



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

برنامه درسی

(بازنگری شده)

دوره: دکتری

رشته: علوم زمین

گرایش: پترولوژی

گروه: علوم پایه



مصوبه جلسه شماره ۹۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱

کمیسیون برنامه ریزی آموزشی

بسم الله الرحمن الرحيم

عنوان برنامه: علوم زمین گرایش پترولوژی

۱- برنامه درسی بازنگری شده دوره دکتری رشته علوم زمین گرایش پترولوژی در جلسه شماره ۹۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی تصویب شد.

۲- برنامه درسی بازنگری شده دوره دکتری رشته علوم زمین گرایش پترولوژی از تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ جایگزین برنامه درسی دوره دکتری رشته زمین شناسی - پترولوژی مصوب جلسه شماره ۲۵۵ مورخ ۱۳۷۲/۰۱/۲۲ شورای عالی برنامه ریزی می شود.

۳- برنامه درسی مذکور از تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ برای تمامی دانشگاه ها و مؤسسه های آموزش عالی و پژوهشی کشور که طبق مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری فعالیت می کنند برای اجرا ابلاغ می شود.

۴- این برنامه درسی از تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن قابل بازنگری است.

عبدالرحیم نوه ابراهیم

دبیر شورای عالی برنامه ریزی آموزشی



بازنگری

مقطع: دکتری تخصصی

عنوان برنامه: علوم زمین گرایش پترولوژی

سال تدوین برنامه قبلی: ۱۳۷۲- مصوب دویست و پنجاه و پنجمین جلسه شورای عالی برنامه‌ریزی

ضرورت و هدف بازنگری:

با توجه به سپری شدن بیش از دو دهه از تصویب آخرین برنامه مصوب این رشته (مورخ ۱۳۷۲/۱/۲۲) و پیشرفتهای علمی و فناوری‌های نوین حاصل در سطح جهان، نیاز به روزآمد کردن برنامه پیشین و همگام نمودن این علم با دوره‌های مشابه دکتری تخصصی در دیگر کشورها و همچنین توجه به جایگاه زمین‌شناختی خاص کشور از دیدگاه فرایندهای آذرین و دگرگونی، مخاطرات زمین‌شناختی و منابع معدنی، ضرورت بازنگری این رشته کاملاً احساس می‌شود. در همین راستا با بررسی سرفصل‌ها و محتوای دروس این رشته در دانشگاه‌های معتبر دنیا و در نظر گرفتن نیاز جامعه و صنعت، برنامه این دوره با نظر خواهی از کلیه متخصصین دانشگاه‌هایی که این دوره در آنها دایر می‌باشد و متخصصین این رشته در سازمان زمین‌شناسی کشور، مورد تجدید نظر قرار گرفت.



فصل اول



برنامه دوره دکتری تخصصی علوم زمین گرایش پترولوژی

مقدمه

پترولوژی یکی از باسابقه‌ترین و از شاخه‌های مهم علم زمین‌شناسی است که با مطالعه سنگ‌ها به بررسی فابریک (ساخت و بافت)، ترکیب (کانی‌شناسی و شیمیایی)، منشأ، و توزیع زمانی و مکانی آن‌ها می‌پردازد. واژه پترولوژی از ترکیب دو واژه یونانی petra (πέτρα) به معنی سنگ و logos (λόγος) به معنی دانش گرفته شده است. در توصیف بافت و ترکیب سنگ‌ها، از شاخه‌های کانی‌شناسی، پتروگرافی، بلورشناسی و کانی‌شناسی نوری و تجزیه شیمیایی سنگ‌ها و کانی‌ها استفاده می‌شود. علاوه بر این، پترولوژیست‌ها از اصول و قواعد زمین‌شیمی (Geochemistry)، زمین‌فیزیک (Geophysics)، ترمودینامیک (Thermodynamic) و تجارب آزمایشگاهی دما-فشار بالا (High P-T Experiments/Experimental Petrology) برای درک بهتر شرایط تشکیل سنگ‌ها استفاده می‌کنند.

وجود سه گروه اصلی سنگ شامل سنگهای رسوبی، آذرین و دگرگونی به تقسیم رشته پترولوژی به سه شاخه منجر شده است. با توجه به گستردگی و تنوع موضوعات در شاخه سنگ‌های نرم (Soft Rocks) و سخت (Hard Rocks) و همچنین پوشش موضوعی در شاخه‌های آذرین و دگرگونی، پترولوژی رسوبی به شکل شاخه‌ای مجزا و پترولوژی آذرین و دگرگونی نیز در قالب یک شاخه واحد جای گرفته‌اند. صرف‌نظر از اهمیت سنگ‌ها به عنوان بایگانی ثبت وقایع زمین (Geological Records) موارد زیر به عنوان مشخصه‌های اصلی رشته پترولوژی و ضرورت رشد و توسعه آن در ایران قابل ذکر است:

- ۱- سنگ‌های آذرین و دگرگونی به عنوان سازنده بیش از ۹۰٪ پوسته زمین، از کانی‌ها ساخته شده‌اند و کانی‌ها نیز از ترکیب نظام‌مند عناصر در قالب بلورها تشکیل شده‌اند. بنابراین، با مطالعه سنگ‌ها می‌توان از ترکیب پوسته و گوشته و در مجموع از ترکیب زمین، سیارات و منظومه شمسی آگاهی یافت.
- ۲- با تعیین سن ایزوتوپی سنگ‌ها و کانی‌ها می‌توان به سن زمین و منظومه شمسی پی برد و همچنین به بررسی توالی زمانی رخدادهای زمین‌شناختی در طول تاریخ زمین پرداخت.
- ۳- امروزه ثابت شده است که هر فرایند پترولوژیکی در هر محیط زمین‌ساختی، سنگ‌هایی با ویژگی‌های خاص خود ایجاد می‌کند. در نتیجه، با مطالعه سنگ‌های زمان‌های گذشته می‌توان فرایندها و محیط‌های زمین‌ساختی گذشته زمین را بازسازی کرد.
- ۴- بسیاری از کانسارهای مهم، ارزشمند و راهبردی که پایه‌های تمدن و فناوری‌های نوین را تشکیل می‌دهند، در سنگ‌های آذرین و دگرگونی قرار دارند و حاصل فرایندهای پترولوژیکی هستند. بنابراین، مطالعه سنگ‌های آذرین و دگرگونی، کلید پی‌جویی و اکتشاف ذخایر پنهان در آنهاست.
- ۵- تجارب آزمایشگاهی پترولوژی تجربی و زمین‌شیمی فشار بالا، در بررسی شرایط تشکیل سنگ‌ها در اعماق پوسته و گوشته بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ۶- بخش عمده‌ای از سرزمین پهناور ایران را سنگ‌های آذرین و دگرگونی تشکیل داده‌اند که هم تاریخچه حوادث زمین‌شناختی ایران را در خود ثبت کرده‌اند و هم میزبان بسیاری از کانسارهای مهم و راهبردی هستند. وجود



آتشفشان‌های عهد حاضر نظیر دماوند، سهند، سبلان، تفتان، بزمان و آتشفشان‌های زمان پلیوکواترنری شمال سیزوار- جنوب قوچان و ضرورت مطالعه و پایش فعالیت آنها بر اهمیت وجود این رشته در ایران می‌افزاید. دوره دکتری تخصصی پترولوژی شامل یک برنامه آموزشی- پژوهشی جامع از دروس نظری، عملی و کار پژوهشی است، که از رشته‌های کانی‌شناسی، زمین‌شیمی، سنجش اذدور، زمین‌ساخت و زمین‌شناسی اقتصادی بهره می‌برد. کشور ایران به دلیل وجود رخنمون‌های قابل دستیابی از سنگهای آذرین و دگرگونی پرکامبرین، پالئوزوئیک، مزوزوئیک، سنوزوئیک و آتشفشان‌های پلیوکواترنر به بهشت زمین‌شناسان، بویژه پترولوژیست‌ها شهرت دارد. این امر نیاز به تربیت پژوهشگران و متخصصان پترولوژی را که در این زمینه به مطالعه و کاوش بپردازند مسلم می‌سازد. از اینرو برنامه‌ای که در پی می‌آید برای تحقق خودکفایی کشور با در نظر گرفتن تمام جنبه‌های آموزشی و پژوهشی رشته پترولوژی و مسیر آینده آن در جهت رفع نیازهای مشروع جامعه است.

دانشجویان پس از ورود به دوره دکتری تخصصی پترولوژی، ملزم به گذراندن دروس الزامی، اختیاری و پایان‌نامه براساس آئین‌نامه دکتری و تشخیص کمیته تخصصی مربوطه هستند. طول دوره دکتری تخصصی پترولوژی حداکثر ۴ سال تحصیلی است. شکل نظام، نیمسالی است و هر سال تحصیلی شامل دو نیمسال و هر نیمسال ۱۶ هفته است.

اهداف دوره

هدف این دوره، رشد علمی و بهره‌وری از آن در زمینه‌های شناخت ویژگی‌های پترولوژیکی و زمین‌شیمیایی سنگ‌های آذرین و دگرگونی، توان معدنی آن‌ها و در نهایت بررسی سیر تکاملی چگونگی تکوین پوسته ایران زمین است. دانش‌آموختگان این رشته قادر خواهند بود مهارت‌های علمی و عملی لازم را به گونه‌ای کسب نمایند که علاوه بر آمادگی برای تدریس و تحقیق در دانشگاه‌ها و مراکز علمی- پژوهشی کشور، بتوانند با استفاده از تجارب و مطالعات کافی در طول دوره تحصیل به پژوهش‌های بنیادی و کاربردی در زمینه‌های مختلف شامل بررسی نحوه رخداد و ویژگی‌های سنگ‌های آذرین و دگرگونی ایران، مخاطرات ناشی از فعالیت‌های آتشفشانی و همچنین توان کانه‌زایی این سنگ‌ها بپردازند و نیازهای شرکت‌های معدنی و مهندسی را در زمینه‌های مذکور برطرف کنند.

توانایی‌ها، مهارت‌ها و احراز مشاغل دانش‌آموختگان

دانش‌آموختگان دوره دکتری تخصصی رشته علوم زمین گرایش پترولوژی پس از اتمام دوره با توجه به تخصصی که بدست آورده‌اند از توانایی لازم برای مطالعات کانی‌شناختی، سنگ‌شناختی، تهیه انواع نقشه‌های زمین‌شناختی، تفکیک واحدهای سنگی، اکتشافی، زمین‌شیمیایی، کار با تصاویر ماهواره‌ای و همچنین کار با دستگاه‌های پیشرفته تجزیه دستگاهی، پردازش و تفسیر داده‌های زمین‌شیمیایی سنگ‌ها، بررسی توان کانه‌زایی واحدهای سنگی آذرین و دگرگونی، مطالعه و پیش-بینی حوادث ناشی از فعالیت‌های آتشفشانی، مطالعات مربوط به ساختار درون زمین و همچنین مطالعات مربوط به ترکیب سنگ‌شناختی و زمین‌شیمیایی و منشأ سیارات فرازمینی برخوردار خواهند بود. دانش‌آموختگان این دوره می‌توانند با گروه‌های اکتشاف معدن، مهندسین مشاور زمین‌شناسی و متخصصین پردازش داده‌های ماهواره‌ای و در بسیاری از کارهای صحرایی و آزمایشگاهی با آنان همکاری داشته باشند. دانش‌آموختگان دوره دکتری پترولوژی می‌توانند در انجام پروژه‌های زیست‌محیطی، مخاطرات زمین‌شناسی (خطرات آتشفشانی) و تشخیص آلودگی‌های ناشی از سنگ‌های آذرین و دگرگونی و باطله‌های معدنی نیز با زمین‌شناسان زیست‌محیطی همکاری کنند. تحصیل در این رشته شرایط جسمانی مناسب را



می‌طلبد چراکه سنگ‌شناس باید قادر باشد عملیات صحرایی را که بیشتر در مناطق کوهستانی و بیابانی انجام می‌شود، با موفقیت انجام دهد. با توجه به توانایی‌هایی که دانش‌آموختگان مقطع دکتری تخصصی رشته علوم زمین گرایش پترولوژی در طول تحصیل به دست می‌آورند می‌توانند علاوه بر تدریس در دانشگاه‌های کشور به عنوان اعضای هیات علمی، در مراکز پژوهشی و تحقیقاتی نیز به عنوان پژوهشگر و همچنین به عنوان کارشناس ارشد در وزارتخانه‌های صنعت، معدن و تجارت، نیرو، راه و شهرسازی، جهاد کشاورزی، آموزش و پرورش، و همچنین شرکتها و مؤسساتی مانند ذوب آهن، شرکت ملی صنایع مس ایران، شرکت ملی فولاد ایران، شرکت سرب-روی، طلای ایران و همچنین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سازمان انرژی اتمی و سازمان حفاظت محیط زیست مشغول به کار شوند.

شرایط لازم برای اجرا

اجرای این رشته در دانشگاه‌هایی امکان‌پذیر است که حداقل دارای چهار نیروی متخصص با درجه دکتری پترولوژی (حداقل دو دانشیار یا استاد) بوده و به دستگاه‌های تهیه مقاطع نازک و صیقلی، جدایش کانی‌ها، تجزیه نمونه‌های شیمیایی و آزمایشگاه‌های کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و کانه‌نگاری، مجهز باشند.

دروس دوره دکتری تخصصی علوم زمین گرایش پترولوژی

تعداد کل واحدهای درسی این دوره ۳۶ واحد به شرح زیر است:

الف) دروس تخصصی الزامی	۸ واحد
ب) دروس تخصصی اختیاری	۸ واحد
پ) پایان‌نامه	۲۰ واحد



فصل دوم



الف) جدول دروس تخصصی الزامی

کد	نام درس	تعداد واحد	ساعات		
			نظری	عملی	جمع
۱	خواص فیزیکی مناب‌های سیلیکاتی	۲	۳۲	-	۳۲
۲	مدل‌سازی فرایندهای آذرین	۲	۳۲	-	۳۲
۳	پتروژنز مجموعه‌های آذرین ایران	۲	۳۲	-	۳۲
۴	پتروژنز مجموعه‌های دگرگونی ایران	۲	۳۲	-	۳۲

ب- جدول دروس تخصصی اختیاری

کد	نام درس	تعداد واحد	ساعات		
			نظری	عملی	جمع
۱	پترولوژی بازالت‌ها	۲	۳۲	-	۳۲
۲	پترولوژی سنگ‌های واسط	۲	۳۲	-	۳۲
۳	پترولوژی سنگ‌های اسیدی	۲	۳۲	-	۳۲
۴	زمین‌شیمی عناصر جزئی سنگ‌های آذرین	۲	۳۲	-	۳۲
۵	نسبت‌های ایزوتوپ‌سنگ‌های ماگمایی	۲	۳۲	-	۳۲
۶	فرایندهای پترولوژیکی زون‌های فروران	۲	۳۲	-	۳۲
۷	افیولیت‌ها	۲	۳۲	-	۳۲
۸	کیمبرلیت‌ها	۲	۳۲	-	۳۲
۹	پیکریت‌ها و کماتیت‌ها	۲	۳۲	-	۳۲
۱۰	لامپروفرها و لامپروئیدها	۲	۳۲	-	۳۲
۱۱	سنگ‌های قلیایی	۲	۳۲	-	۳۲
۱۲	کربنات‌ها	۲	۳۲	-	۳۲
۱۳	سنگ‌های آذرآواری	۲	۳۲	-	۳۲
۱۴	آنکلاوها (میانبار سنگ‌های آذرین)	۲	۳۲	-	۳۲
۱۵	متاسوماتیسم گوشته	۲	۳۲	-	۳۲
۱۶	تنوره‌های گوشته‌ای	۲	۳۲	-	۳۲
۱۷	فرایندهای تحول ماگمایی	۲	۳۲	-	۳۲
۱۸	دینامیک جایگیری ماگما	۲	۳۲	-	۳۲
۱۹	توده‌های آذرین لایه‌ای	۲	۳۲	-	۳۲



۲۰	رخساره‌های آتشفشانی	۲	۳۲	-	۳۲
۲۱	مخاطرات آتشفشانی	۲	۳۲	-	۳۲
۲۲	انرژی زمین گرمایی	۲	۳۲	-	۳۲
۲۳	فرادگرگونی و زایش میگماتیت‌ها	۲	۳۲	-	۳۲
۲۴	واکنش‌های دگرگونی	۲	۳۲	-	۳۲
۲۵	گرانولیت‌ها و رشد پوسته‌ای	۲	۳۲	-	۳۲
۲۶	دگرگونی خیلی درجه پایین	۲	۳۲	-	۳۲
۲۷	دگرگونی دینامیکی	۲	۳۲	-	۳۲
۲۸	دگرگونی فرفشاری	۲	۳۲	-	۳۲
۲۹	اندازه‌گیری‌های کمی بافتی در سنگهای آذرین و دگرگونی	۲	۳۲	-	۳۲
۳۰	دگرگونی گرمایی	۲	۳۲	-	۳۲
۳۱	دگرگونی گرمایی	۲	۳۲	-	۳۲
۳۲	دگرگونی همبری و اسکارن‌ها	۲	۳۲	-	۳۲
۳۳	تعادل فاز در سنگ‌های دگرگونی	۲	۳۲	-	۳۲
۳۴	سازوکارهای دگرشکلی در کانی‌ها و سنگ‌ها	۲	۳۲	-	۳۲
۳۵	زوج کمرنده‌های دگرگونی	۲	۳۲	-	۳۲
۳۶	زمین‌دینامیک سنگ‌کره	۲	۳۲	-	۳۲
۳۷	کمرنده‌های برخورد قاره‌ای	۲	۳۲	-	۳۲
۳۸	کمرنده‌های سنگ‌های سبز آرکئن	۲	۳۲	-	۳۲
۳۹	روش‌های پیشرفته تجزیه دستگاهی در پترولوژی	۲	۳۲	-	۳۲
۴۰	کافت‌زایی	۲	۳۲	-	۳۲
۴۱	گروه دایک‌ها	۲	۳۲	-	۳۲
۴۲	دیرینه‌مغناطیس	۲	۳۲	-	۳۲
۴۳	پترولوژی هسته و گوشه	۲	۳۲	-	۳۲
۴۴	پترولوژی و زمین‌شیمی شخانه‌ها و سیارات زمینی	۲	۳۲	-	۳۲

* دانشجو باید ۸ واحد از دروس تخصصی اختیاری را از جدول بالا اخذ کند.

* دانشجو می‌تواند کلیه واحدهای الزامی و اختیاری دوره‌های تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌های زمین‌شناسی را با موافقت استاد راهنما (یا مدیر گروه/بخش) به عنوان واحد اختیاری انتخاب کند.

* سرفصلهای دروس اختیاری، یا دروس الزامی سایر رشته‌ها که به عنوان اختیاری انتخاب می‌شوند، باید بر اساس برنامه‌ای باشد که در رشته اصلی درس تنظیم شده است.



فصل سوم



الف) درس‌های تخصصی الزامی

دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: خواص فیزیکی مذاب‌های سیلیکاتی عنوان درس به انگلیسی: Physical Properties of Silicate Melts
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری*	الزامی			
	عملی				
	نظری	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با ویژگی‌های ساختاری و خواص فیزیکی مذاب‌های سیلیکاتی براساس تجارب آزمایشگاهی انجام شده بر روی مذاب‌های مصنوعی و طبیعی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات و مفاهیم مرتبط با کینتیک ماگما (همرفت، صعود، انتشار)، فروتافت، هسته بندی و رشد بلور
- ویژگی‌های ساختاری مذاب‌های سیلیکاتی و نقش کاتیون‌های HFS در آن‌ها شامل سامانه‌های سیلیس-اکسید فلزی، سامانه‌های سیلیکات آلومینیم، ساختار مذاب‌ها و شیشه‌های سیلیکات آلومینیم در فشار یک اتمسفر و فشارهای بالا، نقش ساختاری اکسیدهای آهن در مذاب‌های سیلیکاتی، موقعیت ساختاری آهن فریک و فرو در مذاب‌های سیلیکاتی، تعادل کاهش آهن و ساختار مذاب، تعادل فازي در سامانه‌های آهن دار، خواص فیزیکی مذاب‌های سیلیکاتی آهن دار، تیتانیم در مذاب‌ها و شیشه‌های سیلیکاتی، فسفر در مذاب‌های سیلیکاتی
- کاربرد مطالعات ساختار در ماگماهای طبیعی
- خواص فیزیکی ماگما شامل دما، وزن مخصوص، گرانیوی و بسپارش ماگماها.
- اثرات ترکیب سیال بر روابط فازي ذوب و نقش مواد قرار در سامانه‌های مذاب سیلیکاتی شامل آب، تأثیر آب در ذوب سامانه‌های سیلیکاتی، کربن دیوکسید، عوامل مؤثر بر انحلال کربن دیوکسید، گوگرد، کربن مونواکسید، هیدروژن، نیتروژن، کلر، فلورور
- ویژگی‌های مذاب‌های طبیعی
- خواص ترمودینامیکی مایعات سیلیکاتی در فشارهای بالا و کاربرد آن در پترولوژی آذرین

منابع:

- 1- Best M. G. 2003. Igneous and metamorphic petrology. Blackwell Publishing. 730p. Chapters 3, 4, 5, 6, 8, 9.



- 2- Brawer, S. 1985. Relaxation in Viscous Liquids and Glasses, *Am. Ceram. Soc.*, 220p.
- 3- Mysen B. O., Richet P. 2005. Silicate Glasses and Melts: Properties and Structure. Elsevier, Developments in Geochemistry 10, 544 p.
- 4- Webb S. L. 1997. silicate melts. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.



عنوان درس به فارسی: مدل سازی فرایندهای آذرین عنوان درس به انگلیسی: Modeling of Igneous Processes	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
			پایه	عملی	
				نظری	
			الزامی	عملی	
				نظری*	
			اختیاری	عملی	
				نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ بازدید علمی ☐ کارگاه					

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با نحوه مدل سازی فرایندهای مختلف آذرین شامل ذوب و تبلور بخشی، هضم، آلیش و آمیختگی ماگمایی با استفاده از عناصر کمیاب و فرایندهای صعود، جایگزینی و فوران ماگما آشنا می شوند.

سرفصل مطالب:

- کلیات، انواع فرایندهای ماگمایی، اصول مدل سازی فرایندهای ماگمایی
- مدل سازی فرایندهای ذوب (مروری بر مدل های ذوب، ذوب بسته ای مودال، ذوب بسته ای غیر مودال یا اوتکتیک، ذوب بسته ای ناهم نهشت، ذوب تفریقی، ذوب تفریقی مودال، ذوب تفریقی غیر مودال یا اوتکتیک، ذوب تفریقی ناهم نهشت، ذوب دینامیک، ذوب دینامیک مودال، ذوب دینامیک غیر مودال یا اوتکتیک، ذوب دینامیک ناهم نهشت، ذوب سامانه باز، ذوب بسته ای سامانه باز، ذوب دینامیک سامانه باز)
- مدل سازی فرایندهای تبلور (تبلور تفریقی، تبلور تعادلی)
- مدل سازی فرایندهای هضم و آلیش
- مدل سازی فرایندهای آمیختگی
- مدل سازی فرایندهای صعود و فوران ماگما
- مدل سازی فرایندهای جایگزینی ماگما



منابع:

- 1- Albarede, F. 1995. Introduction to geochemical modeling. Cambridge University Press. 564p.
- 2- Philpotts A.R. and Ague J.J. 2009. Principles of igneous and metamorphic petrology. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- 3- Winter J.D. 2014. Principles of igneous and Metamorphic Petrology. Second Edition. Pearson new international edition, Edinburgh Gate, Harlow, Essex, CM20 2JE. 745p. Chapters 8, 9.
- 4- Zou, H. (2007) Quantitative Geochemistry. Imperial College Press. 305p.



عنوان درس به فارسی: پتروژنز مجموعه‌های آذرین ایران عنوان درس به انگلیسی: Petrogenesis of Igneous Complexes in Iran	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری*	
				عملی	
			اختیاری	نظری	
				عملی	

آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☐ ندارد				
☐ سمینار	☐ آزمایشگاه	☐ کارگاه	☒ بازدید عملی	

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با محیط‌های زمین‌ساختی و فرایندهای حاکم بر رخداد مجموعه‌های آذرین و رابطه بین زمین‌ساخت و تشکیل انواع سنگ‌های آذرین، پتانسیل‌های معدنی، نحوه توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی سنگ‌های آذرین ایران و علل رخداد آن‌ها در جریان تحول پوسته ایران براساس چرخه‌های کوهزادی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- مروری بر زمین‌ساخت صفحه‌ای و فرایندهای زمین‌ساختی حاکم بر جایگاه‌های زمین‌ساختی
- انواع فرایندهای ماگمایی حاکم بر جایگاه‌های زمین‌ساختی
- ماگماتیسم و زمین‌ساخت صفحه‌ای (شامل ماگماتیسم محیط‌های کافتی و نقاط داغ درون صفحه‌ها، ماگماتیسم گسترش بستر دریا، ماگماتیسم کمان‌های جزیره‌ای، کمان‌های حاشیه قاره، برخورد قاره‌ای، پسابر خورده، حوضه‌های پشت کمان)
- معرفی زون‌های ساختاری و فازهای ماگمایی ایران براساس رخدادهای زمین‌ساختی
- ماگماتیسم مرتبط با یی سنگ پرکامبرین - اینفراکامبرین ایران
- ماگماتیسم پالئوزوئیک (مرتبط با پیدایش، توسعه و بسته شدن پالئوتتیس) در ایران
- ماگماتیسم مزوزوئیک (مرتبط با پیدایش، توسعه و بسته شدن نتوتتیس) در ایران
- ماگماتیسم سنوزوئیک به عنوان پیامد بسته شدن نتوتتیس در ایران
- ماگماتیسم پلیوکواترن در ایران

بازدید صحرایی:

- انجام بازدید صحرایی به مدت حداقل ۷ روز از زون‌های ماگمایی ایران.

منابع:

- 1- Allen, M.B., Budd, G.E., Leat, P.T., and Whitham, A.G. (Eds.). 2011. Geodynamic Evolution of the Zagros. Geological Magazine, Thematic Issue, Vol. 148, Issue 5/6. 337p. ISSN: 0016-7568.



- 2- Audley-Charles, M.G., and Hallam, A. (Eds.). 1988. Gondwana and Tethys. The Geological Society of London, Oxford University Press. 314p.
- 3- Bassett, M.G. (Ed.). 2009. Early Palaeozoic Peri-Gondwana Terranes: New Insights from Tectonics and Biogeography. The Geological Society of London. 287p.
- 4- Berberian, M., 1983. Continental deformation in the Iranian plateau. Geological Society of Iran, Report 52. 712p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: پتروژنز مجموعه‌های دگرگونی ایران عنوان درس به انگلیسی: Petrogenesis of Metamorphic Complexes in Iran	
	عملی					
	نظری	پایه				تعداد ساعت: ۳۲
	عملی					
	نظری*	الزامی				
	عملی					
	نظری	اختیاری				
	عملی					

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☐ ندارد
بازدید عملی:	☒ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با انواع محیط‌های زمین‌ساختی و فرایندهای حاکم بر رخداد مجموعه‌های دگرگونی و همچنین رابطه بین زمین‌ساخت و تشکیل انواع سنگ‌های دگرگونی، پتانسیل‌های معدنی، نحوه توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی سنگ‌های دگرگونی ایران و علل رخداد آن‌ها در جریان تحول پوسته ایران براساس چرخه‌های کوهزادی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- مروری بر زمین‌ساخت صفحه‌ای و جایگاه‌های زمین‌ساختی رخداد دگرگونی.
- فرایندهای دگرگونی و رژیم‌های دما- فشار حاکم بر جایگاه‌های زمین‌ساختی.
- دگرگونی در محیط‌های کافتی و نقاط داغ درون صفحه‌ها.
- دگرگونی بستر اقیانوس.
- دگرگونی در محیط‌های فرورانش.
- دگرگونی در محیط‌های برخورد قاره‌ای.
- معرفی زون‌های ساختاری و دگرگونی ایران، ضخامت پوسته، جایگاه ژئودینامیکی ایران در کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا.
- معرفی فازهای کوهزادی و دگرگونی ایران (کارلین- حجازین، بایکالین- کاتانگان، کالدونین، هرسینین، سیمیرین پیشین و پسین، لارامین).
- بررسی پی‌سنگ پرکامبرین ایران
- بررسی دگرگونی پالئوزوئیک (مرتبط با پیدایش، توسعه و بسته شدن پالئوتتیس)
- بررسی دگرگونی مزوزوئیک (پیدایش، توسعه و بسته شدن نئوتتیس).
- بررسی دگرگونی مجموعه‌های اولترامافیک، افیولیت‌ها و آمیزه‌های رنگی ایران
- بررسی دگرگونی سنوزوئیک در ایران



بازدید صحرایی:

انجام بازدید صحرایی به مدت حداقل ۷ روز از زون‌های دگرگونی ایران.

منابع:

- 1- Allen, M.B., Budd, G.E., Leat, P.T., and Whitham, A.G. (Eds.). 2011. Geodynamic Evolution of the Zagros. Geological Magazine, Thematic Issue, Vol. 148, Issue 5/6, 337p. ISSN: 0016-7568.
- 2- Bassett, M.G. (Ed.). 2009. Early Palaeozoic Peri-Gondwana Terranes: New Insights from Tectonics and Biogeography. The Geological Society of London. 287p.
- 3- Bucher K. and Grapes R. 2011. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 428pp.
- 4- Winter J.D. 2014. Principles of igneous and Metamorphic Petrology. Second Edition. Pearson new international edition, Edinburgh Gate, Harlow, Essex, CM20 2JE. 745p.



(ب) درس‌های تخصصی اختیاری

عنوان درس به فارسی: پترولوژی بازالت‌ها	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	درس پیشنهادی:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Petrology of Basalts تعداد ساعت: ۳۲					
آموزش تکمیلی عملی: دارد ☐ ندارد ☒					
بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐					

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با محیط‌های رخداد، ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی، شیمی کانی، شیمی سنگ کل عناصر اصلی و جزئی، کمیاب خاکی و ایزوتوپی، پتانسیل‌های معدنی و منشأ انواع بازالت‌ها و همچنین رابطه بین زمین‌ساخت و تشکیل انواع بازالت‌ها و نحوه توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی سنگ‌های بازالتی زمینی و فرازمینی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، واژه‌نگاری، تاریخچه)
- زمین‌شناسی صحرایی رخنمون‌های بازالتی
- کانی‌شناسی و سنگ‌نگاری بازالت‌ها
- شیمی کانی
- شیمی عناصر اصلی، کمیاب و ایزوتوپی بازالت‌ها
- پترولوژی و پتروژنز بازالت‌ها
- پترولوژی تجربی بازالت‌ها و سنگ منشأ آن‌ها
- جایگاه‌های زمین‌ساختی بروز آتشفشانی بازالتی زمینی (پشته‌های میان‌اقیانوسی، پهنه‌های عمیق اقیانوسی، نقاط داغ درون اقیانوسی، پشت کمان، کمان‌های جزیره‌ای، حاشیه قاره، کافت‌ها و نقاط داغ درون قاره‌ها)
- پترولوژی و زمین‌شیمی بازالت‌های ماه و متئوریتی
- سنتز از دور بازالت‌ها در منظومه شمسی
- بررسی‌های زمین‌فیزیکی و زمین‌شیمیایی گوشته‌های سیارات زمینی
- توزیع و ریخت‌شناسی قوران‌های بازالتی بر روی سیارات
- تاریخچه گرمایی سیارات زمینی



- دلالت‌های آتشفشانی بازالتی برای تحول اجسام سیاره‌ای
- پتانسیل کانه‌زایی ماگماتیک بازالتی

منابع:

- 1- Aleshire, P. 2007. Ocean Ridges and Trenches. Chelsea House Publishers. 161p.
- 2- Basaltic Volcanism on the Terrestrial Planets. By members of the Basaltic Volcanism Study Project. 1981. Pergamon Press, Inc., New York. ISBN 0-08-028086-2. 1273p.
- 3- Gill, R.G. 2010. Igneous rocks and processes. John Wiley and Sons, London.
- 4- Winter J.D. 2014. Principles of igneous and Metamorphic Petrology. Second Edition. Pearson new international edition, Edinburgh Gate, Harlow, Essex, CM20 2JE. 745p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: پترولوژی سنگ‌های واسط عنوان درس به انگلیسی: Petrology of Intermediate Rocks
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد					
☐ بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه	☐ سمینار		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با محیط‌های رخداد، ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی، شیمی کانی، شیمی سنگ کل عناصر اصلی و جزئی، کمپاب خاکی و ایزوتوپی، پتانسیل‌های معدنی، منشأ انواع سنگ‌های حدواسط و آداکیتی و همچنین رابطه بین زمین‌ساخت و تشکیل انواع سنگ‌های حدواسط و آداکیتی و نحوه توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، واژه‌نگاری و تاریخچه)
- زمین‌شناسی صحرایی رخنمون‌های سنگ‌های حدواسط و آداکیت‌ها
- کانی‌شناسی و سنگ‌نگاری سنگ‌های حدواسط و آداکیت‌ها
- شیمی کانی
- شیمی عناصر اصلی، کمپاب و ایزوتوپی سنگ‌های حدواسط و آداکیت‌ها
- پترولوژی و پتروژنز سنگ‌های حدواسط
- پترولوژی و پتروژنز آداکیت‌ها
- جایگاه‌های زمین‌ساختی بروز ماگماتیسم حدواسط و آداکیتی
- دلالت‌های ماگماتیسم حدواسط و آداکیتی برای تحول پوسته زمین
- پتانسیل کانه‌زایی ماگماتیسم حدواسط و آداکیتی



منابع:

- 1- Ardian Peshkepia 2000. Trace Element Geochemistry Of Andesites Associated With Massive Sulfide Deposits In Noranda, Quebec.
- 2- Gill, J.B. 1981. Orogenic Andesites and Plate Tectonics. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg. 387p.

- 3- Grawford, A.J. 1989. Boninites and related rocks. Unwin Hyman, London.
- 4- Gómez-Tuena, A., Straub, S.M., and G.F. Zellmer, G.F. (Eds.). 2014. Orogenic Andesites and Crustal Growth. Geological Society of London, Special Publications, 385. 414p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: پترولوژی سنگ‌های اسیدی عنوان درس به انگلیسی: Petrology of Acidic Rocks
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

☐	آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
☐	بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
☐	سمینار		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با محیط‌های رخداد، ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی، شیمی کانی، شیمی سنگ کل عناصر اصلی و جزئی، کمیاب خاکی و ایزوتوپی، منشأ و رده‌بندی انواع سنگ‌های اسیدی، پتانسیل‌های معدنی این سنگ‌ها و همچنین رابطه بین زمین‌ساخت، دگرگونی و تشکیل انواع سنگ‌های اسیدی و نحوه توزیع و پراکندگی زئانی و مکانی این سنگ‌ها در خلال رشد پوسته قاره‌ای آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، واژه‌نگاری، تاریخچه و رده‌بندی) سنگ‌های اسیدی
- زمین‌شناسی صحرایی رخنمون‌های سنگ‌های اسیدی
- کانی‌شناسی و سنگ‌نگاری سنگ‌های اسیدی
- شیمی کانی
- شیمی عناصر اصلی، کمیاب و ایزوتوپی سنگ‌های اسیدی
- پترولوژی و پتروژنز سنگ‌های اسیدی با تأکید بر انواع گرانیتوئیدها
- پترولوژی تجربی و زایش ماگماهای اسیدی
- فرادگرگونی و زایش سنگ‌های اسیدی
- جایگاه‌های زمین‌ساختی بروز ماگماتیسم اسیدی
- ماگماتیسم اسیدی و تحول پوسته قاره‌ای
- پتانسیل کانه‌زایی ماگماتیسم اسیدی



منابع:

- 1- Cobbing, J. 2000. The Geology and Mapping of Granite Batholiths. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 147p.
- 2- Cobbing, J. 2003. Granite Geology. John Wiley and Sons.

- 3- Chen, G.N., and Grapes, R. 2007. Granite Genesis: In Situ Melting and Crustal Evolution. Springer. 285p.
- 4- Migon P. 2006. Granite Landscapes of the World. Oxford University Press. 417p.



عنوان درس به فارسی: زمین‌شیمی عناصر جزیی سنگ‌های آذرین	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری
				عملی
			پایه	نظری
				عملی
			الزامی	نظری
				عملی
			اختیاری	نظری#
				عملی
آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد				
☐ بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با انواع عناصر جزئی و کمیاب خاکی، رده‌بندی این عناصر، رفتار زمین‌شیمیایی آن‌ها در کانی‌ها و ماگماها در خلال فرایندهای ذوب بخشی و تبلور مذاب‌ها، توزیع و پراکندگی آن‌ها در پوسته، گوشته و هسته، و در نهایت توزیع و پراکندگی آنها در گروه‌های اصلی سنگ‌های آذرین آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، واژه‌نگاری، تاریخچه و دسته‌بندی) عناصر جزئی و کمیاب خاکی
- زمین‌شیمی عناصر جزئی و کمیاب خاکی
- کانی‌شناسی عناصر جزئی و کمیاب خاکی
- رفتار زمین‌شیمیایی عناصر جزئی و کمیاب خاکی در کانی‌ها و ماگماها در فرایندهای ذوب بخشی
- رفتار زمین‌شیمیایی عناصر جزئی و کمیاب خاکی در کانی‌ها و ماگماها در تبلور مذاب‌ها
- توزیع و پراکندگی عناصر جزئی و کمیاب خاکی در پوسته، گوشته و هسته
- توزیع و پراکندگی عناصر جزئی و کمیاب خاکی در کانی‌ها
- توزیع و پراکندگی عناصر جزئی و کمیاب خاکی در گروه‌های اصلی سنگ‌های آذرین (اسیدی، حدواسطه، مافیک، فرامافیک)
- کانسارهای آذرین عناصر جزئی و کمیاب خاکی

منابع:

- 1- Albarede, F. 2009. Geochemistry: An Introduction. 2nd edition. Cambridge University Press. 357p.
- 2- Henderson, P. (ed.). 1984. Rare Earth Element Geochemistry. Oxford: Elsevier. Volume 2. 510 p.



- 3- Jones, A.P., Wall, F., and Williams, C.T. 1996. Rare earth minerals: chemistry, origin and ore deposits. Chapman & Hall, London.
- 4- Mitra, S. 2004. High-Pressure Geochemistry and Mineral Physics. Elsevier B.V. 1272p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: نسبت‌های ایزوتوپی سنگ- های ماگمایی عنوان درس به انگلیسی: Isotopic Ratios of Magmatic Rocks
	عملی				
	نظری	پایه		تعداد ساعت: ۳۲	
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد					
☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه	☐ سمینار	☐ بازدید علمی		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با کاربرد نسبت‌های ایزوتوپی در شناخت پتروژنز سنگ‌های ماگمایی و نحوه رشد و تحول پوسته قاره‌ای و گوشته در زمان آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، واژه‌نگاری، تاریخچه و دسته‌بندی) ایزوتوپ‌ها
- اصول استفاده از ایزوتوپ‌ها در پترولوژی آذرین
- کاربرد ایزوتوپ‌های $H, S, C, O, Os, Hf, Pb, Nd, Sr$ در بررسی پتروژنز سنگ‌های آذرین
- کاربرد ایزوتوپ‌ها در شناخت محیط‌های زمین‌ساختی گذشته
- کاربرد ایزوتوپ‌ها در شناخت ایالت‌های آذرین

منابع:

- 1- Allegre C.J. 2008. Isotope Geology. Cambridge University Press. 512p.
- 2- Dickin A.P. 2005. Radiogenic Isotope Geology. Cambridge University Press.
- 3- Faure, G., and Mensing, T.M. 2004. ISOTOPES; Principles and Applications Third Edition. Wiley 928p.
- 4- Hofes J. 2009. Stable Isotope Geochemistry, 6th edition. Springer- Verlag -Berlin Hidelberg.



عنوان درس به فارسی: فرایندهای پترولوژیکی زون های فرورانش	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	درس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Petrological Processes of Subduction Zones					
تعداد ساعت: ۳۲					
آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد					
بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐					

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با انواع فرایندهای پترولوژیکی آذرین و دگرگونی حاکم بر زون های فرورانش آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، واژه نگاری و طرح زمین ساختی)
- اجزای زون فرورانش (صفحه فرورونده، گوشته سنگ گره ای، پوسته، رسوبات)
- مجموعه زرفناوه - کمان، زون جلوی کمان، کمان ماگمایی (اکیانوسی، قاره ای)، ناحیه پشت کمان
- توزیع گرا دیال های گرمایی در زون فرورانش
- انواع زون های فرورانش (فرورانش جزایر کمانی درون اقیانوسی، فرورانش حاشیه قاره)
- فرورانش صفحه سرد
- فرورانش صفحه گرم
- دگرگونی در زون های فرورانش (زوج کمر بندهای دگرگونی)
- متاسوماتیسم در زون فرورانش
- زایش ماگما در زون فرورانش (ذوب پوسته، ذوب گوشته، ذوب رسوبات، ذوب پتجره سست گره ای)
- برگشت به عقب صفحه فرورونده (Roll Back)
- حرکت و صعود مذاب
- آمیختگی ماگماها
- زیر صفحه ای شدن مذاب گوشته ای و ذوب پوسته قاره ای رویی
- سری های ماگمایی زون های فرورانش
- ماگماتیسیم بازی زون های فرورانش
- ماگماتیسیم حد واسط و اسیدی در زون های فرورانش
- تحول زمین شیمیایی ماگماتیسیم زون فرورانش
- فرارانش مجموعه فرورونده



- فرورانش و نقش آن در تحول پوسته قاره‌ای و گوشته
- کانه‌زایی در زون‌های فرورانش

منابع:

- 1- Ernest W.G., and Rumble D. 2008. Metamorphic conditions along convergent plate junctions: Mineralogy, Petrology, Geochemistry, and Tectonics. The Geological Society of America. 863 p.
- 2- Lallemand, S., and Funiciello, F. (Eds.). 2009. Subduction Zone Geodynamics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- 3- Larter, R.D., and Leat, P.T. (Eds.). 2003. Intra-Oceanic Subduction Systems: Tectonic and Magmatic Processes. The Geological Society London. 359p.
- 4- Stern, R. 2002. Subduction Zones. American Geophysical Union. doi:10.1029/2001RG000108.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: افیولیت‌ها عنوان درس به انگلیسی: Ophiolites
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد					
☐ بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه	☐ سمینار		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری افیولیت‌ها، محیط‌های رخداد، ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی، شیمی کانی، شیمی سنگ کل عناصر اصلی، جزئی، کمیاب خاکی و ایزوتوپی، منشأ، رده‌بندی، پتانسیل‌های معدنی، دگرگونی و سازوکار بالازدگی انواع افیولیت‌ها و توده‌های اولترامافیک آلی و همچنین رابطه بین زمین‌ساخت و تشکیل افیولیت‌ها و نحوه توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، واژه‌نگاری، تاریخچه)
- توزیع زمانی و مکانی افیولیت‌ها
- زمین‌شناسی صحرایی و ساختار مجموعه‌های افیولیتی
- پتروگرافی (ساخت، بافت، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی)
- شیمی کانی
- شیمی سنگ کل عناصر اصلی، جزئی و ایزوتوپی مجموعه‌های افیولیتی
- پترولوژی و پتروژنز افیولیت‌ها
- دگرگونی افیولیت‌ها
- سازوکارهای بالازدگی و جایگیری افیولیت‌ها
- پتانسیل کانه‌زایی افیولیت‌ها
- زمین‌ساخت و تشکیل افیولیت
- مجموعه‌های افیولیتی تتیسی الپ-همالیا (شامل ایران و عمان)

منابع:

- 1- Dilek Y. and Robinson P.T. (Eds.). 2003. Ophiolites in Earth History. The Geological Society of London, Special Publications 218. 647p.



- 2- Dilek, Y., and Newcomb, S. 2003. Ophiolite concept and the evolution of geological thought. Geological Society of America Special Paper 373.
- 3- Kearey, P. et al. 2009. Global Tectonics. New Delhi: John Wiley & Sons.
- 4- Wakabayashi, J. and Y. Dilek. 2003. What constitutes 'emplacement' of an ophiolite?: Mechanisms and relationship to subduction initiation and formation of metamorphic soles. Geological Society, London, Special Publications 218.



عنوان درس به فارسی: کیمبرلیت‌ها عنوان درس به انگلیسی: Kimberlites	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری کیمبرلیت‌ها، محیط‌های رخداد، ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی، شیمی کانی، شیمی سنگ کل عناصر اصلی، جزئی، کمیاب خاکی و ایزوتوپی، پتانسیل‌های معدنی، ویژگی‌ها و آهنگ ذوب بخشی محل منشأ، سازوکار صعود ماگما و ویژگی‌های تنوره‌های کیمبرلیتی و همچنین رابطه بین زمین‌ساخت و تشکیل کیمبرلیت‌ها و نحوه توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، تاریخچه)
- توزیع زمانی و مکانی (زمین‌ساخت کیمبرلیت‌ها)
- رخداد صحرایی (دیاترم‌ها)
- پتروگرافی (ساخت، بافت، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی) و رده‌بندی کیمبرلیت‌ها
- کیمبرلیت‌ها و سنگ‌های وابسته
- شیمی کانی
- شیمی عناصر اصلی، جزئی و ایزوتوپی سنگ‌کل
- مطالعات تجربی بر روی تشکیل و تبلور ماگمای کیمبرلیتی
- طبیعت، منشأ و تحول مذاب‌های کیمبرلیتی
- پتانسیل کانه‌زایی

منابع:

- 1- Arndt, N.T., Guitreau, M., Boullier, A.M., Le Roex, A., Tommasi, A., Cordier, P., and Sobolev, A. 2010. Olivine, and the Origin of Kimberlite. JOURNAL OF PETROLOGY, VOLUME 51 NUMBER 3: 573-602.
- 2- Best M. G. 2003. Igneous and metamorphic petrology. Blackwell Publishing. 730p.

- 3- Field, M., Stiefenhofer, J., Robey, J., and Kurszlaukis, S. 2008. Kimberlite-hosted diamond deposits of southern Africa: A review. *Ore Geology Reviews* 34: 33–75.
- 4- Mitchell R.H. 1989. *Kimberlites: Mineralogy, Geochemistry and Petrology*. 2th Edition. Springer. 453p.



عنوان درس به فارسی: پیکریت‌ها و کوماتیت‌ها عنوان درس به انگلیسی: Picrites and Komatiites	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	

آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد					
☐ بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه	☐ سمینار		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری پیکریت‌ها و کوماتیت‌ها، محیط‌های رخداد، ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی، شیمی کانی، شیمی سنگ کل عناصر اصلی، جزئی، کمیاب خاکی و ایزوتوپی، پتانسیل‌های معدنی، ویژگی‌ها و آهنگ ذوب بخشی محل منشأ و همچنین رابطه بین زمین‌ساخت و تشکیل پیکریت‌ها و کوماتیت‌ها و نحوه توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، تاریخچه، رده‌بندی)
- توزیع زمانی و مکانی پیکریت‌ها و کوماتیت‌ها
- رخداد صحرایی و انواع ساختارها
- پتروگرافی (ساخت، بافت، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی)
- شیمی کانی
- شیمی عناصر اصلی، کمیاب و ایزوتوپی سنگ کل
- مطالعات تجربی بر روی تشکیل و تبلور ماگمای پیکریتی و کوماتیتی
- طبیعت، منشأ و تحول مذاب‌های پیکریتی و کوماتیتی
- جایگزینی و زمین‌ساخت ماگماهای پیکریتی و کوماتیتی
- پتانسیل کانه‌زایی

منابع:

- 1- Arndt N. 2008. Komatiite. Cambridge University Press. 489p.
- 2- Best M. G. 2003. Igneous and metamorphic petrology. Blackwell Publishing. 730p.
- 3- Wilson M. 2007. Igneous petrogenesis. Springer.



- 4- Winter J.D. 2014. Principles of igneous and Metamorphic Petrology. Second Edition. Pearson new international edition, Edinburgh Gate, Harlow, Essex, CM20 2JE. 745p.



عنوان درس به فارسی: لامپروفیرها و لامپروئیدها	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Lamprophyres and Lamproids	تعداد ساعت: ۳۲	آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد			
بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐					

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری لامپروفیرها و لامپروئیدها، محیط‌های رخداد، ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی، شیمی کانی، شیمی سنگ کل عناصر اصلی، جزئی، کمیاب خاکی و ایزوتوپی، پتانسیل‌های معدنی، ویژگی‌ها و اهمیت ذوب بخشی محل منشأ و همچنین رابطه بین زمین‌ساخت و تشکیل لامپروفیرها و لامپروئیدها و نحوه توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:



- کلیات (تعاریف، تاریخچه، رده‌بندی)
- توزیع زمانی و مکانی لامپروفیرها و لامپروئیدها
- مجموعه‌های آذرین همراه
- زمین‌شناسی صحرایی و پتروگرافی
- کانی‌شناسی و شیمی کانی
- شیمی عناصر اصلی، جزئی و ایزوتوپی سنگ کل لامپروفیرها و لامپروئیدها
- انواع میان‌بارهای لامپروفیرها و لامپروئیدها
- معادل‌های درونی و بیرونی لامپروفیرها و لامپروئیدها
- طبیعت، منشأ و تحول مذاب‌های لامپروفیری و لامپروئیدی
- پتانسیل کانه‌زایی لامپروفیرها و لامپروئیدها

منابع:

- 1- Rock, N.M.S. 1991. Lamprophyres. Springer Science+Business Media New York. 294p.

- 2- Seifert, T. 2008. Metallogeny and Petrogenesis of Lamprophyres in the Mid-European Variscides. The author and IOS Press BV. 305p.
- 3- Wilson M. 2007. Igneous petrogenesis. Springer.
- 4- Winter J.D. 2014. Principles of igneous and Metamorphic Petrology. Second Edition. Pearson new international edition, Edinburgh Gate, Harlow, Essex, CM20 2JE. 745p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: سنگ‌های قلیایی عنوان درس به انگلیسی: Alkaline Rocks
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری سنگ‌های قلیایی، محیط‌های رخداد، ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی، شیمی کانی، شیمی سنگ کل عناصر اصلی، جزئی، کمیاب خاکی و ایزوتوپی، پتانسیل‌های معدنی، ویژگی‌ها و نرخ ذوب بخشی محل منشأ و همچنین رابطه بین زمین‌ساخت و تشکیل سنگ‌های قلیایی و نحوه توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، تاریخچه، رده‌بندی) سنگ‌های قلیایی
- توزیع زمانی و مکانی
- رخداد صحرایی
- پتروگرافی (ساخت، بافت، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی)
- شیمی کانی
- شیمی عناصر اصلی، کمیاب و ایزوتوپی سنگ‌کل
- طبیعت، منشأ و تحول مذاب‌های قلیایی
- پتانسیل کانه‌زایی سنگ‌های قلیایی
- زمین‌ساخت سنگ‌های قلیایی

منابع:

- 1- Bonin, B. 1998. Alkaline Rocks and Geodynamics. Turkish Journal of Earth Sciences 7: 105-118.
- 2- Fitton, J.G., and Upton, G.J. (Eds.). 1987. Alkaline Igneous Rocks. GEOLOGICAL SOCIETY SPECIAL PUBLICATION NO 30. 545p.



- 3- Kampunzu, A.B., and R.T. Lubala, R.T. 1991. Magmatism in extensional structural settings. SpringerVerlag, Berlin Heidelberg.
- 4- Wooley, A.R. 2001. Alkaline rocks and carbonatites of the world, part 3, Africa. Springer, Berlin.



عنوان درس به فارسی: کربناتیت‌ها عنوان درس به انگلیسی: Carbonatites	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☐ ندارد ☒					
بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐					

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری کربناتیت‌ها، محیط‌های رخداد، ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی، شیمی کانی، شیمی سنگ، عناصر اصلی، جزئی، کمیاب خاکی و ایزوتوپی، پتانسیل‌های معدنی، ویژگی‌ها و ترخ ذوب بخشی محل منشأ و همچنین رابطه بین زمین‌ساخت و تشکیل کربناتیت‌ها و نحوه توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، تاریخچه، رده‌بندی) کربناتیت‌ها
- توزیع زمانی و مکانی
- رخداد صحرایی
- پتروگرافی (ساخت، بافت، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی)
- شیمی کانی
- شیمی عناصر اصلی، جزئی و ایزوتوپی سنگ‌کل
- طبیعت، منشأ و تحول مذاب‌های کربناتیتی
- پتانسیل کانه‌زایی کربناتیت‌ها
- زمین‌ساخت سنگ‌های کربناتیت‌ها



منابع:

- 1- Bell, K., ed. 1989. Carbonatites, genesis and evolution: London, Unwin Hyman, 618 p.
- 2- Bell, K., and Keller, J. (Eds.). 1995. Carbonatite Volcanism Oldoinyo Lengai and the Petrogenesis of Natrocarbonatites Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 209p.

- 3- Jones, A.P., Genge, M., and Carmody, L. 2013. Carbonate Melts and Carbonatites. Reviews in Mineralogy & Geochemistry Vol. 75: 289-322. Mineralogical Society of America.
- 4- Mitchell, R.H. 2005. Carbonatites and Carbonatites and Carbonatites. The Canadian Mineralogist Vol. 43: 2049-2068.



عنوان درس به فارسی: سنگ‌های آذرآواری عنوان درس به انگلیسی: Pyroclastic Rocks	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری سنگ‌های آذرآواری، رده‌بندی، ویژگی‌های فوران‌های آذرآواری، نحوه صعود، حرکت و ته‌نشست جریان‌های آذرآواری، انواع رخساره‌های آذرآواری، ویژگی‌های صحرایی و پتروگرافی، پتانسیل‌های معدنی، رابطه بین زمین‌ساخت یا توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، تاریخچه، رده‌بندی) سنگ‌های آذرآواری
- پتروگرافی سنگ‌های آذرآواری (پرش، آگلومرا، لایلی سنگ، توف)
- سازوکار تشکیل فوران‌ها و ستون‌های آذرآواری
- منشأ، طبیعت و رفتار جریان‌های آذرآواری
- مواد قرار و رنولوژی
- قطعات و نهشته‌های آذرآواری (بلوک، بمب، لایلی، تفر)
- چین‌نگاری و ویژگی‌های صحرایین‌هشته‌های آذرآواری (جریانی در مقابل ریزشی)
- سازوکار حمل و جدایش ذرات آذرآواری
- سازوکار ته‌نشست ذرات آذرآواری
- تفرهای ریزشی هوایی
- تفرهای ریزشی زیرآبی
- نهشته‌های جریانی آذرآواری
- نهشته‌های ابر سوزان
- تفسیر سنگ‌رخساره ایگنیمبریتی
- نهشته‌های فوران‌های آب‌آواری
- سنگ‌های آتشفشانی-آواری زیرآبی



- لاهار (روانه گیل)
- دگرسانی شیشه های آتشفشانی
- سروری بر دلالت های کلیدی و پژوهش های آتی بر روی سنگ ها و جریان های آذرآواری
- پتانسیل کانه زایی نهشته های آذرآواری

منابع:

- 1- Branney, M.J., and Kokelaar, P. 2002. Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites. GEOLOGICAL SOCIETY MEMOIR No. 27. The Geological Society of London. 152p.
- 2- Francis, P., and Oppenheimer, C. 2004. Volcanoes. 2th Edition. Oxford University Press. 518p.
- 3- Gill, R. 2010. Igneous rocks and processes: a practical guide. Willey- Blackwell, Chichester.
- 4- Schmincke, H-U. 2004. Volcanism. Springer - Verlag, Berlin.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: آنکلاوها (میانبار سنگهای آذرین)
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				
تعداد ساعت: ۳۲				عنوان درس به انگلیسی: Enclaves	
آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ بازدید علمی ☐ کارگاه					

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری آنکلاوها و رابطه بین آنکلاوها و پترولوژی گرانیت‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، تاریخچه، واژه‌نگاری و رده‌بندی) آنکلاوها
- ویژگی‌های صحرایی و ساخت آنکلاوها
- ویژگی‌های بافتی، کانی‌شناسی و سنگ‌نگاری توصیفی آنکلاوها
- زمین‌شیمی آنکلاوها
- منشأ آنکلاوها
- آنکلاوهای همزاد
- آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک
- آنکلاوهای رستیتی
- آنکلاوها و پترولوژی گرانیت‌ها
- آنکلاوها و پترولوژی بازالت‌ها
- دایک‌های همزمان با نفوذ و آنکلاوهای مافیک
- دلالت‌های پترولوژیکی آنکلاوها

منابع:

- Didier, J. and Barbarin, B. (Eds.). 1991. Enclaves and Granite Petrology. Elsevier Science Publishers. 625p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: متاسوماتیسم گوشته		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به انگلیسی: Mantle Metasomatism
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری*	اختیاری					
	عملی						

آموزش تکمیلی عملی:					
☐ دارد	☒ ندارد	☐ آزمایشگاه	☐ سمینار	☐ بازدید علمی	☐ کارگاه

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری مربوط به متاسوماتیسم گوشته، عوامل و شواهد این متاسوماتیسم، و نقش گوشته‌های متاسوماتیزه در تولید ماگما آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، تاریخچه، واژه‌نگاری)
- انواع متاسوماتیسم
- منشأ سیال‌های متاسوماتیسم کننده
- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سیال‌های متاسوماتیسم کننده
- جایگاه‌های زمین‌ساختی بروز متاسوماتیسم
- متاسوماتیسم گوشته
- ویژگی‌های بافتی، کانی‌شناختی و شیمیایی تشخیص گوشته متاسوماتیزه
- متاسوماتیسم مودال
- متاسوماتیسم مخفی
- عوامل بروز متاسوماتیسم در گوشته
- متاسوماتیسم در گوه‌های گوشته‌ای روی زون فرورانش
- متاسوماتیسم ناشی از سیالات فرورو
- متاسوماتیسم ناشی از تراوش مذاب
- تأثیر متاسوماتیسم بر زایش ماگماهای گوشته‌ای
- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مذاب‌های حاصل از گوشته‌های متاسوماتیزه



منابع:

- 1- Menzies M.A. and Hawkesworth C.Y. (Eds.). 1987. Mantle Metasomatism. Academic Press, London. 472p.
- 2- Carlson, R.W. (Ed.). 2005. The Mantle and Core. Elsevier Ltd. 608p.
- 3- Jackson, I. (ed.). 1998. The Earth's Mantle: Composition, Structure, and Evolution. Cambridge University Press. 591p.
- 4- Khan, A., and Deschamps, F. (Eds.). 2015. The Earth's Heterogeneous Mantle: A Geophysical, Geodynamical, and Geochemical Perspective. Springer International Publishing Switzerland. 538p.



عنوان درس به فارسی: تنوره‌های گوشته‌ای	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Mantle Plumes	تعداد ساعت: ۳۲	آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد			
		بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐			

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری مربوط به تنوره‌های گوشته‌ای، رابطه بین زمین‌ساخت با توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی تنوره‌ها و نقش این تنوره‌ها در تولید ماگما و تحول زمین آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- ساختار گرمایی و ترکیبی زمین
- شواهد لرزه‌ای و لایه‌های مرزی در گوشته
- چرخش کلی مواد و پتروژنز سنگ‌های آبر تنوره‌ای (نمای ژئوشیمیایی و پترولوژیکی تنوره‌های گوشته‌ای، چرخش مواد در گوشته در طول زمان)
- دینامیک سیال آبر تنوره‌های گوشته‌ای (دینامیک آبر تنوره‌ها در گوشته زیرین، هدایت گرمایی گوشته عمیق، ساختار گرمایی شیمیایی گوشته زیرین، مدل‌های میکروسکوپی برای بررسی اثرات هیدروژن بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی مواد زمین)
- نقش تنوره گوشته‌ای در زایش ماگما
- ردیابی تنوره گوشته‌ای هاوایی توسط امواج لرزه‌ای برگشتی
- ایسلند: تصویر کنونی از وجود یک تنوره گوشته‌ای در مرکز یک تیغه در حال گسترش
- ساختار پوسته و گوشته بالایی روی ستون گوشته‌ای مسیف سانترال فرانسه
- دینامیک تنوره‌های گوشته‌ای در خلال تاریخچه زمین
- ستون‌ها و آبر تنوره‌ها در مریخ و زهره

منابع:

- 1- Carlson, R.W. (Ed.). 2005. The Mantle and Core. Elsevier Ltd. 608p.
- 2- Khan, A., and Deschamps, F. (Eds.). 2015. The Earth's Heterogeneous Mantle: A Geophysical, Geodynamical, and Geochemical Perspective. Springer International Publishing Switzerland. 538p.



- 3- Ritter, J.R.R., and Christensen, U.R., 2007. Mantle Plumes Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 499p.
- 4- Yuen, D.A., Maruyama, S., Karato, S. and Windley, B.F. (Eds.). 2007. Superplumes: Beyond plate tectonics. Springer. 571p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: فرایندهای تحول ماگمایی عنوان درس به انگلیسی: Magmatic Evolution Processes
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری، انواع، سازوکارها و پیامد فرایندهای تحول ماگمایی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، واژه‌نگاری، رده‌بندی)
- انواع فرایندهای تحول ماگمایی
- تحول ماگما در خلال صعود (تبلور، تفریق، پالایش منطقه‌ای، واکنش سنگ‌دپواره، آلیش و هضم)
- تحول ماگما در آشیانه (فرایندهای آشیانه ماگمایی AFC و RTF)
- انواع تبلور
- انواع تفریق
- هضم
- آمیختگی
- آلیش
- پرشدن و خالی شدن دورمای آشیانه
- نشانه‌های صحرایی، ساختی، بافتی، کانی‌شناختی و زمین‌شیمیایی فرایندهای تحول ماگمایی

منابع:

- 1- Annen, C., and Zellmer, G.F. (Eds.). 2008. Dynamics of Crustal Magma Transfer, Storage and Differentiation. The Geological Society of London. 287p.
- 2- Dosseto, A., Turner, S.P., and Van Orman, J.A. 2011. Timescales of Magmatic Processes From Core to Atmosphere. Blackwell Publishing Ltd. 284p.
- 3- THOMSON, K., and PETFORD, N. (Eds.). 2008. Structure and Emplacement of High-Level Magmatic Systems. The Geological Society of London. 234p.
- 4- Wilson, M. 2007. Igneous petrogenesis: A global tectonic approach, London.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرائی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: دینامیک جایگیری ماگما عنوان درس به انگلیسی: Dynamics of Magma Emplacement	
	عملی					
	نظری	پایه				تعداد ساعت: ۳۲
	عملی					
	نظری	الزامی				
	عملی					
	نظری*	اختیاری				
	عملی					

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با روش‌های صعود و جایگیری ماگما در پوسته آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- تولید و بالا آمدن ماگما از گوشته
- بررسی آهنگ صعود ماگما با استفاده از زینولیت‌ها
- کاربرد ساخت و بافت سنگ‌های ماگمایی در تعیین مدل جایگیری ماگما
- ساختار و جایگیری ماگما در مجاری آتشفشانی
- هیالوکلاستیت‌ها، پیریت‌ها و بافت‌های دگرریختی رسوبات نرم در یک فوران زیرآبی کم‌عمق
- کراتر آتشفشانی و سامانه‌های تغذیه ماگمایی کم‌عمق در یک آتشفشان مافیک
- ساختار و جایگیری سامانه‌های ماگمایی کم‌عمق (دایک‌ها، سیل‌ها، گنبد‌ها، نک‌ها و ...)
- کنترل‌های سنگی و ساختاری جایگیری و ریخت سیل‌ها در حوضه‌های رسوبی
- تعیین تمرکز مذاب و توزیع کرنش در اطراف دایک‌های بازالتی
- تحول و ریخت سیل‌های سوسپسی شکل در تجارب آزمایشگاهی
- جایگیری دایک‌ها و سیل‌ها در شکستگی‌های هیدرولیکی در سطوح بالای پوسته
- تعیین طرح جایگیری دسته دایک‌ها به کمک روش AMS
- سامانه درزه‌های متحدالمرکز و شعاعی در سیل‌های بازیگ
- ساختار و جایگیری ماگما در سامانه‌های ماگمایی عمیق (باتولیت‌ها، استوک‌ها، و ...)
- مکانیک بزرگ مقیاس تزریق همزمان با شکستگی ماگماهای فلسیک توسط پمپاژ تورمی و شناوری
- مدل‌های جایگیری ماگما
- ابزارها و روش‌های بررسی مدل‌های جایگیری ماگما



- 1- Thomson, K., and Petford, N. (Eds.). 2008. Structure and Emplacement of High-Level Magmatic Systems. The Geological Society of London. 234p.
- 2- Dosseto, A., Turner, S.P., and Van Orman, J.A. 2011. Timescales of Magmatic Processes From Core to Atmosphere. Blackwell Publishing Ltd. 284p.
- 3- Bouchez, J. L., Hutton, D. H. W. and Stephens, W. E. (eds). 1997. Granite: From Segregation of Melt to Emplacement Fabrics. Kluwer, Dordrecht.
- 4- Martin-Hernandez, C. Luneburg, C., Aubourg, C., and Jackson, M. 2004. Magnetic Fabric: Methods and Applications, The Geological Society of London Special Publication No. 238.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: توده‌های آذرین لایه‌ای عنوان درس به انگلیسی: Layered Intrusions
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی:					
☐	بازدید علمی	☐	کارگاه	☐	آزمایشگاه
☐	سمینار	☐		☒	ندارد

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری مربوط به لایه‌بندی آذرین و توده‌های آذرین لایه‌ای، پتانسیل‌های معدنی آن‌ها و رابطه بین زمین‌ساخت با توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی این توده‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، تاریخچه، واژه‌نگاری)
- زمین‌شناسی صحرایی توده‌های آذرین لایه‌ای
- ساخت‌ها و بافت‌های توده‌های آذرین لایه‌ای
- سازوکارهای تشکیل لایه‌بندی آذرین
- سازوکارهای تزریق توده‌های آذرین لایه‌ای
- گانه‌زایی وابسته به توده‌های آذرین لایه‌ای
- برخی از انواع توده‌های آذرین لایه‌ای (بوشولد، استیل‌واتر، موسکاکس، ...)

منابع:

- 1- Cawthorn, R.G. (Ed.). 1996. Layered Intrusions. Elsevier. 543p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: رخساره های آتشفشانی عنوان درس به انگلیسی: Volcanic Facies
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی: ☒ ندارد ☐ دارد					
☐ سمینار	☐ آزمایشگاه	☐ کارگاه	☐ بازدید علمی		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری مربوط به رخساره‌های آتشفشانی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تعاریف، تاریخچه، رده‌بندی) رخساره‌های آتشفشانی
- تحلیل رخساره در سرزمین‌های آتشفشانی
- تقسیم‌بندی رخساره‌ها براساس فاصله از محل مجرا
- رخساره‌های محل مجرا
- رخساره‌های نزدیک به مجرا
- رخساره‌های دور از مجرا
- تقسیم‌بندی رخساره‌ها براساس محیط
- رخساره‌های هوایی
- رخساره‌های زیرآبی کم‌عمق
- رخساره‌های زیرآبی عمیق
- رخساره‌های زیربخساری
- رده‌بندی رخساره‌ها براساس نوع نهشته
- رخساره جریان‌ی
- رخساره ریزشی
- رخساره ابرسوزان
- رخساره ایگنیمبریتی
- رخساره سطح‌آواری (Epiclastic)



- لاهارها و جریان‌های خرده‌سنگی
- رخساره آتشفشانی فوران‌های عهد حاضر
- تهیه نقشه‌های توزیع رخساره‌های آتشفشانی جدید
- تهیه نقشه‌های توزیع رخساره‌های آتشفشانی قدیمی

منابع:

- 1- Branney, M.J., and Kokelaar, P. 2002. Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites. GEOLOGICAL SOCIETY MEMOIR No. 27. The Geological Society of London. 152p.
- 2- Fisher, R.V., and Schmincke, H.U. 1984. Pyroclastic Rocks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 465p.
- 3- GILBERT, J.S., and SPARKS, R.S.J. 2002. The Physics of Explosive Volcanic Eruptions. 2th Edition. The Geological Society of London. 193p.
- 4- Lockwood, J.P., and Hazlett, R.W. 2010. VOLCANOES, Global Perspectives. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. 551p.



عنوان درس به فارسی: مخاطرات آتشفشانی	عنوان درس به انگلیسی: Volcanic Hazards	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد ساعت: ۳۲	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:	
						عملی		
						پایه		نظری
								عملی
						الزامی		نظری
								عملی
						اختیاری		نظری
								عملی

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با انواع فوران‌ها و فعالیت‌های آتشفشانی و مخاطرات ناشی از آن‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:



- کلیات (تعاریف، تاریخچه، رده‌بندی) فوران‌ها و فعالیت‌های آتشفشانی
- مثال‌هایی از فوران‌های انفجاری
- تحلیل خطر در سرزمین‌های آتشفشانی فعال
- رده‌بندی آتشفشان‌ها براساس فعالیت (فعال، خواب، خاموش)
- انواع خطرات آتشفشانی
- خطر جریان‌های گدازه (مثال موردی: جزایر هاوایی)
- خطر جریان‌های آذرآواری، تفرادهای ریزشی و پرتابه‌های آتشفشانی
- خطر جریان‌های ابرسوزان و بهمن‌های ریزشی داغ
- خطر جریان‌های بگلی، سیلاب‌های ناشی از ذوب یخ و برف، جریان‌های خرده سنگی و بهمن‌های سرد
- خطر گازهای سمی
- خطر زلزله و سونامی
- خطر ناشی از صداها و امواج تاگهانی
- خطر تغییر اقلیم (زمستان‌های آتشفشانی)
- خطرات گند و آرام درازمدت
- پایش فعالیت و تحلیل خطر
- مدیریت خطر
- کاهش ترس از مخاطرات آتشفشانی

- پیش‌بینی فوران و فعالیت آتشفشانی
- تهیه نقشه خطر در اطراف آتشفشان‌ها
- نمونه‌هایی از فعالیت‌های ویرانگر آتشفشانی تاریخی و عهد حاضر

منابع:

- 1- Branney, M.J., and Kokelaar, P. 2002. Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites. GEOLOGICAL SOCIETY MEMOIR No. 27. The Geological Society of London. 152p.
- 2- Francis, P., and Oppenheimer, C. 2004. Volcanoes. 2th Edition. Oxford University Press. 518p.
- 3- Kusky, T. 2008. VOLCANOES Eruptions and Other Volcanic Hazards. Facts on File. An imprint of Infobase Publishing. 177p.
- 4- Lockwood, J.P., and Hazlett, R.W. 2010. VOLCANOES, Global Perspectives. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. 551p.



عنوان درس به فارسی: انرژی زمین گرمایی	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری انرژی زمین گرمایی، انواع سامانه‌ها و منابع زمین گرمایی، روش‌های مختلف اکتشاف، استخراج، انتقال و استفاده از این منابع و در نهایت وضعیت جهانی استفاده از این منابع آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- مروری بر انرژی (روش‌های جدید بازیافت انرژی، تولید و توزیع برق، افزایش استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و روش‌ها، انرژی زمین گرمایی)
- تعاریف و مفاهیم پایه (ساختار درون زمین، جریان گرمایی و توزیع دما در سنگ‌کره، منابع جریان گرما، آتشفشان‌ها، زلزله و زمین ساخت صفحه‌ای)
- انتقال گرما (دما، گرما و ذخیره آن، هدایت گرما و معادله‌های آن، همرفت گرما، تابش گرما، برآورد دما در برخی وضعیت‌های ساده زمین شناختی)
- سامانه‌ها و منابع زمین گرمایی (انواع سامانه‌های زمین گرمایی، میدان‌های زمین گرمایی عمده‌آگازی، سامانه‌های زمین گرمایی آب داغ، منابع زمین گرمایی زمین فشاری، سامانه‌های زمین گرمایی سنگ خشک داغ، ماگما)
- روش‌های اکتشاف (بررسی‌های زمین شناختی و آب شناختی، منابع زمین گرمایی همراه با توده‌های آذرین نفوذی در پوسته بالایی، رژیم‌های زمین گرمایی نامرتبط با توده‌های نفوذی جوان، انتخاب یک ناحیه اکتشافی، روش‌های زمین شیمیایی، منشأ سیال‌های زمین گرمایی، ترکیب شیمیایی سیال‌های زمین گرمایی، انواع زمین دماسنج‌های سدیم - پتاسیم، سدیم - پتاسیم - کلسیم، سیلیس، مدل‌های آمیختگی، زمین دماسنج‌های ایزوتوپی، روش‌های زمین فیزیکی: روش‌های گرمایی، روش‌های مقاومت الکتریکی، روش‌های الکترومغناطیسی، روش خودالقایی، روش‌های لرزه‌ای، روش‌های ثقلی، روش‌های مغناطیسی، روش‌های هوابرد، روش‌های مغناطیس هوایی، روش‌های سنجش از دور، حفاری اکتشافی)
- ارزیابی و استخراج (فناوری حفاری: حفاری با گل، حفاری با هوا، فاصله چاه‌ها، تعمیر چاه‌ها، فیزیک و مهندسی مخازن، شرایط دما و فشار چاه‌ها و مخازن، مدل سازی مخازن، فناوری تولید، انتقال آب داغ، انتقال بخار، انتقال مخلوط آب داغ و بخار، کنترل خوردگی مسیر انتقال، ارزیابی‌های محیطی: اثرات فیزیکی برداشت سیال و نشست زمین، اثرات گرمایی، آلودگی شیمیایی، اثرات زیست‌شناختی، سروصدا)



- وضعیت جهانی استفاده از منابع زمین گرمایی (آمریکا، فیلیپین، مکزیک، ایتالیا، ژاپن، اندونزی، نیوزلند، ایسلند، روسیه)
- انرژی گرمایی اقیانوس‌ها

منابع:

- 1- Gupta, H., and Roy, S. 2007. Geothermal Energy: An Alternative Resource for The 21st Century. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 293p.
- 2- Lockwood, J.P., and Hazlett, R.W. 2010. VOLCANOES, Global Perspectives. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. 551p.
- 3- Cas, R.A.F., and Wright, J.V. 1988. Volcanic Successions: Modern and Ancient. Chapman & Hall; 1988 edition.



عنوان درس به فارسی: فرادگرگونی و زایش میگماتیت‌ها	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Ultrametamorphism and Genesis of Migmatites	تعداد ساعت: ۳۲	آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد			
		☐ بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار			

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با دگرگونی درجه بالا، ذوب بخشی سنگ‌ها، زایش میگماتیت‌ها، ویژگی‌های صحرایی و روش برداشت ساختارهای میگماتیته، روابط میگماتیت-گرانیت-گرانولیت، و توزیع و پراکندگی زمانی و مکانی دگرگونی‌های درجه بالا و میگماتیت‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، نامگذاری، واژه‌نگاری)
- رده‌بندی میگماتیت‌ها و بخش‌های مختلف آن‌ها
- ویژگی‌های کلی میگماتیت‌ها و بوم‌های دگرگونی درجه بالای میگماتیته
- ساخت، بافت و کانی‌شناسی میگماتیت‌ها
- زمین‌شیمی میگماتیت‌ها
- مطالعات تجربی در باره زایش میگماتیت‌ها
- تعادل فاز و ذوب بخشی سنگ‌والد میگماتیت‌ها
- موازنه جرم در میگماتیت‌ها
- میانبرهای سیال در میگماتیت‌ها
- متاسوماتیسم و میگماتیت‌ها
- آنکلاوها و پتروژنز میگماتیت‌ها
- پتروژنز میگماتیت‌ها
- سنگ‌های شبه‌میگماتیته
- رُخدادهای میگماتیته در زمین
- روابط میگماتیت-گرانیت-گرانولیت و تحول پوسته قاره‌ای
- برداشت‌های صحرایی در بوم‌های دگرگونی درجه بالای میگماتیته



- 1- Ashworth J.R. (Ed.). 1985. Migmatites. Blackie and Son, Glasgow. 302p.
- 2- Hopgood, A.M., 1999. DETERMINATION OF STRUCTURAL SUCCESSIONS IN MIGMATITES AND GNEISSES. Springer Science+Business Media Dordrecht. 363p.
- 3- Sawyer E.W. 2008. Atlas of Migmatites. The Canadian Mineralogist, special publication 9. 371p.
- 4- Sawyer E.W. (ed.) 2008. Working with Migmatites. Mineralogical Association of Canada Short Course Series Volume 38, 158p.



عنوان درس به فارسی: واکنش‌های دگرگونی	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری
				عملی
			پایه	نظری
				عملی
			الزامی	نظری
				عملی
			اختیاری	نظری*
				عملی
عنوان درس به انگلیسی: Metamorphic Reactions تعداد ساعت: ۳۲				
آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد				
بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐				

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با اصول واکنش‌های دگرگونی، انواع و نحوه بروز آن‌ها و کاربرد آن‌ها در دگرگونی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، نامگذاری، رده‌بندی) واکنش‌های دگرگونی
- واکنش‌های پیوسته
- واکنش‌های ناپیوسته (تک‌متغیره)
- واکنش‌های جامد-جامد
- واکنش‌های پلی‌مورفیک یا تبدیل فاز
- واکنش‌های انتقالی محض (ناهمگن)
- واکنش‌های پیوسته بین محلول‌های جامد بلورین (محلول جامد در واکنش پیوسته انتقالی محض پلازیوکلاز-پیروکسن زادبیتی + کوارتز، واکنش‌های تبدیلی پیوسته در محلول‌های جامد Fe-Mg)
- واکنش‌های اکسلوشن - سالووس
- واکنش‌های جامد-سیال (واکنش‌های آب‌زدا، واکنش‌های کربن‌زدا، واکنش‌های آب‌زدا-کربن‌زدا، واکنش‌های کربن‌زدایی)
- آب‌گیری، واکنش‌های کربن‌گیری-آب‌زدایی
- واکنش‌های اکسایش-کاهش
- واکنش‌های سولفیدزدا
- واکنش‌های حاوی هالوژن‌ها
- واکنش‌های حاوی مخلوطی پیچیده از مواد قرار و سیالات
- واکنش‌های حاوی سازندگان حل‌شده در محلول‌های آبگین
- کینتیک و واکنش‌های کاتیایی: چه اتفاقاتی عملاً در سنگ‌های دگرگونی رخ می‌دهند؟
- سازوکارهای بروز واکنش‌ها و نقش سیالات در آن‌ها
- شبکه‌های سنگ‌زادی



- کاربردهای سنگ شناختی وسیع تر تعادل کانیایی
- کاربرد تعادل کانیایی در تفسیر ایزوگرادها (ایزوگرادهای ناشی از واکنش های کانیایی پیوسته، ایزوگرادهای ناشی از واکنش های کانیایی ناهمگن ناپیوسته)
- ارزیابی متغیرهای شدتی در خلال دگرگونی (زمین دما- فشارسنجی بر اساس کانی ها، ارزیابی ترمودینامیکی)
- شرایط تبلور کانی های مهم دگرگونی

منابع:

- 1- Best M. G. 2003. Igneous and metamorphic petrology. Blackwell Publishing. 730p.
- 2- Marakushev, A.A., and A.V. Babrov, A.V. 2005. Metamorphic petrology. Moscow-state University, Moscow.
- 3- Philpotts A.R. and Ague J.J. 2009. Principles of igneous and metamorphic petrology. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 4- Winter J.D. 2014. Principles of igneous and Metamorphic Petrology. Second Edition. Pearson new international edition, Edinburgh Gate, Harlow, Essex, CM20 2JE. 745p.



- 2- Harley S.L. 1998. Ultrahigh-temperature granulite metamorphism (1050 °C, 12kbar) and decompression in garnet (Mg 70)-orthopyroxene-sillimanite gneisses from the Rauer Group, East Antarctica. *Journal of Metamorphic Geology* 16: 541-562.
- 3- Frost B.R., Frost C.D. 2008. On charnockites. *Gondwana Research* 13: 30-44.
- 4- Condie K.C. 2003. *Plate Tectonics and Crustal Evolution*. 4th edition, Butterworth-Heinemann publications, 294p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: دگرگونی خیلی درجه پایین عنوان درس به انگلیسی: Very Low Grade Metamorphism	
	عملی					
	نظری	پایه				تعداد ساعت: ۳۲
	عملی					
	نظری	الزامی				
	عملی					
	نظری*	اختیاری				
	عملی					

آموزش تکمیلی عملی:					☒ ندارد	☐ دارد
☐ بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه	☐ سمینار	☐		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری سنگ‌های دگرگونی خیلی درجه پایین و گذر از دیاژنز به دگرگونی این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، نامگذاری، رده‌بندی) سنگ‌های دگرگونی خیلی درجه پایین

- از دیاژنز تا دگرگونی

الف- دیاژنز

ب- دگرگونی درجه خیلی پایین: زون گذر

پ- مسأله توالی‌های مخلوط لایه

- روش‌های شناسایی و مطالعه سنگ‌های دگرگونی خیلی درجه پایین

- سامانه‌های مختلف نام‌گذاری دگرگونی درجه خیلی پایین و پایین

الف- سنگ‌های حاوی کانی‌ها و مجموعه کانی‌های شاخص (عمدتاً سنگ‌های بازیک)

ب- سنگ‌های فاقد کانی‌ها یا مجموعه کانی‌های شاخص

- رخساره‌ها و زیررخساره‌های دگرگونی خیلی درجه پایین و پایین

- نمودارهای فاز برای دگرگونی خیلی درجه پایین و پایین

- آزمایش‌های تجربی دگرگونی خیلی درجه پایین و پایین

- شرایط دما-فشار دگرگونی خیلی درجه پایین و پایین

- دگرگونی خیلی درجه پایین و پایین در سنگ‌های بازیک و آذرآواری

- دگرگونی خیلی درجه پایین و پایین در سنگ‌های پلیتی



- 1-Arkai P., Sassi F.P. and Desmons J. 2003. Towards a unified nomenclature in metamorphic petrology:4. Very low to low grade metamorphic rocks. A proposal on behalf of the IUGS Subcommission on the Systematic of Metamorphic Rocks. Web version of 31.10.2002. www.bgs.ac.uk/SCMR
- 2-Frey M. (ed.). 1987. Low temperature metamorphism. Blackie, Glasgow.
- 3-Frey M. and Robinson D. (eds.) 1999. Low grade metamorphism. Blackwell. Oxford.
- 4-Winter J.D. 2014. Principles of igneous and Metamorphic Petrology. Second Edition. Pearson new international edition, Edinburgh Gate, Harlow, Essex, CM20 2JE. 745p.



عنوان درس به فارسی: دگرگونی دینامیکی	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

عنوان درس به انگلیسی:
Dynamic Metamorphism

تعداد ساعت:
۳۲

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری سنگ‌های دگرگونی دینامیکی، رده‌بندی، ویژگی‌های این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، نامگذاری، رده‌بندی) سنگ‌های دگرگونی دینامیکی
- رخدادهایی از سنگ‌های دیناموبلاستی
- انواع سنگ‌ها، بافت‌ها و ساخت‌ها
- کانی‌ها و رخساره‌های سنگ‌های دیناموبلاستی
- فرایندهای حاکم در خلال تشکیل سنگ‌های دیناموبلاستی (تنش‌آوری شدن، تشکیل تاکیلیم‌نماها، میلونیتی شدن)
- رده‌بندی میلونیت‌ها (درجه پایین، متوسط، بالا)
- میلونیت‌های حاصل از سنگ‌مادرهای غیرگرانیتی و گنیسی
- شاخص‌های تعیین حالت بُرش (ساخت‌های هسته-پوشش، ساخت‌های دلتا و سیگما، فابریک C/S و نوآرهای بُرش نوع C، برگوارگی مایل، ماهی کانی و ماهی برگوارگی، چین‌های موجود در میلونیت‌ها، دیگر شاخص‌های تعیین حالت بُرش، برهم‌نشینی حالت بُرش)
- دگرریختی بلور - پلاستیک، بازیافت و بازبلورش کوارتز
- میلونیت‌های دروغین
- سنگ‌های دگرگونی ضربه‌ای
- زمین‌شناسی ساختارهای برخوردی
- سنگ‌نگاری ساختارهای برخوردی
- پتانسیل کانه‌زایی ساختارهای برخوردی
- ساختارهای برخوردی در زمان و مکان



- 1- Koeberl, C., and Henkel, H. (Eds.). 2005. Impact Tectonics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 565p.
- 2- Lin A. 2008. Fossil Earthquakes: The Formation and Preservation of Pseudotachylytes. Springer Berlin Heidelberg New York. 348p.
- 3- Snoke A, Tullis J, Todd V.R 1998. Fault related rocks: a photographic atlas. Princeton University Press, New Jersey. 617p.
- 4- Trouw R.A.j., Passchier C.W., Wiersma D.J. 2010. Atlas of mylonites and related microstructures. Springer. 322p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: دگرگونی فراقشاری عنوان درس به انگلیسی: Ultrahigh Pressure Metamorphism
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری سنگ‌های دگرگونی فراقشاری، رده‌بندی، محیط‌های تشکیل و ویژگی‌های این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:



- مروری بر زمین‌شناسی و زمین‌ساخت دگرگونی فراقشاری
- مطالعه تجربی و سنگ‌زادی دگرگونی فراقشاری
- نشانگرهای کانی‌شناختی اصلی دگرگونی فراقشاری در سنگ‌های پوسته
- ساختارهای دگرگونی فراقشاری: مطالعه موردی کوه‌های آلپ
- ایجاد، حفظ و بالادگی سنگ‌های دگرگونی فراقشاری
- سفر به اعماق زمین (مسیر رفت و برگشت مواد به درون گوشته)
- نقش آمیزه‌های سربانتیتی در رخنمون یافتن سنگ‌های دگرگونی فراقشاری: مثالی از کوه‌های آلپ غربی در ایتالیا
- سنگ‌های دگرگونی فراقشاری در کوه‌های آلپ غربی
- اکلوژیت‌ها و گارنت پریدوتیت‌های فشار بالا و فراقشاری در کوه‌های کالدونی اسکاتلندی
- ریز کوئزیت و ریز الماس در سنگ‌های دگرگونی فراقشاری نیروژ
- بوم‌های دگرگونی فراقشاری در شرق چین مرکزی
- مدلی برای تاریخچه زمین‌ساختی نواحی فشار بالا و دگرگونی فراقشاری در شرق چین مرکزی
- سنگ‌های دگرگونی الماس‌دار توده کوکچتاف در شمال قزاقستان
- سنگ‌های اولترامافیک کوهزادی فراقشاری (رخساره الماس).

- 1- Carswell D.A. 1990. Eclogites and eclogite facies rocks. In: Eclogite Facies Rocks (ed.) Blackie. Glasgow.
- 2- Coleman, R.G., and Wang, X. (Eds.) (1995) Ultrahigh Pressure Metamorphism. Cambridge University Press. 540p.
- 3- Liou J.G., Tsujimori T., Zhang R.Y., Katayama I., and Maruyama S. 2004. Global UHP metamorphism and continental subduction/collision: The Himalayan model. International Geology Review 46: 1-27.
- 4- Yui T.F., Ogasawara Y., Zhang L., Tsai C.h. 2013. HP and UHP metamorphic belts in Asia. Special Issue, Journal of Asian Earth Sciences 63.



دروس پیشین:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: اندازه‌گیری‌های کمی بافتی در سنگ‌های آذرین و دگرگونی		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به انگلیسی: Quantitative Textural Measurements in Igneous and Metamorphic Rocks
	عملی						
	نظری	الزامی				آموزش تکمیلی عملی: دارد ☐ ندارد ☒	
	عملی						
	نظری*	اختیاری				بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐	
	عملی						

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با اصول اندازه‌گیری‌های کمی بافتی، پردازش و تحلیل آن‌ها در سنگ‌های آذرین و دگرگونی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، تعاریف، واژه‌نگاری)
- روش‌های کلی تحلیل و اندازه‌گیری بافتی
- روش‌های نمونه‌گیری صحیح برای مطالعات ریزساختاری سنگ‌های آذرین و دگرگونی
- روش‌های تهیه پلاک و مقطع نازک برای مطالعات ریزساختاری سنگ‌های آذرین و دگرگونی
- روش کار با پلاتین فدروف
- اندازه دانه‌ها و بلورها
- شکل دانه‌ها و بلورها
- جهت‌یابی دانه‌ها و بلورها (فابریک سنگ)
- توزیع فضایی و روابط بین دانه‌ها
- انواع بافت‌های آذرین و تحلیل آن‌ها
- انواع بافت‌های دگرگونی و تحلیل آن‌ها
- اندازه‌گیری‌های ریزساختاری در سنگ‌های دگرگونی
- برنامه‌های رایانه‌ای مورد استفاده در تحلیل بافت‌ها
- توزیع اندازه بلورهای الیوین، پیروکسن و پلاژیوکلاز در سنگ‌های آتشفشانی
- تحلیل‌های توزیع اندازه بلور و آهنگ هسته‌بندی و رشد در سنگ‌های آتشفشانی
- توزیع اندازه بلورهای الیوین، پیروکسن و پلاژیوکلاز در سنگ‌های آذرین درونی
- تحلیل‌های توزیع اندازه بلورها و آهنگ هسته‌بندی و رشد در سنگ‌های آذرین درونی
- توزیع اندازه بلورها در سنگ‌های دگرگونی



- تحلیل‌های توزیع اندازه بلورها و آهنگ هسته‌بندی و رشد در سنگ‌های دگرگونی

منابع:

- 1- Barker A.J. 1990. Introduction to metamorphic textures and microstructures. Blakie, 170p.
- 2- Higgins, M.D. 2006. QUANTITATIVE TEXTURAL MEASUREMENTS IN IGNEOUS AND METAMORPHIC PETROLOGY. Cambridge University Press 277p.
- 3- Paschier C.W., Trouw R.A.J. 2005. Microtectonics. Springer. 366p.
- 4- Vernon R.H. 2004. A practical guide to rock microstructures. Cambridge University Press. 594p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: دگرگونی گرمایی عنوان درس به انگلیسی: Pyrometamorphism
	عملی				
	نظری	پایه		تعداد ساعت: ۳۲	
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی: ☒ ندارد ☐ دارد					
☐ سمینار	☐ آزمایشگاه	☐ کارگاه	☐ بازدید علمی		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری دگرگونی گرمایی، رده‌بندی، و ویژگی‌های این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، تعاریف، واژه‌نگاری)
- رژیم‌های گرمایی و اثر آن‌ها
- رخساره‌های دگرگونی گرمایی
- ساخت، بافت و کانی‌شناسی سنگ‌های دگرگونی گرمایی
- پوشش‌ها (Buchites) و سنگ‌سمباده‌ها (Emeries)
- محل‌های رخداد دگرگونی گرمایی
- دگرگونی گرمایی سنگ‌های کوارتز و فلدسپاری
- دگرگونی گرمایی سنگ‌های کالک‌سیلیکاتی و تیخیری
- دگرگونی گرمایی سنگ‌های مافیک
- دگرگونی گرمایی سنگ‌های پلیتی
- دگرگونی گرمایی انسان‌زاد (آجرها و سرامیک‌ها و سرباره‌ها)
- واکنش‌های کانیایی نیمه‌پایدار در دگرگونی گرمایی



منابع:

- 1- Bucher K. and Grapes R. 2011. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 428pp.
- 2- Grapes R. 2006. Pyrometamorphism. Springer Berlin Heidelberg, 275p.

- 3- Kretz R. 1994. Metamorphic Crystallization. John Wiley & Sons, New York. 507p.
- 4- Winter J.D. 2014. Principles of igneous and Metamorphic Petrology. Second Edition. Pearson new international edition, Edinburgh Gate, Harlow, Essex, CM20 2JE. 745p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: دگرگونی گرمایی عنوان درس به انگلیسی: Hydrothermal Metamorphism
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی: ☒ ندارد ☐ دارد ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ بازدید علمی					
--	--	--	--	--	--

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری دگرگونی گرمایی، رده‌بندی، ویژگی‌ها و جایگاه‌های زمین‌شناختی تشکیل این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، واژه‌نگاری، تعاریف)
- جایگاه زمین‌شناختی دگرگونی گرمایی
- شرایط بروز دگرگونی گرمایی
- شرایط محلول گرمایی
- شرایط سنگ میزبان
- مدل‌های حرکت سیال در سنگ
- فرایندهای دگرگونی گرمایی
- تغییرات شیمیایی سنگ‌ها در خلال دگرگونی گرمایی
- دگرگونی گرمایی در پشته‌های میان‌اقیانوسی و بستر دریاها
- دگرگونی گرمایی و ذخایر گرمایی زیردریایی
- دگرگونی گرمایی در اطراف توده‌های نفوذی
- انواع دگرسانی‌های گرمایی
- ویژگی‌های صحرایی، بافتی، کانی‌شناختی و شیمیایی انواع دگرسانی‌ها
- ذخایر گرمایی اطراف توده‌های نفوذی
- دگرگونی گرمایی گروه‌های سنگی مختلف
- نمونه‌هایی از دگرگونی گرمایی: دگرگونی پوسته اقیانوسی، اسپیلیتی‌شدن، سرباتی‌شدن، رودیتی‌شدن، اسکارنی‌شدن



منابع:

- 1- Aleksandrov, S.M. 1998. Geochemistry of skarn ore formation in dolomites. VSPBV, Utrecht.
- 2- Bucher K. and Grapes R. 2011. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 428pp.
- 3- Kerrick D.M. (ed.) 1991. Contact metamorphism. Reviews in mineralogy 26, Mineralogical Society of America. 847p.
- 4- Meinert L.D. 2009. Skarn Web Page. <http://www.science.smith.edu/geosciences/skarn/>.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: دگرگونی همبری و اسکارنها عنوان درس به انگلیسی: Contact Metamorphism and Skarns
	عملی				
	نظری	پایه		تعداد ساعت: ۳۲	
	عملی				
	نظری	الزامی		آموزش تکمیلی عملی: ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ بازدید علمی	
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری دگرگونی همبری و اسکارنها، رده‌بندی، ویژگی‌های این سنگ‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، واژه‌نگاری، تعاریف)
- جایگاه زمین‌شناسی دگرگونی همبری
- رخساره‌ها و سری‌های رخساره‌ای دگرگونی همبری
- شرایط دگرگونی همبری
- شرایط توده نفوذی
- شرایط سنگ میزبان
- فرایندهای دگرگونی همبری
- نقش سیال‌ها در دگرگونی همبری
- ساخت‌ها و بافت‌های سنگ‌های دگرگونی همبری
- دگرگونی همبری گروه‌های سنگی مختلف
- هورنفلس‌ها
- اسکارنها و متاسوماتیسم
- انواع اسکارنها
- نقش سیال‌ها در اسکارن‌زایی
- متاسوماتیسم
- فرایندهای متاسوماتیک (انتشار، تراوش)
- ویژگی‌های کانی‌شناختی و شیمیایی متاسوماتیسم
- انواع متاسوماتیسم



- انواع محیط‌ها و الگوهای توزیع متاسوماتیسم
- تغییرات همراه با متاسوماتیسم
- واژه‌نگاری زیرکمیسیون نامگذاری سنگ‌های دگرگونی اتحادیه بین‌المللی علوم زمین از متاسوماتیسم و فرایندهای متاسوماتیک
- نمونه‌هایی از متاسوماتیسم: اولترامافیک‌ها (متاسوماتیسم در گوشته، سرباتیسی شدن، رودیتیسی شدن)، اسکارتی شدن
- ذخایر اسکارتی

منابع:

- 1- Bucher K. and Grapes R. 2011. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 428pp.
- 2- Putnis, A., and Austrheim, H. 2010. Fluid-induced processes: metasomatism and metamorphism. *Geofluids* 10, 254–269.
- 3- Zharikov V.A., Rusinov V.L., and Marakushev A.A. 1998. Metasomatism and metasomatic rocks, Nauchnyi Mir, Moscow (In Russian).
- 4- Zharikov V.A., Pertsev N.N., Rusinov V.L., Callegari E., Fettes D.J. 2007. Metasomatism and metasomatic rocks. Web version of 01.02.2007. www.bgs.ac.uk/SCMR/home.html.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: تعادل فاز در سنگ‌های دگرگونی		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به انگلیسی: Phase Equilibria in Metamorphic Rocks
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری*	اختیاری					
	عملی						

آموزش تکمیلی عملی:	☐ دارد	☒ ندارد
بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
	☐ سمینار	☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با اصول تعادل فاز در سنگ‌های دگرگونی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، واژه‌نگاری، تعاریف)
- محلول‌های جامد کانی‌ها
- جانشینی‌ها
- ترمودینامیک محلول‌های جامد
- زمین‌دمافشارسنجی (Geothermobarometry)
- اصول کلی زمین‌دمافشارسنجی
- انواع زمین‌دمافشارسنج‌های مورد استفاده در سنگ‌های دگرگونی
- معرفی نرم‌افزارهای رایانه‌ای زمین‌دمافشارسنجی
- نمودارهای فاز
- نمایش کانی‌ها در نمودارهای سازگاری
- اصول و روش‌های تصویرسازی
- انواع فاز نمودارهای مورد استفاده در سنگ‌های دگرگونی
- تعادل فاز در سامانه‌های تک‌فازی، دوفازی و سه‌فازی
- شبکه‌های سنگ‌زادی



منابع:

- 1- Spear F.S. 1993. Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths. Mineralogical Society of America. 799p. Chapters 11, 15.
- 2- Will T.M. 1998. Phase equilibria in metamorphic rocks: Thermodynamic background and petrological applications. Springer-Verlag. 315p.



دروس پیشنیاز:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: سازوکارهای دگرشکلی در کانی ها و سنگ ها عنوان درس به انگلیسی: Deformation Mechanisms in Minerals and Rocks
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی:	دارد ☐	ندارد ☒		
بازدید علمی	☐	کارگاه ☐	آزمایشگاه ☐	سمینار ☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با اصول و سازوکارهای دگرشکلی در سنگ ها و کانی ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، واژه‌نگاری، تعاریف)
- سازوکارهای دگرشکلی، شارش‌شناسی، زمین‌ساخت
- دگرشکلی‌های شکننده در سنگ ها و کانی ها
- دگرشکلی‌های شکل‌پذیر در سنگ ها و کانی ها
- ریزساختارهای دگرشکلی در سنگها (رُخ، بر گوارگی، شست‌وارگی، زون‌های برشی، لایه‌بندی و برهم‌نشینی - لایه‌ها، خط‌وارگی، ساخت‌های چتمی و دنباله‌های پورفیروکلاست‌ها، آنکلاوهای کشیده، چین‌ها، نوارهای شکنج، بودین‌ها، درزه‌ها، گسل‌ها و رگه‌ها)
- اثرات سیال بر دگرریختی سنگ‌ها و کانی‌ها
- شکلهای و ریزساختارهای دگرشکلی در پهنه‌های برشی (ساخت‌های هسته-پوشش، ساخت‌های دلتا و سیگما، فایرینگ C/S و نوارهای برش نوع C، بر گوارگی مایل، ماهی کانی و ماهی بر گوارگی، چین‌های موجود در میلونیت‌ها، دیگر شاخص‌های تعیین حالت برش، برهم‌نشینی حالت برش)
- جهت‌یابی‌های ترجیحی شکل دانه در سنگ‌ها
- جهت‌یابی‌های ترجیحی شبکه بلوری در سنگ‌ها
- جهت‌یابی ترجیحی شبکه بلوری کوارتز در کوارتزیت‌ها
- جهت‌یابی ترجیحی شبکه بلوری الیوین در دونیت‌ها و پریدوتیت‌های گوشته (تکتونیت‌ها)
- دگرشکلی ماکل در بلورهای کلسیت، پلاژیوکلاز، پیروکسن و الیوین
- مهاجرت مرز دانه‌ای
- دگرشکلی بلور - پلاستیک، بازیافت و تبلور دوباره کوارتز



- 1- Bruhn, D., and Burlini, L. (Eds.). 2005. High-Strain Zones: Structure and Physical Properties. The Geological Society of London. 476p.
- 2- De Meer, S., Drury, M.R., De Bresser, J.H.P., and Pennock, G.M. 2001. Deformation Mechanisms, Rheology and Tectonics: Current Status and Future Perspectives. The Geological Society of London. 425p.
- 3- Mukherjee, S. 2013. Deformation Microstructures in Rocks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 116p.
- 4- Prior, D.J., Rutter, E.H., and Tatham, D.J. 2011. Deformation Mechanisms, Rheology and Tectonics: Microstructures, Mechanics and Anisotropy. The Geological Society of London. 356p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: زوج کمربندهای دگرگونی عنوان درس به انگلیسی: Paired Metamorphic Belts
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				
آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ بازدید علمی ☐ کارگاه					

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه و مفهوم زوج کمربندهای دگرگونی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، واژه‌نگاری، تعاریف)
- زمین‌ساخت زوج کمربندهای دگرگونی
- توزیع زمانی و مکانی زوج کمربندهای دگرگونی
- زوج کمربند دگرگونی دور اقیانوس آرام
- زوج کمربندهای دگرگونی قدیمی
- زمین‌شناسی زوج کمربندهای دگرگونی
- زمین‌شناسی کمربند دمای پایین - فشار بالا (فرانسیسکن و ساتیگاوا)
- رخساره‌های دگرگونی کمربندهای دمای پایین - فشار بالا
- شرایط دگرگونی کمربندهای دمای پایین - فشار بالا
- زمین‌شناسی کمربندهای دمای بالا - فشار پایین (ابوکوما، بوچان)
- رخساره‌های دگرگونی کمربندهای دمای بالا - فشار پایین
- شرایط دگرگونی در کمربندهای دمای بالا - فشار پایین
- سازوکارهای تشکیل زوج کمربندهای دگرگونی
- سازوکارهای بالازدگی و حفظ زوج کمربندهای دگرگونی

منابع:

- 1- Bucher K. and Grapes R. 2011. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 428pp.



- 2- Raymond L.A. 2002. Petrology, The study of Igneous, Sedimentary and Metamorphic Rocks. Mc Graw Hill. 720p.
- 3- Stiiwe, K. (2007) Geodynamics of the Lithosphere: An Introduction. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 493p.
- 4- Turcotte, D., and Schubert, G. (2001) Geodynamics. Cambridge University Press. 863p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: زمین‌دینامیک سنگ‌کره عنوان درس به انگلیسی: Geodynamics of Lithospher
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی		تعداد ساعت: ۳۲	
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی:				☐ دارد	☒ ندارد
☐ بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه	☐ سمینار		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و فرایندهای حاکم بر سنگ‌کره آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات و تعاریف

- زمین‌ساخت صفحه‌ای (ساختار لایه‌ای زمین، پوسته و سنگ‌کره، صفحات سنگ‌کره، مرز صفحات، چرخه ویلسون)
- انرژی: گرما و دما (اصول و معادلات هدایت گرما، انتشار، معیاس‌های زمانی انتشار، انواع روش‌های تولید گرما در زمین، همرفت و پهن‌رفت گرما در زمین، گرادیان‌های زمین‌گرایی در سنگ‌کره)
- کیهماتیک: ریخت‌شناسی و دگرشکلی (اصول و مبانی کرنش، بالازدگی، حرکت قائم در کوهزاده‌های فعال، فرایندهای بالازدگی، ایزوستازی، زمین‌ریخت‌شناسی، مدل‌های فرسایش در مقیاس کوهزاده‌ها، شکل آتشفشان‌ها)
- مکانیک: نیرو و شارش‌شناسی (اصول و مبانی تنش، قوانین دگرشکلی، شارش‌شناسی سنگ‌کره‌های قاره‌ای و اقیانوسی، نیروهای حاکم بر صفحات سنگ‌کره قاره‌ای و اقیانوسی)
- فرایندهای دینامیکی (کشش در قاره‌ها، سازوکارهای فرونشست حوضه، انواع حوضه‌ها، تحلیل فرونشست، مدل‌های کشش قاره-ای، برخورد قاره‌ها، تحول گرمایی کوهزاده‌های برخوردی، بازالت‌های طغیانی و تنوره‌های گویته‌ای، لایه لایه شدن گویته سنگ‌کره‌ای، دگرگونی فشار پایین-دما، دگرگونی فشار بالا، زمین‌ساخت فراقشری)
- فرایندهای دگرگونی (محیط‌های بروز دگرگونی در سنگ‌کره، مسیرهای P-T-t)

منابع:

- 1- Fowler, C.M.R., 2005. The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics. 2th Edition. Cambridge University Press. 726p.



- 2- Stiiwe, K. (2007) Geodynamics of the Lithosphere: An Introduction. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 493p.
- 3- Turcotte, D., and Schubert, G. (2001) Geodynamics. Cambridge University Press. 863p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: کمربندهای برخورد قاره‌ای عنوان درس به انگلیسی: Continental Collision Belts
	عملی				
	نظری	پایه		تعداد ساعت: ۳۲	
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی:

دارد

ندارد

بازدید علمی

کارگاه

آزمایشگاه

سمینار

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با زمین‌شناسی آذرین و دگرگونی کمربندهای برخورد قاره‌ای و نحوه تشکیل و تکامل آن‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، واژه‌نگاری، تعاریف) کمربندهای برخوردی
- ریخت‌شناسی
- ساختار لرزه‌ای
- ساختار زمین‌شناختی
- انواع کمربندهای برخوردی
- برخورد کمان - قاره
- برخورد قاره - قاره
- ماگماتیسم در کمربندهای برخوردی
- دگرگونی در کمربندهای برخوردی
- زمین‌شناسی ساختاری و سیمای دگرشکلی کمربندهای برخوردی
- تکامل زمین‌شناختی کمربندهای برخوردی
- پتانسیل کانه‌زایی کمربندهای برخوردی
- همپایه: نمونه‌ای از کمربند برخورد قاره - قاره

منابع:

- 1- Bucher K. and Grapes R. 2011. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 428pp.



- 2- Lacombe, O., Lave, J., Roure, F., and Verges, J. (Eds.). 2007. Thrust Belts and Foreland Basins From Fold Kinematics to Hydrocarbon Systems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 470p.
- 3- Chakrabarti, B.K. 2016. Geology of the Himalayan Belt. Deformation, Metamorphism, - Stratigraphy. Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-802021-0.
- 4- Stiwe, K. 2007. Geodynamics of the Lithosphere: An Introduction. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 493p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: کمربندهای سنگ‌های سبز آرکئن		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به انگلیسی: Archean Greenstone Belts
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری*	اختیاری					
	عملی						

آموزش تکمیلی عملی:			
☐ دارد	☒ ندارد	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه
☐ بازدید علمی	☐ سمینار		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس کلیات و ویژگی‌های زمین‌شناختی و سنگ‌شناختی کمربندهای سنگ‌های سبز آرکئن آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (تاریخچه، واژه‌نگاری، سوابق مطالعاتی)
- توزیع جهانی سرزمین‌های آرکئن
- ویژگی‌های زمین‌شناختی و سنگ‌شناختی بوم‌های آرکئن
- دینامیک گوشته در آرکئن
- زمین‌ساخت آرکئن
- رده‌بندی زمان آرکئن
- سرزمین‌های آرکئن (نوار چین- کره، کراتون سیبری، شرق اروپا، گرینلند و آمریکای شمالی، آمریکای جنوبی، آفریقا، هند، استرالیا، قاره قطب جنوب)
- ذخایر معدنی آرکئن
- زندگی در آرکئن

منابع:

- 1- Condie K.C. 1981. Archean Greenstone Belts. Elsevier Scientific Publishing Company
- 2- De Wit, M.J., and Ashwal, L.D. 1990. Greenstone belts. Clarendon, Oxford.
- 3- Martin, J. Van Kranendonk, M.J., Smithies, R.H., and Bennett, V.C. (Eds.), 2007. Earth's Oldest Rocks. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 1331p.



عنوان درس به فارسی: روش‌های پیشرفته تجزیه دستگاهی در پترولوژی	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Instrumental Analysis Methods in Petrology	تعداد ساعت: ۳۲				
		آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد			
بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐					

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با مبانی نظری و کاربردهای عملی روش‌های پیشرفته تجزیه دستگاهی مورد استفاده در بررسی شیمیایی سنگ‌ها و کانی‌ها آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- انواع داده‌های زمین‌شیمیایی مورد استفاده در پترولوژی (تجزیه‌های سنگ‌کل عناصر اصلی، جزئی و کمیاب خاکی، کانی‌ها، ایزوتوپی)
- انواع روش‌های تجزیه‌ای مرسوم در زمین‌شیمی (XRF, ICP,...)
- انتخاب یک روش تجزیه‌ای مناسب
- روش نمونه‌گیری از واحدهای سنگی
- منابع بروز خطا در تجزیه‌های زمین‌شیمیایی
- روش‌های تشخیص خطا در داده‌های زمین‌شیمیایی
- انواع روش‌های مرسوم تجزیه سنگ‌کل
- انواع روش‌های مرسوم تجزیه کانی‌ها
- انواع روش‌های مرسوم تجزیه ایزوتوپ‌ها (پایدار و پرتوزاد)
- پردازش و تفسیر داده‌های زمین‌شیمیایی سنگ‌کل
- پردازش و تفسیر داده‌های زمین‌شیمیایی کانی‌ها
- پردازش و تفسیر داده‌های زمین‌شیمیایی ایزوتوپی



منابع:

- 1- Gill, R. 1997. Modern Analytical Geochemistry. Longman (Pearson Education Limited), 329 pp.
- 2- Skoog, D.A., Holler, F.J., and Nieman, T.A. 2007. Principles of Instrumental

Analysis. 6th edition, Saunders College Publishing, 832 pp.

- 3- De Grandpre, M. 2016. Lab Manual Advanced Instrumental Analysis, Spring Semester 2016.
- 4- Günzler, H., and Williams, A. (Eds.). 2002. Handbook of Analytical Techniques. WILEY-VCH Verlag. 1196p.



عنوان درس به فارسی: کافت‌زایی	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیش‌نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Riftogenesis	تعداد ساعت: ۳۲	آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد			
بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐					

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با نحوه تشکیل کافت در زمین آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات، واژه‌نگاری و دسته‌بندی کافت‌ها
- تاریخچه مطالعات کافت
- سازوکارهای کافت‌زایی: مدل‌سازی ژئودینامیک سامانه‌های کافتی قاره‌ای
- دگرشکلی اخیر زمین در پهنه‌های کافتی قاره‌ای و اقیانوسی
- نقش برش در کافت‌زایی
- لرزه خیزی سامانه‌های کافتی قاره‌ای (شرق آفریقا)
- لرزه خیزی سامانه‌های کافتی اقیانوسی
- ساختار لرزه‌ای سنگ کره در پهنه‌های کافتی
- بی‌هنجاری ثقلی در کافت‌های اقیانوسی
- جریان گرمایی در پهنه‌های کافتی
- جنبه‌های فیزیکی سامانه‌های گرمایی در پهنه‌های کافتی
- اشیانه‌های ماگمایی در پهنه‌های کافتی
- جنبه‌های فیزیکی ماگمازایی در پهنه‌های کافتی قاره‌ای
- جنبه‌های شیمیایی ماگمازایی در پهنه‌های کافتی
- کانه‌زایی مرتبط با کافت‌زایی
- پهنه‌های کافتی قدیمی
- پهنه‌های کافتی عهد حاضر



- 1- Palmason G. 1985. Continental and Oceanic Rifts. 2theds. Geodynamic series, vol. 8. American Geophysical Union, Washington, D.C. 316p.
- 2- Olsen K.H. (Ed.). 1995. Continental Rifts: Evolution, Structure, Tectonics. Publication No. 264 of the International Lithosphere Program. ELSEVIER. 511p.
- 3- Martin A. Menzies, M.A., Klemperer, S.L., Ebinger, C.J., and Baker, J. 2002. Characteristics of volcanic rifted margins. Geological Society of America Special Paper 362. 231p.
- 4- Manspeizer, W. (Ed.). 1988. TRIASSIC-JURASSIC RIFTING: Continental Breakup and the Origin of the Atlantic Ocean and Passive Margins. Elsevier Science Publishers B.V. 970p.



عنوان درس به فارسی: گروه دایک‌ها	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
				عملی	
				نظری	
				عملی	
				نظری	
				عملی	
				نظری*	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Dyke Swarms	تعداد ساعت: ۳۲		الزامی	پایه	
				اختیاری	
آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد					
☐ بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با اهمیت سنگ‌شناختی و زمین‌دینامیکی گروه دایک‌ها در زمین آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات و مفاهیم مرتبط با گروه دایک‌ها و دلالت‌های زمین‌دینامیکی آن‌ها
- نقشه‌های ناحیه‌ای گروه دایک‌ها و واحدهای ماگمایی مربوطه
- سازوکار جایگزینی گروه دایک‌ها
- پترولوژی، زمین‌شیمی و پتروژنز گروه دایک‌ها
- زمین‌فیزیک دایک‌ها با تأکید بر دیرینه‌مغناطیس، نقشه‌های مناطیس هوایی جدید و مطالعات سنجش از دور
- ژئوکرونولوژی دایک‌ها
- دایک‌ها به عنوان سامانه تغذیه کننده ایالت‌های بزرگ آذرین
- گروه دایک‌های بزرگ و آبرقاره‌ها
- دایک‌های قفایی (شامل کیمبرلیت‌ها، لامپروئیت‌ها، لامپروئیت‌ها و کربناتیت‌ها)
- گروه دایک‌های مافیک همزمان با تزریق توده‌های نفوذی
- گروه دایک‌های مجموعه‌های اقیولیتی
- گروه دایک‌های آرکشن
- گروه دایک‌های پروتروزوئیک
- دسته دایک‌های پرکامبرین
- گروه دایک‌های پالئوزوئیک
- گروه دایک‌های مزوزوئیک
- گروه دایک‌های ستوزوئیک
- کانه‌زایی مرتبط با گروه دایک‌ها



- 1- Srivastava, R.K. (Ed.). 2011 - Dyke swarms: Keys for Geodynamic Interpretation. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 605pp.
- 2- Mahoney, J.J., and Millard F. Coffin, M.F. 2013. Giant Radiating Dyke Swarms: Their Use in Identifying Pre-Mesozoic Large Igneous Provinces and Mantle Plumes. Published Online: 18 MAR 2013. DOI: 10.1029/GM100p0297.
- 3- Hanski, E., Mertanen, S., Ramo, T., and Vuollo, J. 2006. Dyke Swarms - Time Markers of Crustal Evolution. Taylor & Francis Group, LLC. 274p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: دیرینه مغناطیس عنوان درس به انگلیسی: Paleomagnetism
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد					
☐ بازدید علمی	☐ کارگاه	☐ آزمایشگاه	☐ سمینار		

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با تاریخچه، مفاهیم و واژه‌نگاری دیرینه مغناطیس زمین آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- کلیات (فیزیک مغناطیس، مغناطیس دیرین، مغناطیس سنگ‌ها)
- میدان مغناطیسی
- مغناطیس باقیمانده و القایی
- ناهمسانگردی مغناطیسی و حوضه‌ها
- پسماند مغناطیسی
- کانی‌شناسی مغناطیسی
- مغناطیس‌پذیری سنگ‌ها و حفظ آن
- حساسیت مغناطیسی سنگ‌ها
- چینه‌نگاری مغناطیسی
- اندازه‌گیری و کاربردهای دیرینه مغناطیس سنگ‌ها
- کاربردهای زمین‌ساختی دیرینه مغناطیس



منابع:

- 1- Butler, R.F. 2004. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. Electronic Edition, September 2004. 248p.

- 2- McElhinny, M.W., and McFadden, P. 2000. PALEOMAGNETISM: Continents and Oceans. ACADEMIC PRESS. 407p.
- 3- Gubbins, D., and Herrerobervera, E. 2007. ENCYCLOPEDIA of EOMAGNETISM AND PALEOMAGNETISM. Springer. 1072p.



عنوان درس به فارسی: پترولوژی هسته و گوشته	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری - تخصصی	جبرانی	نظری	دروس پیشنهادی:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری*	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Core and Mantle Petrology	تعداد ساعت: ۳۲	آموزش تکمیلی عملی: ☐ دارد ☒ ندارد			
		☐ بازدید علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار			

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با پترولوژی هسته و گوشته زمین آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- رشد و تفریق زمین
- برآوردهای شیمی کیهانی از ترکیب گوشته
- نتایج لرزه‌شناختی بر روی ترکیب گوشته
- نمونه‌برداری ناهمگنی گوشته‌ای با استفاده از بازالت‌های اقیانوسی: ایزوتوپ‌ها و عناصر کمیاب
- دلایل ناهمگنی ترکیبی جانبی و عمودی گوشته
- پدیدت‌های عمیق کوهزادی و افیولیتی
- نمونه‌های گوشته‌ای موجود در سنگ‌های آتشفشانی: بیگانه‌سنگها و الماس‌ها
- گازهای نجیب به عنوان ردیاب‌های گوشته
- مواد فرار گوشته‌ای: توزیع و پیامدها
- استخراج مذاب و تغییرپذیری ترکیبی در گوشته سنگ‌گره‌ای
- توزیع عناصر کمیاب در شرایط پوسته‌ای و گوشته بالایی: تأثیرات بار یونی، شعاع یونی، فشار و دما
- ضرایب توزیع در فشار و دمای بالا
- فرایندهای زون فرورانش و کاربردهای آن برای تغییر ترکیب گوشته زیرین و بالایی
- آمیختگی همرفتی در گوشته زمین
- تحول ترکیبی گوشته
- ساختار گرما-شیمیایی بزرگ مقیاس و رفتار مکانیکی گوشته امروزی
- محدودیت‌های تجربی درباره ترکیب هسته
- مدل ترکیبی هسته زمین



منابع:

- 1- Jones, C.A., Soward, A.M., and Zhang, K. (Eds.). 2003. Earth's Core and Lower Mantle. Taylor & Francis. 300p.
- 2- Carlson, R.W. (Ed.). 2005. The Mantle and Core. Elsevier Ltd. 608p.
- 3- Jackson, I. (ed.). 1998. The Earth's Mantle: Composition, Structure, and Evolution. Cambridge University Press. 591p.
- 4- Khan, A., and Deschamps, F. (Eds.). 2015. The Earth's Heterogeneous Mantle: A Geophysical, Geodynamical, and Geochemical Perspective. Springer International Publishing Switzerland. 538p.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری - تخصصی	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	عنوان درس به فارسی: پترولوژی و زمین شیمی شخانه‌ها و سیارات زمینی عنوان درس به انگلیسی: Petrology and Geochemistry of Meteorites and Terrestrial Planets
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری*	اختیاری			
	عملی				

آموزش تکمیلی عملی:	دارد ☐	ندارد ☒
بازدید علمی ☐	کارگاه ☐	آزمایشگاه ☐
		سمینار ☐

اهداف کلی درس:

دانشجویان در این درس با پترولوژی و زمین شیمی شخانه‌ها و سیارات زمینی آشنا خواهند شد.

سرفصل مطالب:

- منشأ عناصر
- فراوانی عناصر در منظومه شمسی
- سحابی خورشیدی
- طرز تشکیل منظومه شمسی
- سن منظومه خورشیدی
- تاریخچه سنگ‌های آسمانی
- رده‌بندی شخانه‌ها
- گندریت‌ها و سازهای آن‌ها (زمین شیمی و کانی شناسی)
- شخانه‌های ناگندریتی
- مواد آلی در گندریت‌های کربن دار
- ناگندریت‌ها
- شخانه‌های آهنی و سنگی - آهنی
- سن شخانه‌ها
- تشکیل سیارات زمینی
- سنگ شناسی و کانی شناسی سیارات زمینی و ماه
- زمین شیمی سیارات زمینی
- دنباله دارها



- 1- Davis, A.M., (Ed.). 2005. Meteorites. Comets and Planets. Elsevier. 755p.
- 2- Sears, D.W.G. 2004. The Origin of Chondrules and Chondrites. Cambridge University Press. 223p.
- 3- Chaussidon, M. 2007. Formation of the Solar System: a Chronology Based on Meteorites. In: Muriel Gargaud et al. (Eds.), Lectures in Astrobiology, Vol. II, Adv. Astrobiol. Biogeophys., pp. 45–74. DOI 10.1007/10913314. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- 4- Norton, O.R., and Lawrence A. Chitwood, L.A. 2008. Field Guide to Meteors and Meteorites, Springer-Verlag London Limited. 282p.

