



وزارت علوم تحقیقات و فناوری

**مشخصات کلی ، برنامه آموزشی و سرفصل دروس**

**دوره : کارشناسی**

**رشته : مهندسی معدن**

**گرایش : —**

**گروه : فنی و مهندسی**



مصوب هفتصد و هشتاد و هفتمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی  
وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری مورخ ۹۰/۷/۹

## 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

شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی در هفتصد و هشتاد و هفتمین جلسه مورخ ۹۰/۷/۹ خود برنامه آموزشی بازنگری شده دوره کارشناسی رشته مهندسی معدن را در سه فصل (مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس) 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 می شوند.

**ب:** موسساتی که با اجازه رسمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و بر اساس قوانین تأسیس می شوند و بنا بر این تابع مصوبات شورای گسترش آموزش عالی می باشند.

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

### در صورت تصویب برنامه جدید:

**ماده ۲)** این برنامه از تاریخ ۹۰/۷/۹ برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می شوند لازم الاجرا است.

### در صورتیکه برنامه جدید جایگزین برنامه قبلی شود عبارت زیر جایگزین شود.

**ماده ۳)** این برنامه از تاریخ ۹۰/۷/۹ برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می شوند لازم الاجرا است و برنامه آموزشی دوره کارشناسی رشته مهندسی معدن مصوب جلسه ۳۳۴ مورخ ۷۶/۴/۸ برای این گروه از دانشجویان منسوخ می شود و دانشگاهها و موسسات آموزش عالی مشمول ماده ۱ می توانند این دوره را دایر و برنامه جدید را اجرا نمایند.

**ماده ۴)** مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس بازنگری شده دوره کارشناسی مهندسی معدن در سه فصل مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس برای اجرا به معاونت آموزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ابلاغ می شود.



رای صادره هفتصد و هشتاد و پنجمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی  
مورخ ۹۰/۷/۹ درخصوص برنامه آموزشی دوره کارشناسی رشته مهندسی معدن

(۱) برنامه آموزشی دوره کارشناسی رشته مهندسی معدن که از  
طرف گروه فنی و مهندسی پیشنهاد شده بود، با اکثریت آراء به  
تصویب رسید  
(۲) این برنامه از تاریخ تصویب به مدت پنج سال قابل اجرا است و  
پس از آن نیازمند بازنگری است.

رای صادره هفتصد و هشتاد و هفتمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۹۰/۷/۹  
در مورد برنامه آموزشی بازنگری شده دوره کارشناسی رشته مهندسی معدن صحیح است و به مورد اجرا  
گذاشته شود.

حسین نادری منش  
نایب رئیس شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی



سعید قدیمی  
دبیر شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

بسمه تعالی

مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس و ترم بندی

## دوره کارشناسی مهندسی معدن



گروه فنی و مهندسی

کمیته تخصصی مهندسی معدن

۱۳۹۰



## مشخصات کلی مجموعه کارشناسی مهندسی معدن

### ۱- هدف

هدف این برنامه تربیت کارشناسانی است که علاوه بر آشنایی کلی با رشته معدن در یکی از زمینه‌های استخراج معدن، اکتشاف مواد معدنی، مکانیک سنگ و فرآوری مواد معدنی دارای تخصص نسبی باشند. دروس این مجموعه ترکیبی از دروس عمومی، دروس علوم پایه، دروس اصلی مهندسی، دروس تخصصی مشترک و دروس تخصصی استخراج معدن، دروس تخصصی اکتشاف مواد معدنی، دروس تخصصی مکانیک سنگ و دروس تخصصی فرآوری مواد معدنی است.

### ۲- طول دوره

طول متوسط این دوره ۴ سال و برنامه‌های درسی آن در طول ۸ ترم بشرح پیوست برنامه‌ریزی شده است. این دوره علاوه بر دروس نظری- عملی شامل یک واحد کارگاه، سه واحد پروژه و دو کارآموزی ۱ و ۲ جمعاً به میزان یک واحد می‌باشد.

### ۳- واحدهای درسی

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

- |                     |           |
|---------------------|-----------|
| ۱- دروس عمومی       | ۲۰ واحد   |
| ۲- دروس علوم پایه   | ۳۲ واحد   |
| ۳- دروس اصلی        | ۳۵ واحد   |
| ۴- دروس تخصصی مشترک | ۲۰/۵ واحد |
| ۵- دروس تخصصی       |           |

استخراج معدن (۲۹/۵ واحد)، اکتشاف مواد معدنی، مکانیک سنگ و فرآوری مواد معدنی (هر کدام ۲۸/۵ واحد)

### ۶- دروس اختیاری

۲۰ واحد

هر دانشگاه یا مؤسسه به نسبت نیروی تخصصی موجود و امکانات خاص آزمایشگاهی می‌تواند از یک تا چهار بسته تخصصی استخراج معدن، اکتشاف مواد معدنی، مکانیک سنگ و فرآوری مواد معدنی را برای دانشجویان پذیرفته شده رشته معدن ارائه نماید و هیچ الزامی به ارائه تمام چهار بسته مذکور نمی‌باشد. این مجموعه این ویژگی و انعطاف را دارد که با حفظ ساختار خود و با توجه به پیشرفت‌های حاصله در بخش معدن و علوم وابسته می‌تواند بسته‌های تخصصی جدید از جمله معدن و محیط زیست و غیره را پذیرا باشد بدون اینکه چهار جوب اولیه آن دستخوش تغییر اساسی شود. دانشجویان پس از گذراندن کلیه دروس پایه، اصلی و تخصصی مشترک، براساس معدل این دروس و علاقه خود یکی از چهار بسته تخصصی را در سال آخر انتخاب می‌نمایند که با گذراندن واحدهای مربوط فارغ‌التحصیل می‌شوند.



## تفاوت‌های اصلی برنامه جدید بازنگری شده کارشناسی مهندسی معدن با برنامه‌های مشابه قبلی

- ۱- ادغام دو رشته استخراج و اکتشاف در یک رشته مهندسی معدن
- ۲- افزودن چهار گرایش یا بسته تخصصی شامل استخراج، اکتشاف، فرآوری مواد معدنی و مکانیک سنگ به انتهای دوره به گونه‌ای که نه تنها دروس تخصصی دو رشته سابق را بیش از قبل پوشش داده است بلکه برخی از دروس تخصصی یا گرایش‌های مذکور از مقطع ارشد به برنامه اضافه شده است. این موضوع باعث می‌شود کارایی فارغ‌التحصیلان افزایش یابد.
- ۳- پویا بودن برنامه نسبت به قبل بگونه‌ای که می‌توان بسته‌ها یا گرایش‌های جدید را هم به این مجموعه برای سال چهارم اضافه کرد بدون اینکه ساختار و پایه برنامه دچار تغییر شود مانند گرایش محیط زیست معدنی. لذا دوره‌های جدید یا بین رشته‌ای را می‌توان به عنوان گرایش‌های جدید به مجموعه اضافه کرد یا می‌توان بسته‌های قدیمی و ناکارآمد را از آن حذف و برنامه را به روز نمود.
- ۴- اضافه نمودن ۲۰ واحد دروس اختیاری به مجموعه که دانشجویان می‌توانند با توجه به علاقه خود نسبت به اخذ آنها اقدام نمایند. علاوه بر ۲۰ واحد فوق دانشجویان هر گرایش می‌توانند از دروس تخصصی سایر گرایش‌ها نیز با رعایت پیش‌نیاز به عنوان درس اختیاری اخذ نمایند.
- ۵- حذف دروس غیر ضرور و غیر مرتبط مانند فیزیک ۳ و آزمایشگاه، اجزاء ماشین، مبانی مهندسی برق، دینامیک، ماشین‌های حرارتی از دروس پایه و اصلی
- ۶- اضافه نمودن دروس جدید مانند ریاضی مهندسی، روش و آرایه تحقیق، ترمودینامیک، ایمنی و بهداشت و محیط زیست، زبان تخصصی به عنوان دروس پایه و اصلی
- ۷- ادغام بعضی از دروس مانند نقشه برداری عمومی و معدنی در نقشه‌برداری معدنی، روشنایی، آبکشی در خدمات فنی ۱ و ۲
- ۸- لحاظ نمودن ۲۵ واحد تخصصی برای گرایش اکتشاف مواد معدنی، ۲۶ واحد تخصصی برای گرایش استخراج معدن، ۲۵ واحد تخصصی برای گرایش مکانیک سنگ و ۲۵ واحد تخصصی برای گرایش فرآوری مواد معدنی



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

## دروس عمومی

عنوان درس	تعداد واحد
معارف اسلامی ۱	۲
معارف اسلامی ۲	۲
اخلاق و تربیت اسلامی	۲
انقلاب و ریشه‌های آن	۲
تاریخ اسلام	۲
متون اسلامی	۲
فارسی	۳
زبان خارجی	۳
تربیت بدنی ۱	۱
تربیت بدنی ۲	۱
تنظیم خانواده	۱
جمع	۲۱



عناوین و واحدهای دروس برنامه جدید رشته مهندسی معدن  
مقطع کارشناسی

دروس پایه

عنوان درس	تعداد واحد
ریاضی ۱	۳
ریاضی ۲	۳
معادلات دیفرانسیل	۳
آمار و احتمالات مهندسی	۳
برنامه سازی کامپیوتر	۳
محاسبات عددی	۲
شیمی عمومی	۳
آزمایشگاه شیمی عمومی	۱
فیزیک ۱	۳
آزمایشگاه فیزیک ۱	۱
فیزیک ۲	۳
آزمایشگاه فیزیک ۲	۱
ریاضی مهندسی	۳
جمع	۳۲





### دروس اصلی

عنوان درس	تعداد واحد
زمین شناسی عمومی	۲
نقشه کشی صنعتی و CAD	۲
استاتیک	۳
مقاومت مصالح	۳
مکانیک سیالات	۳
ترمودینامیک	۳
روش و آرایه تحقیق	۲
کانی شناسی توصیفی	۲
آزمایشگاه کانی شناسی توصیفی	۱
کانی شناسی نوری و فرایند و آزمایشگاه	۱
زمین شناسی ساختاری	۲
زمین شناسی اقتصادی	۲
برداشت زمین شناسی	۱
روش های تجزیه مواد معدنی	۱
آزمایشگاه روش های تجزیه مواد معدنی	۱
سنگ شناسی	۲
آزمایشگاه سنگ شناسی	۱
بازدید زمین و معدن	۱
کار توگرافی	۱
کارگاه عمومی	۱
جمع	۳۵



### دروس تخصصی مشترک

عنوان درس	تعداد واحد
نقشه برداری معدنی	۳
عملیات نقشه برداری معدنی	۱
مبانی مکانیک سنگ	۲
آزمایشگاه مبانی مکانیک سنگ	۱
مبانی کانه آرایی	۲
آزمایشگاه مبانی کانه آرایی	۱
اقتصاد معدنی	۲
ایمنی، بهداشت و محیط زیست	۲
مبانی اکتشاف مواد معدنی	۲
مبانی استخراج مواد معدنی	۲
زبان تخصصی	۲
کارآموزی ۱	۰/۵
جمع	۲۰/۵



## چهار بسته‌ی تخصصی

### ۱- بسته استخراج معدن

عنوان درس	تعداد واحد
چالزنی و انفجار	۲
بارگیری و انتقال مواد	۲
خدمات فنی در معادن ۱	۲
خدمات فنی در معادن ۲	۲
معدنکاری سطحی	۳
معدنکاری زیرزمینی	۳
کنترل زمین و نگهداری	۲
حفر چاه و فضاهاى زیرزمینی	۳
تهویه در معادن	۲
تحقیق در عملیات	۲
طراحی معادن	۳
کارآموزی ۲	۰/۵
پروژه	۳
جمع	۲۹/۵



## ۲- بسته اکتشاف معدن

تعداد واحد	عنوان درس
۱	مینرالوگرافی
۲	حفاری اکتشافی
۲	زمین شناسی اقتصادی ایران
۲	ژئوشیمی اکتشافی (۱)
۲	ژئوفیزیک اکتشافی (۱)
۲	دورسنجی و GIS
۲	آبهای زیرزمینی
۲	چاه نگاری
۱	سنگ شناسی میکروسکوپی
۲	ژئوشیمی اکتشافی (۲)
۲	ژئوفیزیک اکتشافی (۲)
۱	آزمایشگاه و عملیات ژئوفیزیک
۲	تجزیه و تحلیل داده های اکتشافی
۲	ارزیابی ذخائر معدنی
۰/۵	کارآموزی ۲
۳	پروژه
۲۸/۵	جمع





### ۳- بسته مکانیک سنگ

تعداد واحد	عنوان درس
۲	چالزنی و انفجار
۲	خدمات فنی در معادن (۱)
۳	معدنکاری سطحی
۳	معدنکاری زیرزمینی
۲	کنترل زمین و نگهداری
۳	حفر چاه و فضاهای زیرزمینی
۲	مکانیک سنگ تخصصی
۲	مهندسی دیواره های شیبدار
۲	مقاومت مصالح تخصصی
۲	پی سازی
۲	ژئوتکنیک
۰/۱۵	کارآموزی ۲
۳	پروژه
۲۸/۵	جمع



#### ۴- بسته فراوری مواد معدنی

تعداد واحد	عنوان درس
۲	مبانی مهندسی فرایند
۲	نمونه برداری
۱	مینرالوگرافی
۲	سپتیک مواد
۲	خردایش و طبقه بندی
۱	آزمایشگاه خردایش و طبقه بندی
۲	جدایش فیزیکی
۱	آزمایشگاه جدایش فیزیکی
۲	فلوتاسیون
۱	آزمایشگاه فلوتاسیون
۳	صنایع هیدرومتالورژی و آزمایشگاه
۲	فرایندهای تولید کک، گندله و سیمان
۲	فناوری و مدیریت پسماند
۲	انتقال مواد در فرایندهای فراوری
۰/۵	کارآموزی ۲
۳	پروژه
۲۸/۵	جمع



## ۵- دروس اختیاری

عنوان درس	تعداد واحد	گرایش
کاربرد مواد معدنی	۲	فرآوری مواد معدنی و اکتشاف
شیمی فیزیک	۲	فرآوری مواد معدنی و اکتشاف
استخراج سنگ‌های ساختمانی و تزئینی	۲	همه گرایش‌ها
ماشین آلات معدنی	۲	استخراج
مطالعات امکان‌سنجی در معدنکاری و فراوری مواد معدنی	۲	همه گرایش‌ها
زمین‌شناسی نفت	۲	اکتشاف
زمین‌آمار	۲	اکتشاف
زمین‌شناسی مهندسی	۲	مکانیک سنگ
شیمی آلی کاربردی	۲	فرآوری مواد معدنی
حقوق معدن	۲	همه گرایش‌ها
جمع	۲۰	



دانشجویان رشته مهندسی معدن در هر گرایش می‌توانند علاوه بر دروس اختیاری فوق، دروس تخصصی سایر گرایش‌ها را با رعایت پیش‌نیاز (یا هم‌نیاز) به عنوان درس اختیاری اخذ نمایند.

- ۱- دانشجویان گرایش استخراج باید حداقل ۳ واحد از بین دروس اختیاری در سقف ۱۴۰ واحد اخذ نمایند.
- ۲- دانشجویان گرایش اکتشاف باید حداقل ۴ واحد از بین دروس اختیاری در سقف ۱۴۰ واحد اخذ نمایند.
- ۳- دانشجویان گرایش مکانیک سنگ باید حداقل ۴ واحد از بین دروس اختیاری در سقف ۱۴۰ واحد اخذ نمایند.
- ۴- دانشجویان گرایش فرآوری مواد معدنی باید حداقل ۴ واحد از بین دروس اختیاری در سقف ۱۴۰ واحد اخذ نمایند.

جداول واحدها

همراه با پیش نیاز و هم نیاز





جدول ۱- تعداد واحدهای گرایش های مختلف رشته مهندسی معدن

اکتشاف مواد معدنی	استخراج معدن	مکانیک سنگ	فرآوری مواد معدنی	
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	دروس عمومی
۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	دروس پایه
۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	دروس اصلی
۲۰/۵	۲۰/۵	۲۰/۵	۲۰/۵	دروس تخصصی مشترک
۲۸/۵	۲۹/۵	۲۸/۵	۲۸/۵	دروس تخصصی
۴	۳	۴	۴	دروس اختیاری
۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	جمع



۲- جدول دروس پایه (۳۲ واحد)

ردیف	نام درس	تعداد 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	محاسبات عددی	۲	نظری	برنامه سازی کامپیوتر	معادلات دیفرانسیل
۷	شیمی عمومی	۳	نظری	-	-
۸	آزمایشگاه شیمی عمومی	۱	عملی	-	شیمی عمومی
۹	فیزیک ۱	۳	نظری	-	-
۱۰	آزمایشگاه فیزیک ۱	۱	عملی	-	فیزیک ۱
۱۱	فیزیک ۲	۳	نظری	فیزیک ۱	-
۱۲	آزمایشگاه فیزیک ۲	۱	عملی	آزمایشگاه فیزیک ۱	فیزیک ۲
۱۳	ریاضی مهندسی	۳	نظری	معادلات دیفرانسیل	-



۳- جدول دروس اصلی (۳۵ واحد)

ردیف	نام درس	تعداد واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱	زمین شناسی عمومی	۲	نظری	-	شیمی عمومی
۲	کانی شناسی توصیفی	۲	نظری	زمین شناسی عمومی، شیمی عمومی	-
۳	آزمایشگاه کانی شناسی توصیفی	۱	عملی	-	کانی شناسی توصیفی
۴	زمین شناسی ساختاری	۲	نظری	زمین شناسی عمومی	-
۵	برداشت زمین شناسی	۱	عمل صحرایی	سنگ شناسی و آزمایشگاه، کارتوگرافی	-
۶	استاتیک	۳	نظری	ریاضی ۱	-
۷	مقاومت مصالح	۳	نظری	استاتیک	-
۸	مکانیک سیالات	۳	نظری	مقاومت مصالح	-
۹	نقشه کشی صنعتی و CAD	۲	نظری و عملی	-	-
۱۰	ترمودینامیک	۳	نظری	آزمایشگاه فیزیک ۲، آزمایشگاه شیمی عمومی	-
۱۱	روش های تجزیه ای مواد معدنی	۱	نظری	کانی شناسی نوری و فرآیند و آزمایشگاه	-
۱۲	آزمایشگاه روش های تجزیه ای مواد معدنی	۱	عملی	آزمایشگاه شیمی عمومی	روش های تجزیه ای مواد معدنی
۱۳	روش و ارائه ای تحقیق	۲	نظری و عملی	گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد درسی	-
۱۴	بازدید زمین و معدن	۱	عمل صحرایی	زمین شناسی عمومی	-
۱۵	سنگ شناسی	۲	نظری	کانی شناسی نوری و فرآیند و آزمایشگاه	-
۱۶	آزمایشگاه سنگ شناسی	۱	عملی	-	سنگ شناسی
۱۷	زمین شناسی اقتصادی	۲	نظری	سنگ شناسی	-
۱۸	کارتوگرافی	۱	نظری و عملی	زمین شناسی ساختاری	-
۱۹	کانی شناسی نوری و فرآیند و آزمایشگاه	۱	نظری و عملی	کانی شناسی توصیفی	-
۲۰	کارگاه عمومی ۱	۱	عملی	-	-

ش



ردیف	نام درس	تعداد واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱	نقشه برداری معدنی	۳	نظری	ریاضی ۲ - نقشه کشی صنعتی و CAD	-
۲	عملیات نقشه برداری معدنی	۱	عملی صحرایی	نقشه برداری معدنی	-
۳	مبانی کانه آرای	۳	نظری	ترمودینامیک، سنگ شناسی، مکانیک سیالات	-
۴	آزمایشگاه مبانی کانه آرای	۱	عملی	-	مبانی کانه آرای
۵	مبانی مکانیک سنگ	۲	نظری	سنگ شناسی، مقاومت مصالح	-
۶	آزمایشگاه مبانی مکانیک سنگ	۱	عملی	-	مبانی مکانیک سنگ
۷	اقتصاد معدنی	۲	نظری	آمار و احتمالات مهندسی، مبانی استخراج مواد معدنی	-
۸	ایمنی، بهداشت و محیط زیست	۲	نظری	مبانی کانه آرای و آزمایشگاه، مبانی استخراج مواد معدنی	-
۹	زبان تخصصی معدن	۲	نظری	زبان خارجی، اقتصاد معدنی	-
۱۰	مبانی اکتشاف مواد معدنی	۲	نظری	زمین شناسی اقتصادی - آمار و احتمالات مهندسی	-
۱۱	مبانی استخراج مواد معدنی	۲	نظری	-	مبانی مکانیک سنگ
۱۲	کارآموزی ۱	۰/۵	عملی	گذراندن حداقل ۸۰ واحد درسی	-





۵ - جدول دروس تخصصی گرایش اکتشاف مواد معدنی (۲۸/۵ واحد)

ردیف	نام درس	تعداد واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱	ژئوفیزیک اکتشافی ۱	۲	نظری	زمین شناسی ساختاری، آزمایشگاه فیزیک ۲	-
۲	ژئوشیمی اکتشافی ۱	۲	نظری	زمین شناسی اقتصادی، آمار و احتمالات مهندسی	-
۳	حفاری اکتشافی	۲	نظری	مکانیک سیالات، زمین شناسی ساختاری	-
۴	زمین شناسی اقتصادی ایران	۲	نظری	زمین شناسی اقتصادی	ژئوشیمی اکتشافی ۱
۵	منیرالوگرافی	۱	نظری-عملی	زمین شناسی اقتصادی	-
۶	ارزیابی ذخایر معدنی	۲	نظری	آمار و احتمالات مهندسی، مبانی اکتشاف مواد معدنی	-
۷	ژئوفیزیک اکتشافی ۲	۲	نظری	ژئوفیزیک اکتشافی ۱	-
۸	چاه نگاری	۲	نظری	حفاری اکتشافی	ژئوفیزیک اکتشافی ۲
۹	ژئوشیمی اکتشافی ۲	۲	نظری	ژئوشیمی اکتشافی ۱	-
۱۰	آب های زیرزمینی	۲	نظری	مکانیک سیالات، زمین شناسی ساختاری	-
۱۱	تجزیه و تحلیل داده های اکتشافی	۲	نظری	ارزیابی ذخایر معدنی	-
۱۲	آزمایشگاه و عملیات ژئوفیزیک	۱	عملی	-	ژئوفیزیک اکتشافی ۲
۱۳	سنگ شناسی میکروسکوپی	۱	عملی	آزمایشگاه سنگ شناسی	-
۱۴	دورسنجی و GIS	۲	نظری-عملی	کارتوگرافی	-
۱۵	کارآموزی ۲	۰/۵	عملی	کارآموزی ۱	-
۱۶	پروژه	۲	عملی	گذراندن حداقل ۱۲۰ واحد درسی	-



۶- جدول دروس تخصصی گرایش استخراج معدن (۲۹/۵ واحد)

ردیف	نام درس	تعداد واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱	چالزنی و انفجار	۲	نظری	مبانی استخراج مواد معدنی	چالزنی و انفجار
۲	بارگیری و انتقال مواد	۲	نظری	مکانیک سیالات	چالزنی و انفجار
۳	تهویه در معادن	۲	نظری	مکانیک سیالات، مبانی استخراج مواد معدنی	
۴	خدمات فنی ۱	۲	نظری	خدمات فنی ۱	
۵	خدمات فنی ۲	۲	نظری	مبانی مکانیک سنگ	چالزنی و انفجار
۶	معدنکاری سطحی	۳	نظری	کنترل زمین و نگهداری	معدنکاری سطحی
۷	معدنکاری زیرزمینی	۳	نظری- عملی	تهویه در معادن،	معدنکاری زیرزمینی
۸	طراحی معادن	۲	نظری	مبانی مکانیک سنگ	
۹	کنترل زمین و نگهداری	۲	نظری	چالزنی و انفجار، کنترل زمین و نگهداری	
۱۰	حفر چاه و فضاهای زیرزمینی	۳	نظری	مبانی استخراج مواد معدنی، آمار و احتمالات مهندسی	
۱۱	تحقیق در عملیات	۲	نظری	کارآموزی ۱	
۱۲	کارآموزی ۲	۰/۵	عملی	گذراندن حداقل ۱۲۰ واحد درسی	
۱۳	پروژه	۳	عملی		



۷- دروس تخصصی گرایش مکانیک سنگ (۲۸/۵ واحد)

ردیف	نام درس	تعداد واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱	چالزنی و انفجار	۲	نظری	مبانی استخراج مواد معدنی	-
۲	خدمات فنی در معادن ۱	۲	نظری	مکانیک سیالات، مبانی استخراج مواد معدنی	-
۳	معدنکاری سطحی	۳	نظری	مبانی مکانیک سنگ	چالزنی و انفجار
۴	معدنکاری زیرزمینی	۲	نظری - عملی	کنترل زمین و نگهداری	معدنکاری سطحی
۵	کنترل زمین و نگهداری	۲	نظری	مبانی مکانیک سنگ	-
۶	حفر چاه و فضاهای زیرزمینی	۳	نظری	چالزنی و انفجار، کنترل زمین و نگهداری	-
۷	مکانیک سنگ تخصصی	۲	نظری	مبانی مکانیک سنگ	-
۸	مهندسی دیواره‌های شیب‌دار	۲	نظری	معدنکاری سطحی	-
۹	ژئوتکنیک	۲	نظری	مبانی مکانیک سنگ	-
۱۰	پی سازی	۲	نظری	مقاومت مصالح تخصصی، مکانیک سنگ تخصصی	-
۱۱	مقاومت مصالح تخصصی	۲	نظری	مبانی مکانیک سنگ	-
۱۲	کارآموزی ۲	۰/۵	عملی	کارآموزی ۱	-
۱۳	پروژه	۲	عملی	گذراندن حداقل ۱۲۰ واحد درسی	-



۸- جدول دروس تخصصی گرایش فرآوری مواد معدنی (۲۸/۵)

ردیف	نام درس	تعداد واحد	نوع درس	پیش نیاز	هم نیاز
۱	مینرالوگرافی	۱	نظری - عملی	زمین شناسی اقتصادی	-
۲	نمونه برداری	۲	نظری	مبانی اکتشاف مواد معدنی	-
۳	خردایش و طبقه‌بندی	۲	نظری	آزمایشگاه مبانی کانه آرایشی	-
۴	آزمایشگاه خردایش و طبقه‌بندی	۱	عملی	-	خردایش و طبقه‌بندی
۵	جدایش فیزیکی	۲	نظری	آزمایشگاه مبانی کانه آرایشی	-
۶	آزمایشگاه جدایش فیزیکی	۱	عملی	-	جدایش فیزیکی
۷	فلوتاسیون	۲	نظری	آزمایشگاه مبانی کانه آرایشی	-
۸	آزمایشگاه فلوتاسیون	۱	عملی	-	فلوتاسیون
۹	فناوری و مدیریت پسماند	۲	نظری	ایمنی، بهداشت و محیط زیست	-



۱۰	سینتیک، مواد	۲	نظری	ترمودینامیک	-
۱۱	انتقال مواد در فرآیندهای فرآوری	۲	نظری	آزمایشگاه مبانی کانه آرایشی	-
۱۲	مبانی مهندسی فرایند	۲	نظری	ترمودینامیک	-
۱۳	فرآیندهای تولید کک، گندله و سیمان	۲	نظری	آزمایشگاه مبانی کانه آرایشی	-
۱۴	مبانی هیدرومتالورژی و آزمایشگاه	۳	نظری	فلوتاسیون	-
۱۵	کارآموزی ۲	۰/۵	عملی	کارآموزی ۱	-
۱۶	پروژه	۳	عملی	گذراندن حداقل ۱۲۰ واحد	-



#### ۹- جدول دروس اختیاری

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	پیش نیاز، (هم نیاز)	گرایش
۱	کاربرد مواد معدنی	۲	مبانی اکتشاف مواد معدنی	اکتشاف، فرآوری
۲	شیمی فیزیک	۲	ترمودینامیک	اکتشاف، فرآوری
۳	استخراج سنگهای ساختمانی و تزئینی	۲	مبانی استخراج مواد معدنی	همه گرایش‌ها
۴	ماشین آلات معدنی	۲	بارگیری و انتقال مواد	استخراج
۵	زمین شناسی نفت	۲	زمین شناسی اقتصادی ایران	اکتشاف
۶	زمین آمار	۲	مبانی اکتشاف مواد معدنی	همه گرایش‌ها
۷	زمین شناسی مهندسی	۲	مبانی مکانیک سنگ	اکتشاف، مکانیک سنگ
۸	شیمی آلی کاربردی	۲	آزمایشگاه شیمی عمومی	فرآوری
۹	مطالعات امکان سنجی در معدنکاری و فرآوری مواد معدنی	۲	اقتصاد معدنی	همه گرایش‌ها
۱۰	حقوق معدن	۲	-	همه گرایش‌ها

توجه:

دانشجویان رشته مهندسی معدن در هر گرایش می‌توانند علاوه بر دروس اختیاری فوق، دروس تخصصی سایر گرایش‌ها را با رعایت پیش نیاز (یا هم نیاز) به عنوان درس اختیاری اخذ نمایند.

# دروس پایه

## ۳۲ واحد





ریاضی ۱  
(حساب دیفرانسیل و انتگرال ۱)  
Calculus I



تعداد واحد: ۳ واحد  
نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)  
(هم نیاز) پیش نیاز: ندارد  
هدف:

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 (۴۸ ساعت)  
(هم نیاز) پیش نیاز: ریاضی ۱  
هدف:

سرفصل‌ها

معادلات پارامتری، مختصات فضایی، بردار در فضا، ضرب عددی، ماتریس‌های  $3 \times 3$ ، دستگاه معادلات خطی سه مجهولی، عملیات روی سطرها، معکوس ماتریس، حل دستگاه معادلات، استقلال خطی پایه و تبدیل خطی و ماتریس آن، دترمینان  $3 \times 3$  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، گرادیان، 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 (۴۸ ساعت)  
(هم نیاز) پیش نیاز: ریاضی ۲

سرفصل‌ها

طبیعت معادلات دیفرانسیل و حل آنها، خانواده‌ی منحنی‌ها و مسیرهای قائم، الگوهای فیزیکی، معادله‌ی جداشدنی، 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 مکانیک، حل معادله‌ی دیفرانسیل با سری‌ها، تابع‌های بسل و گاما، چند جمله‌ای لژاندار، مقدمه‌ای بر دستگاه معادلات دیفرانسیل، تبدل لاپلاس و کاربرد آن در حل معادلات دیفرانسیل.

آمار و احتمالات مهندسی  
Probability and Statistics for Engineers



تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: (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  $\chi^2$  و تصمیم‌گیری، آشنایی با تحلیل واریانس، تحلیل رگرسیون، همبستگی، آزمون‌های ناپارامتری، اعتبارسنجی 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  
Computer programming



تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: ریاضی ۱

هدف: شناخت اجزای کامپیوتر، زبان‌های برنامه نویسی، نرم افزارها، الگوریتم، برنامه و حل مسائل

سرفصل‌ها

- مقدمه و تاریخچه مختصر کامپیوتر (۱ تا ۲ ساعت)
  - اجزاء سخت افزار: پردازنده مرکزی، حافظه اصلی، امکانات جانبی (۲ تا ۳ ساعت)
  - زبان و انواع آن: زبان ماشین، زبان اسمبلی، زبان‌های سطح بالا (۲ تا ۳ ساعت)
  - نرم افزار و انواع آن: تعریف، سیستم عامل و انواع آن، برنامه‌های مترجم، برنامه‌های کاربردی (۱ تا ۲ ساعت)
  - مراحل حل مسئله: تعریف مسئله، تحلیل مسئله، تجزیه 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، ساختمان‌های اساسی برنامه سازی:
    - ساخت‌های منطقی: ترتیب و توالی، تکرار، شرط‌ها و تصمیم‌گیری، مفهوم بازگشتی
    - ساخت‌های داده‌ای: گونه‌های داده‌ای ساده (صحیح، اعشاری، بولین، نویسه‌ای یا کاراکتری)، گونه‌های داده‌ای مرکب (آرایه، رکورد، مجموعه)
    - زیرروال‌ها: نحوه انتقال پارامترها
    - آشنائی با مفهوم فایل، فایل پردازی، عملیات ورودی/خروجی
- \* مفاهیم فوق باید با یکی از سه زبان پاسکال، فرترن ۷۷ یا بالاتر و یا زبان C آموزش داده شوند.





## محاسبات عددی Numerical methods

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: (معادلات دیفرانسیل) برنامه سازی کامپیوتر

هدف: شناسایی فرآیندهایی که از مسائل ریاضی، جواب های عددی و عملی به دست می دهند و ایجاد زمینه ی لازم برای درک مباحث شبیه سازی و مدل سازی.

### سرفصل ها

اعداد و خطاها، حل معادلات غیرخطی با یک متغیر (روش های نصف کردن، رگولافاسی، سکانت، تکرار نیوتن، مولر، جستجوی گام به گام و نقطه ثابت)، حل دستگاه معادلات خطی (حذف گاوسی)، روش های عددی در جبر خطی، درون یابی و برون یابی، 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)، مشتق گیری و انتگرال گیری عددی، حل عددی معادلات دیفرانسیل مرتبه ی اول و دوم، عملیات روی ماتریس ها و مقادیر ویژه ی ماتریس ها و تعیین آن ها با تکرار، بسط های مجانبی، آشنایی با

نرم افزار MATLAB

### منبع:

- ۱- کرویت سیک، اروین؛ "ریاضیات مهندسی پیشرفته"؛ ترجمه ی 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

شیمی عمومی  
General Chemistry



تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: 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 (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: (شیمی عمومی)

هدف:

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 (۴۸ ساعت)  
(هم نیاز) پیش نیاز: ندارد  
هدف:

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 (۳۲ ساعت)  
(هم نیاز) پیش نیاز: (فیزیک ۱)  
هدف:

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 وسایل اندازه گیری و محاسبه خطاها

## فیزیک ۲ Physics II



تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: فیزیک ۱

هدف:

### 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 (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: ( فیزیک ۲ ) و آزمایشگاه فیزیک ۱

هدف:

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)

ریاضی مهندسی  
Engineering Mathematics



تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: معادلات دیفرانسیل

هدف: تأکید بر کاربردهای مهندسی سرفصل‌های ذکر شده

سرفصل‌ها

سری و انتگرال، معادلات با مشتق جزئی، اعداد مختلط و توابع تحلیلی مختلط، نگاشت  
همدیس (Conformal Mapping)، انتگرال مختلط، سری توانی، تیلور و لوران،  
انتگرال‌گیری به روش مانده‌ها، توابع تحلیلی مختلط و نظریه‌ی پتانسیل، آنالیز عددی با تأکید بر  
روش‌های تخمین

منابع

۱- کروییت سیک، اروین؛ "ریاضیات مهندسی پیشرفته"، ترجمه‌ی شیدفر، عبدالله و فرمان، حسین؛ جلد دوم؛ مرکز  
نشر دانشگاه تهران؛ چاپ سوم؛ ۱۳۷۲

دروس اصلی  
۳۵ واحد





زمین شناسی عمومی  
General Geology



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: (شیمی عمومی)

هدف: آشنایی با زمین، فرایندهای فعال تغییر دهنده پوسته زمین، تاریخ زمین و تاثیر زمین و محیط اطراف آن بر پروژه های مهندسی

سرفصل ها

- کلیات: تعاریف، آشنایی با شاخه های زمین شناسی، رابطه ی زمین شناسی با سایر رشته های علوم و مهندسی (به ویژه معدن و عمران)، مفاهیم و تعاریف (کانی، سنگ، کانسار کانی ...)
- زمین: مشخصات، موقعیت در فضا، سنگ کره، هواکره، آب کره
- زمین شناسی تاریخی: تعیین سن مطلق و نسبی در زمین شناسی، فسیل ها و فسیل شدگی و تعیین سن چینه ها و چینه شناسی، تقسیم بندی زمان در زمین شناسی (دوران، دوره ها، دورها)، وقایع مهم در دوران ها شامل کوهزایی ها
- فرایندهای زمین: فرایندهای درونی و بیرونی زمین، فرایندهای آذرین و آتشفشانی (فعالیت ها، مشخصات عمومی و خصوصیات کلی فیزیکی و مکانیکی سنگ آذرین)، فرایندهای دگرگونی (مفاهیم و تعاریف، عوامل مؤثر در دگرگونی، انواع فرایندها، تغییرات حاصل از دگرگونی، رخساره ها)، فرایندهای ساختاری (عوامل مؤثر در تغییر شکل پوسته ی زمین، ساخت های اولیه، چین ها، گسل ها، درزه ها)
- فرایندهای بیرونی زمین: فرایندها و عوامل مؤثر در آنها (فرسایش، جابجایی، رسوبگذاری)، فرایندهای رسوبی (هوازدهی و تشکیل خاک، جابجایی و رسوبگذاری، رسوبات قاره ای، رسوبات محیط های دریایی، رسوبات حد فاصل، دیاژنز و سنگ شدگی)، فرایندهای آب و هوایی (باد، تاثیر و فرسایش، بادرفت ها و توسعه ی صحرها)، آبهای جاری (فرسایش، حمل و رسوبگذاری، سیلاب ها و اثرات آن، امواج و تاثیرات بر سواحل، آبرفت ها)، آب های زیرزمینی (نحوه ی تشکیل، حرکت، منابع، آلودگی، بهره برداری از منابع)، جابجایی ها و حرکات زمین (ناپایداری شیب ها و دامنه ها، عوامل مؤثر در ناپایداری، انواع گسیختگی ها، لغزش یا رانش زمین، خزش، نشست سطح زمین)
- تاثیرات فرایندهای درونی، بیرونی و ساختاری بر عملیات مهندسی معدن و عمران

منابع

۱. معماریان، حسین؛ "زمین شناسی برای مهندسين"، انتشارات دانشگاه تهران؛ چاپ هفتم؛ ۱۳۸۲

2. Tarbuk, E.J. Lugens, F.K; "Earth, An Introduction to Physical Geology"; Prentice Hall; 2005, 670 pp.
3. Blyth F.G.H. & De Freitas M.H. "A Geology for Engineers"; Edward Arnold, London. 2003, 325 PP.



کانی شناسی توصیفی  
Discriptive mineralogy



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: زمین شناسی عمومی، 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

سرفصل ها

۱- بلورشناسی: مشخصات اصلی بلورها، قوانین اصلی بلورشناسی، منشاء رشد بلورها، بلورشناسی هندسی، تمایش بلورها، عناصر و اعضای تقارن در بلورها، قانون پارامترها و مناطق، فرم های ساده ی بلورشناسی و توزیع آنها در رده های ۲۲ گانه ی تقارن، ماکل ها و اجتماع بلورها

۲- کانی شناسی:

-- مقدمه ای بر کانی شناسی، خواص کانی ها (خواص فیزیکی، خواص و فرمول شیمیایی، خواص متفرقه و جانشینی در کانی ها)، 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 سولفوسل ها، هالوزن ها، اکسیدها، کربنات ها، نیترات ها، سولفات ها...)

منابع

- 1-Nesse, W.D; "Introduction to Mineralogy"; Oxford University Press; 1999.
- 2- Gaines, R.V., & Catherine, W., "Dana's New Mineralogy: The System of Mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana", Wiley and Sons; 1997.

آزمایشگاه کانی شناسی توصیفی  
Practical Mineralogy



تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس: عملی (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: (کانی شناسی توصیفی)

هدف: آشنایی با روش های شناسایی عملی بلورها و کانی های سیلیکاته و غیر سیلیکاته در نمونه های میکروسکوپی

سرفصل ها

- شناخت عناصر تقارن در روی فرم های جوبی بلورها و تعیین رده و سیستم های تبلور

مدل های جوبی

- اندازه گیری و تعیین خواص فیزیکی کانی ها

- شناسایی کانی های سیلیکاته و غیر سیلیکاته در نمونه های میکروسکوپی





تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: زمین‌شناسی عمومی

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
- نیرو، تنش و کرنش: مفاهیم و تعاریف، انواع تنش‌ها، تنش‌های اصلی، روابط تنش، دایره‌ی موهر، کرنش همگن و ناهمگن، بیضوی کرنش، رابطه‌ی تنش-کرنش، اندازه‌گیری کرنش، ...
- تغییر شکل: رفتار مواد (الاستیک، پلاستیک، ...)، عوامل مؤثر در تغییر شکل
- چین‌ها و چین‌خوردگی: انواع و اجزای چین‌ها، طبقه‌بندی چین‌ها، مکانیزم چین‌خوردگی
- 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
- فابریک: ساخت‌های خطی و صفحه‌ای، ناپیوستگی‌ها، مناطق برشی
- ساختارهای غیر تکتونیکی: ساختارهای آذرین، ثقیلی، ...
- متشابه‌فراایندهای 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 فراایندهای درونی زمین، تکتونیک ایران
- بازدید صحرایی به منظور آشنایی با ساختارها و عناصر هندسی آن در روی زمین (حداقل ۳ روزه)



- 1- Pluijm, B.A. ; Marshak, S. ; "Earth Structure", W.W. Norton & Company N.Y. ; 2004
- 2- Dawis, G.H. & Reynold, S.J. ; "Structural Geology of Rocks and Regions" , 2<sup>nd</sup> Edition; John Wiley & sons; 1996
- 3- Lisle, R.J. ; "Geological Structures and Maps: a Practical guide", Butter Worth-Heinemann, Ltd; Oxford;1995
- 4- Ragan, D.M. ; "Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques"; 3<sup>rd</sup> Edition, New York, John Wiley & sons; 1985
- 5- Marshak, S. & Nutra, G. ; "Basic Methods of Structural Geology"; Prentice-Hall;1988





تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس: عملی صحرایی (۴۸ ساعت)

(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: سنگ‌شناسی و آزمایشگاه، کارتوگرافی

هدف: آشنایی با عکس‌های هوایی و ابزار ساده‌ی نقشه‌برداری و نحوه‌ی تهیه‌ی نقشه‌های

توپوگرافی، زمین‌شناسی و درزه‌نگاری.

#### سرفصل‌ها

- آشنایی با وسایل و تجهیزات برداشت صحرایی و کار با آنها؛ کمپاس، میز نقشه‌کشی، ...
- روش‌های تهیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و درزه‌نگاری و تفسیر آنها
- آشنایی با نرم‌افزارهای ساماندهی داده‌های صحرایی: Auto Cad, Surfer, Dips.
- تهیه‌ی نقشه‌ی مبنای زمین‌شناسی توسط عکس‌های هوایی در محدوده‌ی حداقل ۴ عکس هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و رسم مقاطع 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.



تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم نیاز)، پیش نیاز: ریاضی 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

- کلیات: مکانیک، مفاهیم بنیادی، کمیت‌های اسکالر و برداری، قوانین نیوتن، قانون جاذبه‌ی ثقل،...

- نیروها: گشتاورها، گویل‌ها و برآیندها (در دستگاه‌های دو و سه بعدی)

- سیستم‌های تعادل نیرو: (۱) تعادل در دو بعد: منزوی کردن سیستم‌های مکانیکی و ترسیم دیاگرام جسم آزاد، شرایط تعادل (طبقه بندی و وضعیت‌های تعادل، صورت‌های مختلف تعادل، قیود و تعیین پذیری استاتیکی)، (۲) تعادل در سه بعد: شرایط تعادل (دیاگرام جسم آزاد، انواع حالت‌های تعادل، قیود و تعیین پذیری استاتیکی)

- سازه‌ها: خرپاهای صفحه‌ای، روش مفصل‌ها، روش مقطع‌ها، خرپاهای فضایی، قاب‌ها و ماشین‌ها

- نیروهای گسترده: (۱) مرکز جرم و مرکز هندسی: مرکز جرم، مرکز خط و سطح و حجم، اجسام و شکل‌های مرکب، قضایای پایوس، (۲) مباحث خاص: تیرها- اثرات خارجی و رسم دیاگرام (بارگسترده)، تیرها

- اثرات داخلی و رسم دیاگرام (برش و خمش و پیچش، روابط عمومی بارگذاری و نیروی برشی و گشتاور خمشی)، کابل‌های انعطاف پذیر (روابط عمومی، کابل‌های سهموی، کابل زنجیری)، استاتیک سیالات (فشار سیال، نیروهای هیدروستاتیکی وارد بر سطح‌های مستطیلی، نیروی هیدروستاتیکی وارد بر سطح‌های دوبعدی، نیروی هیدروستاتیکی وارد بر سطح‌های تخت در حالت کلی).

- اصطکاک: (۱) پدیده‌های اصطکاکی: انواع اصطکاک، اصطکاک خشک (مکانیزم اصطکاک، انواع مسائل اصطکاک)، (۲) کاربردهای اصطکاک در ماشین‌ها: گوه‌ها، پیچ‌ها، یاتاقان‌های ژورنال و گفگرد و اصطکاک دیسک‌ها، تسمه‌های انعطاف پذیر، مقاومت غلتشی

- کار مجازی: کار (کار نیرو، کار گویل، کار مجازی)، تعادل (ذره، جسم صلب، سیستم‌های ایده‌آل متشکل از اجسام صلب، درجه‌ی آزادی، سیستم‌های دارای اصطکاک و راندمان

مکانیکی)، انرژی پتانسیل و پایداری ( انرژی پتانسیل الاستیکی، انرژی پتانسیل ثقل،  
معادله‌ی انرژی)

### کتاب پیشنهادی

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







تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: 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

- کلیات: آشنایی با مکانیک جامدات ( معرفی درس، دامنه‌ی موضوعات مطرح در درس)، مروری بر استاتیک (معادلات تعادل، مفهوم نیروهای داخلی و رسم دیاگرام تغییرات نیروی محوری، برشی و لنگر خمشی با روش مقطع زدن و جمع زدن)
- تنش و بارهای محوری: تنش، تانسور تنش، نیروی محوری یا تنش قائم، تنش لهدگی و برشی، تنش‌های مجاز و ضریب اطمینان
- کرنش و رابطه‌ی تنش - کرنش: تغییر شکل‌ها و مفهوم کرنش، کرنش خطی در اثر بار محوری، منحنی تنش - کرنش، قانون هوک، تحلیل منحنی و روابط تنش - کرنش، ضریب پواسون، قانون تعمیم داده‌شده‌ی هوک، قانون هوک برای تنش‌ها و کرنش‌های برشی، قانون هوک برای مصالح همسانگرد، کرنش حرارتی، انرژی کرنشی برای تنش‌های محوری و برشی، نمودار تنش - کرنش در بارگذاری و باربرداری مجدد، نمودارهای تنش - کرنش ایده‌آل، تمرکز تنش، قانون هوک برای مصالح ناهمسانگرد ( تعریف ریاضی کرنش، معادلات دوبعدی سازگاری، تانسور کرنش، قانون هوک برای مصالح ناهمگن)
- پیچش: فرضیات، رابطه‌ی پیچش، طراحی میله‌های استوانه‌ای توپر و توخالی در پیچش، زاویه‌ی پیچش، تنش‌ها و تغییر شکل‌های برشی در میله‌های استوانه‌ای، تمرکز تنش، پیچش میله‌های با مقطع غیر دایره‌ای توپر و توخالی
- خمش تیرها: مفاهیم و محدودیت‌های خمش تیرها، فرضیات پایه، رابطه‌ی خمش ارتجاعی، محاسبه‌ی ممان اینرسی، حداکثر تنش خمشی، خمش غیرارتجاعی تیرها، تمرکز تنش، تیرهای مرکب، تیرهای خمیده یا قوسی
- تنش‌های برشی در تیرها: مفاهیم پایه، جریان برش، رابطه‌ی تنش برشی تیرها و محدودیت‌های آن، مرکز برش
- تنش‌های مرکب: اصل اثر ترکیب تنش‌ها و محدودیت‌های آن، خمش غیر متقارن یا کج (Skerv bending)، ترکیب تنش‌های برشی



- تبدیل تنش‌ها و کرنش‌ها، معیارهای جاری شدن و گسیختگی: تبدیل تنش ( روابط تبدیل تنش‌های صفحه‌ای، تنش‌های اصلی، تنش‌های برشی حداکثر، تبدیل تنش برشی خالص به تنش‌های اصلی، دایره‌ی موهر، دایره‌ی موهر برای حالت عمومی تنش، تبدیل کرنش ( روابط تبدیل کرنش صفحه‌ای، دایره‌ی موهر، اندازه‌گیری کرنش - گل کرنش، سایر روابط خطی بین تنش و کرنش و ثابت‌های  $E$ ،  $G$ ،  $\nu$  )، معیارهای جاری شدن و شکست ( فرضیه‌ی تنش برشی حداکثر، فرضیه‌ی انرژی کرنشی حداکثر در تغییر شکل برشی، فرضیه‌ی تنش قائم حداکثر، مقایسه‌ی فرضیه‌ها)

- تغییر شکل تیرها: روابط کرنش - انحنا و لنگر - انحنا، معادلات دیفرانسیل تغییر شکل ارتجاعی تیرها

- روش‌های انرژی: انرژی کرنشی ارتجاعی برای تنش تک محوری، انرژی کرنشی برای خمش خالص، انرژی کرنشی ارتجاعی برای تنش‌های برشی، انرژی کرنشی برای حالت تنش چند محوری، طراحی اعضاء برای بارهای انرژی، محاسبه‌ی تغییر شکل سازه‌ها با استفاده از روش‌های انرژی ( کار حقیقی)، بارهای ضربه‌ای

- ستون‌ها: پایداری سازه‌ها، رابطه‌ی اولر برای ستون‌های دو انتها مفصل، بسط رابطه‌ی اولر برای ستون‌های با شرایط انتهایی متفاوت، بار خارج از مرکز و رابطه‌ی سکانت، طراحی ستون‌های تحت بار محوری و بار خارج از مرکز  
تمرین: این درس همراه تمرین است تا دانشجویان مسائل تئوری را بهتر درک کرده و جنبه‌های کاربردی آنها را فراگیرند.

### کتاب پیشنهادی

۱- پوپوف، ایگور، پی‌یر، فردیناند و جانسون، راسل؛ "مقاومت مصالح"، ترجمه‌ی طاحونی، شاپور؛ ناشر: شاپور طاهونی؛ چاپ سوم؛ ۱۳۶۸



## مکانیک سیالات Fluid Mechanics



تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: مقاومت مصالح

هدف: 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 کلبروک، 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 فانو 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.

#### کتاب پیشنهادی

- ۱- وایلی، بنجامین و استریترو، ویکتور؛ "مکانیک سیالات"، ترجمه‌ی انتظاری، علیرضا؛ ناشر نوپردازان؛ چاپ ششم؛ ۱۳۸۱
- ۲- شیمز، ایروینگ، اچ؛ "مکانیک سیالات"، ناشر نوپردازان؛ ترجمه‌ی انتظاری، علیرضا؛ چاپ





## نقشه‌کشی صنعتی و CAD Industrial Drawing and CAD



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری و عملی (۱۶ ساعت نظری + ۳۲ ساعت عملی)

(هم نیاز) پیش نیاز: ندارد

هدف: آشنایی با مبانی نقشه‌کشی صنعتی و نرم افزار CAD. نقشه‌کشی دستی و با CAD

### سرفصل‌ها

- ۱- نظری: ۱۶ جلسه‌ی یک ساعته
- کلیات، کاربردها، مفاهیم و تعاریف
- رسم تصاویر، نقطه، صفحه و جسم بر روی یک صفحه‌ی تصویر، صفحات اصلی تصویر
- اصول رسم سه تصویر، رابطه‌ی هندسی بین تصاویر مختلف
- وسایل نقشه‌کشی و کاربرد آنها، ابعاد استاندارد کاغذهای نقشه‌کشی، انواع خطوط و کاربردها، جدول مشخصات نقشه
- ترسیمات هندسی، روش‌های مختلف و آشنایی با فرجه‌ی اول و سوم، طریقه‌ی رسم سه تصویر در فرجه‌ی سوم، روش رسم سه تصویر در فرجه‌ی اول، تبدیل فرجه
- رسم تصویر از روی مدل‌های ساده، اندازه‌نویسی و کاربرد حروف و اعداد، رسم تصویر یک جسم به کمک تصاویر معلوم آن با روش شناسایی سطوح و احجام
- تعریف برش و قراردادهای مربوط به آن، برش ساده (مقارن و غیر مقارن)، برش شکسته، برش شکسته‌ی شعاعی و مایل، نیم برش شکسته، برش موضعی، برش‌های گردشی و جابجا شده، استثناءها در برش
- تعریف تصویر مجسم و کاربرد آن، طبقه‌بندی تصاویر مجسم، تصویر مجسم قائم (ایزومتریک، دی‌متریک، تری‌متریک)، تصویر مجسم مایل (ایزومتریک یا کواالیر)، دی‌متریک (کابینت)
- تصویر مرکزی یا پرسپکتیو (یک نقطه‌ای، دو نقطه‌ای، معمولی آزاد)
- اصول هندسه‌ی ترسیمی، نمایش نقطه و انواع خطوط و صفحات
- ۲- عملی: ۱۶ جلسه ۲ ساعته
- آشنایی و کار با نرم افزار CAD
- تهیه‌ی نقشه‌ها و تصاویر تعیین شده با دست
- تهیه‌ی نقشه‌ها و تصاویر تعیین شده با استفاده از کامپیوتر و نرم افزار CAD



## ترمودینامیک Thermodynamic

تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: آزمایشگاه فیزیک ۲، 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: تعریف و تاریخچه‌ی علم ترمودینامیک، سیستم‌های باز و بسته، خواص سیستم ترمودینامیکی، حجم‌های کنترلی یا حجم مشخصه، خواص و حالت ماده، فرایندها و چرخه‌ها، اصل صفر ترمودینامیک، دما، فشار، واحدها.

اصل اول و سایر مفاهیم اساسی: تعریف، سیستم‌های باز و بسته، تجربیات ژول، انرژی داخلی، فرمولاسیون اصل اول ترمودینامیک، حالات ترمودینامیکی و انواع حالت، آنتالپی، فرایندهای جاری حالت، تعادل، ظرفیت‌های گرمایی تعریف کار، معادله ویرال، گاز ارمائی، کاربرد معادله ویرال، آثار گرمایی، آثار گرمایی محسوس، آثار گرمایی همراه با تغییر فاز مواد خالص، گرمای معیار، اثر دما بر گرمای معیار، آثار گرمایی واکنش‌های صنعتی، ...

اصل دوم ترمودینامیک: بیان اصل دوم، ماشین گرمایی، مقیاس دمای ترمودینامیکی، فرایند برگشت پذیر، عوامل برگشت ناپذیری فرایند، چرخه‌ی کارنو و بازدهی آن، آنتروپی، نامساوی کلازیوس، آنتروپی، آنتروپی جسم خالص، تعبیرات آنتروپی در فرایندهای برگشت پذیر و برگشت ناپذیر، افت کار، اصل دوم برای حجم مشخصه، فرایند با جریان یکنواخت، فرایند برگشت پذیر آدیاباتیکی، تغییرات آنتروپی گازهای کامل، فرایند پلی تروپیک برگشت پذیر برای گازهای کامل، ازدیاد آنتروپی، بازدهی، روابط ماکسول، معادله‌ی کلابرون، روابط ترمودینامیک برای آنتالپی، انرژی داخلی، آنتروپی و گرمای ویژه اصل سوم ترمودینامیک، ...

### منابع:

- 1- Gengel & Boles, "Thermodynamics: An Engineering Approach", 3<sup>rd</sup> Edition
- 2- Richard E. Sonntag, Claus Borgankke, Gordon J. Van Wylen, Fundamentals of Thermodynamics, John Wiley & Sons, INC. 5<sup>th</sup> Edition, 1998
- 3- Yunus A. Gengel, Michael A. Boles, Thermodynamics: An Engineering Approach, McGraw- Hill, Third Edition, 1998.





## روش‌های تجزیه‌ی مواد معدنی Analytical Methods of Minerals

تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس: نظری (۱۶ ساعت)

(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: کانی‌شناسی نوری و فرایند و آزمایشگاه

هدف: آشنایی با اصول تجزیه‌ی شیمیایی و روش‌های تجزیه‌ی دستگاهی شامل جذب اتمی، اسپکتروفتومتری، رنگ‌سنجی، فلوئورسانس اشعه‌ی X...

### سرفصل‌ها

- روش‌های تجزیه‌ی مرسوم (کیفی و کمی) شامل تشخیص کاتیون‌ها و روش‌های وزنی و حجمی
- تجزیه‌ی کلی و جزئی، ذوب اسیدی و قلیایی، روش‌های انحلال نمونه
- روش‌های تجزیه‌ی دستگاهی: مبانی روش‌های دستگاهی، نقش استانداردها، دقت و صحت اندازه‌گیری‌ها، حد حساسیت
- روش‌های جذب اتمی: اصول و شرح دستگاه، تنظیم دستگاه، مزایا و معایب روش، آماده‌سازی و اندازه‌گیری نمونه
- روش رنگ‌سنجی (کالریمتری): اصول و مبانی روش، اندازه‌گیری
- روش اسپکتروفتومتری: اصول، شرح دستگاه‌ها، مزایا و معایب، آماده‌سازی و اندازه‌گیری نمونه
- روش فلوئورسانس اشعه‌ی X: اصول، شرح دستگاه، مزایا و معایب، آماده‌سازی و اندازه‌گیری نمونه
- روش ICP-MS و ICPES: اصول، شرح دستگاه، مقایسه حد حساسیت‌ها، نقاط ضعف و قوت آن

### منابع

- ۱- حسینی‌پاک، علی‌اصغر؛ اصول اکتشافات ژئوشیمیایی؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ چاپ چهارم؛ ۱۳۸۱
- 2- Fletcher, W.K. ; "Handbook of Exploration Geochemistry"; Vol 1; Analytical Methods in Geochemical prospecting; Elsevier; 1981

## آزمایشگاه روش‌های تجزیه‌ی مواد معدنی

### Laboratory Analytical Methods of Minerals



تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس: عملی (۳۲ ساعت)

(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: (روش‌های تجزیه‌ی مواد معدنی) و آزمایشگاه شیمی عمومی

هدف: آشنایی با اصول تجزیه‌ی شیمیایی و روش‌های تجزیه‌ی دستگاهی شامل جذب اتمی، اسپکتروفتومتری، رنگ‌سنجی، فلوتورسانس اشعه‌ی X...

#### سرفصل‌ها

- اندازه‌گیری یون‌های فلزی (Cu, Ag, Pb, Zn, ...) با روش‌های شیمی‌تر (شیمیایی) و جذب اتمی
- اندازه‌گیری به روش XRF برای تعدادی از عناصر اصلی و کمیاب
- اندازه‌گیری به روش رنگ‌سنجی برای تعدادی از عناصر انتقالی

#### منابع

- 1- Fletcher, W.K. ; "Handbook of Exploration Geochemistry"; Vol 1; Analytical Methods in Geochemical prospecting; Elsevier; 1981



## روش و ارائه‌ی تحقیق

### Procedure and Presentation of Research



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری و عملی (۱۶ ساعت نظری + ۳۲ ساعت عملی)

(هم نیاز) پیش نیاز: گذراندن حداقل ۱۰۰ واحد درسی

هدف: بالا بردن توانایی تحقیق و ارائه‌ی نتایج تحقیق به صورت شفاهی و کتبی

#### سرفصل‌ها

##### ۱- نظری

- کلیات: مفاهیم، ویژگی‌های محقق و تحقیق، روش‌شناسی تحقیق، ضرورت ارائه و روش‌های ارائه‌ی نتایج تحقیق، رعایت امانت داری در استفاده از اطلاعات علمی و نحوه کسب اجازه از محقق

- 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 تندرخوانی)، 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: نرم افزارهای Office و قابلیت‌های آنها، شامل Word، Excell، Wordpad (تنظیم و ویرایش متن، رسم نمودار، رسم جدول، فرمول نویسی، استفاده از تصاویر...)، Power Point و قابلیت‌های آن (تهیه‌ی اسلاید، ویرایش و روزآمدسازی 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 با یکی از اساتید به عنوان استاد راهنما انتخاب نموده و با استفاده از حداقل شش مقاله، تحقیقی مروری انجام داده و گزارش تحقیق خود را (حداکثر ۸۰ صفحه و حداقل ۵۰ صفحه) به صورت کتبی و ارائه‌ی شفاهی مطابق دستورالعمل‌های استاد درس ارائه نماید.

- آموزش‌های کسب مهارت در کاربری نرم افزارهای Office و Power Point

### ۳- ارزیابی

- ارزیابی آزمون حدود مهارت دانشجو در استفاده از ابزار و نرم افزارها در حد رد- قبول x

- ارزیابی ارائه‌ی کتبی و شفاهی استاد درس: ۷۰ درصد

- ارزیابی ارائه‌ی کتبی از جنبه‌ی تخصصی توسط استاد راهنما: ۳۰ درصد

x شرط نگره داشتن درس، قبولی در آزمون خواهد بود.





## بازدید زمین و معدن



تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس: عملی صحرایی (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: زمین شناسی عمومی

**هدف:** آشنایی با مواد زمین شناسی (کانی ها و سنگ ها)، ساخت ها و فرایندهای زمین شناسی، درک عینی از فرایندها و عملیات مهندسی معدن و آشنایی با تجهیزات و ماشین آلات در اکتشاف، استخراج و فرآوری و فراگیری تهیه گزارش

### سرفصل ها

- چند بازدید یک روزه از مناطق دارای پدیده های متنوع زمین شناسی جهت آشنا شدن با مواد زمین شناسی (کانی ها و سنگ ها)، ساخت ها و فرایندهای زمین شناسی
- انجام بازدید از حداقل یک معدن روباز بزرگ، یک معدن زیرزمینی زغال سنگ، یک معدن زیرزمینی فلزی، یک کارخانه فرآوری، یک کارخانه زغال شویی، یک معدن سنگ تزئینی و نما، یک کارخانه سنگبری
- آشنایی با ساختار سازمانی و تشکیلات معدن، آشنایی با مسائل زمین شناسی و اکتشافی، آشنایی با واحدهای نقشه برداری و ایمنی و نجات، شناخت از تأسیسات و تجهیزات سطحی و وظایف آنها، آشنایی با نحوه انجام عملیات واحد تولیدی و جنبی و ابزار، تجهیزات و ماشین آلات مربوطه، شناخت عینی فضاهای معدنی زیرزمینی و روش های بهره برداری، آشنایی با فرایندهای خردایش، تغلیظ و فرآوری و جدایش جامد/ مایع در کارخانه های فرآوری و زغال شویی و تجهیزات و ماشین آلات مربوطه، آشنایی با کارخانه های سنگبری و مراحل سنگ تزئینی و نما، تجهیزات مربوطه
- تهیه و ارائه گزارش بازدید به صورت فایل Word و چاپ شده

- × در هر بازدید حضور حداقل یک استاد از گرایش های اکتشاف، استخراج و فرآوری الزامی است.
- × ارزیابی: ۷۰ درصد گزارش بازدید، ۳۰ درصد اساتید حاضر در بازدید



## سنگ شناسی

## Petrology



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس : نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: کانی شناسی نوری و فرایند و آزمایشگاه

هدف: آشنایی با نحوه تشکیل و طبقه بندی سنگ های آذرین، رسوبی و دگرگونی مهم

### سرفصل ها

- سنگ های آذرین: تعاریف، مشخصات، شکل و وضع زمین شناسی توده های آذرین، شرایط تشکیل، ساخت و بافت، کانی های سنگ های آذرین، انواع طبقه بندی سنگ های آذرین، شرح دسته های مهم، ماگما و تحولات ماگمایی، رابطه بین نوع سنگ و شرایط تشکیل، دگرسانی سنگ های آذرین و محصولات دگرسانی

- سنگ های دگرگونی: تعاریف، محیط و عوامل مؤثر در دگرگونی، انواع و مکانیزم ایجاد تغییرات در سنگ های دگرگونی، ساخت و بافت، کانی های سنگ های دگرگونی، مناطق و رخساره های دگرگونی، دگرگونی پیشرونده و پسرونده، نمایش ترسیمی پاراژنهای دگرگونی، تغییر ترکیب شیمیایی کانی ها، افزایش شدت دگرگونی، محصولات دگرگونی سنگ های مختلف، آناکسی پگماتیت ها، رابطه بین ماگما، کوهزایی و دگرگونی، دگرگونی مجاورتی (رخدادها و کانی ها، رخساره ها، نقش در تشکیل کانسارها)، دگرسانی سنگ های دگرگونی ناحیه ای و مجاورتی

- سنگ های رسوبی: تعاریف، تشکیل، ساخت و بافت، ترکیب شیمیایی و کانی شناسی، دیاژنز، طبقه بندی، سنگ های رسوبی آواری، سنگ های رسوبی غیر آواری، ارتباط سنگ های رسوبی با محیط تشکیل

### منابع

- 2- Blatt, H. & Tracy, R. ; "Petrology: Igneous, Sedimentary, and Metamorphic"; W.H. Freeman; 3<sup>rd</sup> Edition; 2005
- 3- Raymond, L. A. ; "Petrology: The study of Igneous, Sedimentary, and Metamorphic Rocks", Mc Graw-Hill Science / Engineering / Math; 2 edition, 736 pages, 2001.

آزمایشگاه سنگ شناسی  
Laboratory of Petrology



تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس : عملی (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: (سنگ شناسی)

هدف: آشنایی با روش های شناسایی عملی انواع سنگ ها در نمونه های دستی و تیغه نازک

**سرفصل**

شناسایی نمونه های دستی سنگ های آذرین، رسوبی و دگرگونی و مطالعه تیغه های نازک آنها با میکروسکوپ پلاریزان، تشخیص انواع دگرسانی پروپلیتی، آرژیلی، آرژیلی پیشرفته، فیلیک و پتاسیک



زمین شناسی اقتصادی  
Economic Geology

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: سنگ شناسی

هدف: آشنایی با اثر عوامل تکتونیکی، ساختمانی، سنگ شناسی و چینه ای (سن) در تشکیل ذخایر معدنی گوناگون و مکانیزم های غنی شدگی

سرفصل ها

- تعاریف و مفاهیم، کانسارهای کانی و روش اکتشاف آنها، دسته بندی کانی های اقتصادی و کاربرد آنها، کانسارهای کانی و تشکیل آنها
- فرآیندهای مؤثر در تشکیل کانسارهای کانی ( محیط سازند، انحلال، انتقال، نهشت)، ترمومتری و بارومتری زمین
- رده بندی کانسارهای کانی بر مبنای محیط لیتوگرافی - تکتوگرافی - استراتیگرافی، فرآیندهای ماگمایی، کانسارهای ماگماتیک و انواع آن
- کانسارهای هیدروترمال، عوامل مؤثر در تشکیل کانسارهای هیدروترمال، آلتراسیون هیدروترمال
- کانسارهای رسوبی، محلول های کانه زا و انتقال آنها در محیط سوپرژن، محیط های به شدت هوازده (گوسن ها)
- کانسارهای باکتریوژن، کانسارهای تبخیری، کانسارهای پلاسری، تغلیظ سوپرژن و اکسیداسیون
- انواع دسته بندی های کانسارهای کانی و ذکر مثال تیپیک هر دسته ( تأکید بر کانسارهای زغال سنگ و سنگ های تزئینی و نما)
- ایالات و دوره های فلززائی، ارتباط بین فلززائی و تکتونیک صفحه ای
- کانسارهای دگرگونی ناحیه ای و همبری
- کانسارهای اسکارنی، طبقه بندی و انواع مهم

منابع

1- Edwards, R. & Atkinson, K. ; "Ore Deposit Geology", Chapman and Hall; 1989

۲- شهاب پور جمشید، زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۸۶.

۳- اسمیرنف، و. ای.، زمین شناسی ذخایر معدنی، ترجمه کرامت الله علی پور، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۷



## کار توگرافی Cartography



تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس: نظری و عملی (۸ ساعت نظری + ۱۶ ساعت عملی)

(هم نیاز) پیش نیاز: زمین شناسی ساختاری

هدف: آشنایی با انواع نقشه ها و اصول کاربردی کار توگرافی

### سرفصل ها

- نقشه های توپوگرافی ( آشنایی، تفسیر، رسم مقاطع، اندازه گیری ها از روی نقشه)، کمپاس ( آشنایی، اجزاء، انواع، اندازه گیری ساختارهای خطی و صفحه ای)
- روش های تعیین و بیان موقعیت عناصر ساختاری صفحه ای و خطی بر مبنای شیب، امتداد، آزمون، ...
- نقشه های زمین شناسی: روش تهیه، نمایش واحدهای سنگی ( صفحه ای، خطی، توده ای)، معرفی علائم ( سنگی، زمانی، ساختمانی) استاندارد
- محاسبه شیب حقیقی و ظاهری عناصر ساختاری صفحه ای، پلانج و Rake به روش های ترسیمی و ریاضی، روش های هندسی محاسبه ضخامت لایه ها و عمق با استفاده از داده های سطحی و عمقی
- ارتباط طرح های بیرون زدگی با توپوگرافی ( تکمیل طرح های بیرون زدگی واحدهای ساختمانی نظیر لایه، گسل، دایک و ... بر روی نقشه های توپوگرافی بزرگ مقیاس ) به کمک داده های نقطه ای
- تفسیر نقشه های زمین شناسی، تفسیر ساختاری نقشه ها، رسم پروفیل چین ها، نمایش ناپیوستگی ها در نقشه های زمین شناسی
- نقشه های هم تراز ساختاری، تفسیر و رسم مقاطع در آن ها، نمایش انواع گسل ها در آن ها، نقشه های هم ضخامت و هم عمق
- تصاویر استریوگرافیک و کاربردها، آشنایی با انواع شبکه ها و کاربرد آن ها، تصاویر استریوگرافیک ( خط، صفحه، قطب صفحه، زاویه ی خط - صفحه، زاویه ی دو صفحه، ... )، یافتن Rake، پلانج، شیب ظاهری و حقیقی در استریونت، دوران عناصر ساختاری و تحلیل استریوگرافیک و کاربرد آن ها ( در بازیافت موقعیت واحدهای سنگی - ساختاری قبل از چین خوردگی، و در نمایش و تحلیل استریوگرافیک گمانه ها)
- روش های برداشت درزه ها در روی زمین، نمودارهای نمایش درزه ها و تحلیل آنها (



هیستوگرام، رزدیاگرام، کنتور دیاگرام)

- تحلیل‌های استریوگرافیک: چین‌ها، درزه‌ها، درزه‌ها در ارتباط با چین خوردگی‌ها و زون‌های گسله، گسل‌ها (تحلیل و نمایش استریوگرافیک انواع گسله‌ها)

## منابع

۱- فوکو، آ. و رانو، 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.

4- Ragan, D. H., Structural geology, Jhon Wiley, 1985.

5- Benison, G. M., An introduction to geological structure and maps, Chapman and Hall, 1990.



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)

(هم نیاز) پیش نیاز: کانی شناسی توصیفی

هدف: آشنایی با مبانی نور پلاریزه و کار با میکروسکوپ پلاریزان و شناسایی کانی‌ها در تیغه‌ی نازک و با میکروسکوپ پلاریزان



سرفصل‌ها

- طرز تهیه‌ی 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 تشکیل دهنده‌ی سنگ‌ها

عملی

- تهیه تیغه‌های نازک از کانی‌ها و سنگ‌ها
- شناسایی کانی‌ها در تیغه نازک

منبع

1-Nesse, W.D. ; "Introduction to Optical Mineralogy"; Oxford University Press; 2004

## کارگاه عمومی ۱

تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس : عملی (۴۸ ساعت کارگاهی)

(هم نیاز) پیش نیاز: ندارد

هدف:



### سرفصل‌ها

- شناسایی انواع ابزارها و کاربرد آنها
- شناسایی وسایل مورد نیاز (کولیس و ...) و کاربرد آنها
- شناسایی انواع ماشین های ابزار
- شناسایی ماشین های 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)

# دروس تخصصی مشترک

## ۲۰/۵ واحد







## نقشه‌برداری معدنی Mine Surveying

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری (۴۸ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	ریاضی ۲، نقشه‌کشی صنعتی و CAD
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

### سرفصل‌ها

- مقیوم، 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)
- ترازبانی: هدف، واژه‌ها و مفاهیم، تجهیزات مورد استفاده، اصول ترازبانی، روش‌های محاسباتی، انواع ترازبانی و ترازبانی‌ها، تصحیح‌ها، منابع خطا و ملاحظات، دقت در ترازبانی، تنظیم ترازبانی و برداشت‌ها
- تثودولیت‌ها و پیمایش با آن‌ها: انواع و اجزاء، تنظیم، کاربردها، منابع خطا، برداشت و اندازه‌گیری (زوایا، فواصل)، پیمایش (هدف، اصول، روش‌ها، محاسبات، کنترل، نقشه‌کشی)، استفاده از تثودولیت به عنوان تاکنومتری
- 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)
- قوس‌ها: تعاریف، انواع قوس، اجزاء و مشخصه‌های قوس‌ها، پیاده کردن قوس‌ها، اتصال و ارتباط قوس‌ها
- تاکنومتری و برداشت‌های تاکنومتری
- 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، تثودولیت و اندازه‌گیری زوایای افقی و مایل و فاصله‌ها، تحلیل نتایج برداشت‌ها و محاسبه‌ی مختصات نقطه‌ای، تجمع خطاها در برداشت‌های زیرزمینی با تثودولیت
  - برداشت‌های قائم در کارهای زیرزمینی: کلیات، تعیین تراز در چاه‌ها، ترازبانی هندسی در کارهای زیرزمینی، تحلیل نتایج ترازبانی هندسی، خطاها در ترازبانی هندسی، ترازبانی مثلثاتی و خطاها
  - برداشت سینه‌کارهای پیشروی (آماده‌سازی) و استخراجی: وسایل برداشت، برداشت کارگاه‌های استخراج زغال سنگ، برداشت کارگاه‌های فضاهای استخراج شده، برداشت سینه‌کارهای پیشروی، برداشت جال‌های آتشیاری، تعیین جهت تونل‌های طبقات فرعی، تعیین ذخیره در کارگاه‌ها
  - کاربردهای خاص نقشه‌برداری در کارهای زیرزمینی: تعیین مسیر و هدایت جهت و برداشت کارهای زیرزمینی

( فضاها و کارهای افقی، قوس‌ها، فضاها، مایل و قائم، سطح مقطع)، نقشه برداری کارهای حفر شده از دو انتها، تخمین اولیه دقت در ارتباط دادن شبکه‌کار

- نقشه برداری در احداث معدن: شبکه‌ی کنترل چیدمان و جانمایی تأسیسات و تهیلات سطحی معدن و ویژگی‌های جانمایی‌ها، نقشه‌برداری کمپ‌های معدن، نقشه‌برداری در احداث بالابرهای معدنی، برداشت در حین احداث چاه قائم و ترتیبات و نصب تجهیزات آن، برداشت در حین حفر پذیرگاه‌های چاه قائم

- نقشه برداری در معادن روباز و کواری

- گشت، شبکه‌های برداشت و مبنا و کار نقشه برداری: شبکه‌های مبنا، شبکه‌های نقشه برداری، کنترل تراز در معادن روباز و کواری، نقشه‌برداری در معادن روباز و کواری
- کاربرد نقشه برداری در کارهای چالزنی و آشنایی
- برداشت‌های نقشه برداری در کارهای ترابری
- برداشت و کاربرد نقشه برداری در حفر ترانشه‌ها و رمپ‌ها
- محاسبات احجام برداشت یا استخراج شده
- کاربرد نقشه برداری در کنترل نشست سطح زمین
- کاربرد نقشه برداری در پیجویی و اکتشافات زمین شناسی
- آشنایی مختصر با نقشه برداری هوایی و کار با عکس‌های هوایی



منابع:

- 1-Borsch – Korupniets, V. & Navitny, A. & Knysh, G. ; "Mine Surveying"; Mir Publisher Moscow; 1989
- 2-Staley, William; "Introduction to Mine Surveying"; Stanford University Press; 1964
- 3-Singh, H. ; "Surveying"; Mc Grawhill; 1990
- 4-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton, Co. ; 1992; ch. 8-2

## عملیات نقشه برداری معدنی Field Mine Surveying



تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی صحرایی (۴۸ ساعت)
(همیناز) پیش نیاز:	نقشه برداری معدنی
هدف:	کسب تجارب عملی در نقشه برداری و نقشه کشی

### سرفصل ها

- کار عملی بر مبنای عناوین نقشه برداری معدنی در یک منطقه معدنی زیرزمینی: گروه بندی، استفاده از کمپاس، میر نقشه کشی و انجام برداشت های لازم برای تهیه نقشه های تعیین شده، اندازه گیری فواصل و زوایای افقی و قائم و پیمایش در مناطق تعیین شده برای هر گروه و برداشت های لازم برای تهیه نقشه های مناطق با مقیاس ۱:۱۰۰۰
- پیاده کردن قوس ها
- برداشت های ممکن در فضا های زیرزمینی موجود در منطقه
- آشنایی با نرم افزارهای نقشه کشی و کار با یکی از آنها
- تهیه نقشه های تعیین شده از برداشت ها و پیمایش های صورت گرفته و محاسبات سطح و حجم





## مبانی کانه آرایی Principles of Mineral Processing

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
پیش نیاز:	ترمودینامیک، سنگ شناسی، مکانیک سیالات
هدف:	فراگیری و کاربرد اصول و مبانی تغلیظ مواد معدنی با استفاده از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کانی ها و آشنایی با مبانی طراحی کارخانه های کانه آرایی

### سرفصل ها

- کلیات، مفاهیم و تعاریف، کاربرد و دسته بندی مواد معدنی و نقش کانه آرایی، جدایش کانی ها و مراحل کانه آرایی
- نمونه برداری و آزمایش های متالورژیکی
- دانه بندی: اندازه و شکل ذرات، تجزیه ی سرنبدی و تعیین دانه بندی، توزیع و تحلیل دانه بندی
- اصول و عملیات سنگ شکنی: اصول ( مکانیزم، قوانین و تئوری ها، روش های اندازه گیری قابلیت خرد شدن مواد)، عملیات ( انواع سنگ شکن ها، انتخاب سنگ شکن)، طراحی مدار سنگ شکنی
- اصول و عملیات نرم کردن: انواع آسیاها، مکانیزم های نرم شدن، انواع استرها، انتخاب و تعیین اندازه ی آسیا، مدارهای آسیا کردن، بار در گردش
- سرنبد کردن: اصول، انواع سرندها، انتخاب ابعاد و بازدهی سرندهای لرزان
- طبقه بندی مواد: اصول حرکت مواد در سیال، هیدروسیکلون ها، کلاسیفایرها، انتخاب و تعیین اندازه ی سیکلون ها
- جدایش ثقلی: اصول و تئوری های پرعیارکننده ی ثقلی، انواع و ماشین های جدایش ثقلی (واسطه سنگین، جیک ها، میرها، ماریچ ها)
- جدایش مغناطیسی و الکتریکی: جداکننده های مغناطیسی (اصول و مکانیزم، انواع و کاربرد)، جداکننده های الکتریکی ( اصول و مکانیزم، انواع و کاربرد)
- فلوتاسیون: اصول، جنبه های فیزیکی و شیمیایی فلوتاسیون، معرف ها، ماشین های فلوتاسیون، مدارها
- ملاحظات زیست محیطی: تأثیرات فراوری در آلودگی محیط زیست، باطله های فراوری (تأثیر در آلودگی، دفع و انتقال باطله های جامد و مایع، اثبات باطله های جامد و مایع)

### منابع

- ۱- نعمت الهی، حسین؛ "کانه آرایی"، جلد اول و دوم؛ انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۱
- 2- Wills, B.A. ; "Mineral Processing Technology"; 6<sup>th</sup> Edition; Butter Worth Heineman; SME; 1997
- 3- Weiss, L. (Editor); "Mineral Processing Handbook"; Vol. I&II; SME; 1989
- 4- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>th</sup> Edition; SME
- 5-Littleton, Co. ; 1992; Sec.24
- 6-Kelly, G.E. and Spottiswood, J.D. ; "Introduction to Mineral Processing"; Mineral Engineering Services; Australia; 1989
- 7- Fuerstenau, M.G. and Han, K.N.; "Principles of Mineral Processing"; SME ; 2007





## آزمایشگاه مبانی کانه‌آرایی Laboratory Of Mineral Processing

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی (۳۲ ساعت)
(همینار) پیش‌نیاز:	(مبانی کانه‌آرایی)
هدف:	شناخت عملی دستگاه‌های مورد استفاده در عملیات کانه‌آرایی، تولید داده‌های مورد نیاز برای طراحی فرآیند و تعبیر و تفسیر آن‌ها، آماده شدن برای کار در زمینه‌های طراحی و عملیات فرآوری

### سرفصل

- دستورالعمل عمومی، ایمنی و طرز تهیه گزارش
- آماده سازی نمونه
- تعیین درجه‌ی آزادی
- تعیین دانه‌بندی، توزیع و تحلیل آن‌ها
- آشنایی با سنگ‌شکن‌ها و آسیاها و نحوه‌ی کار آن‌ها
- مطالعه‌ی فرآیند و تعیین قابلیت خردایش با آسیاهای میله‌ای و گلوله‌ای
- آشنایی با سرندها، کلاسیفایرها و هیدروسیکلون‌ها و نحوه‌ی کار آن‌ها
- آشنایی و کار با جداکننده‌های ثقلی، آزمایش‌های پرعبارسازی با واسطه‌ی سنگین و نیز
- آشنایی با جداکننده‌های مغناطیسی و الکتریکی و نحوه‌ی کار آن‌ها
- جداسازی کانی‌ها با روش فلوتاسیون و ماشین‌های فلوتاسیون، آزمایش فلوتاسیون زغال سنگ، آزمایش فلوتاسیون کانسنگ سولفور، ساده و کانسنگ اکسیدی

### منابع

- ۱- منابع ذکر شده در مبانی کانه‌آرایی
- ۲- ابوزید، ا. ز. م.؛ "آزمایش‌های کانه‌آرایی"، ترجمه‌ی اولیازاده، منوچهر؛ مرکز انتشارات صنعت فولاد؛ ۱۳۷۲



## مبانی مکانیک سنگ Principle of Rock Mechanics

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	سنگ شناسی، مقاومت مصالح
هدف:	آشنایی مختصر با مکانیک خاک، شناخت خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ‌ها و رفتار آن‌ها تحت بارهای اعمالی، 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 دیواره‌های شیب‌دار

### سرفصل‌ها

- مبانی مکانیک جامدات: تنش، تنش در یک نقطه، تنش در یک صفحه، دایره موهر، کرنش، کرنش، دایره موهر برای کرنش، روابط تنش، کرنش، انواع مواد از نظر رابطه تنش، کرنش، رفتار ارتجاعی و غیره ارتجاعی سنگ‌ها، ملاک‌های شکست در سنگ‌ها، تنش‌های زمین، تنش در پوسته جامد زمین، تنش‌های تفرقی، تنش‌های تکنوتیکی، تنش‌های محلی تنش در پوسته باقی‌مانده، تأثیر عواملی نظیر چین خوردگی و فرسایش روی تنش‌های زمین.

- تنش‌های القایی، تمرکز تنش، تنش در اطراف فضاهای زیرزمینی، تنش در اطراف فضاهای زیرزمینی متعدد، تمرکز تنش در جداره یک ردیف تونل‌های با مقطع دایره‌ای تحت میدان‌های مختلف تنش، تمرکز تنش در جداره یک ردیف تونل‌های با مقطع تخم مرغی در میدان‌های مختلف تنش، روش‌های اندازه‌گیری تنش زمین، تنش در تونل‌های حفر شده با مقطع مربع مستطیل در سنگ‌های مطبق و لایه نازک، سقف اولیه و سقف اصلی، تنوری تیرها، خصوصیات مکانیک و رفتار سنگ‌ها، روش‌های آزمایشگاهی در مطالعه رفتار سنگ، طبقه‌بندی ساختاری یا رده بندی مهندسی سنگ‌ها با تقسیم‌بندی ژنتیکی، ژئوتکنیکی، خواص فیزیکی واندیسی سنگ‌ها و طبقه‌بندی براساس آنها، استاتی دیواره در معادن روباز

### منابع

- 1-Singh, R.N. and Ghose, A.K. ; "Engineering Rock Structures in Mining and Civil Construction" ; Taylor & Francis Groupple; London; 2006
- 2-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. 1&11; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; Sec.10
- 3-Goodman R.E. ; "Introduction to Rock Mechanics" ; John Wiley & Sons; New York; 1980
- 4-Jager, J.C. and Cook, N.G.W. ; "Fundamentals of Rock Mechanics" ; 3<sup>th</sup> Edition; Chapman and Hall; London; 1979



آزمایشگاه میانی مکانیک سنگ  
Laboratory of Rock Mechanics

تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	(میانی مکانیک سنگ)
هدف:	آشنایی عملی با روش‌های اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و هیدرولیکی سنگ و خاک و نحوه‌ی انجام آزمایش‌ها و تعیین پارامترهای مکانیکی سنگ و خاک

سرفصل

- دستورالعمل‌های عمومی، ایمنی و حرز تهیه‌ی گزارش
- خصوصیات ذاتی: چگالی، رطوبت، تخلخل، نسبت حفره، وزن مخصوص
- خصوصیات شاخص: بار نقطه‌ای، چکش اشمنیت، دوام داری، تورق، مقاومت در برابر انجماد، سختی، سایش، شاخص سرشار
- خصوصیات مکانیکی: مقاومت فشاری تک محوری، تغییر شکل پذیری، مقاومت کششی، مقاومت برشی، مقاومت فشاری سه محوری، آزمایش برش خاک و سنگ‌های سفت
- آزمایش لاس آنجلس و بوهم



## اقتصاد معدنی Mineral Economics

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری
(هم‌پایه) پیش‌نیاز:	آمار و احتمالات مهندسی، مبانی استخراج مواد معدنی
هدف:	آشنایی با مبانی اقتصاد کلان و خرد با تأکید بر معدنکاری، صنایع معدنی و بازرگانی مواد معدنی

### سرفصل‌ها

#### ۱- کلیات:

تعریف علم اقتصاد، کالا و انواع آن، عوامل تولید، مدار اقتصادی، ظرفیت و رشد، نظام‌های اقتصادی: ویژگی‌های نظام‌های سرمایه‌داری، اقتصاد دولتی و نظام‌های مختلط  
پول: تعریف، وظائف، انواع و مراحل تحول

#### ۲- اقتصاد کلان:

- درآمد ملی: مفاهیم و تعاریف، تولید ناخالص داخلی و انواع آن (اسمی، واقعی و ممکن)، روش‌های اندازه‌گیری (تولید، درآمد، مخارج)، ملاک‌ها و شاخص‌های ارزیابی (تولید و درآمد خالص و ناخالص ملی، داخلی و سرانه)، بخش‌های مختلف اقتصاد ایران، بخش معدن ایران و زیربخش‌های آن، سهم بخش معدن در GDP کشور  
- تورم: شاخص قیمت‌ها و انواع آن (CPI, PPI, GDP deflator)، سبب کالاهای مصرفی شهری، درآمد اسمی و واقعی  
- اشتغال و بیکاری: جمعیت فعال و نا فعال، انواع بیکاری (اصطکاکی، ساختاری و ادواری)، قانون Okun، ادوار تجاری (نوسان‌های اقتصادی)

#### ۳- اقتصاد خرد:

- تقاضا: تئوری، جدول، منحنی و قانون تقاضا، عوامل مؤثر بر مقدار تقاضا، اثر جایگزینی و اثر درآمد  
- عرضه: تئوری، جدول، منحنی و قانون عرضه، عوامل مؤثر بر مقدار عرضه  
- قیمت: قیمت تعادل، مکانیزم قیمت‌ها، تعادل ایستا و پویا  
- کشش: کشش تقاضا و عرضه نسبت به قیمت، محاسبه کشش، حالت‌های مختلف کشش، روابط پارامتری، تغییرات درآمد  
- تئوری بنگاه (نظریه تولید کننده): نهاده‌ها و ستاده‌های تولید، دوره زمانی تولید (کوتاه و بلند مدت)، تابع تولید با یک متغیر، قانون بازده نزولی، منحنی‌های تولید کل، تولید نهایی و تولید متوسط، تابع تولید با دو متغیر



- تحلیل هزینه: تابع هزینه، انواع هزینه (ثابت و متغیر)، منحنی های هزینه کل، هزینه نهایی و هزینه متوسط، سود و زیان، نقطه سر به سر، تولید، تحلیل بلند مدت هزینه، منحنی های هزینه کوتاه و بلند مدت (SAC و LAC)، مقیاس بازدهی (Returns to Scale)، تعریف و تقسیم بندی هزینه های معدنکاری
- بازار: آشنایی مختصر با انواع اصلی بازار (رقابت کامل، انحصار، رقابت انحصاری، چند قطبی)

#### ۴- اقتصاد کالاهای معدنی:

- توسعه پایدار مبتنی بر مواد معدنی: دوره های متوالی توسعه معدنکاری و صنایع معدنی (توسعه معادن، توسعه کارخانه های ذوب، توسعه صنایع، تهی شدن مواد خام داخلی، رکود)
- ویژگی های تولید مواد معدنی و سرمایه گذاری در بخش معدن
- دسته بندی کالاهای معدنی: منابع انرژی، منابع فلزی، کانی های صنعتی
- مالکیت و طبقه بندی معادن در کشور، قانون معادن
- بازرگانی مواد معدنی: تنوع واحد های (وزن، حجم، عیار، ...)، چگونگی تعیین قیمت فلزات و کانی ها (قیمت تولید کننده، عوامل مؤثر بر قیمت گذاری، قیمت های توافق، قیمت گذاری بازار بورس)، اطلاعات و منابع قیمت گذاری، تجارت و بازار (انواع محصولات، مبادلات، قراردادهای خرید یا فروش، قراردادهای ذوب)، اصطلاحات بازرگانی بین المللی (Incoterms) به ویژه FOB و CIF

#### ۵- آشنایی با ارزیابی طرح های معدنی

- آشنایی اولیه با مفهوم ارزش زمانی پول و فرمول های مربوط
- آشنایی اولیه با نمودار گردش پولی (Cash Flow) و تشکیل جدول ساده DCF
- آشنایی مختصر با تکنیک های ارزیابی اقتصادی پروژه به ویژه روش NPV
- ۶- انجام یک پروژه در باره یکی از مباحث مطرح شده



#### منابع

1. Salvatore, D and Diulio, E A, Principles of Economics, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, 2<sup>nd</sup> Edition, 1996
2. Hartman, W. H. and Mutmanský, J.M.; "Introductory Mining Engineering"; John Wiley & Sons; 2<sup>nd</sup> Edition; 2002
- ۳- محسن دولت شاهی، طهماسب؛ "مبانی علم اقتصاد" انتشارات خجسته؛ ۱۳۷۴
- ۴- منتظر ظهور منصور؛ "اقتصاد خرد و کلان" انتشارات دانشگاه تهران؛ ۱۳۷۵
- ۵- فضلوی، علی؛ "اقتصاد معدن" انتشارات سایه گستر؛ ۱۳۸۳
- ۶- اسکونزاد، محمد مهدی؛ "اقتصاد مهندسی یا ارزیابی طرح های اقتصادی" دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۷۹
- ۷- کسلر، استفن، "منابع معدنی از دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی"، ترجمه مر، فرید، هرمزی، احمد و یعقوب پور، عبدالمجید، انتشارات ویژه نشر، ۱۳۸۱
- ۸- اینکوترمز ۲۰۰۷، قواعد رسمی اتاق بازرگانی بین المللی برای تفسیر اصطلاحات تجاری، ترجمه طارم سری، مسعود، مؤسسه مطالعات و پژوهش های بازرگانی، ۲۰۰۷



## ایمنی، بهداشت و محیط زیست Safety, Health and Environment

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همینار) پیش نیاز:	مبانی کانه‌آرایی و آزمایشگاه، مبانی استخراج مواد معدنی
هدف:	آشنایی با اصول ایمنی و بهداشت در معادن و آشنایی با تأثیرات زیست محیطی معدنکاری و کانه‌آرایی و روش‌های کنترل آلودگی و مدیریت زیست محیطی

### سرفصل‌ها

#### الف - ایمنی و بهداشت

- اصول ایمنی در مراحل یک پروژه معدنی: ایمنی در مراحل بی‌حیوی و اکتشاف، ایمنی در معادن روباز، ایمنی در معادن زیر زمینی، ایمنی در کارخانه‌های کانه‌آرایی
- آشنایی با انواع بیماری‌های موجود در محیط‌های معدنی و نحوه پیشگیری و درمان، اصول کمک‌های اولیه در حوادث صنعتی و معدنی

#### ب - محیط زیست

- کلیات: محیط زیست و سیستم‌های زیست محیطی، تأثیرات فعالیت‌های صنعتی بر محیط زیست، ضرورت حفاظت از محیط زیست
- تأثیر معدنکاری (سطحی و زیرزمینی) و کانه‌آرایی بر محیط زیست
- بررسی و ارزیابی تأثیرات زیست محیطی: روش‌های ارزیابی و بررسی، کنترل آلودگی آب و هوا و باطله‌های جامد، بازسازی 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 زمین: کلیات (مراحل بازسازی، قوانین و نظام حقوقی، عملیات بازسازی)، طراحی و برنامه‌ریزی بازسازی (اهداف طراحی و برنامه ریزی، محتوای طرح بازسازی، نیازهای اطلاعاتی و استانداردهای بازسازی، تجزیه و تحلیل کاربری زمین)، عملیات بازسازی معادن سطحی (پرکردن و شیب‌بندی خاک‌های سطحی، بازسازی و بهسازی خاک، احیا و سبز کردن زمین)، بازسازی محل انباشته‌های باطله‌ی معدن (مشکلات دفع و انتقال باطله، کارهای عمومی بازسازی)، مشکلات خاص بازسازی
- باطله‌های جامد، مدیریت و کنترل آلودگی: ترکیب باطله‌ها، ساختار انباشته‌ها و روش‌های دفع (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 (رقنارنگاری و آزمایش‌ها، پیشگیری و بهسازی)
- باطله‌های فراوری: تأثیر باطله‌های فراوری در محیط زیست، آلودگی بون‌های فلزی، تأثیر واسطه فلوتاسیون و مواد شیمیایی روغنی، تأثیر پسماندها بر زندگی بیولوژیکی، سدهای باطله

- آب‌های سطحی و زیرزمینی، مدیریت و کنترل آلودگی: (تجزیه‌ی شیمیایی آب، استانداردهای آب سالم، آلاینده‌ها و منابع آلودگی، رفتارنگاری و آزمایش‌ها، تمهیدات کنترل آلودگی و تصفیه، زهکشی آب‌های اسیدی)
- سیستم‌های فروشویی سیانیدی، جداسازی مواد شیمیایی سمی
- آلودگی هوا و کنترل گرد و غبار: منابع آلودگی و تولید گرد و غبار (چالزنی، آتشباری، کندن مواد، بارگیری و باربری)، روش‌های کنترل
- لرزش زمین: تحلیل، پیش‌بینی، رفتارنگاری و اندازه‌گیری، کنترل
- لرزش هوا: تحلیل، پیش‌بینی
- آلودگی صوتی و کنترل سر و صدا: منابع آلودگی، استانداردها، رفتارنگاری و تجهیزات رفتارنگاری، کنترل
- کنترل تشعشعات و پرتوهای رادیواکتیو
- طراحی زیست محیطی: ارزیابی‌های اولیه، طرح راهبردی، تیم‌های طراحی
- هزینه‌ها و برآورد هزینه‌های زیست محیطی



#### منابع

- ۱- هوبسترولید، ویلیام و کوچتا، مارک: "طراحی و برنامه‌ریزی معادن روباز"، ترجمه‌ی خدایاری، علی اصغر؛ باوری شهرضا، مهدی؛ ناشر دانشگاه صنایع و معادن، ۱۳۸۳
- 2-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook", Vol I&II, 2<sup>nd</sup> Edition, SME Littleton Co. ; 1992; Ch. 3-4, 7-3, 12-2, 12-3
- 3-BLM (Bureau of Land Management); "Solid Minerals Reclamation Hand book"; U.S. Department Interior; 1992



# زبان تخصصی معدن The Language of Mining in English



تعداد واحد: ۲ واحد  
نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)  
(همین‌باز) پیش‌نیاز: زبان خارجی - اقتصاد معدنی  
هدف: آشنایی عملی با نحوه مطالعه و درک مطلب از متون تخصصی مهندسی معدن

## سرفصل‌ها

- کار بر روی متون مختلف در زمینه های پی جویی و اکتشاف، روش های استخراج معادن، مکانیک سنگ و ژئوتکنیک، فراوری مواد معدنی، اکتشاف نفت، حفاری نفت 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.



## مبانی اکتشاف مواد معدنی Principles of Mineral Exploration



تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	زمین‌شناسی اقتصادی، آمار و احتمال مهندسی
هدف:	آشنایی کلی با روش‌های پیجویی و اکتشاف و تأمین اطلاعات لازم برای پروژه‌های معدنی از زمین.

### سرفصل‌ها

- کلیات، مفاهیم، اهداف (معدنی، عمرانی و غیر معدنی)، تجزیه و تحلیل کشف‌های مواد معدنی، مراحل و زیر مراحل پیجویی و اکتشاف، هزینه‌ها
- معیارهای پی جویی، نشانه‌های پی جویی، مراحل مقدماتی پی جویی
- پیجویی و اکتشاف زمین‌شناسی: اهداف مطالعات زمین‌شناسی (تأثیر زمین‌شناسی بر عملیات معدنی و سایر پروژه‌های وابسته به زمین، برآورد موجودی کانی، تأمین داده‌ها و اطلاعات زمین‌شناسی مورد نیاز طرح‌ها و پروژه‌های معدنی و غیر معدنی)، پیجویی زمین‌شناسی (مقیاس عملیات، روش‌ها و مراحل، تغییر و تفسیر زمین‌شناسی و طراحی برنامه‌ی اکتشافی)، اکتشافات زمین‌شناسی (مقیاس عملیات، پیمایش‌های سطحی و زیرسطحی، نمونه‌برداری شامل حفاری و حفاریات اکتشافی و روش‌های نمونه‌برداری و برداشت گمانه‌ها و حفاریات اکتشافی)، آماده‌سازی نمونه و عیارسنجی
- پیجویی و اکتشافات ژئوفیزیکی: اصول کلی (مفاهیم، نقش ژئوفیزیک در مطالعات اکتشافی معدنی و ساختگاهی، طبقه‌بندی روش‌های ژئوفیزیکی بر مبنای محل عملیات و خصوصیات فیزیکی زمین)، روش‌های ژئوفیزیکی گران سنجی، مغناطیس سنجی، لرزه‌ای، الکتریکی، الکترومغناطیسی و پرتونگاری (اصول فیزیکی، اندازه‌گیری و برداشت‌ها، نمایش و تفسیر داده‌ها، کاربردها)، روش‌های هواپردی و سطحی و گمانه‌ای
- پیجویی ژئوشیمیایی و سایر روش‌های پیجویی: مفاهیم، اصول پراکندگی و مهاجرت ژئوشیمیایی عناصر، شاخص‌های ژئوشیمیایی، روش‌های پیجویی ژئوشیمیایی، محیط سطح زمین، محیط‌های عمیق، تکنیک‌های تحلیل، اصول و مبانی نمایش و تفسیر داده‌ها، سایر روش‌های پیجویی (ژئو بوتانی و بیوشیمیایی، بررسی هاله‌های گازی، مطالعه سیالات نفوذی، مطالعاتی ایزوتوپ‌ها، ...)
- برآورد منابع یا موجودی کانی: اصول و مفاهیم کلی مدل‌سازی زمین‌شناسی، آشنایی مختصر با برآورد منابع (متدولوژی برآورد منابع، جمع‌آوری داده‌ها و تفسیر زمین‌شناسی، روش‌های برآورد شامل روش‌های کلاسیک، آماری و زمین آماری)، طبقه‌بندی منابع و ذخایر

### منابع

- ۱- هارتمن، هوارد ال.؛ "اصول مهندسی معدن"، ترجمه‌ی باوری شهرضا، مهدی؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران؛ ۱۳۸۱؛ فصول ۱ تا ۵
- ۲- اصول پی جویی، اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی، تالیف حسن مدنی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۳- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. 1 & II; 2<sup>nd</sup> Edition ; SME Littleton, Co. ; 1992; Sec. 1,4,5

## مبانی استخراج مواد معدنی Principles Of Mineral Exploitation



تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	(مبانی مکانیک سنگ)
هدف:	آشنایی با مبانی و اصول معدن‌کاری و روش‌های مختلف باز کردن معادن و استخراج کانسارها

### سرفصل‌ها

- آشنایی با صنعت معدن‌کاری، سوابق تاریخی معدن‌کاری، ویژگی‌های صنعت معدنی، اهمیت صنایع معدنی
- اصطلاحات و مفاهیم اساسی معدن‌کاری
- طراحی معدن: تاسیسات بیرونی معدن، روش‌های دسترسی به ماده معدنی، طراحی شبکه معدن
- عملیات واحد معدن‌کاری: جالزنی، انفجار، تهویه، بارگیری، باربری، نگهداری
- عملیات جالزنی: انواع ماشین‌های حفر چال، حفاری ضربه ای، دورانی، ضربه ای- دورانی
- عملیات انفجار: آشنایی با مواد منفجره، مراحل آماده سازی چال، انواع الگوهای انفجار در معادن
- تهویه و ایمنی در معادن، خدمات فنی در معادن
- ترابری در معادن
- حفاریات زیرزمینی
- نگهداری در معادن: انواع سیستم‌های نگهداری، نشست و کنترل زمین
- روش‌های استخراج مواد معدنی
- تاسیسات بیرونی معدن: چراغ خانه، تعمیرگاه ها، نیروگاه برق، مرکز تولید هوای فشرده، مراکز اداری و خدماتی
- طراحی و انتخاب تجهیزات مختلف معدن‌کاری
- بازدید: انجام حداقل یک بازدید از یک معدن روباز و حداقل یک بازدید از یک معدن زیرزمینی الزامی است.

### منابع

- ۱- هارتمن هوارد، اصول مهندسی معدن، ترجمه مهدی یآوری، انتشارات دانشگاه صنایع و معادن ایران ۱۳۸۱
- ۲- مدنی حسن، اصول استخراج معدن، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، جلد ۱ و ۲
- 3- Lowrie, R, (2002), "SME Mining Reference" society for mining metallurgy & exploration
- 4- Haryman, H, "SME Mining engineering hand book, Second edition".

## کارآموزی ۱ Training(1)



تعداد واحد:	۵ واحد
نوع درس:	عملی
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	بعد از نیمسال ۶ (گذراندن حداقل ۸۰ واحد درسی)
هدف:	آشنایی با محیط کارهای عملی مهندسی معدن

### سرفصل‌ها

- هر یک از دانشجویان ملزم به گذراندن ۲۳۴ ساعت کارآموزی در معادن روباز یا زیرزمینی هستند.
- نوع کار و محتوای گزارش کارآموزی طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان تعیین خواهد شد.
- دانشجویان ملزم به ارائه گزارش کارآموزی طبق فرمت تعیین شده بوده و باید گزارش کار را به صورت دست‌نویس ارائه دهند.

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

## دروس تخصصی

### گرایش استخراج معدن

۲۹/۵ واحد

علاوه بر این ۲۹/۵ واحد دانشجویان موظفند حداقل ۳ واحد درسی مرتبط با گرایش استخراج از جدول دروس اختیاری اخذ نمایند





## چالزنی و انفجار Drilling and Blasting



تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	مبانی استخراج مواد معدنی
هدف:	آشنایی با مبانی نظری و کاربردی حفاری، آشنایی با مواد منفجره و مروری بر مبانی نظری و اصول پایه ای دینامیک انفجار، آشنایی با اجزای اصلی مدارهای انفجار و روشهای مختلف انفجار، مبانی طراحی روشهای انفجار در حفاری سازه های سطحی و زیرزمینی، ایمنی استفاده از مواد منفجره

### سرفصل‌ها

#### چالزنی

- مروری بر عملیات واحد با تاکید بر گندن سنگ (Rock Breakage)، نفوذ در سنگ (حفاری، حفر، برش)، روش های نفوذ (مکانیکی، حرارتی، هیدرولیکی)، روش های نفوذ مکانیکی (ضربه، دوران و ترکیبی)، مکانیزم نفوذ، حفاری و حفر و برش و کاربرد آن‌ها در معدنگاری و ...
- سرمته‌ها و ابزار برشی در نفوذ مکانیکی، اندرکنش سرمته و ابزار برشی و سنگ
- روش های مختلف چالزنی و کاربرد آن‌ها، عوامل مؤثر بر عملکرد سیستم چالزنی، خصوصیات سنگ، مشخصه های چال، آشنایی با سرمته های چالزنی، انتخاب نوع چالزن

#### انفجار

- آشنایی با مواد منفجره و ترموشیمی آن‌ها و فرآیندهای انفجار: احتراق و انفجار، فرآیند انفجار در مواد منفجره، گرما و فشار و ترموشیمی مواد منفجره و انفجار، موازنه ای اکسیرنی، انرژی قابل دسترس
- خصوصیات مواد منفجره، مواد منفجره ی صنعتی، معیارهای انتخاب مواد منفجره
- مبانی نظری و اصول پایه ای دینامیک انفجار
- ابزار و روش های انفجار: سیستم های غیر برقی (جاشنی های قابل انفجار با فنیله ی انفجاری کم انرژی و معمولی و هرکودت، تأخیر دهنده ها، جاشنی معمولی و فنیله ی اطمینان، فنیله ی انفجاری، نائل)، سیستم های برقی (جاشنی های برقی، جاشنی های تأخیری برقی)، منابع انرژی، سایر ابزار (اتصال دهنده ها، فشنگ های امگا، ابزار بستن چال)
- سیستم های آغازگر و تحریک: پرایمر، بوستر، پرایمر و بوسترگذاری (آنفوی قله ای، مواد دوغابی و امولسیون، مواد منفجره ی فشنگی)، محل پرایمرها
- سیستم های خرج گذاری و آبکشی چال‌ها: سیستم های خرج گذاری مکانیزه (مواد فشنگی، قله ای، دوغابی)، سیستم های آبکشی
- اجرای عملیات انفجار: سیستم های غیر برقی (فنیله ی اطمینان و جاشنی معمولی، فنیله ی انفجاری، نائل...) و ملاحظات اجرایی و عملیات، سیستم های برقی (مدارها و بستن مدار، کنترل مدار، ...)، اشاره ای به الگوی چالزنی، آرایش مدارها و ترتیب زمانی انفجار چال‌ها، انفجار تأخیری یا توتیبی (برقی، غیر برقی) و توالی آتش یا تحریک

- مکانیزم خرد شدن سنگ بر اثر انفجار، خصوصیات سنگ و توده سنگ مؤثر بر انفجار، تعیین خصوصیات توده سنگ برای طراحی انفجار
- پارامترهای قابل کنترل انفجار: قطر جال، ارتفاع پله، انحراف یا امتداد جال، طول گل‌گذاری، اضافه جال، فاصله‌ی ردیفی و جناحی، الگوی جال‌ها، سطح آزاد، اندازه و شکل انفجار، موقعیت خرج‌ها، جفت شدگی خرج‌ها، نوع مواد منفجره، توزیع مواد در جال‌ها، خرج ویژه، تحریک و پرایمر گذاری، زمان بندی تأخیر و ترتیب زمانی تحریک، تأثیر تجهیزات بزرگ‌دن، حفاری ویژه
- انفجار پله‌ای (قطر کوچک، قطر بزرگ، یا جال‌های افقی، تولید قطعات بررگ، روابط و فرمول‌ها و مدل‌های محاسباتی پارامترهای انفجار)
- انفجار در عملیات سطحی غیرمعدنی (راه‌سازی، ترانشه‌ها، رمپ‌ها، تسطیح سطح زمین، گودبرداری برای پی‌سازی)
- انفجار محیطی یا کنترل شده در عملیات سطحی
- خرد کردن ثانویه و انفجارهای ویژه
- تمهیدات ایمنی برای عملیات جالزنی و انفجار
- طراحی و برنامه‌ریزی عملیات جالزنی و انفجار (عوامل مؤثر بر طراحی جالزنی و انفجار، برنامه‌ریزی مراحل)، بهینه‌سازی هزینه‌های خرد کردن از طریق جالزنی و انفجار (جنبه‌های اقتصادی، تعیین هزینه‌ی بهینه، خرد شدگی)
- نمایش فیلم در مورد سیستم‌های انفجار و عملیات اجرایی
- بازدید: انجام حداقل یک بازدید از عملیات جالزنی و انفجار ضروری است.

#### منابع

- ۱- استوار، رحمت الله؛ "انفجار در معادن"، جلد اول، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ چاپ چهارم؛ ۱۳۷۹
- ۲- استوار، رحمت الله؛ "انفجار در معادن"، جلد دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۷۳
- ۳- هارتمن، هورادال؛ "اصول مهندسی معدن"، ترجمه‌ی باوری شهرضا، مهدی؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران؛ ۱۳۸۱
- ۴- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II ; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton, Co. ; 1992; Ch. 9-1, 22-1, 22-3, 22-9
- ۵- Lopez Jimeno, Carlos and Emilio; "Drilling and Blasting of Rocks"; Geomining Technological Institute of Spain; 1995; ch. 1 to 7
- ۶- Hustrulid, W. ; "Blasting Principles For Openpit Mining"; P.A. Balkema; Vol. I&II; 1999



## بارگیری و انتقال مواد Material Handling



تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۳ ساعت)
(همینار) پیش نیاز:	(جالبی و انفجار)
هدف:	معرفی سیستم‌ها و ماشین آلات انتقال و بارگیری مواد در معادن سطحی و زیرزمینی و شناخت پارامترهای فنی و اقتصادی لازم برای طراحی و انتخاب آنها در معادن یا تأکید ویژه بر تجهیزات رایج بارگیری و باربری در معادن

### سرفصل‌ها

- 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
- معرفی 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...
- بارگیری و کند و برداشت: سطحی (شاول‌ها، لودرها، اسکاواتورهای هیدرولیکی و بیل جرچشی، نهرکن‌ها یا کج بیل‌ها، دراگلاین‌ها، دوزرها، اسکریپر، ماشین‌های مخصوص درج‌ها یا شناورها، ...)، زیرزمینی (لودر تخلیه از بالاسر، لودر یا یازوی جمع‌کننده و دیسک و سناره گردان و ... بارکننده‌های چاه، LHD، اسلاشر...)
- باربری و بالابری: قطارها، کامیون‌ها، ترنرها، نقاله‌ها (لاستیکی، هوایی، پرشیب، ناوهای زنجیری)، خطوط لوله‌ی هیدرولیکی و هوای فشرده، جرثقیل‌های موزد استفاده در معادن سنگ تزئینی و نما، اسکپرها و قفس، بالابرها...
- سیستم‌های انتقال مواد: سیستم‌های بارگیری و باربری، مقایسه‌ی تجهیزات و ماشین آلات، عملکردها (Performance)

### - فرایند انتخاب تجهیزات

- اندازه‌ی تجهیزات بارگیری و باربری و عملکرد آنها در معادن روباز: محدودیت‌های اندازه‌ی تجهیزات، عوامل مؤثر در انتخاب تجهیزات، متغیرهای حساس به اندازه‌ی تجهیزات (هزینه‌ی مالکیت، اختلاط باطله و ماده‌ی معدنی، نسبت باطله برداری، هزینه‌ی فراوری، هزینه‌های عملیاتی، ظرفیت تحمل بار زمین، حداقل ابعاد کف کاواک...) و توضیح آنها
- شاول‌های بارگیری و کند و برداشت و لودرها: عوامل مؤثر بر ظرفیت تولید و تعیین یا محاسبه‌ی عوامل (ضرب برشوندگی، صندوقه، ضریب بار، ضریب جرچش، سیکل عملیاتی، ضرایب دسترسی و بهره‌وری...) محاسبه‌ی ظرفیت تولید، انتخاب اندازه، محاسبه‌ی تعداد، برآورد هزینه‌ها
- ظرفیت تولید، انتخاب اندازه و برآورد هزینه‌های اسکاواتورهای پیوسته (بیل جرچشی و بیل زنجیری)
- کامیون: عوامل مؤثر در حرکت و عملکرد کامیون و تعیین یا محاسبه‌ی عوامل (نیروی کشش، مقاومت‌های شیبی و غلشی و گل، شیب مؤثر...)، زمان سیکل عملیاتی کامیون، محاسبه‌ی ظرفیت جابجایی، انتخاب اندازه، محاسبه‌ی تعداد، برآورد هزینه، استفاده از منحنی‌های عملکردی برای تخمین زمان سیکل و سایر عوامل، برآورد هزینه‌ها
- قطار: عوامل مؤثر در عملکرد و تعیین یا محاسبه‌ی عوامل، زمان سیکل عملیاتی قطار، محاسبه‌ی ظرفیت جابجایی،



انتخاب اندازه‌ی لکوموتیو و واگن‌ها و محاسبه‌ی تعداد، برآورد هزینه، استفاده از منحنی‌های عملکردی برای تخمین زمان سیکل و سایر پارامترهای مؤثر در عملکرد، برآورد هزینه‌ها

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

- سیستم‌های بالابری: اجزاء و بخش‌ها (بالابرها، انتقال دهنده‌ها، کابل، چاه، دکل...)، بالابرها (انواع، مقایسه‌ی 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 (مصالح و ملاحظات طراحی دکل)، چاه‌ها و جانمایی آن‌ها

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

- انتقال هیدرولیکی: تعیین ظرفیت انتقال و توان یمپ در شرایط مختلف انتقال، ابعاد خطوط لوله و دانه‌بندی

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

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

#### منابع

- 1- Hartman, W. H. and Mutmansky, J.M.; "Introductory Mining Engineering"; John Willey & Sons; 2<sup>nd</sup> Edition; 2002
- 2- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; ch. 9-3&4, 12-7, 13-3, 17-5
- 3- Kennedy, B.A. (Editor); "Surface Mining"; SME Littleton Colorado, 2<sup>nd</sup> Edition; 1990
- 4- Hustrulid, W. and Kuchta, M.; "Open Pit Mine Planning and Design"; AIME; 1995
- 5- Conveyor Equipment Manufacturers Association; "Belt Conveyor for Bulk Materials Handling"; 4<sup>th</sup> Edition; USA; 1994
- 6- Walker, S.C.; "Mine Winding and Transport"; Elsevier; 1988
- 7- Hustrulid, W.A. (Editor); "Underground Mining Methods Handbook"; SME- AIME; New York; ch. 5







## تهویه در معادن Mine Ventilation

تعداد واحد: ۲ واحد (۳۲ ساعت)

نوع درس: نظری و عملی

(همینار) پیش نیاز: مکانیک سیالات، (جالزنی و انفجار)

هدف: شناخت مشخصات هوای معدن و اندازه گیری 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

### سرفصل ها

#### ۱- نظری

- خصوصیات هوای معدن: مفاهیم، اصول و اهداف، روش های کلی تهویه، مروری بر قوانین اصلی گازها، خصوصیات هوای معدن (جگالی، جرم، وزن مخصوص، دما و اندازه گیری آن، گرمای ویژه، گراتروی، رطوبت هوا و تعیین آن)
- گازها و گرد و غبار هوای معدن: گازها (انواع و مشخصات، منابع تولید، تشخیص، اندازه گیری)، گاز زغال (مشخصات، طرز تشکیل، دسته بندی کانسارها و گازخیزی، تشخیص و اندازه گیری، خطرات و روش های مقابله)، گرد و غبار (مشخصات، اندازه گیری، خطرات و روش های کنترل)
- مشخصه های جریان هوا در معدن: فشار (تعاریف، اندازه گیری)، سرعت (مفاهیم، اندازه گیری و تعیین سرعت)، شدت جریان (مفهوم، تعیین سطح و شدت جریان)، مروری بر مکانیک سیالات و قوانین جریان (معادله ی پیوستگی، معادلات برنولی، جریان های آرام و مغشوش، جریان هوای خشک و تراکم ناپذیر بدون انتقال گرما، مقاومت ها در برابر جریان هوا در معدن، افت انرژی هوا در معدن)
- شبکه های تهویه: کلیات و مفاهیم، شبکه ها و محاسبات آنها (سری، موازی، قطری، مرکب)، تحلیل شبکه های ساده، افت فشار، منحنی مشخصه ی معدن
- کنترل و تنظیم هوا در معدن و وسایل و تأسیسات آن: تأسیسات و وسایل (تأسیسات دهانه ی جاه، راهروی مخصوص هوا، سدها و یا دیواره های هوا بند، هواران ها یا پل های هوایی، تنظیم کننده ها)، تنظیم هوا (تغییر شدت جریان کلی، تغییر شدت جریان هوا در شاخه ها، تنظیم هوا با دریچه ها، 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، غریب نفوذ پذیری هوا، نفوذ پذیری تأسیسات تهویه، دسته بندی نشست، نشست های موضعی و مداوم، نشست هوا در بادبزن های تقویتی، تأثیر نشست در کار بادبزن
- بادبزن های معدنی (تهویه ی مکانیکی): انواع و اجزای بادبزن ها، قوانین و تئوری بادبزن ها، نمودارهای انتخاب بادبزن، رده بندی بادبزن ها، منحنی مشخصه های بادبزن ها (منحنی مشخصه، عوامل مؤثر در مشخصه های بادبزن، تأثیر قطر چرخ، تأثیر سرعت دوران، زاویه ی تمایل پره ها)، تأسیسات و کاربردهای بادبزن، نحوه ی کار و تنظیم بادبزن ها و شبکه های یا چند بادبزن، منحنی مشخصه های بادبزن و معدن
- گرادبان فشار برای سیستم های بادبزن
- تهویه ی طبیعی: کلیات، محاسبات تهویه ی طبیعی، تهویه ی طبیعی و بادبزن ها، کاربرد عملی قوانین بادبزن ها و جگالی هوا
- تهویه ی فرعی: کلیات و ملاحظات کلی، محاسبه ی میزان هوای لازم، لوله های هوا و نشست هوا، محاسبه ی افت در لوله ها، بادبزن های فرعی، استفاده از بادبزن های کمکی یا تقویتی، روش های تهویه ی فرعی، تهویه ی فرعی در تونل ها و

- 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 (تأسیس، کنترل رطوبت، سرمایش)



۲- عملی (۱۶ ساعت)

- اندازه‌گیری گازهای مختلف
- اندازه‌گیری گرد و غبار
- اندازه‌گیری دما، فشار و سرعت جریان هوا
- رسم نمودار تغییرات فشار و انرژی در طول خط لوله‌ها با شرایط مختلف
- رسم منحنی مشخصه بادبزن
- اتصال بادبزن‌ها به حالت سری و رسم منحنی مشخصه مشترک آنها
- اتصال بادبزن‌ها به حالت موازی و رسم منحنی مشخصه مشترک آنها

#### منابع

- ۱- مدنی، حسن؛ "تهویه در معادن"، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۶۶
- 2- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. 1&11; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; sec. 11
- 3- Hartman, H.L. & Mutmanský & Wang; "Mine Ventilation and Air Conditioning "; John Wiley & Sons; 3<sup>rd</sup> Edition; 1997
- 4- McPherson J. ; "Substructure Ventilation and Environmental Engineering"; Chapman & Hall; 1993



## خدمات فنی در معادن ۱ Technical services in mines(1)

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همین‌باز) پیش‌نیاز:	مکانیک سیالات، مبانی استخراج مواد معدنی
هدف:	آشنایی با مبانی آب‌های زیرزمینی و مکانیک سیالات کاربردی در حوزه‌ی انتقال هیدرولیکی و توزیع هوای فشرده، پمپ‌ها و کمپرسورها و طراحی خطوط لوله‌کشی، مجاری باز و شبکه‌های توزیع هوای فشرده در معادن

### سرفصل‌ها

- ۱- آب‌های زیرزمینی
  - کلیات: چرخه‌ی طبیعی آب، حوضه‌های آبریز، بارش، تبخیر، آب‌های جاری، هیدروگراف‌ها، آب‌های زیرزمینی و منشأ آن‌ها
  - جریان آب‌های زیرزمینی: آب در محیط‌های اشباع و غیراشباع، آب‌خوان‌ها، قانون دارسی، ضریب نفوذ پذیری، خصوصیات هیدرولیکی آب‌خوان‌ها، معادلات عمومی جریان آب‌ها، شبکه و توابع پتانسیل جریان، منحنی‌ها و خطوط جریان، نوسانات
  - هیدرولیک جریان‌های شعاعی: معادلات جریان‌های شعاعی در آب‌خوان‌ها و رژیم‌های جریان، تعیین ضرایب آب‌شناسی و آزمایش‌های پمپ‌ها و تحلیل داده‌ها، تعیین خصوصیات هیدرولیکی آب‌خوان‌ها
- ۲- آب‌کشی
  - تأسیسات: آب انبار (کلیات، محل، ظرفیت، طراحی)، خطوط لوله (انواع، جنس، مشخصات)، سایر تأسیسات
  - پمپ‌ها: انواع، عملکرد، انتخاب، پمپ‌های گریز از مرکز (انواع، اجزاء، عملکرد، مشخصه‌ی تنوریک و واقعی، افت‌ها، راندمان، منحنی مشخصه، روابط تشابهی، سرعت مخصوص در پمپ‌ها، اتصال پمپ‌ها، گاویناسیون، محدودیت‌های ارتفاع مکش)، انواع دیگر پمپ‌ها و مشخصه‌های آن‌ها
  - محاسبات و تحلیل شبکه‌های لوله‌کشی: کلیات (شدت جریان، قطر لوله‌ها)، محاسبه‌ی افت‌ها (افت اصطکاکی و ضریب اصطکاک، افت موضعی)، مجاری بسته با مقطع غیر دایره‌ای، اتصال سری و موازی لوله‌ها، طراحی خطوط لوله (سری، موازی، افت ارتفاع در لوله با تخلیه‌ی جانبی، یکنواخت، تأثیر پوسر پمپ در لوله‌ها، مجاری غیر دایره‌ای)، کهنگی لوله‌ها، انتخاب تلمبه، سیستم‌های لوله‌کشی شامل پمپ
- ۳- مجاری باز و زهکشی
  - کلیات: مفاهیم، جریان در مجاری باز، نیروهای مؤثر
  - جریان یکنواخت: روابط دارسی، ویسباخ، کلبروک - وایت، چزی، مانینگ
  - مجاری: با زبری مرکب با مقاطع مرکب
  - طراحی مجاری: مجاری با مرز صلب، تغییرات شعاع هیدرولیکی و مقطع اقتصادی، مجاری با بستر فرسایشی
  - جریان یکنواخت در لوله‌های دایره‌ای نیمه پر، جریان متغیر سریع در مجاری باز - معادله‌ی انرژی، جریان متغیر تدریجی، روش حل مسائل مجاری باز



د- هزینه‌های انتقال آب و دوغاب و برآورد آن‌ها

۴- توزیع هوای فشرده

- مشخصه‌های هوای فشرده: فشار، دما، حجم، رطوبت

- تجهیزات توزیع: کمپرسورها (انواع، مکانیزم)، کمپرسورهای گریز از مرکز (کار، رانندمان، ...)، مخزن هوا، لوله، شیلنگ...

- طراحی شبکه: شرایط طراحی، ملزومات کمپرسور، پیش‌بینی شدت جریان، طول‌های معادل، تعیین محل کمپرسور و نقش ارتفاع، موازن سازی شدت جریان هوا در گره‌ها، افت فشار خط لوله (فرمول‌ها و جداول، بررسی اعتبار فرمول‌ها، جریان توده‌ای، دیفرانسیل ارتفاع فشار، افت موضعی در خط لوله، افت در شیلنگ‌ها)، نشست هوا، شبکه‌های جریان و افت شبکه‌ها و تحلیل آنها، توان کمپرسور، قطر بهینه‌ی لوله، هزینه‌ها و برآورد آن‌ها

\* ارائه‌ی مسائل جامع و پروژه‌هایی در مورد لوله کشی، مجاری باز و شبکه‌های هوای فشرده به عنوان تکلیف خارج از کلاس و حل با استفاده از نرم افزارها و برنامه‌های کامپیوتری مرتبط الزامی است.



#### منابع

- ۱- مدنی، حسن، آبکشی و آبرسانی در معادن؛ انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ چاپ ۱۳۶۷
- ۲- مدنی، حسن، خدمات فنی در معادن، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۷۴
- ۳- قدرسون، آر. ای. و نالودی، سی.، "هیدرولیک مهندسی عمران"، ترجمه‌ی انتظاری، علیرضا؛ ناشر نورپردازان، تهران، ۱۳۸۰
- ۴- شیمز، اچ.، "مکانیک سیالات"، ترجمه‌ی انتظاری، علیرضا؛ نورپردازان؛ تهران؛ چاپ نهم؛ ۱۳۸۴
- ۵- استریتز و وایلی؛ "مکانیک سیالات"، ترجمه‌ی انتظاری، علیرضا؛ نورپردازان؛ تهران؛ چاپ ششم، ۱۳۸۲
- 6-Todd, D.K. and Mays, L. w. ; "Groundwater Hydrology"; John Wiley & Sons Inc. ; 2005
- 7- Kashef, A.A; "Ground water Engineering"; McGraw Hill; 1985
- 8- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; ch. 12-1 & 5, 9-3-4-5, 17-4-2-2
- 9- Weizz, N.L. (Editor); "SME Mineral Processing Handbook"; Vol. I & II; SME; 1989; ch.10





## خدمات فنی در معادن ۲ Technical services in mines(1)

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همین‌بار) پیش‌نیاز:	خدمات فنی در معادن ۱
هدف:	آشنایی با مبانی مهندسی برق و مدارهای الکتریکی، آشنایی با تجهیزات توزیع برق در معادن و طراحی و محاسبات آن، مبانی روشنایی و وسایل و طراحی سیستم روشنایی در معادن

### سرفصل‌ها

- ۱- مبانی مهندسی برق
  - جنبه‌های اصلی الکتریسیته: شدت جریان، ولتاژ، توان، انرژی، قوانین کیرشوف، قانون اهم
  - مدارها، جریان مستقیم و تحلیل آن‌ها: مقاومت، خازن، سلف‌ها، القاء کننده‌ها و مدارهای سری و موازی آن‌ها.
  - تقسیم جریان و ولتاژ، تحلیل شبکه و گره
  - تحلیل مدارهای جریان متناوب: جریان یک و سه فاز، توان، اتصال‌های ستاره و مثلث، رزونانس، فیلترها، اعداد مختلط و نمودار جریان ولتاژ و امپدانس
  - دستگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری: توان، جریان-ولتاژ در مدارهای AC و DC یک و سه فاز، حرارت
  - دیودها، دیودزتر، OPAMPS، ترانزیستورها، ترانسفورمرها
- ۲- توزیع برق در معادن
  - کلیات: تاریخچه‌ی استفاده از برق در معادن، واژه‌شناسی، شبکه‌ی توزیع، معیارهای طراحی
  - طراحی و محاسبه: محاسبه بار شبکه، بررسی شبکه از جنبه‌ی استحکام و دما، محاسبه‌ی شبکه بر اساس افت ولتاژ و توان در جریان دائم و متناوب یک و سه فاز
  - تجهیزات توزیع برق: سیم‌ها و کابل‌ها، شبکه‌های هوایی، تجهیزات انتقال شامل ترانسفورمرها، رله‌ها، کلیدها...
  - ترتیبات توزیع برق: ترتیبات پایه، توزیع در معادن سطحی، توزیع در معادن زیرزمینی، سیستم‌های اتصال زمین، تقویت کننده‌های محافظتی، کارخانه‌های فراوری
  - ملاحظات ویژه: موتورهای معدنی، خطرات (گازها، خطرات و حدود مجاز، روش‌های کاهش خطرات)، باتری‌ها
  - هزینه‌ها و برآورد آنها
- ۳- روشنایی
  - فیزیک نور: ماهیت نور و روشنایی، مشخصه‌های اصلی (زاویه‌ی فضایی، جریان و مقدار و شدت نور، روشنایی)، منحنی‌های هم‌ارز و کاربردهای آن‌ها، روابط بین مشخصه‌های اصلی نور و ضرایب و بازتاب و بهره‌ی منبع نور
  - ابزار و فنون اندازه‌گیری مشخصه‌های اصلی و روشنایی
  - روشنایی و طراحی آن در معادن: الزامات روانشناسانه برای دید انسان، استانداردهای اولیه‌ی روشنایی، به‌کارگیری استانداردهای روشنایی در معادن، روشنایی (در معادن سطحی، در مناطق سطحی معادن زیرزمینی، در معادن زیرزمینی زغال سنگ، در معادن زیرزمینی فلزی و غیرفلزی)، طراحی روشنایی
  - وسایل روشنایی در معدن: وسایل عمومی و لامپ‌ها، وسایل انفرادی (چراغ کاربیدی، چراغ اطمینان، چراغ‌های

الکتریکی، باتری‌ها، شارژ و چراغ‌خانه

• طرح مسائل و انجام پروژه‌های درسی به‌صورت تکلیف الزامی است.

منابع

۱- مدنی، حسن؛ "خدمات فنی در معادن"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۷۴

۲- کلهر، حسن؛ "مهندسی روشنایی"، شرکت سهامی انتشار؛ چاپ دهم؛ ۱۳۷۶

3-Rizzoni, Giorgio; "Principles and Applications of Electrical Engineering"; McGraw Hill; 2000

4- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; ch. 11-9, 12-4





## معدنکاری سطحی

## Surface Mining

۳ واحد

تعداد واحد:

نظری (۴۸ ساعت)

نوع درس:

مبانی مکانیک سنگ، (جالزنی و انفجار)

(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:

هدف:

آشنایی با روش‌ها و تکنولوژی‌های معدنکاری سطحی شامل مراحل آماده‌سازی، شرایط کاربرد، چرخه‌ی عملیات و تجهیزات و ویژگی‌ها شامل مزایا و معایب هر روش، فراگیری تقضیلی روش و طراحی محدوده‌ی نهایی معادن روباز و آشنایی مقدماتی با مبانی برنامه‌ریزی تولید معادن روباز

### سرفصل‌ها

- ۱- ملاحظات عمومی: مروری کلی بر روش‌های معدنکاری، معدنکاری سطحی، مقایسه‌ی معدنکاری سطحی و زیرزمینی، انتخاب مقدماتی روش معدنکاری (سطحی یا زیرزمینی)، کلیات و مراحل تجهیز و آماده‌سازی در معدنکاری سطحی (با تأکید ویژه بر پیش‌باطله برداری و ایستگاه‌های باطله)، مبانی دسته‌بندی و دسته‌بندی روش‌های بهره برداری سطحی، بازسازی سطح زمین
- ۲- توضیح در مورد عناوین و مباحث مربوط به هر روش شامل شرح کلی روش، شرایط کاربرد و مؤلفه‌های آن، مراحل آماده‌سازی، عملیات واحد و چرخه‌ی عملیات، تجهیزات و ماشین آلات مورد استفاده، گوناگونی‌ها و گزینه‌های مشابه در هر روش، ویژگی‌ها و مؤلفه‌های مطرح در هر روش در قالب مزایا و معایب، مسائل خاص هر روش
- ۳- توضیح عناوین و مباحث مطرح در بالا برای دسته روش‌ها و روش‌های زیر:
  - روش‌های مکانیکی: روش استخراج نواری، روش استخراج روباز، روش استخراج کواری و سنگ‌های تزئینی و نما، روش استخراج با اوگر
  - روش‌های ترکیبی:
  - روش‌های استخراج پلاستی (روش استخراج هیدرولیکی، روش استخراج با شناور)
  - روش‌های استخراج محلول (روش استخراج گمانه‌ای، فروشویی)
- ۴- روش استخراج روباز و طراحی و برنامه‌ریزی معادن روباز
  - کلیات: مفاهیم پایه، اهداف طراحی و برنامه‌ریزی، محدوده‌ی نهایی و مفاهیم اساسی، اطلاعات و ملزومات طراحی محدوده‌ی نهایی، فرایند طراحی محدوده‌ی نهایی
  - تهیه و نمایش طرح پایه: نقشه‌ها و اطلاعات اکتشافی مورد نیاز: ترکیب کردن، مدل‌سازی هندسی کانسار (روش مقاطع قائم و افقی، مدل‌های بلوکی)، تهیه‌ی طرح پایه (در مقاطع قائم و افقی، محاسبه‌ی تناژ و عیار کانسنگ، محاسبه‌ی تناژ باطله‌ی کاواک پایه، نسبت باطله برداری کاواک)
  - ملاحظات هندسی کاواک: هندسه‌ی پله (اجزاء و طراحی آن‌ها)، دسترسی به پله‌ها و گسترش پله‌ها و کاواک، هندسه و زوایای شیب دیواره‌ی کاواک (تحلیل و طراحی پایداری و زاویه‌ی شیب پایدار)، نمایش کاواک و پلان پله‌ها، راه‌های باربری، هندسه‌ی کف کاواک، نسبت‌های باطله برداری، ترتیب هندسی استخراج و برداشت کاواک
  - ملاحظات اقتصادی و مالی: برآورد ظرفیت و عمر، برآورد درآمد، برآورد هزینه‌ها، محاسبه‌ی ارزش خالص کانسنگ، نسبت‌های باطله برداری سربری و مجاز، عیار حد استخراجی، مدل‌های بلوکی اقتصادی

- طراحی محدوده‌ی نهایی کاواک، روش‌های طراحی، روش طراحی دستی، پناده کردن محدوده‌ی نهایی در مقاطع قائم، تهیه‌ی پلان مرکب یا رمپ، عیار حد فراوری و تعیین مقصد مواد، محاسبات سودآوری، مدل‌های بلوکی اقتصادی، روش‌های طراحی کامپیوتری دو بعدی و سه بعدی (الگوریتم‌ها و روبه‌های طراحی شامل مخروط شناور دو و سه بعدی و الگوریتم لرج-گروسمن)

- آشنایی با برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید: مفاهیم و واژه‌های اساسی، مراحل و اهداف برنامه‌ریزی تولید، مباحث اصلی (برنامه‌ریزی روباره برداری، کمیته سازی هزینه‌های تولید، اطمینان از فضای کاری مناسب، یکنواخت کردن نسبت‌های باطله برداری، آشکارسازی به موقع بلوک‌های مواد معدنی...)

۵- طراحی و برنامه‌ریزی معادن نواری

۶- مقایسه‌ی روش‌های بهره‌برداری سطحی: عوامل اجرایی، شرایط کاربرد، ویژگی‌ها و مزایا و معایب آشنایی با نرم افزارهای متداول معادن سطحی و انجام پروژه با یکی از آنها ضروری است

#### منابع

- 1- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; sec. 13, 14, 15, 16
- 2- Hartman, W. H. and Mutmanský, J.M.; "Introductory Mining Engineering"; John Wiley & Sons; 2<sup>nd</sup> Edition; 2002
- 3- Kennedy, B.A. (Editor); "Surface Mining", SME Littleton; Colorado; 2<sup>nd</sup> Edition; 1990
- 4- Hustrullid, W. and Kuchta, M ; "Open Pit Mine Planning and Design "; AIME; 1995





## معدنکاری زیرزمینی Underground Mining



تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(معدنکاری سطحی)، کنترل زمین و نگهداری

(هم‌نیاز): پیش‌نیاز:

هدف:

تشریح مبانی و موضوعات مرتبط با تجهیز و آماده‌سازی معادن زیرزمینی شامل مباحث مورد نیاز برای طراحی و برنامه‌ریزی، عملیات واحد و تجهیزات و انتخاب آنها در معدنکاری زیرزمینی، فضاهای آماده‌سازی زیرزمینی و احداث آنها، ایجاد قابلیت برای طراحی معادن زیرزمینی، تشریح مبانی و موضوعات مرتبط با بهره‌برداری و روش‌های استخراج زیرزمینی شامل عوامل مؤثر بر انتخاب روش و مباحث مربوط به هر روش مانند شرح کلی، آماده‌سازی فضاهای استخراجی، چرخه‌ی عملیات و تجهیزات، شرایط کاربرد، ویژگی‌ها در قالب مزایا و معایب، گوناگونی‌ها و مقایسه‌ی روش‌ها، ایجاد قابلیت برای طراحی معادن زیرزمینی

### سرفصل‌ها

۱- کلیات، طرح درس و مروری بر:

- روش‌های معدنکاری (سنتی و نوین)، مقایسه‌ی معدنکاری سطحی و زیرزمینی، مباحث کلی روش‌های معدنکاری زیرزمینی و نوین، عملیات واحد معدنکاری (تولیدی و جنسی) به تفکیک سطحی و زیرزمینی  
- تجهیز و آماده‌سازی: مراحل تجهیز و آماده‌سازی، عوامل مؤثر بر آماده‌سازی، فضاهای آماده‌سازی، طراحی و برنامه‌ریزی معدن

۲- آماده‌سازی معادن زیرزمینی

- طراحی و برنامه‌ریزی معدن: مفاهیم و کلیات، بررسی‌های پایه (عوامل زمین‌شناسی، زیست محیطی و جغرافیایی و اقتصادی، تعیین ذخیره (معارف، نمایش داده‌ها و روش‌های محاسباتی)، عوامل مؤثر بر تجهیز و آماده‌سازی زیرزمینی (عوامل حقوقی و قانونی، زمین‌شناسی، ژئومکانیکی، زیست محیطی، فنی)، بتن و بازسازی معدن  
- انتخاب و تعیین ظرفیت ماشین آلات و تجهیزات: عملیات واحد در آماده‌سازی و بهره‌برداری زیرزمینی، مبانی تفکیک تجهیزات، سیستم دسته‌بندی تجهیزات، مقایسه‌ی تجهیزات سینه‌کاری و غیر سینه‌کاری معدن، اجزای عمومی کلیه‌ی ماشین آلات، دستگاه‌های چالزنی (در فضاهای آماده‌سازی، کارگاه‌ها، ماشین‌های حفر و کندن مواد) ماشین‌های استخراج پیوسته، ماشین‌های طبلکی چرخان یا شیررها، اوگرهای استخراجی، ماشین‌های حفر تونل TBM، ماشین حفر چاه یا SBM، ماشین حفر دوپل یا RBM، ماشین‌های حفر بازویی یا رودهدر، سیستم‌های انتقال و جابجایی مواد (در فضاهای آماده‌سازی و فضاهای استخراجی)، ماشین برش، سیستم‌های نگهداری (با تأکید بر سیستم‌های فضاهای استخراجی) و کنترل زمین (پایه، پرکردن، تخریب کنترل شده)

- 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 ایجاد کننده‌ی طبعات یا پهنه‌ها، فضاهای دسته سوم، سایر فضاهای آماده‌سازی، توضیح و نمایش کلیه‌ی فضاها، شرایط کاربرد بازکننده‌های اصلی)،

عوامل مؤثر بر طراحی فضاهای آماده‌سازی ( روش استخراج و نشست سطح زمین، نرخ تولید و عمر معدن، استخراج پشرو یا پسر، 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- احداث فضاهای آماده‌سازی

- چاه قائم: ملاحظات عمومی (ستون نگاشت زمین‌شناسی، ویژگی‌های ژئومکانیکی، تعیین شدت جریان آب ورودی به چاه، انتخاب ساختگاه)، انتخاب قطر چاه، پوشش چاه، دهانه‌ی چاه، طراحی انشعابات و مخزن چاه، تکنولوژی حفر چاه [ دسته‌بندی روش‌های حفر، روش حفر از بالا به پایین یا جالزنی و انفجار (کارهای مقدماتی، احداث دهانه، جالزنی و انفجار، بارگیری، آبکشی، پوشش و نگهداری دائم، پوشش و نگهداری موقت)، روش‌های ویژه‌ی حفر از بالا به پایین (دسته‌بندی، چاه با دیواره‌ی چوبی، چاه با دیواره‌های فولادی ورقه‌ای، چاه با دیواره‌های بتنی، روش کسوز، حفر با تزریق دوغاب، حفر با انجماد)، حفر چاه با تعریض دوپل، دوپل زنی با RBM، حفر چاه با SBM ]

- فضاهای مایل: قواعد کلی برای طراحی فضاهای مایل، نگهداری، تکنولوژی احداث (حفر یا رودهدز، روش سنتی در سنگ‌های سخت)

- پذیرگاه‌های چاه: بخش‌های پذیرگاه، انشعابات چاه تهویه و اصلی یا قفس، انشعابات چاه‌های تولیدی با بونکر بارگیری و اسکپ، افاق‌های پذیرگاه

- فضاهای افقی: قواعد کلی طراحی، تکنولوژی احداث، بارگیری

### ۴- روش‌های استخراج

۱- انتخاب روش و عوامل مؤثر بر انتخاب روش، تشریح مبانی دسته‌بندی اصلی و هر دسته‌ی اصلی، دسته‌بندی روش‌ها، توضیح تفاوت‌های عمده‌ی روش‌های استخراج (کنترل سقف، جهت کارگاه و پیشروی استخراج، آماده‌سازی فضاهای استخراجی، خصوصیات هندسی کانسار، شرایط زمین‌شناسی و ژئومکانیکی کانسار و سنگ‌های فراگیر)

۲- توضیح مباحث مربوط و مطرح برای هر روش استخراج: شرایط کاربرد (عوامل و مشخصه‌های مربوط به هر کانسار که قابلیت به‌کارگیری آن روش را می‌دهد)، شرح کلی روش و ترتیب عملیات و ویژگی‌های اجرایی آن، آماده‌سازی فضاهای استخراجی (دوپل‌ها، زیربرش، سیستم‌های تخلیه...)، چرخه‌ی عملیات و تجهیزات و ماشین‌آلات هر عملیات که در برخی موارد انتخاب و محاسبه‌ی ظرفیت و مباحث طراحی نیز توضیح داده می‌شود، ویژگی‌های هر روش در قالب مزایا و معایب (راندمان، اختلاط، هزینه‌ها...)، گوناگونی‌های روش‌ها

۳- شرایط کاربرد، آماده‌سازی، شرح کلی روش، چرخه‌ی عملیات و تجهیزات و ویژگی‌ها و مباحث خاص برای روش‌های استخراج زیر:

- روش‌های خودنگهدار: روش اتاق و پایه، روش کارگاه و پایه، روش استخراج انبارهای، روش استخراج از طبقات فرعی

- روش‌های با نگهداری: روش کند و اکند، روش ستونی، روش استخراج با کرسی چینی

- روش‌های تخریبی: روش جبهه‌کار بلند، روش استخراج با تخریب طبقات فرعی، روش تخریب بزرگ

۴- روش‌های استخراج زغال سنگ (به غیر از روش اتاق و پایه و جبهه‌کار بلند مکانیزه و نیمه مکانیزه): لایه‌های نازک و متوسط ضخامت کم شیب و میان شیب و پرشیب با و بدون تقسیم به طبقات فرعی، لایه‌های ضخیم با و بدون تقسیم به طبقات فرعی

۵- مقایسه‌ی روش‌ها: شرایط کاربرد، مزایا و معایب، چرخه‌ی عملیات و تجهیزات...

۶- انتخاب روش: اشاره‌ای به رویه‌ی کیفی انتخاب روش هارتمن

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



- ۱- هارتمن، هوارد ال؛ "اصول مهندسی معدن"؛ ترجمه‌ی باوری شهرضا، م.، دانشگاه صنایع و معادن ایران، ۱۳۸۱
- 2-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; sec 17
- 3-Hustrullid, W.A. and Bullock, R.L. (Editors); "Underground Mining Methods"; SME; 2001
- 4-Gertsch, R.E and Bullock, R.L. (Editors); "Techniques in Underground Mining ";SME; 1998
- 5-Peele, R. and Church, J.A (Editors); " Mining Engineers Handbook"; John Wiely and Sons, Inc. ; 3<sup>th</sup> Edition; 1945
- 6-Boky, B.; "Mining"; MIR Publisher; Moscow; 1967







## طراحی معادن Mine Design

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	۲ واحد نظری (۳۲ ساعت)، ۱ واحد عملی (۴۸ ساعت)
(هم‌باز) پیش‌نیاز:	(معدنکاری زیرزمینی)، تهیه در معادن
هدف:	قابلیت طراحی یک معدن زیرزمینی و یک معدن روباز در قالب انجام یک پروژه

### سرفصل‌ها

#### الف - معادن سطحی

- توجه پروژه و تهیه طرح پایه: تهیه مدل زمین شناسی کانسار (با روش مقاطع قائم و افقی، مدل بلوکی) و تهیه طرح پایه (نثار و عیار ذخیره، نثار باطله) برای مثال‌های تهیه شده برای هر گروه با استفاده از CAD و Data Mine، تهیه مقاطع قائم و افقی کانسار برای مرحله‌ی طراحی

- محاسبه‌ی ارزش خالص کانسنگ: برآورد ظرفیت و درآمد و هزینه‌ها (با استفاده از راهکارهای برآورد هزینه، هزینه‌های مالکیت و عملیاتی عملیات‌های جرخه‌ی اصلی تولید به صورت تفصیلی و از طریق انتخاب تجهیزات و محاسبات ظرفیت تولید و اندازه‌ی آنها و طراحی مقدماتی الگوی انفجار انجام خواهد شد)، تهیه‌ی اطلاعات اقتصادی و مالی لازم برای طراحی، محاسبه‌ی ارزش خالص کانسنگ

- تعیین و طراحی پارامترهای هندسی گاوآگ: مشخصات پله (ارتفاع، شیب، عرض پله‌ی ایمنی)، عرض پله‌ی کاری و حداقل عرض کف معدن، مشخصات جاده‌ی باربری (شیب، تعداد باندها، عرض، قوس، ...)، پیاده کردن رمپ‌ها، زوایای شیب

#### ب - طراحی محدوده‌ی نهایی

الف - روش دستی: محاسبه‌ی عیار حد استخراج، محاسبه‌ی نسبت باطله برداری سرسری (رابطه و منحنی)، پیاده کردن محدوده‌ی نهایی بر روی مقاطع قائم، تهیه‌ی پلان مرکب بدون رمپ و کنترل حد سرسری، پیاده کردن رمپ بر روی پلان مرکب، محاسبه‌ی ذخیره و عیار حد فراوری و عیار متوسط و نسبت باطله‌برداری کل، محاسبات سودآوری و تحلیل اقتصادی

ب - طراحی دوبعدی لرج و گروسمان: تهیه‌ی مدل بلوکی اقتصادی کانسار، پیاده کردن محدوده‌ی نهایی بر روی مقاطع قائم، ادامه مشابه روش دستی

- استفاده از نرم افزارهای Datamine، یا سایر نرم افزارهای طراحی محدوده‌ی نهایی و CAD در تهیه‌ی مدل هندسی (بلوکی زمین شناسی، توپوگرافی، مقاطع قائم و افقی) و مدل بلوکی اقتصادی، کارهای گرافیکی، پیاده کردن رمپ و استفاده از Excell برای محاسبات الزامی است.

#### ب - معادن زیرزمینی

- تهیه‌ی مدل زمین شناسی کانسار (خطوط هیپومتری، مقاطع قائم...) و محاسبه‌ی ذخیره برای مثال تهیه شده برای هر گروه با استفاده از CAD یا Datamine و تهیه‌ی مقاطع لازم برای مرحله‌ی طراحی

- تعیین ظرفیت و عمر معدن

- انتخاب روش استخراج و تعیین پارامترهای هر روش شامل راندمان، اختلاط و ...



- طراحی فضاهای آماده‌سازی و شبکه‌ی نهایی معدن، بازکننده‌های اصلی (نوع، موقعیت، شکل و ابعاد سطح مقطع، تعداد)، فضاهای ایجاد کننده‌ی طبقات (تعیین و طراحی پارامترهای مرتبط) سایر فضاهای آماده‌سازی (پذیرگاه‌ها، مسیرهای عبور مواد، یونکرها...)

- ترسیم شبکه‌ی نهایی (پلان و مقاطع مختلف شبکه، پاسپورت فضاها...)

- طراحی کارگاه‌ها و پهنه‌های استخراجی؛ ابعاد، تناژ، تعداد، ترسیم نماهای مختلف، بلوک‌بندی، پاسپورت کارگاه‌ها و پهنه‌ها شامل سیستم‌های تخلیه، دویل‌ها و ...

- برنامه‌ریزی و زمان‌بندی احداث فضاهای آماده‌سازی

- برنامه‌ریزی و زمان‌بندی استخراج

- زمان‌بندی تلفیقی استخراج و آماده‌سازی

- برآورد هزینه‌ها و محاسبات سودآوری

\* برای هر گروه کاری شامل دو یا سه نفر اطلاعات لازم زمین‌شناسی و اکتشافی و فنی تهیه و تکلیف هر گروه مرحله به مرحله با استاد درس کنترل می‌شود. استفاده از CAD و یکی از نرم افزارهای برنامه‌ریزی پروژه و ارائه‌ی گزارش کتبی و شفاهی و ریز محاسبات الزامی است. ارزیابی دانشجویان بر اساس نحوه‌ی فعالیت در گروه، گزارش کتبی، ارائه‌ی شفاهی و امتحان خواهد بود.





## کنترل زمین و نگهداری Ground Control and Support

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همینار) پیش نیاز:	مبانی مکانیک سنگ
هدف:	آشنایی با مبانی تحلیل و طراحی حفاریات روباز و فضاهای زیرزمینی و به کارگیری 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 مدل‌سازی ریاضی: کلیات، روش‌های تحلیلی یا رهیافت، طراحی سازه‌ها در سنگ و معیارهای طراحی نگهداری (معیار پایداری، اصول طراحی)، تئوری قوس زمین ترازقی، تئوری لوله‌ی مدفون Muir Wood، فضاهای دایره‌ای در سنگ در حال تسلیم تحت تنش هیدروستاتیک، راه حل الاسو- 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

- نگهداری در معدنکاری و تونل‌سازی: نگهداری راهروها، حالت‌های گسیختگی راهروها (گسیختگی اتاقی یا Span، گسیختگی پلّی 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 معادن 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 مقایسه‌ی فرمول‌های مختلف برای تخمین چگالی متوسط نگهداری سیر و توصیف 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 بیج سنگ، طراحی و اجرا و نقش آن در NATM)

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

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

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

#### منابع

- 1-Singh, R.N. and Ghose, A.K. ; "Engineering Rock Structures in Mining and Civil Construction" ; Taylor & Francis Group PLS; London; 2006
- 2-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. 1&II; 2<sup>nd</sup> 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
- 3-Goodman, R.E. ; "Introduction to Rock Mechanics"; John Wiley & Sons; New York; 1980
- 4-Hoek, E. & Brown, E.T. ; "Underground Excavations in Rocks, The Institution of Mining and Metallurgy, London; 1980
- 5-Biron, C. and Ariglu, E. ; "Design of Support in Mines"; John Wiley and sons; 1900







## حفر چاه و فضاهای زیرزمینی Underground excavation

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	نظری (۴۸ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	چالزنی و انفجار، کنترل زمین و نگهداری
هدف:	آشنایی با فضاهای زیرزمینی چاه و تونل و کاربرد آن‌ها و روش‌های احداث تونل، چاه و دویل، مخاطرات و ملاحظات زیست محیطی در احداث فضاهای زیرزمینی

### سرفصل‌ها

- کلیات، مفاهیم و تعاریف، تاریخچه و ضرورت، طراحی و مراحل آن، دسته‌بندی و میانی دسته‌بندی فضاهای زیرزمینی، عملیات واحد در حفر فضاهای زیرزمینی و دسته‌بندی روش‌های حفر آن‌ها
- دسته‌بندی فضاهای زیرزمینی بر مبنای کاربرد: معدنگاری (توضیح و مشخصات)، کاربردهای غیرمعدنی و توضیح و مشخصات آن‌ها (تونل‌های حمل و نقل، انتقال آب و فاضلاب، چاه‌ها، مخازن، ذخیره‌سازی، تولید برق، دفن زباله‌ها)
- مخاطرات حفريات زیرزمینی
- مطالعات ساختمانی، زمین‌شناسی و عوامل مؤثر بر احداث فضاهای زیرزمینی، ارزیابی‌های مکانیک سنگی، اکتشافات ساختمانی
- حفر تونل در زمینهای 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.
- انفجار در تونل‌ها (برش‌ها، فرمول و مدل‌های طراحی الگوی انفجار تونلی، انفجار در تونل‌های امتدادی دنبال لایه‌ی زغالی)
- انفجار در چاه‌ها و دویل‌ها: پایین رو (تمام مقطع، پله‌ای، مارپیچ)، بالارو (چوب بستکاری، چاه باز، آلیماک، ژورا، جال بلند)
- چالزنی و انفجار تولیدی (روش قبضی قائم سر، جال بلند، استخراج طبقات فرعی با جال‌های بادبزنی، روش استخراج اتاق و پایه، روش استخراج کند و اکند)
- حفر تونل در 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 (تجهیز، احداث دهانه، چالزنی و انفجار، بارگیری و باربری، اجرای پوشش و نگهداری)، روش‌های ویژه (دیوارهای چوبی، دیوارهای با ورق‌های فولادی یا پستی، 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، سکوها، دویل زنی، حفر با دویل زن‌ها یا RBM ها، سیستم‌های حفر چاه از طریق تعریض دویل
- مخاطرات تونل‌سازی و ملاحظات زیست محیطی
- مروری بر روش‌های بهسازی زمین (Ground Treatment)



- 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- Whitteker, B.N. and Frith, R.C.; "Tunnelling: Design Stability and Construction", IMM; 1990
- 2-Bickel, J.O. and Kusel, T.R.; "Tunnel Engineering Hand Book", 1997
- 3-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook", Vol I&II, 2<sup>nd</sup> Edition, SME Littleton Co. ; 1992; Sec 17-4, 24





## تحقیق در عملیات Operation Research

تعداد واحد:	۴ واحد
نوع درس:	نظری (۳۴ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	آمار و احتمالات مهندسی، مانی استخراج مواد معدنی
هدف:	آشنایی با مانی مهندسی و تحلیل سیستم‌های معدنی، کسب دیدی جامع از تکنیک‌های پژوهش عملیاتی و کاربرد در تصمیم‌گیری بهینه در شرایط مختلف پروژه‌های معدنی، یادگیری کار با نرم افزارهای پژوهش عملیاتی

### سرفصل‌ها

#### ۱- نظری

- مهندسی و تحلیل سیستم‌ها: آشنایی با مهندسی سیستم‌ها، روش کلی حل مسائل، جنبه‌های عمومی تصمیم‌گیری، جمع‌آوری داده‌ها (روش‌های جمع‌آوری، تعداد نمونه‌ها)، تکنیک‌های تحلیل (مدل‌های آماری، نمودارهای کنترلی، مدل‌های ریاضی)
- پژوهش عملیاتی: تعاریف و مفاهیم، مدل‌سازی ریاضی و کاربرد آن در پژوهش عملیاتی
- برنامه‌ریزی خطی (LP): تعاریف، مدل ریاضی مسائل برنامه‌ریزی خطی، روش ترسیمی برای حل مسائل LP، حالت‌های خاص در LP
- روش سیمپلکس: تعاریف و مانی، روش حل مسائل استاندارد، مسائل غیر استاندارد و روش حل آن‌ها، تفاوت‌های شکلی در جدول سیمپلکس، قیمت سایه، مسئله‌ی ثانویه یک مسئله‌ی برنامه‌ریزی خطی، روابط بین مسئله‌ی اولیه و ثانویه، روش سیمپلکس دوگان، الگوریتم سیمپلکس اصلاح شده
- تحلیل حساسیت و برنامه‌ریزی پارامتری: تعاریف، انواع حساسیت‌ها، برنامه‌ریزی خطی پارامتری
- کاربردها: فرمولاسیون (مراحل پایه، مسائل اختلاط یا Blending، مسائل زمان‌بندی تولید)، دوگانگی یا Duality و کاربردها، Slackness تکمیلی و کاربردها
- مدل حمل و نقل: تعاریف و مفاهیم، مسئله‌ی حمل و نقل برنامه‌ریزی خطی، روش حل، حالت‌های خاص، کاربردها
- مسئله‌ی تخصیص و گسپل: مسئله‌ی تخصیص و برنامه‌ریزی خطی، مسئله‌ی تخصیص و مدل حمل و نقل، روش حل، حالت‌های خاص، کاربردها

#### ۲- عملی

- آشنایی با نرم افزارهای Lingo یا Lingo یا Lindo و Primavera یا MSProject
- ارائه و حل مسائل کاربردی و مسائل جامع به صورت تکلیف

### منابع

- ۱- مهرگان، محمد رضا، "پژوهش عملیاتی"، نشر سالکان، ۱۳۷۹
- ۲- حاج شیر محمدی، علی، "مدیریت و کنترل پروژه"، جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان، ۱۳۶۷
- ۳- یانکی، محمد تقی، "برنامه ریزی شبکه‌ای"، مرکز نشر دانشگاهی
- ۴- هوسترولید، و. و کوچتا، م.، "طراحی و برنامه ریزی معادن روباز"، ترجمه‌ی خدایاری، ع. ا.، یآوری شهرضا، م.، دانشگاه صنایع و معادن ایران، ۱۳۸۳
- 5- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; ch. 8-3
- 6-Hillier, F. S. and Liberman, G. J. ; "Introduction to Operations Research"; MCGraw - Hill; 2001



## کارآموزی ۲ Training(2)

تعداد واحد:	۵ واحد
نوع درس:	عملی
(هم‌باز) پیش‌نیاز:	کارآموزی ۱
هدف:	آشنایی با محیط کارهای عملی مهندسی معدن در گرایش مورد تحصیل دانشجوی

### سرفصل‌ها

- هر یک از دانشجویان بر حسب گرایش تحصیلی ملزم به گذراندن ۲۳۲ ساعت کارآموزی در معادن، سازمان‌ها و یا شرکت‌های معدنی، کارخانه‌های فرآوری یا در پروژه‌های احداث سازه‌های زیرزمینی هستند.
- نوع کار و محتوای گزارش کارآموزی طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان در هر گرایش تعیین خواهد شد.
- دانشجویان ملزم به ارائه گزارش کارآموزی طبق فرمت تعیین شده بوده و باید گزارش کار را به صورت دست‌نویس ارائه دهند.

- ارزیابی دانشجویان ۵۰ درصد گزارش کارآموزی، ۲۵ درصد مسئولین واحدی که دانشجوی در آنجا کارآموزی خود را گذرانده و ۲۵ درصد نیز استاد راهنمای کارآموزی خواهد بود.



## پروژه project

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	عملی
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	نیمسال ۸ (گذراندن حداقل ۱۲۰ واحد درسی)
هدف:	آشنایی دانشجویان با روش انجام پروژه های معدنی و نحوه ارائه نتایج

### سرفصل‌ها

- پروژه به منزله پایان نامه دوره کارشناسی است.
- موضوع و محتوای پروژه طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان در هر گرایش تعیین خواهد شد.
- توصیه می شود در پروژه جنبه های محاسباتی و طراحی مد نظر قرار گیرد به طوری که به نوعی محتوای دروس اصلی و تخصصی به کار گرفته شود.
- ترجیحا در انجام پروژه از همکاری واحد های معدنی و یا سازمان های مرتبط بهره گرفته شود.
- دانشجویان ملزم به ارائه شفاهی پروژه خود در حضور استادان گروه می باشند.
- دانشجویان ملزم به ارائه ی گزارش پروژه طبق فرمت تعیین شده بوده و باید گزارش کار را به صورت فایل Word و چاپ شده ارائه دهند.



# دروس تخصصی گرایش اکتشاف مواد معدنی ۲۸/۵ واحد

علاوه بر این ۲۸/۵ واحد دانشجویان موظفند ۴ واحد درسی مرتبط با گرایش  
اکتشاف مواد معدنی از جدول دروس اختیاری اخذ نمایند.



## ژئوفیزیک اکتشافی ۱

### Exploration Geophysics 1



تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
هدف:	آشنایی و یادگیری اصول و کاربرد روش های ژئوفیزیکی گرانی، مغناطیس و لرزه در اکتشاف به طور عام و جهت گیری کاربردی برای اکتشاف معدن
(همیناز) پیش نیاز:	زمین شناسی ساختاری، آزمایشگاه فیزیک ۲

#### سرفصل ها

- کلیات (روش های ژئوفیزیکی، انطباق روش های ژئوفیزیکی در مسائل کاربردی، برنامه ریزی، انتخاب روش و طراحی شبکه برداشت، ماهیت و ساختار داده ها، نمایش داده ها، تفسیر داده های ژئوفیزیکی)
  - پردازش داده های ژئوفیزیکی
  - روش گرانی (اصل فیزیکی میدان جاذبه، میدان گرانی زمین، اندازه گیری میدان گرانی، گراویمتر ها، اندازه گیری های صحرائی، تصحیحات و بی هنجاری بوگه، چگالی سنگ ها و کانی ها، روش های تخمین چگالی، تفسیر بی هنجاری های بوگه (کیفی و مدلسازی)، محاسبه اضافه جرم، مثال های موردی از کاربرد روش گرانی)
  - روش مغناطیسی (اصول فیزیکی روش مغناطیسی، چگونگی مغناطیدگی مواد، خواص مغناطیسی کانی ها و سنگ ها، میدان مغناطیسی زمین، دستگاه های اندازه گیری، برداشت های مغناطیسی، پردازش داده های مغناطیسی، تفسیر داده های مغناطیسی (کیفی و مدلسازی)، پیشرفت های اخیر در پردازش، نمایش و تفسیر داده ها، کاربرد ها و مطالعات موردی)
  - المان های برداشت های لرزه ای (امواج لرزه ای، سرعت امواج لرزه ای در سنگ ها، بازتاب و شکست امواج، سیستم های جمع آوری داده ها)
  - روش های لرزه نگاری شکست مرزی (انکساری)، مسیر امواج شکست مرزی، مدل زمین دولا به با فصل مشترک افقی، مدل سه لایه و بیشتر، لایه های شبیدار، آرایش نقاط شلیک و ژئوفون ها در مطالعات لایه های تخت، لرزه نگاری شکست مرزی در فصل مشترک های غیر تخت، روش های 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، افق بازتابی شیب دار، برداشت های CMP، تصحیحات داده ها، تحلیل سرعت ها
- تصریح: این درس همراه تمرین است تا دانشجویان مسائل تئوری را بهتر درک کرده و جنبه های کاربردی آنها را فراگیرند.

#### منابع

- ۱- تلفورد و همکاران، ژئوفیزیک کاربردی (جلد اول)، ترجمه دکتر حسین زمردیان و دکتر حسن حاجب حسینی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۱۳۷۵
- ۲- نوروزی غلامحسین، ژئوفیزیک اکتشافی (گرانی، مغناطیس، لرزه ای)، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۸
- 3- Kearey, P. et al, (2002), "An introduction to geophysical exploration", Blackwell publishing, Third edition
- 4- Reynolds, J.M., "An introduction to applied and environmental geophysics", John Wiley Publishing

## ژئوشیمی اکتشافی ۱

### Exploration Geochemistry 1



تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌پار) پیش‌نیاز:	زمین‌شناسی اقتصادی، آمار و احتمالات مهندسی
هدف:	فراگیری اصول حاکم بر توزیع، مهاجرت و غنی‌شدگی هیوژن و سوپرژن عناصر در پوسته زمین و تشخیص کمپلکس‌های بارور از عقیم و تحلیل آماری داده‌های مربوطه با انتخاب مناسب‌ترین روش آنالیز نمونه‌ها.

#### سرفصل‌ها

- تاریخچه و روش‌ها
- اصول پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر با نگرش اکتشافی
- اصول مهاجرت ژئوشیمیایی عناصر
- شاخص‌های ژئوشیمیایی و کاربرد آنها در تشخیص کمپلکس‌های عقیم از بارور
- نقش برداری ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه‌ای
- روش‌های تجزیه‌ای معمول در اکتشافات ژئوشیمیایی
- تکنیک‌های آماری تک متغیره و دو متغیره معمول در بررسی‌های ژئوشیمیایی
- تعیین مقدار زمینه، حد آستانه‌ای و آنومالی عناصر

#### منابع

- ۱- حسنی پاک علی اصغر، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۴، چاپ پنجم.
- 2- Handbook of exploration geochemistry, 1980-2010, Elsevier.

## حفاری اکتشافی Exploration Drilling



تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همینار) پیش نیاز:	مکانیک سیالات، زمین شناسی ساختاری
هدف:	آشنایی با انواع تجهیزات و عملیات حفاری گمانه های اکتشافی

### سرفصل ها

نقش حفاری در اکتشاف و بهره برداری از منابع زیرزمینی، نقش ویژگی های فیزیکی و مکانیکی سنگ ها در حفاری، روش های مختلف حفاری، حفاری ضربه ای، حفاری دورانی، مشخصات گل حفاری و انواع آن، استفاده از هوا به جای گل حفاری، انواع سرمته های مغزه گیری، مشکلات حفاری دورانی، عملیات حفر چاه های سورب، لوله گذاری، حفاری توربینی، حفاری در زمین های پوشیده از آب، مشخصات حفاری های اکتشافی در عملیات معدنی، استفاده از حفاری در کارهای ساختمانی، سازماندهی حفاری، استانداردهای حفاری، نگاهداری و تعمیرات دستگاه های حفاری، ویژگی های دستگاه های حفاری و نحوه انتخاب آن ها در ارتباط با مشخصات لایه ها، قطر و عمق چاه، غیره، مدیریت ایمنی و اقتصاد حفاری، وسایل و فرآیند نمونه گیری، آزمون و اندازه گیری ها در حفاری، چاه نمودارها و ثبت داده های حفاری، حفاری های ویژه (آب، نفت)

بازدید: انجام بازدید از انواع دستگاه های مختلف حفاری در حال کار (معدن، ژئوتکنیک و نفت) ضروری می باشد.

### منابع

- 1- The Australian Drilling, 1997, "Drilling", CRC; 4<sup>th</sup> edition, 632 pages.
- 2- Vozdvizhensky, B., Golubintser, O. and Nozozhilov, A. "Exploratory drilling", Mir Publisher, Moscow, 1982.





## زمین شناسی اقتصادی ایران Economic Geology of Iran

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	زمین شناسی اقتصادی، (ژئوشیمی اکتشافی ۱)
هدف:	آشنایی با زمین شناسی اقتصادی ایران و شناخت کانسارها و معادن ایران

### سرفصل‌ها

اصول و مبانی چینه شناسی و زمین شناسی ایران  
پهنه های رسوبی-زمین ساختی در ایران  
پهنه های آذرین درونی و آتشفشانی ایران  
پهنه های دگرگونی ایران  
سابقه رسوبی، چینه شناسی و مسائل تکتونیکی هر یک از پهنه های رسوبی-زمین ساختی ایران  
فازهای متالورژی (فلز زایی) و کانی سازی در ایران  
ایالتها، کمربندها و مناطق فلز زایی و معدنی ایران  
پراکندگی مواد معدنی در ایران  
کانسارهای ایران: کانسارهای فلزی، غیرفلزی، نفت و گاز، منابع ژئوترمال  
جایگاه مواد معدنی ایران از نظر میزان ذخیره، تولید، تجارت در سطح جهان و نقش مواد معدنی در اقتصاد ایران  
ظرفیت های اقتصادی از قبیل کانسارهای فلزی، غیرفلزی، مخازن نفت و گاز طبیعی  
بازدید: انجام حداقل یک بازدید ۵ روزه از سازندهای تئیک زمین شناسی و کانسارهای بزرگ ایران ضرورت دارد.

### منابع

- ۱- آقاباتی علی، زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲- ثریانی منصور، دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۱.
- ۳- درویش زاده، علی، زمین شناسی ایران، نشر دانش امروز، ۱۳۷۰ (و یا چاپ های بعد از آن).

## منیرالوگرافی Mineralography



تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	نظری-عملی (۸ ساعت نظری+۱۶ ساعت عملی)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	زمین شناسی اقتصادی
هدف:	شناخت کانی ها و گانه ها در مقاطع صیقلی

### سرفصل‌ها

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، پاراژنرها 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 پاراژنهای آنها، مطالعه بافت های مختلف و تفسیر آنها و اندازه گیری قدرت انعکاس و سختی میکروسکوپی به صورت جنبی

### منابع

- ۱- مقدسی حواد و مظلومی جستانی علیرضا، منیرالوگرافی (گانه نگاری)، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۰
- ۲- انسن، پ. ر.، "دییاجه ای بر کانی شناسی کاربردی میکروسکوپی کاربردی" ترجمه ساسان لیاقت، مرتضی جمی، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۷۸.
- 3- Craig, J. R., Vaughan, D. J. "Ore microscopy and ore petrography", Jhon Wiley Publication, 1994.



## ارزیابی ذخایر معدنی Ore Reserve Evaluation

تعداد واحد: ۲ واحد  
نوع درس: نظری و عملی (۲۴ ساعت نظری و ۱۶ ساعت عملی)  
(همینار) پیش نیاز: آمار و احتمالات مهندسی، مبانی اکتشاف مواد معدنی  
هدف: فراگیری مبانی تئوریک و رویه‌های برآورد منابع و یا ذخایر معدنی و طبقه‌بندی آنها

### سرفصل‌ها

#### الف- نظری

۱. مسایل عمومی ارزیابی ذخایر:  
جمع‌آوری داده‌های زمین‌شناسی، تعبیر و تفسیر زمین‌شناسی، مدل‌سازی زمین‌شناسی (هدف، متدولوژی)، نمایش داده‌های زمین‌شناسی، مراحل کلی برآورد، تغییر مشخصات توده ماده معدنی، اصول ارزیابی، مراحل ارزیابی و اکتشاف تفصیلی، تعقیب و مشخص کردن محدوده کانسارها، انواع شبکه‌های اکتشاف و ارزیابی، چگالی شبکه اکتشاف، روش‌های توسعه شبکه اکتشاف، تقسیم بندی کانسارها از نظر ارزیابی، سیستم‌های اکتشاف
۲. اکتشافات سطحی:  
تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی بزرگ مقیاس، ترانشه، چاهک
۳. گمانه‌ها:  
شبکه گمانه‌ها، تعیین مشخصات گمانه‌ها، برداشت گمانه‌ها، تهیه مقاطع اکتشافی
۴. تونل‌های اکتشافی:  
تونل‌های عمود بر لایه، تونل‌های امتدادی، میان بر ها، تونل‌های دنیاله رو، نحوه ارزیابی به کمک تونل‌ها، تهیه نقشه‌های زیرزمینی
۵. نمونه‌گیری:  
نمونه‌گیری از ترانشه‌ها و تونل‌ها، نمونه‌گیری از گمانه‌ها، نمونه‌گیری از پلاسرها، فاصله نمونه برداری، تکمیل شناسنامه نمونه و ارسال آن به آزمایشگاه، آماده کردن نمونه، بررسی و تجزیه نمونه‌ها، تعیین عیار متوسط نمونه‌ها
۶. محاسبه ذخیره:  
- قواعد و روش‌های سنتی یا کلاسیک: مبانی و مفاهیم، قواعد (تغییرات تدریجی، نزدیکترین نقاط، تعمیم)، تفکیک منطقه به مناطق تاثیر، مراحل محاسبه ذخیره، تقسیم بندی ذخایر معدنی، روش متوسط گیری ریاضی، روش‌های قطعه‌های زمین‌شناسی، روش قطعه‌های معدنی، روش مثلث، روش چندضلعی، روش مقاطع، روش خطوط تراز، اشاره ای به قواعد و روش محاسبه ذخیره زمین آماری
۷. بررسی عیار:  
تعیین مدل توزیع، محاسبه میانگین، عیار حد، منحني‌های تنار - عیار

ب- عملی:

- آموزش کسب مهارت در کار با یکی از نرم افزارهای Surpac, Datamine یا Gemcom در زمینه ی مدل سازی زمین شناسی
- کار با نرم افزار آموزش دیده و تهیه ی مدل زمین شناسی از یک کانسار واقعی بر مبنای داده های تهیه شده به صورت کارگروهی (۵ یا ۶ نفره)



#### منابع

- ۱- حسنی پاک، علی اصغر؛ "زمین آمار"؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ ۱۳۷۷
- ۲- حسنی پاک، علی اصغر؛ "تحلیل داده های اکتشافی"؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ ۱۳۸۱
- ۳- مدنی، حسن؛ اصول پی جویی، اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۶۶.
- 1- Sinclair, J.A. and Black well, H.G.; "Applied Mineral Inventory Estimation"; University Press; Cambridge; 2002
- 2- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I & II; 2<sup>nd</sup> Edition ; "SME Littleton, Co. ; 1992; Ch. 5-5 and 5-6
- 3- Dimitrakopoulos, R.; " Ore Reserve Estimation and Strategic Mine Planning: Stochastic Models and Optimization with Case studies"; Springer; 2006
- 4- Dimitrakopoulos, R. ; "Applied Geostatistical Ore Reserve Estimation"; Elsevier science Health Dw.; 2003.
- 5- Annels, A. E., "Mineral deposit evaluation", Chapman and Hall, 1991.





## ژئوفیزیک اکتشافی ۲ Exploration Geophysics 2

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همینار) پیش‌نیاز:	ژئوفیزیک اکتشافی ۱
هدف:	آشنایی و یادگیری اصول روش‌های الکتریک و الکترومغناطیس و کاربرد آنها در مطالعات اکتشافی به ویژه اکتشاف معدن

### سرفصل‌ها

- معرفی روش‌های اصلی ژئوالکتریک، معرفی پارامترهای فیزیکی، آرایش‌های مورد استفاده
- روش پتانسیل خودزا
- روش‌های مقاومت ویژه (سوندازهای مقاومت ویژه، پروفیل زنی مقاومت ویژه، تفسیر داده‌ها و مدل‌سازی مقاومت ویژه، مثال‌های مورد کاربرد، تجهیزات مورد استفاده)
- روش پلاریزاسیون القایی IP (مقدمه، منشأ اثر پلاریزاسیون القایی، اندازه‌گیری IP، چگونگی نمایش داده‌های IP، آرایش مستطیلی، آرایش دایبل-دایبل، تفسیر داده‌های IP و مدل‌سازی، مثال‌های موردی از کاربرد روش)
- روش پلاریزاسیون خودزا SP (منشأ ایجاد SP، اندازه‌گیری‌های SP، تفسیر داده‌های SP، کاربردها و مثال‌های کاربردی)
- روش الکترومغناطیس EM (معرفی و اصول روش، انواع سیستم‌های EM، اصول بررسی‌های EM، تفسیر داده‌ها و مدل‌سازی آنها، کاربردها و مثال‌های موردی)
- تمرین: این درس همراه تمرین است تا دانشجویان مسائل تئوری را بهتر درک کرده و جنبه‌های کاربردی آنها را فراگیرند.

### منابع

- ۱- تلفورد و همکاران، ژئوفیزیک کاربردی (جلد دوم)، ترجمه دکتر حسین زمردیان و دکتر حسن حاجب حسینی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۱۳۷۵
- 2- Kearey, P. et al, (2002), "An introduction to geophysical exploration", Blackwell publishing, Third edition.
- 3- Reynolds, J.M., "An introduction to applied environmental geophysics", John Wiley Publishing.



## چاه نگاری Well Logging

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۳ ساعت)
(هم‌باز) پیش‌باز:	(ژئوفیزیک اکتشافی ۲)، حفاری اکتشافی
هدف:	آشنایی با روش های ژئوفیزیکی درون گمانه ای و کسب مهارت تفسیر کیفی و کمی نمودارهای چاه نگاری

### سرفصل ها

- مفاهیم کلی و اساسی چاه نگاری، کاربرد چاه نگاری در صنعت نفت و گاز، اکتشاف مواد معدنی و زمین شناسی مهندسی
- پارامترهای ثبت شونده، چگونگی اندازه گیری، لوازم و تجهیزات سرچاه، دستگاه های اندازه گیری داخل چاه (سوند ها)
- نمودارگیری الکتریکی: نمودارگیری SP، نمودارگیری مقاومت ویژه، نمودارگیری القایی
- کلیات چاه نگاری هسته ای، چاه نگاری پرتوزایی گامای طبیعی، طیف ستجی پرتوزایی گامای طبیعی، چاه نگاری نوترون (روش های نوترون-گاما و نوترون-نوترون)، چاه نگاری گاما-گاما (چگالی)
- چاه نگاری صوتی
- روش های فرعی دیگر چاه نگاری
- تمرین: این درس همراه تمرین است تا دانشجویان مسائل تئوری را بهتر درک کرده و جنبه های کاربردی آنها را فراگیرند.

### منابع

- ۱- سرا ابرو. چاه نگاری- ترجمه غلامحسین نوروزی، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ دوم، ۱۳۸۵.
- ۲- موحد بهرام، مبانی چاه پیمایی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ اول، ۱۳۷۱.
- ۳- مرادزاده و قوامی چاه پیمایی برای مهندسين، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۸۰.
- ۴- کاپلینر دومینیکو، چاه پیمایی در هیدروژئولوژی، ترجمه عبدالحمید انصاری، دانشگاه یزد، ۱۳۷۶.
- 5- David, E. Jhonson and Kathryn E. Pile, 2002, Well Logging, Penn Well Publishing.
- 6- Dewan, Jhon T., 1983, Essentials of Modern Open hole Log Interpretation, Penn Well Publishing.



## ژئوشیمی اکتشافی ۲ Exploration Geochemistry (2)

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	ژئوشیمی اکتشافی ۱
هدف:	فراگیری روش های مختلف اکتشاف ژئوشیمیایی در محیط های اولیه و ثانویه و انتخاب مناسب ترین روش اکتشاف ژئوشیمیایی به عنوان تابعی از شرایط پروژه، شناخت توانایی ها و محدودیت هریک از روش ها

### سرفصل ها

- بررسی هاله های اولیه (هیپوزن)، برداشت های لیتوژئوشیمیایی، روش های شدت بخشی به اتومالی های لیتوژئوشیمیایی، هاله های محوری، عرضی و طولی، کاربرد اکتشافی هاله های اولیه، ارزیابی سطح فرسایش کنونی نسبت به سطح کانی سازی، انواع هاله های دگرسالی، روش های نقشه برداری هاله های دگرسالی، کاربرد اکتشافی هاله های دگرسالی
- بررسی هاله های ثانوی (سوپرزون)، برداشت رسوبات آبراهه ای و خاک ها، طراحی شبکه نمونه برداری از آنها، تحلیل داده ها و رسم نقشه های توزیع عناصر در محیط های ثانوی بر اساس الگوهای توزیع عناصر در محیط های سوپرزون، طبقه بندی هاله ها و کاربرد اکتشافی هریک
- بررسی هاله های هیدروژئوشیمیایی، ویژگی روش و طبق بندی آنها، نمونه برداری از این هاله ها، امتیازات مثبت و منفی آن، روش تحلیل هاله های هیدروژئوشیمیایی
- بررسی هاله های گازی و کاربرد اکتشافی آنها
- بررسی هاله های گاهی (ژئوبوتانی و بیوشیمیایی) و کاربرد اکتشافی آنها
- انتخاب مناسب ترین روش اکتشاف ژئوشیمیایی در مقیاس های ناحیه ای و محلی

### منابع

- ۱- حسینی پاک علی اصغر، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۴، چاپ پنجم.
- 2- Handbook of exploration geochemistry, 1980-2010, Elsevier.





## آب های زیرزمینی Groundwater

تعداد واحد	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(همینار) پیش نیاز:	مکانیک سیالات، زمین شناسی ساختمانی
هدف:	آشنایی با مفاهیم و اصول آب های زیرزمینی و کاربرد آن ها در مطالعات هیدروژئولوژی

### سرفصل ها

- کلیات: چرخه طبیعی آب، حوضه های آبریز، بارش، تبخیر، رواناب، هیسوگرام ها و هیدروگراف ها، جایگاه آب زیرزمینی در چرخه طبیعی آب، منشأ آب های زیرزمینی، چگونگی تجمع آب در زیرزمین - قابلیت سنگها و خاکهای مختلف برای تشکیل آبخوان - انواع آبخوان ها (آزاد - تحت فشار - معلق - نشئی) - چشمه ها و بیان انواع آن
  - خصوصیات آبخوان های آب زیرزمینی و حرکت آبهای زیرزمینی، بیان دانه بندی و تخلخل - ضریب ذخیره و ضریب مخصوص در لایه های تحت فشار - ضریب نگهداشت و ضریب آبدی در لایه های (آبخوان های) آزاد - بیان حرکت آب در خاک - عدد رینولدز در خاک و بیان جریان داری - تعریف تراوایی و فاکتورهای موثر بر آن - روش های تعیین ضریب تراوایی، معادلات جریان آب زیرزمینی در آبخوان های تحت فشار در حالت ماندگار - معادلات اساسی جریان آب زیرزمینی در حالت ماندگار در آبخوان های آزاد - بیان ضریب نشست (leakage coefficient) - بیان معادلات حرکت ناماندگار برای آبخوان ای آب زیرزمینی - فرضیات دیویی فورشهایمر
  - شبکه جریان، توابع پتانسیل و جریان، نقشه های پیزومتریک، نوسانات آب های زیرزمینی، بیان چگونگی تفسیر نقشه های آبهای زیرزمینی - برآورد جهت و مقدار جریان آب در آنها، مقدماتی بر تحلیل آبهای زیرزمینی به وسیله روش تفاضل های محدود
  - هیدرولیک چاه ها: تعریف انواع چاه ها (چاه های نفوذ کامل و نفوذ ناقص)، چاه های ارتزین چاه های ثقلی - چاه های نشئی، معادلات کلی جریان های شعاعی در انواع آبخوان ها و در رژیم های مختلف جریان، استفاده از اصل superposition در حل مسائل آب های زیر زمینی در جریان های شعاعی، چاه ها یا نفوذ جزئی - افت کلی چاه ها
  - آزمایش های پمپاژ و تحلیل داده های آن، تعیین خصوصیات هیدروپنماتیکی آبخوان ها، تعیین ضرایب آبخوان های تحت فشار به وسیله آزمایشات پمپاژ شامل روش های تطبیق منحنی تاپس (Theis) با استفاده از مشاهدات از چندین چاه مشاهداتی - روش ژاکوب (1946-1956) - آزمایش پمپاژ بازیابی (Recovery) - روش چو (1952)، تعیین ضرایب آبخوان های آزاد به وسیله آزمایشات پمپاژ شامل بیان و محدودیت های استفاده از روش تاپس و ژاکوب برای این آبخوان ها و تصحیحات لازم، تعیین ضرایب آبخوان های نشئی (آزمایش ژاکوب - هانوش)
  - بهره برداری از آب های زیرزمینی، حفاری و ساختمان چاه، قنات و ساختمان آن
  - بررسی های هیدروشیمیایی
  - تخمین میزان جریان ورودی به سازه های سطحی و زیرزمینی
  - خشک اندازی (ایکشی) در معادن و روش های اجرای آن
  - مسائل خاص آبخوان های ساحلی و ویژگی های آن ها، منابع آب های زیرزمینی در سازندهای سخت به ویژه در پهنه های کارستی
  - اکتشاف آب های زیر زمینی
- تمرین: این درس همراه تمرین است تا دانشجویان مسائل تئوری را بهتر درک کرده و جنبه های کاربردی آنها را فراگیرند.

### منابع

- 1- Todd, D. K., and Mays, L. W., (2005), Groundwater Hydrology, Jhon Wiley and Sons Inc.
- 2- Fitts, C.R., 2002, Groundwater Science, American Press.
- 3- Kashef, A.A., 1985, Groundwater Engineering, McGraw Hill Higher Education.

۴- اصول هیدروژئولوژی کاربردی تألیف دکتر امین علیراده انتشارات استن قدس

۵- ایکشی و ابرسانی در معادن تألیف حسن مدنی انتشارات دانشگاه امیرکبیر

۶- زمین و منابع آب (آبهای زیرزمینی)، تألیف محمود صداقت، انتشارات دانشگاه پیام نور



## تجزیه و تحلیل داده های اکتشافی

### Exploration data analysis



تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	آرزیابی ذخایر معدنی
هدف:	آشنایی با روش های تحلیل داده های اکتشافی

#### سرفصل‌ها

- مروری بر آمار کلاسیک شامل انواع توزیع داده های متداول در داده های اکتشافی، تئوری تخمین و حدود اطمینان برآوردهای آزمون های فرض نرمال توزیع، تبدیل داده ها به توزیع نرمال، قضایای حد مرکزی، توزیع نرمال، تبدیل های لگاریتمی، تبدیل کاکس و پاکس، توزیع لاگ نرمال و روش های جداسازی الگوهای توزیع دومی.
- استنباط های آماری در اکتشاف شامل سطح معنی دار بودن، آزمون های یک طرفه و دو طرفه، تجزیه و تحلیل واریانس و کاربرد آن در کنترل کیفیت داده ها، آزمون های خوبی انطباق داده های اکتشافی و مدل های توزیع (روش  $Z$  و توزیع مربع کای)
- مبانی و کاربرد آمار چند متغیره در اکتشاف شامل آمار دو متغیره، کوواریانس، ضریب همبستگی، رگرسیون دو متغیره خطی و غیر خطی، حدود اطمینان پارامترهای خط رگرسیون، توزیع های احتمال توام چند متغیره، تحلیل رگرسیون چند گانه، همبستگی جزئی، کاربرد رگرسیون چند متغیره در اکتشافات ژئوشیمیایی، آنالیز تمایز، روش های  $Q$  و  $R$  مد، روش های مبتنی بر مقادیر ویژه شامل آنالیز مولفه های اصلی یا PCA، تجزیه و تحلیل فاکتوری، تجزیه و تحلیل خوشه ای، فاصله به عنوان ملاک شباهت، دندوگرام، تجزیه و تحلیل تطبیقی، تجزیه و تحلیل ویژگی.
- جنبه های کاربردی پردازش مقدماتی داده های اکتشافی شامل تعیین صحت و دقت داده ها، تعیین داده های پرت و خارج از ردیف و حذف آن ها، روش بیشترین درستمایی کوهن، خنثی سازی اثر مولفه سن ژئیک در هر جامعه با استفاده از روش PCA و منطق فازی.
- جداسازی جامعه آنومالی از زمینه، شامل روش های ساختاری و غیرساختاری.
- تکنیک های رسم نقشه از طریق داده های اکتشافی.
- روش های تخمین در اکتشاف شامل مروری بر روش های سنتی تخمین ذخیره و تفاوت های آن با روش های زمین آماری، تخمین های زمین آماری و کریجینگ، انواع کریجینگ مناسب با نوع کانسار مورد مطالعه.
- شبیه سازی زمین آماری کانسارها شامل شبیه سازی شرطی و غیر شرطی روش تجزیه  $Lu$  و کاربرد آن در آرزیابی پتانسیل معدنی ناحیه.
- منطق فازی و کاربرد آن در اکتشاف.
- تخمین های فراکنالی ضخامت و فاصله در مجموعه رگه های معدنی.
- کاربرد شبکه های عصبی در تخمین های اکتشافی.

- تخمین ساختار فضایی به روش فرای.
- روش های تصمیم گیری در اکتشاف شامل روش ارزش بولی مورد انتظار یا EMV و محاسبه حداقل بودجه اکتشافی.
- تمرین: این درس همراه تمرین است تا دانشجویان مسائل تئوری را بهتر درک کرده و جنبه های کاربردی آنها را فراگیرند.

#### منابع

- ۱- تحلیل داده های اکتشافی، علی اصغر حسنی پاک و مهندس محمد شرف الدین، انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۸۰.
- ۲- زمین آمار، علی اصغر حسنی پاک، انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۷۷.
- 3- Wellmer, F. W., "Statistical evaluations in exploration for mineral deposits, Springer, 1998.



## آزمایشگاه و عملیات ژئوفیزیک Laboratory and field geophysics



تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی (۳۲ ساعت)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	(ژئوفیزیک اکتشافی ۲)
هدف:	آشنایی با جنبه های عملی مطالعات ژئوفیزیک اکتشافی

### سرفصل‌ها

- آشنایی با سیستم های اندازه گیری میدان در ژئوفیزیک.
- آشنایی با دستگاه های اندازه گیری در آزمایشگاه شامل دستگاه های گرانی سنجی، مغناطیس سنجی و گرادیمتری، رزیستوینه، IP، لرزه ای انکساری، VLF و چاه نگاری
- مبانی طراحی پروژه های ژئوفیزیکی و نکات عملیات صحرائی شامل پیاده کردن نقاط و ایستگاه های برداشت ژئوفیزیکی با استفاده از دوربین های نقشه برداری، GPS، متر و کمپاس
- برداشت چند پروفیل مغناطیس سنجی و تخلیه داده های دستگاه به کامپیوتر و تهیه فرمت های مناسب جهت ترسیم نقشه های مختلف و مدل سازی و تعبیر و تفسیر نتایج
- برداشت چند پروفیل VLF و تخلیه داده های دستگاه به کامپیوتر و تهیه فرمت های مناسب جهت ترسیم نقشه های مختلف و مدل سازی و تعبیر و تفسیر نتایج
- برداشت چند سونداژ الکتریکی با طول خط جریان ۲۰۰ متر با آرایه شلومبرژه
- تعبیر و تفسیر دستی و کامپیوتری منحنی های سونداژ الکتریکی
- برداشت چند پروفیل با آرایه دایبل-دایبل یا وتر به روش پروقایلینگ برای داده های مقاومت ویژه ظاهری و IP و رسم نقشه ها و گراف های مربوطه
- برداشت یک پروفیل لرزه ای انکساری با آرایه پروفیلی و ترسیم منحنی زمان-فاصله و تعبیر و تفسیر مربوطه
- برداشت چند لوگ چاه نگاری به روش های رزیستوینه، کالیبر، میکرولوگ، سوسپنیمتری مغناطیسی در یک چاه آزمایش آب و تعبیر و تفسیر نتایج
- تهیه گزارش در مورد هریک از برداشت های ژئوفیزیکی فوق الذکر

### منابع

- ۱- دستور کار با دستگاه های ژئوفیزیکی موجود
- ۲- J. Milsom, 1996, Field Geophysics, Second edition, Jhon Wiley & Sons, N. Y

سنگ شناسی میکروسکوپی  
Microscopic Petrology



تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	عملی (۳۲ ساعت)
(همینار) پیش نیاز:	آزمایشگاه سنگ شناسی
هدف:	آشنایی با روش شناسایی انواع سنگ ها در تیغه های نازک

سرفصل ها

- مطالعه، طبقه بندی و شناسایی سنگ های آذرین از روی تیغه های نازک در زیر میکروسکوپ پلاریزان
- مطالعه، طبقه بندی و شناسایی سنگ های دگرگونی از روی تیغه های نازک در زیر میکروسکوپ پلاریزان
- مطالعه، طبقه بندی و شناسایی سنگ های رسوبی از روی تیغه های نازک در زیر میکروسکوپ پلاریزان

منابع

- 1- Mackenzie W.S., and Guilford C., 1984, Atlas of rock formations minerals in thin section, Longman publications.
- 2- Mackenzie W.S., Donaldson C. H., and Guilford C., 1984, Atlas of Igneous rocks and their textures, Longman publications.
- 3- Adams A. E., Mackenzie W.S., and Guilford C., 1984, Atlas of sedimentary rocks under the microscope, Longman publications.





## دورسنجی و GIS Remote Sensing and GIS

تعداد واحد:	۲ واحد
نوع درس:	نظری-عملی (۱۶ ساعت نظری+۳۲ ساعت عملی)
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز:	کارتوگرافی
هدف:	آشنایی با مبانی دورسنجی و نحوه کار با نرم افزار بر روی داده های ماهواره ای، آشنایی با اصول GIS

### سرفصل ها

#### الف) دورسنجی

- عکس های هوایی: مشخصات و انواع عکس های هوایی، برجسته بینی، شناسایی عوارض و روش اندازه گیری اختلاف ارتفاع، تشخیص ها در عکس های هوایی (انواع اصلی سنگ ها و مصالح، ساختارهای اصلی، فرآیندهای فعال، عوارض ناشی از فعالیت های انسانی)، روش تهیه نقشه های زمین شناسی پایه بر مبنای دید استریوسکوپی عکس های هوایی - تصاویر ماهواره ای: روش های تصویر برداری ماهواره ای، آشنایی با منابع و نرم افزارهای دورسنجی، تصحیحات داده های ماهواره ای، زمین مرجع کردن داده های ماهواره ای، کاربرد داده های ماهواره ای در مهندسی معدن و محیط زیست

#### ب) GIS

آشنایی با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و کاربرد آن در حل مسائل اکتشافی، اطلاعات مکان مرجع (مدل های رستری و برداری)، مبانی مفاهیم مکانی (فضاهای اقلیدسی، مجموعه ای، توپولوژی شبکه ای، متریک و فراکتال)، نرم افزارهای GIS، پردازش داده های جدولی، پردازش داده های نقشه ای، پردازش داده های مدلی، تفسیر و جمع بندی داده ها، مدل سازی برای تصمیم گیری، داده های خروجی

#### عملی:

- آشنایی با روش های کار و برداشت داده های زمین شناسی و ژئوتکنیکی با استفاده از عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای

- انجام یک پروژه عملی تهیه نقشه توسط عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای

- انجام یک پروژه عملی GIS توسط یکی از نرم افزارهای GIS موجود و ارائه نتایج به صورت نقشه ها و گزارش

\* تبصره- عناوین عملی به صورت کار گروهی در گروه های ۳ تا ۵ نفره انجام می شود.

#### منابع

1. Gupta, R.P., (2003). "Remote Sensing Geology, second edition", Springer, 656 pages.
2. Cambell, Y.B., (2002). "Introduction to Remote Sensing", The Guilford Press.
3. Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. & Chipman, J.W., (2003). "Remote Sensing and Image Interpretation", John Wiley, 784 pages.
4. Bolstad, P., 2002, GIS Fundamentals: A First takes on geographic information systems, Bookmasters dist. 424 pages.
5. Lang, L., 1998, Managing natural resources with GIS, ESRI Press, 117 pages.



## کارآموزی ۲ Training(2)

تعداد واحد: ۵ واحد

نوع درس: عملی

(همیناز) پیش نیاز: کارآموزی ۱

هدف: آشنایی با محیط کارهای عملی مهندسی معدن در گرایش مورد تحصیل دانشجو

### سرفصل‌ها

- هر یک از دانشجویان بر حسب گرایش تحصیلی ملزم به گذراندن ۲۳۲ ساعت کارآموزی در معادن، سازمان‌ها و یا شرکت‌های معدنی، کارخانه‌های فرآوری یا در پروژه‌های احداث سازه‌های زیرزمینی هستند.
- نوع کار و محتوای گزارش کارآموزی طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان در هر گرایش تعیین خواهد شد.
- 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، ۲۵ درصد مسئولین واحدی که دانشجو در آنجا کارآموزی خود را گذرانده و ۲۵ درصد نیز استاد راهنمای کارآموزی خواهد بود.



## پروژه Project

تعداد واحد:	۳ واحد
نوع درس:	عملی
(هم‌تایز) پیش‌نیاز:	نیمسال ۸ (گذراندن حداقل ۱۲۰ واحد درسی)
هدف:	آشنایی دانشجویان با روش انجام پروژه‌های معدنی و نحوه ارائه نتایج

### سرفصل‌ها

- پروژه به منزله پایان نامه دوره کارشناسی است.
- موضوع و محتوای پروژه طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان در هر گرایش تعیین خواهد شد.
- 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 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 تخصصی  
گرایش مکانیک سنگ  
۲۸/۵ واحد



علاوه بر این ۲۸/۵ واحد دانشجویان موظفند ۴ واحد درسی مرتبط با گرایش مکانیک سنگ از جدول دروس اختیاری اخذ نمایند.



## چالزنی و انفجار Drilling and Blasting



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: مبانی استخراج مواد معدنی

هدف: آشنایی با مبانی نظری و کاربردی حفاری، آشنایی با مواد منفجره و مروری بر مبانی نظری و اصول پایه ای دینامیک انفجار، آشنایی با اجزای اصلی مدارهای انفجار و روشهای مختلف انفجار، مبانی طراحی روشهای انفجار در حفاری سازه های سطحی و زیرزمینی، ایمنی استفاده از مواد منفجره

### سرفصل‌ها

#### چالزنی

- مروری بر عملیات واحد با تاکید بر کندن سنگ (Rock Breakage)، نفوذ در سنگ (حفاری، حفر، برش)، روش های نفوذ (مکانیکی، حرارتی، هیدرولیکی)، روش های نفوذ مکانیکی (ضربه، دوران و ترکیبی)، مکانیزم نفوذ، حفاری و حفر و برش و کاربرد آن ها در معدنکاری و ...
- سرشته ها و ابزار برشی در نفوذ مکانیکی، اندرکنش سرشته و ابزار برشی و سنگ
- روش های مختلف چالزنی و کاربرد آن ها، عوامل مؤثر بر عملکرد سیستم چالزنی، خصوصیات سنگ، مشخصه های چال، آشنایی با سرشته های چالزنی، انتخاب نوع چالزن

#### انفجار

- آشنایی با مواد منفجره و ترموشیمی آن ها و فرآیندهای انفجار: احتراق و انفجار، فرآیند انفجار در مواد منفجره، گرما و فشار و ترموشیمی مواد منفجره و انفجار، موازنه ی اکسیژنی، انرژی قابل دسترس

- خصوصیات مواد منفجره، مواد منفجره ی صنعتی، معیارهای انتخاب مواد منفجره
- مبانی نظری و اصول پایه ای دینامیک انفجار
- ابزار و روش های انفجار: سیستم های غیر برقی (چاشنی های قابل انفجار با فتیله ی انفجاری کم انرژی و معمولی و هرکودت، تأخیر دهنده ها، چاشنی معمولی و فتیله ی اطمینان، فتیله ی انفجاری، نائل)، سیستم های برقی (چاشنی های برقی، چاشنی های تأخیری برقی)، منابع انرژی، سایر ابزار (اتصال دهنده ها، فشنگ های امگا، ابزار بستن چال)
- سیستم های آغازگر و تحریک: پرایمر، بوستر، پرایمر و بوسترگذاری (انفوی فله ای، مواد دوغابی و امولسیون، مواد منفجره ی فشنگی)، محل پرایمرها
- سیستم های خرج گذاری و آبکشی چال ها: سیستم های خرج گذاری مکانیزه (مواد فشنگی، فله ای، دوغابی)، سیستم های آبکشی

- اجرای عملیات انفجار: سیستم‌های غیر برقی (قتیله‌ای اطمینان و چاشنی معمولی، قتیله‌ای انفجاری، نابل،...) و ملاحظات اجرایی و عملیات، سیستم‌های برقی (مدارها و بستن مدار، کنترل مدار،...)، اشاره‌ای به الگوی جالزنی، آرایش مدارها و ترتیب زمانی انفجار جال‌ها، انفجار تأخیری یا ترتیبی (برقی، غیر برقی) و توالی آتش یا تحریک
- مکانیزم خرد شدن سنگ بر اثر انفجار، خصوصیات سنگ و توده سنگ مؤثر بر انفجار، تعیین خصوصیات توده سنگ برای طراحی انفجار
- پارامترهای قابل کنترل انفجار: قطر جال، ارتفاع پله، انحراف یا امتداد جال، طول گمل‌گذاری، اضافه جال، فاصله‌ی ردیفی و جناحی، الگوی جال‌ها، سطح آزاد، اندازه و شکل انفجار، موقعیت خرج‌ها، جفت شدگی خرج‌ها، نوع مواد منفجره، توزیع مواد در جال‌ها، خرج ویژه، تحریک و پیرامر گذاری، زمان بندی تأخیر و ترتیب زمانی تحریک، تأثیر تجهیزات پرکردن، حفاری ویژه
- انفجار پله‌ای (قطر کوچک، قطر بزرگ، با جال‌های افقی، تولید قطعات بزرگ، روابط و فرمول‌ها و مدل‌های محاسبه‌ی پارامترهای انفجار)
- انفجار در عملیات سطحی غیر معدنی (راه‌سازی، ترانشه‌ها، رمپ‌ها، تسطیح سطح زمین، گودبرداری برای پی‌سازی)
- انفجار محیطی یا کنترل شده در عملیات سطحی
- خرد کردن ثانویه و انفجارهای ویژه
- تمهیدات ایمنی برای عملیات جالزنی و انفجار
- طراحی و برنامه‌ریزی عملیات جالزنی و انفجار (عوامل مؤثر بر طراحی جالزنی و انفجار، برنامه‌ریزی مراحل)، بهینه‌سازی هزینه‌های خرد کردن از طریق جالزنی و انفجار (جنبه‌های اقتصادی، تعیین هزینه‌ی بهینه، خرد شدگی)
- نمایش فیلم در مورد سیستم‌های انفجار و عملیات اجرایی
- بازدید: انجام حداقل یک بازدید از عملیات جالزنی و انفجار ضروری است.

#### منابع

۱. استوار، رحمت الله؛ "انفجار در معادن"؛ جلد اول، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیر کبیر؛ چاپ چهارم؛ ۱۳۷۹
۲. استوار، رحمت الله؛ "انفجار در معادن"؛ جلد دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۷۳
۳. هارتمن، هوراد ال.؛ "اصول مهندسی معدن؛ ترجمه‌ی یابوری شهرضا، مهدی؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران؛ ۱۳۸۱
4. Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II ; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton, Co. ; 1992; Ch. 9-1, 22-1, 22-3, 22-9
5. Lopez Jimeno, Carlos and Emilio; "Drilling and Blasting of Rocks"; Geomining Technological Institute of Spain; 1995; ch. 1 to 7
6. Hustrulid, W. ; "Blasting Principles For Openpit Mining"; P.A. Balkema; Vol. I&II; 1999



## خدمات فنی درمعدن ۱

### Technical services in mines (1)

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: مکانیک سیالات، مبانی استخراج مواد معدنی

هدف: آشنایی با مبانی آب‌های زیرزمینی و مکانیک سیالات کاربردی در حوزه‌ی انتقال هیدرولیکی و توزیع هوای فشرده، پمپ‌ها و کمپرسورها و طراحی خطوط لوله‌کشی، مجاری باز و شبکه‌های توزیع هوای فشرده در معدن

#### سرفصل‌ها

##### ۱- آب‌های زیرزمینی

- کلیات: چرخه‌ی طبیعی آب، حوضه‌های آبریز، بارش، تبخیر، آب‌های جاری، هیدروگراف‌ها، آب‌های زیرزمینی و منشأ آن‌ها

- جریان آب‌های زیرزمینی: آب در محیط‌های اشباع و غیراشباع، آب‌خوان‌ها، قانون دارسی، ضریب نفوذ پذیری، خصوصیات هیدرولیکی آب‌خوان‌ها، معادلات عمومی جریان آب‌ها، شبکه و توابع پتانسیل جریان، منحنی‌ها و خطوط جریان، نوسانات - هیدرولیک جریان‌های شعاعی: معادلات جریان‌های شعاعی در آب‌خوان‌ها و رژیم‌های جریان، تعیین ضرایب آب‌شناسی و آزمایش‌های پمپ‌ها و تحلیل داده‌ها، تعیین خصوصیات هیدرولیکی آب‌خوان‌ها

##### ۲- آب‌کشی

- تأسیسات: آب انبار (کلیات، محل، ظرفیت، طراحی)، خطوط لوله (انواع، جنس، مشخصات)، سایر تأسیسات - پمپ‌ها: انواع، عملکرد، انتخاب، پمپ‌های گریز از مرکز (انواع، اجزاء، عملکرد، مشخصه‌ی تئوریک و واقعی، افت‌ها، راندمان، منحنی مشخصه، روابط تشابهی، سرعت مخصوص در پمپ‌ها، اتصال پمپ‌ها، کاویتاسیون، محدودیت‌های ارتفاع مکش)، انواع دیگر پمپ‌ها و مشخصه‌های آن‌ها

- محاسبات و تحلیل شبکه‌های لوله‌کشی: کلیات (شدت جریان، قطر لوله‌ها)، محاسبه‌ی افت‌ها (افت اصطکاکی و ضریب اصطکاک، افت موضعی)، مجاری بسته با مقطع غیر دایره‌ای، اتصال سری و موازی لوله‌ها، طراحی خطوط لوله (سری، موازی، افت ارتفاع در لوله با تخلیه‌ی جانبی بکنواخت، تأثیر بوستر پمپ در لوله‌ها، مجاری غیر دایره‌ای)، کهنگی لوله‌ها، انتخاب نلمبه، سیستم‌های لوله‌کشی شامل پمپ

##### ۳- مجاری باز و زهکشی

- کلیات: مفاهیم، جریان در مجاری باز، نیروهای مؤثر - جریان بکنواخت: روابط دارسی - ویسباخ، کلبروک - وایت، جزی، مانینگ - مجاری: با زبری مرکب با مقاطع مرکب - طراحی مجاری: مجاری با مرز صلب، تغییرات شعاع هیدرولیکی و مقطع اقتصادی، مجاری با بستر فرسایشی - جریان بکنواخت در لوله‌های دایره‌ای نیمه پر، جریان متغیر سریع در مجاری باز - معادله‌ی انرژی، جریان متغیر تدریجی، روش حل مسائل مجاری باز



د- هزینه‌های انتقال آب و دغاب و برآورد آن‌ها

۴- توزیع هوای فشرده

- مشخصه‌های هوای فشرده: فشار، دما، حجم، رطوبت

- تجهیزات توزیع: کمپرسورها (انواع، مکانیزم)، کمپرسورهای گریز از مرکز (کار، راندمان، ...)، مخزن هوا، لوله، شیلنگ...

- طراحی شبکه: شرایط طراحی، ملزومات کمپرسور، پیش بینی شدت جریان، طول‌های معادل، تعیین محل کمپرسور و

نقش ارتفاع، متوازن سازی شدت جریان هوا در گره‌ها، افت فشار خط لوله (فرمول‌ها و جداول، بررسی اعتبار فرمول‌ها،

جریان توده‌ای، دیفرانسیل ارتفاع فشار، افت موضعی در خط لوله، افت در شیلنگ‌ها)، نشست هوا، شبکه‌های جریان و افت

شکدها و تحلیل آنها، توان کمپرسور، قطر بهینه‌ی لوله، هزینه‌ها و برآورد آن‌ها

• اراندی مسائل جامع و پروژه‌هایی در مورد لوله کشی، مجاری بار و شبکه‌های هوای فشرده به عنوان تکلیف خارج از

کلاس و حل با استفاده از نرم افزارها و برنامه‌های کامپیوتری مرتبط الزامی است.



#### منابع

۱- مدنی، حسن؛ آبکشی و آبرسانی در معادن؛ انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ چاپ ۱۳۶۷

۲- مدنی، حسن؛ خدمات فنی در معادن، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ ۱۳۷۴

۳- قدرستون، آز. ای، ونالودی، سی.؛ "هیدرولیک مهندسی عمران"، ترجمه‌ی انتظاری، علیرضا؛ ناشر نورپردازان، تهران؛

۱۳۸۰

۴- شمزر، اچ.؛ "مکانیک سیالات"، ترجمه‌ی انتظاری، علیرضا؛ نورپردازان؛ تهران؛ چاپ نهم؛ ۱۳۸۴

۵- استریتر و وایلی، "مکانیک سیالات"، ترجمه‌ی انتظاری، علیرضا؛ نورپردازان؛ تهران؛ چاپ ششم، ۱۳۸۲

6-Todd, D.K. and Mays, L. w. ; "Groundwater Hydrology"; John Wiley & Sons Inc. ; 2005

7- Kashef, A.A; "Ground water Engineering"; McGraw Hill; 1985

8- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; ch. 12-1 & 5, 9-3-4-5, 17-4-2-2

9- Weizz, N.L.. (Editor); "SME Mineral Processing Handbook"; Vol. I & II; SME; 1989; ch.10



## معدنکاری سطحی Surface Mining



تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: (چالزنی و انفجار)، مبانی مکانیک سنگ

هدف: آشنایی با روش‌ها و تکنولوژی‌های معدنکاری سطحی شامل مراحل آماده سازی، شرایط کاربرد، چرخه‌ی عملیات و تجهیزات و ویژگی‌ها شامل مزایا و معایب هر روش. فراگیری تفصیلی روش و طراحی محدوده‌ی نهایی معادن روباز و آشنایی مقدماتی با مبانی برنامه‌ریزی تولید معادن روباز

### سرفصل‌ها

- ۱- ملاحظات عمومی: مروری کلی بر روش‌های معدنکاری، معدنکاری سطحی، مقایسه‌ی معدنکاری سطحی و زیرزمینی، انتخاب مقدماتی روش معدنکاری (سطحی یا زیرزمینی)، کلیات و مراحل تجهیز و آماده سازی در معدنکاری سطحی (با تاکید ویژه بر پیش باطله برداری و انباشتگاه‌های باطله)، مبانی دسته‌بندی و دسته‌بندی روش‌های بهره برداری سطحی، بازسازی سطح زمین
- ۲- توضیح در مورد عناوین و مباحث مربوط به هر روش شامل شرح کلی روش، شرایط کاربرد و مؤلفه‌های آن، مراحل آماده سازی، عملیات واحد و چرخه‌ی عملیات، تجهیزات و ماشین آلات مورد استفاده، گوناگونی‌ها و گزینه‌های مشابه در هر روش، ویژگی‌ها و مؤلفه‌های مطرح در هر روش در قالب مزایا و معایب، مسائل خاص هر روش
- ۳- توضیح عناوین و مباحث مطرح در بالا برای دسته روش‌ها و روش‌های زیر:  
روش‌های مکانیکی: روش استخراج نواری، روش استخراج روباز، روش استخراج کواری و سنگ‌های تزئینی و نما، روش استخراج با اوگر  
روش‌های ترکیبی:  
روش‌های استخراج پلاستی (روش استخراج هیدرولیکی، روش استخراج با شناور)  
روش‌های استخراج محلول (روش استخراج گمانه‌ای، فروشویی)
- ۴- روش استخراج روباز و طراحی و برنامه‌ریزی معادن روباز
- کلیات: مفاهیم پایه، اهداف طراحی و برنامه‌ریزی، محدوده‌ی نهایی و مفاهیم اساسی، اطلاعات و ملزومات طراحی محدوده‌ی نهایی، فرآیند طراحی محدوده‌ی نهایی
- تهیه و نمایش طرح پایه: نقشه‌ها و اطلاعات اکتشافی مورد نیاز: ترکیب کردن، مدل‌سازی هندسی کانسار (روش مقاطع قائم و افقی، مدل‌های بلوکی)، تهیه‌ی طرح پایه (در مقاطع قائم و افقی، محاسبه‌ی تناژ و عیار کانسنگ، محاسبه‌ی تناژ باطله‌ی

کاواک پایه، نسبت باطله برداری کاواک)

- ملاحظات هندسی کاواک: هندسه ی پله ( اجزاء و طراحی آن‌ها)، دسترسی به پله‌ها و گسترش پله‌ها و کاواک، هندسه و زوایای شیب دیواره ی کاواک ( تحلیل و طراحی پایداری و زاویه ی شیب پایدار)، نمایش کاواک و پلان پله‌ها، راه‌های باربری، هندسه ی کف کاواک،

نسبت‌های باطله برداری، ترتیب هندسی استخراج و برداشت کاواک

- ملاحظات اقتصادی و مالی: برآورد ظرفیت و عمر، برآورد درآمد، برآورد هزینه‌ها، محاسبه ی ارزش خالص کانسنگ، نسبت‌های باطله برداری سربسری و مجاز، عیار حد استخراجی، مدل‌های بلوکی اقتصادی

- طراحی محدوده ی نهایی کاواک: روش‌های طراحی، روش طراحی دستی، پیاده کردن محدوده ی نهایی در مقاطع قائم، تهیه ی پلان مرکب با رمپ، عیار حد فرآوری و تعیین مقصد مواد، محاسبات سود آوری، مدل‌های بلوکی اقتصادی، روش‌های طراحی کامپیوتری دو بعدی و سه بعدی ( الگوریتم‌ها و رویه‌های طراحی شامل مخروط شناور دو و سه بعدی و الگوریتم لرج- گروسمن)

- آشنایی با برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید: مفاهیم و واژه‌های اساسی، مراحل و اهداف برنامه‌ریزی تولید، مباحث اصلی ( برنامه‌ریزی روباره برداری، کمینه سازی هزینه‌های تولید، اطمینان از فضای کاری مناسب، یکنواخت کردن نسبت‌های باطله برداری، آشکارسازی به موقع بلوک‌های مواد معدنی...)

۵- طراحی و برنامه‌ریزی معادن نواری

۶- مقایسه ی روش‌های بهره‌برداری سطحی: عوامل اجرایی، شرایط کاربرد، ویژگی‌ها و مزایا و معایب

آشنایی با نرم افزارهای متداول معادن سطحی و انجام پروژه با یکی از آنها ضروری است.

منابع

- 1- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; sec. 13, 14, 15, 16
- 2- Hartman, W. H. and Mutmansky, J.M.; "Introductory Mining Engineering"; John Willey & Sons; 2<sup>nd</sup> Edition; 2002
- 3- Kennedy, B.A. (Editor); "Surface Mining", SME Littleton; Colorado; 2<sup>nd</sup> Edition; 1990
- 4- Hustrullid, W. and Kuchta, M ; "Open Pit Mine Planning and Design "; AIME; 1995





## معدنکاری زیرزمینی Underground Mining

تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری-عملی (۴۸ ساعت نظری)

(هم نیاز) پیش نیاز: (معدنکاری سطحی)، کنترل زمین و نگهداری

هدف: تشریح مبانی و موضوعات مرتبط با تجهیز و آماده‌سازی معادن زیرزمینی شامل مباحث مورد نیاز برای طراحی و برنامه‌ریزی، عملیات واحد و تجهیزات و انتخاب آنها در معدنکاری زیرزمینی، فضاهای آماده‌سازی زیرزمینی و احداث آنها، ایجاد قابلیت برای طراحی معادن زیرزمینی، تشریح مبانی و موضوعات مرتبط با بهره‌برداری و روش‌های استخراج زیرزمینی شامل عوامل مؤثر بر انتخاب روش و مباحث مربوط به هر روش مانند شرح کلی، آماده‌سازی فضاهای استخراجی، چرخه‌ی عملیات و تجهیزات، شرایط کاربرد، ویژگی‌ها در قالب مزایا و معایب، گوناگونی‌ها و مقایسه‌ی روش‌ها، ایجاد قابلیت برای طراحی معادن زیرزمینی

### سرفصل‌ها

۱- کلیات، طرح درس و مروری بر:

- روش‌های معدنکاری (سنتی و نوین)، مقایسه‌ی معدنکاری سطحی و زیرزمینی، مباحث کلی روش‌های معدنکاری زیرزمینی و نوین، عملیات واحد معدنکاری (تولیدی و جنبی) به تفکیک سطحی و زیرزمینی

- تجهیز و آماده‌سازی: مراحل تجهیز و آماده‌سازی، عوامل مؤثر بر آماده‌سازی، فضاهای آماده‌سازی، طراحی و برنامه‌ریزی معدن

۲- آماده‌سازی معادن زیرزمینی

- طراحی و برنامه‌ریزی معدن: مفاهیم و کلیات، 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

- انتخاب و تعیین ظرفیت ماشین آلات و تجهیزات: عملیات واحد در آماده‌سازی و بهره‌برداری زیرزمینی، مبانی تفکیک تجهیزات، سیستم دسته‌بندی تجهیزات، مقایسه‌ی تجهیزات سینه‌کاری و غیر سینه‌کاری معدن، اجزای عمومی کلیه‌ی ماشین آلات، دستگاه‌های جالزنی (در فضاهای آماده‌سازی، کارگاه‌ها)، ماشین‌های حفر و کندن مواد (ماشین‌های استخراج پیوسته، ماشین‌های طبلیکی چرخان یا شیررها، اوگرهای استخراجی، ماشین‌های حفر تونل TBM، ماشین حفر چاه یا SBM، ماشین حفر دوپل یا RBM)

- ماشین‌های حفر بازویی یا رودهدر، سیستم‌های انتقال و جابجایی مواد ( در فضاهای آماده سازی و فضاهای استخراجی)، ماشین برش، سیستم‌های نگهداری ( با تاکید بر سیستم‌های فضاهای استخراجی) و کنترل زمین (پایه، پرکردن، تخریب کنترل شده)
- تأسیسات و تسهیلات سطحی و زیرزمینی و جانمایی آن‌ها: تأسیسات و تسهیلات سطحی و زیرزمینی، دستورالعمل‌های جانمایی، متدولوژی جانمایی
  - فضاهای آماده سازی: انواع و دسته‌بندی فضاها ( بازکننده‌های اصلی، فضاهای ایجاد کننده‌ی طبقات یا پهنه‌ها، فضاهای دسته سوم، سایر فضاهای آماده‌سازی، توضیح و نمایش کلیه‌ی 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- احداث فضاهای آماده‌سازی

- چاه قائم: ملاحظات عمومی (ستون نگاشت زمین‌شناسی، ویژگی‌های ژئومکانیکی، تعیین شدت جریان آب ورودی به چاه، انتخاب ساختگاه)، انتخاب قطر چاه، پوشش چاه، دهانه‌ی چاه‌ها، طراحی انشعابات و مخزن چاه، تکنولوژی حفر چاه | دسته‌بندی روش‌های حفر، روش حفر از بالا به پائین یا چالزنی و آتشکاری (کارهای مقدماتی، احداث دهانه، چالزنی و انفجار، بارگیری، آبکشی، پوشش و نگهداری دائم، پوشش و نگهداری موقت)، روش‌های ویژه‌ی حفر از بالا به پائین ( دسته‌بندی، چاه با دیواره‌ی چوبی، چاه با دیواره‌های فولادی ورقه‌ای، چاه با دیواره‌های بتنی، روش کیسون، حفر با تزریق دوغاب، حفر با انجماد)، حفر چاه با تعریض دوپل، دوپل زنی با RBM، حفر چاه با SBM ]
  - فضاهای مایل: قواعد کلی برای طراحی فضاهای مایل، نگهداری، تکنولوژی احداث ( حفر با رودهدر، روش سنتی در سنگ‌های سخت)
  - پذیرگاه‌های چاه: بخش‌های پذیرگاه، انشعابات چاه تهویه و اصلی با قفس، انشعابات چاه‌های تولیدی با بونکر بارگیری و اسکپ، اتاقک‌های پذیرگاه
  - فضاهای افقی: قواعد کلی طراحی، تکنولوژی احداث، بارگیری
- ۴- روش‌های استخراج

- ۱- انتخاب روش و عوامل مؤثر بر انتخاب روش، تشریح مبانی دسته‌بندی اصلی و هر دسته‌ی اصلی، دسته‌بندی روش‌ها، توضیح تفاوت‌های عمده‌ی روش‌های استخراج ( کنترل سقف، جهت کارگاه و پیشروی استخراج، آماده‌سازی فضاهای استخراجی، خصوصیات هندسی کانسار، شرایط زمین‌شناسی و ژئومکانیکی کانسار و سنگ‌های فراگیر)
- ۲- توضیح مباحث مربوط و مطرح برای هر روش استخراج: شرایط کاربرد ( عوامل و





مشخصه‌های مربوط به هر کانسار که قابلیت به کارگیری آن روش را می‌دهد، شرح کلی روش و ترتیب عملیات و ویژگی‌های اجرایی آن، آماده‌سازی فضاهای استخراجی (دوئل‌ها، زیربرش، سیستم‌های تخلیه...)، چرخه‌ی عملیات و تجهیزات و ماشین آلات هر عملیات که در برخی موارد انتخاب و محاسبه‌ی ظرفیت و مباحث طراحی نیز توضیح داده می‌شود، ویژگی‌های هر روش در قالب مزایا و معایب (راندمان، اختلاط، هزینه‌ها...)، گوناگونی‌های روش‌ها

۳- شرایط کاربرد، آماده‌سازی، شرح کلی روش، چرخه‌ی عملیات و تجهیزات، ویژگی‌ها و مباحث خاص برای روش‌های استخراج زیر:

- روش‌های خودنگهدار: روش اتاق و پایه، روش کارگاه و پایه، روش استخراج انبارهای، روش استخراج از طبقات فرعی

- روش‌های با نگهداری: روش کند و آکند، روش ستونی، روش استخراج با کرسی چینی  
- روش‌های تخریبی: روش جبهه‌کار بلند، روش استخراج با تخریب طبقات فرعی، روش تخریب بزرگ

۴- روش‌های استخراج زغال سنگ (به غیر از روش اتاق و پایه و جبهه‌کار بلند مکانیزه و نیمه مکانیزه):

لایه‌های نازک و متوسط ضخامت کم شیب و میان شیب و پرشیب با و بدون تقسیم به طبقات فرعی، لایه‌های ضخیم با و بدون تقسیم به طبقات فرعی

۵- مقایسه‌ی روش‌ها: شرایط کاربرد، مزایا و معایب، چرخه‌ی عملیات و تجهیزات...

۶- انتخاب روش: اشاره‌ای به رویه‌ی کیفی انتخاب روش هارتمن

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

## منابع

- ۱- هارتمن، هوارد ال.؛ "اصول مهندسی معدن"؛ ترجمه‌ی یابری شهرضا، م.؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران؛ ۱۳۸۱
- 2-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; sec 17
- 3-Hustrullid, W.A. and Bullock, R.L. (Editors); "Underground Mining Methods"; SME; 2001
- 4-Gertsch, R.E and Bullock, R.L. (Editors); "Techniques in Underground Mining"; SME; 1998
- 5-Peele, R. and Church, J.A (Editors); "Mining Engineers Handbook"; John Wiley and Sons, Inc. ; 3<sup>th</sup> Edition; 1945
- 6-Boky, B.; "Mining"; MIR Publisher; Moscow; 1967





## کنترل زمین و نگهداری Ground Control and Support

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: مبانی مکانیک سنگ

هدف: آشنایی با مبانی تحلیل و طراحی حفاریات روباز و فضاهای زیرزمینی و به کارگیری 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 مدل‌سازی ریاضی: کلیات، روش‌های تحلیلی یا رهیافت، طراحی سازه‌ها در سنگ و معیارهای طراحی نگهداری (معیار پایداری، اصول طراحی)، تئوری قوس زمین ترقاقی، 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

- نگهداری در معدنکاری و تونل‌سازی: 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 معادن 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، سیرها یا Shield، گوه-سیر و توصیف 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 چینه‌ها 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، تصمیم گیری در مورد نحوه‌ی کنترل سقف (برکردن یا تخریب)

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

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

#### منابع

- 1-Singh, R.N. and Ghose, A.K. ; "Engineering Rock Structures in Mining and Civil Construction" ; Taylor & Francis Group PLS; London; 2006
- 2-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. 1&11; 2<sup>nd</sup> 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
- 3-Goodman, R.E. ; "Introduction to Rock Mechanics"; John Wiley & Sons; New York; 1980
- 4-Hoek, E. & Brown, E.T. ; "Underground Excavations in Rocks, The Institution of Mining and Metallurgy, London; 1980
- 5-Biron, C. and Ariglu, E. ; "Design of Support in Mines"; John Wiley and sons; 1900





## حفر چاه و فضاهای زیرزمینی Shaft and underground excavation

تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: چالزنی و انفجار، کنترل زمین و نگهداری

هدف: آشنایی با فضاهای زیرزمینی چاه و تونل و کاربرد آنها و روش‌های احداث تونل، چاه و دوپل، مخاطرات و ملاحظات زیست محیطی در احداث فضاهای زیرزمینی

### سرفصل‌ها

- کلیات: مفاهیم و تعاریف، تاریخچه و ضرورت، طراحی و مراحل آن، 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 زباله‌ها)
- مخاطرات جغریات زیرزمینی
- مطالعات ساختگاهی: زمین‌شناسی و عوامل مؤثر بر احداث فضاهای زیرزمینی، ارزیابی‌های مکانیک سنگی، اکتشافات ساختگاهی
- حفر تونل در زمینهای 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
- حفر تونل در 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 (تجهیز، احداث دهانه، چالزنی و انفجار، بارگیری و باربری، اجرای پوشش و نگهداری)، روش‌های ویژه (دیوارهای جویی، 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 دوپل (چالزنی و انفجار، سکوه‌های دوپل زنی، حفر با دوپل زن‌ها یا RBM ها، سیستم‌های حفر چاه از طریق تعریض دوپل
- مخاطرات تونل‌سازی و ملاحظات زیست محیطی



- مروری بر روش‌های بهسازی زمین (Ground Treatment)

- 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- Whitteker, B.N. and Frith, R.C.; "Tunnelling: Design Stability and Construction", IMM; 1990
- 2-Bickel, J.O. and Kusel, T.R.; "Tunnel Engineering Hand Book", 1997
- 3-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook", Vol I&II, 2<sup>nd</sup> Edition, SME Littleton Co. ; 1992; Sec 17-4, 24



## مکانیک سنگ تخصصی

### Rock Mechanics



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: مبانی مکانیک سنگ

هدف: 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 دیواره‌های شیب‌دار

### سرفصل‌ها

- تعیین مشخصات سنگ: دسته‌بندی آزمایش ( مشخصه‌های طراحی مهندسی، مشخصه‌های ذاتی، آزمون‌های شاخص)، نمونه‌های مغزه‌ای سنگی (تهیه و آماده‌سازی، حداقل تعداد نمونه، هزینه‌ها)، خصوصیات ذاتی سنگ، خصوصیات هیدرولیکی سنگ‌ها (نفوذپذیری، آزمون‌های نفوذپذیری، نفوذپذیری در درزه‌های موئین)
- آزمایش فشاری تک محوری سنگ‌ها: مقاومت فشاری تک محوری (UCS) و دستگاه‌های اندازه‌گیری، عوامل مؤثر بر UCS، حالت گسیختگی در آزمایش UCS، شرایط استاندارد آزمایش، تعیین مدول یانگ و ضریب پواسون ( تعیین پارامترهای برجا، انواع منحنی‌های تنش- کرنش)، رفتار پس از گسیختگی سنگ در اثر فشار و تاثیر اندازه و شکل نمونه بر آن
- مقاومت برشی، کششی و سه محوری: آزمایش کشش غیرمستقیم، آزمایش برشی مستقیم، آزمون سه محوری سنگ ( آزمایش، تفسیر نتایج آزمایش منفرد، تفسیر نتایج بین  $\delta_1$  و  $\delta_3$ ، تعیین مقاومت چسبندگی، برون‌یابی مقاومت برشی از مقاومت کششی و فشاری تک محوری، نمونه‌ها و دستگاه‌های آزمون سه محوری)، حالات گسیختگی در آزمایش سه محوری، عوامل مؤثر بر نتایج آزمایش، مقاومت برشی درزه‌های سنگ
- خصوصیات شاخص سنگ‌ها: دلایل انجام آزمون‌های شاخص، خصوصیات شاخص سنگ‌ها، آزمایش برزلی، آزمایش شاخص بار نقطه‌ای ( روش آزمایش، ارتباط بین شاخص بار نقطه‌ای و پارامترهای مقاومتی)، آزمایش ضربه با MRDE، آزمایش چکش اشمیت ( روش کار، تصحیح پارامترهای مقاومتی و تغییر یا استفاده از آزمایش)، آزمایش دوام داری، پیمایش گمانه‌ها و تصحیح پارامترهای مقاومتی و تغییر شکل، سختی و ساینده‌گی، آزمایش سرمته‌های مخروطی NCB، آزمایش شاخص سرشار (CERSHAR)
- اندازه‌گیری تنش در سنگ: تنش در سنگ، علل اندازه‌گیری تنش برجا، تخمین تنش‌های زمین، جهت تنش در ارتباط با جنبه‌های زمین‌شناختی، تکنیک‌های اندازه‌گیری تنش برجا ( اشاره‌ای مختصر به اندازه‌گیری تغییر شکل دیامتریک گمانه‌ای، اندازه‌گیری کرنش‌ها در

انتهای گماته یا چال، تکنیک شکست هیدرولیکی، کاربرد اندازه‌گیری‌های تنش (توزیع تنش حول فضاهای چهارگوش، توزیع تنش حول کارگاه جبهه کار بلند)

- طراحی سازه‌ها در سنگ: اهداف طراحی سیستم‌های استخراجی معدن، روش‌های پیش‌بینی تنش‌ها حول فضاها (مدل‌های فیزیکی، راه‌حل‌های حلقه‌ای بسته یا Closed Loop، راهکارهای تجربی)، راه‌حل حلقه بسته برای شکل دایره‌ای و تئوری الاستیسیته، توزیع تنش حول فضاهای بیضوی شکل، طراحی حفاریات در سنگ‌های توده‌ای، تاثیر ناشی از سایر کارهای معدنی، تاثیر ناشی از فضاهای با اندازه‌های مختلف، شکل سطح مقطع حفاریات و تنش مرزی، کاربردها (توزیع تنش حول فضاهای تخم مرغی شکل در یک میدان تنش دوماحوری، فضاهای چهارگوش با گوشه‌های مدور)، منطقه‌ی گسیختگی سنگ در اطراف فضاهای دایره‌ای، نگهداری و تقویت سنگ در سنگ‌های توده‌ای، تنش حول یک فضای بیضوی شکل و یک کارگاه جبهه کار بلند، معیارهای شکست (دسته‌بندی معیارها، معیارها)

- نشست سطح زمین: اصول نشست در اثر معدنکاری (مکانیزم، گسترش، مؤلفه‌ها و پروفیل‌های نشست)، عوامل مؤثر بر نشست، خسارت‌های نشست (فضاهای آماده سازی، سطح زمین)، اندازه‌گیری و پیش‌بینی نشست  
- ترکیدن سنگ یا Rock Burst: اصول و مکانیزم ترکیدن سنگ، عوامل مؤثر بر ترکیدن سنگ

#### منابع

1. Singh, R.N. and Ghose, A.K. ; "Engineering Rock Structures in Mining and Civil Construction" ; Taylor & Francis Group; London; 2006
2. Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; Sec.10
3. Goodman R.E. ; "Introduction to Rock Mechanics" ; John Wiley & Sons; New York; 1980
4. Jager, J.C. and Cook, N.G.W. ; "Fundamentals of Rock Mechanics" ; 3<sup>th</sup> Edition; Chapman and Hall; London; 1979







## مهندسی دیواره‌های شیب‌دار Slope Engineering

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: معدنکاری سطحی

هدف: آشنایی با انواع گسیختگی‌ها، روش تحلیل پایداری، نگهدارنده‌ها و طراحی نگهدارنده‌های دیواره‌های شیب‌دار سنگی و خاکی

### سرفصل‌ها

- کلیات: مفاهیم، کاربردها و اهمیت دیواره‌های شیب‌دار در معدنکاری و عمران
- ناپایداری دیواره‌های شیب‌دار: مبانی پایداری، حالت‌های گسیختگی، نمایش استریو-گرافیک حالت‌های گسیختگی، جمع آوری و تحلیل داده‌های ناپیوستگی‌ها، RQD، ارزیابی کیفی خصوصیات نوده سنگ
- عوامل مؤثر بر ناپایداری دیواره‌ها: خصوصیات مصالح (خاکی، خاک و سنگ‌ریزه‌ای، سنگی)، نقش ساختارهای زمین‌شناسی، تأثیر آب‌های زیرزمینی، عوامل خارجی مؤثر بر ناپایداری، تنش‌ها (برجا، هندسه‌ی دیواره، بارهای دینامیک)
- ارزیابی پایداری دیواره‌های شیب‌دار خاکی و سنگ‌ریزه‌ای: روش‌های تحلیل، تحلیل دیواره‌های بدون اصطکاک داخلی، مقایسه‌ی گسیختگی‌های دیواره‌ها، روش تحلیل تنش کل، تأثیر ترک‌های کششی، روش سوندی تحلیل برش‌ها، روش تعادل حدی برای انواع گسیختگی‌ها، تعیین موقعیت قوس بحرانی
- تحلیل پایداری دیواره‌های شیب‌دار سنگی: روش‌های تحلیل، تحلیل پایداری انواع گسیختگی‌ها با شبکه‌ی استریونت و تعادل حدی و سایر روش‌های غیر عددی
- پایدارسازی دیواره‌های شیب‌دار: تقویت زمین قبل از حفر (تزریق، شمع کوبی، ...)، انواع نگهدارنده‌های دیواره‌ها (مهاری‌ها، پیچ سنگ‌ها، داول‌ها، شاتکریت و توری، دیواره‌های بتنی، ...)، روش اجرا
- طراحی پایدارسازی: اصول طراحی پایدارسازی دیواره‌ها و انباشتگاه‌های باطله‌های معدنی، طراحی نگهدارنده‌های دیواره‌های معادن سطحی، طراحی پایدارسازی دیواره‌ها در برابر عوامل دینامیکی، طراحی پله، طراحی رمپ‌ها، شیب نهایی، آتشباری کنترل شده
- طراحی زهکشی در حفاریات روباز
- مدیریت شیب: تشخیص ناپایداری و یا رفتارنگاری (جابجایی سنجی‌های سطح زمین و زیرسطحی، دقت و قابلیت اعتماد و هزینه‌ها، برنامه‌ی زمانی رفتارنگاری، پردازش داده‌ها و گزارش نویسی)، مدیریت لغزش و تحلیل ریسک



- آشنایی با نرم افزارهای مرتبط، تمرین و پروژههای کلاسی

#### منابع

- معماریان، حسین؛ "زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ۱۳۸۲

1. Singh, R.N. and Ghose, A.K. ; "Engineered Rock Structures in Mining and civil Construction"; Taylor & Francis Group PLS; London; 2006
2. Cradig, R.F. ; "Soil Mechanics" ; 5<sup>th</sup> Edition; Chapman & Hall; 1994
3. Hoek, E.J. and Bray, J.W. ; "Rock Slope Engineering" ; 3<sup>rd</sup> Edition, IMM; London; 1981
4. Huang, Y.H. ; "Stability Analysis of Earth Slopes"; Van Nostrand Reinhold, New York; 1983



## ژئوتکنیک Geotechnique



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: مبانی مکانیک سنگ

هدف: آشنایی با اصول پایه‌ی ژئوتکنیک و ایجاد قابلیت به‌کارگیری این اصول در احداث سازه‌های مهندسی در خاک

### سرفصل‌ها

- مشخصات اصلی خاک‌ها: طبیعت خاک‌ها، تحلیل اندازه‌ی ذرات خاک، پلاستیسیتیه‌ی خاک‌های ریزدانه، توصیف و دسته‌بندی خاک‌ها، روابط فازی، تراکم خاک‌ها
- تراوایی: آب خاک‌ها، نفوذ پذیری، تئوری تراوایی، شبکه‌های جریان، شرایط ناهمسانگردی خاک‌ها، شرایط خاک ناهمگون، شرایط انتقال، تراوایی از میان سدهای خاکریزه‌ای (Embankment)، تزریق دوغاب، انجماد
- تنش مؤثر: اصول تنش مؤثر، واکنش تنش مؤثر در برابر تغییر در تنش کل، تأثیر تراوایی بر تنش مؤثر
- مقاومت برشی: معیار گسیختگی موهر-کلمب، آزمون‌های مقاومت برشی، مقاومت برشی ماسه‌ها، مقاومت برشی رس‌های اشباع، مفهوم حالت بحرانی، تنش باقیمانده، ضریب فشار منفذی، اندازه‌گیری پیرومتر برجا، شرایط زهکشی و پارامترهای مقاومت برشی در سرزمین، خزش، هوازدگی و دگرسانی
- تنش‌ها و جابجایی‌ها: الاستیسیتیه و پلاستیسیتیه، تنش‌ها در تئوری الاستیسیتیه، جابجایی‌ها در تئوری الاستیسیتیه
- فشار جانبی زمین: تئوری رانکین در مورد فشار زمین، تئوری کلمب در مورد فشار زمین، کاربرد تئوری فشار زمین برای دیوارهای حفاظتی
- طراحی سازه‌های محافظت زمین (Earth - Training) دیوارهای تکی و Cantilever دیوارهای Cantilever Sheet Pile، دیوارهای مهار شده یا Propped Sheet Pile، حفاریات Braced، دیوارهای دیافراگمی، زمین‌های تقویت شده
- تئوری تحکیم: آزمون Oedometer، نشست تحکیمی، روش یک بعدی، نشست از طریق روش Skempton-Bjerrum، روش مسیر تنش، میزان یا درجه‌ی تحکیم، تئوری ترزاقی در تحکیم یک بعدی، تعیین ضریب تحکیم، تصحیح دوره‌ی احداث، روش یا راه حل عددی،

#### زهکش‌های قائم

- ظرفیت باربری: ظرفیت باربری نهایی، ظرفیت باربری مجاز رس‌ها، ظرفیت باربری مجاز ماسه‌ها، ظرفیت باربری پایه‌ها یا شمع‌ها (Pile)، روش‌های بهسازی زمین، حفاریات، مهاریه‌های زمین، نشست (Settlement)
- پایداری شیب‌ها: تحلیل برای شیب‌های بدون اصطکاک داخلی، روش برش‌ها، تحلیل یک لغزش انتقالی صفحه‌ای، روش‌های کلی تحلیل، پایان احداث و پایداری بلند مدت، سدهای خاکریزهای
- دسته‌بندی خاک‌ها و زمین‌های خاص از جنبه تونل‌سازی: زمین‌های پیچ خورنده (Ravelling) فشاری (Squeezing)، آماسی (Swelling)، جریان‌ی (Flowing) و رانشی (Running)
- بررسی و مطالعه‌ی زمین: روش‌های بررسی، نمونه‌برداری، نگاشت‌های گمانه‌ای، روش‌های ژئوفیزیکی

#### منابع

- 1- Craig, R.F. ; "Soil Mechanics" ; 15<sup>th</sup> 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. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; ch. 10-1





تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: مقاومت مصالح تخصصی، مکانیک سنگ تخصصی

هدف:

### سرفصل‌ها

- ۱- طراحی دیوارهای نگهدار (حایل)
  - ۱-۱- بیان حالت تنش جانبی حالی، تنش جانبی درحالات فعال، ساکن و غیرفعال (Active, At rest, Passive)
  - ۱-۲- نظریه رانکین به نظریه رانکین برای خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده برای تنش فعال و غیر فعال و در حالت شیروانی
  - ۱-۳- نظریه کلمب، نظریه کلمب برای فشارجانبی خاک درحالات خاکپهای چسبنده و غیر چسبنده
  - ۱-۴- انواع دیوارهای حایل، بیان انواع دیوارهای حایل و تفاوت آنها
  - ۱-۵- طراحی دیوارهای حایل وزنی (Gravity Retaining Walls)
  - ۱-۶- طراحی در دیوارهای حایل طره‌ای (Conti Lever Retaining walls)
  - ۱-۷- طراحی در دیوارهای حایل مهارشده
  - ۱-۸- طراحی سیرکوبی و انواع آن در زمین‌های دارای خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده
- ۲- آزمایشات صحرایی
  - ۲-۱- طراحی (Site Investigation) چگونگی بررسی سایت
  - ۲-۲- حفاری و انواع آن و نمونه‌گیری، شامل انواع حفاری مانند ضربه‌ای، چرخشی و ..... انواع نمونه‌گیری
  - ۲-۳- آزمایشات صحرایی مانند SPT (نفوذ استاندارد)، CPT (مخروط نفوذ کننده) و پرسومتر
- ۳- ظرفیت باربری پی‌های سطحی
  - ۳-۱- تعریف پی سطحی و انواع آن
  - ۳-۲- تئوری ظرفیت باربری ترزاقی
  - ۳-۳- تئوری ظرفیت باربری میرهوف
  - ۳-۴- تئوری ظرفیت باربری وسیک
  - ۳-۵- تعیین ظرفیت باربری آزمایشات SPT، CPT و پرسومتر



- ۳-۶- نشست بی در زمین‌های دارای خاک‌های غیر چسبنده  
 ۳-۷- نشست بی در زمین‌های دارای خاک‌های چسبنده ، نشست آبی، نشست تحکیمی  
 ۳-۸- تعیین ظرفیت باربری بر روی بسترهای سنگی  
 ۴- شمع‌ها  
 ۴-۱- تعریف شمع و انواع آنها، شمع‌های کوشی، شمع‌ها ریخته ای  
 ۴-۲- روش محاسبه مقاومت اصطکاکی شمع در خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده  
 ۴-۳- روش محاسبه مقاومت نوک شمع  
 ۴-۴- ظرفیت باربری شمع‌های تک و گروهی  
 ۴-۵- تعیین ظرفیت باربری شمع‌ها با استفاده از آزمایشات صحرایی  
 ۴-۶- آزمایش شمع‌ها ( آزمایش استاتیکی و دینامیکی )



#### منابع

1. Foundation Analysis and Design, McGRAW- Hill Josesh E. Bowles
2. Gestechnical and Foundation Engineering Design and Construction McGraw- Hill, Rovert W. Day .

۳- اصول مهندسی ژئوتکنیک جلد دوم تألیف شاهرور طاهونی

مقاومت مصالح (۲)  
Strength of Materials(2)



تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری (۳۲ ساعت)

پیشنیاز: مبانی مکانیک سنگ

هدف:

سرفصل درس

- ۱- بحث‌های تکمیلی خمش تیرها (خمش مقاطع نامتقارن، تیرهای خمیده، مرکز برش در انواع مقاطع تیرها، تیر بر بستر ارتجاعی)
- ۲- تحلیل وضعیت دو بعدی تنش و کرنش، معیارهای تسلیم
- ۳- محاسبه تغییر شکل تیرها با روش‌های انتگرال دوگانه، ممان سطح و تحلیل تیرهای نامعین استاتیکی
- ۴- روش‌های انرژی و قضایای مربوطه
- ۵- آنالیز پلاستیک تیرها و قاب‌های دو بعدی
- ۶- کماتش
- ۷- تحلیل صفحات
- ۸- مقدمه‌ای بر تحلیل پوسته‌ها

منابع

1. Mechanics of materials. E.P.PoPov. Prantice Hall publisher
2. Strenght of materials. S.Timshenko

۳. طاحونی، شاپور "مقاومت مصالح" انتشارات دانشگاه امیرکبیر



## کارآموزی ۲ Training(2)

تعداد واحد: ۰/۵ واحد

نوع درس: عملی

(هم نیاز) پیش نیاز: کارآموزی ۱

هدف: آشنایی با محیط کارهای عملی مهندسی معدن در گرایش مورد تحصیل دانشجوی

### سرفصل‌ها

- هر یک از دانشجویان بر حسب گرایش تحصیلی ملزم به گذراندن ۲۳۲ ساعت کارآموزی در معادن، سازمان‌ها و یا شرکت‌های معدنی، کارخانه‌های فرآوری یا در پروژه‌های احداث سازه‌های زیرزمینی هستند.
- نوع کار و محتوای گزارش کارآموزی طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان در هر گرایش تعیین خواهد شد.
- دانشجویان ملزم به ارائه‌ی گزارش کارآموزی طبق فرمت تعیین شده بوده و باید گزارش کار را به صورت فایل Word و چاپ شده ارائه دهند.

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



## پروژه project

تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: عملی

(هم نیاز) پیش نیاز: نیمسال ۸ (گذراندن حداقل ۱۲۰ واحد درسی)

هدف: آشنایی دانشجویان با روش انجام پروژه های معدنی و مکانیک سنگی و نحوه ارائه نتایج

### سرفصل ها

- پروژه به منزله پایان نامه دوره کارشناسی است.
- موضوع و محتوای پروژه طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان در هر گرایش تعیین خواهد شد.
- توصیه می شود در پروژه جنبه های محاسباتی و طراحی مد نظر قرار گیرد به طوری که به نوعی محتوای دروس اصلی و تخصصی به کار گرفته شود.
- ترجیحا در انجام پروژه از همکاری واحد های معدنی و یا سازمان های مرتبط بهره گرفته شود.
- دانشجویان ملزم به ارائه شفاهی پروژه خود در حضور استادان گروه می باشند.
- دانشجویان ملزم به ارائه گزارش پروژه طبق فرمت تعیین شده بوده و باید گزارش کار را به و چاپ شده ارائه دهند. Word صورت فایل



# دروس تخصصی

## گرایش فرآوری مواد معدنی

### ۲۸/۵ واحد

علاوه بر این ۲۸/۵ واحد دانشجویان موظفند ۴ واحد درسی مرتبط با گرایش فرآوری مواد معدنی از جدول دروس اختیاری اخذ نمایند.



## منیرالوگرافی Mineralography



تعداد واحد:	۱ واحد
نوع درس:	نظری-عملی (۸ ساعت نظری، ۱۶ ساعت عملی)
(هم‌نیاز): پیش‌نیاز:	زمین شناسی اقتصادی
هدف:	شناخت کانی ها و کانه ها در مقاطع صیقلی

### سرفصل‌ها

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، پاراژنرها 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 پاراژنهای آنها، مطالعه بافت های مختلف و تفسیر آنها و اندازه گیری قدرت انعکاس و سختی میکروسکوپی به صورت جنبی

### منابع

- ۱- مقدسی جواد و مظلومی یحسینی علیرضا، منیرالوگرافی (کانه نگاری)، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۰
- ۲- اسن، 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. "Ore microscopy and ore petrography", Jhon Wiley Publication, 1994.

## نمونه برداری Sampling



تعداد واحد: ۲

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: مبانی اکتشاف مواد معدنی

هدف:

### سرفصل‌ها:

ارائه طرح درس و مقدمات، تعاریف و مروری بر مفاهیم اولیه، تقسیم بندی روش‌های نمونه برداری، دقت و صحت در نمونه برداری، روشهای محاسبه تعداد و وزن نمونه، محاسبه خطای نمونه برداری، نمونه برداری دستی، نمونه برداری اتوماتیک، مراحل آماده سازی نمونه، کاربرد مفاهیم آمار در نمونه برداری، کاربرد مفاهیم احتمالات در نمونه برداری، مباحث اقتصادی در نمونه برداری

مباحث نو و جدید

### منابع:

I-S.M.E., Mineral processing Hand Book vol 2- sec. 30, sampling and testing (1985).

۲- نمونه برداری معدنی - دکتر حسنی پاک ۱۳۸۵

۳- فلوتاسیون (فصل ۱۱) - دکتر رضایی ۱۳۷۵

۴- مسایل کاربردی در فراآوری مواد معدنی - دکتر بنیسی ۱۳۸۸



## خردایش و طبقه‌بندی Comminution and Classification

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: آزمایشگاه مبانی کانه آرایشی

هدف: فراگیری مبانی نمونه‌برداری، تحلیل دانه‌بندی و آشنایی با اصول، مکانیزم دستگاه‌ها و نحوه کار سیستم‌های سنگ‌شکنی، آسیا کردن و طبقه‌بندی مواد به صورت نظری و عملی با کار در آزمایشگاه و ایجاد قابلیت طراحی مدارهای سیستم‌های پیش گفته

### سرفصل‌ها

- کلیات: مفاهیم و تعاریف، فرآیند و ضرورت و جنبه‌های اقتصادی کانه‌آرایی، بازدهی عملیات کانه‌آرایی، بازدهی اقتصادی

- فرایندها و عملیات واحد: نمونه‌برداری و آزمایش‌ها، مطالعات امکان‌سنجی، طراحی، عملیات واحد (انتقال مواد، اتمام کردن، اختلاط، خردایش، طبقه‌بندی مواد، پرعیار سازی...)، فلوشیت‌ها

- تحلیل دانه‌بندی: کلیات و آشنایی، شکل و اندازه ذرات، تجزیه با الک یا تجزیه‌ی سرنبدی، الک‌های آزمایشگاهی، انتخاب اندازه‌ی الک‌ها، روش‌های آزمایش، روش‌های تعیین دانه‌بندی برای ذرات زیر ۴۰ میکرون (قطر معادل استوک، روش‌های ته‌نشین سازی، روش‌های الوتریاسیون یا Elutration، سیکلو سائزر، اندازه‌گیری میکروسکوپی،

- خردایش: آزاد کردن کانی‌ها، درجه‌ی آزادی، روش‌های اندازه‌گیری درجه‌ی آزادی، خردایش (اصول، مکانیزم و تئوری، قابلیت خردایش و روش‌های اندازه‌گیری آن)، شبیه‌سازی فرایندها و مدارهای خردایش (کنترل مدار و بهینه‌سازی فرآیند، مدل‌های شبیه‌سازی، مدل‌های ریاضی دستگاه‌های مدار خردایش، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی مواد)

- سنگ شکنی: انواع سنگ‌شکن‌ها، انتخاب و طراحی مدار سنگ‌شکن‌ها، هزینه‌ها و برآورد، مثال جامع به عنوان تکلیف

- آسیا کردن: کلیات، انواع آسیاها، ساختار و اجزای آسیاهای گردان، سرعت گردش، بار خردکننده، تعیین درجه‌ی انباشتگی و ترکیب بار خردکننده، آسترهای آسیاها و عمر آن‌ها، آسیاهای گردان، آسیاهای غیر گردان (ارتعاشی، غلطکی، چکشی، سایشی، خرد کردن الکتروویزیکی، خرد کردن یا سیال)، انتخاب و تعیین اندازه‌ی آسیا (مراحل انتخاب، محاسبه‌ی توان لازم برای آسیاهای گلوله‌ای و میله‌ای، محاسبه‌ی وزن بار خردکننده، محاسبه‌ی درصد جامد در پالپ، محاسبه‌ی بار در گردش)، طراحی و کنترل مدار، زمان توقف در آسیاهای گردان، هزینه‌ها و برآورد، مثال به عنوان تکلیف

- سرنبد کردن (طبقه‌بندی مستقیم مواد): کلیات، مکانیزم سرنبد کردن، عملکرد یا بازدهی سرنبد و



عوامل مؤثر بر آن، سطوح سرندي و انواع آن، انواع سرندها، سرندهای ساکن، سرندهای متحرک، محاسبه‌ی سطح سرنده، رابطه بین عرض سرنده ( و ضخامت مواد، میزان بار، زاویه‌ی قرارگیری سرنده... )، رابطه بین طول سرنده و ابعاد ذرات و ضخامت مواد و ...؛ شبیه‌سازی و طراحی سرنده، هزینه‌ها و برآورد، مثال به عنوان تکلیف

- کلاسیفایرها ( طبقه‌بندی غیر مستقیم مواد): کلیات، تئوری طبقه‌بندی ( حرکت ذرات در سیال، سقوط آزاد، سقوط با مانع)، انواع کلاسیفایرها، کلاسیفایرهای آبی با جریان قائم و افقی ( مکانیزم و انواع)، کلاسیفایرهای با جریان دورانی یا هیدروسیکلون‌ها ( مکانیزم، انواع، بازدهی و عوامل مؤثر بر آن، کاربرد)، کلاسیفایرهای هوایی ( مکانیزم، انواع)، انتخاب کلاسیفایرها ( ماریچی، هیدروسیکلون)، هزینه‌ها و برآورد، مثال به عنوان تکلیف

#### منابع

- ۱- نعمت‌اللهی، حسین؛ "کانه‌آرایی"؛ جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه تهران؛ چاپ دوم، ۱۳۷۵
- ۲- رضایی، بهرام؛ "تکنولوژی فرآوری مواد معدنی ( خردایش و طبقه‌بندی)"؛ مؤسسه‌ی تحقیقاتی و انتشاراتی نور؛ ۱۳۷۶
- 3-Wills, B.A. ; "Mineral Processing Technology"; 6<sup>th</sup> Edition; Butler Worth Heineman; SME; 1997
- 4-Weiss, N.L. (Editor); "Mineral Processing Handbook"; Vol. I & II; SME; 1989
- 5-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; Sec. 24
- 6-Kelly; G.E. and Spottiswood, J.D. ; "Introduction to Mineral Processing"; Mineral Engineering Services; Australlia; 1989
- 7-Fuerstenau, M.C. and Han, K.N. ; "Principles of Mineral Processing"; SME; 2003





آزمایشگاه خردایش و طبقه‌بندی  
Laboratory for Comminution and Classification

تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس: عملی (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: (خردایش و طبقه‌بندی)

هدف: آسیا کردن و طبقه بندی مواد به صورت نظری و عملی با کار در آزمایشگاه و ایجاد قابلیت طراحی مدارهای سیستم‌های خردایش و طبقه بندی

سرفصل‌ها

- دستورالعمل‌های ایمنی و طرز تهیه‌ی گزارش
  - آزمایش‌های اندازه‌گیری درجه‌ی آزادی، تجزیه‌ی سرنده‌ی، تعیین دانه‌بندی
  - آزمایش‌های قابلیت خردایش
  - شناخت سنگ‌شکن‌ها و نحوه‌ی کار آن‌ها، آزمایش‌های مربوط به سنگ‌شکنی
  - شناخت آسیاها و نحوه‌ی کار آن‌ها، آزمایش‌های مربوط به آسیاها
  - شناخت سرنده‌ها و نحوه‌ی کار آن‌ها، آزمایش‌های مربوط به سرنده‌ها
  - شناخت کلاسیفایرها و نحوه‌ی کار آن‌ها، آزمایش‌های مربوط به کلاسیفایرها
- \* مسئله‌ی جامع طراحی مدار خردایش

منابع

- ۱- نعمت‌اللهی، حسین؛ "کانه‌ارایی"؛ جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه تهران؛ چاپ دوم، ۱۳۷۵
- ۲- رضایی، بهرام؛ "تکنولوژی فراوری مواد معدنی (خردایش و طبقه‌بندی)"؛ مؤسسه‌ی تحقیقاتی و انتشاراتی نور؛ ۱۳۷۶
- 3-Wills, B.A. ; "Mineral Processing Technology"; 6<sup>th</sup> Edition; Butler Worth Heineman; SME; 1997
- 4-Weiss, N.L. (Editor); "Mineral Processing Handbook"; Vol. I & II; SME; 1989
- 5-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; Sec. 24
- 6-Kelly; G.E. and Spottiswood, J.D. ; "Introduction to Mineral Processing"; Mineral Engineering Services; Australlia; 1989
- 7-Fuerstenau, M.C. and Han, K.N. ; "Principles of Mineral Processing"; SME; 2003



## جدایش فیزیکی Physical Separation

تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: آزمایشگاه مبانی کانه آرایی

هدف: آموزش مبانی، اصول، مکانیزمها و طراحی مدارها در پرعیارسازی ثقلی، جدایش مغناطیسی و الکتریکی و سنگجوری و شناخت تجهیزات و دستگاهها و نحوه کار آنها و انجام آزمایشها و بررسیهای مرتبط با آنها

### سرفصلها

- کلیات: مبانی پرعیارسازی و جدایش مواد معدنی، مشخصات کانیها و روشهای جدایش
- پرعیارسازی ثقلی: اصول پرعیارسازی ثقلی، حرکت ذرات در مایعات و رژیمهای جریان، مبانی طراحی فلوئید در مدارها، نمونه برداری و آماده سازی نمونه، مطالعات کانی شناسی، آزمایشها و طراحی مدار)
- جیکها: اصول و مکانیزم حرکت ذرات در جیک، ساختمان و طرح کار جیک، عوامل کنترل کننده عملیات جیک، انواع جیک
- جدایش در جریانهای نازک لایه ای آب: اصول و مکانیزم جدایش ( کلیات، سرعت سیال، شدت جریان، مسافت افقی طی شده توسط ذره، نیروهای مؤثر بر ذرات در کف بستر، شتاب ذره، شیب بحرانی لغزش ذرات، سرعت حد در شرایط لغزش و غلتش ذرات)، دستگاههای رایج در جریانهای لایه ای، میزهای لرزان و ماریچها و ناوهای شستشو و مخروطها و جداکننده های نرمة ( اصول و مکانیزم جدایش، انواع، عوامل مؤثر بر عملکرد و کنترل آنها، کاربردها)
- واسطه ی سنگین: اصول و تئوری جدایش با واسطه ی سنگین، محلولهای سنگین، جداکننده های واسطه ی سنگین (جداکننده ی مخروطی چانس، و مکو، استوانه ای، تروالت، ورسایل Vorsyl، داینا وپریول، Tri-Flo، سیکلون واسطه ی سنگین)، بازیابی واسطه ی سنگین در مدار، عوامل اصلی مؤثر در انتخاب جداکننده و طراحی مدار، کاربردها، بررسیهای آزمایشگاهی با محلولهای سنگین ( روش تهیه ی محلول سنگین، قابلیت شستشوی زغال سنگ، پیش بینی روش آرایش ثقلی مناسب، استفاده برای تعیین درجه ی آزادی، استفاده برای ارزیابی بازدهی کارخانه...)
- پرعیارسازی ثقلی با هوا: اصول و مکانیزم جدایش، فرایندهای خشک ( جیک هوایی، میزهای هوایی، واسطه ی سنگین هوایی، ناوهای هوایی)
- جدایش الکتریکی: اصول الکتریسیته ی ساکن و خواص الکتریکی مواد، ساختمان جداکننده های



الکترواستاتیکی (مکانیزم باردار و بی‌بار کردن، میدان الکتریکی خارجی، تنظیم‌کننده‌ی مسیر دانه‌های غیرالکتریکی)، مکانیزم‌های باردار کردن (تخلیه‌ی کرونا، القای هدایتی- جداکننده‌های اتصال، سایر)

- جدایش مغناطیسی: اصول مینی‌تواستاتیک (واحدها، میدان مغناطیسی، القای مغناطیسی، مغناطیس کردن، قطب‌های مغناطیسی، مدارهای مغناطیسی، تأثیر پذیری مغناطیسی)، تئوری مقدماتی خواص مغناطیسی جامدات، خواص مغناطیسی کانی‌ها، ماهیت نیروهای مؤثر در جدایش مغناطیسی، روش‌های ایجاد میدان مغناطیسی در جداکننده‌های مغناطیسی  
- جداکننده‌های مغناطیسی: دسته‌بندی جداکننده‌ها، انواع جداکننده‌ها (خشک و تر با شدت کم، خشک و تر با شدت زیاد، با گرادیان زیاد، ابر رسانا و جداکننده‌های ابر رساناها)

#### منابع

- ۱- نعمت‌اللهی، حسین؛ "کتاب‌آرایی"؛ جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه تهران؛ چاپ دوم، ۱۳۷۵
- ۲- رضایی، بهرام؛ "تکنولوژی فراوری مواد معدنی (برعیار سازی ثقلی)"؛ دانشگاه هرمزگان، ۱۳۷۷
- ۳- رضایی، بهرام؛ تکنولوژی فراوری مواد معدنی (برعیار سازی به روش مغناطیسی)؛ مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۸
- 4-Wills, B.A. ; "Mineral Processing Technology"; 6<sup>th</sup> Edition; Butler Worth Heineman; SME; 1997
- 5-Weiss, L. (Editor); "Mineral Processing Handbook"; Vol. I & II; SME; 1989
- 6- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; Ch. 24
- 7-Kelly, G.E. and Spottiswood, J.D. ; "Introduction to Mineral Processing"; Mineral Engineering Services; Australlia; 1989
- 8-Fuerstenau, M.C. and Han, K.N. ; "Principles of Mineral Processing"; SME; 2003





آزمایشگاه جدایش فیزیکی  
Laboratory for Physical Separation



تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس: عملی (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: (جدایش فیزیکی)

هدف: آموزش مبانی، اصول، مکانیزم‌ها و طراحی مدارها در پرعیارسازی ثقلی، جدایش مغناطیسی و الکتریکی و سنگ‌جوری و شناخت تجهیزات و دستگاه‌ها و نحوه‌ی کار آن‌ها و انجام آزمایش‌ها و بررسی‌های مرتبط با آن‌ها

### سرفصل‌ها

- شناخت تجهیزات و جداکننده‌های ثقلی، مغناطیسی و الکتریکی و نحوه‌ی کار آن‌ها
- آزمایش‌های پرعیارسازی ثقلی، واسطه‌ی سنگین، قابلیت شستشوی زغال و رسم منحنی‌های مربوطه، آزمایش‌ها با میز لرزان، آزمایش با جیگ
- آزمایش‌های جدایش الکترواستاتیکی
- مسئله‌ی جامع طراحی مدارهای پرعیارسازی، ثقلی، الکتریکی و مغناطیسی

### منابع

- ۱- نعمت‌اللهی، حسین؛ "کانه‌آرایی"، جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه تهران؛ چاپ دوم، ۱۳۷۵
- ۲- رضایی، بهرام؛ "تکنولوژی فرآوری مواد معدنی (پرعیارسازی ثقلی)"، دانشگاه هرمزگان؛ ۱۳۷۷
- ۳- رضایی، بهرام؛ "تکنولوژی فرآوری مواد معدنی (پرعیارسازی به روش مغناطیسی)"، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۸
- 4-Wills, B.A. ; "Mineral Processing Technology"; 6<sup>th</sup> Edition; Butler Worth Heineman; SME; 1997
- 5-Weiss, L. (Editor); "Mineral Processing Handbook"; Vol. I & II; SME; 1989
- 6- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; Ch. 24
- 7-Kelly, G.E. and Spottiswood, J.D. ; "Introduction to Mineral Processing"; Mineral Engineering Services; Australlia; 1989
- 8-Fuerstenau, M.C. and Han, K.N. ; "Principles of Mineral Processing"; SME; 2003

## فلوتاسیون Flotation



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: آزمایشگاه مبانی کانه آرای

هدف: آموزش مبانی و اصول مورد نیاز برای طراحی مدارهای فلوتاسیون و شناخت مواد و ماشین‌های مورد استفاده و انجام آزمایش‌های مرتبط برای ایجاد قابلیت انجام کار در صنعت

### سرفصل‌ها

- کلیات: اصول، پیوندهای اتمی و ملکولی، فازها در سیستم فلوتاسیون، نیروهای بین ملکولی، غلظت یون هیدروژن، کشش سطحی، حباب هوا، آبرانی طبیعی، پدیده‌ی جذب، بار سطحی، دولایه‌ای الکتریکی
- معرفی 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 سولفورها، ارتباط بین پدیده‌های الکتروشیمیایی و آبرانی سطحی، اهمیت اکسیژن در مکانیزم جذب، سینتیک الکتریکی، مکانیزم جذب تبول‌ها، مکانیزم و مثال‌هایی از فلوتاسیون کانی‌های یک، دو و چند سولفور
- فلوتاسیون کانی‌های اکسیده و سیلیکاته: فلوتاسیون با کلکتورهای کاتیونی (انواع، مکانیزم، جذب)، فلوتاسیون آنیونی (جذب فیزیکی، جذب شیمیایی)، فعال شدن کوارتز، عوامل مؤثر در فلوتاسیون آنیونی، فلوتاسیون کانه‌های آهن، فلوتاسیون پگمانیت
- 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، فلوتاسیون نمک‌ها (فلوئورین، فسفات‌ها، باریت، شلیت ...)
- فلوتاسیون نمک‌های محلول: مواد شیمیایی مصرفی، مکانیزم جذب کلکتور، جدایش سیلین از گانگ همراه
- فلوتاسیون زغال سنگ: خصوصیات زغال از منظر فلوتاسیون (خاکستر، گوگرد، آبرانی)، مواد شیمیایی مصرفی، عوامل مؤثر 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، محاسبه‌ی ثابت سینتیک و زمان بهینه، کاربرد ثابت سینتیک)، توزیع زمان توقف در سلول‌ها، موازنه‌ی جرمی مواد در

سلول، ترتیب مدارها (ترتیب‌ها، محاسبه‌ی حجم کلی سلول‌ها و هر سلول در مراحل مختلف، تعداد سلول‌ها)، عوامل مؤثر 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 فلوتاسیون ستونی



- کلیات: مفاهیم و تعاریف، مکانیزم، طرح کلی و نحوه‌ی کار

#### منابع

- ۱- نعمت‌اللهی، حسین؛ "کنه‌ارایی"؛ جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه تهران؛ چاپ دوم؛ ۱۳۷۵
- ۲- رضایی، بهرام؛ "فلوتاسیون"؛ دانشگاه هرمزگان؛ ۱۳۷۵
- ۳- قنبرجی، جی. ا. و رابی، اس. ج.؛ "فلوتاسیون ستونی"، ترجمه‌ی بنیسی، صمد و نثاری، محمد؛ شرکت ملی صنایع مس ایران؛ ۱۳۸۱
- ۴- موریس فورستینو، جان میلر، مارتین کان، شیمی فلوتاسیون ترجمه عبدالهی محمود، جهاد دانشگاهی تربیت مدرس و صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۲
- 4-Wills, B.A. ; "Mineral Processing Technology"; 6<sup>th</sup> Edition; Butler Worth Heineman; SME; 1997
- 5-Weiss, N.L. (Editor); "Mineral Processing Handbook"; Vol. I & II; SME; 1989
- 6-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; Sec. 24
- 7-Kelly; G.E. and Spottiswood, J.D. ; "Introduction to Mineral Processing"; Mineral Engineering Services; Australlia; 1989



آزمایشگاه فلوتاسیون  
Laboratory for Flotation



تعداد واحد: ۱ واحد

نوع درس: عملی (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: (فلوتاسیون)

هدف: آموزش مبانی و اصول مورد نیاز برای طراحی مدارهای فلوتاسیون و شناخت مواد و ماشین‌های مورد استفاده و انجام آزمایش‌های مرتبط برای ایجاد قابلیت انجام کار در صنعت

سرفصل‌ها

- 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؛ "کتابه‌آرایی"، جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۱۳۷۵
- ۲- رضایی، بهرام؛ "فلوتاسیون"، دانشگاه هرمزگان، ۱۳۷۵
- ۳- فنیج، جی. ا. و رای، اس. ج. ۱؛ "فلوتاسیون ستونی"، ترجمه‌ی بنیسی، صمد و نثاری، محمد؛ شرکت ملی صنایع مس ایران، ۱۳۸۱
- ۴- موریس فورسترو، جان میلر، مارتین کان، شیمی فلوتاسیون ترجمه عبدالهی محمود، جهاد دانشگاهی تربیت مدرس و صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۲
- 4-Wills, B.A. ; "Mineral Processing Technology"; 6<sup>th</sup> Edition; Butler Worth Heineman; SME; 1997
- 5-Weiss, N.L. (Editor); "Mineral Processing Handbook"; Vol. I & II; SME; 1989
- 6-Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; Sec. 24
- 7-Kelly; G.E. and Spottiswood, J.D. ; "Introduction to Mineral Processing"; Mineral Engineering Services; Australlia; 1989





تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری (۳۲ ساعت)

پیشنیاز: ایمنی، بهداشت و محیط زیست

هدف: آشنایی با فناوری‌های جدید و پسماندها و زائدات جامد معدن و فراوری مواد و مدیریت آنها

#### سرفصل:

- 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 فراوری طلا و روشهای کنترل آلودگی منابع آب
- باطله‌های مواد رادیو اکتیو و خطرات آنها
- استفاده از فناوری بیو تکنولوژی جهت خنثی سازی زهاب‌های اسیدی
- استفاده از فناوری نانو جهت خنثی سازی و بی خطر سازی پسماندهای معدنی
- حداقل رسانی و مصرف باطله‌های جامد (فراوری مجدد، دیگر استفاده‌ها)
- اقتصاد مدیریت مواد جامد باطله
- مدیریت دیگر مواد زائد خطرناک (فلزات و مواد سمی، هیدروکربنها و دیگر مواد باطله جامد)
- مدیریت دفع نهایی

#### منابع:

۱. راهنمای کاربردی مدیریت پسماند - فرانک کریت، جورج چویاتگلوس، خسرو مهدی پورعطایی (مترجم)، اشرف خلیلی (مترجم)، محمدرضا خانی (مترجم)، روح الله محمودخانی (مترجم)، مزده ملتی (مترجم)
2. Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts Hardcover: 400 pages Publisher: Springer; 3rd ed. edition (August 2, 2010)
- ۴- دولتی فرامرز، شقایب سید ضیال‌الدین، میر حمیدی، بدیعی خشایار، بیوتکنولوژی، ژئوشیمی زیست محیطی و مدیریت پسابها، جلد اول، ۱۳۸۴
- ۵- دولتی فرامرز، شقایب سید ضیال‌الدین، مدلسازی زمین زیست محیطی، ۱۳۸۸

سینتیک مواد  
Kinetic of Materials



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: ترمودینامیک

هدف: آشنایی با تئوری های سینتیک واکنشها

سرفصل ها

مفهوم سینتیک، قلمرو سینتیک و ترمودینامیک و مقایسه آنها، مقدمه ای بر سرعت انجام تغییرات، سینتیک شیمیایی، واکنش های هموزن و هتروژن، تعادل شیمیایی و ثابت تعادل، قانون اثر جرم، اثر عوامل مختلف بر سرعت واکنش های هموزن (غلظت، دما، فشار، کاتالیزور)، مولکولاریته و درجه واکنش، روش های تعیین درجه واکنش، ثابت سرعت، سرعت واکنش های رو به جلو و برگشتی و وابستگی ثابت تعادل به آنها، توضیح بیشتر در مورد کاتالیزورها و نقش آنها، تئوری کمپلکس فعال (حالت انتقال)، سینتیک واکنش های هتروژن و مفهوم گام های انتقال، اثر عوامل مختلف بر سرعت واکنش های هتروژن، مفهوم گام های کنترل کننده سرعت واکنش ها (گام ها پیایی و مسیرهای موازی)، سینتیک برخی فرایندهای مورد علاقه در مهندسی فراوری مواد معدنی، مکانیزمهای کنترل کننده واکنشهای انحلال شامل کنترل شیمیایی-نفوذی، مختلط، تعیین انرژی فعال سازی، رابطه آرنیوس، روابط و روشهای تعیین هر یک از مکانیزمها به همراه مثال های موردی.

منابع:

- 1-The Foundation of Chemical Kinetics, E.N.Yaremin.
- 2- An Intriduction to Chemichal Thermodynamics, A.C.Adams.
- 3- Introduction to Ceramics, W.D.Kingery, H.k.Bowen,D.R.Uhlmann.
- 4- Chemical Reaction Engineering, Levenspiel, O., 1999. Second ed. John Wiley and Sons, New York, USA.

انتقال مواد در فرآیندهای فراوری  
Material Transporting in Mineral Processing



تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری (۳۳ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: آزمایشگاه مبانی کانه آرایی

هدف: آشنایی با روش های انتقال مواد در فرایندهای فراوری

سرفصل ها

- انواع مخازن
- ذخیره سازی در محیط باز
- خوراک دهنده ها
- شیب های انتقال مواد
- طراحی نوار نقاله
- انتقال هوایی و آبی
- انتقال پالپ
- مخلوط شدن و جریان مواد جامد
- انتخاب پمپ

منابع:

1. J. Carson and T. Holmes, The Selection and Sizing of Bins, Hopper Outlets, and Feeders, Mineral Processing Plant Design, Practice, and Control, Proceedings, Vol. 2, SME, 2002, p.p. 1478-1489, 2002.
2. J.W. Carson, Design of bins and feeders for reliable minerals flow, Mining Engineering, March, 1983.
3. Z. H. Gu, P. C. Arnold and A. G. McLean, A simplified model for predicting the particle flowrate from mass flow bins, Powder Technology- Vol 74 -153-158, 1993.
4. A. Drescher and I. Vgenopoulou, A Theoretical Analysis of Channelling in Bins and Hoppers, Powder Technology- Vol 42 -181-191, 1985.
5. A.W. Jenike, Selection and Sizing of Feeders, Bins, and Stockpiles, Design and Installation of Comminution Circuits, AIME, G-1, P.P. 523-545, 1982.
6. M. Ooms and A.W. Roberts, The use of feeders and flow promotion devices in gravity storage system for bulk solids handling, Mill Operators' Conference, North West Queensland Branch, 1982.
7. Ulrike Weingerl, Uwe Schaflinger, Feeding of granular material on conveyer bands or chutes, Powder Technology- Vol 108-1-5, 2000.



مبانی مهندسی فرایند  
Principles of process Engineering



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: ترمودینامیک

هدف: آشنایی با اصول مهندسی فرایند

سرفصل‌ها

- ۱- تعاریف اولیه و شرح هدف درس: واکنش، راکتور (reactor)، سرعت واکنش، واکنش‌های ابتدایی و غیرابتدایی، جستجوی مکانیسم برای واکنش‌های غیر ابتدایی، اثر دما...
- ۲- مقدمه ای بر طراحی راکتورها، تقسیم بندی راکتورها براساس رژیم کارکرد (پیوسته، ناپیوسته، پایا، پویا و ...) معادلات بقای جرم و انرژی در راکتورهای فوق، بقای جرم و انرژی در مدارهای فرآوری مواد معدنی، موازنه جرم و انرژی با ماتریس پیوستگی
- ۳- راکتورهای ایده‌آل و غیر ایده‌آل، اختلاط و توزیع زمان ماند در راکتورهای غیر ایده‌آل، اندازه گیری، مدلسازی و استفاده از مفاهیم اختلاط و توزیع زمان ماند در پیش‌بینی عملکرد عملیات واحد فرآوری مواد معدنی
- ۴- مدل‌های بازایی در واکنش‌های درجه اول و دوم (در سیستم‌های ناپیوسته (batch)، سیستم‌های پایا یا یکنواخت (steady state) و سیستم‌های پویا (dynamic) با شرط ایده‌آل بودن واکنش‌ها، محاسبه بازایی واکنش‌های غیر ایده‌آل با استفاده از مجموعه‌های سری و موازی واکنش‌های ایده‌آل، مقایسه کارایی طرح‌های مختلف چیدمان راکتورها (نمونه‌های کاربردی از فلوتاسیون و خردایش)
- ۵- مبانی انتقال جرم: تقسیم‌بندی عملیات انتقال جرم، تماس مستقیم و غیر مستقیم فازها، عملیات مرحله‌ای، تعداد واحدهای تعادلی، نفوذ مولکولی، معادله fick، ضرایب نفوذ مایعات، جامدات و گازها، تئوری فیلم، نفوذگر دابی، تئوری عمقی...
- ۶- مبانی انتقال حرارت: رابطه بین انتقال حرارت و ترمودینامیک، قوانین انتقال حرارت به طریق هدایت، جابجایی و تشعشع

منابع:

- ۱- طراحی راکتورهای شیمیایی، اوگتاو لونسفیل، ترجمه مرتضی سهرابی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۶
- ۲- انتقال جرم، رابرت تریبال، مترجم طاهره کاغذچی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۹
- ۳- عملیات واحد در مهندسی "انتقال حرارت و کاربردهای آن"، وارن لی مککیب و سایرین، ترجمه محمد معین و اکرم منصوبی، انتشارات دانشگاه گیلان، ۱۳۸۵



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



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: آزمایشگاه مبانی کانه آرایی

هدف: آشنایی کلی با فرآیندهای تولید کک، گندله و سیمان

سرفصل‌ها

الف: کک سازی

- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زغالستگ مورد نیاز
- فرآیند کلی عملیات کک سازی
- 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 گندله سازی
- خواص فیزیکی و شیمیایی گندله
- آزمایش‌های استاندارد تعیین خواص گندله
- فرآیندها در کوره های ذوب با حضور کک و گندله به منظور استحصال فرآورده های آهنی

ج: تولید سیمان

- سیمان، انواع و خواص مورد انتظار هر یک
- ترکیبات و نسبت های مهم اکسیدها در سیمان ها
- مواد اولیه و خواص آنها در صنعت سیمان
- چگونگی تولید کلینکر و فرآیند کلی تولید سیمان
- استفاده از کمک سایش ها در عملیات خردایش
- خردایش کلینکر

منابع

- ۱- سيارافسر، سوخت های صنعتی، انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۶۵
- ۲- قاسم زاده، رضا، سوخت های فسیلی، نشر دانشگاه علم و صنعت ۱۳۷۱
- 3- L. Douglas Smoot a,b, Steven R. Eatough a, Amber B. Miller A., Form coke reaction processes in carbon dioxide, Available online 16 April 2007
- 4- Richard Sakurovs, David French, Mihaela Grigore, Quantification of mineral matter in commercial cokes and their parent coals, Available online 4 January 2007
- 5- Yu.N.Loginov, Bourking, N.A.Babailov, Cinematics and volume deformations during rool-press briqutting, journal 2001
- 6- Singh, S.K. and Krishnan, T., "Reduction kinetics of iron ore pellets and the effect of binders", Rourkela, 2008
- 7- Czernin, W., "Cement chemistry and physics", Zementchmie fur Bauinginieure, 2006



مبانی هیدرومتالورژی و آزمایشگاه  
Principles of Hydrometallurgy

تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: نظری و عملی (۴۸ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: فلوتاسیون

هدف: آشنایی با فرایندهای هیدرومتالورژی و اصول آن



سرفصل‌ها

نظری: ۲ واحد (۳۲ ساعت)

- مقدمه
- تاریخچه هیدرومتالورژی
- مقایسه بین فرایندهای هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی
- مراحل عملیات در هیدرومتالورژی شامل آماده سازی، لیچینگ و عمل آوری محلول
- اصول فیریکوشیمیایی فرایندهای هیدرومتالورژی: شیمی محلول، کمپلکس ها، کی-لیت ها، پتانسیل اکسایش، دیانگرام های Eh-pH، متالورژی کلریدی
- هیدرومتالورژی تحت فشار
- عوامل لیچینگ (آب، اسیدها، بازها، نمک های محلول، سایر عوامل)
- انواع واکنش های انحلال (فیزیکی، شیمیایی، کاهش و اکسایش، الکترولیتی)
- جنبه های کلی جدایش در هیدرومتالورژی

عملی: ۱ واحد (۳۲ ساعت)

- انحلال مخزنی:
- لیچ اسیدی یا بازی در دمای محیط
- لیچ اسیدی یا بازی در دمای بالا
- تعیین تاثیر پارامترهای مختلف
- محاسبه سرعت واکنش
- انحلال ستونی:
- تعیین نفوذ پذیری
- تعیین دبی پاشش
- سایر موارد به تشخیص اسناد مربوط
- رسم دیاگرام های Eh-pH

منابع:

۱- حبشی فتحی، هیدرومتالورژی، جلد اول، ترجمه، شقایق ثنکابنی، سید ضیاءالدین، عبدالمهی، محمود

انتشارات دانشگاه شاهرود، ۱۳۷۸

2- Gupta, C.K., Mukherjee, T. K.: Hydrometallurgy in extraction processes vol.1, CRC press, 1990.



## کارآموزی ۲ Training(2)

تعداد واحد: ۵/ واحد

نوع درس: عملی

(هم نیاز) پیش نیاز: کارآموزی ۱

هدف: آشنایی با محیط کارهای عملی مهندسی معدن در گرایش مورد تحصیل دانشجو

### سرفصل‌ها

- هر یک از دانشجویان بر حسب گرایش تحصیلی ملزم به گذراندن ۲۳۲ ساعت کارآموزی در معادن، سازمان‌ها و یا شرکت‌های اکتشافی، کارخانه‌های فرآوری یا در پروژه‌های احداث سازه‌های زیرزمینی هستند.
- نوع کار و محتوای گزارش کارآموزی طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان در هر گرایش تعیین خواهد شد.
- دانشجویان ملزم به ارائه‌ی گزارش کارآموزی طبق فرمت تعیین شده بوده و باید گزارش کار را به صورت فایل Word و چاپ شده ارائه دهند.





## پروژه project

تعداد واحد: ۳ واحد

نوع درس: عملی

(هم نیاز) پیش نیاز: نیمسال ۸ (گذراندن حداقل ۱۲۰ واحد درسی)

هدف: آشنایی دانشجویان با روش انجام پروژه‌های معدنی و نحوه ارائه نتایج

### سرفصل‌ها

- پروژه به منزله پایان نامه دوره کارشناسی است.
- موضوع و محتوای پروژه طبق نظر استاد راهنمای دانشجویان در هر گرایش تعیین خواهد شد.
- 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 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

۱۸ واحد



کاربرد مواد معدنی  
Industrial Minerals



تعداد واحد: ۲

نوع درس: ( نظری ) ، اختیاری (۳۲ ساعت)

پیش نیاز: مبانی اکتشاف مواد معدنی

هدف: آشنایی با کاربردهای مواد معدنی مختلف در صنایع گوناگون

سرفصل ها

- گچ
- آهک
- کانی های رسی
- فلدسپات
- کوارتز
- شیشه و مواد خام تشکیل دهنده آن
- سیمان و مواد خام تشکیل دهنده آن
- آجر و مواد خام تشکیل دهنده آن
- مواد معدنی کمک ذوب
- مواد معدنی ساینده
- کودهای شیمیایی و مواد خام آن
- گوگرد و سولفات سدیم
- بوراتها
- بوکسیت
- برلیت
- کانی های آهن ( بجر مصارف متالورژی )
- کانی های کرم
- کانی های منگنز
- کانی های نیکل و کبالت
- کانی های سرب و روی و مس
- مواد معدنی دیگر



تعداد واحد: ۲ واحد  
نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)  
(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: ترمودینامیک

#### سرفصل‌ها

- ۱- مروری بر قوانین ترمودینامیک: گازهای کامل و حقیقی (روابط دما و فشار و حجم، معادلات حالت گازهای کامل و حقیقی و کاربرد آن‌ها)، قانون اول و دوم ترمودینامیک و کاربردهای آن‌ها (انرژی داخلی، انتالپی و گرمای ویژه برای گازهای کامل، جامدات و مایعات، فرایندهای دما، فشار و حجم ثابت، معادلات گیس-هلمهولتز، ...)
- ۲- فازها و معیارهای ترمودینامیکی تعادل: تبدیل فیزیکی مواد خالص، فازها، اجزاء و درجات آزادی، قوانین فازها، تعادل فازها، پایداری فازها و تبدیل فازها، معیارهای ترمودینامیکی تعادل، رسم دیاگرام‌های فاز، کاربرد رابطه‌ی کلایبرون سیستم‌های یک یا چند جزئی و ...
- ۳- تعادل شیمیایی و الکتروشیمی تعادلی: واکنش‌های خودبخودی، پاسخ تعادل به شرایط، پاسخ تعادل به دما، استخراج فنزات از اکسیدهایشان، هدایت محلول‌ها، تحرک یونی، رابطه بین تحرک یونی و هدایت الکتریکی، الکتروفورز، اکتیویته، الکترولیت و حالات استاندارد، قانون فارادی و معادله الکتروشیمیایی، بررسی ترمودینامیکی انواع پیل‌های الکتروشیمیایی، پتانسیل الکتروود و رابطه آن با غلظت و اکتیویته، انواع الکتروود، تعادل اسمزی و غیر اسمزی، کاربرد الکتروشیمی در مهندسی معدن

#### منابع:

- ۱- کرن، ریموند و وایز برد، آلن، "ترمودینامیک برای زمین‌شناسان"، ترجمه‌ی حسنی یاک، علی اصغر، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم
  - 2- De Paula, J., Atkins, P., "Physical Chemistry", W.H. Freeman, 7<sup>th</sup> Edition
  - 3- Levine, I.N., "Physical Chemistry", Mc Graw- Hill Companies, 5<sup>th</sup> Edition, 2001
  - 4- Cemic, Ladislav, "Thermodynamics in Mineral Science, An Introduction", Springer, 2005.
- Peter W., Atkins, Physical Chemistry, Oxford university Pre



استخراج سنگ‌های ساختمانی و تزئینی  
Ornamental Stones



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۳ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز:

هدف: آشنایی با مبانی، روش‌ها و تجهیزات اکتشاف، استخراج و فراوری سنگ‌های تزئینی و نما و استانداردهای آن‌ها

سرفصل‌ها

- کلیات: سنگ‌های تزئینی و نما و نقش آن در اقتصاد ملی
- رده‌بندی سنگ‌های تزئینی و نما: رده‌بندی علمی (بر مبنای منشأ، بر مبنای خواص فیزیکی)، رده‌بندی تجاری، رده‌بندی بر مبنای کاربرد
- اکتشاف و ارزیابی: عوامل مؤثر در اکتشاف، روند و مراحل، محاسبه ذخیره، مطالعات امکان‌سنجی
- استخراج: اصول طراحی، آماده‌سازی روش‌ها و تکنولوژی و چرخه عملیات سطحی (برش سنگ، جداکردن و واژگونی بلوک‌ها، قواره‌بندی، جابجایی و حمل و نقل)، روش‌ها و تکنولوژی و عملیات استخراج زیرزمینی
- فراوری: برش، ساب و صیقل و پرداخت، بهبود کیفیت، کنترل کیفیت، تجهیزات و ماشین‌آلات فراوری و انتخاب آن‌ها، روش‌های نوین فراوری
- استانداردها و مشخصات: مشخصات فنی محصول، آزمایش‌های استاندارد (خواص فیزیکی، مکانیکی، هوازدهی، سایر)
- یک یا دو بازدید

منابع

۱. سیاره سنگ - "Stone Planet" ترجمه سید مجتبی هاشمی
۲. استخراج سنگ‌های ساختمانی مؤلف: دکتر محمد عطایی انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود
۳. تعیین بازارهای هدف سنگ‌های تزئینی ناشر مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی جمشید فهمی فر و محمد بلورین تهرانی



زمین شناسی نفت  
Petroleum Geology

تعداد واحد: ۲

نوع درس: نوع درس: (نظری)، اختیاری (۳۲ ساعت)

پیشنیاز: زمین شناسی اقتصادی ایران

هدف: آشنایی بنیادین با اصول تشکیل مخازن، ذخیره سازی و مهاجرت و تجمع نفت با نگاه ویژه بر میادین نفتی ایران

سرفصل ها:

- تشکیل نفت:

- نفت و گسترش آن: ترکیب شیمیایی و ویژگی های فیزیکی نفت، شکل گسترش نفت، توزیع زمانی و مکانی نفت
- منشا نفت: مواد آلی در حوضه های رسوبی، محیط های مناسب برای تامین مواد آلی، حفظ و نگهداری مواد آلی در رسوبات، تغییرات بعد از نهشتگی مواد آلی

- مراحل: دیاژنز و متازنز، پختگی (maturation) کروژن ها

- مخازن نفتی:

- سنگ مخزن، تخلخل و تراوایی

- سنگ پوش

- نفت گیرها (traps): ناقدیسی، گسلی، چینه ای، دگرشیبی و در ارتباط با گنبد های نمکی

- مهاجرت و تجمع نفت:

- مهاجرت اولیه و ثانوی، نیروهای موثر در مهاجرت

- مخازن نفت و گاز

- توزیع کمی و کیفی سیال های هیدروکربوری در مخزن

- منابع گاز طبیعی در ایران: گاز کلاهدک، گاز همراه و مخازن مستقل گاز

مراجع:

۱. سجایی فریدون، زمین شناسی نفت، انتشارات دانشگاه تهران



زمین آمار  
Geostatistics

تعداد واحد: ۲

نوع درس: نوع درس (نظری)، اختیاری (۳۲ ساعت)

پیش نیاز: مبانی اکتشاف مواد معدنی

هدف: شناسایی تغییر پذیری در ساختارهایی با متغیر ناحیه‌ای

سرفصل‌ها

- متغیر ناحیه‌ای
- پایانی مرتبه دوم و ذاتی و شبه ذاتی
- واریوگرافی به عنوان ابزارهای شناخت ساختار فضایی
- همسانگردی و ناهمسانگردی‌های ساختاری
- روش تخمین کریجینگ
- خطای تخمین و توزیع آن
- طبقه بندی ذخایر معدنی

مراجع:

۱. حسنی پاک علی اصغر. زمین آمار. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۷
۲. حسنی پاک علی اصغر. تحلیل داده های اکتشافی. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۸۱.

زمین شناسی مهندسی  
Engineering Geology



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: مبانی مکانیک سنگ

هدف: آشنایی با فضاهای زیرزمینی چاه و تونل و کاربرد آن‌ها و روش‌های احداث تونل، چاه و دویل، مخاطرات و ملاحظات زیست محیطی در احداث فضاهای زیرزمینی

سرفصل‌ها

- ۱- کاربرد زمین شناسی در مسائل مهندسی  
ارتباط بین زمین شناسی مهندسی و سایر رشته‌های مهندسی مانند راه و ساختمان، محیط زیست - مطالعات مربوط به مربوط به مرحله شناسایی مقدماتی - مطالعات مربوط به مرحله تفصیلی - مطالعات مربوط به مرحله اجرایی و بهره‌برداری
- ۲- ژئومورفولوژی مهندسی  
شکل عمومی حوزه‌های زهکشی - مورفولوژی ساحل - مورفولوژی دلتاها و کف دریا - مورفولوژی یخچال‌ها - دینامیک جریان‌های آب، باد و یخ - مکانیک شکل گرفتن دامنه‌ها - تئوری عملکرد رودخانه‌ها - نیروی جزئی مایعات - مکانیزم محل رسوبات - مکانیزم تشکیل دره‌ها و تنش محلی دره‌ها - فرسایش و عوامل آن - ریزش‌ها و حرکت مواد - زهکشی و عملکرد آن در ژئومورفولوژی مهندسی - مکانیزم عملکرد ماسه‌های روان و گرد و غبار در مورفولوژی زمین - تئوری فنومن‌های کارستیک
- ۳- تأثیر زلزله بر سازه‌ها و زمین  
بررسی و جمع‌آوری آمار و اطلاعات لرزه‌نگاری و کاربردهای آنان - اثر لرزه‌ها و پس لرزه‌ها بر زیربنای ساختمان‌ها اثر زلزله بر سازه‌های زیرزمینی - اثر زلزله بر آبهای زیرزمینی
- ۴- زمین شناسی مهندسی و راه‌سازی  
نیاز به مطالعات زمین شناسی مهندسی در طراحی و اجرا پروژه‌های راهسازی - انجام بررسی‌های مقدماتی در تعیین مسیرها - مطالعات تفصیلی در تعیین مسیرها - ترائشه و کوهبری - ارتباط همکاری بین مهندسی زمین شناسی مهندسی با مهندسی راه
- ۵- زمین شناسی مهندسی و طرح‌های توسعه‌ای محیط زیست  
نحوه همکاری مهندسی زمین شناسی و مهندسی طرح - برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و محلی - بررسی



محدودیت‌های موجود در مناطق مختلف با توجه به خصوصیات زمین شناسی مربوطه مانند هیدرولوژی سطحی و زیر سطحی منطقه اثرات زهکشی و پدیده‌های نشست، لغزش زمین و ترک خوردگی زمین نشست آلودگی

#### منابع

۱. Bell Fred. G, 2007, Engineering Geology (2th edition), Elsevier.
۲. Venkat Reddy, 1997, Engineering geology for civil engineers, Oxford & IBH publishing Co., New Delhi
۳. Blyth, F.G.H.; de Freitas, M.H. . 1984, A Geology for engineers, Elsevier, [http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?\\_EXT\\_KNOVEL\\_DISPLAY\\_bookid=1324](http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=1324)
۴. کتاب سوم از آدرس فوق قابل دانلود است.
۵. محمد حسین قبادی، ۱۳۹۰، مبانی زمین شناسی مهندسی ویژه دانشجویان زمین شناسی (چاپ سوم)، انتشارات دانشگاه بوعلی
۶. محمد حسین قبادی، ۱۳۸۱، زمین شناسی مهندسی ( ویژه دانشجویان عمران)، انتشارات دانشگاه چمران
۷. سید محمد قاطمی عقدا، پیمان رضائی، محمد توری زاده (مترجمین)، ۱۳۸۳، زمین شناس مهندسی، مولف: یری راهن، انتشارات دانشگاه هرمزگان
۸. غلامرضا خالری، علی اکبر مومنی، یاسین عبدی لر، ۱۳۸۹، زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه بوعلی



شیمی آلی کاربردی  
Applied Organic Chemistry



تعداد واحد: ۲ واحد

نوع درس: نظری (۳۲ ساعت)

(هم نیاز) پیش نیاز: شیمی عمومی

هدف: آشنایی با مواد شیمیایی مورد استفاده در فراوری مواد معدنی در این درس دانشجویان با ترکیب و خواص مواد شیمیایی آلی مورد استفاده در فراوری مواد معدنی، عمدتاً دروس فلوتاسیون و هیدرومتالورژی آشنا خواهد شد.

سرفصل:

- ۱- مروری بر فرایندهای فلوتاسیون و هیدرومتالورژی
- ۲- دسته بندی سطح فعال های مورد استفاده در فلوتاسیون و مکانیزم عمل آنها
  - کلتورهای آنیونیک شامل کربوکسیلات ها، سولفونات ها، آلکیل سولفات ها، هیدروکسیدات ها، گزانتات ها، تیوسفات ها، تیو کربامات ها، مرکاپتان ها، تیو اوره، مرکاپتوبنزوتیازول ها
  - کلتورهای کاتیونیک شامل آمین ها
  - بازدارنده ها شامل نشانه ، دکسترن، اتیل گلیکول، پلی ساخارید، کربوکی متیل سلولز و پلی فنل ها
  - کف سازها شامل الکل ها، پلی اترهای هیدروکسیله و پارافین ها
- ۳- مواد شیمیایی مورد استفاده در هیدرومتالورژی و مکانیزم عمل آنها
- ۴- استخراج کننده ها و مکانیزم عمل آنها
  - انواع استخراج کننده ها شامل الکل ها، آلدهیدها، کتون ها، اکسیدها و مشتقات آنها، کینولین ها، اسیدهای آلی، فنل ها، استرها، آمین ها و، سولفیدها و سولفو کسیدهای آلی و...
- ۵- رزین های تبادل یونی و مکانیزم عمل آنها
  - انواع رزین ها شامل فنل فرمالدهید، رزین های پلی استیرن و...

مطالعات امکان‌سنجی و فراوری مواد معدنی  
Feasibility Study in Mining and Mineral Processing



تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری (۳۲ ساعت)

(هم‌نیاز) پیش‌نیاز: (معدنکاری سطحی/ مبانی کانه‌آرایی) اقتصاد معدنی

هدف: آشنایی با مبانی، روش‌ها و فنون ارزیابی پروژه‌های معدنی و انجام مطالعات امکان‌سنجی برای یک معدن روباز فرضی (یا زیرزمینی)

### سرفصل‌ها

- پروژه‌های معدنی، فرآیندهای اجرایی پروژه‌های معدنی و جنبه‌های فنی آن‌ها، ویژگی‌های سرمایه‌گذاری‌های معدنی، نقش ملاحظات زیست محیطی و ایمنی در پروژه‌های معدنی
- مطالعات امکان‌سنجی: تعاریف، اهداف، انواع، مراحل، عوامل مؤثر در درآمد و هزینه، عوامل مؤثر در مطالعات امکان‌سنجی و اطلاعات مورد نیاز (عوامل سیاسی- اجتماعی- فرهنگی، عوامل جغرافیایی و زیرساخت‌های منطقه، عوامل مربوط به کانسار، عوامل مربوط به معدنکاری و فراوری، عوامل زیست محیطی...)، فهرست کنترل داده‌ها یا چک لیست‌ها
- برنامه‌ریزی و سازماندهی مطالعات امکان‌سنجی
- برآورد درآمد و عمر؛ درآمد (تعریف، انواع، اجزاء)، بازار مواد معدنی (انواع و شکل محصولات، مبادله‌ی محصولات، قراردادهای خرید یا فروش، قراردادهای ذوب، مؤلفه‌های قراردادهای، قیمت (مفاهیم، انواع شامل قیمت تولیدکننده و ثابت و درازمدت و ...، روش‌های برآورد شامل قیمت روز و پیش‌بینی بر مبنای قیمت‌های گذشته و رگرسیون داده‌ها و اقتصاد سنجی و ...)، راندمان‌ها، محاسبه‌ی قیمت محصول قابل فروش، ظرفیت (عوامل مؤثر بر تعیین ظرفیت، روش‌های تعیین ظرفیت)، ذخیره (منابع و ذخایر، ذخایر زمین‌شناسی، افت‌ها، عیار حد، ذخایر قابل استخراج)، عمر
- برآورد هزینه‌ها: کلیات و مفاهیم، دسته‌بندی هزینه‌ها (بر مبنای منابع و نوع رفتار، نوع فعالیت، عملیات واحد)، انواع برآوردهای هزینه (سرانگشتی، برای مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی، برای مطالعات امکان‌سنجی تفصیلی...)، شرایط معدنکاری و کانه‌آرایی مؤثر بر هزینه‌ها (ظرفیت، پرسنل، انرژی و برق، تسطیح ساختمان، ملزومات معدن زیرزمینی شامل سیستم رهکشی و تهویه و ...، تجهیز و آماده‌سازی برای معدن زیرزمینی، ملزومات معدن روباز شامل تهیه‌ی طرح پایه و نیاز باطله و کانسنگ اولیه، انتخاب نوع و تعداد دستگاه‌های جالزنی و بارگیری و باربری و ...، ملزومات کانه‌آرایی)، انواع اطلاعات هزینه‌ای و منابع اطلاعات، روش‌های برآورد هزینه (برآورد هزینه‌های سرمایه‌ای شامل روش مقایسه‌ای، تعدیل-ظرفیت نمایی، نسبت اجرای هزینه، مدل برآورد تفصیلی)، برآورد هزینه‌های عملیاتی (طرح‌های مشابه، رابطه‌ی ظرفیت- هزینه، اجرای هزینه، برآورد تفصیلی)، راهکارها و دستورالعمل‌های تخمین هزینه (USBM یا دفتر معدن ایالات متحده، اهارا، AUSIMM، CANMET، مولار، WMES...)، شاخص‌های هزینه (ENR، مارشال و سوئیفت، CEPC، NRC...)
- مراحل تخمین هزینه و سودآوری
- تحلیل سرمایه‌گذاری
- گزارش امکان‌سنجی
- مطالعات امکان‌سنجی برای یک معدن روباز (فرضی یا واقعی) در حد مقدماتی از برآورد ذخیره تا تحلیل سرمایه‌گذاری با ترکیبی از روش‌های برآورد هزینه به صورت گروهی (۳ تا ۴ نفری) همراه با ارائه‌ی کتبی و شفاهی
- آشنایی با یکی از نرم‌افزارهای تحلیل سرمایه‌گذاری (CONFAR) یا آموزش به کارگیری EXCEL برای هدف ذکر شده



- ۱- اولمر، فردریک ویلهم؛ "ارزیابی اقتصادی در اکتشاف"؛ ترجمه‌ی یعقوب پور، عبدالمجید؛ دانشگاه شیراز؛ ۱۳۷۳
- ۲- هوسرولید، ویلیام و کوچتا، مارک؛ "طراحی و برنامه ریزی معادن روباز"؛ ترجمه‌ی خدایاری، علی اصغر و یاوری شهرضا، مهدی؛ دانشگاه صنایع و معادن ایران؛ تهران؛ ۱۳۸۲
- 3 - Welmer, F.W. ; "Economic Evaluations in Exploration "; Springer; 1989
- 4-Torries, T.F. , "Evaluating Mineral Projects: Applications and Misconception"; AIME; 1998
- 5- Gentry, D.W. and O Neil, T.J. ; "Mine Investment Analysis"; Soc. Mng. Engr.- AIME, New York; 1984
- 6- Mackenzie, B.W. ; "The Economics of Mineral Exploration"; Course Notes, Queens University; 1994
- 7- Hartman, H.L. (Editor); "SME Mining Engineering Handbook"; Vol. I&II; 2<sup>nd</sup> Edition; SME Littleton Colorado; 1992; sec. 2, 6, 13-1-2, 21-4-4, 23-3, 25-5





تولمانه ی پیشنهادی نوم بندی دروس رشته ی مهندسی صنایع دانشگاه

ردیف	نوع درس	استاد/تک	نوع درس	نوع درس	نوع درس	نوع درس	نوع درس	نوع درس
1	مقررات دروس	(استاد/تک)	2	3	4	5	6	7
8	نوع درس	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32	33
34	35	36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49	50	51
52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69
70	71	72	73	74	75	76	77	78
79	80	81	82	83	84	85	86	87
88	89	90	91	92	93	94	95	96
97	98	99	100	101	102	103	104	105
106	107	108	109	110	111	112	113	114
115	116	117	118	119	120	121	122	123
124	125	126	127	128	129	130	131	132
133	134	135	136	137	138	139	140	141
142	143	144	145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168
169	170	171	172	173	174	175	176	177
178	179	180	181	182	183	184	185	186
187	188	189	190	191	192	193	194	195
196	197	198	199	200	201	202	203	204
205	206	207	208	209	210	211	212	213
214	215	216	217	218	219	220	221	222
223	224	225	226	227	228	229	230	231
232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249
250	251	252	253	254	255	256	257	258
259	260	261	262	263	264	265	266	267
268	269	270	271	272	273	274	275	276
277	278	279	280	281	282	283	284	285
286	287	288	289	290	291	292	293	294
295	296	297	298	299	300	301	302	303
304	305	306	307	308	309	310	311	312
313	314	315	316	317	318	319	320	321
322	323	324	325	326	327	328	329	330
331	332	333	334	335	336	337	338	339
340	341	342	343	344	345	346	347	348
349	350	351	352	353	354	355	356	357
358	359	360	361	362	363	364	365	366
367	368	369	370	371	372	373	374	375
376	377	378	379	380	381	382	383	384
385	386	387	388	389	390	391	392	393
394	395	396	397	398	399	400	401	402
403	404	405	406	407	408	409	410	411
412	413	414	415	416	417	418	419	420
421	422	423	424	425	426	427	428	429
430	431	432	433	434	435	436	437	438
439	440	441	442	443	444	445	446	447
448	449	450	451	452	453	454	455	456
457	458	459	460	461	462	463	464	465
466	467	468	469	470	471	472	473	474
475	476	477	478	479	480	481	482	483
484	485	486	487	488	489	490	491	492
493	494	495	496	497	498	499	500	501
502	503	504	505	506	507	508	509	510
511	512	513	514	515	516	517	518	519
520	521	522	523	524	525	526	527	528
529	530	531	532	533	534	535	536	537
538	539	540	541	542	543	544	545	546
547	548	549	550	551	552	553	554	555
556	557	558	559	560	561	562	563	564
565	566	567	568	569	570	571	572	573
574	575	576	577	578	579	580	581	582
583	584	585	586	587	588	589	590	591
592	593	594	595	596	597	598	599	600
601	602	603	604	605	606	607	608	609
610	611	612	613	614	615	616	617	618
619	620	621	622	623	624	625	626	627
628	629	630	631	632	633	634	635	636
637	638	639	640	641	642	643	644	645
646	647	648	649	650	651	652	653	654
655	656	657	658	659	660	661	662	663
664	665	666	667	668	669	670	671	672
673	674	675	676	677	678	679	680	681
682	683	684	685	686	687	688	689	690
691	692	693	694	695	696	697	698	699
700	701	702	703	704	705	706	707	708
709	710	711	712	713	714	715	716	717
718	719	720	721	722	723	724	725	726
727	728	729	730	731	732	733	734	735
736	737	738	739	740	741	742	743	744
745	746	747	748	749	750	751	752	753
754	755	756	757	758	759	760	761	762
763	764	765	766	767	768	769	770	771
772	773	774	775	776	777	778	779	780
781	782	783	784	785	786	787	788	789
790	791	792	793	794	795	796	797	798
799	800	801	802	803	804	805	806	807
808	809	810	811	812	813	814	815	816
817	818	819	820	821	822	823	824	825
826	827	828	829	830	831	832	833	834
835	836	837	838	839	840	841	842	843
844	845	846	847	848	849	850	851	852
853	854	855	856	857	858	859	860	861
862	863	864	865	866	867	868	869	870
871	872	873	874	875	876	877	878	879
880	881	882	883	884	885	886	887	888
889	890	891	892	893	894	895	896	897
898	899	900	901	902	903	904	905	906
907	908	909	910	911	912	913	914	915
916	917	918	919	920	921	922	923	924
925	926	927	928	929	930	931	932	933
934	935	936	937	938	939	940	941	942
943	944	945	946	947	948	949	950	951
952	953	954	955	956	957	958	959	960
961	962	963	964	965	966	967	968	969
970	971	972	973	974	975	976	977	978
979	980	981	982	983	984	985	986	987
988	989	990	991	992	993	994	995	996
997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005









## پرتابه ی پیشنهادی نوم بندی دروس رشته ی مهندسی معدن-شاخه استخراج

[illegible]