جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

مهندسی مواد

Materials Engineering

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

گرایش

Metals Extraction	**استخراج فلزات**

گروه فنی و مهندسی

پیشنهادی دانشگاه صنعتی اصفهان

باسمه تعالی

نام رشته: مهندسی مواد | **عنوان گرایش: استخراج فلزات**

گروه: فنی و مهندسی | **دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته**

کارگروه تخصصی: مهندسی مواد و متالورژی | **نوع مصوبه: بازنگری**

پیشنهادی: دانشگاه صنعتی اصفهان | **تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۰/۰۵**

برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته مهندسی مواد گرایش استخراج فلزات، در جلسه شماره ۱۶۳ تاریخ ۱۴۰۰/۱۰/۰۵ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی به شرح زیر تصویب شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب این برنامه درسی در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پذیرفته می‌شوند، قابل اجرا است.

ماده دو – این برنامه درسی، جایگزین برنامه درسی رشته مهندسی مواد گرایش استخراج فلزات مصوب تاریخ ۱۳۸۴/۰۷/۲۶ شورای عالی برنامه ریزی می شود..

ماده سه- این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول‌های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می‌شود.

ماده چهار- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر محمدرضا آهنچیان
دبیر کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

مهندسی مواد

MATERIALS ENGINEERING

مقطع کارشناسی ارشد

مشتمل بر گرایش‌های:

۱. **استخراج فلزات**| Metals Extraction

تهیه‌کنندگان:

دکتر مسعود پنجه پور	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر مهدی احمدیان	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر مریم کرباسی	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان

جدول تغییرات

ردیف	در برنامه قبلی	در برنامه بازنگری شده
۱.	خطا در اندازه‌گیری	از دروس تخصصی حذف شده (به دلیل عمومی بودن) و در لیست دروس اختیاری قرار گرفت.
۲.	مشخصه یابی پیشرفته مواد	– در دروس تخصصی عنوان درس به "روش‌های نوین شناسایی و آنالیز مواد و آزمایشگاه" تغییر کرده است. دلیل آن انطباق عنوان با سر فصل ها و ویژگی های درس می‌باشد. – ادغام درس مذکور با آزمایشگاه مشخصه‌یابی پیشرفته مواد در یکدیگر – تغییر واحد درس از ۲ به ۳ واحد اصلاح شده است.
۳.	آز مایشگاه مشخصه یابی پیشرفته مواد	– از دروس تخصصی حذف و در درس تخصصی روش های نوین شناسایی و آنالیز مواد ادغام شود.
۴.	پدیده های انتقال پیشرفته	– از دروس اختیاری حذف و به عنوان درس تخصصی ارائه می‌شود. – عنوان درس به "پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد" تغییر کرده است.
۵.	تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی	دروس پیش نیاز: ترمودینامیک پیشرفته و سینتیک پیشرفته مواد دروس هم نیاز: پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد
۶.	تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی	دروس پیش نیاز: ترمودینامیک پیشرفته و سینتیک پیشرفته مواد دروس هم نیاز: پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد
۷.	سیستم‌های چند جزئی	دروس پیش نیاز: ترمودینامیک پیشرفته
۸.	آزمایشگاه فرآیندهای متالورژی	– این آزمایشگاه به لحاظ محدودیت واحدهای تخصصی و ضرورت سایر دروس تخصصی در لیست دروس اختیاری قرار گرفت. دروس هم نیاز: "تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی" و "تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی"
۹.	استخراج فلزات نادر	دروس هم نیاز: "تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی" و "تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی"
۱۰.	اصول آنالیز حرارتی مواد	در دروس اختیاری عنوان درس به " آنالیز حرارتی مواد" تغییر کرده است. دلیل آن علاوه بر بیان اصول ، ضرورت بیان کاربردها نیز می باشد. زیرا عنوان درس بایستی با سرفصل ها و ویژگی های درس منطبق باشد. دروس هم نیاز: سینتیک پیشرفته مواد
۱۱.	بازیافت مواد	در دروس اختیاری عنوان درس به "مهندسی فرآیند برای بازیافت مواد" تغییر کرده است. دلیل آن تغییر دادن عنوان از حالت عمومی به حالت تخصصی گرایش استخراجی و انطباق آن با سرفصل های درس و نیز ویژگیهای درس می باشد.

کارشناسی ارشد مهندسی مواد / ۳

		دروس هم نیاز: "تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی" و "تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی"
۱۲.	-----	با توجه به اهمیت دماهای بالا در پایه های فرآیندهای استخراجی، درس "شیمی فیزیک دمای بالا" به دروس اختیاری اضافه گردیده است. دروس پیش نیاز: ترمودینامیک پیشرفته
۱۳.	اصول شبیه سازی فرایندهای متالورژی	– در دروس اختیاری عنوان درس به "مدلسازی و شبیه سازی فرآیندهای متالورژیکی" تغییر کرده است. دلیل آن انطباق سرفصل های و ویژگیهای درس با عنوان می‌باشد. – تغییر واحد درس از ۳ به ۲ واحد می باشد. دروس پیش نیاز: پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد
۱۴.	مباحثی در ریاضیات مهندسی	در دروس اختیاری عنوان درس به "ریاضیات مهندسی پیشرفته" تغییر کرده است. دلیل آن انطباق سرفصل های و ویژگیهای درس و نیزجامع تر بودن این عنوان می باشد. – تغییر واحد درس از ۳ به ۲ واحد اصلاح شده است.
۱۵.	زیست فناوری در مهندسی مواد	دروس هم نیاز: – تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی – تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی
۱۶.	فرآیندهای نوین استخراج مواد	دروس هم نیاز: – تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی – تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی
۱۷.	بررسی فنی و اقتصادی تولید فلزات	دروس هم نیاز: – تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی – تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی
۱۸.	طرح و کنترل پیشرفته فرآیندهای متالورژی	دروس هم نیاز: – تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی – تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی
۱۹.	-----	درس "مبانی طراحی مواد زیست محیطی و مهندسی فرآیند" به دروس اختیاری اضافه گردیده است. بنا به ضرورت مشکلات زیست محیطی در کشور دروس هم نیاز: "تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی" و "تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی"
۲۰.	در فصل ویژگی‌های دروس اهداف، سرفصل‌های و مراجع اکثریت دروس تخصصی و اختیاری اصلاح شده است.	

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف) مقدمه

دوره کارشناسی ارشد رشته " مهندسی مواد - استخراج فلزات (MATERIALS ENGINEERING - METALS EXTRACTION) " یکی از دوره های تحصیلی آموزش عالی است که بر روش های استخراج فلزات و مواد اولیه خام از مواد معدنی،کنسانتره، باطله ها و قراضه ها و همچنین جداسازی فلزات ارزشمند از یکدیگر و نیز بازگردانی و بازیافت مواد فلزی از محصولات فرعی فرآیندهای مختلف، قطعات وتجهیزات اسقاطی تمرکز دارد. در استخراج فلزات به منظور دستیابی به فلز مورد نظر از طریق عملیات شیمیایی بر روی مواد معدنی تغلیظ شده از فرآیندهای پیرومتالورژی، هیدرومتالورژی و الکترومتالورژی استفاده می شود. در واقع فارغ التحصیلان این گرایش با شناخت روش های استخراج فلزات و بهره‌برداری از واحدهای استخراج فلزات و بخش‌های وابسته می توانند روش های مقرون به صرفه استخراج فلزات و تصفیه و بازاریابی عناصر فلزی را ارائه دهند. دانش‌آموختگان این گرایش علاوه بر کار در کارخانه های تولید فلزات نظیر تولید فولاد و ذوب آهن، مس،آلومینیوم، سرب و روی و فلزات ارزشمند دیگر می توانند در مراکز تحقیقاتی در ارتباط با تولید فلزات و بازیافت فلزات مشغول به کار شوند. بعلاوه در زمینه سنتز مواد جدید نظیر کاتالیست‌ها و مواد نانو ساختار می توان از مهندسین این گرایش بهره برد. همچنین در در صنایعی مثل نفت و پتروشیمی در ارتباط با مسائل بسیار مهم و حساس خوردگی فعالیت کنند. با توجه به مسایل زیست محیطی بازگردانی و بازیافت فلزات و مواد مختلف که از نگرانی های آینده بشر می باشد می‌تواند توسط مهندسین این رشته به خوبی هدایت شود.

بطور کلی برنامه درسی در این گرایش شامل ۲۸ واحد درسی نظری عملی بوده، طول دوره ۲ سال و در ۴ نیمسال برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود. هر نیمسال شامل ۱۶ هفته آموزشی کامل در نظر گرفته شده است. دروس نظری به ازای هر واحد ۱۶ ساعت (یک ساعت در هفته) و دروس عملی به ازای هر واحد ۳۲ ساعت (دو ساعت در هفته) تدریس می شوند.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

با توجه به اهمیت و گسترش صنایع فلزی در کشور، اعم از تولید فولاد، مس، سرب روی، آلومینیم، تینانیم، مولیبدن، کروم، فروآلیاژها و نیز کاهش مشکلات زیست محیطی ناشی از محصولات جانبی این صنایع به همراه قراضه‌ها، قطعات و تجهیزات (مشتمل بر فلزات) اسقاطی، لزوم آگاهی و شناخت هر چه بیشتر از فرآیندهای نوین تولید، انتقال تکنولوژی های لازم، بازگردانی و بازیافت مواد فلزی/ ترکیبات را به همراه پژوهش در این زمینه ها احساس می‌شود. بنابراین هدف از برنامه ریزی این دوره تربیت کارشناسان متخصصی است که با آگاهی و شناخت از مبانی علمی و تکنولوژیکی در زمینه های گوناگون استخراج و تصفیه فلزات (نظیر موارد زیر) بتوانند در صنایع مذکور به بررسی مشکلات (بویژه مشکلات تولید و مشکلات زیست محیطی) و چگونگی حل آنها بپردازند.

- لیچینگ فلزات ارزشمند (مانند روی، مس، نیکل، نقره، طلا، لیتیم و فلزات نادر خاکی) با استفاده از عوامل شیمیایی و همچنین با کمک باکتری در دما و فشار پایین و بالا.

- حذف ناخالصی ها و همچنین بازیابی فلزات گرانبها با استفاده از روش های ترسیب، استخراج حلالی، سمانتاسیون و الکتروویننگ.

- بازگردانی و بازیافت فلزات/ ترکیبات و عملیات بر روی گازهای گلخانه ای، پسآب‌ها و محلول های خروجی

- بازیابی فلزات از منابع ثانویه مانند باتری های نیکل- کادمیوم و لیتیم – یون، سرباره کوره کنورتورLD ، سرباره کوره بلند و کوره های قوس الکتریکی، انواع غبار کارخانه‌های تولید فولاد، غبار کارخانه‌های تولید برق، کاتالیست های NiO/Al_2O_3، کیک فرآیند تصفیه گرم و سرد تولید فلز روی، کیک فرآیند لیچینگ فلز روی.

- بهینه سازی پارامترهای مربوط به فرآیند های مختلف مانند لیچینگ، استخراج حلالی و بازیافت.

- انتقال تکنولوژی در زمینه های فرآیندهای نوین تولید فلزات، بازگردانی و بازیافت مواد فلزی/ ترکیبات

پ) ضرورت و اهمیت

صنایع متالورژی و مواد جزء صنایع مادر کشورها بوده و مطابق برنامه های توسعه در کشور ایران بهای زیادی به این صنایع داده شده است. وجود صنایع بزرگ و کوچک متعدد و فراوان در زمینه متالورژی و مواد به خصوص در گرایش استخراج فلزات در ایران ضرورت تربیت کارشناسان متخصص برای آنها را روشن می‌سازد. در واقع، استخراج فلزات از گرایش های مهندسی مواد می باشد که بر روش های استخراج و تصفیه فلزات و مواد اولیه خام از مواد معدنی، کنسانتره ، باطله ها، قراضه ها، منابع ثانویه نظیر باتری های نیکل- کادمیوم و لیتیم – یون و همچنین جداسازی فلزات ارزشمند از یکدیگر و از طرف دیگر بر حل مشکلات زیست محیطی ناشی از این صنایع تمرکز دارد.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس عمومی	-
دروس پایه	-
دروس تخصصی	۱۳
دروس اختیاری	۹
رساله / پایان‌نامه	۶
جمع	۲۸

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
استفاده از فناوری ها، علوم روز و ابزارهای مدرن در فعالیت های مرتبط به فرآیندهای استخراج فلزات	همه دروس
طراحی فرآیندهای استخراج فلزات، بازگردانی و بازیافت مواد فلزی/ترکیبات	همه دروس
تجزیه و تحلیل پدیده های مرتبط در فرآیندهای مختلف استخراج فلزات	همه دروس
آشنایی با فرآیندهای سنتی و نوین در عرصه استخراج فلزات	همه دروس
آشنایی با مشکلات زیست محیطی پدیده آمده در عرصه استخراج فلزات	همه دروس
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
انتخاب فرآیند استخراجی در خصوص منابع مختلف فلزی	همه دروس
آشنایی با روش های انتقال تکنولوژی	همه دروس

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

داوطلبان با مدرک کارشناسی مهندسی مواد و سایر رشته هایی که مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مجاز می‌داند، می توانند در آزمون ورودی شرکت کنند.

تبصره: دانشجویانی که رشته مقطع قبلی آنان با این رشته غیرمرتبط می‌باشد بایستی تا ۱۲ واحد را به عنوان دروس جبرانی از میان دروس دوره قبل این رشته را در نیمسال اول تا دوم بگذرانند. انتخاب این دروس به تشخیص گروه آموزشی دانشگاه / موسسه می‌باشد و بایستی شامل دروسی باشد که دانش پایه و اصلی این رشته را در بر بگیرد. تعداد واحدهای جبرانی نیز به تشخیص گروه آموزشی دانشگاه / موسسه و بر مبنای میزان ارتباط رشته با رشته دوره قبلی دانشجو می‌باشد.

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۳)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی گرایش استخراج فلزات

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	ترمودینامیک پیشرفته	۲	✓			۳۲			
۲.	سینتیک پیشرفته مواد	۲	✓			۳۲			
۳.	پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد	۲	✓			۳۲			
۴.	روش های نوین شناسایی و آنالیز مواد و آزمایشگاه"	۳			✓	۶۴			
۵.	تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی	۲	✓			۳۲		- ترمودینامیک پیشرفته - سینتیک پیشرفته مواد	- پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد
۶.	تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی	۲	✓			۳۲		-ترمودینامیک پیشرفته - سینتیک پیشرفته مواد	- پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد

جدول (۴)- عنوان و مشخصات کلی دروس اختیاری گرایش استخراج فلزات

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	سیستم‌های چند جزئی	۲	✓			۳۲		ترمودینامیک پیشرفته	
۲.	استخراج فلزات نادر	۲	✓			۳۲			- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی
۳.	آنالیز حرارتی مواد	۲	✓			۳۲		- سینتیک پیشرفته مواد	
۴.	مبانی طراحی مواد زیست محیطی و مهندسی فرآیند	۲	✓			۳۲			- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی
۵.	مهندسی فرآیند برای بازیافت مواد	۲	✓			۳۲			- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی
۶.	فرآیندهای نوین استخراج مواد	۲	✓			۳۲		-	- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی
۷.	آزمایشگاه فرایندهای متالورژیکی	۱	✓				۳۲		- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۸.	شیمی فیزیک دمای بالا	۲	✓			۳۲		- ترمودینامیک پیشرفته	
۹.	طراحی آزمایش ها	۲	✓			۳۲			
۱۰.	مدلسازی و شبیه سازی فرآیندهای متالورژیکی	۲	✓			۳۲		- پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد	
۱۱.	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۲	✓			۳۲			
۱۲.	زیست فناوری در مهندسی مواد	۲	✓			۳۲			- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی
۱۳.	بررسی فنی و اقتصادی تولید فلزات	۲	✓			۳۲			- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی
۱۴.	طرح و کنترل پیشرفته فرآیندهای متالورژی	۲	✓			۳۲			- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای - هیدروالکترومتالورژی
۱۵.	خطا در اندازه گیری	۱	✓			۱۶			
۱۶.	سمینار	۲	✓						

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	ترمودینامیک پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Thermodynamics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- طرح مباحث تکمیلی ترمودینامیکی مطرح در رشته متالوژی و مهندسی مواد

اهداف ویژه:

۱. تجزیه و تحلیل ترمودینامیکی فرایند های مواد و متالورژی
۲. رسم دیاگرام های فازی در سیستم های دوتایی
۳. آشنایی با ترمودینامیک آماری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مرور قوانین اول، دوم و سوم ترمودینامیک و پایداری فازها در سیستم تک جزئی
۲. پتانسیل شیمیایی، خواص مولار جزئی، تعادل در سیستم های غیرهمگن (شامل بیش از یک فاز) قانون فازهای گیبس
۳. پتانسیل شیمیائی و مفاهیم فوگاسیته و اکتیویته، معیار تعادل ترمودینامیکی
۴. محلول‌های باقاعده، توابع اضافی، محلول‌های رقیق، معادله گیبس دوهم در سیستم‌های سه‌تایی
۵. تغییر دادن حالت استاندارد، ضرائب تأثیر متقابل و پارامترهای تأثیر متقابل
۶. نمودارهای منطقه پایداری ترکیبات، نمودارهای انرژی آزاد مولی نسبی و با غلظت و ارتباط آن‌ها با سیستم‌های دوتایی
۷. حلالیت و عدم حلالیت، تعادل بین فازها با ترکیب متغیر، محاسبات نمودارهای فازی، نمودارهای اکتیویته مول جزیی
۸. آنتروپی و استفاده از معادله بولتزمن، آنتروپی وضعیتی و آنتروپی حرارتی
۹. مدل شبه‌شیمیای و سایر مدل‌ها برای محلول‌ها، محلول‌های منظم، نظم پر و کم دامنه در محلول‌ها
۱۰. ترمودینامیک سطوح و فصل مشترک
۱۱. الکتروشیمی و ترمودینامیک محلول‌های آبی رابطه انرژی شیمیایی و الکتریکی تأثیر غلظت بر نیروی الکتروموتیو تشکیل‌ها نمودارهای پور به

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. David R. Gaskell and David E. Laughlin, Introduction to the Thermodynamics of Materials (Sixth Edition), Taylor & Francis Group, ۲۰۱۸.

۲. H.G. Lee, Materials Thermodynamics with Emphasis on Chemical Approach, World Scientific, ۲۰۱۲.

۳. Robert DeHoff, Thermodynamics in Materials Science (۲nd Edition), Tayler & Francis Group, ۲۰۰٦.

٤. S. Stolen, T. Grande and N. L. Allan, Chemical Thermodynamics of Materials Macroscopic and Microscopic Aspect, John Wiley & Sons, ۲۰۰٥.

عنوان درس به فارسی:	سینتیک پیشرفته مواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Kinetics of Materials	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

اهداف کلی درس آشنایی دانشجویان با اصول حاکم بر سینتیک فرآیندهای شیمیایی و مکانیزم انجام آن‌ها، آشنایی با اصول طراحی راکتورهای شیمیایی

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با قوانین کلی حاکم بر سرعت واکنش ها
۲. تجزیه و تحلیل مکانیزم انجام واکنش های ناهمگن در فرایند های مواد
۳. آشنایی با مدل ها و آنالیز سینتیکی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری بر مبانی سینتیک شیمیائی: واکنش‌های همگن و ناهمگن، معادله سرعت
تئوری‌های سرعت واکنش، ترکیب پیچیده ناپایدار، اثر دما
روش‌های تجربی حل معادله سرعت
۲. مروری بر مبانی سینتیک انتقال جرم: مکانیسم‌های انتقال جرم (نفوذ و جابه‌جایی)
قوانین فیک، نفوذ در خود، نفوذ ذاتی، نفوذ درهم، آزمایش دارکن، اثرکرکندال، تحلیل دارکن از اثر کرکندال
پیش‌بینی مقدار ضریب نفوذ در مایعات و گازها
۳. اصل بقای جرم برای کل ماده و اجزای سازنده و استخراج معادله کلی انتقال جرم
انتقال جرم در سیال در حال حرکت در حالت آرام و آشفته
۴. مدل‌های انتقال جرم در فصل مشترک: مدل دولایه (Two films)، مدل نفوذ در لایه مرزی، مدل نو شدن سطح
۵. مدل‌های سینتیکی برای واکنش های سیال- جامد
۶. پدیده جذب سطحی و بررسی اثرات سینتیکی آن در واکنش‌های ناهمگن
۷. مثال‌های کاربردی در مورد سینتیک فرایندهای متالورژیکی
۸. اصول طراحی راکتورهای شیمیایی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. James E. House, Principles of Chemical Kinetics (Second Edition), Elsevier, ۲۰۰۷.

۲. Santosh K. Upadhyay, Chemical Kinetics and Reaction Dynamics, Springer, ۲۰۰۶.

۳. Dennis W. Readey, Kinetics in Materials Science and Engineering, Taylor & Francis Group, ۲۰۱۷.

۴. F. Habashi, Kinetics of Metallurgical processes, Metallurgie Extractive Quebec, sainte-Foy, Quebec, ۱۹۹۹.

۵. H. S. Ray, Kinetics of Metallurgical Reactions, Oxford & IBH, ۱۹۹۳.

عنوان درس به فارسی:	پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Transport Phenomena in Materials Engineering		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:			تخصصی ■	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:			اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۲		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۳۲			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

آگاهی از درس پدیده های انتقال به عنوان یک ابزار کارآمد، گسترش و توسعه سریع فرآیندهای متالورژی را ممکن می سازد. این مبحث شامل أصول مربوط به سیالات، حرارت و جرم است و برقراری روابط آن روی فرآیندهای متالورژی به صورت یک ابزار مفید مورد توجه قرار گرفته است.

اهداف ویژه:

۱. بررسی مکانیک سیالات (قانون بقای مومنتم) و جریان سیال در بسترهای ثابت و متحرک
۲. بررسی انتقال جرم (قانون بقای جرم) و مکانیزم های انتقال جرم در سیستم های جامد، مایع و گاز
۳. بررسی انتقال حرارت (قانون بقای انرژی) و مکانیزم های انتقال حرارت در سیستم های مختلف

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری بر تعریف ویسکوزیته، ویسکوزیته گازها و مایعات، سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی و جریان های آرام و متلاطم
۲. موازنه انرژی مکانیکی در جریان سیال (معادله برنولی) و کاربردهای آن در فرایندهای متالورژیکی
۳. معادلات پیوستگی و مومنتم و حل معادلات برای فرایندهای جریان سیال و کاربرد معادلات ناویر - استوکس
۴. مروری بر مکانیزم های انتقال حرارت (هدایت- جابجایی- تشعشع)
۵. هدایت حرارتی در حالت پایدار و ناپایدار
۶. جابجایی اجباری و طبیعی
۷. معادله کلی انرژی و حل معادله برای مسائل مختلف انتقال حرارت
۸. انتقال حرارت به روش تشعشع
۹. االصول مدل سازی ریاضی و تجزیه و تحلیل مدل
۱۰. مقدمه ای بر حل عددی معادلات دیفرانسیل انتقال
۱۱. مدل سازی فیزیکی
۱۲. مثال هایی از مدل های ریاضی و فیزیکی در فرآیندهای متالورژیکی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. D. R. Poirier and G. H. Geiger, Transport Phenomena in Materials Processing, Springer, ۲۰۱۶.

۲. DAVID R. GASKELL, An Introduction to Transport Phenomena in Materials Engineering (Second Edition), Springer, Momentum Pres, ۲۰۱۲.

۳. R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot and Daniel J. Klingenberg, Introductory Transport Phenomena, John Wiley & Sons, ۲۰۱۵.

٤. James R. Welty, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson and Gregory L. Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer (٥th Edition), John Wiley & Sons, ۲۰۰۸.

۵. J. Szekley and N.J Thermelis, Rate phenomena in process metallurgy, John Wiley & sons, ۱۹۷۱.

عنوان درس به فارسی:	روش های نوین شناسایی و آنالیز مواد و آزمایشگاه		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Modern Methods of Materials Identification and Analysis, and laboratory		پایه ☐	نظری ☐
دروس پیش‌نیاز:			تخصصی ■	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:			اختیاری ☐	نظری-عملی ■
تعداد واحد:	۳	۳۲ ساعت تئوری و	رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	۳۲ ساعت آزمایشگاه		

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

شناسایی ساختار و آنالیز مواد مشتمل بر جلوه های مختلف آن شامل تعیین اندازه و مورفولوژی فازها بررسی نقایص بلوری و فازها تعیین چیدمان های اتمی و غیر بلوری فازها و تجزیه شیمیایی آن‌ها با بهره گیری از میکروسکوپی الکترونی و دستگاه های مرتبط با آن و پراش پرتوایکس می باشد.

اهداف ویژه:

۱. اهمیت مطالعه سطوح در مهندسی مواد، روش های بمباران سطح (اشعه الکترونی، فوتونها، یون های شتابدار،...)
۲. پدیده های ناشی از برخورد الکترون ها با سطح، تولید اشعه الکترونی، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، آنالیز سطح با استفاده از اسپکتروسکوپی به روش های EDS و WDS، آنالیز با میکروپروب الکترونی (EPMA)
۳. انجام تحلیل آزمایش‌های عملی در خصوص شناسایی ساختار مواد (فازها، ساختمان‌های بلوری نقایص بلوری) به کمک پراش پرتوایکس، میکروسکوپی الکترونی روبشی، عبوری و دستگاه‌های تجزیه شیمیایی مرتبط با آن‌ها.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. محدودیت‌های میکروسکوپ نوری، تراش و حد تفکیک، پرتوی الکترونی و انواع تفنگ‌های الکترونی، سامانه‌های تأمین خدا، عدسی‌های مغناطیسی و الکترواستاتیکی، خطاهای عدسی‌ها، روزنه‌ها، اندرکنش پرتو الکترونی با مواد و سیگنال‌ها، ردیابی سیگنال‌ها
۲. پرتوایکس (مشخصه‌ها، تولید، انواع جذب و فیلتر نمودن اندرکنش با مواد) پدیده پراش پرتوی ایکس توسط چیدمان اتمی بلوری ماده، طیف‌سنجی پرتوایکس، ضرایب و عوامل مؤثر برشدت پراش، روش‌های پراش پرتوایکس، هندسه‌های پراش سنجی پرتوایکس، بانک اطلاعات پراش مواد، تعیین ساختمان بلوری مواد از الگوی پراش، اندازه‌گیری‌های کیفی و کمی الگوهای پراش پرتوایکس، پراش در حالت مطلوب و غیر مطلوب، تحلیل شرر، ویلیامسون-هال، رایتلود، اندازه‌گیری تنش‌های باقیمانده بررسی بافت بلوری.
۳. میکروسکوپ الکترونی روبشی، بزرگنمایی، تفکیک و عمق میدان، سیگنال‌ها و کنتراست‌های تصویر آن‌ها، میکروسکوپی تخت خدا محدود و میکروسکوپی محیطی آماده‌سازی نمونه.
۴. میکروسکوپ الکترونی عبوری، تصاویر در میدان روشن و تاریک پراش الکترونی، کنتراست‌های دامنه و فاز، الگوهای الکترونی نقطه‌ای، کیکوچی و پرتوهای همگرا و شاخص گذاری آن‌ها، اثر شکل رسوب بر الگوی پراش الکترونی، آماده سازی نمونه فویل نازک، نظریه های سینماتیکی و دینامیکی پراش و تبیین جلوه های تصویری بر مبنای آن‌ها، کنتراست های نقایص بلوری، بررسی ارتباط بلوری فازها کنتراست با حد تفکیک بالا یا کنتراست شبکه ای، تعیین ترکیب شیمیایی با طیف‌سنجی الکترون-های انرژی از دست داده.
۵. تجزیه شیمیایی مواد با استفاده از پرتوایکس، روش تجزیه شیمیایی یا استفاده از تفکیک انرژی پرتوایکس، روش تجزیه شیمیایی به کمک تفکیک طول موج پرتوایکس، تجزیه شیمیایی کیفی و کمی و موارد مصنوعی طیف.

- سرفصل های مربوط به آزمایشگاه

۶. آزمایش طیف‌سنجی پرتوایکس
۷. آزمایش تعیین خطای پهن شدن قله پراش‌سنج پرتوایکس و اندازه‌گیری بلورچه¬های ساختارهای نانو به روش شرر
۸. آزمایش اندازه‌گیری ساختارهای نانو به روش ویلیامسون- هال
۹. آزمایش تعیین ساختمان بلوری یک نمونه در حالات پودر، فویل و فله با استفاده از پراش پرتوایکس و بانک اطلاعات پراش مواد
۱۰. آزمایش اندازه‌گیری دقیق ثوابت شبکه بلوری
۱۱. آزمایش شناسایی ماده چند فازه به کمک میکروسکوپی الکترونی رویشی و کنتراست‌های تصویر مختلف و تجزیه شیمیایی فازها و ماده
۱۲. آزمایش شکست نگاری(بررسی سطوح شکست ترد و نرم) توسط میکروسکوپی الکترونی روبشی
۱۳. آزمایش تعیین الگوی پراش الکترونی و شاخص گذاری آن
۱۴. آزمایش شناسایی ساختمان‌های بلوری یک ماده دو فازه روی فویل نازک توسط میکروسکوپی الکترونی عبوری و بررسی مواضع هر فاز
۱۵. آزمایش بررسی نقایص بلوری نمونه فویل نازک توسط میکروسکوپی الکترونی عبوری
۱۶. پژوهش جامع شناسایی ساختاریک نمونه مجهول به کمک روش‌های مختلف (پروژه)

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و آزمایشگاه در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. J. I. Goldstein, D. E. Newbury, D.C. Joy, C.E. Lyman, P. Echlin, E. Lifshin, L. Sawyer, J.R. Michael, Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis, Springer, ۲۰۰۳.
۲. D. Williams and C. Carter, Transmission Electron Microscopy: A Textbook for Materials Science, Springer, ۲۰۰۹.
۳. David Brandon, Wayne D. Kaplan, Microstructural Characterization of Materials (second Edition), John Wiely and Sons, ۲۰۰۸.
٤. B.D. Culity and S.R. Stock, Elements of X-ray Diffraction, Third Edition. New York: Prentice-Hall, ۲۰۰۱.
٥. Vitalij K. Pecharsky, Peter Y. Zavalij, Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials (Second Edition), Springer, ۲۰۰۹.
٦. Yang Leng, Materials Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods (Second Edition), John Wiley & sons, ۲۰۰۸.

عنوان درس به فارسی:	تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی		
عنوان درس به انگلیسی:	Theory of Pyrometallurgical Processes	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	- ترمودینامیک پیشرفته - سینتیک پیشرفته مواد	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد	تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

هدف از ارائه این درس، آشنایی دانشجویان با تئوری پیشرفته فرایندهای پیرومتالورژی است تا دانشجو قادر باشد موضوعات تحقیقاتی و پژوهشی مرتبط با آن را بهتر درک و تجزیه تحلیل علمی کند.

اهداف ویژه:

۱. تجزیه و تحلیل فرآیندهای پیرمتالورژی از جنبه های ترمودینامیکی، بموازنه جرم و انرژی، سینتیکی و پدیده های انتقال
۲. طراحی فرآیندهای پیرمتالورژی در رابطه با تولید فلزات
۳. توسعه انتقال تکنولوژی فرآیندهای پیرمتالورژی در رابطه با تولید فلزات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. ترمودینامیک و سینتیک تشویه، ترمودینامیک تشویه، سینتیک تشویه، حرارت تشویه، تشویه کلریدی، سیستم کلسیم گوگرد-اکسیژن
۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی سرباره‌ها، سرباره‌های نوع کوره بلند، بازیسیته سرباره، اثر پتانسیل اکسیژن در سیستم‌های سرباره‌ای، اجزای غیر اکسیدی در سرباره‌ها، گازها در سرباره، سرباره‌های آهنی، خواص فیزیکی سرباره‌ها
۳. تئوری احیای فلزات، ویژگی‌های استخراج فلزات، احیا با منواکسید کربن، احیا با هیدروژن، احیا با گاز متان، احیا با سایر عوامل احیا کننده، احیای اکسیدهای آهن، احیای سایر کانی‌های اکسیدی، گدازش مات
۴. تئوری فرایندهای متالو ترمیک جهت تولید فلزات
۵. تئوری اکسیداسیون و تصفیه اکسیدی فلزات، تصفیه آتشی در فولادسازی ، رفتار عناصر ناخالصی در جریان فولادسازی، ترمودینامیک فولاد مایع ، محلول‌های چند جزئی، واکنش‌های فولادسازی، تصفیه آتشی سایر فلزات، گوگردزدایی، اکسیژن زدایی، الکترولیز نمک‌های مذاب
۶. هدایت کنندگی و عبور دهی جریان الکتریکی، هدایت کنندگی یونی، نمک‌های مذاب، الکترولیت‌های جامد، انتقال یونی، فرآیندهای نمک مذاب
۷. سایر فرآیندهای تصفیه فلزات، فرآیندهای فلز- فلز، فرآیندهای فلز- گاز، فرآیندهای الکترولیز
۸. شناسایی محصولات فرعی فرآیندهای پیرو متالورژی از جنبه های زیست محیطی و منابع انرژی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Alain Vignes, Extractive Metallurgy ۱: Basic Thermodynamics and Kinetics, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.

۲. Alain Vignes, Extractive Metallurgy ۲: Metallurgical Reaction Processes, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.

۳. Alain Vignes, Extractive Metallurgy ۳: Processing Operations and Routes, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.

٤. T. Rosenqvist, Principles of Extractive Metallurgy, John Wiley & Sons, ۱۹۸۳.

٥. C. B. Alcock, Extraction of Pyrometallurgy, Academic Press, ۱۹*76.*

٦. Ray Sridhar and Abraham, Extraction of non-ferrous metals, East-West Press, ۱۹۸٥.

عنوان درس به فارسی:	تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی		
عنوان درس به انگلیسی:	Theory of Hydro-Electro-Metallurgical Processes	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	- ترمودینامیک پیشرفته - سینتیک پیشرفته مواد	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	- پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد	تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

تدریس تئوری مباحث هیدرو متالورژی شامل لیچینگ، تصفیه محلول و استحصال محصول جامد فلزی با ترکیب فلز از محلول‌های پالایش‌شده غنی شده از گونه‌های فلز مورد نظر. تدریس مباحث مرتبط با اصول الکتروشیمی و فرآیندهای الکترو متالورژیکی و فرآیندهای تصفیه.

اهداف ویژه:

۱. تجزیه و تحلیل فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی از جنبه های ترمودینامیکی، موازنه جرم و انرژی، سینتیکی و پدیده های انتقال
۲. طراحی فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی در رابطه با تولید فلزات
۳. توسعه انتقال تکنولوژی فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی در رابطه با تولید فلزات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. کلیاتی در مورد روش‌های مختلف استخراج؛ مقایسه مزایا و معایب روش‌های پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی
۲. ویژگیها و کاربردهای هایدرومتالورژی و اهمیت الکترو متالورژی در هایدرومتالورژی
۳. ترمودینامیک محلولهای آبی: محلولهای ایده¬آل، محلولهای الکترولیتی، پتانسیل شیمیایی حلال و اجزاء محلول، حد حلالیت، خواص کالیگاتیو Colligative (کاهش نقطه انجماد، افزایش نقطه جوش، فشار اسمتیک)، محاسبه وزن مولکولی جزء محلول ناشناخته، محلولهای با اجزاء فرار، تقطیر جزء به جزء محلولهای آزئوتروپ، دیاگرامهای یوتکتیک و پریتکتیک محلولهای آبی، تعیین ضریب اکتیویته حلال و اجزاء محلول در محلولهای ایده آل، رقیق و واقعی با استفاده از ثوابت ترمودینامیکی، خصوصیات Colligative و پیلهای الکتروشیمیایی، قدرت یونی متوسط، اکتیویته متوسط یونی، رابطه دبای-هوکل، روابط اصلاح شده دبای- هوکل.
۴. ترمودینامیک و سینتیک فرآیندهای لیچینگ
۵. فرآیندهای پیشرفته لیچینگ نظیر لیچینگ الکتروشیمیایی، لیچینگ در حضور باکتریها، لیچینگ مواد اکتیو شده به روش مکانیکی
۶. تصفیه محلول‌ها
۷. تعویض یونی
۸. استخراج حلالی
۹. ترسیب شیمیایی و بازیابی فلز از محلول تصفیه شده
۱۰. فرآیندهای الکتروشیمیایی، فرآیندهای تهیه الکتروشیمیایی (الکتروونینگ) برای مس، نیکل، آلومینیم و روی و فرآیندهای تصفیه الکتروشیمیایی (الکتروریفاینینگ) برای مس، نیکل، آلومینیم و روی
۱۱. شناسایی محصولات فرعی فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی از جنبه های زیست محیطی و منابع انرژی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Alain Vignes, Extractive Metallurgy ۱: Basic Thermodynamics and Kinetics, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.

۲. Alain Vignes, Extractive Metallurgy ۲: Metallurgical Reaction Processes, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.

۳. Alain Vignes, Extractive Metallurgy ۳: Processing Operations and Routes, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.

٤. Eric Jackson, Hydrometallurgical Extraction and Reclamation, Ellis Horwood, ۱۹۸٦.

٥. Michael L. Free, “Hydrometallurgy: Fundamentals and applications”, John Wiley & Sons,۲۰۱۳.

٦. T. Havlik, “Hydrometallurgy: Principles and Applications, Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering, ۲۰۰۸.

۷. C. K. Gupta, T. K. Mukherjee, Hydrometallurgy in Extraction Processes, Taylor & Francis Group,۱۹۹۰

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های چند جزئی		
عنوان درس به انگلیسی:	Multicomponent Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	- ترمودینامیک پیشرفته	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با سیستم‌های چند جزئی و مبانی حاکم بر آن‌ها، تحلیل سیستم‌های چند جزئی

اهداف ویژه:

۱. تجزیه و تحلیل دیاگرام های فازی تکی، دو و سه جزیی
۲. شناخت روش های بدست آوردن و ترسیم دیاگرا های فازی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. انواع دیاگرام های فازی هم فشار – هم دما - باترکیب شیمیایی یکنواخت.
۲. قانون فازهای گیبس و دیاگرام های فازی.
۳. سیستم های تک جزیی معادله کلازیوس - کلاپیرون، معادله کلاپیرون.
۴. سیستم های دو جزیی در فشار ثابت, تحولات فازی محلول های جامد مذاب، سیستم های دو جزیی انحلال محدود در حالت مایع و جامد: یوتکنیک، منو تکتیک، پریتکتیک, سیستم های دو جزیی واکنش¬های حالت جامد: یوتکتویید, منوتکتویید, پریتکتویید.
۵. سیستم های سه جزیی، چگونگی نمایش و خطوط الکامید، مثلث های الکامید، خصوصیات خطوط الکامید. برش های هم دما, برش-های دما متغیر(عمودی) در دیاگرام های سه تایی، تحولات بوتکتیک سه تایی. دیاگرام های با تحولات پریتکتیک و یوتکتیک با ترکیبات یکنواخت و غیر یکنواخت - ترکیبات میانی در سیستم های سه تایی- جدایش فازی در مایع، مقاطع هم دما در دیاگرام های سه جزیی و بالاتر مقاطع هم ترکیب دیاگرام های سه جزیی و بالاتر، تحولات فازی در حین سرد کردن آلیاژها.
۶. دیاگرام های فاز با بیش از سه جزء، چگونگی نمایش و اصول.
۷. مروری بر روش‌های بدست آوردن دیاگرام های فازی: الف- روش‌های تجربی؛ ب- روش‌های محاسباتی
۸. محاسبات دیاگرام های فازی در درجه حرارت ثابت بر حسب تغییرات فشارهای جزیی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. C.J. Bergeron, S.H. Risbud, Introduction to phase equilibria in ceramics, American society for ceramics, ۱۹۸٤.

۲. F.C. Campbell, Phase Diagrams Understanding the Basics, ASM International. ۲۰۱۲

۳. D. R. F. West and N. Saunders, Ternary Phase Diagrams in Materials Science (Third Edition), Maney Publishing for the Institute of Materials, ۲۰۰۲.

٤. Arthur D. PELTON, Phase Diagrams and Thermodynamic Modeling of Solutions, Elsevier, ۲۰۱۹.

٥. MATS HILLERT, Phase Equilibria, Phase Diagrams and Phase Transformations (Second Edition), Cambridge University, ۲۰۰۸.

عنوان درس به فارسی:	استخراج فلزات نادر		
عنوان درس به انگلیسی:	Extractive of Rare Metals	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

در این درس دانشجو با فرآیندهای استخراج تعدادی از فلزات نادر آشنا می‌شود و با تدوین و ارائه یک سمینار در ارتباط با یک یا چند مبحث درس، با موارد عملی مرتبط با درس نیز تمرین می‌کند.

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با روش هاو فرآیند های مختلف استخراج و تولید انواع فلزات نادر
۲. تجزیه و تحلیل فرآیندهای مذکور از جنبه های ترمودینامیکی، موازنه جرم و انرژی، سینتیکی و پدیده های انتقال
۳. توسعه و انتقال تکنولوژی فرآیندهای استخراج و تولید انواع فلزات نادر

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱- تیتانیوم : مواد اولیه، روش‌های تولید روتیل مصنوعی، روش‌های سورل، وسترن، مورفیور، کلرین، تولید فلز تیتانیوم، تولید ترا کلرور تیتانیوم، روش کرول، هانتر، کاربرد و آلیاژهای آن .

۲- تنگستن : مواد اولیه، تولید ترکیب واسطه آمونیوم پاراتنگستات، حل کردن اسیدی، حل کردن با سودا تحت فشار، حل کردن قلیایی با کنسانتره زینتر شده، روش‌های تصفیه، ترکیب واسطه، تولید اکسید تنگستن، تولید پودر تنگستن، تولید کاربید تنگستن، کاربردها و آلیاژهای آن .

۳- مولیبدن : مواد اولیه، تولید اکسید مولیبدن، تشویه، تشویه معلق، ساکن و سایر روش‌ها، تصفیه مواد تشویه شده، تولید اکسید مولیبدن از مولیبدات، حل کردن با سودا، تولید پودر مولیبدن، کاربرد و آلیاژهای آن .

۴- زیرکونیوم و هافنیوم : مواد اولیه، تولید تتراکلرور زیرکونیم و هافنیوم، روش سولنت، تولید فلز زیرکونیم و هافنیوم، کاربرد و آلیاژ های آن .

۵- نیابیوم و تانتال : مواد اولیه، حل کردن، روش قلیایی، روش اسیدی، روش کلریدی، جدا سازی و تولید فلز، روش اگزوترمیک، روش کربوترمیک، روش سدیم ترمیک، کاربرد و آلیاژهای آن .

۶- اورانیم : منا بع و کانسارها، حل سازی اسیدی، فرایندهای SX, IX برای اورانیم، تهیه کیک زرد، روش تبدیل و تولید UO_2 خالص، احیا با هیدروژن، تغلیظ اورانیم ۲۳۵ ، دیفوزیون گازی، تولید اورانیم فلزی، کاربردهای اورا نیم .

۷- روش های تولید فلزات نادر دیگر نظیر رنیم، ژرمانیم، سلنیم، تلوریم، پلاتینم، انتیموان و بیسموت.

۸- بررسی مشکلات زیست محیطی ناشی از تولید فلزات نادر

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. F. Habashi, Handbook of Extractive Metallurgy, Vol. II & III, VCH, ۱۹۹۷.

۲. Neale R. Neelameggham, Shafiq Alam, Harald Oosterhof, Animesh Jha, David Dreisinger, Shijie Wang, Rare Metal Technology, The Minerals, Metals & Materials Society, ۲۰۱۵.

۳. C.K. Gupta, N. Krishnamurthy, Extractive Metallurgy of Rare Earths, CRC Press, ۲۰۰٤.

٤. Alain Vignes, Extractive Metallurgy ۲: Metallurgical Reaction Processes, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.

٥. Alain Vignes, Extractive Metallurgy ۳: Processing Operations and Routes, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.

عنوان درس به فارسی:	آنالیز حرارتی مواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Thermal Analysis of Materials	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	- سینتیک پیشرفته مواد	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان به اصول روش‌های آنالیز حرارتی مواد و نقش متغیرهای مؤثر در حصول جواب‌های قابل‌اطمینان.

اهداف ویژه:

۴. آشنایی با روش های آنالیز حرارتی مشتمل بر تکنیک - انجام، خصوصیات و کاربردهای آنها
۵. آنالیز و تشریح کمی وکیفی نتایج حاصل از این روش ها در نمونه های مختلف.
۶. بررسی مکانیزم واکنش ها و استحاله های فازی از طریق آنالیز سینتیکی روی نتایج حاصل از روش های آنالیز حرارتی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- معرفی روش های مختلف آنالیز حرارتی و علل کاربرد این روش ها.

۱. آنالیز حرارتی به روش وزن سنجی - Thermogravimetry (TG):

- ا صول و مبانی انجام آزمایش - TG
- مشخصه های مهم نتایج)بصورت منحنی(حاصل از آزمایش - TG
- تجهیزات و مشخصه های اصلی دستگاه TG
- کالیبراسیون های دمایی و جرمی برای دستگاه - TG
- عوامل و فاکتورهای موثر دستگاهی و نمونه بر بر نتایج حاصل از آزمایش - TG
- آنالیز کمی وکیفی نتایج حاصل از آزمایش - TG
- نحوه بدست آوردن منحنی های - Derivative thermogravimetry (DTG)، تفسیر و کاربرد این منحنی ها
- کاربردها و مثال های عملی از منحنی های - TG و DTG
- بررسی سینتیک واکنش ها با استفاده از منحنی های - TG و DTG

۲. آنالیز حرارتی با استفاده از روش های گرماسنجی-Differential thermal analysis (DTA) و Differential scanning calorimetry (DSC):

- اصول و مبانی انجام آزمایش های - DTA و DSC
- مقایسه خصوصیات آزمایش های - DTA و DSC
- مشخصه های مهم نتایج صورت منحنیحاصل از آزمایش های - DTA و DSC
- - تجهیزات و مشخصه های اصلی دستگاه های DTA و DSC
-

- کالیبراسیون های دمایی و شار گرمایی(Heat flux) برای هر یک از دستگاه های DTA و DSC
- عوامل و فاکتورهای موثر دستگاهی و نمونه بر نتایج حاصل از آزمایش های - DTA و DSC
- آنالیز کمی وکیفی نتایج حاصل از آزمایش های - DTA و DSC
- کاربردها و مثال های عملی از منحنی های - DTA و DSC
- بررسی سینتیک واکنش ها با استفاده از منحنی های - DTA وDSC

۳. روش های آنالیز حرارتی همزمان - Simultaneous thermal analysis (STA) ، همراه با آشکارسازی و آنالیز گاز Evolved gas detection (EGD) و Evolved gas analysis (EGA):

- مزایا و معایب روش هایSTA
- تعدادی از دستگاه های مربوط به روش STA : TG-DTA ، TG-DSC ، TG-DTA/DSC، X-ray DSC
- کاربردها و مثال های عملی از آنالیزهایSTA
- روش ها و تکنیک های مختلف EGD وEGA
- نقش EGD و EGA در آنالیز حرارتی
- تجهیزات و مشخصه های اصلی دستگاه های EGD وEGA
- متصل کردن دستگاه های EGD و EGA به دستگاه های TG ، DTA ، DSC یا بطور کلی به دستگاه هایSTA
- تجزیه وتحلیل کمی وکیفی آنالیزهای حاصل دستگاه های EGD وEGA
- کاربردها و مثال های عملی از آنالیزهای حاصل دستگاه های EGD وEGA

۴. آنالیز حرارتی به روش نورسنجی - Thermophotometry:

- روش ها و تکنیک های مختلف شامل :

  - Thermomicroscopy analysis
  - Thermophotometry analysis
  - Thermoluminescence analysis

- تجهیزات و مشخصه های اصلی دستگاه هایThermophotometry
- متصل کردن دستگاه های Thermomicroscopy به دستگاه DTA ، DSC یا TG
- تجزیه وتحلیل کمی وکیفی آنالیزهای حاصل دستگاه هایThermophotometry
- کاربردها و مثال های عملی از آنالیزهای حاصل دستگاه هایThermophotometry

۵. آنالیز حرارتی به روش مکانیکی**Thermomechanometry** :

- روش ها و تکنیک های مختلف شامل :

  - Thermodilatometry analysis (TDA) .
  - Thermomechanical analysis (TMA) .
  - Dynamic mechanical analysis (DMA) .

- تجهیزات و مشخصه های اصلی دستگاه هایThermomechanometry
- تجزیه وتحلیل کمی وکیفی آنالیزهای حاصل ازا دستگاه هایThermomechanometry
- کاربردها و مثال های عملی از آنالیزهای حاصل از دستگاه هایThermomechanometry

۶. کاربرد نتایج حاصل از روش های آنالیز حرارتی در بررسی آنالیز سینتیکی فرآیندهای همدما و غیر همدما

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Paul Gabbott, Principles and Applications of Thermal Analysis, Blackwell publishing, ۲۰۰۸.

۲. Michael E. Brown, Introduction to Thermal Analysis Techniques and Application (Second Edition), Kluwer Academic, ۲۰۰٤

۳. P. J. Haines, Principles of Thermal Analysis and Calorimetry, The Royal Society of Chemistry, ۲۰۰۲

٤. F. Robert, Thermal Analysis of Materials, Marcel Dekker, ۱۹۹٤

٥. Wesley WM. Wendlandt, Thermal Analysis (Third Edition), John Wiley & Sons, ۱۹۸٦.

عنوان درس به فارسی:	مبانی طراحی مواد زیست محیطی و مهندسی فرآیند		
عنوان درس به انگلیسی:	Introduction to Ecomaterial Design and Process Engineering	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با ضوابط و مقررات زیست محیطی حاکم بر زندگی صنعتی امروز از یک‌سو، و تأثیرات زیست محیطی صنایع فرآوری و استخراج فلزات از سوی دیگر می باشد. در واقع این درس نه تنها باعث جهت بخشیدن پروژه های کارشناسی ارشد دانشجویان به سمت موضوعات تحقیقاتی با اهداف طراحی و تولید مواد زیست محیطی و کاهش مشکلات زیست محیطی (ناشی از صنایع تولید فلزات) می‌شود، بلکه می‌تواند زمینه تربیت نیروی انسانی متخصص (از دو جنبه: الف- آشنا به مهندسی فرآیندهای متالورژی استخراجی و ب- آشنا به ضوابط و اصول زیست محیطی) و مورد نیاز این صنایع را فراهم می‌کند.

اهداف ویژه:

۱. هدف اصلی این درس شناخت و آگاهی از مشکلات زیست محیطی ایجاد شده ناشی از فرآیندهای استخراج مواد فلزی و ارائه راه حل های کاهش این مشکلات بر اساس بازیافت محصولات جانبی (نظیر سرباره ها، گرد و غبارها ، پوسته های اکسیدی، لجن ها و پساب ها و ...) به مواد سازگار با محیط زیست می باشد.

۲. با بررسی و شناخت چرخه مواد در فرآیندهای تولید، بویژه شناسایی ضایعات و محصولات جانبی مضر به لحاظ زیست محیطی، به ارائه روش ها و مهندسی فرآیند تبدیل این مواد به مواد سازگار با محیط زیست پرداخته می شود.

۳. بررسی نحوه کنترل آثار زیان بارسرباره ها، پساب ها، گازها و گرد و غبارهای منتشره و سایر دور ریزهای جامد بر محیط زیست با استفاده از طراحی مواد زیست محیطی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. توسعه پایدار و محیط زیست
۳. منابع آلودگی زیست محیطی و اثرات تخریبی آن بر اکوسیستم
۴. آشنایی با قوانین و مقررات جهانی و داخلی در ارتباط با محیط زیست
۵. مخاطرات زیست محیطی ناشی از فرآیندهای استخراج فلزات
۶. اصول طراحی و مهندسی مواد زیست محیطی
۷. نقش مدیریت بر طراحی، توسعه و انتقال تکنولوژی فرآیندهای استخراج فلزات در ایجاد سازگاری با قوانین محیط زیست
۸. آشنایی با چرخه آلاینده های گازی و پسآب های صنایع متالورژی و روش های مقابله
۹. آشنایی با چرخهٔ فیزیکی و شیمیایی مواد و ضایعات فلزی در جهان، نظیر چرخهٔ فلزات آهنی، آلومینیم، مس، کروم، نیکل، سرب و قلع.
۱۰. شناخت چرخهٔ فلور و آرسنیک در صنایع تولید فلزات
۱۱. طراحی و توسعه فرآیندهای نوین استخراج فلزات برمبنای طراحی مواد زیست محیطی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Leticia Myriam Torres Martínez, Oxana Vasilievna Kharissova, Boris Ildusovich, Kharisov, Handbook of Ecomaterials, Springer, ۲۰۱۹.

۲. M. Shaheer Akhtar, Sadia Ameen and Hyung-Shik Shi, Emerging Materials for Environment Protection and Renewable Energy, Nova Science, ۲۰۱۸.

۳. Koji Watari, Soo-Wohn Lee, Eco-Materials Processing and Design, John Wiley & Sons, ۲۰۰٦.

٤. Karthiyayini Sridharan, Emerging Trends of Nanotechnology in Environment and Sustainability (A Review-Based Approach), Springer, ۲۰۱۸.

٥. F. Habashi, Pollution Problems in the Mineral and Metallurgical Industries, Métallurgie Extractive Québec, Sainte Foy, Québec, ۱۹۹٦.

عنوان درس به فارسی:	مهندسی فرآیند برای بازیافت مواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Process Engineering for Materials Recycling	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

آشنایی با فرآیندهای هیدرومتالورژیکی و پیرومتالورژیکی برای بازیافت فلزات از قراضه‌ها و بازیافت باطله‌ها و محصولات جانبی

اهداف ویژه:

۱. قابلیت و توانمندی در تجزیه و تحلیل فرآیندهای بازیافت مواد (در خصوص کلیه محصولات جانبی صنایع فلزات آهنی و غیر آهنی) از جنبه های ترمودینامیک و سینتیک واکنش ها، پدیده های انتقال و طراحی رآکتور.

۲. ارزیابی فرآیندهای بازیافت به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست محیطی و در نتیجه رفع مشکلات محیط زیست کشور

۳. قابلیت طراحی فرآیندهای نوین بازیافت

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مدیریت و بازیافت ضایعات بعنوان منابع ثانویه

۲. انواع منابع ثانویه در صنایع متالورژی

۳. اصول ترمودینامیکی برای فرآیند بازیافت مواد (تعادل بین چندین فاز، دیاگرم‌های فازی، اکتیویته، پتانسیل الکتریکی، نمودار pH و تعادل در محلول های آبی)

۴. اصول سینتیک واکنش‌ها برای فرآیند بازیافت مواد (سرعت واکنش‌های شیمیایی، مباحث انتقال جرم)

۵. پدیده‌های انتقال برای فرآیند بازگردانی و بازیافت مواد (معادلات بقای جرم، مومنتم و انرژی، جریان سیال، توزیع دما و چگالی در داخل رآکتور و طراحی رآکتور)

۶. فرآیندهای تولید فولاد و فرآیندهای بازیافت محصولاتی جانبی آن (نظیر پوسته‌های اکسیدی، غبارها، لجن و پساب...)

۷. مشکل فرآیندهای برطرف کردن عناصر ناخواسته (tramp elements) در قراضه‌ها فولادی

۸. فرآیندهای تولید فلزات غیرآهنی، فلزات نادر، فلزات گرانبها و فرآیندهای بازیافت محصولاتی جانبی آنها

۹. بازیافت انواع سرباره‌ها، بازیابی فلزات از سرباره‌ها، فرآوری و کاربرد مجدد سرباره‌ها در فرایندهای مختلف متالورژی و سایر صنایع

۱۰. بازیافت گردوغبار، بازیافت نرمه خاکستر، بازیافت تفاله و بازیافت لجن ها و پساب ها

۱۱. بازیافت باطله‌ها نظیر کیک های فیلتراسیون، باطله فلوتاسیون

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. بازیافت در متالورژی، جلد اول: بازیافت فلزات از قراضه، فرشته رشچی، سعید شیبانی و بهزاد غفاری زاده،۱۳۸۸، جهاد دانشگاهی تهران.

۲. بازیافت در متالورژی، جلد دوم: بازیافت باطله‌ها و محصولات جانبی جامد، فرشته رشچی، سعید شیبانی و بهزاد غفاری زاده، ۱۳۹۲، جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران

۳. T.J. Vease, R.J. Wilson, D.M. Squires, "The Physical Separation and Recovery of Metals from Wastes", Gordon and Breach Science Publications, ۱۹۹۳.

٤. S.R. Ramachandra Rao, "Resource Recovery and Recycling from Metallurgical *Wa*stes", Waste Management, ۲۰۰٦.

٥. Mettcalf and Edoy, "Waste Water Engineering: Treatment, Disposal, Reuse", MacGraw-Hill, ۱۹۷۹.

عنوان درس به فارسی:	فرآیندهای نوین استخراج مواد		
عنوان درس به انگلیسی:	New Processes of Materials Extraction	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با محدودیت های فرآیندهای استخراج فلزات، روند توسعه نوآوری ها و نیز آشنایی با روش های پیشرفته فرآوری و استخراج مواد است

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با محدودیت ها و پیشرفت های روش های متداول پیرومتالورژی و هیدروالکترومتالورژی

۲. آشنایی با مفاهیم و کاربرد تکنولوژی هایی نظیر بیوتکنولوژی، فعال سازی مکانیکی، تکنولوژی ماکروویو نانو مواد و در فرآوری مواد

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. چالش ها، اصلاحات و فرایندهای متالورژی استخراجی فلزات آهنی، چالش های روش های مرسوم تولید آهن و اصلاحات نوین صورت گرفته روی این روش ها بر اساس افزایش راندمان کاهش مصرف انرژی و کاهش آلودگی، چالش های روش های مرسوم فولادسازی و اصلاحات نوین صورت گرفته روی این روشها بر اساس افزایش راندمان، کاهش مصرف انرژی و کاهش آلودگی، مبانی و فناوری روش های نوین تولید آهن و فناوری روش فولادسازی ثانویه

۲. چالش های اصلاحات و فرآیندهای متالورژی استخراجی فلزات غیرآهنی، چالش های روش های مرسوم پیرو و هیدرومتالورژی در تولید مس و اصلاحات نوین صورت گرفته روی این روش ها بر اساس افزایش راندمان، کاهش مصرف انرژی و کاهش آلودگی و فناوری روشهای نوین تولید مس، چالش های روش های مرسوم پیرو و هیدرومتالورژی در تولید طلا، آلومینیم، روی، نیکل و و اصلاحات نوین صورت گرفته روی این روشها بر اساس افزایش راندمان، کاهش مصرف انرژی و کاهش آلودگی، کاربرد بیوتکنولوژی در استحصال فلزات غیرآهنی از کانیهای مقاوم و کم عیار مس، طلا، نیکل و کبالت (واکنش های بیوشیمیایی، انحلال میکروبی، انواع باکتری ها، انتخاب و رشد باکتری ها و ...)

۳. اصول فعال‌سازی مکانیکی در فرآوری مواد

۴. اصول فرآیندهای سنتز احتراقی در فرآوری

۵. اصول تکنولوژی ماکروویو در فرآوری مواد

۶. اصول تکنولوژی نانو در فرآوری مواد

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Babich, D. Senk, H. W. Gudenau, K. Th. Mavrommatis, Iron making, RWTH Aachen University, Department of Ferrous Metallurgy, ۲۰۰۸.
۲. Ah. Ghosh, Secondary steelmaking, Principles and Applications, CRC Press, ۲۰۰۱
۳. Mark E. Schlesinger, Matthew J. King, Kathryn C. Sole, William G. Davenport, Extractive Metallurgy of Copper, Elsevier, ۲۰۱۱.
۴. F. K. Crundwell, M. S. Moats, V. Ramachandran, T. G. Robinson, W. G. Davenport, Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum Group Metals, Elsevier, ۲۰۱۱.
۵. P. Balaz, Mechanochemistry in Nanoscience and Minerals Engineering, Elsevier, ۲۰۰۸.
۶. C.A. Pickles, Microwaves in extractive metallurgy: Review of fundamentals and applications, Elsevier, ۲۰۰۹.
۷. M. D. Luque de castro and F. Priego capote, Analytical Applications of Ultrasound, Elsevier, ۲۰۰۷.
۸. T. J. Mason, Practical sonochemistry: uses and application of ultrasound, Horwood Publishing, ۲۰۰۳.
۹. Karthiyayini Sridharan, Emerging Trends of Nanotechnology in Environment and Sustainability (A Review-Based Approach), Springer, ۲۰۱۸.

عنوان درس به فارسی:	آزمایشگاه فرایندهای متالورژیکی		
عنوان درس به انگلیسی:	Metallurgical Processes Laboratory	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:	-تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی	تخصصی ☐	عملی ■
تعداد واحد:	۱	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

هدف از این آزمایشگاه، فراگیری روش انجام آزمایش‌های متالورژیکی و به‌دست‌آوردن داده، پردازش داده‌ها، تحلیل نتایج و ارائه آن به‌صورت گزارش‌های استاندارد می‌باشد.

اهداف ویژه:

۱. آشنایی عملی با فرآیندهای پیرومتالورژی و هیدروالکترومتالورژی
۲. تجزیه و تحلیل فرآیندهای پیرومتالورژی و هیدروالکترومتالورژی از جنبه های ترمودینامیکی وسینتیکی
۳. آشنایی با مدل ها و آنالیز سینتیکی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. سینتیک فرایند تشویه / تکلیس
۲. بررسی واکنش‌های سرباره – مذاب
۳. بررسی واکنش‌های متالوترمی
۴. سینتیک لیچینگ اکسید یا سولفید فلزی
۵. لیچینگ اکسایشی / احیایی
۶. بررسی اثر فشار بر سرعت لیچینگ (لیچینگ تحت فشار)
۷. بررسی اثر فعال سازی مکانیکی بر سرعت لیچینگ
۸. الکترولیچینگ
۹. جداسازی با استفاده از رزین های تعویض یونی جداسازی با استفاده از زغال فعال
۱۰. جداسازی با استفاده از حلال آلی (جداسازی مایع مایع)
۱۱. بررسی فرایندهای الکترولیتی (الکتروونینگ، الکترولیز)

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۸۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۲۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

منابع بسته به نوع و ماهیت آزمایش ها، از منابع معرفی شده برای دروس مرتبط انتخاب و منابع دیگر حسب مورد توسط مدرس معرفی می گردد.

عنوان درس به فارسی:	شیمی فیزیک دمای بالا		
عنوان درس به انگلیسی:	Physical Chemistry of High Temperature		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	- ترمودینامیک پیشرفته		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با مباحث شیمی فیزیک فرآیندهای متالورژیکی در دمای بالامی‌باشد.

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با مباحث ترمودینامیکی فرآیندهای دما بالا

۲. تجزیه و تحلیل فرآیندهای متالورژیکی دما بالا از جنبه های سینتیک شیمیایی و پدیده های انتقال

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. یادآوری مبانی و مدل های مربوط به محلول ها

۲. بررسی ترمودینامیکی مذاب های فلزی

۳. بررسی ترمودینامیکی سرباره ها

۴. بررسی ترمودینامکی نمکها و دیگر مذاب های متالورژیکی

۵. محاسبات ترمودینامیکی در سیستم های ناهمگن در مهندسی مواد

۶. سینتیک فرایندهای ناهمگن

۷. بررسی سینتیکی انواع فرایندهای ناهمگن : جامد – گاز، مذاب – گاز، مذاب - مذاب

۸. بررسی فرایندهای مختلف در مهندسی مواد

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. E.T. Turkdogan, Physical Chemistry of High Temperature Technology, Academic Press, ۱۹۸۰.

۲. F.D. Richardson, Physical Chemistry of Melts in Metallurgy, London | New York, Academic Press, ۱۹۷٤.

۳. Nobuo Sano, Wei-Kao Lu, Paul V. Riboud, Masafumi Maeda, Advanced Physical Chemistry for Process Metallurgy, Academic Press, ۱۹۹۷.

۴. T. Abel Engh (Author), Christian J. Simensen Olle Wijk, Principles of Metal Refining (First edition), Oxford University Press, ۱۹۹۲.

۵. Kusuhiro Mukai, Taishi Matsushita, Interfacial Physical Chemistry of High-Temperature Melts, CRC Press, ۲۰۲۰.

عنوان درس به فارسی:	طراحی آزمایش ها		
عنوان درس به انگلیسی:	Design of Experiments		
دروس پیش‌نیاز:			نوع درس و واحد
دروس هم‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
تعداد واحد:	۲		تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
			رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

طراحی صحیح آزمایش‌ها علاوه بر کاهش هزینه‌ها، دست‌یابی به نتایج قابل اطمینان را امکان‌پذیر می‌کند. به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های طراحی شده، آسان‌تر و دقیق‌تر تحلیل می‌شود و ارزش آن کمتر از نحوه انجام آزمایش‌ها نیست. انتظار می‌رود دانشجویان در انتها توانایی طراحی آزمایش‌هایی را در شرایط واقعی کسب کنند و بتوانند با به‌کارگیری روش‌های مختلف نتایج را تحلیل نمایند.

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با روش های طراحی آزمایش
۲. تحلیل نتایج حاصل از طراحی آزمایش

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. لزوم طراحی آزمایش‌ها، تعاریف، شرایط لازم برای آزمایش مطلوب، تعیین تعداد آزمایش
۲. طرح‌های بخشی (کسری) و کاربرد آن‌ها
۳. مبانی طرح‌های روش‌های پاسخ سطحی، تحلیل آزمایش‌های با روش پاسخ سطحی
۴. طراحی آزمایش به روش مربعات لاتین
۵. عناصر تصمیم‌گیری در طراحی آزمایش، تعیین سطح مخاطره، تعیین شاخص
۶. آزمایش‌های مقایسه‌ای ساده، تصمیم‌گیری میانگین و واریانس جمعیت‌ها
۷. آزمایش‌های مرحله‌به‌مرحله
۸. طراحی و تحلیل آزمایش‌های صنعتی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Design and Analysis of Experiments, Douglas C. Montgomery, ۸th Edition, Wiley, ۲۰۱۲.
۲. A First Course in Design and Analysis of Experiments, Gary W. Oehlert, ۲۰۱۰.
۳. Statistical Methods for Quality Improvement, Thomas P. Ryan, John Wiley & Sons, New York, ۲۰۰۰.
۴. آشنایی با روش طراحی آزمایشات تاگوچی، رانجیت. ر. روی، دکتر داوود مرادخانی و مهندس فرشید تقوی، انتشارات دانشگاه زنجان، ۱۳۸۶.
۵. طراحی آزمایش تاگوچی، محمد مهدیارفر، پژوهشکده صنعت نفت، ۱۳۸۶.

عنوان درس به فارسی:	مدلسازی و شبیه سازی فرآیندهای متالورژیکی		
عنوان درس به انگلیسی:	Modeling and Simulation of Metallurgical processes	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	- پدیده های انتقال پیشرفته در مهندسی مواد	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

معرفی و تبین اصول مدلسازی ریاضی و کاربرد آن در تفسیر و شناخت پدیده های حاکم بر فرآیند های مهندسی مواد، تبیین مدلسازی فیزیکی و کیفیت ساخت یک مدل فیزیکی از یک فرایند متالورژیکی و با جنبه ای از یک فرایند و بررسی کاربردهای شبیه سازی فیزیکی.

می‌باشد.

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با مفاهیم مدلسازی ریاضی و فیزیکی

۲. آشنایی با حل معادلات بقای جرم، مومنتم و انرژی با استفاده از روش های اختلاف محدود و حجم محدود در سیستم های مختلف

۳. انجام شبیه سازی فرآیندهای متالورژیکی با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تعاریف، اهداف مدلسازی، مراحل مدلسازی، اهمیت و کاربرد.
۲. طبقه بندی معادلات به روش مشخصه
۳. ساختار یک مدل ریاضی، مبانی علمی در توسعه مدل ریاضی
۴. معرفی تکنیک‌های عددی در حل معادلات حاکم بر فرایندها در مدل‌سازی ریاضی
۵. روش های محاسباتی جهت حل مسائل مرزی
۶. روش اختلاف محدود جهت حل مسائل مکانیک سیالات، انتقال حرارت و جرم
۷. روش حجم محدود جهت حل مسائل مکانیک سیالات و انتقال حرارت و جرم
۸. مطالعات موردی مربوطه شامل شبیه سازی انجماد، جریان مذاب و انتقال حرارت در سیستم¬های متالورژیکی
۹. معرفی اصول و مبانی شبیه سازی فیزیکی و کاربردهای آن
۱۰. مطالعات موردی در خصوص شبیه سازی فیزیکی فرایندهای مواد
۱۱. آشنائی با قابلیت‌های نرم افزاری موجود جهت انجام شبیه سازی فرآیندهای متالورژیکی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. William F. Ames, Numerical methods for partial differential equations, Academic Press. ۲۰۱٤

۲. Robert D. Richtmyer and K. W. Morton, Difference methods for Initial Value Problems (Second Edition), Krieger, ۱۹۹٤.

۳. F. Moukalled, L. Mangani, M. Darwish, The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics, Springer, ۲۰۱٦.

٤. Patrick J. Roache, Patrick J. Roache, Computational Fluid Dynamics, Hernosa, ۱۹۷٦.

٥. Suhas V. Patankar, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Taylor & Francis Group, ۱۹۸۰.

٦. O.J. Ilegbusi, M. Wahnidler, Mathematical and Physical Modeling of Materials Processing Operations, Chapman & Hall/CRC, USA, ۲۰۰۰.

٦. J. Szekely, J. W. Evans, J.K. Brimacombe, "The Mathematical and Physical Modelling of Primary Metals Processing Operations", John Wiley & Sons Inc. USA, ۱۹۸۸.

عنوان درس به فارسی:	ریاضیات مهندسی پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Engineering Mathematics		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

هدف از این درس ارائه مطالب تکمیلی در ریاضیات جهت استفاده دانشجویان در آموزش و تدوین پروژه‌های مربوط به آن است. با ارائه این برنامه دانشجو می‌تواند علاوه بر آگاهی واقعی‌تر از ریاضیات، از روابط آن برای گسترش و بهینه‌سازی فرآیندهای متالورژیکی استفاده نماید.

اهداف ویژه:

آشنایی با کاربرد ریاضیات در حل مسایل و معادلات ترمودینامیکی، سینتیکی و پدیده های انتقال.

آشنایی با جایگاه ریاضیات طراحی فرآیندهای متالورژیکی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با مفهوم فضای برداری، مفهوم پایه و بعد در فضای برداری
۲. مؤلفه‌های یک بردار – نماد انیشتین، ضرب اسکالر و پایه‌ی یکامتعامد، پایه دوگان
۳. تانسور مرتبه‌ی دوم به‌عنوان یک تبدیل خطی، مقدارها و بردارهای ویژه یک تبدیل خطی
۴. آشنایی با تانسورهای از مرتبه‌ی بالاتر، توابع برداری و تانسوری و حسابان دیفرانسیل‌ها
۵. مفهوم مختصات در فضای اقلیدسی و بردارهای مماس، گرادیان و مشتق‌های هموردا و پادوردا
۶. ضرایب کریستوفل، یادآوری سری‌ها و تبدیل‌ها و انتگرال‌های فوریه
۷. معادله‌ی گرمای همگن ، معادله‌ی گرمای ناهمگن
۸. مفهوم پیوستگی و مشتق‌پذیری توابع مختلط
۹. معادله‌ی لاپلاس دومتغیره و ارتباط آن با معادلات کوشی-ریمان در آنالیز مختلط
۱۰. روش‌های انتگرال‌گیری توابع مختلط، احتمال مقدماتی، متغیرهای تصادفی ، فرآیندهای تصادفی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. □. □□□□□□□□□□□, □□□□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□□□□□: □□□□ □□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□, □□□ □□□□□□, ۲۰۱۵.
۲. □. □□□□□□□, □□□□□□□ □□□□□□□□ □□□ □□□□□□□ □□□□□□□□□ □□□ □□□□□□□□□□, □□□□□□□□□, ۲۰۱۵.
۳. □. □□□□□□□□□, □□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□, □□□□□□, ۲۰۱۱.

عنوان درس به فارسی:	زیست فناوری در مهندسی مواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Biotechnology in Material Engineering		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی		تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با کاربرد زیست فناوری در مهندسی مواد است که برای تولید، تغییر کیفیت، اقتصادی کردن، بهینه سازی، حل کردن مواد معدنی و بازیابی فلزات استفاده می شود.

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با اصول زیست فناوری (بیوتکنولوژی)

۲. آشنایی با کاربرد زیست فناوری در فرآیندهای تولید فلزات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه ای بر میکروارگانیسم ها و کاربردهای آنانواع میکروارگانیسم ها در متالورژی، باکتری ها، قارچ ها، مخمرها و جلبک ها

۲. مقایسه میکروارگانیسم ها (سینتیک، عملکرد، تحمل و ...)

۳. اسیدهای تولیدی توسط میکروارگانیسم ها، اسیدهای معدنی، اسیدهای آلی

۴. انحلال زیستی (بایولیچینگ) در صنعت، سینتیک و ترمودینامیک ، مدل های کنترل کننده

۵. بایولیچینگ در صنعت، راکتورها، روشهای مختلف تماس (هیپ، درجا، ستونی و ...)، کنترل فرایند در صنعت

۶. محدودیت ها

۷. روش های آنالیزی، شمارش میکروارگانیسم ها محدودیت ها

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Villadsen, John, Fundamental Bioengineering, John Wiley & Sons, ۲۰۱٦.

۲. Tkacz, Jan S., and Lene Lange, Advances in Fungal Biotechnology for Industry, Agriculture, and Medicine. Springer Science & Business Media, ۲۰۰٤.

۳. Gadd, Geoffrey Michael, Ed. Fungi in Biogeochemical Cycles, Vol. ۲٤, Cambridge University Press, ۲۰۰٦.

٤. Kavanagh, Kevin, Ed. Fungi: Biology and Applications, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.

٥. Murr, Lawrence, Ed. Metallurgical Applications of Bacterial Leaching and Related Microbiological Phenomena, Elsevier, ۲۰۱۲.

٦. Kawatra, S. Komar, and K. A. Natarajan, Eds. Mineral Biotechnology: Microbial Aspects of Mineral Beneficiation, Metal Extraction, and Environmental Control, SME, ۲۰۰۱.

عنوان درس به فارسی:	بررسی فنی و اقتصادی تولید فلزات		
عنوان درس به انگلیسی:	Technical and Economical Analysis in Metals Production	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان به اصول گزارش های توجیه فنی و اقتصادی لازم جهت تولید فلزات به ویژه در طرح تاسیس کارخانه تولید فلزات.

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با اصول تهیه گزارش های مربوط به توجیه فنی و اقتصادی
۲. تجزیه و تحلیل قیمت تمام شده مواد اولیه و محصولات فرآیند تولید
۳. بررسی فنی و اقتصادی روشهای تولید فلزات و مقایسه آنها با یکدیگر

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری به اقتصاد مهندسی ارزش زمانی پول، نرخ برگشت سرمایه، ارزش فعلی تجهیزات، ارزش آینده تجهیزات، تورم، اثر تورم در بررسی های اقتصادی، طبقه بندی هزینه های تولید، تجزیه و تحلیل نقطه سر به سر تولید و ....
۲. تجزیه و تحلیل قیمت تمام شده مواد اولیه با توجه به کیفیت آن‌ها، تجزیه و تحلیل قیمت تمام شده محصولات فرآیند تولید (مواد).
۳. بررسی فنی و اقتصادی روش‌های تولید مواد، مقایسه آنها با یکدیگر (از نظر کمیت و کیفیت مواد اولیه، انرژی مورد نیاز، کیفیت محصولات تولیدی، قیمت تمام شده محصولات، سرمایه در گردش مورد نیاز، سرمایه ثابت مورد نیاز، حداقل و حداکثر ظرفیت ممکن، آلودگی محبت زیست، کمیت و کیفیت نیروهای انسانی مورد نیاز و ...).
۴. تهیه ترازنامه مالی، بیلان مواد اولیه و جنسی، محاسبه سود و زیان محاسن فنی و اقتصادی جایگزینی یک نوع انرژی به جای نوع دیگر آن در فرآیند تولید مواد با توجه به عوامل طبیعی موجود.
۵. اصول فنی و اقتصادی که باید در ارایه طرح تاسیس یک کارخانه تولید فلزات در نظر گرفته شود.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. محمد مهدی اسکونژاد، اقتصاد مهندسی با ارزیابی اقتصادی، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۷۸.
۲. E. Grant and W. Grant, Principles of Engineering Economy, John Wiley & Sons, ۱۹۹۰.

عنوان درس به فارسی:	طرح و کنترل پیشرفته فرآیندهای متالورژی		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced design and control of Metallurgy Processes		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:			تخصصی ☐	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:	- تئوری فرآیندهای پیرومتالورژی - تئوری فرآیندهای هیدروالکترومتالورژی		اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۲		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۳۲			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

ایجاد توانایی طراحی یک فرایند متالورژی در دانشجو، به گونه ای که از جنبه های مختلف شرایط بهینه حاصل شود و در عمل نیز ممکن و قابل اجرا باشد.

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با اصول کنترل فرآیندها
۲. طراحی سیستم‌های کنترل برای فرایندهای جامع

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. طراحی فرآیندهای مواد برای حالت ثبات
۲. کاربرد اصول بهینه سازی در فرآیندهای مختلف
۳. کنترل فرآیندها در حالت ثبات
۴. طراحی کنترل کننده ها و المان‌های کنترل نهایی از نوع مناسب
۵. مدل سازی دینامیک برای سیستمهای چند متغیره
۶. کاربرد مدل‌های تقریبی برای سیستم‌های دینامیک
۷. جواب گذاری سیستم‌های کنترل
۸. خطی کردن مدل‌های غیر خطی
۹. تحلیل شرایط پایداری و ناپایداری سیستم‌ها
۱۰. کنترل سیستم‌ها به کمک رایانه

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Jean-Pierre Corriou, Process Control: Theory and Applications, Springer, ۲۰۱۸.

۲. E. H. Partelpoeg and D. C. Himmesoete, Process Control and Automation in Extractive Metallurgy, Tms,۱۹۸۹.

۳. □.□. □□□□□□□□□□□, □□□□□□ □□□ □□□□□□□ □□□□□□□□ □□□ □□□□□□□, □□□-□□□□ □□□□, ۱۹۹۱.

۴. □.□. □□□□□□, □.□.□□□□□ □□□ □.□. □□□□□□□□□□□, □□□□□□□ □□□□□□□□ □□□ □□□□□□□, □□□□□

Publishers, ۲۰۰۳.

عنوان درس به فارسی:	خطا در اندازه گیری		
عنوان درس به انگلیسی:	Error in Measurement		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۱		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۱۶		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:

هدف کلی:

آشنایی دانشجو با انواع خطا های کمی و کیفی که در اندازه گیری ها رخ می دهد و نحوه برخورد با آن ها برای ارائه درست داده ها و تجزیه و تحلیل صحیح نتایج

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با انواع خطاها
۲. تجزیه و تحلیل صحیح داده های اندازه گیری شده

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تعریف انواع خطا (سیستماتیک و اتفاقی)
۲. ماهیت اندازه گیری (گرد کردن اعداد- نامعلومی عددی - اعداد اهمیت دار - قوانین ضرب، تقسیم، جمع و منها کردن اعداد - دقت نسبی - درصد اختلاف بین اعداد - نحوه نوشتن اعداد بزرگ و کوچک)
۳. نحوه ارائه داده ها (آشنایی با انواع داده ها و کلیه روش های ارائه داده ها به صورت نموداری و جدول از قبیل انواع نمودارهای خطی و ستونی و کاربرد آن ها برای داده های کیفی و کمی گوناگون)
۴. روش های ارائه داده (دیاگرام پارتو - دیاگرام نقطه ای - دیاگرام جعبه ای - دیاگرام ساقه و برگ)
۵. توزیع های فراوانی (دسته بندی داده ها)
۶. احتمالات(قوانین کلی)
۷. توزیع احتمال
۸. توزیع باینومیال
۹. توزیع نرمال
۱۰. توزیع تی
۱۱. نمودارهای کنترل کیفیت

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۴۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۶۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Measurement Errors and Uncertainties, Theory and Practice, Rabinovich, Semyon G., Springer, ۲۰۰۵.

۲. R. A. Johnson, "Probability and Statistics for Engineers", Prentice-Hall International, Inc., Fifth Edition, ۱۹۹٤.

۳. D. C. Baird, "An Introduction to Measurement Theory and Experiment Design, Prentice Hall, Second Edition, ۱۹۸۸.

۴. Tom Cass, "Statistical Methods in Management ۱", Cassell, London, Fifth Edition, ۱۹۸۰.

عنوان درس به فارسی:	سمینار		
عنوان درس به انگلیسی:	Seminar		
دروس پیش‌نیاز:			
دروس هم‌نیاز:			
تعداد واحد:	۲		
تعداد ساعت:	۳۲		

نوع درس و واحد		
نظری ■	پایه □	
عملی □	تخصصی □	
نظری-عملی □	اختیاری ■	
	رساله / پایان‌نامه □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

هدف کلی:

آشنا شدن دانشجو با نحوه گرداوری مطالب تئوری و تحقیقاتی با استفاده از روش های متداول روز دنیا در ارتباط با یک موضوع خاص و ارائه مطالب تهیه شده به همراه تجزیه و تحلیل در یک ارائه شفاهی.

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با روش های گردآوری منابع و مراجع علمی
۲. مطالعه مقالات و نقد آنها
۳. ارائه سمینار

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. بررسی مطالعاتی در زمینه های مختلف مربوط به استخراج فلزات شامل تهیه لیست آخرین مقالات علمی در زمینه مورد نظر با استفاده از آخرین روش های جستجوی منابع و مراجع علمی

۲. جمع آوری مقالات با انجام مطالعات تئوریک و نقد و بررسی کار های انجام شده و جمع بندی آن ها و نتیجه گیری نهایی – در انجام سمینار هیچگونه آزمایشی صورت نمی گیرد و فقط بررسی و تحلیل مطالبی که توسط دیگر محققان صورت گرفته انجام می شود.

۳. سمینار بعد از تایپ و تدوین در یک جلسه از پیش تعیین شده با حضور استاد راهنما، استاد داور و دانشجویان گرایش مربوطه ارائه می گردد.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۴۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۶۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. William E. Winner, Analytical Writing, Morgan and Claypool, ۲۰۱۳.

۲. Daniel Riordan, Technical Report Writing Today (۱۰th Edition), Cengage Learning, ۲۰۱٤.

۳. Heike Hering and Lutz Hering, How to Write Technical Reports, Springer, ۲۰۱۰.

٤. Wayne C. Booth and Gregory G. Colomb, The Craft of Research (۳rd Edition), The university of Chicago press limited, ۲۰۰۸.

٥. John M. Swales and E. B. White, Academic Writing for Graduate Students: Essential Tasks and Skills (٤th Edition), Pearson press, ۲۰۰۰.