طول دوره

متوسط طول این دوره ۴ سال و برنامه آموزشی آن در ۸ نیمسال به شرح جداول پیوست برنامه ریزی شده است. این دوره کارشناسی علاوه بر دروس نظری-عملی (آزمایشگاهی، کارگاهی و صحرایی) دارای یک واحد کارگاه، ۳ واحد پروژه، و دو کارآموزی ۱ و ۲ هر کدام به ارزش یک واحد می‌باشد.

۳. واحدهای درسی

تعداد کل واحدهای درسی این دوره بدون احتساب واحدهای کارآموزی ۱۴۰ واحد درسی بشرح زیر است:

۱-	دروس عمومی	۲۲ واحد
۲-	دروس پایه	۲۷ واحد
۳-	دروس اصلی	۲۸ واحد
۴-	دروس تخصصی	۵۴ واحد
۵-	دروس اختیاری	۹ واحد
جمع	-	۱۴۰
۶-	کارآموزی ۱ و ۲	۲* واحد

*دروس کارآموزی بدون احتساب در میانگین معدل و واحد می‌باشند.

هر دانشگاه بر اساس امکانات (استاد، آزمایشگاه و ...) و مزیت‌ها و نیازهای منطقه‌ای خود به تشخیص گروه آموزشی مربوط می‌تواند نسبت به ارائه چند درس اختیاری (از میان لیست دروس آورده شده در جدول دروس اختیاری) در چند نیمسال اقدام نماید و سپس هر دانشجو بر اساس علاقه خود از میان واحدهای اختیاری ارائه شده باید مجموعاً ۹ واحد از واحدهای ارائه شده را بشرط به حد نصاب رسیدن کلاس مورد نظر در نیمسال‌های مختلف اخذ نماید.



تفاوت‌های اصلی برنامه جدید بازنگری شده کارشناسی معدن با برنامه مشابه قبلی (مصوب ۱۳۹۰/۷/۹ شورای برنامه ریزی آموزش عالی)

۱. با توجه به سیاست‌های وزارت متبوع، برنامه رشته کارشناسی مهندسی معدن در قالب یک رشته بدون بسته و یا خوشه آموزشی ارائه شده است تا جامعیت رشته در مقطع کارشناسی حفظ شود. برنامه مصوب قبلی که از سال ۱۳۹۱ اجرایی شده بود بدلیل در برداشتن ۴ بسته تخصصی (هریک با داشتن ۲۸ تا ۲۹ واحد تخصصی متفاوت از هم) باعث عدم جامعیت رشته کارشناسی مهندسی معدن شد و علاوه بر آن مشکلات زیادی را در اجراء سبب شد طوری که اکثر دانشگاهها برای کاهش بعضی از مشکلات اجرایی اقدام به پذیرش و افزایش بی رویه دانشجویان این رشته در دانشگاههای سراسر کشور اقدام نمودند به حدی که مجموع دانشجویان کارشناسی معدن صرفا در دانشگاههای دولتی وابسته به وزارت متبوع طی بازه ۹۱ تا مهر ۹۷ از حدود ۸۰۰ به حدود ۱۸۰۰ نفر رسیده است که ابدأ به این تعداد دانشجو با توجه به بازار کار نیاز نبوده است.
۲. بهره‌مندی از نقاط قوت برنامه‌های آموزش کارشناسی مهندسی معدن کشورهای پیشرو در زمینه معدنکاری، مثل: استرالیا، کانادا، امریکا، افریقای جنوبی، روسیه و بعضی از کشورهای اروپایی در تدوین و تهیه دروس تخصصی رشته.
۳. بهره‌مندی از نظرات و تجربیات ارزشمند اساتید، گروه‌های آموزشی و نمایندگان ۲۱ دانشگاه دولتی کشور در بازه زمانی اوایل اسفند ۹۶ تا اواخر مرداد ۹۸ در تنظیم عناوین و محتوی دروس برنامه بازنگری شده.
۴. حذف بعضی از دروس کمتر مرتبط با رشته مهندسی معدن (مثل: فناوری و مدیریت پسماند- فرآیند تولید کک، گندله و سیمان- ترمودینامیک-چاه نگاری، پی سازی، مقاومت مصالح تخصصی، مکانیک سنگ تخصصی و مهندسی دیواره‌های شیب‌دار) از مجموعه دروس اصلی و تخصصی الزامی و اضافه نمودن بعضی از آنها در لیست دروس اختیاری. همچنین حذف دروسی مثل مبانی اکتشاف و مبانی استخراج در برنامه فعلی با توجه به نبودن بسته آموزشی و وجود دروس تخصصی مرتبط با این موضوعات در لیست دروس تخصصی الزامی.
۵. اضافه کردن دروس جدیدی مثل زمین شناسی در مهندسی معدن (بجای زمین شناسی عمومی) در لیست دروس اصلی و دروسی مثل: مهندسی انفجار، مهندسی حفاری، هیدروژئولوژی و زهکشی به لیست دروس تخصصی الزامی و همچنین اضافه نمودن دروس جدیدی مثل: مهندسی سنگهای ساختمانی و تزئینی، تکنولوژی زغالسنگ، معدنکاری پایدار، کارآفرینی در صنعت معدن، آشنایی با



- مهندسی معدن و صنایع معدنی، مدیریت پروژه، حقوق و قانون معادن، اخلاق مهندسی، سنگهای قیمتی و گواهرشناسی در مجموعه دروس اختیاری برنامه.
۶. بازننگری و بروز رسانی محتوایی و لیست منابع دروس مطابق با آخرین پیشرفت‌های علمی و فناوری مرتبط.
۷. حذف و یا ادغام بعضی از دروس با هم، مثل: ادغام دروس خدمات فنی ۱ و ۲ با هم و تعریف دروسی مثل خدمات فنی، هیدروژئولوژی و زهکشی. همچنین ادغام بخشهایی از مبحث چالزنی درس چالزنی و انفجار با درس حفاری اکتشافی و تعریف درس جدیدی با عناوین مهندسی حفاری، مهندسی انفجار در مجموعه دروس تخصصی الزامی رشته.
۸. افزایش واحدهای اختیاری ۳ تا ۴ واحد برنامه قبلی به ۹ واحد در برنامه جدید.



عناوین و واحدهای دروس برنامه جدید رشته مهندسی معدن - مقطع کارشناسی

دروس عمومی

عنوان	واحد
زبان فارسی	۳
زبان انگلیسی	۳
دو درس از مجموعه دروس مبانی نظری اسلام	۴
یک درس از مجموعه دروس اخلاق اسلامی	۲
یک درس از مجموعه دروس انقلاب اسلامی	۲
یک درس از مجموعه دروس تاریخ تمدن اسلامی	۲
یک درس از مجموعه دروس آشنایی با منابع اسلامی	۲
تربیت بدنی ۱	۱
ورزش ۱	۱
دانش خانواده و جمعیت	۲
جمع	۲۲



عناوین و واحدهای دروس برنامه جدید رشته مهندسی معدن - مقطع کارشناسی

دروس پایه

عنوان	واحد
ریاضی ۱	۳
ریاضی ۲	۳
معادلات دیفرانسیل	۳
آمار و احتمالات مهندسی	۳
برنامه سازی کامپیوتر	۳
شیمی عمومی	۳
آزمایشگاه شیمی عمومی	۱
فیزیک ۱	۳
آزمایشگاه فیزیک ۱	۱
فیزیک ۲	۳
آزمایشگاه فیزیک ۲	۱
جمع	۲۷



عناوین و واحدهای دروس برنامه جدید رشته مهندسی معدن - مقطع کارشناسی

دروس اصلی

واحد	عنوان
۲	زمین شناسی در مهندسی معدن
۲	نقشه کشی صنعتی و CAD
۳	استاتیک
۳	مقاومت مصالح
۳	مکانیک سیالات
۲	کانی شناسی
۱	آزمایشگاه کانی شناسی
۲	زمین شناسی ساختاری
۲	زمین شناسی اقتصادی
۲	سنگ شناسی
۱	آزمایشگاه سنگ شناسی
۱	کارتوگرافی
۱	برداشت زمین شناسی
۱	کانی شناسی نوری و فرآیند و آزمایشگاه
۱	آشنایی با مهندسی معدن و صنایع معدنی
۱	کارگاه عمومی
۲۸	جمع



عناوین و واحدهای دروس برنامه جدید رشته مهندسی معدن - مقطع کارشناسی

دروس تخصصی

عنوان	واحد
نقشه برداری معدنی و عملیات	۳
مکانیک سنگ و آزمایشگاه	۳
کنترل زمین و نگهداری	۲
ژئوتکنیک	۲
حفر چاه و فضاهای زیرزمینی	۲
کانه آرایی و آزمایشگاه	۳
فلوتاسیون و آزمایشگاه	۲
مبانی هیدرومتالورژی	۲
اقتصاد معدن	۲
ایمنی، بهداشت و محیط زیست در معادن	۲
خدمات فنی در معادن	۲
هیدروژئولوژی و زهکشی	۲
کارآموزی ۱	۱
مهندسی انفجار	۲
بارگیری و انتقال مواد	۲
معدنکاری سطحی	۲
معدنکاری زیرزمینی	۳
تهویه در معادن	۲
طراحی معادن	۲
مهندسی حفاری	۲
ژئوشیمی اکتشافی	۲
ژئوفیزیک اکتشافی و عملیات	۳
دورسنجی و GIS	۲
اصول اکتشاف و ارزیابی ذخائر معدنی	۲
کارآموزی ۲	۱
پروژه	۳
جمع (بدون احتساب واحدهای کارآموزی)	۵۴



عناوین و واحدهای دروس برنامه جدید رشته مهندسی معدن - مقطع کارشناسی

دروس اختیاری

عنوان درس	واحد
نمونه برداری	۲
چاه نگاری	۲
تجزیه و تحلیل داده های اکتشافی	۲
سنگهای قیمتی و گوهر شناسی	۲
زمین آمار	۲
مینرالوگرافی و آزمایشگاه	۱
مهندسی سنگهای ساختمانی و تزئینی	۳
زمین شناسی نفت	۲
ترمودینامیک	۲
روش های تجزیه مواد معدنی و آزمایشگاه	۲
فناوری و مدیریت پسماند	۲
فرایند تولید کک، گندله و سیمان	۲
کاربرد مواد معدنی	۲
تحقیق در عملیات	۲
آشنایی با نرم افزارهای معدنی	۲
تکنولوژی ذغالسنگ	۲
زبان تخصصی معدن	۲
کارآفرینی در صنعت معدن	۲
روش و ارائه تحقیق	۲
ریاضی مهندسی	۳
محاسبات عددی	۲
اخلاق مهندسی	۲
حقوق و قانون معادن	۱
معدنکاری و توسعه پایدار	۲
مدیریت پروژه	۲
زمین شناسی مهندسی	۲
مهندسی دیواره های شیبدار	۲
مهندسی پی	۲



جداول واحد ها

همراه با پیش نیاز و هم نیاز



جدول ۱- تعداد واحدهای رشته مهندسی معدن - مقطع کارشناسی

عنوان	تعداد واحد
دروس عمومی	۲۲
دروس پایه	۲۷
دروس اصلی	۲۸
دروس تخصصی	۵۴
دروس اختیاری	۹
جمع	۱۴۰ واحد



جدول ۲- دروس پایه (۲۷ واحد)

ردیف	عنوان	واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱	ریاضی ۱	۳	نظری	-	-
۲	ریاضی ۲	۳	نظری	ریاضی ۱	-
۳	معادلات دیفرانسیل	۳	نظری	ریاضی ۲	-
۴	آمار و احتمالات مهندسی	۳	نظری	-	معادلات دیفرانسیل
۵	برنامه سازی کامپیوتر	۳	نظری	ریاضی ۱	-
۶	شیمی عمومی	۳	نظری	-	-
۷	آزمایشگاه شیمی عمومی	۱	عملی	-	شیمی عمومی
۸	فیزیک ۱	۳	نظری	-	-
۹	آزمایشگاه فیزیک ۱	۱	عملی	-	فیزیک ۱
۱۰	فیزیک ۲	۳	نظری	فیزیک ۱	-
۱۱	آزمایشگاه فیزیک ۲	۱	عملی	آزمایشگاه فیزیک ۱	فیزیک ۲



جدول دروس اصلی (۲۸ واحد)

ردیف	عنوان	واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱	زمین شناسی در مهندسی معدن	۲	نظری	-	شیمی عمومی
۲	نقشه کشی صنعتی و CAD	۲	نظری و عملی	برنامه نویسی کامپیوتر	-
۳	استاتیک	۳	نظری	ریاضی ۱	-
۴	مقاومت مصالح	۳	نظری	استاتیک	-
۵	مکانیک سیالات	۳	نظری	مقاومت مصالح	-
۶	کانی شناسی	۲	نظری	زمین شناسی در مهندسی معدن، شیمی عمومی	-
۷	آزمایشگاه کانی شناسی	۱	عملی	-	کانی شناسی
۸	زمین شناسی ساختاری	۲	نظری	زمین شناسی در مهندسی معدن، مقاومت مصالح	-
۹	زمین شناسی اقتصادی	۲	نظری	سنگ شناسی	زمین شناسی ساختاری
۱۰	سنگ شناسی	۲	نظری	کانی شناسی، آزمایشگاه کانی شناسی	-
۱۱	آزمایشگاه سنگ شناسی	۱	عملی	کانی شناسی	سنگ شناسی
۱۲	کارتوگرافی	۱	نظری و عملی	زمین شناسی ساختاری	-
۱۳	برداشت زمین شناسی	۱	عملی صحرائی	سنگ شناسی و آزمایشگاه، کارتوگرافی	-
۱۴	کانی شناسی نوری و فرآیند و آزمایشگاه	۱	نظری و عملی	کانی شناسی	-
۱۵	کارگاه عمومی	۱	عملی	-	-
۱۶	آشنایی با مهندسی معدن و صنایع معدنی	۱	نظری	زمین شناسی در مهندسی معدن	-



جدول دروس تخصصی (۵۴ واحد)

ردیف	عنوان	واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱	نقشه برداری معدنی و عملیات	۳	نظری و عملی	ریاضی ۲	-
۲	مکانیک سنگ و آزمایشگاه	۳	نظری و عملی	سنگ شناسی، مقاومت مصالح	زمین شناسی ساختاری
۳	کنترل زمین و نگهداری	۲	نظری	مکانیک سنگ و آزمایشگاه	-
۴	ژئوتکنیک	۲	نظری	مقاومت مصالح	هیدروژئولوژی و زهکشی
۵	حفر چاه و فضاهاى زیرزمینی	۲	نظری	کنترل زمین و نگهداری، مهندسی حفاری، مهندسی انفجار	-
۶	کانه آرانی و آزمایشگاه	۳	نظری و عملی	سنگ شناسی، مکانیک سیالات	-
۷	فلوتاسیون و آزمایشگاه	۲	نظری و عملی	شیمی عمومی، کانه آرانی و آزمایشگاه	-
۸	مبانی هیدرومتالورژی	۲	نظری و عملی	فلوتاسیون و آزمایشگاه	-
۹	اقتصاد معدن	۲	نظری	آمار و احتمالات مهندسی	زمین شناسی اقتصادی
۱۰	ایمنی، بهداشت و محیط زیست در معادن	۲	نظری	کانه آرانی و آزمایشگاه	معدنکاری زیرزمینی
۱۱	خدمات فنی در معادن	۲	نظری	آزمایشگاه ۲	مکانیک سیالات
۱۲	هیدروژئولوژی و زهکشی	۲	نظری	مکانیک سیالات	-
۱۳	کارآموزی ۱	۱	عملی	بعد از نیمسال ۶ (گذراندن حداقل ۸۰ واحد درسی)	-
۱۴	مهندسی انفجار	۲	نظری	مکانیک سنگ و آزمایشگاه	-
۱۵	بارگیری و انتقال مواد	۲	نظری	کانه آرانی و آزمایشگاه	اقتصاد معدن
۱۶	معدنکاری سطحی	۲	نظری	مکانیک سنگ و آزمایشگاه، اقتصاد معدن	بارگیری و انتقال مواد، اصول اکتشاف و ارزیابی ذخایر مواد معدنی
۱۷	معدنکاری زیرزمینی	۳	نظری	تهویه در معادن، کنترل زمین و نگهداری	معدنکاری سطحی
۱۸	تهویه در معادن	۲	نظری و عملی	مکانیک سیالات	مهندسی انفجار
۱۹	طراحی معادن	۲	نظری و عملی	معدنکاری سطحی	معدنکاری زیرزمینی



ردیف	عنوان	واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۲۰	مهندسی حفاری	۲	نظری	مکانیک سیالات، مکانیک سنگ و آزمایشگاه	-
۲۱	ژئوشیمی اکتشافی	۲	نظری	زمین شناسی اقتصادی، آمار و احتمالات مهندسی	-
۲۲	ژئوفیزیک اکتشافی و عملیات	۳	نظری و عملی	زمین شناسی اقتصادی، آزمایشگاه فیزیک ۲	زمین شناسی ساختاری
۲۳	دورسنجی و GIS	۲	نظری و عملی	کارتوگرافی	-
۲۴	اصول اکتشاف و ارزیابی ذخائر معدنی	۲	نظری و عملی	ژئوشیمی اکتشافی، ژئوفیزیک اکتشافی و عملیات	دورسنجی و GIS
۲۵	کارآموزی ۲	۱	عملی	بعد از نیمسال ۸ (گذراندن حداقل ۱۱۰ واحد درسی)	-
۲۶	پروژه	۳	عملی	گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد درسی	-



جدول دروس اختیاری

ردیف	عنوان	واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱	نمونه برداری	۲	نظری	آمار و احتمالات مهندسی، ژئوشیمی اکتشافی	کانه آرانی و آزمایشگاه
۲	چاه نگاری	۲	نظری	ژئوفیزیک اکتشافی و عملیات، مهندسی حفاری	-
۳	تجزیه و تحلیل داده های اکتشافی	۲	نظری	آمار و احتمالات مهندسی	اصول اکتشاف و ارزیابی ذخائر معدنی
۴	سنگهای قیمتی و گوهر شناسی	۲	نظری	کانی شناسی و آزمایشگاه	-
۵	زمین آمار	۲	نظری	زمین شناسی اقتصادی، ژئوشیمی اکتشافی	-
۶	مینرالوگرافی و آزمایشگاه	۱	نظری و عملی	زمین شناسی اقتصادی	-
۷	مهندسی سنگهای ساختمانی و تزئینی	۳	نظری	زمین شناسی اقتصادی، زمین شناسی ساختاری، مهندسی حفاری	-
۸	زمین شناسی نفت	۲	نظری	سنگ شناسی	-
۹	ترمودینامیک	۲	نظری	آزمایشگاه فیزیک ۲، شیمی عمومی و آزمایشگاه شیمی عمومی	-
۱۰	روش های تجزیه مواد معدنی و آزمایشگاه	۲	نظری و عملی	شیمی عمومی، آزمایشگاه شیمی عمومی، کانی شناسی	-
۱۱	فناوری و مدیریت پسماند	۲	نظری	کانه آرایی و آزمایشگاه، ایمنی، بهداشت و محیط زیست	-
۱۲	فرآیند تولید کک، گندله و سیمان	۲	نظری	فلوتاسیون و آزمایشگاه	-
۱۳	کاربرد مواد معدنی	۲	نظری	زمین شناسی اقتصادی	-
۱۴	تحقیق در عملیات	۲	نظری	معادلات دیفرانسیل	-
۱۵	آشنایی با نرم افزارهای معدنی	۲	نظری و عملی	کانه آرانی و آزمایشگاه	اصول اکتشاف و ارزیابی ذخائر معدنی، معدنکاری زیرزمینی
۱۶	تکنولوژی ذغال سنگ	۲	نظری	اصول اکتشاف و ارزیابی ذخایر مواد معدنی، معدنکاری زیرزمینی، کانه آرایی و آزمایشگاه	-
۱۷	زبان تخصصی معدن	۲	نظری	زبان خارجی عمومی، معدنکاری زیرزمینی، ژئوفیزیک اکتشافی و عملیات، ژئوشیمی اکتشافی	-



ردیف	عنوان	واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱۸	کارآفرینی در صنعت معدن	۲	نظری	گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد درسی	-
۱۹	روش و ارائه تحقیق	۲	نظری و عملی	گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد درسی	-
۲۰	ریاضی مهندسی	۳	نظری	معادلات دیفرانسیل	-
۲۱	محاسبات عددی	۲	نظری	برنامه نویسی کامپیوتر	معادلات دیفرانسیل
۲۲	اخلاق مهندسی	۲	نظری	گذراندن حداقل ۱۱۰ واحد درسی	-
۲۳	حقوق و قانون معدن	۱	نظری	گذراندن حداقل ۹۰ واحد درسی	-
۲۴	معدنکاری و توسعه پایدار	۲	نظری	اقتصاد معدن، فلوتاسیون و آزمایشگاه	معدنکاری زیرزمینی
۲۵	مدیریت پروژه	۲	نظری	اقتصاد معدن	-
۲۶	زمین شناسی مهندسی	۲	نظری	مکانیک سنگ و آزمایشگاه	-
۲۷	مهندسی دیواره های شیبدار	۲	نظری	معدنکاری سطحی	-
۲۸	مهندسی پی	۲	نظری	مقاومت مصالح، ژئوتکنیک	-



دروس پایه

۲۷ واحد



ریاضی ۱
(حساب دیفرانسیل و انتگرال ۱)
Calculus I

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	ندارد

سرفصل‌ها

مختصات دکارتی، مختصات قطبی، اعداد مختلط، جمع و ضرب و ریشه، نمایش هندسی اعداد مختلط، نمایش قطبی اعداد مختلط، تابع، جبر توابع، حد و قضایای مربوطه‌ی حد، بینهایت و حد در بینهایت، حد چپ و راست، پیوستگی، مشتق، دستوره‌ای مشتق‌گیری، تابع معکوس و مشتق آن، مشتق توابع مثلثاتی و توابع معکوس آن‌ها، قضیه‌ی رل، قضیه‌ی میانگین، بسط تیلور، کاربردهای مهندسی و فیزیکی مشتق، منحنی‌ها و شتاب در مختصات قطبی، کاربرد مشتق در تقریب ریشه‌های معادلات، تعریف انتگرال توابع پیوسته و قطعه‌ی پیوسته، قضایای اساسی حساب دیفرانسیل و انتگرال، تابع اولیه، روش‌های تقریبی برآورد انتگرال در محاسبه‌ی مساحت و حجم و طول منحنی و گشتاور و مرکز ثقل و کار و ... (در مختصات دکارتی و قطبی)، لگاریتم و تابع نمایی و مشتق آن‌ها، تابع‌های هذلولی، روش‌های انتگرال‌گیری مانند تعویض متغیر و جزء و تجزیه‌ی کسرها، برخی تعویض متغیرهای خاص دنباله و سری عددی و قضایای مربوطه سری توان و قضیه‌ی تیلور با باقیمانده.

* تبصره- ترتیب ریز مواد درسی ریاضی (۱) پیشنهادی است و دانشگاه‌ها با توجه به کتابی که انتخاب می‌کنند، می‌توانند ترتیب را تغییر دهند.



ریاضی ۲
(حساب دیفرانسیل و انتگرال ۲)
Calculus II

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	ریاضی ۱

سرفصل‌ها

معادلات پارامتری، مختصات فضایی، بردار در فضا، ضرب عددی، ماتریس‌های 3×3 ، دستگاه معادلات خطی سه مجهولی، عملیات روی سطرها، معکوس ماتریس، حل دستگاه معادلات، استقلال خطی پایه و تبدیل خطی و ماتریس آن، دترمینان 3×3 و مقدار و بردار ویژه، ضرب برداری، معادلات خط و صفحه، دو تابع برداری و مشتق آن، سرعت و شتاب، خمیدگی و بردارهای قائم بر منحنی، تابع چند متغیره، مشتق سوئی و جزئی، صفحه‌ی مماس و خط قائم، گرایان، قاعده‌ی زنجیری برای مشتق جزئی، دیفرانسیل کامل، انتگرال‌های دوگانه و سه‌گانه و کاربرد آنها در مسائل هندسی و فیزیکی، تعویض ترتیب انتگرال‌گیری (بدون اثبات دقیق)، مختصات استوانه‌ای و کروی، میدان برداری، انتگرال رویه‌ها، دیورژانس، چرخه، لاپلاسین، پتانسیل قضایای گرین و دیورژانس و استوکس

* تبصره- ترتیب ریز مواد درسی ریاضی (۲) پیشنهادی است و دانشگاه‌ها با توجه به کتابی که انتخاب می‌کنند، می‌توانند ترتیب را تغییر دهند.



معادلات دیفرانسیل Differential Equations

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری
(هم نیاز) پیش نیاز:	ریاضی ۲

سرفصل‌ها

طبیعت معادلات دیفرانسیل و حل آنها، خانواده‌ی منحنی‌ها و مسیرهای قائم، الگوهای فیزیکی، معادله‌ی جدانشدنی، معادله‌ی دیفرانسیل خطی مرتبه‌ی اول، معادله‌ی همگن، معادله‌ی خطی مرتبه‌ی دوم، معادله‌ی همگن با ضرایب ثابت، روش ضرایب نامعین، روش تغییر پارامترها، کاربرد معادلات مرتبه‌ی دوم در فیزیک و مکتیک، حل معادله‌ی دیفرانسیل با سری‌ها، تابع‌های بسل و گاما، چند جمله‌ای لژاندار، مقدمه‌ای بر دستگاه معادلات دیفرانسیل، تبدیل لاپلاس و کاربرد آن در حل معادلات دیفرانسیل.



آمار و احتمالات مهندسی

Probability and Statistics for Engineers

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری
(هم‌تیاژ) پیش‌نیاز:	(معادلات دیفرانسیل)
هدف:	آشنایی با تئوری‌های پایه احتمالات و آمار و روش‌های تحلیل آماری

سرفصل‌ها

طبیعت و هدف آمار ریاضی، جمع آوری داده‌ها و انواع آن‌ها، نمایش داده‌ها (جدولی و نموداری)، میانگین و واریانس نمونه، آزمایش تصادفی و برآمد و پیشامد، احتمال و قضایای مربوطه و جایگشت و ترکیب، متغیرهای تصادفی و توزیع گسسته و پیوسته، میانگین و واریانس توزیع، توزیع‌های نرمال و دوجمله‌ای و پواسن و نمایی، توزیع چند متغیره‌ی تصادفی، نمونه‌گیری و اعداد تصادفی، برآورد پارامترهای آماری، فاصله‌ی اطمینان، آزمون فرض و آزمون χ^2 و تصمیم‌گیری، آشنایی با تحلیل واریانس، تحلیل رگرسیون، همبستگی، آزمون‌های ناپارامتری، اعتبار سنجی فرضیات مدل، زوج‌های اندازه‌گیری و برازش خط مستقیم بر داده‌ها، آشنایی با کنترل آماری

منابع

- ۱- کروییت سیک، اروین؛ ریاضیات مهندسی پیشرفته؛ ترجمه‌ی شیدفر، عبدالله و فرمان، حسین؛ جلد دوم؛ مرکز نشر دانشگاهی؛ تهران؛ چاپ سوم؛ ۱۳۷۲
- 2-Montgomery, Runger and Hubele; "Engineering Statistics"; John Wiley; 1998



برنامه سازی کامپیوتر

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری
(هم نیاز) پیش نیاز:	ریاضی ۱
هدف:	شناخت اجزای کامپیوتر، زبان های برنامه نویسی، نرم افزارها، الگوریتم، برنامه و حل مسائل

سرفصل ها

- مقدمه و تاریخچه ی مختصر کامپیوتر (۱ تا ۲ ساعت)
- اجزاء سخت افزار: پردازنده ی مرکزی، حافظه ی اصلی، امکانات جانبی (۲ تا ۳ ساعت)
- زبان و انواع آن: زبان ماشین، زبان اسمبلی، زبان های سطح بالا (۲ تا ۳ ساعت)
- نرم افزار و انواع آن: تعریف، سیستم عامل و انواع آن، برنامه های مترجم، برنامه های کاربردی (۱ تا ۲ ساعت)
- مراحل حل مسئله: تعریف مسئله، تحلیل مسئله، تجزیه ی مسئله به مسائل کوچکتر و تعیین ارتباط بین آنها (۱ ساعت)
- الگوریتم: تعریف، عمومیت دادن راه حل و طراحی الگوریتم، بیان الگوریتم به کمک روند نما، بیان الگوریتم به کمک شبه کد، دنبال کردن الگوریتم، مفهوم زیر الگوریتم (۴ تا ۶ ساعت)
- برنامه و حل مسائل: تعریف برنامه، ساختار کلی برنامه، ساختمان های اساسی برنامه سازی:
 - ساخت های منطقی: ترتیب و توالی، تکرار، شرطها و تصمیم گیری، مفهوم بازگشتی
 - ساخت های داده ای: گونه های داده ای ساده (صحیح، اعدادی، بولین، نویسه ای یا کاراکتری)، گونه های داده ای مرکب (آرایه، رکورد، مجموعه)
 - زیرروال ها: نحوه ی انتقال پارامترها
 - آشنائی با مفهوم فایل، فایل پردازی، عملیات ورودی/خروجی

* مفاهیم فوق باید با یکی از سه زبان پاسکال، فرترن ۷۷ یا بالتر و یا زبان C آموزش داده شوند.



شیمی عمومی General Chemistry

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری
(همیناز) پیش‌نیاز:	ندارد

سرفصل‌ها

- کلیات: علم شیمی، نظریه‌ی اتمی دالتون، قوانین ترکیب شیمیایی، وزن اتمی و اتم گرم، عدد آووگادرو، تعریف مول، محاسبات شیمیایی
- ساختمان اتم: ماهیت الکتریکی ماده، ساختمان اتم، تجربه‌ی راترفورد، تابش الکترومغناطیس، منشاء نظریه‌ی کوانتوم (نظریه‌ی تابش کلاسیک)، اثر فتوالکتریک اتم بوهر، طیف اشعه و عدد اتمی، مکانیک کوانتومی (دوگانگی ذره و موج)، طیف خطی گیتار، اصل عدم قطعیت، معادله‌ی شرودینگر، ذره در جعبه، اتم هیدروژن، اعداد کوانتومی s و l و m و n ، اتم‌های با بیش از یک الکترون، جدول تناوبی، شعاع اتم، انرژی یونی، الکترون خواهی، بررسی هسته‌ی اتم و مطالعه‌ی ایزوتوپ‌ها، رادیواکتیویته، ترموشیمی و اصل ترموشیمی، واکنش‌های خودبخودی، انرژی آزاد و انتروپی، معادله‌ی گیبس و هلمهولتز
- حالت گازی: قوانین گازها، گازهای حقیقی، نظریه‌ی جنبشی گازها، توزیع سرعت‌های مولکولی، گرمای ویژه‌ی گازها
- پیوندهای شیمیایی: پیوندهای یونی و کووالان، اوربیتال‌های اتمی و مولکولی، طول پیوند، زاویه‌ی پیوندی قاعده‌ی هشتایی، پیوندهای چندگانه، قطبیت پیوندها، پدیده‌ی رزونانس، پیوند هیدروژنی، پیوندهای فلزی، نیمه رساناها، نارساها
- مایعات و جامدات و محلول‌ها: تبخیر، فشار بخار، نقطه‌ی جوش، نقطه‌ی انجماد، فشار بخار جامدات، تصفیه، مکانیزم حل شدن فشار بخار محلول‌ها و قوانین مربوط به آن
- تعادل در سیستم‌های شیمیایی: واکنش‌های برگشت پذیر و تعادل شیمیایی، ثابت‌های تعادل (گازها، جامدات، مایعات)، اصول لوشاتلیه
- سرعت واکنش‌های شیمیایی: سرعت واکنش، اثر غلظت در سرعت، معادلات سرعت، کاتالیزورها
- اسیدها، بازها و تعادلات یونی: نظریه‌ی آرنیوس، نظریه‌ی برونستدلوری، نظریه‌ی لوئیس، الکترولیت‌های ضعیف، آمفی پروتیک هیدرولیز، محلول‌های تامپون
- اکسایش و کاهش: حالت اکسایش، نظریه‌ی نیم واکنش، موازنه‌ی واکنش‌های اکسایش و کاهش، پیل گالوانی و معادله‌ی نرنست، سایر پیل‌های شیمیایی (پیل‌های سوختی، باتری‌ها،



آزمایشگاه شیمی عمومی
Laboratory of General Chemistry

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	(شیمی عمومی)

سرفصل‌ها

آشنایی با وسایل و مواد شیمیایی و رعایت موارد ایمنی در آزمایشگاه - تکنیک‌های محلول سازی به غلظت دلخواه، رسوب و توزین، تیتراسیون، تقطیر (آب مقطر، اسانس‌گیری)، تبلور، اندازه‌ی نزول نقطه‌ی انجماد، اندازه‌گیری دانسیته، جرم اتمی، تعیین فرمول یک جسم (آلی و معدنی)، کاتیون شناسی و آنیون شناسی، تعیین گرمای واکنش و سرعت واکنش، نحوه‌ی تجزیه و تحلیل اطلاعات کسب شده در آزمایش‌ها، خطا در اندازه‌گیری و روش محاسبه‌ی آن، میزان دقت دستگاه‌های اندازه‌گیری.



فیزیک ۱

Physics I

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری
(هم نیاز) پیش نیاز:	ندارد

سرفصل‌ها

اندازه‌گیری، بردارها، حرکت در یک بعد، حرکت در یک صفحه، دینامیک ذره، کار، بقاء انرژی، دینامیک سیستم‌های ذرات، سینماتیک و دینامیک دورانی، تعادل اجسام صلب، تعاریف دما و گرما، قانون صفر و اول و دوم ترمودینامیک، نظریه‌ی جنبشی گازها

کتاب پیشنهادی

1-Halliday, D. and Resnick, R. ; "Fundamentals of Physics"; John Wiley & Sons Inc. ; 1986



آزمایشگاه فیزیک ۱

Laboratory of Physics I

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	(فیزیک ۱)

سرفصل‌ها

تعیین گرمای ویژه مایعات به روش سرد شدن، تعیین ضریب انبساط حجمی مایعات، تعیین گرمای نهان ذوب یخ، تعیین گرمای نهان تبخیر، تعیین ضریب انبساط طولی جامدات، ترمومتر گازی، تعیین کشش سطحی مایعات، تعیین ضریب هدایت حرارت جامدات، تحقیق قوانین بویل، ماریوت، گیلوساک، تعیین کشش سطحی مایعات (لوله های موئین)، ویسکوزیته، چگالی سنج به وسیله قطره چکان هلیکه (تعیین کشش سطحی مایعات)، شناسایی و سایل اندازه گیری و محاسبه خطاها



فیزیک ۲ Physics II

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری- پایه
(هم‌تایز) پیش‌نیاز:	فیزیک ۱

سرفصل‌ها

بار و ماده، میدان الکتریکی، قانون گوس، پتانسیل الکتریکی، خازن‌ها و دی الکتریک‌ها، جریان و مقاومت، نیروی محرکه الکتریکی و مدارها، میدان مغناطیسی، قانون آمپر، قانون القاء فاراده، القاء، خواص مغناطیسی ماده، جریان‌های متناوب، معادلات ماکسول، امواج الکترومغناطیسی

کتاب پیشنهادی

1- Halliday , D. and Resnick, R. ; "Fundamentals of Physics" ; John Wiley & Sons Inc; 1986



آزمایشگاه فیزیک ۲ Laboratory of Physics II

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی
(همینااز) پیش‌نیاز:	آزمایشگاه فیزیک ۱، (فیزیک ۲)

سرفصل‌ها

شناسایی اسیلوسکوپ، شناسایی گالوانومتر و طرز تبدیل آن به آمپر متر و ولت متر و وات متر، رسم منحنی مشخصه لامپ‌های دوقطبی و سه قطبی و دیود و ترانزیستور، اندازه‌گیری ظرفیت خازن‌ها و تحقیق قوانین آن‌ها، اندازه‌گیری مقاومت ظاهری سلف اندوکسیون (RL-RC)، اندازه‌گیری مقاومت (پل تار، پل وتسون، پل کلون، رسم منحنی هیستریزیس)



دروس اصلی

۲۸ واحد



زمین‌شناسی در مهندسی معدن Geology in Mining Engineering

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	(شیمی عمومی)
هدف:	آشنایی با زمین، فرآیندهای فعال تغییر دهنده‌ی پوسته‌ی زمین، شناخت زمین‌شناسی و ارتباط آن با مهندسی معدن و سایر پروژه‌های مهندسی

سرفصل‌ها

- کلیات: تعاریف، آشنایی با شاخه‌های زمین‌شناسی، رابطه‌ی زمین‌شناسی با سایر رشته‌های علوم و مهندسی (به‌ویژه معدن و عمران)، مفاهیم و تعاریف (کانی، سنگ، کانسار کانی ...)
- زمین: مشخصات، موقعیت در فضا، سنگ کره، هواکره، آب کره
- زمین‌شناسی تاریخی: تعیین سن مطلق و نسبی در زمین‌شناسی، فسیل‌ها و تعیین سن چینه‌ها و چینه‌شناسی، تقسیم‌بندی زمان در زمین‌شناسی (دوران، دوره‌ها، دورها)، وقایع مهم در دوران‌ها شامل کوهزایی‌ها
- فرآیندهای زمین: فرآیندهای درونی و بیرونی زمین، فرآیندهای آذرین و آتشفشانی (فعالیت‌ها، مشخصات عمومی و خصوصیات کلی فیزیکی و مکانیکی سنگ آذرین)، فرآیندهای دگرگونی (مفاهیم و تعاریف، عوامل مؤثر در دگرگونی، انواع فرآیندها، تغییرات حاصل از دگرگونی، رخساره‌ها)، فرآیندهای ساختاری (عوامل مؤثر در تغییر شکل پوسته‌ی زمین، ساخت‌های اولیه، چین‌ها، گسل‌ها، درزه‌ها)
- فرآیندهای بیرونی زمین: فرآیندها و عوامل مؤثر در آنها (فرسایش، جابجایی، رسوبگذاری)، فرآیندهای رسوبی (هوازدگی و تشکیل خاک، جابجایی و رسوبگذاری، رسوبات قاره‌ای، رسوبات محیط‌های دریایی، رسوبات حد فاصل، دیاتز و سنگ شدگی)، فرآیندهای آب و هوایی (باد، تأثیر و فرسایش، بادرفتها و توسعه‌ی صحراها)، آبهای جاری (فرسایش، حمل و رسوبگذاری، سیلاب‌ها و اثرات آن، امواج و تأثیرات بر سواحل، آب‌رفت‌ها)، آب‌های زیرزمینی (نحوه‌ی تشکیل، حرکت، منابع، آلودگی، بهره‌برداری از منابع)
- نقش و کاربرد زمین‌شناسی در مهندسی معدن و فعالیت‌های عمرانی مرتبط با معدنکاری:
 - نقش زمین‌شناسی در خصوص تشکیل و شناسایی و اکتشاف، استخراج، توسعه معدن و فرآوری مواد معدنی و شرح مختصر چگونگی استفاده از انواع داده‌ها و نقشه‌های زمین‌شناسی برای این موارد
 - استفاده از داده‌های زمین‌شناسی سطحی و زیر سطحی در اکتشافات مهندسی و ژئوتکنیکی برای حل مسائل مهندسی مرتبط با پایداری کارگاه‌های استخراج زیرزمینی و دیواره‌های شیبدار معادن سطحی
 - استفاده از انواع داده‌های زمین‌شناسی برای حل مسائل مهندسی حفاریات زیرزمینی (از قبیل تونل‌های معدنی و راهسازی، فضاهای استخراج و یا ذخیره‌سازی مواد معدنی و نفتی)
 - آشنایی با الزامات اولیه در انتخاب ساختگاه‌ها از منظر مخاطرات مهم زمین‌شناسی از جمله: سیلاب، زلزله، فرونشست زمین، جابجایی‌ها و حرکات زمین (ناپایداری شیب‌ها و دامنه‌ها، عوامل مؤثر در ناپایداری، انواع گسیختگی‌ها، لغزش یا رانش زمین، خزش، نشست سطح زمین)
- بازدید: این درس همراه با یک تا دو بازدید صحرایی برای شناخت عملی سازندها و عوامل ساختاری زمین‌شناسی است.



منابع:

۱. مدنی، حسن؛ شفیقی، سیروس. زمین‌شناسی عمومی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۶ چاپ ۳۳.
۲. معتمد، احمد. زمین‌شناسی عمومی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۶.
۳. معماریان، حسین، "زمین‌شناسی برای مهندسين"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهاردهم، ۷۶۸ صفحه، ۱۳۹۵.
4. Abzalov, M. (2016). *Applied mining geology* (Vol. 12). Springer International Publishing.
5. Blyth, F. G. H., & De Freitas, M. (2017). *A geology for engineers*. CRC Press.
6. de Vallejo, L. G., & Ferrer, M. (2011). *Geological engineering*. CRC Press.
7. Marjoribanks, R. (2010). *Geological methods in mineral exploration and mining*. Springer Science & Business Media.
8. Marshak, S. (2018). *Earth: Portrait of a Planet: 6th Edition*. Norton & Company
9. Parriaux, A. (2009). *Geology, basic for engineers*. CRC Press.
10. Singh, P. (2009). *Engineering & General Geology*. SK Kataria and Sons.



استاتیک

Statics

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری (۴۸ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	ریاضی عمومی ۱
هدف:	ایجاد قابلیت برای پیش بینی اثرات نیروها در اجسام ساکن و ایجاد زمینه‌ی لازم برای حل، تحلیل و طراحی مسائل مهندسی در سطوح و دروس بالاتر

سرفصل‌ها

سرفصل‌ها

- فصل اول: استاتیک ذره ها
 - واحدها، تبدیل واحدها، دقت نتایج، تجزیه و برآیندگیری از نیروها، قانون متوازی‌الاضلاع و مثلث، قانون سینوسها و کسینوسها
 - تجزیه نیروها در دو راستای عمود بر هم، برآیندگیری از نیروهای عمود بر یکدیگر، تجزیه و برآیندگیری از نیروها در فضا
- فصل دوم: اجسام صلب: سیستم - نیروهای معادل
 - اصل انتقال نیرو، ضرب خارجی (برداری) بردارها، گشتاور نیرو حول یک نقطه، قضیه وارینون، گشتاور نیرو بر حسب مولفه های عمود بر هم
 - ضرب داخلی (عددی) دو بردار، ضرب مختلط بردارها، تعیین گشتاور نیرو حول یک محور مشخص
 - کوپل نیرو، گشتاور کوپل، کوپلهای معادل، جمع کردن کوپلها، تبدیل نیرو به کوپل و نیرو
 - تبدیل یک دستگاه نیرو به یک نیرو و یک کوپل، دستگاه نیروهای معادل، سیستم های بردار همسنگ، ساده‌تر کردن دستگاه نیروها، تبدیل دستگاه نیرو به رنج
- فصل سوم: تعادل اجسام صلب
 - تعادل اجسام صلب، معادلات تعادل دو بعدی، عکسالعمل های تکیه گاهی در دو بعد، اجسام معین و نامعین، اجسام مقید و نامقید
 - تعادل اجسام دو نیرویی و سه نیرویی - تعادل اجسام در سه بعد - عکس العملهای تکیه گاهی در سه بعد
- فصل چهارم: نیروهای گسترده: مرکز جرمها و گرانیگاه ها
 - مرکز ثقل و مرکز هندسی احجام، سطوح و خطوط - گشتاور اول حجم، سطح و سطوح مرکب
 - قضایای پاپوس و گلدینوس، نیروهای گسترده، نیروهای وارد بر سطوح غوطه ور
- فصل پنجم: تحلیل سازه ها
 - خرپا، خریاهای ساده مفهوم پایداری خرپا، تحلیل خرپا با روش مفصل
 - مفصلهای تحت شرایط بارگذاری خاص، حل خرپا با روش مقطع
 - قاب‌ها، تعریف قاب، تحلیل قاب
- فصل ششم: نیروها در تیرها و کابلها
 - مفهوم نیروها و گشتاور خمشی داخلی (عوامل مقاوم داخلی)، تیرها، مفاهیم اولیه، انواع تیرها، نیروهای برشی و گشتاور خمشی در تیرها



- نمودار نیروهای برشی و گشتاور خمشی در تیرها، معادلات دیفرانسیل حاکم بر عوامل داخلی تیرها

• فصل هفتم: اصطکاک

- قوانین اولیه اصطکاک، ضرایب اصطکاک، زوایای اصطکاک، مسائل ساده و اولیه

منابع:

۱- پی.یر، جانستون و مازورک، "استاتیک، مکانیک برداری برای مهندسان (جلد اول)". ترجمه ابراهیم واحدیان،

فرشید واحدیان، نشر علوم دانشگاهی، ویراست دهم، ۱۳۹۴

۲- مریام، جیمز و کرایک، گلن؛ "استاتیک"؛ ترجمه‌ی انتظاری، علیرضا؛ چاپ پنجم؛ نورپردازان؛ ۱۳۸۳



مقاومت مصالح Strength of Materials

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری (۴۸ ساعت) - اصلی
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	استاتیک
هدف:	آشنایی با مبانی تئوریک و کاربردهای مکانیک جامدات در طراحی و تحلیل سازه‌ها و بررسی مقاومت داخلی و تغییر شکل اجسام تحت تاثیر بارهای خارجی

سرفصل‌ها:

- فصل اول: یادآوری استاتیک
 - انواع تیرها و تکیه‌گاه‌ها، نیروهای داخلی و روش‌های تعیین و ترسیم آنها در اعضای خطی، نیروی محوری، نمودار نیروی برشی و لنگر خمشی در تیرها
- فصل دوم: تنش
 - مفهوم تنش، نیروی محوری و تنش قائم، تنش برشی متوسط، تنش مجاز، فاکتور ایمنی
- فصل سوم: کرنش و رابطه تنش و کرنش
 - تغییر شکل‌ها و مفهوم کرنش، نمودار تنش - کرنش، قانون هوک و ضریب ارتجاعی، تفسیر منحنی تنش - کرنش، ضریب پواسون، قانون تعمیم یافته هوک، تغییر شکل‌های محوری سیستم‌های استاتیکی معین و نامعین، انرژی کرنشی ارتجاعی برای تنش‌های تک محوری، انرژی کرنشی ارتجاعی برای تنش‌های برشی، انرژی کرنش برای تنش‌های چند محوری
- فصل چهارم: پیچش
 - کاربرد روش مقطع در پیچش، فرض‌های اساسی، رابطه پیچش، طراحی میله‌های استوانه‌ای در پیچش، زاویه پیچش میله‌های استوانه‌ای، پیچش میله‌های استوانه‌ای در شرایط استاتیکی نامعین
- فصل پنجم: خمش خالص در تیرها
 - تحلیل تنش‌های وارد بر تیرهای تحت لنگر خمشی خالص، تیرهای مرکب، بتن مسلح
- فصل ششم: تنش‌های برشی در تیرهای تحت بارگذاری عرضی
 - نیروهای برشی طولی وارد بر تیرهای تحت بارگذاری عرضی، تنش‌های برشی طولی وارد بر تیرهای تحت بارگذاری عرضی
- فصل هفتم: ترکیب تنش‌ها
 - اصل جمع آثار در تنش‌ها، ترکیب اثر نیروی محوری و لنگر خمشی، خمش دو محوره، ترکیب تنش‌های برشی، اعضای تحت بار خارج از برون محور
- فصل هشتم: تبدیل تنش و کرنش
 - تبدیل تنش‌ها، دایره تنش موهر، تبدیل کرنش‌ها، روابط تبدیل کرنش صفحه‌ای، دایره کرنش موهر
- فصل نهم: ستون‌ها
 - نظریه کماتش ستون‌ها، رابطه اویلر برای ستون‌ها، شرایط مختلف رابطه اویلر، محدودیت‌های فرمول اویلر
- فصل دهم: تنش در سازه‌های پوسته‌ای جدار نازک
 - مخازن تحت فشار جدار نازک، مخازن تحت فشار استوانه‌ای، کروی، معرفی پوسته‌های جدار نازک دوار



منابع:

۱. بیر، جانستون، دی وولف، مازورک، "مقاومت مصالح"، ترجمه ابراهیم واحدیان، فرشید واحدیان، ویراست ششم، ناشر: نشر علوم دانشگاهی، (۱۳۹۳).
۲. پوپوف، ایگور، پی‌یر، فردیناند و جانسون، راسل؛ "مقاومت مصالح"، ترجمه‌ی طاحونی، شاپور؛ ویراست دوم، ناشر: پارس آیین، چاپ بیست و پنجم؛ (۱۳۹۶).
3. Beer, F., DeWolf, J., Johnston. E. R. & Mazurek, D. "Mechanics of materials", McGraw-Hill Education, 7th ed. (2014).
4. Hibbler, R.C. "Mechanics of Materials", Prentice hall, Ninth Edition. (2014).



مکانیک سیالات Fluid Mechanics

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری (۴۸ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	مقاومت مصالح
اهداف:	آموزش مبانی نظری مکانیک سیالات به منظور کاربرد در دروس بالاتر و مکانیک سیالات کاربردی

سرفصل‌ها

- خواص سیال: تعریف سیال، سیالات و محیط پیوسته، واحدها، لزجت (قانون لزجت نیوتن و ضریب لزجت)، نیرو و جرم (جرم و حجم و وزن مخصوص، چگالی، فشار)، گاز کامل، مدول الاستیسیته‌ی حجمی، فشار بخار، کشش سطحی

- استاتیک سیالات: فشار (مکش) در یک نقطه، معادله‌ی اصلی استاتیک سیالات، واحدهای اندازه‌گیری فشار و مانومترها، نیروهای وارد بر صفحات مسطح، مؤلفه‌های نیروی وارد بر سطوح منحنی، قوانین شناوری، پایداری اجسام شناور، تعادل نسبی

- جریان سیال، مفاهیم و معادلات اصلی: مشخصه‌های جریان و تعاریف: سیستم و حجم کنترل؛ معادلات پیوستگی و انرژی و مقدار حرکت؛ معادله‌ی اولر در امتداد خط جریان؛ معادله‌ی برنولی؛ برگشت‌پذیری، برگشت ناپذیری، افت‌ها؛ معادله‌ی انرژی برای حالت دائمی؛ معادله‌ی اولر و قوانین ترمودینامیک؛ کاربرد معادله‌ی انرژی برای جریان تراکم ناپذیر دائمی؛ کاربردهای معادله‌ی مقدار حرکت؛ معادله‌ی لنگر مقدار حرکت؛ انقطاع جریان و کاویتاسیون

- تحلیل ابعادی و تشابه دینامیکی: گروه‌ها یا نسبت‌های بی‌بعد، تحلیل ابعادی، قضیه‌ی باکینگهام، پارامترها یا گروه‌های بی‌بعد در مکانیک سیالات و مفهوم آن‌ها، تشابه و مطالعه‌ی مدل

- جریان لزج، لوله‌ها و کانال‌ها: جریان‌های آرام و درهم، جریان‌های داخلی و خارجی؛ معادلات ناویه - استوکس؛ جریان آرام تراکم ناپذیر دائمی بین صفحات موازی، افت در جریان آرام؛ جریان آرام در لوله‌ها و حلقه‌ها؛ تنش برشی در جریان درهم، جریان درهم در مجاری باز و بسته؛ جریان یکنواخت دائمی در کانال‌های روباز؛ جریان تراکم ناپذیر دائمی در لوله‌ها (فرمول کلیروک، جریان در لوله، افت اصطکاکی)، افت‌های موضعی

- جریان تراکم پذیر: روابط گاز کامل، تغییرات انرژی داخلی و آنتالپی و آنتروپی گاز کامل؛ سرعت موج صوتی و عدد ماخ؛ جریان ایزنتروپیک (آدیاباتیک بی‌اصطکاک)؛ امواج ضربه‌ای؛ خط فانتو و خط ریلی؛ جریان آدیاباتیک همراه با اصطکاک در لوله‌ها؛ جریان بدون اصطکاک همراه با انتقال حرارت در لوله‌ها؛ جریان ایزوترم در لوله‌های طویل؛ تشابه امواج ضربه‌ای و امواج سطحی در کانال‌های روباز

تمرین: این درس همراه تمرین است تا دانشجویان مسائل تئوری را بهتر درک کرده و جنبه‌های کاربردی آنها را فراگیرند.

حل تمرین: برای این درس کلاس حل تمرین الزامی است.

منابع:

۱- وایلی، بنجامین و استریتر، ویکتور؛ "مکانیک سیالات"، ترجمه‌ی انتظاری، علیرضا؛ ناشر نوپردازان؛ چاپ ششم؛

۱۳۸۱



کانی شناسی Mineralogy

تعداد واحد: ۲ واحد
نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)
(هم نیاز) پیش نیاز: زمین شناسی در مهندسی معدن، شیمی عمومی
هدف: آشنایی با تشکیل و طبقه بندی بلورها و کانی های سیلیکاته و غیر سیلیکاته و روش های شناسایی عملی آنها در نمونه دستی

۱- بلورشناسی: مشخصات اصلی بلورها، قوانین اصلی بلورشناسی، بلورشناسی هندسی (ساختمان تناوبی درونی بلورها، عناصر و اعضای تقارن در بلورها، قانون پارامترها و مناطق، فرم های ساده ی بلورشناسی، ۷ سیستم تبلور، ماکل ها)،

۲- کانی شناسی:
- مقدمه ای بر کانی شناسی، خواص کانی ها خواص فیزیکی، خواص شیمیایی (پیوندهای اتمی، عدد هم آرایی، ظرفیت الکترواستاتیک، فرمول شیمیایی و روشهای محاسبه آن)، خواص متفرقه و جانشینی در کانی ها (هم تبیی، هم شکلی، محلول جامد، چند شکلی، پسودمرقسیم)، روش های کانی شناسی (تشخیص سریع بدون ابزار آزمایشگاهی، تشخیص آزمایشگاهی)، اساس طبقه بندی کانی ها
- کانی های سیلیکاته: طبقه بندی، مشخصات، پیدایش در طبیعت، کاربردها
- کانی های غیر سیلیکاته: رده بندی، مشخصات، پیدایش در طبیعت، کاربردها (عناصر آزاد، سولفورها و سولفوسالت ها، هالوژن ها، اکسیدها، کربنات ها، نیترات ها، سولفات ها،...)
منابع:

- 1- Klein, C., & Philpotts, A. R. (2016). *Earth materials: introduction to mineralogy and petrology*. 2nd Edition, Cambridge University Press.
- 2- Farndon, J. (2006). *The Practical Encyclopedia of Rocks & Minerals: How to Find, Identify and Collect the World's Most Fascinating Specimens, Featuring Over 800 Colour Photographs and Artworks*. Lorenz Books.
- 3- Klein, C., Dutrow, B., & Dana, J. D. (2007). *The 23rd edition of the manual of mineral science: (after James D. Dana)* (No. 549 KLE).
- 4- Nesse, W. D. (2016). *Introduction to mineralogy*. 3rd Edition, Oxford University Press.



آزمایشگاه کانی شناسی
Laboratory of Mineralogy

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	(کانی شناسی)
هدف:	آشنایی با روش‌های شناسایی عملی یلورها و کانی‌ها در نمونه‌های میکروسکوپی (کانی‌ها را در نمونه دستی توصیف و با استفاده از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شناسایی شوند)

سرفصل‌ها

- ۱- بلورشناسی هندسی (تقارن در بلور، سیستم‌های تبلور، ماکل و چند شکلی)
- ۲- آشنایی با روش‌های مختلف شناسایی کانی‌ها بصورت میکروسکوپی، تشخیص سریع کانی‌ها با ابزار ساده (ذره بین و اسید و...)، تشخیص خواص فیزیکی (شکل، تجمع بلورها، کانی‌های همراه (پاراژنز)، رخ، جلا، رنگ، شفافیت، شکستگی، خواص شیمیایی، مغناطیسی، اندازه‌گیری وزن مخصوص و ...).
- ۳- تشخیص حداقل ۱۰۰ کانی مهم سنگ ساز و کانسار ساز سیلیکاته و غیر سیلیکاته در آزمایشگاه

منابع:

- 1- Klein, C., & Philpotts, A. R. (2016). *Earth materials: introduction to mineralogy and petrology*. 2nd Edition, Cambridge University Press.
- 2- Farndon, J. (2006). *The Practical Encyclopedia of Rocks & Minerals: How to Find, Identify and Collect the World's Most Fascinating Specimens, Featuring Over 800 Colour Photographs and Artworks*. Lorenz Books.
- 3- Klein, C., Dutrow, B., & Dana, J. D. (2007). *The 23rd edition of the manual of mineral science: (after James D. Dana)* (No. 549 KLE).
- 4- Nesse, W. D. (2016). *Introduction to mineralogy*. 3rd Edition, Oxford University Press.



زمین‌شناسی ساختاری Structural Geology

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
پیش‌نیاز:	زمین‌شناسی در مهندسی معدن . مقاومت مصالح
هدف:	آشنایی با انواع ساختارهای زمین‌شناسی و نحوه‌ی تشکیل آن‌ها و شناسایی ساختارها در نقشه و زمین

سرفصل‌ها

- کلیات: موضوع، هدف، اهمیت در مهندسی معدن و عمران، طبقه‌بندی ساختارهای زمین‌شناسی، تفاوت با تکتونیک، روش‌های بررسی ساختارها
- مروری بر نیرو، تنش و کرنش: مفاهیم و تعاریف، انواع تنش‌ها، تنش‌های اصلی، رابطه‌ی تنش-کرنش، بیضوی کرنش،
- تغییر شکل: رفتار مواد (الاستیک، پلاستیک...)، عوامل مؤثر در تغییر شکل
- چین‌ها و چین‌خوردگی: انواع و اجزای چین‌ها، طبقه‌بندی چین‌ها، مکانیزم چین خوردگی
- گسل‌ها و گسلش: تعریف، اجزاء، نامگذاری و طبقه‌بندی گسل‌ها، مکانیزم گسلش، روش هندسی یافتن موقعیت بردار و میزان لغزش، طرز تشخیص و شناسایی گسل در زمین و نقشه، ارتباط بین تنش و کرنش با انواع گسل‌ها، یافتن جهات تنش‌های اصلی با استفاده از گسله‌ها
- شکستگی و درزه‌ها: شکستگی‌ها (انواع، معیار)، درزه‌ها (تعریف، مشخصات، انواع در ارتباط با ساخت‌های اصلی و گسل و چین‌ها و نامگذاری و طبقه‌بندی، مکانیزم درزه‌دار شدن)، ارتباط بین انواع درزه‌ها و محورهای اصلی تنش و کرنش
- تصاویر استریوگرافیک، آشنایی با انواع شبکه‌ها و کاربرد آن‌ها، تصاویر استریوگرافیک (خط، صفحه، قطب صفحه، زاویه‌ی خط- صفحه، زاویه‌ی دو صفحه...)، یافتن Rake، پلانچ، شیب ظاهری و حقیقی در استریونت
- فابریک: ساخت‌های خطی و صفحه‌ای، ناپیوستگی‌ها، مناطق برشی
- ساختارهای غیر تکتونیک: ساختارهای آذرین، ثقیلی...
- منشاء فرآیندهای درونی زمین: نظریه‌ی تکتونیک صفحه‌ای، صفحات پدید آورنده‌ی پوسته‌ی زمین، پوسته‌ی قاره‌ای و اقیانوسی، جابجایی قاره‌ها و گسترش بستر اقیانوس‌ها، تکتونیک صفحه‌ای و رابطه‌ی آنها با فرآیندهای درونی زمین، تکتونیک ایران
- کار عملی و بازدید صحرایی به منظور آشنایی با ساختارها و عناصر هندسی آن در روی زمین

منابع

- 1- Fossen, H., Structural Geology, Cambridge University Press, Second edition, 2018. 463pp
- 2- Pluijm, B.A. ; Marshak, S. ; "Earth Structure", W.W. Norton & Company N.Y. ; 2004
- 3- Davis, G.H. & Reynold, S.J. ; "Structural Geology of Rocks and Regions", 2nd Edition; John Wiley & sons; 1996
- 4-Ragan, D.M. ; "Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques"; 3rd Edition, New York, John Wiley & sons; 1985
- 5-Marshak, S. & Mitra, G. ; "Basic Methods of Structural Geology"; Prentice-Hall; 1988



زمین شناسی اقتصادی Economic Geology

تعداد واحد: ۲ واحد
نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)
پیش‌نیاز (هم نیاز): سنگ شناسی، (زمین شناسی ساختاری)

هدف: آشنایی با اهمیت زمین‌شناسی اقتصادی در اکتشاف کانسارها، آشنایی با اثر عوامل تکتونیکی، ساختمانی، سنگ شناسی و چینه ای (سن) در تشکیل کانسارهای مختلف و مکانیزم های غنی شدگی، معرفی تیپ‌های مختلف کانسارها، نحوه تشکیل و ویژگی‌های مختص به هر تیپ کانسار.

سرفصل‌ها

تعاریف و مفاهیم (از جمله کانسار یا کانسنگ، عیار، عیار حد، ذخیره، باطله)، انواع رده‌بندی ذخایر معدنی (بر اساس نحوه تشکیل، بر اساس نحوه قرارگیری نسبت به سنگ میزبان، بر اساس نوع ماده معدنی، بر اساس نوع ذخیره و بر اساس منشأ و موقعیت تکتونیکی و غیره)
رده بندی کلی کانسارها بر اساس زمان (ایپژنتیک و سنزنتیک)، مکان (ایندوژن و اگزوژن) و مکانیسم تشکیل آنها (هیپوژن و سوپرژن)، همچنین رده بندی کانسارها بر اساس محیط لیتوگرافی-تکتوگرافی-استراتیگرافی
شرح فرآیندهای ماگمایی و انواع کانسارهای ماگمایی
فرآیندهای مؤثر در تشکیل کانسارها از نظر منشأ و ماهیت سیالات کانه دار همانند ماگما، مهاجرت سیالات کانه دار و تهشته شدن ذخایر معدنی و عوامل کنترل کننده کانی سازی
بررسی نحوه تشکیل ذخایر معدنی تحت عوامل درونی (ماگماتیسم، عوامل دگرگونی و محلول های گرمایی یا هیدروترمال) و بیرونی (لیتوسفر، هیدروسفر و اتمسفر)
شرح کانسارهای باکتریوژن، تبخیری، پلاسری و تغلیظ سوپرژن و اکسیداسیون
معرفی انواع آلتراسیون‌ها و اهمیت آنها در اکتشاف

بررسی تیپ‌های مهم کانسارها از نظر موقعیت تکتونیکی، سنگ منشأ، زون‌های دگرسانی، خصوصیات ذخیره، کلیدهای مهم اکتشافی آنها شامل:

۱- کانسارهای همراه توده‌های نفوذی از جمله کانسارهای تیپ پورفیری (کانسارهای مس پورفیری، مولیبدن پورفیری، مس-مولیبدن پورفیری، مس-طلا پورفیری و قلع و تنگستن پورفیری) و کانسارهای اسکارن همراه توده‌های نفوذی، کانسارهای همراه سنگ‌های مافیک و الترامافیک، کانسارهای همراه پگماتیت‌ها و دیگر کانسارهای همراه توده‌های نفوذی

۲- کانسارهای همراه سنگ‌های رسوبی (پلاسرها، کانسارهای تبخیری، رسوبی شیمیایی، رسوبی آواری، کانسارهای همراه سنگ‌های کربناته و ماسه‌سنگ‌ها)

۳- کانسارهای همراه سنگ‌های آتشفشانی: کانسارهای ماسیوسولفید (ماسیوسولفیدهای نوع آتشفشانی و ماسیوسولفیدهای رسوبی)، کانسارهای گرمایی (هیدروترمال) بویژه کانسارهای ایپی‌ترمال

۴- کانسارهای دگرگونی ناحیه‌ای و همبری

۵- کانسارهای غیرفلزی



ایالتها، کمربندها و مناطق فلز زایی و معدنی و پراکندگی مواد معدنی در ایران
کانسارهای ایران: کانسارهای فلزی، غیرفلزی، نفت و گاز، منابع ژئوترمال
بازدید: انجام حداقل یک بازدید چند روزه از کانسارهای بزرگ ایران ضرورت دارد.

منابع:

- ۱- شهاب پور جمشید، زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۸۶.
- ۲- اسمیرنف، و. ای.، زمین شناسی ذخایر معدنی، ترجمه کرامت الله علی پور، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۷.
- ۳- قربانی منصور، دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۱.
- ۴- سعادت، س.؛ کریم پور، م. ح.، زمین شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات ارسلان، ۱۳۸۹.
- 5- Edwards, R. (2012). Ore deposit geology and its influence on mineral exploration. Springer Science & Business Media.



سنگ شناسی Petrology

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(همین‌بار) پیش‌نیاز: کانی شناسی و آزمونگاه کانی شناسی

هدف: آشنایی با نحوه تشکیل و طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی مهم

سرفصل‌ها

۱- سنگ‌های آذرین

تعاریف و مشخصات ماگما، منشا و تحولات ماگمایی و پس‌آذرین، وضع زمین‌شناسی توده‌های آذرین (خروجی و درونی) و شرایط تشکیل و شکل توده‌های آذرین، مطالب عمده در خصوص محلول‌های گرمایی و دگرسانی، ساخت و بافت، کانی‌های سنگ‌ساز، طبقه‌بندی و شرح دسته‌های مهم سنگ‌های آذرین خروجی و درونی

۲- سنگ‌های رسوبی

تعاریف و مشخصات چگونگی تشکیل، ساخت‌های مهم، بافت، ترکیب شیمیایی، کانی‌ها، طبقه‌بندی و نامگذاری، دیانز و شرح دسته‌های مهم سنگ‌های آواری و غیرآواری

۳- سنگ‌های دگرگونی

تعاریف و مشخصات چرخه سنگ، محیط و عوامل مؤثر در دگرگونی، مکانیزم ایجاد تغییرات در سنگ‌های دگرگونی، ساخت و بافت، کانی‌ها، تغییر ترکیب شیمیایی کانی‌ها، انواع دگرگونی، مناطق و رخساره‌های دگرگونی، دگرگونی پیش‌رونده و پس‌رونده، رابطه ماگما و کوهزائی با دگرگونی، دگرگونی مجاورتی، فرق دگرگونی و دگرسانی، طبقه‌بندی و نامگذاری سنگ‌های دگرگونی

منابع

- 1- Klein, C., & Philpotts, A. R. (2016). *Earth materials: introduction to mineralogy and petrology*. 2nd Edition, Cambridge University Press.
- 2- Farndon, J. (2018). *How to Find, Identify and Collect the World's Most Fascinating Specimens, with Over 800 Detailed Photographs and Illustrations*, The Illustrated Guide to Rocks & Minerals.
- 3- Frost, B. R., & Frost, C. D. (2013). *Essentials of igneous and metamorphic petrology*. Cambridge University Press.
- 4- Boggs Jr, S., & Boggs, S. (2009). *Petrology of sedimentary rocks*. Cambridge University Press.



آزمایشگاه سنگ شناسی Laboratory of Petrology

تعداد واحد: ۱ واحد
نوع درس: عملی (۳۲ ساعت)
(همیناز) پیش‌نیاز: (سنگ شناسی) و کانی‌شناسی
هدف: آشنایی با روش‌های شناسایی عملی انواع سنگ‌ها در نمونه‌های دستی

سرفصل‌ها

طبقه‌بندی انواع سنگ‌ها از نظر خصوصیات ظاهری در نمونه‌های دستی در آزمایشگاه
بررسی و مطالعه ساخت و بافت سنگ‌ها توسط ابزار آزمایشگاهی (ذره‌بین و ...)
مطالعه انواع سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی و طبقه‌بندی سنگ‌های درونی در نمونه‌های دستی بر اساس
روش مدال و نمودار IUGS
مطالعه انواع سنگ‌های رسوبی آواری و غیر آواری (شیمیایی و بیوشیمیایی) و آذر آواری،
مطالعه انواع سنگ‌های دگرگونی با درجات مختلف دگرگونی و دارای فولیاسیون و فاقد فولیاسیون

منابع

- 1- Klein, C., & Philpotts, A. R. (2016). *Earth materials: introduction to mineralogy and petrology*. 2nd Edition, Cambridge University Press.
- 2- Farndon, J. (2018). *How to Find, Identify and Collect the World's Most Fascinating Specimens, with Over 800 Detailed Photographs and Illustrations*, The Illustrated Guide to Rocks & Minerals.
- 3- Frost, B. R., & Frost, C. D. (2013). *Essentials of igneous and metamorphic petrology*. Cambridge University Press.
- 4- Boggs Jr, S., & Boggs, S. (2009). *Petrology of sedimentary rocks*. Cambridge University Press.



کارتوگرافی Cartography

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	نظری و عملی (۸ ساعت نظری + ۱۶ ساعت عملی)
(همیناز) پیش‌تياز:	زمین شناسی ساختاری
هدف:	آشنایی با انواع نقشه ها و اصول کاربردی کارتوگرافی

سرفصل‌ها

- نقشه‌های توپوگرافی (آشنایی، تفسیر، رسم مقاطع، اندازه‌گیری‌ها از روی نقشه)، کمپاس (آشنایی، اجزاء، انواع، اندازه‌گیری ساختارهای خطی و صفحه‌ای)
- روش‌های تعیین و بیان موقعیت عناصر ساختاری صفحه‌ای و خطی بر مبنای شیب، امتداد، آزمون...
- نقشه‌های زمین‌شناسی: روش تهیه، نمایش واحدهای سنگی (صفحه‌ای، خطی، توده‌ای)، معرفی علائم (سنگی، زمانی، ساختمانی) استاندارد
- محاسبه‌ی شیب حقیقی و ظاهری عناصر ساختاری صفحه‌ای، پلانج و Rake به روش‌های ترسیمی و ریاضی، روش‌های هندسی محاسبه‌ی ضخامت لایه‌ها و عمق با استفاده از داده‌های سطحی و عمقی
- ارتباط طرح‌های بیرون‌زدگی با توپوگرافی (تکمیل طرح‌های بیرون‌زدگی واحدهای ساختمانی نظیر لایه، گسل، دایک و ... بر روی نقشه‌های توپوگرافی بزرگ مقیاس) به کمک داده‌های نقطه‌ای
- تفسیر نقشه‌های زمین‌شناسی، تفسیر ساختاری نقشه‌ها، رسم پروفیل چین‌ها، نمایش ناپیوستگی‌ها در نقشه‌های زمین‌شناسی
- نقشه‌های هم‌تراز ساختاری، تفسیر و رسم مقاطع در آن‌ها، نمایش انواع گسل‌ها در آن‌ها، نقشه‌های هم‌ضامت و هم‌عمق
- روش‌های برداشت درزه‌ها در روی زمین، نمودارهای نمایش درزه‌ها و تحلیل آنها (هیستوگرام، رزیدیاگرام، کنتور دیاگرام)
- کار عملی با تصاویر استریوگرافیک و استفاده از نرم افزارهای مربوط برای تحلیل‌های استریوگرافیک: چین‌ها، درزه‌ها، درزه‌های در ارتباط با چین‌خوردگی‌ها و زون‌های گسله، گسل‌ها (تحلیل و نمایش استریوگرافیک انواع گسله‌ها)

منابع

- ۱- فوکو، آ. و راتو، ژ.ف.، مقاطع و نقشه‌های زمین‌شناسی، ترجمه محسن پور کرمانی، شرکت چاپ گوته.
- ۲- مالتن، آ. نقشه‌های زمین‌شناسی، ترجمه حسن مدنی، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۷۸.
- ۳- سیمپسون، ب. نقشه‌های زمین‌شناسی، ترجمه فرید مر، مرتضی جمی، ۱۳۷۱.
- ۴- مارشاک، اس.، میترا، ش.، روشهای اساسی زمین‌شناسی ساختمانی، ترجمه معتمدی، ح.، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۱.
- 5- Benison, G. M., An introduction to geological structure and maps, Chapman and Hall, 1990.



برداشت زمین‌شناسی Field Geology

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی صحرایی (۴۸ ساعت)
پیش‌نیاز:	سنگ شناسی و آزمایشگاه، کارتوگرافی
هدف:	آشنایی با عکس‌های هوایی و ابزار ساده‌ی نقشه برداری و نحوه‌ی تهیه مقاطع زمین شناسی، نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و درزه‌نگاری.

سرفصل‌ها

- آشنایی با وسایل و تجهیزات برداشت صحرایی و کار با آنها؛ کمپاس، میز نقشه‌کشی، ...
- روش‌های برداشت مقاطع توپوگرافی، زمین شناسی و درزه نگاری و تفسیر آنها
- آشنایی با نرم افزارهای ساماندهی داده‌های صحرایی: Dips, Surfer, Auto Cad.
- تهیه‌ی نقشه‌ی مبنای زمین‌شناسی توسط عکس‌های هوایی در محدوده‌ی حداقل ۴ عکس هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و رسم مقاطع عرضی زمین شناسی در آزمایشگاه

* کار به‌صورت گروهی در گروه‌های ۳ تا ۵ نفره انجام خواهد شد.
** این درس شامل چند جلسه تدریس تئوری و چند روز عملیات صحرایی است.

- 1- Coe, A. L. (Ed.). (2010). *Geological field techniques*. John Wiley & Sons.
- 2- Lisle, R. J., Brabham, P., & Barnes, J. W. (2011). *Basic geological mapping* (Vol. 42). John Wiley & Sons.
- ۳- کو، آ. آرگلز، ت. روضری، د.و. ۱۳۹۵. روش‌های صحرایی زمین‌شناسی، ترجمه رحیمی، ب.، قائمی، ف.؛ دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۷۲ص



کانی شناسی نوری و فرآیند و آزمایشگاه

Optical and Process Mineralogy and Laboratory

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	نظری و عملی (۸ ساعت نظری + ۱۶ ساعت عملی)
(همیناز) پیش نیاز:	کانی شناسی
هدف:	آشنایی با مبانی نور پلاریزه و کار با میکروسکوپ پلاریزان و شناسایی کانی‌ها در تیغه‌ی نازک و با میکروسکوپ پلاریزان

سرفصل‌ها

- طرز تهیه تیغه‌های نازک
- شناخت میکروسکوپ پلاریزان و متعلقات آن
- مختصری در مورد خواص نور و نور پلاریزه، بیرفرژانس، نور پلاریزه‌ی متقارب، سایر مشخصات نوری و فیزیکی کانی‌ها
- شناسایی سیستماتیک کانی‌ها
- رابطه‌ی ترکیب شیمیایی کانی‌ها با خواص نوری آن‌ها
- استفاده از خواص نوری کانی‌ها در تیغه‌های نازک
- شناخت کانی‌های مهم سنگ ساز
- شناخت کانی‌های غیر فلزی کانسار ساز

عملی

- تهیه تیغه‌های نازک از کانی‌ها و سنگ‌ها
- شناسایی کانی‌ها در تیغه نازک به کمک میکروسکوپ

منابع

- 1- Nesse, W., (2012). *Introduction to Optical Mineralogy*, Oxford University Press.
- 2- Gribble, C. (2012). *A practical introduction to optical mineralogy*. Springer Science & Business Media.
- 3- Raith, M. M., Raase, P. R., & Reinhardt, J. R. (2011). *Guide to thin section microscopy*. University of Bonn.
- 4- Dyar, M. D., Gunter, M. E., & Tasa, D. (2008). *Mineralogy and optical mineralogy* (p. 708). Chantilly, VA: Mineralogical Society of America.
- 5- Barker, A. J. (2014). *A key for identification of rock-forming minerals in thin section*. CRC Press.



کارگاه عمومی General workshop

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی (۴۸ ساعت کارگاهی)
(همنیاز) پیش‌نیاز:	ندارد
هدف:	آشنایی با ابزار و وسایل اندازه گیری مهندسی و شناخت اجزای ماشین

سرفصل‌ها

- شناسایی انواع ابزارها و کاربرد آنها
- شناسایی وسایل مورد نیاز (کولیس و ...) و کاربرد آنها
- شناسایی انواع ماشین های ابزار
- شناسایی ماشین‌های گوناگون نجاری و مدل سازی
- شناسایی اجزا ماشین (چرخ دنده، فنر، یاتاقان، چرخ، تسمه و ...)
- سوهان کاری (ساخت قطعه ای با سوهان، گونیا کردن، سوراخ کاری، قلاویز)
- نجاری (ساخت قطعه ای در کارگاه نجاری به طوری که در ساخت آن از دستگاه های مختلف استفاده شود)
- لوله کشی (شناسایی قطعات گوناگون لوله کشی و لوله کشی یک مدار مناسب که حاوی اجزا گوناگون باشد)



آشنائی با مهندسی معدن و صنایع معدنی
Acquainting of Mining Engineering &
Mining Industries

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	نظری (۱۶ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	زمین شناسی در مهندسی معدن
هدف:	آشنایی با رشته مهندسی معدن و صنایع معدنی و بازار کار آن

سرفصل‌ها

- مراحل مختلف فرایند اکتشاف (جایگاه اکتشاف در فرایند معدنکاری، معرفی کلی روش های اکتشاف، تکنولوژی های جدید در اکتشاف منابع، آینده تکنولوژی اکتشاف)
- استخراج و بهره برداری (استخراج مواد معدنی و توسعه پایدار، انواع روشهای استخراج سطحی و زیرزمینی، آینده و تکنولوژی جدید در استخراج معادن)
- مکانیک سنگ در مهندسی معدن (نقش مکانیک سنگ در اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی و سازه های عمرانی مرتبط)
- فرآوری مواد معدنی (جایگاه فرآوری در فرایند تبدیل سنگ معدن به محصول، معرفی کلی روش های فرآوری، تکنولوژی های جدید در صنعت فرآوری، بازیافت مواد معدنی و صنعتی)
- معرفی بازار کار مهندسين معدن و شرایط محیط کار آنان و شرح رشته های تخصصی این رشته در مقاطع تحصیلات تکمیلی
- بازدید: یک بازدید از معدن و یک بازدید از صنایع معدنی برای این درس الزامی است.



دروس تخصصی

۵۴ واحد

(دروس کارآموزی بدون احتساب در میانگین معدل و واحد می باشند)



نقشه‌برداری معدنی و عملیات Mine Surveying & Field Operation

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	۲ واحد نظری (۳۲ ساعت) + ۱ واحد عملی و آزمایشگاهی (۴۸ ساعت)
(همین‌باز) پیش‌نیاز:	ریاضی ۲
هدف:	آشنایی با اصول، روش‌ها و تجهیزات نقشه‌برداری و کاربرد آن‌ها در عملیات و کنترل عملیات در معدنکاری سطحی و زیرزمینی و پی‌جویی و اکتشافات، کسب تجارب عملی در نقشه‌برداری و نقشه‌کشی

سرفصل‌ها

الف- بخش نظری

- مفهوم، اهداف و تعاریف، اصول پایه‌ی نقشه‌برداری، نقشه‌برداری عمومی، نقشه‌برداری معدنی و اهمیت و انحصاری بودن آن
- نقشه‌ها و تصاویر: اطلاعات عمومی مربوط به زمین، سیستم‌های مختصات، شبکه‌های ژئودتیک، انواع نقشه‌ها، انواع تصاویر، اصول و قواعد نقشه‌کشی، اندازه‌گیری‌ها، منابع خطا و انواع آن، دقت اندازه‌گیری، مقیاس و نمایش
- برداشت با کمپاس و میز نقشه‌کشی: برداشت با کمپاس (هدف، کمپاس، ابزار مورد استفاده در پیمایش، برداشت‌ها و انواع آن‌ها، منابع خطا)، برداشت با میز نقشه‌کشی (میز نقشه‌کشی و اجزای آن، هدف، تنظیم و استقرار، روش‌های برداشت، رسم خطوط تراز با میز و دوربین آلیداد، منابع خطا)
- ترازبایی: هدف، واژه‌ها و مفاهیم، تجهیزات مورد استفاده، اصول ترازبایی، روش‌های محاسباتی، انواع ترازبایی و ترازبای‌ها، تصحیح‌ها، منابع خطا و ملاحظات، دقت در ترازبایی، تنظیم ترازبای و برداشت‌ها
- پیمایش: (هدف، اصول، روش‌ها، ابزار مورد استفاده در پیمایش محاسبات، کنترل، نقشه‌کشی)، تنودولیت‌ها و پیمایش با آن‌ها: انواع و اجزا تنظیم، کاربردها، منابع خطا، برداشت و اندازه‌گیری (زوایا، برداشت با کمپاس، فواصل) استفاده از تنودولیت به عنوان تاکتومتر، آشنایی با دوربین توتال و نحوه عملکرد آن
- پیمایش و مثلث‌بندی، منحنی‌های هم‌ارز (خطوط تراز، فواصل خطوط، معادل افقی، مشخصات خطوط، کاربردها، روش‌های تهیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی، نمایش علائم بر روی نقشه، رسم مقاطع)
- نقشه‌برداری معدنی زیرزمینی
- ایستگاه‌ها، تعیین و انتخاب ایستگاه نقشه‌برداری
- برداشت‌های افقی در کارهای زیرزمینی: برداشت‌های افقی در زیرزمین، شبکه‌های مبنا و ایجاد آنها، شبکه‌های برداشت، انواع نقاط ایستگاهی در شبکه‌ها، تنودولیت و اندازه‌گیری زوایای افقی و مایل و فاصله‌ها، تحلیل نتایج برداشت‌ها و محاسبه‌ی مختصات نقطه‌ای، جمع‌بندی خطاها در برداشت‌های زیرزمینی با تنودولیت
- برداشت‌های قائم در کارهای زیرزمینی: کلیات، تعیین تراز در چاه‌ها، ترازبایی هندسی در کارهای زیرزمینی، تحلیل نتایج ترازبایی هندسی، خطاها در ترازبایی هندسی، ترازبایی مثلثاتی و خطاها
- کاربردهای خاص نقشه‌برداری در کارهای زیرزمینی: تعیین مسیر و هدایت جهت برداشت ماشین‌آلات حفر تونل مانند TBM، نقشه‌برداری کارهای حفر شده از دو انتها، نقشه‌برداری در معادن روباز و کواری



- کلیات، شبکه‌های برداشت و مبنا و کار نقشه برداری؛ شبکه‌های مبنا، شبکه‌های نقشه برداری، کنترل تراز در معادن روباز و کواری
- کاربرد نقشه‌برداری در کارهای چالزنی و آتشفباری
- محاسبات مربوط به مساحت و احجام برداشت یا استخراج شده
- کاربرد نقشه برداری در پیجویی و اکتشافات زمین شناسی
- آیین‌نامه تهیه نقشه‌های مورد تأیید سازمان نظام مهندسی معدن
- چگونگی تدوین قراردادهای نقشه‌برداری معدنی و نحوه اجرای آنها

الف- بخش عملی

- کار عملی بر مبنای عناوین نقشه‌برداری معدنی در یک منطقه‌ی معدنی زیرزمینی: گروه‌بندی، استفاده از کمپاس، میز نقشه‌کشی و انجام برداشت‌های لازم برای تهیه نقشه‌های تعیین شده، اندازه‌گیری فواصل و زوایای افقی و قائم و پیمایش در مناطق تعیین شده برای هر گروه و برداشت‌های لازم برای تهیه نقشه‌های مناطق با مقیاس ۱:۱۰۰۰
- پیاده کردن قوس‌ها، برداشت‌های ممکن در فضاهای زیرزمینی موجود در منطقه
- آشنایی با نرم افزارهای نقشه‌کشی و کار با یکی از آنها، تهیه نقشه‌های تعیین شده از برداشت‌ها و پیمایش‌های صورت گرفته و محاسبات سطح و حجم در آزمایشگاه

منابع:

۱. برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن - وزارت صنایع و معادن، دستورالعمل تهیه نقشه‌های استخراجی معدن، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، شماره ردیف نشریه در انتشارات ۴۴۲
۲. ذوالفقاری، م. نقشه‌برداری عمومی - شناخت کلی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۵، چاپ بیست و نهم
۳. استوار، ر. نقشه‌برداری معدنی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
4. Das Saika, M. Mohan Das, B. Mohan Das, M. "Surveying", PHI Learning Co, 2010
5. Institute of Mine Surveyors, Surveying for Mine Surveyors", Institute of Mine Surveyors of South Africa, 2004, 493 P.
6. Staley, William Wesley. Introduction to mine surveying. Stanford University Press, 1964
7. Walker J, Awange JL. Surveying for Civil and Mine Engineers. Cham: Springer International Publishing AG; 2018.



مکانیک سنگ و آزمایشگاه Rock Mechanics & Laboratory

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	۲ واحد نظری (۳۲ ساعت) + ۱ واحد آزمایشگاهی (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	سنگ شناسی، مقاومت مصالح، (زمین شناسی ساختاری)
هدف:	آشنایی با خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ ها و همچنین شناخت انواع ناپیوستگی در توده سنگ و مطالعه رفتار آنها تحت بارهای اعمالی، آشنایی با سیستم های تقسیم بندی توده سنگ، آشنایی با اصول تحلیل الاستیک و روابط تنش-کرنش به منظور ایجاد درک عملی برای به کارگیری آنها در تحلیل پایداری و طراحی فضاهای زیرزمینی و دیواره های شیب دار، آشنایی عملی با روش های اندازه گیری خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و هیدرولیکی سنگ و خاک و نحوه ی انجام آزمایش ها و تعیین پارامترهای مکانیکی سنگ و خاک

سرفصل ها

الف- بخش تئوری:

- مقدمه: معرفی مختصر علم مکانیک سنگ و اهمیت و کاربرد آن در پروژه های معدنی و عمرانی همراه با یادآوری مفاهیم مکانیک جامدات و روابط تنش، کرنش، رفتار ارتجاعی و غیره ارتجاعی سنگ ها،
- اشاره ای به خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگها و رفتار آنها در مقابل انواع تنش وارده، روش های آزمایشگاهی در مطالعه رفتار سنگ، طبقه بندی ساختاری یا رده بندی مهندسی سنگ ها با تقسیم بندی ژنتیکی، ژئوتکنیکی، خواص فیزیکی واندیسی سنگ ها و طبقه بندی براساس آنها،
- انواع ناپیوستگی ها در توده سنگ: معرفی انواع ناپیوستگی ها در توده سنگ، روش برداشت ناپیوستگیها، معرفی نرم افزار DIPS ، ...
- رده بندی مهندسی توده های سنگ: روش ترزاقی (Rock loads)، روش لوفر (Stand-up time)، روش دیر (RQD)، روش ویکهام و همکاران (RSR)، روش بیناوسکی یا تقسیم بندی ژئومکانیکی (RMR)، روش بارتون و همکاران (Q)....
- مقدمه ای بر تنش های زمین (تنش های ثقلی، تنش های تکنونیک، تنش های محلی تنش در پوسته باقیمانده، تأثیر عواملی نظیر چین خوردگی و فرسایش روی تنش های زمین) و اثرات آنها بر سازه های زیرزمینی و اهمیت اندازه گیری آنها
- آنالیز تنش ها و تئوری الاستیسیته شامل تنشها در فضای دو بعدی، یادآوری مفهوم دایره موهر، تنشها در فضای سه بعدی، روابط کرنش، روابط تنش-کرنش، حالت تنش صفحه ای، حالت کرنش صفحه ای، کرنشها در سه بعد، ...
- روشهای برآورد و اندازه گیری مقادیر و جهت تنشهای افقی و قائم در زمین.
- روشهای اندازه گیری تغییر شکل پذیری در توده سنگها: روش بارگذاری صفحه ای، تست جکینگ، تست دیلاتومتری، روش جک مسطح، استفاده از روشهای طبقه بندی مهندسی سنگ
- تشریح تنشهای القایی و مطالعه توزیع آنها پیرامون فضاهای زیرزمینی: یادآوری روابط کرنش، توزیع تنش حول فضا های بیضوی، توزیع تنش حول فضا های تخم مرغی شکل، توزیع تنش حول فضا های چند گانه، تنش در تونل های



حفر شده با مقطع مربع مستطیل در سنگ‌های مطبق و لایه نازک، سقف اولیه و سقف اصلی و مروری بر روشهای عددی برای تعیین میدان تنش حول فضاهای غیرمنظم

- معرفی و شرح انواع ملاکهای شکست و کاربرد آنها در ارزیابی پایداری سازه های سنگی معادن روباز و زیر زمینی
- روشهای نوین در برداشت زیری سطح ناپیوستگیها و بیان ملاکهای مقاومت برشی ناپیوستگیها، تئوری پاتون، بارتون و ...

ب- بخش آزمایشگاهی:

- کار عملی با تصاویر استریوگراف و نرم افزار DIPS برای تحلیل وضعیت ناپیوستگی ها در توده سنگ و تخمین نوع شکست، تحلیل پایداری شیپها به کمک روش استریوگرافیک و ...
- تعیین عملی خصوصیات فیزیکی ماده سنگ در آزمایشگاه: مغزه گیری و آماده سازی نمونه‌های سنگ، آزمایش های تعیین خصوصیات فیزیکی سنگ شامل خصوصیات اندیس مقاومت، هیدرولیکی، دوام ...
- تعیین عملی خصوصیات مکانیکی ماده سنگ در آزمایشگاه: آزمایش فشاری تک محوری، آزمایش فشاری سه محوری، آزمایش بار نقطه ای، آزمایش کشش مستقیم، آزمایش برزیلی، چکش اشمیت ..

منابع:

۱. مترجمان: ملکی جوان، محمدرضا؛ ولی، حسین (مؤلف، گودمن، ر.)، مقدمه‌ای بر مکانیک سنگ، ناشر، نوآور، ۱۳۹۷.
۲. خالری، غلامرضا، اصول مکانیک سنگ، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، ۱۳۹۴.
۳. جلالی فر، حسین، مکانیک سنگ (معدن، تونل، مکانیک سنگ، عمران، نفت)، انتشارات ستایش، ۱۳۹۲.
۴. فهیمی فر، احمد، آزمایش های مکانیک سنگ - مبانی نظری و استانداردها (آزمون های صحرایی)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۴.
5. Singh, R.N. and Ghose, A.K., 2006. *Engineered rock structures in mining and civil construction*. CRC Press.
6. Brady, B.H. and Brown, E.T., 2013. *Rock mechanics: for underground mining*. Springer science & business media.
7. Hudson, J.A. and Harrison, J.P., 2000. *Engineering rock mechanics: an introduction to the principles*. Elsevier.
8. Hoek, E. and Bray, J.D., 2004. *Rock slope engineering*. CRC Press.
9. Wyllie, D.C. and Mah, C., 2014. *Rock slope engineering*. CRC Press.
10. Singh, B. and Goel, R.K., 2011. *Engineering rock mass classification: tunneling, foundations, and landslides*. Waltham, MA: Butterworth-Heinemann,.
11. Sivakugan, N., Shukla, S.K. and Das, B.M., 2013. *Rock mechanics: an introduction*. CRC Press.
12. Goodman, 1989. *Introduction to Rock Mechanics*.
13. Jaeger, J.C., Cook, N.G. and Zimmerman, R., 2009. *Fundamentals of rock mechanics*. John Wiley & Sons.
14. Bieniawski, 1989, "Engineering Rock Mass Classifications".



کنترل زمین و نگهداری Ground Control and Supporting

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همین‌نیز) پیش‌نیاز:	مکانیک سنگ و آزمایشگاه
هدف:	آشنایی با مبانی تحلیل و طراحی حفاریات روباز و فضاهای زیرزمینی و به‌کارگیری این مبانی و اصول مکانیک سنگ و خاک در تحلیل و طراحی آن‌ها، شناخت روش‌های کنترل زمین و سیستم‌های نگهداری و طراحی آن‌ها

سرفصل‌ها

- کلیات: مروری بر مبانی مکانیک سنگی مورد نیاز، مفاهیم کلان تحلیل و طراحی پایداری، مسائل عمومی کنترل زمین در حفاریات روباز و فضاهای زیرزمینی و معادن، انواع و مصالح سیستم‌های نگهداری، مفاهیم و اصول کلان کنترل سقف و کنترل زمین

- تحلیل پایداری فضاهای زیرزمینی با مدل سازی ریا ضی: کلیات، روش‌های تحلیلی یا رهیافت، طراحی سازه‌ها در سنگ و معیارهای طراحی نگهداری (معیار پایداری، اصول طراحی)، تئوری قوس زمین ترزاقی، تئوری لوله‌ی مدفون Muir Wood، فضاهای دایره‌ای در سنگ در حال تسلیم تحت تنش هیدروستاتیک، راه حل الاستو-پلاستیک Bray برای پایداری تونل، طراحی نگهداری تونل‌ها (نگهداری تونل در زمین تخریبی، نگهداری تونل در منطقه‌ی تخریبی فعال)، منطقه‌ی تسلیم مول یک فضای دایره‌ای در زغال سنگ (توزیع تنش در فاصله‌ی شعاعی r ، فرمول ویلسون، کاربردها، کاربرد روش ویلسون در تونل‌ها یا راهروهای غیردایره‌ای)، منحنی اندرکنش زمین-نگهداری برای طراحی سیستم‌های نگهداری (منحنی اندرکنش، توسعه‌ی نظری منحنی اندرکنش برای توده سنگ)

- طراحی و پایداری پایه‌ها و سازه‌های مرتبط: انواع پایه‌های معدنی، اشاره‌ای به طراحی پایه‌ها در روش استخراج اتاق و پایه (تخمین بار وارد بر پایه بر اساس تئوری حوزه‌ی تاثیر، تخمین مقاومت پایه، نسبت استخراج سطحی)، طراحی جانمایی کارگاه و ابعاد پایه‌ها، طراحی پایه‌های مرزی یا Rib Pillar، طراحی و پایداری پایه‌های زنجیری در روش جبهه کار بلند، طراحی پایه‌های حائل

- پایداری سازه‌های حفاریات در سنگ‌های درزه‌دار: واژه‌شناسی ضعف سازه‌ای سنگ، رده‌بندی توده سنگ (اهداف، خصوصیات سیستم‌های رده‌بندی)، رده‌بندی ماده‌ی سنگ، رده‌بندی توده سنگ، RQD، سیستم رده‌بندی ژئومکانیکی یا RMR، دسته‌های نگهداری مورد استفاده برای نگهداری تونل، مقایسه‌ی سیستم‌های رده‌بندی، ضریب ضعیف شدگی توده سنگ برای تعیین مقاومت، پایداری حفاریات در سنگ‌های درزه‌دار، بررسی‌های زمین‌شناختی سنگ‌های درزه‌دار (ناپیوستگی‌ها، انواع، پارامترها و مشخصه‌ها، برداشت و روش‌های برداشت، نمایش و پردازش داده‌ها، تصاویر استریوگرافیک ...)، پایداری سازه‌های حفاریات زیرزمینی (تعیین شرایط ناپایداری گوه‌های سقف و دیواره، تعیین هندسه و وزن بلوک‌های حاصل از تقاطع دسته درزه‌ها، تحلیل گسیختگی سقف، گسیختگی گوه‌ای لغزشی سقف، تحلیل تاریخی ناپایداری حفاریات زیرزمینی در توده سنگ درزه‌دار)، ناپایداری دیواره‌های شیب دار معادن سطحی (انواع گسیختگی‌های دیواره‌های شیب دار، نمایش استریوگرافیک انواع گسیختگی‌ها، روش جمع‌آوری داده‌های ناپیوستگی‌ها و تحلیل آن‌ها، RQD، ارزیابی کیفی خصوصیات توده سنگ)، تعیین مشخصات توده سنگ (کاربرد سیستم‌های رده‌بندی توده سنگ، کاربرد سیستم Q، کاربرد سیستم رده‌بندی ضریب ضعیف شدگی یا WC)، ارزیابی پایداری سینه‌کار



- نگهداری در معدنکاری و تونل سازی: نگهداری راهروها، حالت‌های گسیختگی راهروها (گسیختگی تاقی یا Span، گسیختگی پلی یا Catilever، کنترل گسیختگی از طریق جنبه‌های زمین‌شناختی، گسیختگی دیواره‌ها)، انواع وسایل نگهداری راهروها و تونل‌ها، نگهدارنده‌های چوبی (جایگاه و اهمیت چوب، انواع، مشخصات مهندسی، فشار وارد بر نگهدارنده‌های چوبی در تونل‌ها و کارگاه‌های استخراج، طراحی نگهدارنده‌های چوبی و ملحقات آنها در تونل‌ها و کارگاه‌های جبهه کار بلند)، نگهدارنده‌های فولادی (اهمیت و مشخصه‌های مهندسی فولاد، طراحی قاب‌های فولادی شامل قاب‌های صلب و مفصلی و تسلیم شونده، پایه‌های فولادی در کارگاه‌های جبهه کار بلند)، پیچ سنگ‌ها و سنگ بست‌ها (تئوری پیچ کردن، انواع، کاربرد و طراحی پیچ سنگ‌ها در راهروهای اتاقی و جبهه کار بلند و کارگاه‌های استخراج معدن فلزی، سنگ بست‌ها و اصول طراحی آنها، رفتارنگاری پیچ سنگ‌ها و آزمایش‌های بیرون کشی)، وسایل نگهداری هیدرولیک (پایه‌های هیدرولیک و کلاهک‌ها، طراحی پایه‌ها و کلاهک‌ها، نگهدارنده‌های قدرتی خطی یا Break Line Power S، وسایل نگهداری قدرتی جبهه کار بلند شامل گوه‌ها یا Chock، سپرها یا Shield، گوه-سپر و تو صیف آنها، طراحی نگهدارنده‌های قدرتی، مقایسه‌ی فرمول‌های مختلف برای تخمین چگالی متوسط نگهداری نگهدارنده‌های قدرتی)، پوشش و نگهداری بتنی (اهمیت و مزایا و معایب بتن، اجزاء و مشخصات مهندسی بتن، کاربردهای بتن شامل شاتکریت و بتن ریزی و قطعات پیش ساخته و پوشش چاه و سقف مصنوعی، طراحی بتن شامل آماده سازی بتن و پوشش تونل و چاه و پاشنه‌های پوشش در چاه، شاتکریت شامل اهمیت و مزایا و انواع و شرایط استفاده، کاربرد همراه با توری سیمی و پیچ سنگ، طراحی و اجرا و نقش آن در NATM)

- کنترل سقف در روش جبهه کار بلند: مکانیک چینمه‌ها و مکانیزم تخریب، توزیع تنش در پهنه‌های جبهه کار بلند، محاسبه‌ی گام تخریب، برآورد تنش وارد بر پایه‌های زنجیری و حائل، تعیین ابعاد پایه‌های زنجیری و حائل، تصمیم‌گیری در مورد نحوه‌ی کنترل سقف (پرکردن یا تخریب)

- طراحی ابعاد پایه‌ها: پایه‌های نگهداری در روش اتاق و پایه و کارگاه و پایه، پایه‌های مرزی، پایه‌های حائل

- پرکردن: اهمیت، مزایا و معایب، روش‌های پرکردن، طراحی پرکردن هیدرولیکی

* آشنایی با نرم افزارهای تحلیل و طراحی پایداری غیر عددی، حل تمرین‌های مکفی و ارائه‌ی تکالیف در این درس الزامی است.

منابع

۱. دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم‌های نگهداری تونل‌های معدنی، نشریه ۵۳۷ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور (۱۳۸۹، انتشارات سیمای دانش)
۲. دستورالعمل نگهداری و کنترل سقف در کارگاه‌های استخراج، نشریه ۵۵۳ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور (۱۳۹۰)
۳. طراحی سیستم‌های نگهداری در معادن (تونل‌ها، چاه‌ها و کارگاه‌های استخراج)، ترجمه جمال همتیان، جهاد دانشگاهی (واحد تهران)
4. Singh, R.N. and Ghose, A.K. ; "Engineering Rock Structures in Mining and Civil Construction" ; Taylor & Francis Group PLS; London; 2006
5. Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2nd Edition; SME Littleton Colorado; 1992; Sec and ch. 10, 17-4-1-3 & 4, 18-1-2 & 3, 19-3-1 to 5, 20-1-2 & 4
6. Goodman, R.E. ; "Introduction to Rock Mechanics"; John Wiley & Sons; New York; 1980
7. Hoek, E. & Brown, E.T. ; "Underground Excavations in Rocks, The Institution of Mining and Metallurgy, London; 1980



8. Biron, C. and Ariglu, E. ; "Design of Support in Mines"; John Wiley and sons; 1900
9. Hoek, E. Kaiser P.K. Bawden, W.F. 1998. Support of Underground Excavations in Hard Rock. Third print, A.A. Balkema, Rotterdam
10. Galvin, J.M. 2016. Ground Engineering - Principles and Practices for Underground Coal Mining. Springer.



ژئوتکنیک Geotechnics

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
پیش‌نیاز:	مقاومت مصالح، (هیدروژئولوژی و زهکشی)
هدف:	آشنایی با اصول پایه های ژئوتکنیک و به کار گیری این اصول در احداث سازه های مهندسی در خاک

سرفصل‌ها

- مشخصات اصلی خاک ها: طبیعت خاک ها، تحلیل اندازه ذرات خاک، پلاستیسیته خاک های ریز دانه، توصیف و دسته بندی خاک، روابط فازی، تراکم خاک ها.
- تراوایی: آب در خاک، تراوایی، روش های اندازه گیری تراوایی، شبکه های جریان، ناهمسانگردی خاک ها، ناهمگنی خاک ها، شرایط انتقال، تراوایی از میان سدهای خاک ریزه ای، تزریق دوغاب، انجماد.
- تنش موثر: اصول کلی، واکنش تنش موثر در برابر تغییر تنش کل، تاثیر تراوایی بر تنش موثر.
- مقاومت برشی: معیار گسیختگی موهر-کولمب، آزمون های مقاومت برشی، مقاومت برشی ماسه ها، مقاومت برشی رس های اشباع، مفهوم حالت بحرانی، تنش باقیمانده، ضریب فشار منفذی، اندازه گیری پیژومتر برجا، شرایط زهکشی و پارامترهای مقاومت برشی در سرزمین، خزش، هوازدگی و دگرسانی.
- تنش ها و جابجایی ها: الاستیسیته و پلاستیسیته، تنش ها در تئوری الاستیسیته، جابجایی ها در تئوری الاستیسیته
- فشار جانبی زمین: تئوری رانکین در مورد فشار زمین، تئوری کولمب در مورد فشار زمین، کاربرد تئوری فشار زمین برای دیوارهای حفاظتی.
- تئوری تحکیم: آزمون ادومتر، نشست تحکیمی، روش یک بعدی، نشست از طریق روش Skempton-Bjerrum، روش مسیر تنش، میزان یا درجه تحکیم، تئوری ترزاقی در تحکیم یک بعدی، تعیین ضریب تحکیم، تصحیح دوره احداث، روش یا راه حل عددی، زهکش های قائم.
- ظرفیت باربری: ظرفیت باربری نهایی، ظرفیت باربری مجاز رس ها، ظرفیت باربری مجاز ماسه ها، ظرفیت باربری پایه ها یا شمع ها، روش های بهسازی زمین، حفاریات، مهارهای زمین، نشست.
- پایداری شیب ها: تحلیل شیب های بدون اصطکاک داخلی، روش برش ها، تحلیل لغزش انتقالی صفحه ای، روش های کلی تحلیل، پایان احداث و پایداری بلند مدت، سدهای خاک ریزه ای.
- دسته بندی خاک ها و زمین های خاص از جنبه تونل سازی، زمین های پیچ خورنده فشاری، آماسی، جریانی
- بررسی های ساختگاهی: روش های بررسی، نمونه برداری، چاه نگاری، روش های ژئوفیزیکی

منابع

1. Craig, R. F., Soil Mechanics, 15th edition, Chapman & Hall, 1994.
2. Smith, G.N., Elements of Soil Mechanics for Civil and Mining Engineers, Granada, New York, 1982.
3. Hartman, H.L. (Editor), SME Mining Engineering Handbook, Vol. 1&2, 2nd Edition, SME Littleton Colorado, 1992, Ch. 10-1.



حفر چاه و فضاهای زیرزمینی Shaft and underground excavation

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	کنترل زمین و نگهداری، مهندسی حفاری، مهندسی انفجار
هدف:	آشنایی با فضاهای زیرزمینی چاه و تونل و کاربرد آن‌ها و روش‌های احداث تونل، چاه و دویل، و مخاطرات احداث فضاهای زیرزمینی

سرفصل‌ها

- کلیات: مفاهیم و تعاریف، دسته‌بندی و مبانی دسته‌بندی فضاهای زیرزمینی، عملیات واحد در حفر فضاهای زیرزمینی و دسته‌بندی روش‌های حفر آن‌ها
- دسته‌بندی فضاهای زیرزمینی بر مبنای کاربرد: معدنکاری (توضیح و مشخصات)، کاربردهای غیرمعدنی و توضیح و مشخصات آن‌ها (تونل‌های حمل و نقل، انتقال آب و فاضلاب، چاه‌ها، مخازن، ذخیره‌سازی، تولید برق، دفن ضایعات)
- تونل‌های سنگی: روش‌های حفر، مقایسه و ملاحظات روش‌های حفر سنتی و مکانیزه، انتخاب روش حفر، حفر تونل با چالزنی و انفجار، حفر تونل با TBM، حفر تونل با ماشین‌های حفار بازویی، جنبه‌های اجرایی پوشش و نگهداری در تونل‌های سنگی.
- تونل‌های زمین‌های نرم و ضعیف: طبقه‌بندی زمین‌های نرم، تونل‌سازی سپری، نگهداری و پوشش تونل‌های زمین‌های نرم، انتخاب روش
- تونل‌سازی قطر کوچک (Microtunnelling) و لوله‌رانی
- حفر چاه و تونل: حفر چاه با چالزنی و انفجار (تجهیزات، احداث دهانه، چالزنی و انفجار، بارگیری و باربری، اجرای پوشش و نگهداری)، روش‌های ویژه (دیوارهای چوبی، دیوارهای با ورق‌های فولادی یا بتنی، روش کیسون، ...، حفر با پایین بردن سطح ایستایی، حفر با تزریق سیمان، حفر با انجماد)، سیستم‌های حفر مکانیزه و حفر با چاه‌زن‌ها یا SBM ها و اجرای پوشش، سیستم‌های حفر دویل (چالزنی و انفجار، سکوه‌های دویل زنی، حفر با دویل زن‌ها یا RBM ها، سیستم‌های حفر چاه از طریق تعریض دویل
- نمایش فیلم به منظور شناخت تجهیزات و دستگاه‌ها و نحوه‌ی عملکرد آن‌ها الزامی است.
- بازدید: انجام حداقل یک بازدید از یک تونل یا فضای زیرزمینی در حال حفر ضرورت دارد.

منابع

1. Whittaker, B. N., & Frith, R. C. (1990). *Tunnelling: design, stability and construction*.
2. Darling, P. (Ed.). (2011). *SME mining engineering handbook* (Vol. 1). SME.
3. Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook", Vol I&II, 2nd Edition, SME Littleton Co. ; 1992; Sec 17-4, 24.
4. Hoek, E., & Brown, E. T. (1980). *Underground excavations in rock*. CRC Press.
5. Kuesel, T. R., King, E. H., & Bickel, J. O. (2012). *Tunnel engineering handbook*. Springer Science & Business Media.
6. Guglielmetti, V., Grasso, P., Mahtab, A., & Xu, S. (2008). *Mechanized tunnelling in urban areas: design methodology and construction control*. CRC Press.



کانه آرایي و آزمایشگاه Mineral processing and Laboratory

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	۲ واحد نظری (۳۳ ساعت) + ۱ واحد آزمایشگاه (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	سنگ‌شناسی، مکانیک سیالات
هدف:	فراگیری و کاربرد اصول و مبانی پرمیارسازی مواد معدنی با استفاده از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کانی‌ها و آشنایی با مبنای طراحی کارخانه‌های کانه آرایي، شناخت عملی دستگاه‌های مورد استفاده در عملیات کانه آرایي و فرآوری، تولید داده‌های مورد نیاز برای طراحی فرآیند و تعبیر و تفسیر آن‌ها، آماده شدن برای کار در زمینه‌های طراحی و عملیات فرآوری

سرفصل‌ها

الف) کانه آرایي

- کلیات: جایگاه کانه آرایي در مهندسی معدن، مفاهیم و تعاریف، کاربرد و دسته‌بندی مواد معدنی و نقش کانه آرایي، جدایش کانی‌ها و مراحل کانه آرایي.
- نمونه‌برداری و ارزیابی متالورژیکی: روش‌های کلی نمونه‌برداری، بازیابی فرآیند، موازنه وزنی
- محاسبه سود: محاسبه سود فرآیند کانه آرایي، NSR
- دانه‌بندی: اندازه و شکل ذرات، تجزیه سرندي و تعیین دانه‌بندی، توزیع و تحلیل دانه‌بندی، معرفی روش‌های تعیین توزیع دانه‌بندی برای ذرات ریزتر از ۳۰ میکرون.
- موازنه جرم در فرآوری: محاسبات مربوط به بازیابی و ...
- اصول و عملیات سنگ‌شکنی: اصول (مکانیزم، قوانین و تئوری‌ها، روش‌های اندازه‌گیری قابلیت خرد شدن مواد)، عملیات (انواع سنگ شکن‌ها، انتخاب سنگ شکن)، طراحی مدار سنگ شکنی.
- اصول و عملیات آسیاکنی: انواع آسیاها، مکانیزم‌های نرم شدن، انواع آسترها، انتخاب و تعیین اندازه آسیا، مدارهای آسیا کردن، بار در گردش.
- طبقه‌بندی مستقیم (سرندي کردن): اصول، انواع سرندها، انتخاب ابعاد و بازدهی سرندهای لرزان.
- طبقه‌بندی غیرمستقیم مواد: اصول حرکت مواد در سیال، هیدروسیکلون‌ها، کلاسیفایرها، انتخاب و تعیین اندازه سیکلون‌ها.
- جدایش ثقلی: اصول و تئوری‌های پرمیارسازکننده ثقلی، انواع و ماشین‌های جدایش ثقلی (واسطه سنگین، جیگ‌ها، میزها، ماریچ‌ها).
- جدایش مغناطیسی و الکتریکی: جداکننده‌های مغناطیسی (اصول و مکانیزم، انواع و کاربرد)، جداکننده‌های الکتریکی (اصول و مکانیزم، انواع و کاربرد).

ب) آزمایشگاه

کلیات: دستورالعمل عمومی، ایمنی و طرز تهیه گزارش.



آزمایش ۱:

- آماده سازی نمونه.
- تعیین درجه آزادی.
- آشنایی با سرنده، تعیین دانه بندی، توزیع و تحلیل آن‌ها.
- آشنایی با سنگ شکن‌ها و آسیاها و نحوه کار آنها.

آزمایش ۲:

- مطالعه فرآیند و تعیین قابلیت خردایش با آسیاهای میله‌ای و گلوله‌ای.
- کلاسیفایرها و هیدروسیکلون‌ها و نحوه کار آنها.

آزمایش ۳:

- آشنایی و کار با جداکننده‌های ثقلی (آزمایش‌های پرعیارسازی با واسطه سنگین، جیگ و میز).

آزمایش ۴:

- آشنایی با جداکننده‌های مغناطیسی و الکتریکی و نحوه کار آنها.

منابع

- ۱- نعمت‌اللهی، حسین؛ "کانه‌آرایی"؛ جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه تهران؛ چاپ پنجم؛ ۱۳۸۷.
- ۲- رحمانی، علی اکبر؛ "کانه‌آرایی" نشر دانشگاه بین المللی امام خمینی، چاپ دوم، ۱۳۸۷.
- ۳- ویجندرام، م؛ "مبانی کانه‌آرایی" مترجمان: آقابابایی، حمید؛ خداپرست‌حقی، اکبر؛ انتشارات دانشگاه شهید، ۱۳۷۸.
- ۴- غریبی، خداکرم؛ براتی هراتی، محسن؛ "درآمدی بر کانه‌آرایی و فلوتاسیون" انتشارات هومان، ۱۳۸۷.
- ۵- بتیسی، صمد؛ "مسایل کاربردی فرآوری مواد معدنی (به همراه درسنامه) دوره دو جلدی" انتشارات هرمزگان، ۱۳۸۸.
- ۶- ابوزید، ا.ز.م؛ "آزمایش‌های کانه‌آرایی"؛ ترجمه اولیازاده، منوچهر؛ مرکز انتشارات صنعت فولاد؛ ۱۳۷۲.
- ۷- رضایی، بهرام؛ "تکنولوژی فرآوری مواد معدنی، خردایش و طبقه بندی" انتشارات هرمزگان، ۱۳۸۳.
- 8- Wills, B.A., Finch, J.; "Wills' Mineral Processing Technology, An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery"; 8th Edition; Butterworth-Heinemann; 2015.
- 9- Weiss, N.L.; "SME Mineral Processing Handbook"; Littleton, Colorado, U.S.A.: Society for Mining Metallurgy, 1985.
- 10- Hartman, H.L.; "SME Mining Engineering Handbook"; Vol I & II; 2nd Edition; Littleton, Colorado, U.S.A.: Society for Mining Metallurgy; 1992.
- 11- Kelly, E.G., and Spottiswood, D.J.; "Introduction to Mineral Processing"; New York: Wiley, 1982.



فلوتاسیون و آزمایشگاه Flotation and Laboratory

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	۱/۵ واحد نظری (۲۴ ساعت) و ۵/۵ واحد عملی آزمایشگاهی (۱۶ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	شیمی عمومی، کانه آرایی و آزمایشگاه
هدف:	آموزش مبانی و اصول مورد نیاز برای طراحی مدارهای فلوتاسیون و شناخت مواد شیمیایی و ماشین‌های مورد استفاده و انجام آزمایش‌های مرتبط برای ایجاد قابلیت انجام کار در صنعت

سرفصل‌ها

الف) فلوتاسیون

- کلیات: جایگاه فلوتاسیون در کانه‌آرایی مواد معدنی، اصول، پیوندهای اتمی و مولکولی، فازها در سیستم فلوتاسیون، نیروهای بین مولکولی، غلظت یون هیدروژن، کشش سطحی، حباب هوا، آبرانی طبیعی، پدیده جذب، بار سطحی، دولایه الکتریکی.
- معرف‌های (مواد شیمیایی) فلوتاسیون: کلکتورها (انواع، تشکیل میسل)، تنظیم کننده‌ها (بازداشت کننده‌ها، فعال کننده‌ها)، کف‌سازها، روغن‌های خنثی، pH و هیدراسیون.
- فلوتاسیون کانی‌های سولفیدی: حلالیت و خواص نیمه هادی سولفیدها، ارتباط بین پدیده‌های الکتروشیمیایی و آبرانی سطحی، اهمیت اکسیژن در مکانیزم جذب، سینتیک الکتریکی، مکانیزم جذب تیول‌ها، مکانیزم و مثال‌هایی از فلوتاسیون کانی‌های سولفیدی یک، دو و چند فلزی.
- فلوتاسیون کانی‌های اکسیده و سیلیکاته: فلوتاسیون با کلکتورهای کاتیونی (انواع، مکانیزم، جذب)، فلوتاسیون آنیونی (جذب فیزیکی، جذب شیمیایی)، فعال شدن کوارتز، عوامل موثر در فلوتاسیون آنیونی، مثال‌هایی از فلوتاسیون این نوع کانه‌ها (کانه‌های آهن، پگماتیت و ...).
- فلوتاسیون کانی‌های نمک‌های نیمه محلول: شیمی محلول در فلوتاسیون نمک‌های نیمه محلول، بار سطحی و منشاء آن در نمک‌ها، مکانیزم جذب کلکتور، فعال و بازداشت کردن نمک‌ها، مثال‌هایی از فلوتاسیون نمک‌ها (فلوئورین، فسفات‌ها، باریت، شلیت و ...).
- فلوتاسیون نمک‌های محلول: مواد شیمیایی مصرفی، مکانیزم جذب کلکتور، مثال (جدایش سیلین از گانگ همراه).
- فلوتاسیون زغال سنگ: خصوصیات زغال از منظر فلوتاسیون (خاکستر، گوگرد، آبرانی)، مواد شیمیایی مصرفی، عوامل موثر در فلوتاسیون زغال، روش‌های کاهش پیریت.
- ماشین‌های فلوتاسیون: ماشین‌های مجهز به همزن و یا متفرق کننده (کلیات، مشخصات هندسی و هیدرودینامیکی، انواع، تاثیر دانه‌بندی بر عملکرد ماشین، جنس، ظرفیت).
- ترتیب و طراحی مدارهای فلوتاسیون: سینتیک فلوتاسیون (مدل‌های سینتیکی، محاسبه ثابت سینتیک و زمان بهینه، کاربرد ثابت سینتیک)، توزیع زمان توقف در سلول‌ها، موازنه جرمی مواد در سلول، ترتیب مدارها (ترتیب‌ها، محاسبه حجم کلی سلول‌ها و هر سلول در مراحل مختلف، تعداد سلول‌ها)، عوامل موثر در فلوتاسیون و طراحی مدارها (ابعاد ذرات، کمیت و کیفیت آب مصرفی، غلظت پالپ، دما، زمان آماده‌سازی، ابعاد حباب هوا، زمان انبارسازی و اختلاط، مکانیزم مخلوط کردن در سلول، هوادهی، عمق کف و غلظت کف‌ساز)، مطالعات امکان‌سنجی.



- آگیری: معرفی عملکرد و انواع تیکنرها، معرفی انواع فیلترها و نحوه عملکرد آنها، مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیندهای آگیری

فلوتاسیون ستونی: کلیات، مفاهیم و تعاریف، مکانیزم، طرح کلی و نحوه کار.

ب) آزمایشگاه

- آزمایش‌های فلوتاسیون سولفیدها، اکسیدها و سیلیکات‌ها، نمک‌های نیمه محلول، نمک‌های محلول، زغال سنگ

- آزمایش‌های فلوتاسیون ستونی

- مسائل جامع در مورد طراحی مدارهای فلوتاسیون

منابع

- ۱- نعمت‌اللهی، حسین؛ "کانه‌آرایی"؛ جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه تهران؛ چاپ پنجم؛ ۱۳۸۷.
- ۲- رضایی، بهرام؛ "فلوتاسیون"؛ دانشگاه هرمزگان؛ چاپ دوم؛ ۱۳۷۸.
- ۳- رضایی، بهرام؛ "تکنولوژی فلوتاسیون"؛ نشر دانش، ۱۳۹۴.
- ۴- فینچ، جی.ا. و دابی، گ.اس؛ "فلوتاسیون ستونی"؛ ترجمه بنیسی، صمد؛ و نثاری، محمد؛ دانشگاه هرمزگان؛ ۱۳۹۰.
- ۵- فورستینو، م.، ملر، ج.د.، کان، م.؛ "شیمی فلوتاسیون"؛ ترجمه عبداللهی، محمود؛ جهاد دانشگاهی تربیت مدرس و صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۸۲.
- ۶- مائسر، آر.ام؛ "راهنمای فلوتاسیون سیلیکات‌ها"؛ ترجمه اولیازاده، منوچهر و کمترین، محمد؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران؛ ۱۳۸۱.
- ۷- اولیازاده، منوچهر؛ نوع‌پرست، محمد؛ عبداللهی، هادی؛ "ماشین‌های فلوتاسیون، مبانی و اصول طراحی"؛ جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۸۴.
- 8- Wills, B.A., Finch, J.; "Wills' Mineral Processing Technology, An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery"; 8th Edition; Butterworth-Heinemann; 2015.
- 9- Weiss, N.L.; "SME Mineral Processing Handbook"; Littleton, Colorado, U.S.A.: Society for Mining Metallurgy, 1985.
- 10- Hartman, H.L.; "SME Mining Engineering Handbook"; Vol I & II; 2nd Edition; Littleton, Colorado, U.S.A.: Society for Mining Metallurgy; 1992.
- 11- Kelly, E.G., and Spottiswood, D.J.; "Introduction to Mineral Processing"; New York: Wiley, 1982.
- 12- Bulatovic, S.M. "Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice" Elsevier Science, 2007
- 13- Wang, L.K., Shammass, N.K., Selke, W.A., Aulenbach, D.B; "Handbook of Environmental Engineering, Volume 12, Flotation Technology" Springer, 2010.



مبانی هیدرومتالورژی Principles of Hydrometallurgy

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	۱/۵ واحد نظری (۲۴ ساعت) و ۵/۵ عملی-آزمایشگاهی (۱۶ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	فلوتاسیون و آزمایشگاه
هدف:	آشنایی با فرایندهای انحلال شیمیایی (هیدرومتالورژی) کانی‌های و پسماندها و اصول آن

سرفصل‌ها

الف) هیدرومتالورژی

- کلیات: جایگاه و اهمیت هیدرومتالورژی در تولید فلزات و ترکیبات معدنی، تاریخچه هیدرومتالورژی
- مقایسه بین فرایندهای هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی: معرفی و مقایسه مزایا و معایب هر روش
- مراحل عملیات در هیدرومتالورژی: آماده‌سازی، لیچینگ و عمل‌آوری محلول (تخلیص، تغلیظ و ترسیب).
- روش‌های مختلف لیچینگ: لیچینگ هم‌زنی، هیپ‌لیچینگ، دامپ لیچینگ، لیچینگ درجا و ...
- اصول شیمیایی حاکم بر فرایندهای هیدرومتالورژی: شیمی محلول، کمپلکس‌ها، کپیلت‌ها، پتانسیل اکسایش-کاهش، دیاگرام‌های Eh-pH.

- لیچینگ تحت فشار: مبانی، تجهیزات و مثال کاربردی.
- عوامل لیچینگ: آب، اسیدها، بازها، نمک‌های محلول، ترکیبات سیانیدی و سایر عوامل.
- سایر عوامل موثر: دانه‌بندی، درصد جامد، غلظت عامل انحلال، دما، زمان و ...
- سینتیک واکنش: نمودارهای دما-زمان (نمودار آرنیوس) و محاسبه انرژی فعال‌سازی
- انواع واکنش‌های انحلال: واکنش‌های فیزیکی، شیمیایی، کاهش و اکسایش، الکترولیتی.
- مثال‌های صنعتی از لیچینگ‌های اسیدی، قلیایی و محلول‌های نمکی.

ب) آزمایشگاه

- انحلال مخزنی
- لیچ اسیدی یا بازی در دمای محیط
- لیچ اسیدی یا بازی در دمای بالا
- تعیین تأثیر پارامترهای مختلف
- محاسبه سرعت واکنش
- انحلال ستونی
- تعیین نفوذپذیری
- تعیین دبی پاشش
- سایر موارد به تشخیص استاد مربوطه
- رسم دیاگرام Eh-pH



- ۱- حبشی، ف؛ "هیدرومتالورژی"؛ ترجمه شفایی تنکابنی، سیدضیاءالدین؛ و عبداللہی، محمود؛ جلد اول و دوم؛ انتشارات دانشگاه شاهرود؛ ۱۳۹۶.
- ۲- هاولیک، توماس؛ "هیدرومتالورژی: اصول و کاربردها" ترجمه علی اکبر رحمانی، انتشارات آفتاب اندیشه، ۱۳۹۱.
- ۳- مزمل حکم آبادی، مهدی؛ شوشتری گوگ تپه، حامد؛ صادقی، نیما؛ استخراج فلزات با فرآیندهای هیدرومتالورژی. انتشارات ستایش، ۱۳۹۵.
- ۴- حق شناس فتمه سری، داود؛ کشاورز علمداری، اسکندر؛ "مقدمه ای بر هیدرومتالورژی و الکترومتالورژی" انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۹۳.
- 5- Gupta, C.K., Mukherjee, T.K.; "Hydrometallurgy in Extraction Processes"; Vol. I, CRC press, 1990.
- 6-Free, M., "Hydrometallurgy: Fundamentals and Applications 1st Edition" Willy, 2013.
- 7- Han K.N.; "Fundamentals of Aqueous Metallurgy" Littleton: SME, 2002
- 8- Havlik, T., "Hydrometallurgy 1st Edition Principles and Applications" Woodhead Publishing, 2008.
- 9- Burkin, A.R., "Chemical Hydrometallurgy: Theory and Principles," Imperial College Press, 2001.



اقتصاد معدن Mine Economics

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همیناز) پیش‌نیاز:	آمار و احتمالات مهندسی، (زمین شناسی اقتصادی)
هدف:	آشنایی با مبانی اقتصاد کلان، خرد و مهندسی با تأکید بر صنایع معدنی و معدنکاری به منظور بودجه‌یابی، ارزیابی، مطالعات امکان‌سنجی و تحلیل سرمایه‌گذاری معدنی

سرفصل‌ها

- ۱- کلیاتی پیرامون مفاهیم اقتصاد
 - مفاهیم و تعاریف، اهمیت، اقتصاد و معدنکاری، ...
 - آشنایی با نظام‌های اقتصادی و مشخصه‌های آنها (اقتصاد آزاد، اقتصاد دولتی و اقتصاد مختلط)
- ۲- اقتصاد خرد و کلان
 - عرضه و تقاضا: مفاهیم، توابع و منحنی‌های عرضه و تقاضا، عوامل مؤثر و حساسیت‌های عرضه و تقاضا، کشش عرضه و کشش تقاضا، تقسیم بندی کالاها بر اساس کشش درآمدی
 - تورم و روش‌های اندازه‌گیری آن
 - تصمیم و معیارهای تصمیم‌گیری
- ۳- بازرگانی مواد معدنی
 - تقسیم بندی مواد معدنی از نظر اقتصادی (مواد معدنی فلزی و غیر فلزی و انواع آنها)
 - قیمت گذاری و تجارت فلزات و کانی‌ها: مفاهیم، چگونگی تعیین قیمت فلزات و کانی‌ها (قیمت تولید کننده، عوامل مؤثر بر قیمت گذاری، قیمت‌های توافقی، قیمت گذاری بازار بورس)، اطلاعات و منابع قیمت‌گذاری، تجارت و بازار (انواع محصولات، مبادلات، قراردادهای خرید یا فروش، قراردادهای ذوب)
 - مفهوم NSR و روش‌های محاسبه آن، عوامل مؤثر بر NSR
 - مفاهیم تجارت بین‌المللی مواد معدنی (CIF, FOB, CIP و ...)
- ۴- استراتژی سرمایه‌گذاری برای طرح‌های معدنی
 - تصمیم به سرمایه‌گذاری: فرآیند تصمیم‌گیری، مسئولیت‌های مدیریت (بودجه‌یابی، ارزیابی و تحلیل سرمایه‌گذاری)
 - سرمایه‌گذاری‌های معدنی: ویژگی‌ها، مراحل اجرای پروژه‌های معدنی، پارامترهای اساسی سرمایه‌گذاری (اندازه، عمر، ظرفیت، سود)، استراتژی‌های سرمایه‌گذاری، قانون تجارت و تشکیل شرکت‌ها
 - تعریف مفاهیم مناقصه و مزایده و نقش آنها در اقتصاد مواد معدنی
- ۵- تحلیل سرمایه‌گذاری و مالی
 - ارزش‌شیایی: مفهوم، راهکارهای ارزش‌شیایی (درآمدی، هزینه‌ای، بازار، ...)، اهداف ارزش‌شیایی (تملک، مالیات، تأمین منابع مالی، ملزومات قانونی)
 - مؤلفه‌های تحلیل و سرمایه‌گذاری: درآمد (انواع، اجزاء، ظرفیت، قیمت، ...)، هزینه‌ها (مفاهیم، دسته‌بندی و توضیحات)، مالیات، استهلاک، تقلیل، سرمایه در گردش، حقوق دولتی
 - حسابداری: مالی و صورت‌های مالی، صنعتی و قیمت تمام شده
 - جریان نقدینگی و تشکیل جدول جریان نقدینگی



- ارزش زمانی پول: مفهوم، فرمول‌های سود، روابط بین عوامل سود
- انتخاب نرخ تنزیل: مؤلفه‌های نرخ تنزیل، انواع هزینه‌های سرمایه‌ای، هزینه‌ی متوسط سرمایه‌گذاری سالیانه
- معیارهای ارزیابی و تحلیل سرمایه‌گذاری: ارزش فعلی، جریان نقدینگی تنزیل شده، ارزش خالص فعلی، نسبت سود-هزینه
- تحلیل حساسیت: مفاهیم، تحلیل حساسیت
- تأمین منابع مالی: اهداف، روش‌های تأمین منابع (برای اکتشافات، آماده سازی و بهره برداری)

منابع

- ۱- محتشم دولت شاهی، طهماسب؛ مبانی علم اقتصاد؛ انتشارات خجسته؛ ۱۳۷۴
- ۲- منتظر ظهور منصور؛ اقتصاد خرد و کلان؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ ۱۳۷۵
- ۳- موریس، اس. چارلز؛ تحلیل اقتصادی: نظریه و کاربرد؛ ترجمه‌ی سبحانی، حسن؛ انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۴
- ۴- اسکونزاد، محمد مهدی؛ اقتصاد مهندسی یا ارزیابی طرح‌های اقتصادی؛ دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۷۹
- ۵- هوسترولید، ویلیام و کوچتا، مارک؛ طراحی و برنامه ریزی معادن روباز؛ ترجمه‌ی خدایاری، علی اصغر و یآوری شهرضا، مهدی؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران؛ تهران؛ ۱۳۸۳، فصل ۲
- ۶- فضلوی، علی؛ اقتصاد معدن؛ انتشارات سایه گستر، ۱۳۸۳، چاپ دوم.
- 7- Gentry, D.W. and O Neil, T.J. ; "Mine Investment Analysis"; Soc. Mng. Engr.- AIME, New York; 1984
- 8- Mackenzie, B.W. ; "The Economics of mineral Exploration"; Course Notes, Queens University; 1994
- 9- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2nd Edition; SME Littleton Colorado; 1992; sec. 2, 6, 13-1-2, 21-4-4, 23-3, 25-5
- 10- Mining economic and strategy, Ian Runge, 1998, SME
- 11- The mining valuation handbook: mining and energy valuation for investors and management., Victor Rudenno, 2009
- 12- Economic evaluation in exploration, F-W., Wellmer, 2010



خدمات فنی در معادن Technical Services in Mines

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همیناز) پیش‌نیاز:	آزمایشگاه فیزیک ۲، (مکانیک سیالات)
هدف:	آشنایی با تجهیزات و نحوه توزیع برق در معادن، طراحی و محاسبات آن‌ها، مبانی روش‌شنایی و وسایل و طراحی روشن سازی در معادن، محاسبه هوای فشرده مورد نیاز در معدن و شبکه توزیع هوای فشرده

سرفصل‌ها

۱- برق‌رسانی و توزیع برق

- کلیات: تاریخچه‌ی استفاده از برق در معادن، واژه‌شناسی، شبکه‌ی توزیع، معیارهای طراحی
- طراحی و محاسبه بار شبکه، بررسی شبکه از جنبه‌ی استحکام و دما، محاسبه شبکه بر اساس افت ولتاژ و توان در جریان دائم و متناوب یک و سه فاز
- تجهیزات توزیع برق: سیم‌ها و کابل‌ها، شبکه هوایی، تجهیزات انتقال شامل ترانسفرمرها، رله‌ها، کلیدها و ...
- چگونگی توزیع برق: انواع پایه‌ها و پست‌های برق، سیستم‌های اتصال زمین، تقویت‌کننده‌های محافظتی، نحوه توزیع در معادن سطحی، زیرزمینی و کارخانه‌های فرآوری
- ملاحظات ویژه: موتورهای معدنی، خطرات (گاز ها، خطرات و حدود مجاز، روش های کاهش خطرات)، باتری‌ها

۲- روش‌شنایی

- فیزیک نور: ماهیت نور و روش‌شنایی، مشخصه‌های اصلی و روابط آن‌ها با ضرایب و بازتاب و بهره‌ی منبع نور
- وضعیت نور و رنگ‌ها در معادن زیرزمینی و تأثیر آن بر روی تولید، حوادث و ایمنی
- خیرگی و کنترل آن
- روشن سازی و طراحی آن در معادن: الزامات روانشناسانه برای دید انسان، استانداردهای اولیه‌ی روشن سازی، به‌کارگیری استانداردهای روشن سازی در معادن، روشن سازی (در معادن سطحی، در مناطق سطحی معادن زیرزمینی، در معادن زیرزمینی زغال سنگ، در معادن زیرزمینی فلزی و غیرفلزی)، آشنایی با منابع نوری در معادن شامل وسایل عمومی و انفرادی روش‌شنایی و وسایل انفرادی (چراغ کاربیدی، چراغ اطمینان، چراغ‌های الکتریکی، باتری‌ها)، شارژ و چراغ‌خانه، انواع لامپ‌ها و نحوه کارکرد و مقایسه آن‌ها

۳- هوای فشرده

- مشخصه‌های هوای فشرده: فشار، دما، حجم، رطوبت
- مقدمه‌ای بر کمپرسورها و عملکردشان
- انواع کمپرسورها و تجهیزات وابسته به آن مانند مخزن هوا، لوله و شیلنگ و...



- چگونگی انتخاب کمپرسور مناسب
 - محل و آرایش مناسب استقرار کمپرسورها با توجه به مسائلی مانند لرزش و سروصدا و...
 - طراحی و محاسبه شبکه توزیع هوای فشرده با روش‌های مختلف
- بازدید: انجام حداقل یک بازدید از یک معدن زیرزمینی که کلیه واحدهای مربوط به این درس را دارا باشد، ضرورت دارد.

منابع:

۱. مدنی، حسن، خدمات فنی در معادن؛ انتشارات دانشگاه امیرکبیر؛ چاپ ۱۳۹۲
۲. سلمانی، علیثقی، مهندسی روشنایی؛ انتشارات دانشگاه امام حسین؛ چاپ ۱۳۸۷
3. Trotter, D. A. (1983). *The lighting of underground mines*. Mines Accident Prevention Association. Trans Tech Publications.
4. *Atlas Copco Manual*, Fourth Edition, pp83-153
5. Ingersoll-Rand Company, & Loomis, A. W. (1980). *Compressed air and gas data*. The Company.



هیدروژئولوژی و زهکشی Hydrogeology and Dewatering

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(پیش نیاز):	مکانیک سیالات
هدف:	آشنایی با مفاهیم، اصول و قوانین حاکم بر آب‌های زیرزمینی و کاربرد آن‌ها در حل مسائل و مشکلات هیدروژئولوژی، طراحی و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، مدیریت آب‌های معدنی و طراحی سیستم خشک‌اندازی معادن

سرفصل‌ها

هیدروژئولوژی

- مقدمه و کلیات: چرخه طبیعی آب، حوضه‌های آبریز، بارش و تعیین متوسط بارش در یک حوضه آبریز، تبخیر و تعرق، نفوذ آب، رطوبت هوا، رواناب، هیس‌توگرام‌ها و هیدروگراف‌ها، معادله بیلان و پارامترهای موثر بر آن، جایگاه آب زیرزمینی در چرخه طبیعی آب، منشأ آب‌های زیرزمینی
- تجمع آب در زیرزمین: صور مختلف آب در محیط‌های اشباع و غیر اشباع، چگونگی تجمع آب زیرزمینی، طبقه‌بندی تشکیلات زمین‌شناسی آب‌دار، بررسی خصوصیات سنگ‌شناسی، هیدرولیکی و هیدرودینامیکی موثر بر جریان آب زیرزمینی، آبخوان و انواع آن
- جریان آب در محیط‌های متخلخل: چگونگی جریان آب زیرزمینی، قانون دارسی و حدود اعتبار آن، قابلیت هدایت هیدرولیکی و ناهمسانگردی، عوامل موثر بر تراوایی سنگ‌ها، آزمایش‌های صحرایی به ویژه استفاده از ردیاب‌ها در تعیین هدایت هیدرولیکی آبخوان‌ها و معادلات ریاضی حاکم، گرادیان هیدرولیک و نحوه تعیین آن، سرعت جریان آب زیرزمینی و انواع آن، هد و انواع آن، منحنی‌های تراز و خطوط جریان آب‌های زیرزمینی، نقشه‌های منحنی‌های تراز و پیژومتریک و تف‌سیر آنها، تعیین ذخایر آب‌های زیرزمینی (استاتیک و دینامیک)، نوسانات آب‌های زیرزمینی
- هیدرولیک جریان شعاعی: آزمایش‌های پمپاژ (انفرادی و گروهی)، افت چاه، راندمان چاه و تحلیل داده‌های آن، معادلات کلی جریان‌های شعاعی در انواع آبخوان‌ها و در رژیم‌های مختلف جریان و حل تحلیلی آنها، تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان‌ها
- بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، حفاری و ساختمان چاه، چشمه، قنات و ساختمان آن
- مسائل خاص: کیفیت آب‌های زیرزمینی، آبخوان‌های ساحلی و ویژگی‌های آن‌ها، منابع آب‌های زیرزمینی در سازندهای سخت به ویژه در پهنه‌های کارستی

زهکشی در معادن

- محاسبات زهکشی: انواع توربوپمپ‌ها و مشخصات آنها (دبی، هد کل، توان مصرفی و مفید، راندمان پمپ، پدیده کاویتاسیون، ارتفاع مکش ماکزیمم، روابط تشابه در پمپ‌ها، سرعت مخصوص پمپ، منحنی مشخصه توربوپمپ‌ها) طراحی و محاسبات آبرسانی، محاسبات خطوط لوله و منحنی مشخصه آن، نقطه کار پمپ، سری و موازی کردن پمپ‌ها، تاسیسات زهکشی
- تخمین میزان آب ورودی به معادن سطحی و زیرزمینی، مروری بر فرمول‌های تحلیلی تخمین جریان آب ورودی به معادن
- انواع روش‌های زهکشی در معادن روباز (فعال و غیرفعال): روش‌های چاه‌های پمپاژ، زهکش‌های افقی، کانال‌ها و احداث تونل‌ها، مثال‌های عملی از پروژه‌های زهکشی در معادن



- تمرین: این درس همراه تمرین است تا دانشجویان مسائل تئوری را بهتر درک کرده و جنبه‌های کاربردی آنها را فراگیرند.

منابع

- 1- Delleur, J.W. (2007). The handbook of groundwater engineering, CRC Press, second edition
 - 2- Domenico, P.A., Schwartz, F.W. (1990). Physical and chemical hydrogeology, 1st edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 824 p.
 - 3- Fetter, C.W. (2000). Applied hydrogeology, 4th edition, Prentice Hall
 - 4- Todd, D. K., and Mays, L. W., (2005), Groundwater Hydrology, Jhon Wiley and Sons Inc.
 - 5- Watson, I., Burnett, A.D. (1993). Hydrology an environmental approach, Buchanan Books, Cambridge, Ft. Lauderdale
- ۶- دولتی ارده‌جانی، فرامرزی؛ شفقانی تنکابنی، سید ضیال‌الدین (۱۳۸۸). مدل‌سازی زمین زیست‌محیطی، دانشگاه صنعتی شاهرود
- ۷- مدنی، حسن (۱۳۸۹). آبخشی و آبرسانی در معادن، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، چاپ پنجم
- ۸- نجمایی، محمد (۱۳۶۹). هیدرولوژی مهندسی، جلد‌های ۱ و ۲، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران
- ۹- نوربخش، سید احمد؛ باستانی پاریزی، حمیده؛ پیامیار، فرهنگ (۱۳۷۳). پمپ و پمپاژ، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران



کارآموزی ۱

Training-1

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی
(همیناز) پیش‌نیاز:	بعد از نیمسال ۶ (گذراندن حداقل ۸۰ واحد درسی)
هدف:	آشنایی با محیط کار و مراحل مختلف کارهای معدنی

سرفصل‌ها

- هر یک از دانشجویان ملزم به گذراندن یک ماه کاری کارآموزی در معادن، سازمان‌ها و یا شرکت‌های اکتشافی یا معدنی، کارخانه‌های فرآوری یا در پروژه‌های احداث سازه‌های زیرزمینی هستند.
- نوع کار و محتوای گزارش کارآموزی طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان تعیین می‌شود.
- دانشجویان ملزم به ارائه‌ی گزارش کارآموزی طبق فرمت تعیین شده بوده و باید گزارش کار را به صورت دست‌نویس ارائه دهند.

* ارزیابی دانشجویان ۵۰ درصد گزارش کارآموزی توسط استاد کارآموزی، ۲۵ درصد توسط مسئولین واحدی که دانشجو در آنجا کارآموزی خود را گذرانده و ۲۵ درصد نیز با مصاحبه توسط استاد راهنمای کارآموزی خواهد بود.



مهندسی انفجار Blasting Engineering

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همینا) پیش‌نیاز:	مکانیک سنگ و آزمایشگاه
هدف:	شناخت مواد منفجره، سیستم‌های انفجار و کاربرد آنها در معدنکاری سطحی و زیرزمینی و حفر فضاها، زیرزمینی، توسعه‌ی دانش و تجارب عملی برای طراحی الگوهای انفجار در فعالیت‌های معدنی و عمرانی با توجه به جنبه‌های فنی، اقتصادی و ایمنی

سرفصل‌ها

- تعاریف و اصطلاحات
- مواد منفجره و ترموشیمی آن‌ها و فرایندهای انفجار: احتراق و انفجار، فرایند انفجار در مواد منفجره، گرما و فشار و ترموشیمی مواد منفجره و انفجار، موازنه‌ی اکسیژنی، انرژی قابل دسترس
- خصوصیات مواد منفجره، مواد منفجره‌ی صنعتی (تجاری)، معیارهای انتخاب مواد منفجره
- روش‌ها و سیستم‌های انفجار: سیستم‌های غیر الکتریکی (چاشنی‌های قابل انفجار با فتیله‌ی انفجاری کم انرژی، رله‌های تأخیری، چاشنی ساده و فتیله‌ی اطمینان، فتیله‌ی انفجاری (کورتکس) و انواع آن، چاشنی‌های نازل LP، UNIDET، MS و هرکودت)، سیستم‌های الکتریکی (چاشنی‌های الکتریکی فوری، چاشنی‌های تأخیری الکتریکی (HS) و کم تأخیری الکتریکی (MS) و چاشنی‌های الکترونیکی)، تله‌انس مجاز و خطای عملکرد چاشنیها، منابع انرژی، سایر ابزار (اتصال دهنده‌ها، فشنگ‌های امگا، ابزار بستن چال)
- سیستم‌های آغازگر و تحریک: پرایمر، بوستر، پرایمر و بوسترگذاری، محل پرایمرها
- انواع مواد منفجره اصلی و کمکی (آنفوی فله‌ای، فشنگی و آنفوی سنگین، پودر آذر و آذر فشنگی، مواد ژله‌ای (دوغابی) و امولسیون، مواد منفجره‌ی فشنگی، بوسترهای پنتولیتی، ژئوفکس، ظرف کاری، گلوله‌های مشبک)، سیستم‌های خرج‌گذاری و آبکشی چال‌ها: سیستم‌ها و ماشین‌آلات خرج‌گذار مکانیزه (مواد فشنگی، فله‌ای، دوغابی و امولسیون)، سیستم‌های آبکشی
- اجرای عملیات انفجار: سیستم‌های غیر الکتریکی (فتیله‌ی اطمینان و چاشنی ساده، فتیله‌ی انفجاری، نازل، ترکیبی و انواع مدارهای آن) و ملاحظات اجرایی و عملیات، سیستم‌های الکتریکی (انواع مدارها و بستن مدار، کنترل مدار، ...)
- ابزارها، تجهیزات و دستگاههای مورد نیاز عملیات انفجار الکتریکی و غیرالکتریکی
- اشاره به الگوهای چالزنی، آرایش چال‌های انفجاری و ترتیب زمانی انفجار چال‌ها، انفجار تأخیری (الکتریکی، غیر الکتریکی) و توالی آتش یا تحریک
- مکانیزم خرد شدن سنگ بر اثر انفجار، خصوصیات سنگ و توده سنگ مؤثر بر عملیات انفجار، تعیین خصوصیات توده سنگ برای طراحی انفجار
- پارامترهای قابل کنترل طراحی آتشکاری: قطر چال، ارتفاع پله، انحراف یا امتداد چال، طول گل‌گذاری، اضافه حفاری، پارسنگ، فاصله داری، الگوی چال‌ها، سطح آزاد، اندازه و شکل انفجار، موقعیت خرج‌ها، جفت شدگی خرج‌ها.



- نوع مواد منفجره، توزیع مواد در چال ها، خرج ویژه، تحریک و پرایمر گذاری، زمان بندی تأخیر و ترتیب زمانی تحریک، تأثیر تجهیزات پر کردن، حفاری ویژه
- طراحی عملیات انفجار روباز (قطر کوچک، قطر بزرگ، با چال های افقی، تولید قطعات بزرگ، روابط و فرمول ها و مدل های محاسبه ی پارامترهای آتشکاری)
 - طراحی عملیات انفجار زیرزمینی (تونل های معدنی و غیرمعدنی)
 - عملیات انفجار در عملیات سطحی غیرمعدنی (راه سازی، ترازشده ها، رمپ ها، تسطیح سطح زمین، گودبرداری برای پی سازی)
 - انواع عملیات انفجار کنترل شده و انفجار کنترل شده ویژه
 - خرد کردن ثانویه و آتشکاری های ویژه
 - تمهیدات ایمنی برای عملیات انفجار
 - طراحی و برنامه ریزی عملیات چالزنی و آتشکاری (عوامل مؤثر بر طراحی چالزنی و انفجار، برنامه ریزی مراحل، بهینه سازی هزینه های خرد کردن از طریق چالزنی و انفجار (جنبه های اقتصادی، تعیین هزینه ی بهینه، خرد شدگی)
 - انواع انبارهای موادنازیه، آیین نامه ها و دستورالعمل های مربوطه
 - نمایش فیلم در مورد سیستم های آتشکاری و عملیات اجرایی
 - بازدید: انجام حداقل یک بازدید از عملیات چالزنی و انفجار ضروری است.

منابع:

- ۱- استوار، رحمت الله؛ "آتشکاری در معادن"؛ جلد اول، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیر کبیر؛ چاپ نهم؛ ۱۳۸۹
- ۲- استوار، رحمت الله؛ "آتشکاری در معادن"؛ جلد دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۸۹
- ۳- هارتمن، هوراد ال.؛ "اصول مهندسی معدن؛ ترجمه ی یآوری شهرضا، مهدی؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران؛ ۱۳۸۱
- 4- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II ; 2nd Edition; SME Littleton, Co. ; 1992; Ch. 9-1, 22-1, 22-3, 22-9
- 5- Jimeno C. L., Jimeno E. L., and Carcedo, F. J., "Drilling and Blasting of Rocks", A.A. Balkema Rotterdam, 1995.
- 6- Hustrulid, W. ; "Blasting Principles For Openpit Mining"; P.A. Balkema; Vol. I&II; 1999
- 7- Gokhale, B. V., "Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines, CRC Press Taylor and Francis Group, 2009.
- 8- Zhang, Z. X. (2016). Rock fracture and blasting: theory and applications. Butterworth-Heinemann.
- 9- Persson, P. A., Holmberg, R., & Lee, J. (2018). Rock blasting and explosives engineering. CRC press.



بارگیری و انتقال مواد Materials Handling

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	کانه آرایشی و آزمایشگاه
هدف:	معرفی سیستم‌ها و ماشین آلات انتقال و بارگیری مواد در معادن سطحی، زیرزمینی و کارخانه کانه‌آرایی و شناخت پارامترهای فنی و اقتصادی لازم برای طراحی و انتخاب آن‌ها

سرفصل‌ها

- ۱- مروری بر عملیات واحد معدنکاری با تأکید بر عملیات انتقال و بارگیری مواد شامل بارگیری، کند و برداشت، باربری و بالابری، دسته‌بندی تجهیزات انتقال و بارگیری مواد بر مبنای کاربرد و نوع معدنکاری، وظیفه‌ی عملیاتی، پیوستگی عملیات و ثابت و متحرک بودن
- ۲- معرفی تمامی ماشین آلات به‌طور اجمالی شامل توصیف کلی از ساختمان و سیستم، اجزاء و متعلقات اصلی، کاربردها، محدودیت‌های عملیاتی از جنبه‌ی فاصله و شیب و ویژگی‌ها با استفاده از فیلم، اسلاید...
- ۳- بارگیری و کند و برداشت: سطحی (شاول‌ها، لودرها، اکسکواتورها، هیدرولیکی و بیل چرخشی، نهرکن‌ها یا کج بیل‌ها، دراگ‌لاین‌ها، دوزرها، اسکرپرها، ماشین‌های مخصوص درج‌ها یا شناورها، ...)، زیرزمینی (لودر تخلیه از بالاسر، لودر با بازوی جمع‌کننده و دیسک و ستاره گردان و ...، بارکننده‌های چاه، LHD، اسلاشر...)
- ۴- باربری و بالابری: قطارها، کامیون‌ها، تریلرها، نقاله‌ها (لاستیکی، هوایی، پرشیپ، ناوهای زنجیری)، خطوط لوله هیدرولیکی و هوای فشرده، جرثقیل‌های مورد استفاده در معادن سنگ تزئینی و نما، اسکپ‌ها و قفس، بالابرها...
- ۵- سیستم‌های انتقال مواد: سیستم‌های بارگیری و باربری، مقایسه تجهیزات و ماشین آلات، عملکردها (Performance)
- ۶- فرآیند انتخاب تجهیزات
- ۷- اندازه تجهیزات بارگیری و باربری و عملکرد آن‌ها در معادن روباز: محدودیت‌های اندازه تجهیزات، عوامل مؤثر در انتخاب تجهیزات، متغیرهای حساس به اندازه تجهیزات (هزینه مالکیت، اختلاط باطله و ماده معدنی، نسبت باطله برداری، هزینه فرآوری، هزینه‌های عملیاتی، ظرفیت تحمل بار زمین، حداقل ابعاد کف کاواک...) و توضیح آنها
- ۸- شاول‌های بارگیری و کند و برداشت و لودرها: عوامل مؤثر بر ظرفیت تولید و تعیین یا محاسبه عوامل (ضریب پرشوندگی صندوقه، ضریب بار، ضریب چرخش، سیکل عملیاتی، ضرایب دسترسی و بهره‌وری...) محاسبه ظرفیت تولید، انتخاب اندازه، محاسبه تعداد، برآورد هزینه‌ها
- ۹- ظرفیت تولید، انتخاب اندازه و برآورد هزینه‌های اکسکواتورهای پیوسته (بیل چرخشی و بیل زنجیری)
- ۱۰- کامیون: عوامل مؤثر در حرکت و عملکرد کامیون و تعیین یا محاسبه عوامل (نیروی کشش، مقاومت‌های شیبی و غلشی و کل، شیب مؤثر...)، زمان سیکل عملیاتی کامیون، محاسبه ظرفیت جابجایی، انتخاب اندازه، محاسبه تعداد، برآورد هزینه، استفاده از منحنی‌های عملکردی برای تخمین زمان سیکل و سایر عوامل، محاسبه هزینه‌ها
- ۱۱- قطار: عوامل مؤثر در عملکرد و تعیین یا محاسبه عوامل، زمان سیکل عملیاتی قطار، محاسبه ظرفیت جابجایی، انتخاب اندازه لکوموتیو و واگن‌ها و محاسبه تعداد، برآورد هزینه، استفاده از منحنی‌های عملکردی برای تخمین زمان سیکل و سایر پارامترهای مؤثر در عملکرد، برآورد هزینه‌ها



۱۲- نوار نقاله‌ها: طراحی و اطلاعات پایه برای طراحی نوار نقاله، محاسبات مربوط به نوار نقاله (عوامل تاثیرگذار بر ظرفیت و محاسبه ظرفیت، تعیین عرض و سطح مقطع و سرعت نوار، محاسبه توان مورد نیاز با استفاده از ارتفاع معادل و نمودارها)، برآورد هزینه‌ها، نقاله‌های زنجیری و مارپیچ

۱۳- بونکر و قیف، و شوت: معرفی و اطلاعات اولیه و پایه

۱۴- خوراک دهنده‌ها: معرفی، انواع و پارامترهای موثر در انتخاب آنها در مدار فرآوری

۱۵- سیستم‌های بالابری: اجزاء و بخش‌ها (بالابرها، انتقال دهنده‌ها، کابل، چاه، دکل،...)، بالابرها (انواع، مقایسه طبلک‌ها، قسمت‌های بالابر، انتخاب، تعداد مورد نیاز)، انتقال دهنده‌ها و متعلقات (بالابری یا اسکپ، انواع اسکپ، ملاحظات طراحی اسکپ، بونکرها، قفس‌ها، وزنه‌های تعادلی، وسایل ایمنی)، کابل‌ها (ساختمان، انواع، انتخاب و محاسبات)، دکل (مصالص و ملاحظات طراحی دکل)، چاه‌ها و جانمایی آنها

۱۶- محاسبه ظرفیت تولید سیستم‌های بارکننده باربر: لودرها، بولدوزرها و LHD

۱۷- انتقال هیدرولیکی: معرفی و انواع پمپ‌ها، تعیین ظرفیت انتقال و توان پمپ در شرایط مختلف انتقال، ابعاد خطوط لوله و دانه‌بندی

- ارائه تکالیف برای طراحی و محاسبات مربوط به شاول، کامیون، نوار نقاله، بالابری و انتقال هیدرولیکی به صورت کار گروهی

- تمرین: این درس همراه تمرین است تا دانشجویان مسائل تئوری را بهتر درک کرده و جنبه های کاربردی آنها را فراگیرند.

منابع

- ۱- بایس، کریم ستوفر جان؛ ۲۰۰۳؛ "روشهای تحلیلی در مهندسی معدن"؛ ترجمه یآوری شهرضا، مهدی؛ غفوری احسان؛ ۱۳۹۷؛ نورپردازان، فصل‌های هفتم تا دهم؛
- ۲- هارتمن، هوارد ال. ۱۹۸۷؛ "اصول مهندسی معدن"؛ ترجمه یآوری شهرضا، مهدی؛ ۱۳۸۱؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران.
- ۳- عبدالمهی، هادی؛ یونسی، مجید؛ نوع پرست، محمد؛ سیستم‌های همگن سازی و انتقال مواد در فرآوری مواد معدنی (مبانی، اصول و طراحی)؛ انتشارات دانشگاه صنعتی ارومیه، فصل‌های دوم، سوم، چهارم، هشتم نهم، چهاردهم و شانزدهم؛ ۱۳۹۷
- ۴- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، "دستورالعمل ترابری در معادن"، نشریه شماره ۵۰۶، ۱۳۸۸

- 5- Burt, Christina; Caccetta, N. Louis; 2018; Equipment Selection for Mining: With Case Studies; Springer
- 6- Hustrulid, W. A., Kuchta, M., & Martin, R. K.; 2013; Open pit mine planning and design; two volume set & CD-ROM pack. CRC Press.
- 7- Czaplicki, Jacek M.; 2010; Mining Equipment and Systems Theory and Practice of Exploitation and Reliability; CRC Press
- 8- Tatiya, R. R.; 2005; Surface and underground excavations: methods, techniques and equipment. CRC Press.
- 9- Conveyor Equipment Manufacturers Association; 1994; "Belt Conveyor for Bulk Materials Handling"; 4th Edition; USA;
- 10- Hartman, H.L. (Editor); 1992; "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 7nd Edition; SME Littleton Colorado;
- 11- 7- Hustrulid, W.A. (Editor); 1982; "Underground Mining Methods Handbook"; SME-AIME; New York; ch. 5



معدنکاری سطحی Surface Mining

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همین‌باز) پیش‌نیاز:	اقتصاد معدن، مکانیک سنگ و آزمایشگاه، (بارگیری و انتقال مواد، اصول اکتشاف و ارزیابی ذخایر مواد معدنی)
هدف:	آشنایی با روش‌های و فناوری‌های معدنکاری سطحی شامل مراحل آماده‌سازی، شرایط کاربرد، چرخه عملیات و مزایا و معایب هر روش، فراگیری اصول طراحی محدوده نهایی معادن روباز و آشنایی مقدماتی با مبانی برنامه‌ریزی تولید معادن روباز

سرفصل‌ها

- ۱- مرور کلی بر روش‌های معدنکاری سطحی، مقایسه معدنکاری سطحی و زیرزمینی
 - ۲- مروری بر روش‌های مکانیکی: روش استخراج نواری، روش استخراج روباز، روش استخراج کواری و روش استخراج با اوگر
 - ۳- مروری بر روش‌های استخراج پلاسری (هیدرولیکی) و روش‌های استخراج محلول
 - ۴- روش‌های استخراج روباز و طراحی و برنامه‌ریزی معادن روباز
- کلیات: مفاهیم پایه، اهداف طراحی و برنامه‌ریزی تولید، محدود نهایی و ملزومات طراحی محدود نهایی
 - ملاحظات هندسی کاواک: هندسه پله و اجزا آن (اهمیت و نقش زاویه شیب دیواره و عوامل مؤثر در پایداری شیب)، دسترسی به پله‌ها و گسترش پله کاواک، هندسه و زوایای شیب دیواره کاواک، هندسه کف کاواک، انواع نسبت‌های باطله برداری و روش‌های محاسبه آن، ترتیب هندسی استخراج و برداشت کاواک
 - تهیه و نمایش طرح پایه: اطلاعات اکتشافی مورد نیاز، مدل‌سازی هندسی کانسار (روش مقاطع قائم و افقی)، تهیه طرح پایه که شامل محاسبه تناژ و عیار کانسنگ در مقاطع قائم و افقی است. محاسبه تناژ باطله کاواک و نسبت باطله برداری
 - ملاحظات اقتصادی و مالی: برآورد ظرفیت و عمر معدن، محاسبه درآمد و هزینه‌ها، محاسبه ارزش خالص کانسنگ، نسبت‌های باطله برداری سربه‌سری و مجاز، محاسبه عیار حد استخراجی، روش‌های تخمین عیار، مدل‌های بلوک زمین‌شناسی و اقتصادی
 - طراحی محدوده نهایی کاواک: روش‌های طراحی، روش طراحی دستی (پیاده کردن محدوده نهایی در مقاطع قائم، تهیه پلان مرکب، محاسبات سودآوری)، ساخت مدل بلوک اقتصادی، روش‌های طراحی کامپیوتری دو بعدی (الگوریتم‌ها و رویه طراحی شامل مخروط شناور و الگوریتم لرج-گروسمن، آشنایی با الگوریتم‌های فراابتکاری در تعیین محدود بهینه)
 - آشنایی با برنامه‌ریزی تولید و زمان‌بندی تولید
- بازدید: انجام حداقل یک بازدید از یک معدن سطحی بزرگ ضرورت دارد.

منابع:

- ۱- هوسترویلید، ویلیام و کوچتا، مارک؛ "طراحی و برنامه‌ریزی معادن روباز؛ ترجمه‌ی خدایاری، علی اصغر و یاورى شهرضا، مهدی؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران، ۱۳۸۳



- ۲- هارتمن، هوارد ال.؛ "اصول مهندسی معدن؛ ترجمه‌ی یآوری شهرضا، مهدی؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران؛ اصلنو مرتضی، روش‌های استخراج معادن سطحی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴.
- ۳- عطائی محمد، حسینی سید محمدعلی، عملیات و تحلیل‌های اقتصادی در معادن روباز، انتشارات جهاد دانشگاهی (دانشگاه صنعتی امیرکبیر)، ۱۳۹۰.
- ۴- عطائی محمد، حسینی سید محمدعلی، طراحی محدوده و برنامه‌ریزی تولید در معادن روباز، انتشارات جهاد دانشگاهی (دانشگاه صنعتی امیرکبیر)، ۱۳۹۰.
- 5- Crawford J.T., Hustrulid W.A. (Editor) 1979, Open pit mine planning and design, Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers.
- 6- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2nd Edition; SME Littleton Colorado; 1992; sec. 13, 14, 15, 16
- 7- Kennedy, B.A. (Editor); "Surface Mining", SME Littleton; Colorado; 2nd Edition; 1990
- 8- Crawford, C.D. and Hustrulid, W. ; "Open Pit Mine Planning and Design "; AIME; 1979
- 9- Hustrulid W. A., Kuchta M., Martin R. K. 2013, Open pit mine planning and design, two volume set & CD-ROM pack. CRC Press.
- 10- Kennedy B.A. (Editor) 1990. Surface mining, 2nd edition, SME, Inc., SME/AIME, Littleton. Hustrulid, W. A., McCarter, M. K., & Van Zyl, D. J. (2001). Slope stability in surface mining. SME.



معدنکاری زیرزمینی Underground Mining

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری (۴۸ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	تهویه در معادن، کنترل زمین و نگهداری، (معدنکاری سطحی)
هدف:	تشریح مبانی و موضوعات مرتبط با تجهیز و آماده‌سازی و نحوه استخراج در معادن زیرزمینی

سرفصل‌ها

- ۱- مروری بر:
 - روش‌های معدنکاری (سنتی و نوین)، مقایسه معدنکاری سطحی و زیرزمینی، مباحث کلی مراحل عمر معدن، عملیات واحد معدنکاری (تولیدی و جنبی)
 - تجهیز و آماده‌سازی: مراحل تجهیز و آماده‌سازی، عوامل مؤثر بر آماده‌سازی، فضاهای آماده‌سازی، طراحی و برنامه‌ریزی معدن
- ۲- آماده‌سازی معادن زیرزمینی
 - بررسی‌های پایه (عوامل زمین‌شناسی، زیست محیطی و جغرافیایی و اقتصادی، تعیین ذخیره (معیارها، نمایش داده‌ها و روش‌های محاسباتی)، عوامل مؤثر بر تجهیز و آماده‌سازی زیرزمینی (عوامل حقوقی و قانونی، زمین‌شناسی، ژئومکانیکی، زیست محیطی، فنی)، بستن و بازسازی معدن
 - تأسیسات و تسهیلات سطحی و زیرزمینی و جانمایی آن‌ها: تأسیسات و تسهیلات سطحی و زیرزمینی، دستورالعمل‌های جانمایی، متدولوژی جانمایی
 - فضاهای آماده‌سازی: انواع و دسته‌بندی فضاها (بازکننده‌های اصلی، فضاهای ایجادکننده‌ی طبقات یا پهنه‌ها، فضاهای دسته‌سوم، سایر فضاهای آماده‌سازی، توضیح و نمایش کلیه فضاها، شرایط کاربرد بازکننده‌های اصلی)، عوامل مؤثر بر طراحی فضاهای آماده‌سازی (روش استخراج و نشست سطح زمین، نرخ تولید و عمر معدن، استخراج پیشرو یا پسرو، جهت کارگاه و پیشروی استخراج...)، عوامل طراحی فضاهای آماده‌سازی (نوع، موقعیت، تعداد، شکل و ابعاد سطح مقطع...) و ضوابط و دستورالعمل‌های طراحی، تعیین ارتفاع طبقات، تعیین ابعاد پهنه‌های استخراجی
- ۳- روش‌های استخراج
 - شرایط کاربرد (خصوصیات هندسی کارسار، شرایط زمین‌شناسی و ژئومکانیکی کارسار و سنگ‌های فراگیر)، آماده‌سازی، شرح کلی روش، چرخه عملیات و تجهیزات، ویژگی‌ها و مباحث خاص برای روش‌های:
 - روش‌های خودنگهدار: روش اتاق و پایه (روش‌های طراحی پایه)، روش کارگاه و پایه (روش‌های طراحی پایه)، روش استخراج انبارهای، استخراج فرعی و VCR
 - روش‌های با نگهداری: روش کند و آکند، روش ستونی، روش استخراج با کرسی چینی و روش‌های ایجاد کارگاه‌های مورب
 - روش‌های تخریبی: روش جبهه‌کار بلند، روش استخراج با تخریب طبقات فرعی، روش تخریب بلوکی
 - روش‌های استخراج زغال سنگ در لایه‌های نازک و لایه‌های ضخیم و شرایط مختلف از نظر شیب
 - جمع‌بندی و مقایسه روش‌ها از نظر شرایط کاربرد، مزایا و معایب، چرخه عملیات و تجهیزات و سایر شرایط
 - انتخاب روش و عوامل مؤثر بر انتخاب روش، دسته‌بندی روش‌ها، توضیح تفاوت‌های عمده روش‌های استخراج (کنترل سقف، جهت کارگاه و پیشروی استخراج، آماده‌سازی فضاهای استخراجی، خصوصیات هندسی کارسار، شرایط



زمین‌شناسی و ژئومکانیکی کانسار و سنگ‌های فراگیر)، انتخاب روش استخراج زیرزمینی با اشاره‌ای به رویه‌های کیفی و کمی در انتخاب روش استخراج مناسب

بازدید: انجام حداقل یک بازدید از یک معدن زیرزمینی بزرگ ضرورت دارد.

منابع

- ۱- هارتمن هوارد ال. اصول مهندسی معدن (ترجمه یآوری، مهدی)، انتشارات دانشگاه صنایع و معادن، ۱۳۸۱
- ۲- عطائی محمد، معدنکاری زیرزمینی، دوره ۵ جلدی، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۹۴
- 3-Peele, R. and Church, J.A (Editors); " Mining Engineers Handbook"; John Wiely and Sons, Inc. ; 3th Edition; 1945
- 4-Agoshkov, M., Borisov, S., and Boyarsky, V., Mining or ores and non-metalic minerals, Mir Publishers, Moscow; 1988
- 5-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2nd Edition; SME Littleton Colorado; sec 17; 1992
- 6- Brady B.H.G. Brown E. T., Rock mechanics for underground mining, Chapman & Hall, london, P.571; 1993
- 7-Gertsch, R.E and Bullock, R.L. (Editors); "Techniques in Underground Mining ";SME; 1998
- 8-Hustrullid, W.A. and Bullock, R.L. (Editors); "Underground Mining Methods"; SME; 2001
- 9-Darling P. (Editor); SME mining engineering handbook Vol. 1,2, SME 3rd Ed.; 2011



تهویه در معادن Mine Ventilation

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	۱/۵ واحد نظری (۲۴ ساعت) و ۵/۵ واحد آزمایشگاهی (۱۶)
(همیناز) پیش‌نیاز:	مکانیک سیالات، (مهندسی انفجار)
هدف:	شناخت مشخصات هوای معدن و اندازه‌گیری آنها و اصول جریان و جریان هوا در معادن، آشنایی با اصول، ابزار و وسایل تهویه و کنترل هوا و انتخاب آنها و طراحی سیستم تهویه

سرفصل‌ها

الف- بخش نظری

- کلیات و خصوصیات هوا و هوای معدن: مفاهیم، اصول و اهداف، روش‌های کلی تهویه، مروری بر قوانین اصلی گازها، خصوصیات هوای معدن (چگالی، جرم، وزن مخصوص، دما و اندازه‌گیری آن، گرمای ویژه، گرانشی، رطوبت هوا و تعیین آن)
- گازها و گرد و غبار هوای معدن: گازها (انواع و مشخصات، منابع تولید، تشخیص، اندازه‌گیری)، گاز زغال (مشخصات، طرز تشکیل، دسته‌بندی کانسارها و گازخیزی، تشخیص و اندازه‌گیری، خطرات و روش‌های مقابله)، گرد و غبار (مشخصات، اندازه‌گیری، خطرات و روش‌های کنترل)
- آشنایی با نحوه گاززدایی در معادن زغال و بررسی انواع آن
- مشخصه‌های جریان هوا در معدن: فشار (تعاریف، اندازه‌گیری)، سرعت (مفاهیم، اندازه‌گیری و تعیین سرعت)، شدت جریان (مفهوم، تعیین سطح و شدت جریان)، مقاومت‌ها در برابر جریان هوا در معدن، افت انرژی هوا در معدن
- شبکه‌های تهویه: کلیات و مفاهیم، شبکه‌ها و محاسبات آن‌ها (سری، موازی، قطری، مرکب)، تحلیل شبکه‌های ساده، افت فشار، منحنی مشخصه معدن
- کنترل و تنظیم هوا در معدن و وسایل و تأسیسات آن: تأسیسات و وسایل (تأسیسات دهانه‌ی چاه، راهروی مخصوص هوا، سدها و یا دیوارهای هوا بند، هواران‌ها یا پل‌های هوایی، تنظیم کننده‌ها، تنظیم هوا (تغییر شدت جریان کلی، تغییر شدت جریان هوا در شاخه‌ها، تنظیم هوا با دریچه‌ها، افزایش شدت جریان با کاهش مقاومت یا نصب بادبزن تقویتی)، کنترل تهویه (سرعت و شدت جریان، ترکیب هوا، فشار)
- نشست هوا: ملاحظات کلی، قانون کلی، ضریب نفوذپذیری هوا، نفوذپذیری تأسیسات تهویه، دسته‌بندی نشست، نشست‌های موضعی و مداوم، نشست هوا در بادبزن‌های تقویتی، تأثیر نشست در کار بادبزن
- بادبزن‌های معدنی (تهویه‌ی مکانیکی): انواع و اجزای بادبزن‌ها، قوانین و تئوری بادبزن‌ها، نمودارهای انتخاب بادبزن، رده بندی بادبزن‌ها، منحنی مشخصه‌های بادبزن‌ها (منحنی مشخصه، عوامل مؤثر در مشخصه‌های بادبزن، تأثیر قطر چرخ، تأثیر سرعت دوران، زاویه‌ی تمایل پرها)، تأسیسات و کاربردهای بادبزن، نحوه‌ی کار و تنظیم بادبزن‌ها و شبکه‌های با چند بادبزن، منحنی مشخصه‌های بادبزن و معدن
- گرادیان فشار برای سیستم‌های بادبزن
- تهویه‌ی طبیعی: کلیات، محاسبات تهویه‌ی طبیعی، تهویه‌ی طبیعی و بادبزن‌ها، کاربرد عملی قوانین بادبزن‌ها و چگالی هوا
- تهویه‌ی فرعی: کلیات و ملاحظات کلی، محاسبه‌ی میزان هوای لازم، لوله‌های هوا و نشست هوا، محاسبه‌ی افت در لوله‌ها، بادبزن‌های فرعی، استفاده از بادبزن‌های کمکی یا تقویتی، روش‌های تهویه‌ی فرعی، تهویه‌ی فرعی در تونل‌ها و چاه‌ها



- طراحی شبکه‌های تهویه: طرح شبکه، محاسبه‌ی هوای لازم، روش تهویه و تعیین جهت جریان هوا، تعیین موقعیت بادبزن یا بادبزن‌ها، محاسبه‌ی افت فشار شاخه‌ها، تعیین حلقه‌ها و تعدیل حلقه‌ها، تعیین مشخصات درها و تنظیم کننده‌ها یا بادبزن‌های تقویتی، طراحی تهویه‌ی معادن فلزی، طراحی معادن زغال‌سنگ، هزینه‌ها و برآورد هزینه‌ها

- تهویه‌ی مطبوع در معادن: دما و رطوبت هوای معدن (تغییرات، تأثیرات فیزیولوژیک بر افراد، شرایط مناسب کار)، تهویه‌ی مطبوع (تأمین، کنترل رطوبت، سرمایش)

- کاربرد کامپیوتر در تهویه: کاربرد در طراحی (تحلیل داده‌ها در مطالعه‌ی فشار هوا، تحلیل شبکه، راهکارهای کامپیوتری برای حل مسائل تهویه، برنامه‌های کامپیوتری)، کاربرد برای حل مسائل جریان هوا و شبیه سازی (شبیه سازی پراکنش گازها، دود حاصل از کار ماشین‌ها، جریان متان)، رفتارنگاری و سیستم‌های کنترل (سیستم رفتارنگاری، سیستم‌های هوشمند...)

ب- بخش عملی و آزمایشگاهی

- آشنایی و آموزش کار با یکی از برنامه‌های کامپیوتری

- انجام یک پروژه‌ی طراحی تهویه برای یک معدن (ترجیحاً زغالی) در قالب کار گروهی

- آزمایشگاه: شناخت ابزار و اندازه‌گیری مشخصات و رطوبت هوا، ابزار تشخیص و اندازه‌گیری گازها و متان، ابزار و اندازه‌گیری گرد و غبار، ابزار و اندازه‌گیری فشار و سرعت جریان هوا، شناخت بادبزن‌ها و اجزای آنها...

بازدید: انجام حداقل یک بازدید از یک معدن زیرزمینی به منظور بررسی نحوه عملکرد لوازم و شبکه تهویه آن ضرورت دارد.

منابع

- ۱- مدنی، حسن؛ "تهویه در معادن"؛ مرکز نشر دانشگاهی؛ تهران؛ ۱۳۶۶
- ۲- گروه تدوین ضوابط و معیارها- وزارت صنایع و معادن، دستورالعمل تهویه در معادن، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
- ۳- گروه تدوین ضوابط و معیارها- وزارت صنایع و معادن، راهنمای گاززدایی در معادن زغال‌سنگ، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
- 4- McPherson, J. (1993). *Substructure Ventilation and Environmental Engineering*, Chapman& Hall.
- 5- Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Ramani, R. V., & Wang, Y. J. (2012). *Mine ventilation and air conditioning*. John Wiley & Sons.
- Misra, G. B. (1986). *Mine environment and ventilation*. Oxford University Press.
- 6- Wang, Y., Ge, S., & Guo, G. (2004). Mine ventilation and safety. In *Mining Science and Technology* (pp. 161-261). CRC Press.
- 7- - Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2nd Edition; SME Littleton Colorado; 1992; sec. 11



طراحی معادن Mine Design

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	۱ واحد نظری (۱۶ ساعت)، ۱ واحد عملی آزمایشگاهی (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	معدنکاری سطحی، معدنکاری زیرزمینی
هدف:	قابلیت طراحی یک معدن زیرزمینی و یک معدن سطحی در قالب انجام یک پروژه

سرفصل‌ها :

الف- معادن سطحی

- مروری بر نحوه تعیین پارامترهای فنی و اقتصادی معادن سطحی شامل مشخصات پله (ارتفاع، شیب، عرض پله ایمنی)، عرض پله کاری و حداقل عرض کف معدن، مشخصات جاده باربری (شیب، تعداد باندها، عرض، قوس)، پیاده کردن جاده‌ها و رمپ‌ها، زاویه شیب، تعیین محدوده نهایی معدن و تعیین میزان باطله برداری لازم و برآورد درآمد و هزینه‌ها (به صورت تفصیلی و از طریق انتخاب تجهیزات و محاسبات تعداد و اندازه آنها و طراحی مقدماتی الگوی انفجار انجام خواهد شد)
- آموزش استفاده از نرم‌افزار Datamine یا سایر نرم‌افزارهای طراحی محدوده نهایی در تهیه مدل هندسی (بلوک زمین‌شناسی، توپوگرافی) مقاطع قائم و افقی و مدل بلوک اقتصادی، تخمین عیار و محاسبه تناژ ماده معدنی، کارهای گرافیکی و پیاده کردن رمپ

ب: معادن زیرزمینی

- تهیه مدل زمین‌شناسی کانسار و محاسبه ذخیره برای مثال تهیه شده برای هر گروه با استفاده از Datamine و تهیه مقاطع لازم برای مراحل بعدی
- تعیین ظرفیت و عمر معدن
- انتخاب روش استخراج و تعیین پارامترهای هر روش
- طراحی فضاهای آماده‌سازی و شبکه نهایی معدن: بازکننده‌های اصلی (نوع، موقعیت، شکل و ابعاد سطح مقطع)، فضاهای ایجاد کننده طبقات
- طراحی کارگاه‌ها و پهنه‌های استخراجی: ابعاد، تناژ، تعداد، ترسیم نماهای مختلف و پهنه‌های شامل سیستم‌های تخلیه
- برنامه‌ریزی و زمان‌بندی احداث فضاهای آماده‌سازی، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی استخراج، برآورد هزینه‌ها و محاسبات سودآوری

تذکر: در بخش عملی برای هر گروه کاری شامل دو یا سه نفر اطلاعات زمین‌شناسی و اکتشافی و فنی تهیه و تکالیف هر گروه مرحله به مرحله با استاد کنترل می‌شود. ارزیابی دانشجویان بر اساس نحوه فعالیت در گروه، گزارش کتبی و ارائه شفاهی خواهد بود.

منابع

- ۱- رایت، آلفیا؛ طراحی معادن روباز، ترجمه مدنی، حسن، چاپ دوم، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره): ۱۳۷۱
- ۲- هارتمن، هوارد ال.؛ اصول مهندسی معدن؛ ترجمه یی یآوری شهرضا، مهدی؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران؛ ۱۳۸۱



- ۳- اصلو مرتضی، روش‌های استخراج معادن سطحی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ویرایش چهارم، ۱۳۹۳
- ۴- هوسترولید، ویلیام، کوچتا، مارک، رندی مارتین؛ طراحی و برنامه‌ریزی معادن روباز؛ ترجمه‌ی خدایاری، علی اصغر و یآوری شهرضا، مهدی؛ انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۱۳۹۶
- 5- Hartman, H.L. (Editor); SME Mining Engineering Handbook; Vol. I&II; 2nd Edition; SME Littleton Colorado; 1992; sec. 13, 14, 15, 16
- 6- Darling P. (Editor); SME mining engineering handbook Vol. 1,2, SME 3rd Ed., 2011
- 7- Hustrulid W. A., Kuchta M., Martin R. K.; Open pit mine planning and design. CRC Press. 3rd Ed., 2013
- 8- Bullock, R.L., and Hustrulid, W.E. 2001. Planning the underground mine on the basis of mining method. In Engineering Fundamentals and International Case Studies. Edited by W.A. Hustrulid and R.L. Bullock. Littleton, CO: SME.
- 9- Kennedy B.A. (Editor) 1990. Surface mining, 2nd edition, SME, Inc., SME/AIME, Littleton.
- 10- Unrug, K.F. 1992. Construction of development openings. In SME Mining Engineering Handbook, 2nd ed. Edited by Howard L. Hartman. Littleton, CO: SME.



مهندسی حفاری Drilling Engineering

تعداد واحد: ۲ واحد
نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: مکانیک سیالات، مکانیک سنگ و آزمایشگاه
هدف: آشنایی با اصول مهندسی روشهای چالزنی در معادن سطحی و زیرزمینی و همچنین آشنایی با تجهیزات و عملیات حفاری اکتشافی

سرفصل‌ها:

الف - مقدمه

- اهمیت چالزنی و حفاری در اکتشاف، استخراج و ارزیابی ذخایر منابع زیرزمینی، اصول حفاری و نقش خواص فیزیکی و مکانیکی سنگ‌ها در چالزنی و حفاری

ب - چالزنی

- مروری بر عملیات کندن سنگ (Rock Breakage)، نفوذ در سنگ (حفاری، برش)، روش‌های نفوذ (مکانیکی، حرارتی، هیدرولیکی)، روش‌های نفوذ مکانیکی (ضربه، دوران و ترکیبی)، مکانیزم نفوذ، حفاری و برش و کاربرد آن‌ها در فعالیت‌های معدنی و عمرانی

- سرمت‌ها و ابزار برشی در نفوذ مکانیکی، اندرکنش سرمت و ابزار برشی و سنگ
- روش‌های مختلف چالزنی و کاربرد آن‌ها، عوامل مؤثر بر عملکرد سیستم چالزنی، خصوصیات سنگ، مشخصه‌های چال، آشنایی با سرمت‌های چالزنی، انتخاب نوع چالزن

- چالزنی ضربه‌ای، چالزنی دورانی و ضربه‌ای-دورانی: مکانیزم، سیستم‌ها و اجزاء، عوامل مؤثر بر عملکرد، سرعت نفوذ
- انتخاب نوع و تعیین تعداد دستگاه‌های چالزنی، محاسبه هزینه‌های چالزنی

ج - حفر گمانه و چاه

- اصول و کاربرد روش‌های مختلف حفاری گمانه در اکتشاف منابع زیرزمینی، حفاری گمانه‌های اکتشافی کم عمق مارپیچی، حفاری ضربه‌ای (با چکش سرچاهی و درون چاهی)، حفاری دورانی، حفاری مغزه‌گیری و انواع آن، مزایا و معایب روشهای مختلف حفاری اکتشافی و چگونگی انتخاب و کاربرد هر یک از آنها در مراحل مختلف عملیات اکتشافی
- انواع گل حفاری و مشخصات آنها، نقش گل و چگونگی جریان آن در عملیات حفاری، استفاده از هوا به جای گل حفاری، حفاری اکتشافی با جریان معکوس گل حفاری و مزایا و معایب آن،

- انواع سرمت‌های مورد استفاده در حفاری‌های اکتشافی با و بدون مغزه‌گیری و چگونگی انتخاب آنها، استوانه‌های مغزه‌گیر و انواع آن، انواع روشهای بهبود بازیابی مغزه‌ها در عملیات حفاری مغزه‌گیری

- مشکلات حفاری ضربه‌ای و دورانی، عملیات حفر گمانه‌ها و چاه مورب، حفاری توربینی، مباحثی در مورد حفاری چاههای آب، نفت و گاز (روشهای حفر، نمونه‌گیری، لوله‌گذاری، سوراخ‌کاری، سیپمان‌کاری)، حفاری در زمین‌های پوشیده از آب، مشخصات حفاری‌های اکتشافی در عملیات معدنی (از نظر هدف، عمق، نوع سازند، با و یا بدون مغزه‌گیری، سرعت و هزینه حفاری)، استفاده از حفاری‌های اکتشافی در کارهای ساختمانی



- و سایل و فرایند نمونه گیری از تراشه ها و مغزه های حفاری و چگونگی برداشت، انباشت و نگهداری آنها، آزمون و اندازه گیری های خاص درون چاهی، روشهای تهیه لاگ زمین شناسی حاصل از تراشه ها و مغزه های حفاری و یا نگارهای خاص عملیات چاهنگاری
- مدیریت و سازماندهی حفاری، ویژگی های دستگاه های حفاری و نحوه انتخاب آن ها با توجه به هدف، مشخصات لایه ها، قطر و عمق چاه و غیره
- نمایش فیلم و بازدید: نمایش فیلم و بازدید عملی از انواع دستگاه های مختلف حفاری در حال کار (معدن، ژئوتکنیک و نفت) ضروری می باشد.

منابع

- 1- Australian Drilling Industry Training Committee. (1997). *Drilling: the manual of methods, applications, and management*. Lewis Publ. 4th edition, 632 pages..
- 2- Vozdvizhensky, B., Golubintser, O. and Nozozhilov, A. (1982). *Exploratory drilling*, Mir Publisher, Moscow.
- 3- Moon, C. J., Whateley, M. K., & Evans, A. M. (2006). *Introduction to mineral exploration* (No. Ed. 2). Part I –Chapter 10 *Evaluation Techniques* (pp 218-230). Blackwell publishing.
- 4- Atlascopco (2010). *Exploration Drilling*. First edition. (www.atlascopco.com).
- 5- Marjoribanks, R. W. (1997). *Geological methods in mineral exploration and mining*, Chapter 4 Mineral exploration drilling (pp 39-71). Springer Science +Business Media Dordrecht.
- 6- Azar, J. J., & Samuel, G. R. (2007). *Drilling engineering*. PennWell books.
- 7- Hossain, M.E. (2016). *Fundamentals of Drilling Engineering: MCQs and Workout Examples for Beginners and Engineers*, Wiley-Scrivener; 1st Edition.



ژئوشیمی اکتشافی Exploration Geochemistry

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	زمین‌شناسی اقتصادی، آمار و احتمالات مهندسی
هدف:	فراگیری اصول حاکم بر توزیع، مهاجرت و غنی‌شدگی هیپوژن و سوپرژن عناصر در پوسته زمین، تشخیص کمپلکس‌های بارور از عقیم، تحلیل آماری داده‌های و جدایش آنومالی از زمینه و فراگیری روش‌های مختلف اکتشاف ژئوشیمیایی در محیط‌های اولیه و ثانویه

سرفصل‌ها

- مقدمه‌ای بر ژئوشیمی اکتشافی (معرفی علم ژئوشیمی اکتشافی، تعاریف، اهداف کاربردی، انواع محیط‌های مورد مطالعه ژئوشیمی، تاریخچه و ...)
- شرح مختصر روش‌های مختلف ژئوشیمی اکتشافی همراه با موارد کاربرد آنها در اکتشاف مواد معدنی
- اصول پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر و عوامل کنترل‌کننده توزیع عناصر در سنگها
- اصول مهاجرت ژئوشیمیایی عناصر در محیط‌های سوپرژن و هیپوژن
- آشنایی اولیه با شاخص‌های ژئوشیمیایی و کاربرد آنها در تشخیص کمپلکس‌های عقیم از بارور
- اصول بررسی هاله‌های لیتوژئوشیمیایی در محیط اولیه (بررسی هاله‌های اولیه (هیپوژن)، برداشت‌های لیتوژئوشیمیایی، روش‌های شدت بخشی به آنومالی‌های لیتوژئوشیمیایی)
- اصول بررسی هاله‌های لیتوژئوشیمیایی در محیط ثانویه (بررسی هاله‌های ثانویه (سوپرژن)، نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای و خاک‌ها و طراحی شبکه نمونه برداری)
- تکنیک‌های تحلیل آماری تک متغیره و دو متغیره معمول در بررسی‌های ژئوشیمیایی
- روش‌های سنتی و پیشرفته تفکیک زمینه از آنومالی و محاسبه حد آستانه‌ای و آنومالی عناصر

منابع

- ۱- حسنی پاک، علی اصغر، ۱۳۹۴، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (مواد معدنی)، چاپ نهم، انتشارات دانشگاه تهران، ایران.
- ۲- حسنی پاک، علی اصغر، شرف الدین، محمد، ۱۳۹۱، تحلیل داده‌های اکتشافی، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، ایران.
- ۳- هیلدا دادفر، افشین شهام، ۱۳۸۸، ژئوشیمی اکتشافی، انتشارات طراوت
- ۴- آریافر، احمد؛ کیخای حسین پور، مجید، ۱۳۹۷، روش‌های نوین تحلیل داده‌های ژئوشیمی اکتشافی، انتشارات دانشگاه بیرجند.
- 5- White, W.M., Casey, W.H. (2018). Encyclopedia of Geochemistry: A Comprehensive Reference Source on the Chemistry of the Earth (Encyclopedia of Earth Sciences Series) (p. 1557). Springer; 1st ed.
- 6- Govett, G. J. S. (Ed.). (2013). Rock geochemistry in mineral exploration (Vol. 3). Elsevier.
- 7- Cohen, D. R., Kelley, D. L., Anand, R., & Coker, W. B. (2010). Major advances in exploration geochemistry, 1998–2007. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 10(1), 3-16.
- 8- Hamilton, S. M., & Hale, M. (2000). Handbook of Exploration Geochemistry. 7, 81-119.



ژئوفیزیک اکتشافی و عملیات Exploration geophysics and field survey

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	۲ واحد نظری (۳۲ ساعت) + ۱ واحد آزمایشگاه و عملیات (۴۸ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	زمین شناسی اقتصادی، آزمایشگاه فیزیک ۲، (زمین شناسی ساختاری)
هدف:	آشنایی و یادگیری اصول روش‌های ژئوفیزیکی گرانی، مغناطیس، الکتریک و لرزه‌ای و کاربرد آنها در اکتشاف به طور عام با تاکید بر اکتشاف مواد معدنی همراه با آشنایی جنبه‌های عملی برداشت صحرایی داده‌های ژئوفیزیکی

سرفصل‌ها

الف-بخش نظری

- کلیات: (روش‌های ژئوفیزیکی، انطباق روش‌های ژئوفیزیکی در مسائل کاربردی، برنامه ریزی، انتخاب روش و طراحی شبکه برداشت، ماهیت و ساختار داده‌ها، نمایش داده‌ها، تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی)
- اصول روش گرانی و کاربردها: اصول فیزیکی گرانی سنجی، میدان گرانی زمین، اندازه گیری میدان گرانی، گرانی سنجها، چگالی سنگ‌ها و کانی‌ها، اندازه گیری‌های صحرایی، روش‌های تخمین چگالی، تصحیح داده‌ها، تهیه نقشه‌های بوگه ساده و بی‌هنجاری بوگه همراه با تفسیر کیفی و کمی آنها، مثال‌های موردی از کاربرد روش گرانی
- اصول روش مغناطیسی و کاربردها: اصول فیزیکی روش مغناطیسی، چگونگی مغناطیدگی مواد، خواص مغناطیسی کانی‌ها و سنگ‌ها، میدان مغناطیسی زمین، دستگاه‌های اندازه گیری، برداشت‌های مغناطیسی، پردازش داده‌های مغناطیسی، تفسیر داده‌های مغناطیسی (کیفی و کمی)، مثال‌های موردی از کاربرد روش مغناطیسی
- اصول روش لرزه‌ای و کاربردها: امواج لرزه‌ای، سرعت امواج لرزه‌ای در سنگ‌ها، بازتاب و شکست امواج، سیستم‌های جمع‌آوری داده‌ها
- روش‌های لرزه نگاری شکست مرزی (انکساری): مسیر امواج شکست مرزی، مدل زمین دولایه و چند لایه‌ای با فصل مشترک افقی و شیبدار، آرایش نقاط شلیک و ژئوفون‌ها در مطالعات لایه‌های تخت، لرزه نگاری شکست مرزی در فصل مشترک‌های غیر تخت، روش‌های تفسیر، تصحیحات استاتیکی، کاربرد ها و مطالعات موردی
- لرزه نگاری بازتابی (انعکاسی): هندسه مسیر امواج بازتابی، مدل زمین با یک افق بازتابی افقی، مدل زمین با چند افق بازتابی افقی و شیب دار، برداشت‌های نقطه میانی مشترک (CMP)، مهاجرت داده‌های لرزه‌ای، مفهوم پس از برانبارش و پیش از برانبارش زمانی و عمقی، تصحیح و تفسیر داده‌ها، کاربردها و مطالعات موردی
- اصول و مبانی روش ژئوالکتریک و الکترومغناطیس، معرفی روشها و کاربردهای آن همراه با معرفی پارامترهای فیزیکی، آرایش‌های مورد استفاده
- روش پتانسیل خودزا، روش مقاومت ویژه، روش قطبش القایی (IP) و سوندازنی و پروفیل زنی آنها همراه با ارائه مثال‌های موردی از کاربرد روش‌های فوق
- شرح کوتاهی از روش الکترومغناطیس EM (معرفی و اصول روش، انواع سیستم‌های EM، تفسیر داده‌ها، کاربردها و مثال‌های موردی)



الف-بخش عملی و آزمایشگاهی

-مبانی طراحی پروژه‌های ژئوفیزیکی و نکات عملیات صحرایی شامل پیاده کردن نقاط و ایستگاه های برداشت ژئوفیزیکی با استفاده از دوربین های نقشه برداری، GPS، متر و کمپاس

-برداشت چند پروفیل از داده های یک روش ژئوفیزیکی و تخلیه داده های دستگاه به کامپیوتر و تهیه فرمت های مناسب جهت ترسیم نقشه های مختلف و مدل سازی و تفسیر نتایج

-آشنایی با نرم افزارهای ژئوفیزیکی برای پردازش، تصحیح و مدل سازی و تفسیر داده های ژئوفیزیکی و کار عملی با آنها در آزمایشگاه

-تهیه گزارش مربوط به موارد فوق

منابع

- ۱- نوروزی غلامحسین، ژئوفیزیک اکتشافی (گرانی، مغناطیس، لرزه ای)، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۸
- ۲- نوروزی غلامحسین، روشهای الکتریکی در ژئوفیزیک اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۵
- ۳- اس رابینسون، مبانی اکتشافات ژئوفیزیک، ترجمه حیدریان شهری، محمد رضا، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۸.
- 4- Kearey, P. et al, (2002), "An introduction to geophysical exploration", Blackwell publishing, Third edition
- 5- Reynolds, J.M., (2011), "An introduction to applied and environmental geophysics, 2nd Edition ", John Wiley Publishing
- 6- Milsom, J. and Eriksen, A., (2011), Field Geophysics, Fourth edition, Jhon Wiley & Sons,
- 7- Dentith, M., and Mudge, S.T., (2014), Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist. Cambridge University press.



دورسنجی و GIS Remote Sensing and GIS

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	۱ واحد نظری (۶ ساعت نظری) + ۱ واحد عملی و آزمایشگاهی (۳۲ ساعت عملی)
(همیناز) پیش‌نیاز:	کارتوگرافی
هدف:	آشنایی با مبانی دورسنجی و نحوه کار با نرم افزار بر روی داده های ماهواره ای، آشنایی با اصول GIS برای حل مسائل مختلف اکتشاف و استخراج مواد معدنی

سرفصل‌ها

الف) دورسنجی

- آشنایی با روش های تصویر برداری ماهواره ای، انواع تصاویر ماهواره ای و توان تفکیک پذیری مکانی، طیفی و رادیومتری آنها، آشنایی با منابع و نرم افزارهای دورسنجی، چگونگی پردازش و تصحیح داده های ماهواره ای، کاربرد داده های ماهواره ای در مراحل مختلف اکتشاف و استخراج مواد معدنی و محیط زیست

ب) سامانه اطلاعات جغرافیایی

- آشنایی با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و کاربرد آن در حل مسائل اکتشافی، معرفی مختصر انواع سیستم های مختصات، آشنایی با داده های رستری و برداری، مبانی مفاهیم مکانی در فضای داده های برداری و رستری، معرفی نرم افزارهای GIS، تهیه لایه های اطلاعاتی رقومی، آشنایی با تحلیل های مکانی پایه بر روی داده های رستری و برداری (آنالیز استخراج اطلاعات، آنالیزهای نزدیکی، همپوشانی، جهت جریان، حوضه آبریز و ...)، شرح انواع روشهای تلفیق و مدل سازی لایه های اطلاعاتی برای تصمیم گیری، تهیه و کارتوگرافی نقشه خروجی، تفسیر و جمع بندی داده ها

کار عملی و آزمایشگاهی:

- آشنایی با روش های کار و برداشت داده های زمین شناسی و ژئوتکنیکی با استفاده از تصاویر ماهواره ای
- انجام یک پروژه عملی و آزمایشگاهی تهیه نقشه توسط تصاویر ماهواره ای
- آشنایی با نرم افزارهای مربوط برای پردازش و تصحیح داده های ماهواره ای و تلفیق لایه های اطلاعاتی رقومی
- انجام یک پروژه عملی GIS توسط یکی از نرم افزارهای GIS موجود در آزمایشگاه و ارائه نتایج به صورت نقشه ها و گزارش

منابع:

1. Gupta, R. P. (2017), 3rd edition. *Remote sensing geology*. Springer.
2. Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to remote sensing*. Guilford Press.
3. Bolstad, P. (2005). *GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems*. Eider Press.
4. Lang, L. (1998). *Managing natural resources with GIS*, ESRI Press.



5. Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2014), 7th Edition. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
6. Bonham-Carter, G. F. (1994). Geographic information systems for geoscientists-modeling with GIS. *Computer methods in the geosciences*, 13, 398.
7. Roonwal, G. S. (2018). *Mineral Exploration: Practical Application*. Chapter 4: remote sensing in mineral exploration, p. 119-151. Springer.



اصول اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی

Principles of exploration & ore reserve evaluation

تعداد واحد:

۲ واحد

نوع درس:

۱/۵ واحد نظری (۲۴ ساعت) و ۵/۵ واحد عملی و آزمایشگاهی (۱۶ ساعت)

(همیناز) پیش‌نیاز:

ژئوشیمی اکتشافی، ژئوفیزیک اکتشافی و عملیات، (دورسنجی و سامانه اطلاعات جغرافیایی)

هدف:

آشنایی با مراحل مختلف اکتشاف، بکارگیری روشهای مختلف اکتشاف زمین شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیکی و فراگیری مبانی تئوریک و رویه‌های برآورد منابع و یا ذخایر معدنی و طبقه‌بندی آنها

سرفصل‌ها

الف- نظری

۱. آشنایی با مراحل مختلف عملیات شناسایی، پی‌جویی، اکتشاف عمومی و اکتشاف تفصیلی نقش اطلاعات زمین شناسی و داده‌های ماهواره‌ای در مراحل مختلف اکتشاف مواد معدنی
۲. اصول انتخاب روشهای مختلف ژئوشیمی و ژئوفیزیک اکتشافی در هریک از مراحل اکتشافی و چگونگی برداشت و تحلیل داده‌های اکتشافی روشهای فوق برای اکتشاف مواد معدنی
۳. مشخص نمودن محدوده کانسارها و هندسه زون کانی‌سازی، بررسی مفهوم پیوستگی (پیوستگی زمین شناسی، پیوستگی عیار)، معرفی انواع شبکه‌های اکتشاف و ارزیابی، چگالی شبکه اکتشاف، روش‌های توسعه شبکه اکتشاف، آشنایی با انواع حفاریات اکتشافی (چاهک، ترانشه، گمانه، تونل‌های دنیال لایه (دنباله رو)، تونل‌های عمود بر لایه، تونل‌های امتداد لایه (موازی لایه)، اوکلون، دوپل و میان‌برها)
۵. آشنایی با روش‌های نمونه برداری از ماده معدنی در حفاریات اکتشافی (نمونه برداری اصولی جهت بررسی‌های عیارسنجی، وزن مخصوص، تغییرپذیری و سایر پارامترهای آماری مورد نیاز در ارزیابی ذخیره و کاهش خطا)
۶. مروری بر: ضریب همبستگی، هیستوگرام، توزیع تجمعی، خوشه زدایی، شناسایی مقادیر خارج از ردیف، توزیع نرمال و هم طول (کامپوزیت) کردن نمونه‌ها)
۷. قوانین محاسبه ذخیره، (قانون تداوم، تغییرات تدریجی، قانون نزدیکترین نقاط یا قانون تاثیر مساوی)، تعیین مناطق تاثیر کارهای اکتشافی زیرزمینی
۸. آشنایی با مشخصه‌های اصلی در ارزیابی و محاسبه ذخایر معدنی (ضخامت، مساحت، وزن مخصوص، عیار و غیره) و دسته بندی انواع ذخایر معدنی
۹. معرفی روشهای کلاسیک تخمین ذخیره (روش متوسط‌گیری، روش بلوک‌های زمین‌شناسی، روش بلوک‌های معدنی، روش مقاطع، روش مثلث، روش چندضلعی روش خطوط تراز، نزدیکترین همسایگی، معکوس فاصله) و روش‌های زمین آماری در تخمین ذخیره (تخمینگر کریجینگ معمولی و محاسبه واریانس تخمین) و اعتبارسنجی متقابل

ب- عملی:

- آموزش کار با یکی از نرم‌افزارهای Surpac, Datamine یا Gemcom مدل سازی زمین شناسی مشتمل بر ساختن فایل گمانه‌ها، ترسیم رویه توپوگرافی، بررسی آماره‌ها، ترسیم مقاطع و پلانها، ساختن مدل زمین شناسی، ساختن مدل بلوکی، کامپوزیت سازی، بررسی مقادیر خارج از رده، واریوگرافی و تحلیل ناهمسانگردی، اعتبارسنجی مدل واریوگرام، تخمین با استفاده از کریجینگ معمولی، اختصاص دانسیته به مدل بلوکی، ترسیم منحنی تناژ-عیار)



- کار با نرم افزار آموزش دیده و تهیه‌ی مدل زمین شناسی از یک کانسار واقعی بر مبنای داده‌های تهیه شده به صورت کارگروهی

منابع

- ۱- حسنی پاک، علی اصغر؛ "زمین آمار"؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ ۱۳۷۷
- ۲- حسنی پاک، علی اصغر؛ "تحلیل داده‌های اکتشافی"؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ ۱۳۸۱
- ۳- مدنی، حسن؛ اصول پی جویی، اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۶۶.
- ۴- یعقوب پور، عبدالمجید؛ مدنی، حسن "تخمین و ارزیابی ذخایر معدنی"؛ انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۱
- ۵- ملک زاده، آزاده؛ کریم پور؛ محمدحسن؛ حیدریان، محمدرضا، "اکتشاف ذخایر معدنی: مدل‌های زمین شناسی، ژئوشیمی، ماهواره ای و ژئوفیزیکی"؛ انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۱۳۹۱
- 6- M. Rossi, C Deutsch, 2013, Mineral Resource Estimation.
- 7- Jacqui Coombes, 2008, The Art and Science of Resource Estimation.
- 8- Sinclair, J.A. and Black well, H.G.; "Applied Mineral Inventory Estimation"; University Press; Cambridge; 2002
- 9- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I & II; 2nd Edition ; "SME Littleton , Co. ; 1992; Ch. 5-5 and 5-6
- 10- Glacken, I. M., Snowden, D. V., & Edwards, A. C. (2001). Mineral resource estimation. *Mineral resource and ore reserve estimation—the AusIMM guide to good practice. The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne*, 189-198.
- 11- Moon, C. J., Whateley, M. K., & Evans, A. M. (2006). Introduction to mineral exploration (No. Ed. 2). Blackwell publishing.



ایمنی، بهداشت و محیط زیست در معادن
Safety, Health and Environment in Mines

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همین‌ا‌ز) پیش‌نیاز:	کانه آرای‌ی و آ‌زمایشگاه؛ معدنکاری زیرزمینی
هدف:	آشنایی با اصول ایمنی، بهداشت در معادن و آشنایی با اثرات زیست محیطی ناشی از معدنکاری و فرآوری مواد معدنی و روشهای کنترل و مدیریت آنها

سرفصل‌ها

الف- ایمنی و بهداشت

- اصول و کلیات ایمنی در مراحل یک پروژه معدنی: (پی‌جویی و اکتشاف، معدنکاری روباز، معدنکاری زیر زمینی و کارخانه‌های کانه آرای‌ی)
- آتش‌سوزی‌های معدنی و کنترل آنها
- ایمنی در مسائل آتشباری و پرتاب سنگ
- ایمنی و پایداری دمپ‌های باطله
- ایمنی و پایداری سدهای باطله
- ریزش دیواره معادن روباز و مشکلات ایمنی
- معدنکاری در حضور آب و مشکلات ایمنی
- مسائل ایمنی و بهداشتی مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآوری مواد معدنی
- مسائل ایمنی خطوط لوله حامل باطله‌های فرآوری
- باران های اسیدی: علت تشکیل، مشکلات بهداشتی و ایمنی
- مشکلات ایمنی و بهداشتی در معدنکاری زیرزمینی (ایمنی در کارگاه استخراج، بحث گازخیزی و نکات ایمنی مربوط به آن، ریزش سنگهای سقف و نکات ایمنی آن، نکاتی ایمنی مربوط به نقص سیستم تهویه و ...)
- روش‌های اندازه‌گیری و مدیریت ایمنی در معادن شامل (اندازه‌گیری نتایج حوادث، اندازه‌گیری تناوب و شدت حوادث، روش‌های مختلف اندازه‌گیری آثار و نتایج حوادث
- آلودگی شدید آب‌های معدنی با مواد شیمیایی و زهاب اسیدی و مسائل بهداشتی
- آشنایی با انواع بیماری‌های موجود در محیط‌های معدنی و نحوه پیشگیری و درمان، اصول کمک‌های اولیه در حوادث معدنی (بیماری‌ها و ناهنجاری‌های ناشی از گرد و غبار کانی‌های صنعتی، بیماری‌ها و ناهنجاری‌های ناشی از گرد و غبار در معادن فلزی، بیماری‌های ناشی از تأثیر فلزات مختلف و بیماری‌های ناشی از مواد پرتوزا)
- اصول ارگونومی و کاربرد معدنی آن

ب- محیط زیست

- کلیات: محیط‌زیست، ضرورت حفاظت از محیط زیست، تبعات زیست محیطی معدنکاری در مراحل مختلف اکتشاف، استخراج و فرآوری و متروک کردن، مفاهیم اصلی حفاظت محیط زیست، منابع تولید آلودگی و انواع آلاینده‌های معدنی



- بررسی و ارزیابی تأثیرات زیست محیطی: روش‌های ارزیابی و بررسی، اهداف آماده‌سازی یک اظهارنامه اثرات زیست محیطی، هزینه مطالعات، بررسی چگونگی تأثیر فعالیت معدنی بر جمعیت مردمی و گونه‌های حیات وحش و استفاده زمین، کنترل سر و صدا، چک لیست بررسی و بازرسی‌های زیست محیطی
- سیاست‌ها، قوانین و مقررات زیست محیطی در جهان و ایران: سیاست‌های ملی، قوانین اساسی، حفظ منابع، الزامات و استانداردهای کنترل آلودگی، حفظ محیط زیست و اخذ مجوز و فرایند اخذ مجوز
- بازسازی زمین‌های معدنی: کلیات، نقش بازسازی در حفاظت محیط زیست، طراحی و برنامه‌ریزی بازسازی، عملیات بازسازی معادن سطحی (آماده‌سازی زمین، زیباسازی، پرکردن و شیب بندی، مدیریت خاک‌های سطحی، مدیریت آب و کنترل فرسایش، به‌سازی خاک، احیا و ایجاد پوشش گیاهی)، بازسازی محل انباشته‌های باطله‌ی معدن
- باطله‌ها و عملکرد زیست محیطی آنها، طبیعت باطله‌های معدنی، به حداقل رساندن تولید باطله، باطله‌های جامد، مدیریت و کنترل آلودگی: ترکیب باطله‌ها، ساختار انباشته‌گاه‌ها و روش‌های دفع باطله‌ها (انباشته‌های باطله، انباشته‌های فروشویی توده‌ای، محل‌های انباشت سطحی، پرکردن، باطله‌های پلاستی، باطله‌های اورانیوم)، سیستم‌های حمل و نقل باطله (باطله‌های درشت دانه، باطله‌های ریزدانه)، کنترل آلودگی (رفتارنگاری و آزمایش‌ها، پیشگیری و بهسازی)
- باطله‌های فرآوری: مدیریت باطله‌های فرآوری و سد باطله، تأثیر باطله‌های فرآوری در محیط زیست، آلاینده‌یون‌های فلزی، تأثیر واسطه فلوتاسیون و مواد شیمیایی روغنی، نحوه دمپ کردن، بازسازی در محل باطله‌های فرآوری
- آب‌های سطحی و زیرزمینی اطراف معدن، مدیریت و کنترل آلودگی آنها: مشخصات کیفی و زیست محیطی آب‌های معدنی، پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آب معدن، آلاینده‌های آب معدن، زهاب اسیدی معدن
- مطالعات زیست محیطی سیستم‌های فروشویی سیانیدی
- آلودگی هوا و کنترل گرد و غبار: منابع آلاینده‌ی و تولید گرد و غبار (چالزنی، آتشباری، کندن مواد، بارگیری و باربری)، روش‌های کنترل
- آلودگی صوتی و کنترل سر و صدا: منابع آلاینده‌ی، استانداردها، رفتارنگاری و تجهیزات رفتارنگاری، کنترل
- کنترل تشعشعات و پرتوهای رادیواکتیو

منابع

- ۱- زاد یوسفی، یوسف، ایمنی در معادن زیرزمینی و تونل سازی، ناشر موسسه کار و تأمین اجتماعی
- ۲- زاد یوسفی، یوسف؛ افشار تبریزی، محمد؛ ایمنی در معادن روباز، ناشر موسسه کار و تأمین اجتماعی
- ۳- اصلولو، مرتضی (۱۳۹۶). بازسازی معادن، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۴- دولتی ارده جانی، فرامرز؛ شفانی تنکابنی، سید ضیاءالدین؛ میر حبیبی، علیرضا و بدیعی، خشایار (۱۳۸۴). بیوتکنولوژی، ژئوشیمی زیست محیطی و مدیریت پساب‌ها: جلد اول- پساب‌های معدنی، پژوهشکده صنایع رنگ ایران، چاپ دانشگاه صنعتی شاهرود
- 5-Dhillon, Balbir S. (2010). Mine safety: A modern approach, Springer
- 6-Bridger, R.S. (1995). Introduction to ergonomics, Mc GrawHill
- 7- Karmis, M. (2001). Mine health and safety management, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
- 8- Lottermoser, B.G. (2003). Mine waste characterization, treatment and environmental impacts, Springer, Heidelberg
- 9- Williams, R.E. (1975). Waste production and disposal in mining, milling, and Metallurgical industries, Miller-Freeman Publishing Company, San Francisco, California, 489p



کارآموزی ۲

Training-2

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	بعد از نیمسال ۸ (گذراندن حداقل ۱۱۰ واحد درسی)
هدف:	آشنایی با محیط کار و مراحل مختلف کارهای معدنی

سرفصل‌ها

- هر یک از دانشجویان ملزم به گذراندن یک ماه کاری کارآموزی در معادن، سازمان‌ها و یا شرکت‌های اکتشافی یا معدنی، کارخانه‌های فرآوری یا در پروژه‌های احداث سازه‌های زیرزمینی هستند.
- نوع کار و محتوای گزارش کارآموزی طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان تعیین می‌شود.
- دانشجویان ملزم به ارائه‌ی گزارش کارآموزی طبق فرمت تعیین شده بوده و باید گزارش کار را به صورت دست‌نویس ارائه دهند.

* ارزیابی دانشجویان ۵۰ درصد گزارش کارآموزی توسط استاد کارآموزی، ۲۵ درصد توسط مسئولین واحدی که دانشجو در آنجا کارآموزی خود را گذرانده و ۲۵ درصد نیز با مصاحبه توسط استاد راهنمای کارآموزی خواهد بود.



پروژه Project

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	عملی
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد درسی
هدف:	آشنایی دانشجویان با روش تحقیق و انجام پروژه‌های اکتشافی، استخراج و فرآوری مواد معدنی و نحوه ارائه نتایج بصورت گزارش مکتوب

سرفصل‌ها

- پروژه به منزله یک کار تحقیقاتی مستقل دانشجویان در دوره کارشناسی است.
- موضوع و محتوای پروژه طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان در یکی از زمینه‌های اکتشافی، استخراج و یا فرآوری مواد معدنی تعیین می‌شود. توصیه می‌شود در پروژه، جنبه‌های محاسباتی و طراحی مد نظر قرار گیرد به طوری که به نوعی محتوای دروس اصلی و تخصصی به کار گرفته شود.
- ترجیحاً در انجام پروژه از همکاری واحد‌های معدنی و یا سازمان‌های مرتبط بهره گرفته شود.
- دانشجویان در صورت لزوم ملزم به ارائه شفاهی پروژه خود در حضور استادان گروه می‌باشند.
- دانشجویان ملزم به ارائه گزارش پروژه طبق فرمت تعیین شده بوده و باید گزارش کار را به صورت فایل Word و چاپ شده ارائه دهند.



دروس اختیاری



اخلاق مهندسی Engineering Ethics

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	گذراندن حداقل ۱۱۰ واحد درسی
هدف:	آشنایی با اخلاق مهندسی و قوانین و مقررات مربوط به حرفه مهندسی

سرفصل‌ها

آشنایی با حرفه مهندسی - مهندسی چیست و مهندس کیست - شناسایی فعالیتهای مهندسی تحول ساز، مروری بر تاریخ مهندسی در ایران، آشنایی با انجمن‌ها، سازمانها و مؤسسات مهندسی در ایران - ابتکار و خلاقیت در فعالیتهای مهندسی - نقش حرفه مهندسی در توسعه اقتصادی و رفاه جامعه و توسعه پایدار - تعهد و مسئولیت پذیری مهندسان، مروری بر استانداردها و نرمهای مهندسی در ایران و چند کشور پیشرفته - مروری بر قوانین و مقررات ملی مربوط به حرفه مهندسی - حقوق مهندسی و مالکیت خصوصی - مفهوم اخلاق مهندسی - نیاز به برخورداری از ارزشهای انسانی و اخلاق در فعالیتهای مهندسی - چگونگی پرورش ارزشهای انسانی در خود و محیط کار - ویژگیهای یک مهندس برخوردار از اخلاق مهندسی - رعایت امانت و دقت در نوشته های علمی و تدوین گزارشهای مهندسی - دین یک مهندس ایرانی به وطن - مروری بر مفاد سوگندنامه مهندسی

منابع:

۱. بهادری نژاد، مهدی. اخلاق مهندسی و مهندسی اخلاق، انتشارات یزدا، ۱۳۸۸.
۲. خاکی صدیق، علی. مقدمه‌ای بر اخلاق پژوهشی و اخلاق مهندسی، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۹.
۳. فرشاد، مهدی؛ نائیج پور، تورج. تاریخ مهندسی در ایران، انتشارات میرماه، ۱۳۹۲.
4. Gunn, A. S. (2017). *Environmental Ethics for Engineers*: CRC Press.
5. Harris Jr, C. E., Pritchard, M. S., Rabins, M. J., James, R., & Englehardt, E. (2013). *Engineering ethics: Concepts and cases*. Cengage Learning.
6. Schinzinger, R. (2000). *Introduction to engineering ethics*.
7. Whitbeck, C. (2011). *Ethics in engineering practice and research*. Cambridge University Press.



آشنایی با نرم افزارهای معدنی Mining Software

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	۱ واحد نظری (۱۶ ساعت) + ۱ واحد آزمایشگاه و عملیات (۳۲ ساعت) - اختیاری
(هم نیاز) پیش نیاز:	(اصول اکتشاف و ارزیابی ذخائر معدنی، معدنکاری زیرزمینی)، کانه آرای و آزمایشگاه
هدف:	آشنایی با نرم افزارهای معدنی، قابلیت ها و موارد کاربردهای آنها

سرفصل ها:

- کلیات: تعاریف، مفاهیم و کاربردهای کامپیوتر در معدن
- معرفی و دسته بندی نرم افزارهای معدنی (استخراج، اکتشاف، فرآوری، مکانیک سنگ)
- آشنایی، اصول و مبانی، قابلیت ها و توانمندی ها، مزایا و معایب و موارد کاربرد نرم افزارهای اکتشافی
- آشنایی، اصول و مبانی، قابلیت ها و توانمندی ها، مزایا و معایب و موارد کاربرد نرم افزارهای استخراجی
- آشنایی، اصول و مبانی، قابلیت ها و توانمندی ها، مزایا و معایب و موارد کاربرد نرم افزارهای مکانیک سنگ
- آشنایی، اصول و مبانی، قابلیت ها و توانمندی ها، مزایا و معایب و موارد کاربرد نرم افزارهای فرآوری
- انتخاب یک نرم افزار معدنی توسط استاد مربوط، توصیف مبانی نظری، آموزش نحوه مدل سازی با آن نرم افزار، انجام یک پروژه واقعی، بررسی و تحلیل نتایج
- انجام یک پروژه مستقل توسط دانشجو با یکی از نرم افزارهای معدنی معرفی شده، برحسب علاقه دانشجو و با نظر استاد مربوط

روش ارزیابی:

۵۰ درصد آزمون کتبی و ۵۰ درصد پروژه



تجزیه و تحلیل داده‌های اکتشافی

Analysis of exploration data

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری

(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: آمار و احتمالات مهندسی + (اصول اکتشاف و ارزیابی ذخائر معدنی)

هدف: آشنایی با روش‌های تحلیل داده‌های معدنی

سرفصل‌ها

- مروری بر آمار کلاسیک شامل انواع توزیع داده‌های متداول در داده‌های معدنی (اکتشافی، استخراجی و فرآوری) تئوری تخمین و حدود اطمینان برآوردهای آزمون‌های فرض نرمال توزیع، تبدیل داده‌ها به توزیع نرمال، قضایای حد مرکزی، توزیع نرمال، تبدیل‌های لگاریتمی، تبدیل کاکس و پاکس، توزیع لاگ نرمال و روش‌های جداسازی الگوهای توزیع دومی.
- استنباط‌های آماری در اکتشاف شامل سطح معنی دار بودن، آزمون‌های یک طرفه و دو طرفه، تجزیه و تحلیل واریانس و کاربرد آن در کنترل کیفیت داده‌ها، آزمون‌های نیکویی انطباق داده‌های اکتشافی و مدل‌های توزیع مبنایی و کاربرد آمار چند متغیره در تحلیل داده‌های معدنی شامل آمار دو متغیره، کوواریانس، ضریب همبستگی، رگرسیون دو متغیره خطی و غیر خطی، حدود اطمینان پارامترهای خط رگرسیون، توزیع‌های احتمال توام چند متغیره، تحلیل رگرسیون چند گانه، همبستگی جزئی، کاربرد رگرسیون چند متغیره در اکتشافات ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی، آنالیز تمایز، روش‌های R و Q مد، روش‌های مبتنی بر مقادیر ویژه شامل آنالیز مولفه‌های اصلی یا PCA، تجزیه و تحلیل فاکتوری، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، فاصله به عنوان ملاک شباهت، دندوگرام.
- تجزیه و تحلیل تطبیقی و تجزیه و تحلیل ویژگی برای تحلیل داده‌های معدنی.
- جنبه‌های کاربردی پردازش مقدماتی داده‌های معدنی شامل خنثی سازی اثر مولفه سن ژئیک در هر جامعه با استفاده از روش PCA و منطق فازی.
- جداسازی جامعه آنومالی از زمینه، شامل روش‌های ساختاری و غیرساختاری.
- تئوری فازی و استفاده از آن در تحلیل داده‌های معدنی
- تخمین‌های فراکتالی ضخامت و فاصله در مجموعه رگه‌های معدنی و تجزیه و تحلیل داده‌های معدنی بکمک تئوری فراکتالی.

منابع:

- ۱- حسنی پاک، علی اصغر؛ شرف الدین، محمد. تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۸۰.
- 2- Wellmer, F. W. (2012). Statistical evaluations in exploration for mineral deposits. Springer Science & Business Media.
- 3- Bárdossy, G., & Fodor, J. (2013). Evaluation of uncertainties and risks in geology: new mathematical approaches for their handling. Springer Science & Business Media.
- 4- Tukey, J. W. (1977). Exploratory data analysis (Vol. 2).
- 5- Harris, D. P. (2000). Information synthesis for mineral exploration. Oxford University Press, USA.
- 6- Martinez, W. L., Martinez, A. R., & Solka, J. (2017). Exploratory data analysis with MATLAB. Chapman and Hall/CRC



ترمودینامیک Thermodynamics

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(همین‌باز) پیش‌نیاز: آزمایشگاه فیزیک ۲، شیمی عمومی و آزمایشگاه شیمی عمومی

هدف: فراگیری اصول و قوانین ترمودینامیک و ایجاد زمینه‌ی لازم برای حل، تحلیل و طراحی مسائل مهندسی در سطوح و دروس بالاتر

سرفصل‌ها

- کلیات و تعاریف شامل تعریف سیستم و محیط، انواع سیستم‌ها (باز، بسته و منزوی)، انواع دیواره، انواع تعادل در سیستم‌های ترمودینامیکی، خواص ترمودینامیکی سیستم‌ها، توابع حالت، اصل صفرم ترمودینامیک.
- خواص و قوانین گازها شامل قوانین بویل، شارل و گیلوساک، اصل آووگادرو، معادلات حالت گازهای کامل، مخلوط گازها، قانون دالتون و قانون فشارهای جزئی، گازهای حقیقی و انحراف رفتار آن‌ها از گازهای کامل.
- قانون اول ترمودینامیک و کاربرد آن شامل بیان قانون بقای انرژی، روابط کار و گرما و واحدهای انرژی، اصل اول ترمودینامیک، بیان مفهوم و روابط انرژی داخلی، بیان مفهوم و روابط آنتالپی، بیان مفهوم و روابط ظرفیت‌های گرمایی، بدست آوردن روابط قانون اول ترمودینامیک برای گازهای کامل، معرفی انواع تحول‌های هم فشار، هم حجم، هم‌دما و آدیاباتیک و بدست آوردن روابط کار، گرما، آنتالپی و انرژی داخلی برای این تحول‌ها.
- ترموشیمی شامل مباحث آنتالپی استاندارد و آنتالپی تشکیل مواد، گرمای نهان تبدیلات فیزیکی مواد، بیان قانون هس و کاربرد آن در محاسبات ترموشیمی، بیان رابطه کیرشهف و کاربرد آن.
- قانون دوم ترمودینامیک و کاربرد آن شامل بیان‌های مختلف قانون دوم (بیان کلونین - پلانک و کلازیوس) ماشین‌های گرمایی و مبردها و بازدهی آن‌ها، چرخه‌ی کارنو و بازدهی آن، بیان مفهوم و روابط آنتروپی و نام ساوی کلازیوس و آنتروپی کل، محاسبه تغییرات آنتروپی در تحول‌های مختلف ترمودینامیکی، قانون سوم ترمودینامیک و قضیه گرمایی نرنست.
- تبدیلات فیزیکی مواد و قانون فازها شامل خواص مواد خالص: تعادل فازها (بخار، مایع، جامد)، دیاگرام فرآیندهای تغییر فازها، منحنی‌های اشباع، نقطه سه گانه.
- تعادل مادی و پتانسیل شیمیایی شامل بیان مفاهیم انرژی آزاد هلمهولتز و انرژی آزاد گیبس و کاربرد آن‌ها، بیان معادله بنیادی، بدست آوردن معادلات گیبس و ماکسول، بیان وابستگی توابع حالت به متغیرهای سیستم، بیان مفهوم پتانسیل شیمیایی، بدست آوردن شرایط تعادل فاز و تعادل در واکنش با استفاده از پتانسیل شیمیایی.
- ترمودینامیک محلول‌ها شامل معرفی خواص محلول‌ها، کمیت‌های مولی جزئی و کمیت‌های امتزاج، محلول‌های ایده‌آل، بیان قانون رائول، محلول‌های حقیقی و انحراف رفتار آن‌ها از قانون رائول، بیان مفاهیم فعالیت و ضریب فعالیت و روش‌های بدست آوردن آن‌ها، معادله گیبس-دوهم، محلول الکترولیت‌ها، بیان مفهوم ضریب فعالیت متوسط و روش‌های بدست آوردن آن‌ها، روش دبی‌هوک.
- تعادل شیمیایی و ثابت تعادل شامل تعریف مفهوم ثابت تعادل و کاربرد آن، بدست آوردن روابط ثابت تعادل، بیان رابطه ثابت تعادل با انرژی آزاد گیبس، ثابت تعادل در واکنش‌های حاوی جامدات، گازها و مایعات، حاصل‌ضرب حلالیت.



- سینتیک واکنش‌ها شامل تعریف سرعت واکنش، بیان قوانین سرعت، مکانیزم واکنش‌ها، بیان مرتبه واکنش‌ها و نیمه عمر واکنش‌ها.
- روابط ترمودینامیکی در الکتروشیمی شامل بیان مفاهیم اکسیداسیون و احیا، سلول‌های گالوانی، پتانسیل الکترودی و سری الکتروشیمیایی، نیروی الکتروموتیو، معادله نرنست، دیاگرام‌های پوربه (Eh-pH).

مثال: لازم است مثال‌های کاربردی از ژئوشیمی و تشکیل کانی‌ها و نیز فرایندهای هیدرومتالورژیکی و انحلال (لیچینگ) کانی‌ها در حین درس ارائه شود تا درک و کاربرد درس بخوبی روشن و قابل فهم گردد.

تمرین: این درس همراه تمرین است تا دانشجویان مسائل تئوری را بهتر درک کرده و جنبه‌های کاربردی آن‌ها را فراگیرند.

منابع:

۱. ایرا لوا، شیمی فیزیک، ترجمه اسلامپور و همکاران، انتشارات فاطمی.
۲. اتکنیز پاولا، شیمی فیزیک: جلد اول (ترمودینامیک)، ترجمه سیف‌الله جلیلی، انتشارات علمی و فنی.
۳. دکتر هوشنگ اسلامی، شیمی فیزیک ۱، انتشارات پیام نور.
4. Cemič, L. (2005). *Thermodynamics in mineral sciences*. Berlin: Springer-Verlag.
5. Gaskell, D. R., & Laughlin, D. E. (2017). *Introduction to the Thermodynamics of Materials*. CRC Press.



تحقیق در عملیات Operation Research

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(همپناز) پیش‌نیاز:	معادلات دیفرانسیل
هدف:	آشنا کردن دانشجویان با روش‌های پژوهشی - عملیاتی جهت تصمیم‌گیری بهینه در شرایط مختلف

سرفصل‌ها

- مقدمه و جنبه‌های عمومی تصمیم‌گیری
- تعاریف و ویژگی‌ها: تاریخچه تحقیق در عملیات، تعریف تحقیق در عملیات، کاربردهای تحقیق در عملیات، ویژگی‌های اساسی تحقیق در عملیات، طبقه‌بندی مدل‌ها، مدل‌سازی ریاضی
- برنامه‌ریزی خطی: تعاریف، مدل ریاضی مسائل برنامه‌ریزی خطی، روش ترسیمی برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی، حالت‌های خاص در برنامه‌ریزی خطی
- روش سیمپلکس: تعاریف و مبانی روش سیمپلکس، روش حل فرم استاندارد، انواع فرم‌های غیر استاندارد و روش حل آن‌ها، حالت‌های خاص در مسائل سیمپلکس و روش حل متغیرهای غیر مثبت به روش سیمپلکس
- مسئله ثانویه و تفسیر جداول سیمپلکس: مفهوم قیمت سایه، مسئله ثانویه یک مسئله برنامه‌ریزی خطی، روابط بین مسئله اولیه و ثانویه، روش سیمپلکس ثانویه
- تحلیل حساسیت و برنامه‌ریزی پارامتری: تعاریف، انواع حساسیت‌ها، تحلیل انواع حساسیت‌ها، برنامه‌ریزی خطی پارامتری
- مدل حمل‌ونقل: تعاریف، مسئله حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی خطی، روش خاص مسائل حمل‌ونقل و حالت‌های خاص حمل‌ونقل، تحلیل حساسیت حمل‌ونقل و کاربردهای آن
- مدل تخصیص: تعاریف و کاربردهای مسئله تخصیص، مسئله تخصیص و برنامه‌ریزی خطی، روش خاص مسائل تخصیص و حالت‌های خاص تخصیص.

منابع

۱. عطائی محمد، برنامه‌ریزی خطی و کاربردهای آن (برای مهندسين معدن)، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۹۳.
۲. فردریک س. هیلبر - جرالد ج. لیبرمن (ترجمه محمد مدرس و اردوان آصف‌وزیری)، تحقیق در عملیات - برنامه‌ریزی خطی، چاپ دهم تهران: نشر جوان، ۱۳۸۲.
۳. مختار بازارا، جان جی. جارویس، حنیف دی. شرالی (ترجمه: دکتر اسماعیل خرم)، برنامه‌ریزی خطی، انتشارات نشر کتاب دانشگاهی، ۱۳۸۰.
۴. مهرگان محمدرضا، تحقیق عملیاتی: برنامه‌ریزی خطی و کاربردهای آن، ویرایش سوم، چاپ دهم، تهران: نشر کتاب دانشگاهی، ۱۳۷۸.
5. Carter, M. W., & Price, C. C. (2017). *Operations research: a practical introduction*. Crc Press.
6. Taha, H. A. (2011). *Operations research: an introduction* (Vol. 790). Pearson/Prentice Hall.
7. Winston, W. L., & Goldberg, J. B. (2004). *Operations research: applications and algorithms* (Vol. 3). Belmont^ eCalif Calif: Thomson/Brooks/Cole.
8. Hiller, F. S., Lieberman, G. J. (2001). *Introduction to operation Research*, Mc Graw-Hill.



تکنولوژی ذغالسنگ

Coal Technology

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری

(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: اکتشاف و ارزیابی ذخایر مواد معدنی، معدنکاری زیرزمینی، کانه آرایی و آزمایشگاه

هدف: آشنایی با نحوه تشکیل، ترکیبات، تکنولوژیهای اکتشاف، استخراج و فرآوری ذغالسنگ برای کاربردهای صنعتی مختلف

سرفصل‌ها

- بخش اول: منشاء، نحوه تشکیل، ترکیب و خواص فیزیکی و شیمیایی، طبقه بندی ذغالسنگ، مختصری در مورد روشها و تکنیکهای اکتشاف ذغالسنگ، تجزیه و کربنی شدن ذغالسنگ بواسطه حرارت، محصولات گازی، سیالی و جامداتی حاصل از تجزیه حرارتی، محلول های ویژه و ناویژه ذغالسنگ،
- بخش دوم: استخراج، فرآوری، ارتقای کیفیت، جابجایی و فرآوری ذغال شامل: مختصری در مورد روشهای معدنکاری و فرآوری ذغال، غنی سازی از طریق شستشو، خشک نمودن و بریکیت سازی، روشهای حمل و نقل و ذخیره سازی، احتراق و کربنی نمودن ذغال، فرایند تبدیل ذغال به گازهای مرغوب، فرایند تبدیل ذغال به سوخت مصنوعی، فرایند استخراج حلالی مواد آلی ذغال، شرح مسائل زیست محیطی کاربردهای مختلف ذغالسنگ

منابع

1. Berkowitz, N. (2012). *An introduction to coal technology*. Elsevier.
2. Juniper, L. (2000). *Thermal coal technology: A manual for Australian coal*. QTherm Program, Department of Mines and Energy, Queensland Government.
3. Mishra, S. K., & Klimpel, R. R. (1987). *Fine coal processing*.
4. Osborne, D. (Ed.). (2013). *The Coal Handbook: Towards Cleaner Production: Volume 2: Coal Utilisation*. Elsevier.
5. Speight, J. G. (2012). *The chemistry and technology of coal*. CRC press.
6. Stefanko, R. (1983). *Coal mining technology: Theory and practice*.
7. Swaine, D. J., & Goodarzi, F. (Eds.). (2013). *Environmental aspects of trace elements in coal* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
8. Yürüm, Y. (Ed.). (2013). *Clean utilization of coal: coal structure and reactivity, cleaning and environmental aspects* (Vol. 370). Springer Science & Business Media.



روش و ارائه‌ی تحقیق

Procedure and Presentation of Research

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری و عملی (۱۶ ساعت نظری + ۳۲ ساعت عملی) - اختیاری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد درسی
هدف:	بالا بردن توانایی تحقیق و ارائه‌ی نتایج تحقیق به‌صورت شفاهی و کتبی

سرفصل‌ها

۱- نظری

- کلیات: مفاهیم، ویژگی‌های محقق و تحقیق، روش‌شناسی تحقیق، ضرورت ارائه و روش‌های ارائه‌ی نتایج تحقیق

- روش تحقیق: موضوع تحقیق و ویژگی‌های آن، منابع اطلاعات و اصول گردآوری منابع (آشنایی با منابع اطلاعاتی، روش استفاده از بانک‌های اطلاعاتی، روش استفاده از اینترنت، روش استفاده از سایت‌های مجلات علمی بین‌المللی در زمینه‌های مرتبط)، روش‌های جستجو و دسته‌بندی منابع و اطلاعات (چگونگی جستجو در منابع، بانک‌های اطلاعاتی، شبکه‌ی اینترنت و کتابخانه‌های دیجیتال، روش‌های تندخوانی)، بررسی منابع و اطلاعات و فیش برداری و تحلیل آنها (چگونگی انتخاب، بهره‌برداری، بررسی و نقد و نتیجه‌گیری از اطلاعات)

- ابزارهای ارائه‌ی کتبی و شفاهی: نرم‌افزارهای Office و قابلیت‌های آنها، شامل Word, Wordpad, Excell (تنظیم و ویرایش متن، رسم نمودار، رسم جدول، فرمول نویسی، استفاده از تصاویر...), Power Point و قابلیت‌های آن (تهیه‌ی اسلاید، ویرایش و روزآمد سازی اسلایدها برای کاربری‌های سازگار با هم، به مقیاس درآوردن تصاویر و جداول و ... برای ساده سازی مارک اسلاید، چگونگی ارجاع به اسلاید در پاسخگویی به سؤالات...)

- تدوین و گزارش نویسی فنی: اصول گزارش نویسی فنی، قواعد نگارشی و دستوری، نگارش مقالات علمی (ساختار مقالات، اصول چکیده و مقدمه نویسی، اصول نتیجه‌گیری، چگونگی ارجاع به منابع و فهرست نویسی منابع)، تدوین و نگارش پایان نامه (ساختار استاندارد پایان نامه، چکیده و مقدمه نویسی، تنظیم فصول، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، ارجاع به منابع و فهرست نویسی منابع، استخراج مطالب برای دفاعیه)

- ارائه‌ی شفاهی: تجهیزات ارائه‌ی شفاهی و نحوه‌ی استفاده، اصول سخنرانی در کنفرانس‌ها و دفاعیه، تدوین مطالب و زمان‌بندی ارائه، ترتیب و تنظیم علمی و منطقی مطالب در ارائه‌ی شفاهی

۲- عملی

- هر دانشجو موظف است موضوعی را انتخاب نموده و با استفاده از حداقل شش مقاله، تحقیقی مروری انجام داده و گزارش تحقیق خود را (حداکثر ۵۰ صفحه و حداقل ۲۵ صفحه) به صورت کتبی و ارائه‌ی شفاهی مطابق دستورالعمل‌های استاد درس ارائه نماید.

- آموزش‌های کسب مهارت در کاربری نرم‌افزارهای Office و Power Point

۳- ارزیابی

- ارزیابی ارائه‌ی کتبی و شفاهی استاد درس: ۵۰ درصد

- ارزیابی توسط آزمون کتبی استاد درس: ۵۰ درصد



روش‌های تجزیه‌ی مواد معدنی و آزمایشگاه Analytical Methods of Minerals and Lab

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	۱ واحد نظری (۱۶ ساعت) + ۱ واحد عملی (۳۲ ساعت) - اختیاری
(همینا) پیش‌نیاز:	شیمی عمومی، آزمایشگاه شیمی عمومی، کانی‌شناسی
هدف:	آشنایی با اصول تجزیه‌ی شیمیایی و روش‌های تجزیه‌ی دستگاهی شامل پراش پرتو ایکس، فلونور سانس پرتو ایکس، جذب اتمی، تجزیه شیمیایی با دستگاه LIBS، آنالیزهای حرارتی، آنالیز FTIR، میکروسکوپ الکترونی

سرفصل

الف - بخش نظری

- مقدمه‌ای بر شیمی تجزیه (دلایل اهمیت روش‌های تجزیه، کاربردهای آنالیزهای تجزیه‌ای در علوم مختلف، انواع طبقه‌بندی‌های روش‌های تجزیه، مراحل مختلف آماده‌سازی نمونه جهت آنالیز)
- آشنایی با روش‌های صحیح نمونه‌برداری در مقیاس آزمایشگاهی، تعریف ناهمگنی و انواع آن، ناهمگنی در سیستم‌های طبیعی، اهمیت نمونه‌برداری در تجزیه، عوامل موثر در نمونه‌برداری، ویژگی‌های نمونه، مقیاس نمونه‌برداری، ضرورت همگن‌سازی، آشنایی با روش صحیح نمونه‌برداری از جامدات و مایعات
- آشنایی با مفاهیم دقت و صحت در اندازه‌گیری‌ها و محاسبه انواع خطا، اهمیت کنترل کیفیت داده‌های آزمایشگاهی، تحلیل داده‌ها، صحت و دقت، آشنایی با نحوه کنترل کیفیت داده‌های آزمایشگاهی، ماده مرجع استاندارد گواهی‌نامه‌دار (CRM) و ماده مرجع (RM)، مقایسه با مواد استاندارد و استفاده از آنها برای کالیبراسیون و کنترل کیفیت، سایر روش‌های کنترل کیفیت داده‌های آزمایشگاهی
- آشنایی با محاسبات آزمایشگاهی و مفاهیم ارقام معنی‌دار، ارقام مطمئن و نامطمئن، عدم قطعیت نسبی و مطلق (همراه با حل مثال)، قاعده گرد کردن اعداد، ارقام معنادار در محاسبه، بازه اطمینان (همراه با حل مثال)، سطح اطمینان،
- انواع خطا، عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌ها، منابع ایجاد خطا، تقسیم‌بندی خطا از لحاظ منشأ، خطای تصادفی - خطای سیستماتیک،
- مبانی روش‌های آنالیز شیمی کلاسیک، مقایسه روش‌های کلاسیک و دستگاهی، انواع روش‌های تجزیه کلاسیک، تیتراسیون (تعاریف، نحوه انجام و انواع آن)،
- آشنایی با انواع روش‌های وزن‌سنجی، روش وزن‌سنجی رسوبی، واکنش‌های اکسایش-کاهش، واکنش‌های تشکیل کمپلکس، تیتراسیون‌های اسید-باز (خنثی شدن)
- مبانی روش‌های آنالیز دستگاهی (تعاریف)، معیارهای انتخاب دستگاه آنالیز، گستره دینامیکی، حد حساسیت، نکاتی عمومی در مورد روش‌های آنالیز دستگاهی و مراحل آن، انواع روش‌های دستگاهی مبتنی بر تشعشع، پارامترهای فیزیکی مورد استفاده در روش‌های آنالیز دستگاهی، انواع طبقه‌بندی روش‌های آنالیز دستگاهی، مقایسه قدرت تفکیک برخی از روش‌های مختلف آنالیز عنصری،
- آشنایی مقدماتی با روش پراش پرتو ایکس (XRD) شامل ذکر تاریخچه، معرفی جایگاه در طیف امواج الکترومغناطیس، ویژگی‌های فیزیکی پرتوهای ایکس، تعریف پراش پرتو ایکس، تابش ایکس مشخصه، معادله براگ (توضیح آن و معرفی پارامترهای مختلف رابطه براگ)، یک نمونه نمودار تفسیر شده XRD، ساختار



- دستگاه، انواع مختلف دستگاه‌های XRD، جزئیات نمودارگیری، مزایا و معایب آنالیز به روش پراش پرتو ایکس، شناسایی فازها
- آشنایی مقدماتی با روش فلورسانس پرتو ایکس شامل معرفی اصول روش فلورسانس پرتو ایکس، انواع طیف سنج های XRF، مقایسه WDXRF و EDXRF، انواع طیف سنج های WDXRF، ساختار دستگاه، آماده سازی نمونه: قرص درست کردن (Pelletizing)، نمونه های گداخته (Fused samples)، کاربردهای روش فلورسانس پرتو ایکس و محدودیت‌های آن
 - آشنایی مقدماتی با روش جذب اتمی (AA)، جذب اتمی و اصول آن، اتم‌سازی، وضعیت شعله در دستگاه جذب اتمی، مکانیسم دستگاه، منبع تابش لامپ‌های کاتدی، کاربردها و محدودیت‌های جذب اتمی
 - آشنایی مقدماتی با روش اسپکتروسکوپی لیزری (LIBS)، شامل ذکر مکانیسم روش و دستگاه، مراحل ایجاد پلاسمای القایی لیزری، مشخصات نمونه مورد آنالیز و کاربرد، مزایای استفاده از LIBS
 - آشنایی مقدماتی با آنالیزهای حرارتی (DTA-TGA)، آنالیزهای حرارتی و اطلاعات حاصل از آنها، گرما وزن سنجی (TGA) و نکات مربوط به آن
 - آشنایی مقدماتی با روش تبدیل فوری مادون قرمز (FTIR)، توضیح علمی روش طیف سنجی تبدیل فوری مادون قرمز و انواع ارتعاش مولکولی، آماده سازی نمونه و آشنایی با تفسیر یک نمونه طیف FTIR
 - آشنایی مقدماتی با میکروسکوپ الکترونی (SEM) شامل آشنایی با انواع میکروسکوپ الکترونی، مکانیسم دستگاه، کاربردهای میکروسکوپ الکترونی، مشخصات نمونه مورد آنالیز، تصاویر کانی‌های مرسوم در SEM، آنالیز SEM/EDX
- ب- بخش عملی**
- روش‌های تهیه و آماده‌سازی نمونه معرف
 - اندازه‌گیری حجم واقعی ظروف آزمایشگاهی
 - انجام یک آزمایش تیتراسیون
 - اندازه‌گیری خاکستر زغال سنگ
 - اندازه‌گیری چگالی یک نمونه معدنی به روش پیکنومتری
 - اندازه‌گیری کمی میزان کلسیت و دولومیت در یک نمونه کربناته با استفاده از اسیدشویی
 - اندازه‌گیری میزان LOI یک نمونه کربناته
 - آشنایی با دستگاه XRD و آماده سازی های مربوطه
 - تفسیر یک طیف XRD عمومی
 - آشنایی و بازدید از دستگاه‌های XRF، جذب اتمی، اسپکتروفوتومتری
 - شناسایی اختصای کانی‌های رسی با آزمایش XRD با انجام آماده سازی‌های ویژه (تهیه لام نرمال، حرارت دیده و اشباع از اتیلن گلیکول)، نمودارگیری و مقایسه نمودارها با یکدیگر جهت شناسایی نوع رس‌ها

منابع

- [1] Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. (2013). *Fundamentals of analytical chemistry*. Nelson Education.
- [2] Wainerdi, R. (Ed.). (2012). *Modern methods of geochemical analysis*. Springer Science & Business Media.
- [3] Arbogast, B. F. (1996). *Analytical Methods Manual for the Mineral Resource Surveys Program, US Geological Survey*. US Department of the Interior, US Geological Survey.



ریاضی مهندسی Engineering Mathematics

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری
(همیناز) پیش نیاز:	معادلات دیفرانسیل
هدف:	تاکید بر کاربردهای مهندسی سرفصل های ذکر شده

سرفصل ها

سری فوری، معادلات با مشتقات جزئی، اعداد مختلط و توابع تحلیلی مختلط، نگاشت همبندی (Conformal Mapping)، انتگرال مختلط، سری توانی، تیلور و لوران، انتگرال گیری به روش مانده ها، توابع تحلیلی مختلط و نظریه ی پتانسیل، آنالیز عددی با تأکید بر روش های تخمین

منابع

- ۱- کروییت سیک، اروین؛ "ریاضیات مهندسی پیشرفته"؛ ترجمه ی شیدفر، عبدالله و فرمان، حسین؛ جلد دوم؛ مرکز نشر دانشگاه تهران؛ چاپ سوم؛ ۱۳۷۲
- ۲- براون، جیمز وارد و چرچیل، روثل ونس؛ "متغیرهای مختلط و کاربردهای آن"؛ ترجمه خسروی، امیر؛ مرکز نشر دانشگاهی؛ چاپ دوم؛ ۱۳۸۸
3. Halpern, D., Wilson, H. B., & Turcotte, L. H. (2002). *Advanced mathematics and mechanics applications using MATLAB*. Chapman and Hall/CRC.
- 4- Chen, W., de Kee Fong, D., & Kaloni, P. N. (2003). *Advanced mathematics for engineering and science*. World Scientific.
- 5- Prosperetti, A. (2011). *Advanced mathematics for applications*. Cambridge University Press.



محاسبات عددی Numerical Computation

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	(معادلات دیفرانسیل) برنامه‌سازی کامپیوتر
هدف:	شناسایی فرآیندهایی که از مسائل ریاضی، جواب‌های عددی و عملی به دست می‌دهند و ایجاد زمینه‌ی لازم برای درک مباحث شبیه‌سازی و مدل‌سازی.

سرفصل‌ها

اعداد و خطاها، حل معادلات غیرخطی با یک متغیر (روش‌های نصف کردن، رگولافاسی، سکانت، تکرار نیوتن، مولر، جستجوی گام به گام و نقطه ثابت)، حل دستگاه معادلات خطی (حذف گاوسی)، روش‌های عددی در جبر خطی، درون‌یابی و برون‌یابی، تخمین عددی توابع (روش حداقل مربعات، تخمین خطی به روش حداقل مربعات، تخمین درجه دو و سه به روش حداقل مربعات، تخمین به روش حداقل مربعات با توابع نمایی و کسری)، مشتق‌گیری و انتگرال‌گیری عددی، حل عددی معادلات دیفرانسیل مرتبه‌ی اول و دوم، عملیات روی ماتریس‌ها و مقادیر ویژه‌ی ماتریس‌ها و تعیین آن‌ها با تکرار، بسط‌های مجانبی، آشنایی با نرم‌افزار MATLAB

منبع:

- ۱- کرویت سیک، اروین؛ "ریاضیات مهندسی پیشرفته"؛ ترجمه‌ی شیدفر، عبدالله و فرمان، حسین؛ جلد دوم؛ مرکز نشر دانشگاه تهران؛ چاپ سوم؛ ۱۳۷۲
- ۲- انصاری، علی؛ "محاسبات عددی با FORTRAN و MATLAB"؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ ۱۳۸۳



زبان تخصصی معدن Mining Professional English

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(همیناز) پیش نیاز:	زبان خارجی عمومی، معدنکاری زیرزمینی، ژئوفیزیک اکتشافی و عملیات، ژئوشیمی اکتشافی
هدف:	آشنایی عملی با نحوه مطالعه و درک مطلب از متون تخصصی مهندسی معدن

سرفصل‌ها

- کار بر روی متون مختلف در زمینه های مختلف اکتشاف مواد معدنی با روشهای ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی، روش های استخراج معادن، مکانیک سنگ و ژئوتکنیک، فرآوری مواد معدنی، شامل: درک مطلب، واژه شناسی تخصصی، جمله نویسی

منابع

- 1- English for the students of Mining (Exploration), Moshiri S. M. and Roshan Zamir M. A., 1997, SAMT publication.
- 2- English for the students of Mining (Exploitation), Moshiri S. M. and Roshan Zamir M. A., 1997, SAMT publication.
- 3- The language of Mining and Metallurgy in English.



زمین‌شناسی مهندسی Engineering Geology

تعداد واحد: ۲ واحد
نوع درس: نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: مکانیک سنگ و آزمایشگاه
هدف: آشنایی با کاربردهای مختلف زمین‌شناسی در مطالعات اولیه پروژه های مهندسی معدن و عمرانی

سرفصل‌ها

۱. کاربرد زمین‌شناسی در مسائل مهندسی
 - ارتباط بین زمین‌شناسی مهندسی و سایر رشته های مهندسی مثل معدن، عمران و محیط زیست
 - مطالعات مربوط به مراحل شناسی مقدماتی، تفصیلی، مراحل اجرای و بهره برداری
۲. ژئومورفولوژی مهندسی
 - شکل عمومی حوضه های زهکشی، مورفولوژی ساحل، مورفولوژی دلتاها و کف دریا، مورفولوژی یخچالها، دینامیک جریان های آب، باد و یخ، مکانیسم شکل گیری دامنه ها، تئوری عملکرد رودخانه ها، مکانیزم محل ر سوبات، مکانیزم تشکیل دره ها، فرسایش و عوامل آن، ریزش و حرکت مواد، زمین لغزش و مکانیزم آنها، زهکشی و عملکرد در ژئومورفولوژی مهندسی
۳. اثرات زمین لرزه بر زمین و سازه ها
 - بررسی و جمع آوری آمار و اطلاعات لرزه نگاری و کاربردهای آنها، اثر لرزه ها و پس لرزه ها بر پی ساختمانها و سازه های زیرزمینی (تونلها، معادن سطحی و زیر زمینی)، اثرات زلزله بر آبهای زیرزمینی و منابع آب سطحی و زیرزمینی
۴. زمین شناسی مهندسی و راه سازی
 - لزوم مطالعات زمین شناسی مهندسی در طراحی و اجرای پروژه های راه سازی، انجام بررسی های مقدماتی تعیین مسیر، مطالعات تفصیلی در تعیین مسیر، ترانше و کوهبری
۵. زمین شناسی مهندسی و نقش آن در مهندسی معدن
 - لزوم مطالعات زمین شناسی مهندسی در تعیین پروژه مسیر حفاریات معدنی (حفر چاه، تونل، بررسی پایداری دیواره ها شیبدار و سقف و دیواره کارگاه استخراج)، انجام بررسی های مقدماتی و تفصیلی محل ایجاد معادن روباز و زیرزمینی
۶. نحوه همکاری مهندسی زمین شناسی و مهندسیین طراح- برنامه ریزهای منطقه ای و محلی- ین شناسی مهندسی و طرحهای توسعه ای محیط زیست- بررسی محدودیت های موجود در مناطق مختلف با توجه به خصوصیات زمین شناسی مربوطه مثل هیدرولوژی سطحی و زیر سطحی منطقه- اثرات زهکشی و پدیده های نشست، لغزش زمین و ترک خوردگی زمین نشست، ایجاد فروچاله و نشست منابع آلاینده

منابع:

- ۱- قبادی محمد حسین، زمین‌شناسی مهندسی (ویژه دانشجویان عمران)، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۹۴.



- 3- Price, D. G. (2008). *Engineering geology: principles and practice*. Springer Science & Business Media.
- 4- Attewell, P. B., & Farmer, I. W. (2012). *Principles of engineering geology*. Springer Science & Business Media.
- 5- Bell, F. G. (2013). *Engineering geology and geotechnics*. Elsevier.
- 6- Hencher, S. (2013). *Practical engineering geology*.
- 7- Bell, F. G. (2016). *Fundamentals of engineering geology*. Elsevier.



زمین آمار Geostatistics

تعداد واحد: ۲ واحد
نوع درس: نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: زمین شناسی اقتصادی، ژئوشیمی اکتشافی
هدف: آشنایی با اصول و مبانی زمین آمار و شناسایی تغییر پذیری در ساختارهایی با متغیر ناحیه ای

سرفصل‌ها

۷. معرفی زمین آمار و تفاوت آن با آمار کلاسیک
۸. کاربردهای زمین آمار در اکتشاف و ارزیابی ذخائر معدنی، طراحی شبکه نمونه برداری و حفاری چال انفجاری و گمانه های اکتشافی و تخمین ذخائر معدنی
۹. متغیر ناحیه ای (شامل تعریف و ذکر مثالهایی از آن)
۱۰. فرضیات پایایی (پایایی مرتبه دوم، پایایی ذاتی و شبه ذاتی)
۱۱. واریوگرافی و تحلیل ساختاری (مفهوم و ویژگیهای واریوگرام و کوواریوگرام، شناسایی پایایی ساختار فضایی، انواع مدل‌های واریوگرام، روشهای برازش مدل به واریوگرام)
۱۲. تحلیل ساختاری (همسانگردی و ناهمسانگردی ساختاری)
۱۳. روش تخمین کریجینگ
۱۴. خطای تخمین و توزیع آن
۱۵. طبقه بندی ذخایر معدنی

منابع

- ۱- حسنی پاک علی اصغر، زمین آمار، انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۷
- ۲- حسنی پاک علی اصغر، تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۸۱
- ۳- خسروی یونس؛ عباسی اسماعیل، تحلیل فضایی تحلیل فضایی داده های محیطی با زمین آمار، انتشارات آذر کلک. ۱۳۹۵
- 4- Chun, Y., & Griffith, D. A. (2013). *Spatial statistics and geostatistics: theory and applications for geographic information science and technology*. Sage.
- 5- Oliver, M. A., & Webster, R. (2015). *Basic steps in geostatistics: the variogram and kriging* (Vol. 106). New York: Springer.



زمین شناسی نفت Petroleum Geology

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری، اختیاری (۳۲ ساعت)
(همیناز) پیش نیاز:	سنگ شناسی
هدف:	آشنایی با اصول تشکیل مخازن، ذخیره سازی و مهاجرت و تجمع نفت با نگاه ویژه بر میادین نفتی ایران

سرفصل‌ها

۱۶. تشکیل نفت و گسترش آن. ترکیب شیمیایی و فیزیک نفت، شکل گسترش نفت، توزیع زمانی و مکانی نفت
۱۷. منشاء نفت: مواد آلی در حوضه‌های رسوبی، محیط‌های مناسب برای تامین مواد آلی، حفظ و نگهداری مواد آلی در رسوبات، تغییرات بعد از نهشته شدن مواد آلی
۱۸. مراحل دیاژنز و متاژنز، پختگی کروژن‌ها
۱۹. زمین آمار و تفاوت آن با آمار کلاسیک
۲۰. مخازن نفتی
۲۱. سنگ مخزن، تخلخل و تراوایی
۲۲. سنگ پوش مخازن
۲۳. نفت گیرها و انواع فرم آنها (تاق‌دیس، گسلی، چین‌های، دگرشیمی، نفت گیرهای مرتبط با گنبد‌های نمکی)
۲۴. مهاجرت و تجمع نفت (شامل مهاجرت اولیه و ثانویه نفت، نیروهای موثر در مهاجرت)
۲۵. مخازن نفت و گاز
۲۶. توزیع کمی و کیفی سیالهای هیدروکربوری موجود در مخزن
۲۷. منابع نفت و گاز و موقعیت قرارگیری آنها
۲۸. منابع گاز طبیعی در ایران: گاز موجود در کلاهدک مخازن نفتی، گاز همراه و مخازن مستقل گاز

منابع

- ۶- سحابی فریدون، زمین شناسی نفت، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۵ چاپ پنجم
- ۷- رضایی محمد رضا، زمین شناسی نفت، انتشارات علوی، ۱۳۸۴
- ۸- مدبری سروش (ترجمه)، زمین شناسی نفت، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۴
- ۹- حسین پور مریم، مصطفوی سید اسماعیل، ستماری سعیده، از زمین شناسی نفت تا مهندسی نفت، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد قزوین، ۱۳۹۶
- 10- Selley, R. C., & Sonnenberg, S. A. (2014). *Elements of petroleum geology*. Academic Press.
- 11- Chapman, R. E. (2000). *Petroleum geology* (Vol. 16). Elsevier.



سنگ های قیمتی و گوهر شناسی

Gems and gemology

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(همیناز) پیش نیاز:	کانی شناسی و آزمایشگاه
هدف:	آشنایی با تاریخچه گوهرسنگ، منشا نام، ساختار شیمیایی، ساختار بلوری و ریخت شناسی، عامل رنگ، اسامی گروه و گونه، ویژگی های فیزیکی، اینکلوژن ها، زمین شناسی و ذخایر اصلی گوهرسنگ خواهد بود.

سرفصل ها

- ۱- مفاهیم کانی شناسی در علم گوهرشناسی (سیستم های بلوری، تقارن، استریوگرافی مقدماتی)
- ۲- خواستگاه زمین شناسی گوهر سنگ ها
- ۳- اینکلوژن ها (درون گیرها)
- ۴- ویژگی های فیزیکی گوهرها ۱ (سختی، سفتی، انواع شکست و وزن مخصوص)
- ۵- رفتار نور در گوهر ها (معرفی انواع نور و عناصر موثر در نور: طول موج، نور پلاریزه، بازتابش و شکست نور)
- ۶- ویژگی های فیزیکی گوهرها ۲ (ایزوتروپی و انیزوتروپی)
- ۷- ویژگی های مغناطیسی و الکتریکی
- ۸- آشنایی با تجهیزات گوهرشناسی (میکروسکوپ نوری، لوپ، اسپکتروسکوپ دستی، رفراکتومتر، پلاریسکوپ و دایکروسکوپ)
- ۹- رنگ در گوهرشناسی
- ۱۰- لومینسانس
- ۱۱- مصنوعات و بدلیجات گوهر ها
- ۱۲- تراش
- ۱۳- معرفی روش های نوین شناسایی گوهر ها
- ۱۴- معرفی سنگ های گوهری و نیمه گوهری مهم (الماس، یاقوت، زمرد، گارنت، فیروزه، مروارید، کزندم، بریل، توپاز، اسپینل، اوپال، تورمالین و....)



منابع:

1. Schumann, W. (2013). *Gemstones of the World*. Sterling Publishing Company, Inc.. Fifth Edition.
2. Read, P. R. and Robert H., (2008). *Gemmology*, 3rd edition.
3. Hughes, R. W. and Hughes, E. B., (2017). *Ruby & Sapphire: A Gemologist's Guide*, RWH Publishing/Lotus Publishing.
4. *GIA Handbook of Colored stones*, The Gemological Institute of America, 2015
5. *GIA Handbook of Diamonds and Diamond Grading*, The Gemological Institute of America, 2015.

فرآیندهای تولید کک، گندله و سیمان Coke, pellet and cement production processes

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	فلوتاسیون و آزمایشگاه
هدف:	آشنایی کلی با فرآیندهای تولید کک، گندله و سیمان

سرفصل‌ها

الف: کک سازی

- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زغال سنگ مورد نیاز
- فرآیند کلی عملیات کک‌سازی
- خواص فیزیکی و شیمیایی کک
- آزمایش‌های استاندارد تعیین خواص کک

ب: گندله سازی

- خواص خوراک سنگ آهن ورودی به کارخانه
- عملیات خردایش
- فرآیند کلی عملیات گندله‌سازی
- خواص فیزیکی و شیمیایی گندله
- آزمایش‌های استاندارد تعیین خواص گندله
- فرآیندها در کوره‌های ذوب با حضور کک و گندله به منظور استحصال فرآورده‌های آهنی

ج: تولید سیمان

- سیمان، انواع و خواص مورد نیاز هر یک
- ترکیبات و نسبت‌های مهم اکسیدها در سیمان‌ها
- مواد اولیه و خواص آن‌ها در صنعت سیمان
- چگونگی تولید کلینکر و فرآیند کلی تولید سیمان
- استفاده از کمک سایش‌ها در عملیات خردایش
- خردایش کلینکر

منابع

- ۱- راوم، الیزابت، ترجمه: سالاری، حسن، "سوخت‌های فسیلی و سوخت‌های زیستی: انرژی در آینده"، انتشارات منادی تربیت، ۱۳۹۳.
- ۲- فیروزی نژاد، پرویز، "فناوری تولید کک"، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۸.
- ۳- منصوری علی‌آبادی، آریتا، "گندله‌سازی سنگ آهن"، انتشارات شاملو، ۱۳۹۰.



۴- توحیدی، ناصر، "احیای مستقیم"، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۳.

۵- لوچر، ف.و.، ترجمه: معطر خرازی، امیرمسعود، "مرجع کامل تکنولوژی سیمان، تولید و کاربرد"، انتشارات طراح، ۱۳۸۶.

6- Loison, R., Foch, P., Boyer, A., "Coke", 2nd Edition, Imprint: Butterworth-Heinemann, eBook ISBN: 9781483165271.

7- Lu, L. (Ed.). (2015). Iron ore: Mineralogy, processing and environmental sustainability. Elsevier.

8- Aiu, M., & Huang, C. P. (2006). The chemistry and physics of nano-cement. Loyola Marymount University, NSF-REU University of Delaware..



فناوری و مدیریت پسماند Technology and Waste Management

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	کانه آرایی و آزمایشگاه، ایمنی، بهداشت و محیط زیست
هدف:	آشنایی با فناوری‌های جدید و پسماندها و زائدات جامد معدن و فرآوری مواد و مدیریت آن‌ها

سرفصل‌ها

- خواص باطله‌های معدنی (خواص فیزیکی و شیمیایی و روشهای آنالیز)
- فلزات سمی در باطله‌های معدنی
- باطله‌های معدنی و زهاب‌های اسیدی و روش‌های جلوگیری و کنترل آن‌ها
- باطله‌ها و پسماندهای سیانیدی در فرآوری طلا و روش‌های کنترل آلودگی منابع آب باطله‌های مواد رادیواکتیو و خطرات آن‌ها
- استفاده از فناوری بیوتکنولوژی جهت خنثی‌سازی زهاب‌های اسیدی
- استفاده از فناوری نانو جهت خنثی‌سازی و بی‌خطر سازی پسماندهای معدنی
- حداقل‌رسانی و مصرف باطله‌های جامد (فرآوری مجدد، دیگر استفاده‌ها)
- اقتصاد مدیریت مواد جامد باطله
- مدیریت دیگر مواد زائد خطرناک (فلزات و مواد سمی، هیدروکربنات‌ها و دیگر مواد باطله جامد)
- مدیریت دفع نهایی

منابع

- ۱- چوبانگلوس، جورج، کريت، فرانک، "راهنمای کاربردی مدیریت پسماند"، ترجمه: خانی، محمدرضا، پورعطایی، خسرو مهدی، محمودخانی، روح‌الله، ملتی، مزده، خلیلی، اشرف، انتشارات خانیان سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۳۹۰.
- ۲- دولتی فرامرزی، شفایی سید ضیال‌الدین، میر حبیبی، بدیعی خشایار، بیوتکنولوژی، ژئوشیمی زیست محیطی و مدیریت پساب‌ها، جلد اول، ۱۳۸۴
- 3- Lottermoser, B.G., "Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts", Hardcover: 400 pages Publisher: Springer; 3rd ed. edition (August 2, 2010)
- 4- Hutchison, P.G., Ellison, R.D., "Mine Waste Management", Publisher: CRC-Press; 1 edition (April 21, 1992).



کاربرد مواد معدنی Industrial Minerals Application

تعداد واحد: ۲ واحد
نوع درس: نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(همپایان) پیش‌نیاز: زمین شناسی اقتصادی
هدف: آشنایی با کاربردهای مختلف مواد معدنی در صنایع

سرفصل‌ها

۲۹. کاربردهای مختلف گچ، آهک، کانی‌های رسی، فلدسپات و کوارتز
۳۰. شیشه و مواد خام معدنی سازنده آنها، سیمان و مواد خام معدنی سازنده آنها، آجر و مواد خام معدنی سازنده آنها
۳۱. مواد معدنی کمک ذوب
۳۲. مواد معدنی مورد استفاده در صنایع ساینده
۳۳. کودهای شیمیایی و معدنی و مواد خام معدنی تشکیل دهنده آنها
۳۴. کاربرهای گوگرد و سولفات سدیم در صنایع
۳۵. بوراتها، بوکسیت و پرلیت و کاربردهای مختلف صنعتی آنها
۳۶. کاربردهای کانی‌های آهن بجز مصارف فولاد سازی
۳۷. کانی‌های کرم، منگنز، نیکل، کبالت، سرب، روی، مس و دیگر مواد معدنی و کاربردهای مختلف صنعتی آنها

منابع

- 8- Ciullo, P. A. (1996). *Industrial minerals and their uses: a handbook and formulary*. William Andrew.
- 9- Kogel, J. E., Trivedi, N. C., Barker, J. M., & Krukowski, S. T. (Eds.). (2006). *Industrial minerals & rocks: commodities, markets, and uses*. SME. Ciullo, P
- 10- Mukherjee, S. (2012). *Applied mineralogy: applications in industry and environment*. Springer Science & Business Media.



مدیریت پروژه Project Management

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	اقتصاد معدنی
هدف:	تشریح مبانی و موضوعات مرتبط برنامه‌ریزی و کنترل پروژه

سرفصل‌ها:

۱- کلیات

پروژه و ارکان آن، جایگاه و مفهوم پروژه در برنامه‌ریزی، دوره زندگی و مراحل پروژه، مدیر پروژه، مدیریت پروژه، فرآیندهای مدیریت پروژه، روش‌ها و سامانه‌های برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، انتخاب روش برنامه‌ریزی و کنترل پروژه.

۲- شناخت فعالیت‌های پروژه و ترسیم شبکه پروژه

شناسایی فعالیت‌های پروژه، تعیین نحوه ارتباط بین فعالیت‌های پروژه، رسم شبکه پروژه و شماره‌گذاری آن.

۳- برآورد مدت، منابع و هزینه‌های اجرایی فعالیت‌ها

برآورد مدت اجرای فعالیت‌های پروژه، برآورد هزینه اجرای هر یک از فعالیت‌ها.

۴- زمان‌بندی پروژه با استفاده از روش مسیر بحرانی (CPM)

مفاهیم اولیه در زمان‌بندی پروژه، محاسبه زودترین و دیرترین زمان وقوع رویدادهای پروژه، تعیین فعالیت‌های بحرانی و غیر بحرانی پروژه، تعیین مسیر بحرانی پروژه.

۵- زمان‌بندی پروژه با استفاده از فن ارزشیابی و بازنگری برنامه (PERT)

اصول فن ارزشیابی و بازنگری برنامه، تخمین زمان اجرای فعالیت‌ها در PERT، محاسبات شبکه در PERT، مقادیر احتمال و سطح اطمینان در PERT، استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو در PERT.

۶- تخصیص و تسطیح منابع پروژه

مفهوم تسطیح منابع، روش‌های تسطیح منابع، سیاست‌های تخصیص منابع (سیاست‌های تخصیص منابع نامحدود، سیاست‌های تخصیص منابع محدود).

۷- زمان‌بندی پروژه با حداقل هزینه

رابطه زمان - هزینه پروژه، راه‌های کاهش مدت اجرای پروژه، روش زمان‌بندی پروژه با حداقل هزینه

۸- نظارت و کنترل پروژه

کنترل زمانی پروژه، کنترل هزینه‌ای پروژه، شاخص‌های کنترلی، شاخص‌های مقایسه‌ای، شاخص‌های عملکردی، پارامترهای پیش‌بینی

منابع:

[۱]. نادری پور، محمود؛ برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، تهران، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۷۹، چاپ چهارم.

[۲]. حاج شیرمحمدی، علی؛ مدیریت و کنترل پروژه، اصفهان، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۳۷۸، چاپ اول.



- [3]. PMI (2013), A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 4th Edition, Project Management Institute, USA, 2013.
- [4]. Ahuja H.N., Dozzi S.P., Abourizk S.M. (1994), Project management: Techniques in planning and controlling construction projects. New York: Wiley.
- [5]. Eisner H. (1997), Essentials of project management and systems engineering management. New York: Wiley.
- [6]. Spinner, M.P. (1994), Elements of project management: Plan, schedule, & control. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- [7]. Spinner, M.P. (1997), Project management: Principles & practices. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- [8]. Haynes M.E. (1998), Project management: From idea to implementation. Los Altos, CA: Crisp Publications.
- [9]. Lewis James, P. (1995), Project planning, scheduling & control. New York: McGraw-Hill.
- [10]. Pinedo M. (2001), Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems, Prentice Hall, 2nd edition, Englewood Cliffs.



معدنکاری و توسعه پایدار Mining and Sustainable Development

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	اقتصاد معدن، فلوتاسیون و آزمایشگاه، (معدنکاری زیرزمینی)
هدف:	تشریح مبانی و موضوعات مرتبط توسعه پایدار با نگرش ویژه به عملیات معدنکاری

سرفصل‌ها:

۱- کلیات

مفهوم توسعه پایدار، تاریخچه توسعه پایدار، معدنکاری و توسعه پایدار

۲- ارزیابی اثرات اقتصادی معدنکاری

پیامدهای مثبت معدنکاری از دیدگاه اقتصادی، پیامدهای منفی معدنکاری از دیدگاه اقتصادی، ارزیابی اثرات اقتصادی معدنکاری، اصول کلی برای پایداری اقتصادی معدنکاری

۳- ارزیابی اثرات اجتماعی معدنکاری

پیامدهای مثبت معدنکاری از دیدگاه اجتماعی، پیامدهای منفی معدنکاری از دیدگاه اجتماعی، ارزیابی اثرات اجتماعی معدنکاری، جنبه‌های کلیدی ارزیابی آثار اجتماعی ناشی از معدنکاری، مسئولیت اجتماعی شرکت (CSR)

۴- ارزیابی اثرات زیست‌محیطی معدنکاری

پیامدهای زیست‌محیطی معدنکاری (باطله‌های معدنی، آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی صوتی، لرزش زمین، پرتاب سنگ، پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری، به هم خوردگی چشم‌انداز منطقه و آسیب به تنوع زیستی، نشست زمین و ...)، ارزیابی آثار زیست‌محیطی، روش‌های ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (روش‌های کارشناسی، روش‌های چک‌لیست، روش‌های ماتریس، روش‌های شبکه، روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، روش‌های همپوشانی (تولید لایه‌های اطلاعاتی مختلف به صورت نقشه و همپوشانی آن‌ها)، مدل‌سازی شبیه‌سازی، تجزیه و تحلیل هزینه / سود و روش ارزیابی چرخه حیات)، روش‌های ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در عملیات معدنی (ماتریس لئوپولد، ماتریس ارزیابی اثرات سریع (Rapid Impact Assessment Matrix)، روش فولچی، روش فولچی اصلاح شده).

۵- سنجش پایداری

شاخص‌های سنجش پایداری از جمله شاخص توسعه (Human Development Index = HDI)، شاخص الماس توسعه (Development Diamonds index)، شاخص بوم‌شناختی (Ecological footprint = EF)، شاخص مازاد ظرفیت تولید زیستی (Surplus Biocapacity = SB)، شاخص پس‌اندازهای خالص (Geniun Savings = GS)، شاخص آسیب‌پذیری محیط‌زیست (Environmental Vulunarity Index = EVI)، شاخص پایداری محیط‌زیست (Environmental Sustainability Index = ESI)، شاخص عملکرد محیط‌زیست (Environmental Performance Index = EPI)، مقایسه روش‌های سنجش توسعه پایدار، سنجش پایداری در عملیات معدنی با مدل ریاضی فیلپس.



1. Azapagic, A., Perdan, S., & Clift, R. (Eds.). (2004). Sustainable development in practice: case studies for engineers and scientists. John Wiley & Sons.
2. Beder, S. (1996). The nature of sustainable development. Newham: Scribe Publications.
3. Richards, J. (Ed.). (2009). Mining, society, and a sustainable world. Springer Science & Business Media.
4. Stevens, R. (2010). Mineral exploration and mining essentials. Port Coquitlam, British Columbia, Canada: Pakawau GeoManagement.
5. Zillman, D. M., & Lucas, A. (2002). Human rights in natural resource development: public participation in the sustainable development of mining and energy resources. Oxford University Press.



مینرالوگرافی و آزمایشگاه Mineralography and Lab

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	نظری-عملی (۱۶ ساعت نظری+ ۱۶ ساعت عملی)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	زمین شناسی اقتصادی
هدف:	شناخت کانی ها و کانه ها در مقاطع صیقلی

سرفصل‌ها

مینرالوگرافی و اهمیت آن در اکتشاف، فراوری و شناخت مواد معدنی، شناخت میکروسکوپ پلاریزان با نور انعکاسی، طرز تهیه مقاطع صیقلی، خواص فیزیکی کانی های کدر در مقاطع صیقلی، خواص نوری کانی های کدر در مقاطع صیقلی، مختصری راجع به تئوری نور انعکاسی، مختصری راجع به روش های میکروشیمیایی در مقاطع صیقلی، پارائنها و بافت های مختلف و تعبیر و تفسیرهای مربوط به آن، شناسایی سیستماتیک کانی های کدر به طور کلی، شناخت برخی کانی های کدر مهم و پارائنها، مطالعه بافت های مختلف و تفسیر آنها و اندازه گیری قدرت انعکاس و سختی میکروسکوپی به صورت جنبی. تعیین درجه آزادی کانه ها جهت فراوری آنها

منابع

- ۱- مقدسی جواد و مظلومی بجستانی علیرضا، مینرالوگرافی (کانه نگاری)، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۰
- ۲- انس، پ. ر.، "دیباجه ای بر کانی شناسی کاربردی میکروسکوپی کاربردی" ترجمه ساسان لیاقت، مرتضی جمی، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۷۸.
- 3- Craig, J. R., Vaughan, D. J. (1994). *Ore microscopy and ore petrography*. New York: Wiley.
- 4- Ineson, P. R. (2014). *Introduction to practical ore microscopy*. Routledge. Taylor & Francis Group.



مهندسی پی
Foundation Engineering

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	مقاومت مصالح، ژئوتکنیک
هدف:	آشنایی با اصول و مبانی مهندسی پی سازی

سرفصل‌ها

- طراحی دیواره‌های حایل (بیان حالت تنش جانبی حالی، تنش جانبی در حالت فعال، ساکن و غیر فعال، نظریه رانکین برای خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده برای تنش‌های فعال، غیر فعال، و در حالت دیواره شیب دار، نظریه کلمب برای فشار جانبی خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده، انواع دیواره‌های حایل و تفاوت آنها، طراحی دیواره‌های حایل وزنی، طره‌ای، مهار شده، طراحی سپر کوبی و انواع آن در زمین‌های با خاک چسبنده و غیر چسبنده)
- آزمایشات صحرایی (طراحی چگونگی ارزیابی سایت، انواع حفاری و نمونه‌گیری، آزمایشات صحرایی نفوذ استاندارد (SPT)، مخروط نفوذ استاندارد (CPT) و پرسومتر)
- ظرفیت باربری پی‌های سطحی (تعریف پی سطحی و انواع آن، تئوری ظرفیت باربری ترزاقی، تئوری ظرفیت باربری میرهوف و تئوری ظرفیت باربری وسیک، تعیین ظرفیت باربری آزمایشات SPT، CPT و پرسومتر، نشست پی در زمین‌های با خاک غیر چسبنده، چسبنده، نشست آبی، نشست تحکیمی، تعیین ظرفیت باربری بر روی بسترهای سنگی)
- شمع‌ها (تعریف شمع و انواع آنها، شمع‌های کوشی و ریخته‌ای، روش محاسبه مقاومت اصطکاکی شمع در خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده، روش محاسبه مقاومت نوک شمع، ظرفیت باربری شمع‌های تکی و گروهی، تعیین ظرفیت باربری شمع‌ها با استفاده از آزمایشات صحرایی، آزمایشات استاتیک و دینامیکی شمع‌ها)

منابع:

- ۱- طاهونی، شاهپور، اصول مهندسی ژئوتکنیک (پی سازی)، انتشارات پارس آیین، ۱۳۸۹.
- ۲- براجام، داس، (مترجم اطمیانی، اردشیر)، اصول مهندسی پی، ناشر، جویبار صفار، ۱۳۹۵.
- 3- Coduto, D. P., Kitch, W. A., & Yeung, M. C. R. (2001). *Foundation design: principles and practices* (Vol. 2). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- 4- Gunaratne, M. (Ed.). (2013). *The foundation engineering handbook*. CRC Press.
- 5- Fellenius, B. (2017). *Basics of foundation design*. Lulu. com.
- 6- Day, R. W. (1999). *Geotechnical and foundation engineering: design and construction*. McGraw-Hill Professional.
- 7- Tomlinson, M., & Woodward, J. (2007). *Pile design and construction practice*. Crc Press.



مهندسی دیواره‌های شیب دار Slope Engineering

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری

(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: معدنکاری سطحی

هدف: آشنایی با انواع گسیختگی، روش تحلیل پایداری دیواره‌های شیب دار سنگی و خاکی

سرفصل‌ها

- کلیات: مفاهیم، کاربردها و اهمیت دیواره‌های شیب دار در معدنکاری و عمران
- ناپایداری دیواره‌های شیب دار: مبانی پایداری، حالت‌های گسیختگی و ریزش، نمایش استریو-گرافیک حالت‌های گسیختگی، جمع‌آوری و تحلیل داده‌های ناپیوستگی‌ها، RQD، ارزیابی کیفی خصوصیات توده سنگ
- عوامل موثر بر ناپایداری دیواره‌ها: خصوصیات مصالح، نقش ساختارهای زمین‌شناسی، اثر آب زیرزمینی، عوامل خارجی، تنش‌ها
- ارزیابی پایداری دیواره‌های شیب دار خاکی، سنگ ریزه‌ای و سنگی: (روش‌های تحلیل، تحلیل دیواره‌های بدون اصطکاک داخلی، روش تحلیل تنش کل، تاثیر ترک‌های کششی، روش تعادل حدی، تعیین موقعیت قوس بحرانی، تحلیل پایداری با شبکه استریونت)
- انواع روش‌های پایدارسازی دیواره‌های شیب دار: تقویت زمین قبل از حفر، تقویت با انواع سیستم‌های نگهدارنده (پیچ سنگ، شاتکریت، دیواره‌های بتنی، و ...)
- طراحی پایدارسازی: اصول طراحی پایدارسازی دیواره‌ها و انباشتگاه‌های باطله‌های معدنی، طراحی نگهدارنده‌های دیواره‌های معدن سطحی، طراحی پایدارسازی دیواره‌ها در برابر عوامل دینامیکی، طراحی پله، رمپ‌ها و شیب نهایی، انفجار کنترل شده
- طراحی زهکشی در حفاریات روباز
- مدیریت شیب: تشخیص ناپایداری و رفتارنگاری (جابجایی سنجی سطحی و زیرسطحی، برنامه زمانی رفتارنگاری، پردازش داده‌ها و ...)
- مدیریت لغزش‌ها و تحلیل ریسک
- آشنایی با نرم افزارهای مرتبط تحلیل شیب و داشتن تمرین و پروژه کلاسی



منابع:

- ۸- معماریان، حسین؛ "زمین‌شناسی برای مهندسين"، انتشارات دانشگاه تهران؛ چاپ هفتم؛ ۱۳۸۲
- 9- Singh, R. N., & Ghose, A. K. (2006). *Engineered rock structures in mining and civil construction*. CRC Press.
- 10- Wyllie, D. C., & Mah, C. (2014). *Rock slope engineering*. CRC Press.
- 11- Hoek, E., & Bray, J. D. (1981). *Rock slope engineering*. CRC Press.
- 12- Simons, N., Menzies, B., & Matthews, M. (2001). *A short course in soil and rock slope engineering*. Thomas Telford Ltd..
- 13- Giani, G. P. (1992). *Rock slope stability analysis*. CRC Press.
- 14- Huang, Y. H. (2012). *Stability analysis of earth slopes*. Springer Science & Business Media.
- 15- Cheng, Y. M., & Lau, C. K. (2014). *Slope stability analysis and stabilization: new methods and insight*. CRC Press.
- 16- Ortigao, J. A. R., & Sayao, A. (Eds.). (2013). *Handbook of slope stabilisation*. Springer Science & Business Media.
- 17- Chowdhury, R., Flentje, P., & Bhattacharya, G. (2009). *Geotechnical slope analysis*. Crc Press.

مهندسی سنگ‌های ساختمانی و تزئینی Quarry & Ornamental Stones Engineering

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری (۴۸ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	زمین شناسی اقتصادی، زمین شناسی ساختاری، مهندسی حفاری
هدف:	آشنایی با مبانی اکتشاف، استخراج و فرآوری سنگ‌های ساختمانی و استانداردهای آن

سرفصل‌ها

- کلیاتی در مورد سنگ‌های ساختمانی: نقش سنگ‌های ساختمانی در اقتصاد ملی، واژه‌ها و اصطلاحات مربوط به سنگ‌های ساختمانی، تزئینی و نما، چرخه زندگی سنگ‌های ساختمانی، عوامل مؤثر برای انتخاب سنگ ساختمانی، کاربرد سنگ‌های ساختمانی، استانداردها و مشخصات (شامل مشخصات فنی محصول، آزمایش‌های استاندارد)
- انواع سنگ‌های ساختمانی: رده‌بندی علمی (بر مبنای منشأ و خواص فیزیکی)، رده‌بندی تجاری و رده‌بندی بر مبنای کاربرد
- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و شرایط زمین شناسی مورد نیاز برای انواع سنگهای ساختمانی و تزئینی
- کلیاتی در مورد اکتشاف سنگ‌های ساختمانی: روشهای مختلف اکتشاف و عوامل مؤثر در اکتشاف سنگ‌های ساختمانی، نحوه ارزیابی قواره دهی سنگهای ساختمانی، محاسبه‌ی ذخیره، مطالعات امکان‌سنجی
- مناطق مستعد برای اکتشاف ذخائر سنگهای ساختمانی ایران
- استخراج سنگ‌های ساختمانی: استخراج سنگ‌های ساختمانی با حفر چال‌های موازی (استفاده از پارس و گوه (نعل و پارس)، جدا کردن بلوک به روش پارس و گوه مکانیزه، روش‌های آتش‌کاری کنترل‌شده، استفاده از مواد متبسط شونده)، استخراج سنگ‌های ساختمانی با برش سنگ (استخراج بلوک‌های سنگ توسط ماشین ضربه‌زن، روش برش با سیم‌های برش فولادی (حلزونی)، روش برش با سیم الماسه، ایجاد برش در سنگ توسط دستگاه‌های سنگ‌بر)، روش‌های نوین استخراج سنگ‌های ساختمانی (برش سنگ با استفاده از فشار آب، روش استخراج با شعله، جدا کردن سنگ به کمک روش ترموالاستیک و بریدن سنگ توسط اشعه لیزر)، جدا کردن و واژگونی بلوک‌ها، قواره بندی، جابجایی و حمل نقل بلوک‌ها، روش‌ها و فناوری و عملیات استخراج زیرزمینی
- فرآوری سنگ‌های ساختمانی: برش (برش اولیه با استفاده از قله‌بر، اره یا سیم برش)، برش‌های طولی و عرضی، عملیات ساب و صیقل، برش پلاک‌ها به ابعاد نهایی، اندازه کردن ضخامت، پخ‌زنی و پرداخت کاری محیطی، دسته‌بندی، ترمیم و شستشو، بسته‌بندی
- تجارت و اقتصاد سنگهای ساختمانی و نقش آن در اقتصاد بخش معدن و کشور ایران
- بازدید: انجام حداقل یک بازدید از یک معدن سنگ ساختمانی و کارخانه سنگبری ضرورت دارد.
- منابع:



۱. عطائی محمد، سنگ‌های ساختمانی، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، چاپ دوم، ۱۳۹۷.
۲. معصومی علی، اصول طراحی سنگ‌های ساختمانی، انتشارات سازمان مهندسی معدن خراسان رضوی، ۱۳۹۵.

۳. معصومی علی، اصول اکتشافات معادن سنگ های ساختمانی و تزئینی، انتشارات آرسس، ۱۳۹۶.
۴. معصومی علی، عوامل موثر در فرآوری سنگهای ساختمانی و تزئینی، انتشارات آرسس، ۱۳۹۵.
۵. یعقوبی منظری پریسا، کتاب تحلیل اقتصادی صنعت سنگ های ساختمانی و تزئینی، ناشر شرکت چاپ و بازرگانی، ۱۳۹۴.
6. Komar A. 1987, Building materials and component, Mir publication, Moscow, 504P.



نمونه برداری Sampling

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	آمار و احتمالات مهندسی، اصول ژئوشیمی اکتشافی، (کانه آرایی و آزمایشگاه)
هدف:	یادگیری اصول نمونه برداری در فعالیت های معدنی (اکتشاف، استخراج، فرآوری و مکانیک سنگ)

سرفصل‌ها

- آشنایی (هدف نمونه برداری در پروژه های اکتشافی، استخراجی، فرآوری و مکانیک سنگی، تعریف نمونه‌ی معرف، ارائه یک مدل ساده نمونه‌برداری و مفاهیم مرتبط با آن)
 - انواع تغییرپذیری‌ها در واحدهای معدنی و نحوه کنترل آنها، سیستم‌های مختلف نمونه‌برداری و انواع خطاها در نمونه‌برداری
 - دقت و صحت نمونه‌برداری، مفهوم نمونه‌ی تکراری و روشهای برداشت نمونه‌ی تکراری به منظور تعیین انواع خطاها)
 - تعریف نمونه‌ی معرف، نقش وزن و تعداد نمونه در کنترل خطا، روش‌های برآورد وزن و تعداد نمونه لازم جهت ثبت تغییرپذیری
 - روش‌های نمونه‌برداری از مواد معدنی جامد، پالپ، سیالات و گازها (از مواد ثابت و متحرک)
 - اصول انواع روشهای نمونه‌برداری از جبهه‌کارهای معدنی (کانالی، لبیری، چکشی، کانالی- لبیری، کلوخه‌ای، حجیم و مقایسه دقت آنها) و حفاریات معدنی (چالهای، حفاری ضربه‌ای، دورانی و سیالات حفاری)
 - نمونه برداری اکتشافی (روشهای نمونه برداری از سنگ، رسوبات آبراهه‌ای، خاک، آب، پوشش گیاهی)
 - انواع وسایل و دستگاههای نمونه‌برداری (از مواد ثابت و متحرک)
 - تهیه شناسنامه نمونه و ملاحظات مربوط به نگهداری آنها
 - آماده سازی نمونه ها
- دانشجو موظف است در قالب مطالب نظری آموزش داده شده طبق نظر استاد مربوطه یک پروژه مستقل ارائه دهد.

منابع:

۱. حسنی پاک، ع. ا.، نمونه برداری (اکتشافی، استخراجی و فرآوری)، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۰.
۲. بنیسی، صمد، مسائل کاربردی در فرآوری مواد معدنی، انتشارات دانشگاه هرمزگان، ۱۳۸۸.
۳. وزارت صنعت، معدن و تجارت، دستور العمل نمونه برداری در فرآوری مواد معدنی، انتشارات نظام مهندسی معدن، ۱۳۹۳.
4. Moon, C. J., Whateley, M. K., & Evans, A. M. (2006). *Introduction to mineral exploration* (No. Ed. 2). Blackwell publishing.
5. Richard, T.A. (2009). *The Sampling and Estimation of Ore in a Mine*, Husain Press.
6. Darling, P. (Ed), (2011). *SME Mining Engineering Handbook*, 3rd ed.
7. SME Mineral Processing Handbook, Volume 2, Sampling & Testing, 1985.



حقوق و قانون معادن Mines Regulation & Legal Right

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	نظری (۱۶ ساعت) - اختیاری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	گذراندن حداقل ۹۰ واحد درسی
هدف:	آشنایی کلی با حقوق و قانون معادن ایران و آیین نامه های اجرایی قانون معادن

سرفصل‌ها

- آشنایی با قانون معادن

- (۱) تعاریف و کلیات، تعریف ماده معدنی، ذخیره معدنی، معدن، عملیات معدنی، صنایع معدنی، محدوده معدن، پروانه اکتشاف، گواهی کشف، پروانه بهره برداری، اجازه برداشت، معادن بلامعارض، حقوق دولتی و غیره
- (۲) دسته بندی انواع مواد معدنی مطابق قانون معادن
- (۳) اکتشافات: قوانین مرتبط با دریافت پروانه اکتشاف، استعمال دستگاههای دولتی و ماده ۲۴ قانون معادن، انجام اکتشافات و تامین هزینه های اکتشاف، قوانین مرتبط با صدور گواهی کشف
- (۴) استخراج: قوانین مرتبط با دریافت پروانه استخراج، حقوق دولتی، شورای عالی معادن
- (۵) قوانین و مقررات مرتبط با احداث واحد های کانه آرائی و فراوری
- (۶) مقررات عمومی قانون معادن
- (۷) قوانین مالیاتی ویژه معادن

- آشنایی با آیین نامه های اجرایی قانون معادن

- (۱) تعاریف اجرایی: کارشناس، مزایده، مزایده گر، مناقصه، مجوز، صلاحیت فنی و مالی مکتشف، محدوده آزاد، محدوده بلامعارض و غیره
- (۲) آیین نامه های اجرایی بخش اکتشاف معدن: نحوه بررسی صلاحیت مکتشف، مساحت مجاز محدوده های اکتشافی و غیره
- (۳) آیین نامه های اجرایی بخش استخراج معدن و احداث کارخانه فرآوری و کانه آرائی
- (۴) شرایط اجرایی انجام مزایده معدنی
- (۵) آیین نامه اجرایی نظارت و بازرسی

- آشنایی با حقوق، قوانین و نظرات فقهی مرتبط با معادن

- (۱) تقسیم بندی فقهی معادن: ظاهری و باطنی
- (۲) نظرات فقهی مالکیت معادن: انفال و مباحات
- (۳) حقوق و وظایف شرعی مکتشف و بهره بردار نسبت به دولت، محیط زیست معدن و اهالی منطقه معدنی

منابع:

- [۱]: قانون معادن کشور، مصوب ۱۳۷۷/۲/۲۷، مجلس شورای اسلامی
- [۲]: آیین نامه اجرایی قانون معادن، شماره ۸۵۷۴۴ / ت ۴۹۰۸۹ ک، مورخ ۱۳۹۲/۴/۱۱، وزارت صنعت، معدن و تجارت
- [۳]: مطهره ناظری، مجموعه منقح قانون معادن و آیین نامه اجرایی آن با آخرین اصلاحات و الحاقات به همراه دیگر قوانین کاربردی، ۱۳۹۵، انتشارات جاودانه، جنگل



[۴]: مرکز مطبوعات و انتشارات قوه قضائیه، قانون معادن (مصوب ۲۷/۲/۱۳۷۷) همراه با اصلاحات و الحاقات به

انضمام: نظریات مشورتی اداره کل حقوقی، آیین‌نامه؛ قوه قضائیه مرکز مطبوعات و انتشارات، ۱۳۹۷

[۵]: احمد علیزاده، معدن در حقوق ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۷۰

[6]: La Flèche, Erik Richer, ed. The Mining Law Review. Law Business Research Limited, 2018.



کارآفرینی در صنعت معدن Entrepreneurship in Mining Industry

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت) - اختیاری
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد درسی
هدف:	آشنایی با اصول کارآفرینی و ایجاد کسب و کار معدنی و همچنین آشنایی با برخی از تجارب موفق کارآفرینان ایرانی بخش معدن و صنایع معدنی

سرفصل‌ها

- تاریخچه کارآفرینی، مفاهیم، فرایند و انواع آن
- مبانی و اصول کسب و کار و ویژگی‌های کارآفرینان
- خلاقیت و نوآوری و تشخیص فرصت، شکل دهی و شکل دهی مجدد
- فهم مدل کسب و کار و راهبرد توسعه آن
- برنامه ریزی و سازماندهی کسب و کار
- ارزیابی، امکان سنجی و انتخاب ایده کارآفرینی
- آشنایی با چارچوب مدیریت، فرهنگ و طرح کسب و کار
- طراحی جدول و محاسبات طرح کسب و کار و روش های تامین مالی پروژه های کارآفرینانه
- راه اندازی کسب و کار، تولید، کنترل کیفیت و کنترل هزینه ها
- آشنایی با نقش معدن و صنایع وابسته در اقتصاد ملی و اشتغال جوانان تحصیل کرده
- آشنایی با زمینه‌های ایجاد کسب و کار در بخش‌های مختلف فعالیت های معدنی از اکتشاف، استخراج، فراوری، بازاریابی، فروش و صادرات مواد معدنی
- مالکیت معنوی و مسائل حقوقی و مالیاتی کسب و کار
- آشنایی با مراحل ثبت و تاسیس شرکت و آشنایی با انواع شرکت ها
- آشنایی با مبانی کسب و کار در اقتصاد ایران و کلیات قوانین تجارت در ایران
- آشنایی با تجارب موفق کارآفرینان ایرانی و آشنایی با زمینه های کارآفرینی در معدن و صنایع معدنی

منابع:

۱. احمدپور داریان، محمود و مقیمی محمد، (۱۳۹۷)، مبانی کارآفرینی، انتشارات نگاه دانش، چاپ نوزدهم
2. Neck, H. M., Neck, C. P., & Murray, E. L. (2016). *Entrepreneurship: the practice and mindset*. SAGE Publications.
3. Valentin, E. K. (2014). *Business planning and market strategy*. SAGE Publications.



برنامه ی پیشنهادی ترم بندی رشته مهندسی معدن

[illegible]