



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

## برنامه درسی

( تغییر عنوان )

دوره : کارشناسی ارشد

رشته : ژئوفیزیک

گرایش : زلزله شناسی

گروه : علوم پایه



مصوبه جلسه شماره ۸۶ مورخ ۱۳۹۵/۰۹/۱۴

کمیسیون برنامه ریزی آموزشی

شماره: ۳۰، ۲۹، ۱۲

تاریخ: ۹۶، ۵، ۱۵

پیوست:

دانشگاه آزاد اسلامی



سازمان مرکزی

بسمه تعالی

**بخشنامه به واحدها و مراکز آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی**

**موضوع: تغییر عنوان و ابلاغ سرفصل بازننگری شده رشته ژئوفیزیک گرایش زلزله شناسی در مقطع کارشناسی ارشد**

سرفصل بازننگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته زلزله شناسی مصوب جلسه مورخ ۱۳۹۴/۳/۱۷ که در جلسه شماره ۸۶ مورخ ۱۳۹۵/۹/۱۴ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، به کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک گرایش زلزله شناسی تغییر عنوان داده است جهت بهره برداری در سایت مرکز برنامه ریزی درسی [www.sep.iau.ir](http://www.sep.iau.ir) قرار داده شده است و به آگاهی می رساند:

ضمن دریافت آن از سایت، اجرای این سرفصل از نیمسال اول سال تحصیلی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ برای دانشجویان ورودی سال ۱۳۹۶ و به بعد لازم الاجرا است. این برنامه جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک گرایش زلزله شناسی مصوب جلسه ۱۱۷ مورخ ۱۳۶۶/۱۲/۲۲ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می گردد.

علیرضا رهایی

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

## برنامه درسی

دوره: کارشناسی ارشد

رشته: زلزله شناسی

گروه: علوم پایه

کمیته: علوم زمین



نسخه بازنگری شده مورخ ۹۴/۳/۱۷

مصوبه جلسه شماره ۱۱۷ مورخ ۱۳۶۶/۱۲/۲۲ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّمَّانِ الرَّحِيمِ

عنوان برنامه: کارشناسی ارشد زلزله شناسی

- ۱- با استناد به آیین نامه واگذاری اختیارات برنامه ریزی درسی مصوب ۱۳۷۹، برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته زلزله شناسی پیشنهادی کمیته علوم زمین دریافت و مورد تأیید قرار گرفت.
- ۲- برنامه درسی بازنگری شده فوق از تاریخ ۹۴/۳/۱۷ جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک گرایش زلزله شناسی مصوب جلسه شماره ۱۱۷ مورخ ۱۳۶۶/۱۲/۲۲ شورای عالی برنامه ریزی می شود.
- ۳- برنامه درسی مذکور از تاریخ ۹۴/۳/۱۷ 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- برنامه درسی مذکور برای دانشجویانی که بعد از تاریخ ۹۴/۳/۱۷ در دانشگاهها پذیرفته می شوند لازم الاجرا است.
- ۵- این برنامه درسی از تاریخ ۹۴/۳/۱۷ به مدت ۵ سال قابل اجراست و پس از آن قابل بازنگری است.



عبدالرحیم نوه ابراهیم

دبیر شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

نوه ابراهیم



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

# مشخصات کلی، برنامه آموزشی و سرفصل دروس

دوره: کارشناسی ارشد

رشته: زلزله‌شناسی

گروه: علوم پایه



بهمن ۱۳۹۳

# فصل اول



به نام خدا

## برنامه دوره کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی

### مقدمه

ژئوفیزیک علم مطالعه زمین با استفاده از روشهای کمی فیزیکی مانند روشهای الکتریکی، الکترومغناطیسی، رادیواکتیویته، زلزله‌شناختی، زمین‌گرمایی، گرانی‌سنجی، لرزه‌ای و مغناطیسی است. با توجه به اهمیت و ضرورت توسعه علم ژئوفیزیک، اتحادیه بین‌المللی علوم (IUS) از ژانویه ۱۹۵۷ تا دسامبر ۱۹۵۸ را سال ژئوفیزیک نامید و از تمامی کشورها همکاری جهانی برای توسعه و پیشبرد این علم را درخواست نمود. در راستای تحقق این هدف، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران در سال ۱۹۵۷ میلادی مطابق با ۱۳۳۶ هجری شمسی به همت والای مرحوم استاد کشی افشار پایه‌گذاری شد. دوره کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی یک برنامه آموزشی و پژوهشی شامل دروس نظری، عملی و کار پژوهشی است، که با رشته ژئوفیزیک-لرزه‌شناسی حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد همپوشانی دارد. با توجه به زلزله‌خیزی کشور و همچنین نیاز دانشگاهها و مؤسسات علمی و پژوهشی به نیروهای متخصص از سوی دیگر، ضرورت و اهمیت این رشته در مقطع کارشناسی ارشد روشن می‌گردد.

داوطلبان این رشته می‌توانند از کلیه رشته‌های علوم انسانی، هنر، فنی و مهندسی، علوم پایه و کشاورزی باشند. بدیهی است داوطلبان پس از ورود به دوره کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی، ملزم به گذراندن دروس کمبود براساس آئین‌نامه کارشناسی ارشد و تشخیص کمیته تخصصی مربوطه هستند. طول دوره کارشناسی ارشد حداکثر ۳ سال است. شکل نظام نیم‌سال است و هر سال تحصیلی شامل دو نیم‌سال و هر نیم‌سال ۱۶ هفته است.



## اهداف دوره

هدف این دوره ایجاد رشد علمی و بهره‌وری از آن در زمینه‌های لرزه‌شناسی زمینلرزه است. دانش‌آموختگان این رشته قادر خواهند بود مهارت‌های علمی و عملی لازم را بگونه‌ای کسب نمایند که علاوه بر آمادگی برای تحصیلات تکمیلی فراتر، بتوانند با استفاده از تجارب و مطالعات موجود در این زمینه، برای حل مسائل فیزیک زمین به پژوهش‌های بنیادی و کاربردی در زمینه‌های مختلف شامل تحقیقات علوم زمین، اکتشاف ذخایر زیرزمینی و طرح‌های مهندسی بپردازند.

## توانایی‌ها، مهارت‌ها و احراز مشاغل دانش‌آموختگان

دانش‌آموختگان دوره کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی قادر هستند در مؤسسات آموزش عالی یا سازمانها و وزارتخانه‌های مختلف نظیر، نفت، کشور، نیرو، مسکن و شهرسازی، جهاد کشاورزی، صنعت، معدن و تجارت، انرژی اتمی و شرکتهای خدماتی مهندسی مشاور فعالیت نموده و به انجام امور زیر بپردازند:

- مشارکت در آموزش دروس ژئوفیزیک.
- مشارکت در اجرای پژوهش‌های ژئوفیزیکی، تهیه و ارائه مقالات علمی.
- انجام عملیات ژئوفیزیکی و برداشش و تفسیر داده‌ها.
- سرپرستی، نظارت و مشارکت در برنامه‌ریزی گروه‌های پژوهشی و عملیات ژئوفیزیکی.

## شرایط لازم برای اجرا

اجرای این رشته در دانشگاههایی امکان‌پذیر است که حداقل دارای دو نیروی متخصص با درجه دکتری ژئوفیزیک در زمینه زلزله‌شناسی بوده و تجهیزات مورد نیاز لرزه نگاری (حسگر لرزه ای، رقوسی کننده، ثبات داده های لرزه ای) را دارا باشند. وجود آزمایشگاه مستقل برای این منظور ضرورت دارد.

## دروس دوره کارشناسی ارشد زلزله‌شناسی

تعداد کل واحدهای درسی این دوره ۳۲ واحد به شرح زیر است:

الف) دروس کمبود و پیشیاز	۱۱ واحد
ب) دروس الزامی	۱۲ واحد
ج) دروس اختیاری	۱۲ واحد
د) سمینار	۲ واحد
ه) پایان نامه	۶ واحد





# فصل دوم



جدول دروس کمبود برای فارغ التحصیلان کارشناسی فیزیک

کد	نام درس	تعداد واحد	ساعات	
			نظری	عملی
۱۲۴	زمین شناسی عمومی	۳	۳۲	۳۲
۱۲۵	زمین شناسی ساختاری	۳	۳۲	۳۲
۱۲۱	روشهای محاسبات عددی	۲	۳۲	-
	جمع			۶۴

جدول دروس کمبود برای فارغ التحصیلان کارشناسی زمین شناسی و معدن

کد	نام درس	تعداد واحد	ساعات	
			نظری	عملی
۱۲۱	روشهای محاسبات عددی	۲	۳۲	-
۱۲۲	ریاضیات پیشرفته در ژئوفیزیک	۳	۴۸	-
	جمع			۳۲

\* دروس کمبود برای دانشجویان ورودی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک - زلزله شناسی با مدرک کارشناسی غیر از زمین شناسی، معدن و فیزیک، یا توجه به نوع مدرک کارشناسی بر اساس نظر گروه آموزشی از دروس جداول فوق تعیین خواهد شد.

\*\* چنانچه دانشجویی برخی از دروس فوق را در دوره کارشناسی با نمره قبولی گذرانده باشد، با تأیید شورای تحصیلات تکمیلی گروه از انتخاب آن معاف می گردد.



### جدول دروس الزامی

کد	نام درس	تعداد واحد	ساعات		جمع
			نظری	عملی	
۱۳۷	زلزله شناسی ۱	۲	۱۶	۳۲	۴۸
۱۳۴	تحلیل سریهای زمانی ژئوفیزیکی	۳	۴۸	-	۴۸
۱۴۳	تئوری انتشار امواج کشسان	۲	۳۲	-	۳۲
۱۵۹	زلزله شناسی ۲	۳	۳۲	۳۲	۶۴
۱۶۰	مبانی لرزه زمینساخت	۲	۱۶	۳۲	۴۸



### جدول دروس اختیاری

کد	نام درس	تعداد واحد	ساعات	
			نظری	عملی
۱۵۷	*زلزله شناسی مهندسی	۳	۳۲	۳۲
۱۶۱	*زلزله شناسی دستگاهی	۲	۱۶	۳۲
۱۶۲	مبانی مدلسازی در زلزله شناسی	۲	۳۲	-
۱۶۳	زلزله شناسی جنبش نیرومند زمین	۳	۳۲	۳۲
۱۶۴	لرزه زمینساخت ایران	۲	۳۲	-
۱۶۵	پیش نشانگرهای زلزله	۲	۳۲	-
۱۶۶	مبانی زلزله شناسی دیرین	۲	۳۲	-
۱۵۰	لرزه شناسی	۳	۳۲	۳۲
۱۲۷	ژئوالکترونیک	۳	۳۲	۳۲
۱۳۲	مبانی گرانی سنجی	۲	۳۲	-
۱۲۸	ژئومغناطیس ۱	۲	۳۲	-
۱۶۷	ژئودینامیک	۲	۳۲	-
۱۶۸	روش های سن یابی ایزوتوپیک و رادیومتریک و کاربرد آنها در ژئوفیزیک	۲	۳۲	-

دانشجو باید ۱۲ واحد دروس اختیاری از جدول فوق اخذ کند.

\*اختیاری-الزامی



# فصل سوم



عنوان درس به فارسی: زمین‌شناسی عمومی

عنوان درس به انگلیسی: (General Geology)

تعداد واحد: ۳

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری - ۳۲ ساعت عملی

نوع درس: ۲ واحد نظری - ۱ واحد عملی

نوع واحد: کمیود

پیش‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ○ سفر علمی ● کارگاه ○ آزمایشگاه ● سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با کلیات علم زمین‌شناسی

اهداف رفتاری: آشنایی با عوارض زمین‌شناختی، فرایندهای درونی، کانیها و سنگها

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول: کلیات

- شناخت سیستم زمین

تفاوتهای زمین با دیگر سیاره‌های سنگی منظومه شمسی، منشاء منظومه شمسی و زمین، زمین سیاره بویا، ساختار درونی زمین، پوسته، گوشته و هسته، سنگ کره و سست کره، ناپیوستگی‌های سرعتی، پوسته قاره‌ای و پوسته اقیانوسی، معرفی مقدماتی زمین‌ساخت صفحه‌ای به عنوان نظریه وحدت دهنده در علوم زمین، اصل یونیفورمیترانیسم، شاخه‌های علوم زمین.

- زمان زمین‌شناختی

برداشت‌های کهن از سن زمین، سن نسبی لایه‌ها و توده‌های سنگی (اصل برهم نهشت، رابطه سنی بر اساس بریدگی، ادخال، اثر گرمایی)، تقسیم‌بندی زمان زمین‌شناسی بدون سن مطلق (بر اساس فسیلها: تکامل گونه‌های حیاتی کهن)، سن‌یابی رادیومتریکی و اضافه کردن سن مطلق به مقیاس زمان زمین‌شناسی، سن زمین.

فصل دوم: کانی‌شناسی

کانی چیست، ساختار اتمی ماده، پیوندهای شیمیایی، شعاع اتمی و یونی، قوانین پائولینگ، عدد کوئوردیناسیون، پلی مورفیسم، ایزومورفیسم، محلول جامد، پایداری کانیها و واکنش‌های آنها در نمودارهای P-T و T-X، رده‌بندی کانیها، سختی، چگالی، خواص مغناطیسی، رسانایی الکتریکی، خواص نوری، سیلیکاتها، پلیمرشدگی و رده‌بندی ساختاری سیلیکاتها، معرفی چند کانی سیلیکات مهم از هر رده، غیر سیلیکاتها و رده‌بندی آنها، معرفی چند کانی مهم از رده‌های عناصر آزاد، سولفیدها، اکسیدها، هالیدها، کربناتها، سولفاتها، فسفاتها و براتها.

فصل سوم: سنگ‌شناسی

- فعالیت آتشفشانی و سنگهای آذرین



ماگما چیست، سازوکارهای ذوب سنگها و مکانهای تشکیل ماگما، انواع ماگما، ترکیب شیمیایی ماگما، نقش مواد فرار انحلال یافته در ماگما، درصد سیلیس و ویسکوزیته، علل تنوع سنگهای آذرین، تفریق ماگما، تبلور جزء به جزء، سریهای واکنشی بیون، اشکال توده‌های آذرین نفوذی، فعالیت آتشفشانی و زمینساخت صفحه‌ای، نهشته‌های آتشفشانی، رده‌بندی و نامگذاری سنگهای آذرین بر اساس بافت و ترکیب شیمیایی و کانی‌شناختی.

#### - سنگهای رسوبی

دیاژنز و تشکیل سنگهای رسوبی، رده‌بندی سنگهای رسوبی، سنگهای آواری، سنگهای بیوشیمیایی، سنگهای تبحیری.

#### - سنگهای دگرگونی

علل دگرگونی، عوامل فیزیکی و شیمیایی، انواع دگرگونی، بافت سنگهای دگرگونی، رخساره‌های دگرگونی (رده‌بندی بر اساس P-T)، دگرگونی ناحیه‌ای، دگرگونی مجاورتی، اسکارن، دگرگونی و زمینساخت صفحه‌ای.

#### فصل چهارم - فرایندهای درونی

##### - زمین لرزه

توزیع جهانی رومرکها و رابطه آن با مرز صفحه‌های تکتونیکی، توزیع عمق کانونی و رابطه با مرز صفحه‌ها، سازوکار زمینلرزه‌ها.

##### - مغناطیس زمین

میدان مغناطیسی زمین، مغناطش سنگهای آتشفشانی، مغناطش سنگهای رسوبی، قطبیت مغناطیسی و واژگونی آن، مغناطیدگی در پوسته اقیانوسی، فرضیه گسترش بستر اقیانوس، دیرینه مغناطیس، سرگردانی قطبی و مهاجرت قاره‌ها، فرضیه رانه قاره‌ای.

#### فصل پنجم - فرایندهای بیرونی

##### - هوازدگی (شیمیایی و مکانیکی)

تشکیل خاک و رسوب، حرکت توده‌ای (علت‌های حرکت، رده‌بندی حرکت‌های توده‌ای).

##### - حمل و نقل رسوبها و رسوبگذاری

عوامل حمل و نقل: آب (حمل توسط رودخانه‌ها به دریاها)، باد، یخچال؛ انواع رسوب، تخلخل، نفوذپذیری، محیط‌های رسوبی.

##### - چرخه آب و آبهای زیرزمینی

توزیع آب در زمین، چرخه آب در طبیعت، هیدرولوژی آبهای سطحی، آبهای زیرزمینی، سطح ایستایی، آب خوان، جریان آب زیرزمینی، قانون دارسی، استفاده از آبهای زیرزمینی، افت سطح ایستایی، عمل آبهای زیرزمینی (انحلال کربناتها، تشکیل غارها، کارست، چاههای کارستی)، کیفیت آب، آلودگی آب.

#### عملی:

آشنایی و مطالعه کانی‌ها و سنگ‌ها در آزمایشگاه، مشاهده پدیده‌های زمین‌شناسی در صحرا



روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	-
		عملکردی: -	

فهرست منابع:

- 1- Dexter, P., 2001, Mineralogy, Prentice-Hall.
  - 2- Klein, C., and Hurlbut Jr., C. S., 1999, Manual of Mineralogy, John Wiley & Sons.
  - 3- Press, F., Siever, R., Grotzinger, J., and Jordan, T., 2004, Understanding Earth, Freeman and Company.
  - 4- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., and Tasa, D., 2004, Earth: An Introduction to Physical Geology, Merrill.
  - 5- Wyllie, P. J., 1976, The Way the Earth Works, John Wiley & Sons.
- ۶- مَر، ف. (مترجم)، ۱۳۸۵، زمین شناسی فیزیکی، چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه شیراز؛ ۱۵۵.

فهرست مطالعات:





عنوان درس به فارسی: زمین‌شناسی ساختاری  
عنوان درس به انگلیسی: (Structural Geology)

تعداد واحد: ۳

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری - ۳۲ ساعت عملی

نوع درس: نظری - عملی

نوع واحد: کمبود

پیش‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد • ندارد ○ سفر علمی • کارگاه • آزمایشگاه • سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با ساختارهای زمین‌شناختی و تحلیل آنها.

اهداف رفتاری: آشنایی با ساختارها، روابط تنش و کرنش، چگونگی گسترش قاره‌ها، نقشه‌های توپوگرافی، عکسهای هوایی، اندازه‌گیری شیب و امتداد ساختارها، طرز کار با کمپاس و استریونت.

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

زمین‌شناسی ساختاری و زمین‌ساخت، تنش، بیضوی تنش، نمودار مور، کرنش، رابطه تنش و کرنش، قانون هوک، عوامل مؤثر در تغییر شکل سنگها.

فصل دوم - زمین ساخت صفحه‌ای

منحصره‌های پوسته قاره‌ای و اقیانوسی، سیرها، پلاتفرم‌ها، رشته کوه‌ها، فلات‌های برخاسته، کافت‌های قاره‌ای، جزیره‌های آتشفشانی بدون رابطه با فرورانش، کمانهای جزیره‌ای، حاشیه قاره‌ها، حوضه‌های رسوبی اقیانوسی، محورهای میان اقیانوسی، دراز گودال‌ها، پوسته‌های جنب و آرام، کوهزایی، خشکی زائی، نظریه زمین ساخت صفحه‌ای، جابجائی قاره‌ها، گسترش کف اقیانوسها و سازوکار آن، انواع مرز صفحات (امتداد لغز، همگرا، واگرا)

فصل سوم - ساخت های زمین شناسی

چین‌ها، شکستگی‌ها، درزها، گسل‌ها، سازوکار گسلها، ساخت‌های خطی، ساخت‌های غیرتکتونیک، ناپیوستگی‌ها، تعیین سن نسبی رخدادهای تکتونیک، ساخت‌های اولیه و ثانویه.

عملی:

آشنایی با نقشه‌های توپوگرافی، عکسهای هوایی و نقشه‌های زمین شناسی، ارتباط هندسی همبندی‌های نقشه‌های زمین ساختی، تهیه مقاطع زمین‌شناسی از روی نقشه‌های زمین‌شناسی و خطوط تراز، طرز کار با کمپاس، طرز کار با استریونت به منظور تحلیل ساختها.



روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	✓ آزمون های نوشتاری:	-
		✓ عملکردی:	

فهرست منابع:

1. Davis, G. H., and Reynolds, S. J., 1996, Structural Geology of Rocks and Regions, John Wiley & Sons.
2. Price, N. J., and Cosgrove, J. W., 1990, Analysis of Geological Structures, Cambridge University Press.
3. Ragan, D. M., 1985, Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques, John Wiley & Sons.
4. Ramsay, J. G., and Huber, M. I., 1983, The Techniques of Modern Structural Geology, Vol. 1, Strain Analysis, Academic Press.
5. Ramsay, J. G., and Huber, M. I., 1987, The Techniques of Modern Structural Geology, Vol. 2, Folds and Fractures, Academic Press.

فهرست مطالعات:



عنوان درس به فارسی: روش‌های محاسبات عددی

عنوان درس به انگلیسی: (Numerical Computations Methods)

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت

نوع درس: نظری

نوع واحد: کمبود

پیش‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد  ندارد \*  سفر علمی  کارگاه  آزمایشگاه  سمینار

اهداف کلی درس: آشنایی با روش‌های محاسبات عددی

اهداف رفتاری: آشنایی با حل عددی مشتقات، انتگرالها و معادلات دیفرانسیل معمولی و معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی. درک دقیق روشهای عددی نظیر تفاضلهای متناهی و اجزاء متناهی، کاربرد کامپیوتر و برنامه نویسی در روشهای فوق.

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

کاربرد کامپیوتر در تحلیل عددی، خطاها، معادلات غیرخطی، روش نیوتن، رافسون، روش وترت.

فصل دوم - درون‌یابی و برازش منحنی

مسئله درون‌یابی، چند جمله‌ای‌های لاگرانژ، تفاضلهای تقسیم‌شده، درون‌یابی به روش اسپلاین، تقریب چندجمله‌ای، تقریبهای کمترین مربعات، منحنی‌های بی‌زیر (Bezier)

فصل سوم - مشتق‌گیری و انتگرال‌گیری

مشتقات با استفاده از جدولهای تفاضلی، مشتقات مراتب بالاتر، انتگرال‌گیری عددی، قوانین نیوتن - کانس (یک نقطه، دو نقطه، سه نقطه)، دقت قوانین نیوتن، کانس، قوانین تکرار، قوانین گوس، لژاندر (یک نقطه، دو نقطه، سه نقطه)، دقت قوانین گوس، لژاندر، تغییر حدود انتگرال، انتگرالهای چندگانه.

فصل چهارم - حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی

مسئله جرم و فنر، روش سری تیلور، روش‌های اویلر و اصلاح شده آن، روش‌های رانگ، کوتا، روش‌های تکرار، روش میلن، روش آدامز، مولتون، سلاکهای همگرایی.

فصل پنجم - روش اجزاء محدود

مفاهیم اولیه، روشهای باقیمانده وزنی Galerkin, Least Squares, Subdomain, Collocation اجزاء محدود برای حل معادلات دیفرانسیل معمولی.



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
✓	✓ آزمون های نوشتاری:	-	✓
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

1. Gerald, C. F., and Wheatley, P. O., 2002, Applied Numerical Analysis, Addison.Wesley.
2. Griffiths, D. V., and Smith, I. M., 1998, Numerical Methods for Engineers, McGraw.Hill.
3. Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., and Flannery, B. P., 1992,
4. Numerical Recipes in FORTRAN, the Art of Scientific Computing, Cambridge University Press.
5. Ueberhuber, C. W., 1997, Numerical Computation Methods, Software and Analysis, Springer.
6. Yakowitz, S., and Szidarovszky, F., 1989, An Introduction to Numerical Computations. McMillan Publishing Company.

فهرست مطالعات:



عنوان درس به فارسی: ریاضیات پیشرفته در ژئوفیزیک

عنوان درس به انگلیسی: (Advanced Mathematics in Geophysics)

تعداد واحد: ۳

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

نوع درس: نظری

نوع واحد: کمبود

پیش‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ○ سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با مفاهیم اساسی ریاضیات کاربردی در ژئوفیزیک

اهداف رفتاری: درک صحیح توابع اساسی و کاربردی در ژئوفیزیک، آشنایی کامل با قضایای انتگرالی، درک کامل سری و تبدیل فوریه و کاربرد آنها، آشنایی با تبدیلات لاپلاس، هیلبرت.



سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

تابع و حالات خاص توابع، بررسی حالات خاص توابع (زوج و فرد، متعامد، مختلط، علی)، توابع ویژه در ژئوفیزیک (هوی ساید، دلتای دیراک، گاما، بس، لژاندر)

فصل دوم - مروری بر انتگرال‌ها

انتگرال خط، انتگرال سطح توابع برداری، موارد کاربردی انتگرال‌های سطح، قضیه استوکس، قضیه گرین در سطح، گرادیان، دیورژانس، کرل، انتگرال حجم، قضیه دیورژانس.

فصل سوم - دستگاهها

تعریف دستگاهها، بررسی عمل جمع و ضرب روی دستگاهها، قرارداد جمع دستگاهها، بررسی چند دستگاه خاص، دترمینان، مشتق دستگاهها، تبدیل‌های مجاز، تانسور، تانسورهای دکارتی، خاصیت تعامد.

فصل چهارم - سری و تبدیل فوریه

سری فوریه، طیف های فوریه (طیف دامنه، طیف فاز)، شرایط دیریکله، سری فوریه توابع متقارن، سری فوریه مختلط، تبدیل فوریه، تبدیل فوریه معکوس، تبدیل فوریه توابع خاص، تبدیل فوریه گسسته، تبدیل فوریه یک سری تابع دلتا، تبدیل فوریه دوبعدی و تبدیل فوریه سریع.

فصل پنجم - تبدیل کننده‌ها

کانولوشن، خواص کانولوشن، تبدیل هیلبرت، تبدیل لاپلاس، قضایای تبدیل لاپلاس، بررسی لاپلاس چند تابع خاص، تبدیل لاپلاس معکوس، کاربرد تبدیل لاپلاس برای حل معادلات دیفرانسیل.

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	✓ آزمون های نوشتاری:	✓	✓
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

1. Powers, D. L., Boundary Value Problems And Partial Differential Equations, sixth edition, Academic Press, 2001.
2. Ar en, G.B and Weber, H.J, Mathema cal methods for physicists, six edi on, Elsevier, 2005
3. Haberman, R., Elementary Applied Partial Differential Equations, Prentice-Hall, Inc 1987
4. Gonzalez-Velasco, E., Fourier Analysis and Boundary Value Problems. Academic Press. 1995
5. Bath, M., 1974, Spectral Analysis in Geophysics, Elsevier
6. Bracewell, R. N., 2000, The Fourier Transform and its Application, McGraw-Hill.
7. Danielson, D. A., 1992, Vectors and Tensors in Engineering and Physics, Addison-Wesley.
8. Ramirez, R. W., 1985, The FFT Fundamentals and Concepts, Prentice-Hall.
9. Spiegel, M. R., 1989, Advanced Mathematics for Engineers and Scientists, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill.
10. Kreyszig, E., 1999, Advanced Engineering Mathematics, John Wiley & Sons, Inc .

فهرست مطالعات:



عنوان درس به فارسی: زلزله شناسی ۱

عنوان درس به انگلیسی: (Earthquake Seismology 1)

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۱۶ ساعت نظری-۳۲ ساعت عملی

نوع درس: نظری-عملی

نوع واحد: الزامی

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ● ندارد ○ سفر علمی ○ کارگاه ● آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با مفاهیم اولیه زلزله شناسی و تعیین پارامترهای مبنایی آن

اهداف رفتاری: دانشجو بتواند فازهای متداول روی لرزه نگاشت را تشخیص داده و پارامترهای مبنایی (مختصات مکان، زمان وقوع و

بزرگی) زمین لرزه را تعیین کند.

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

مروری بر تاریخچه و سیر تکاملی زلزله‌شناسی، اهداف زلزله‌شناسی، انجمنها و مراکز ملی و بین المللی زلزله‌شناسی، ساختار درون زمین، زمینساخت صفحه‌ای و انواع مرز صفحات زمینساختی، لرزه‌خیزی کره زمین با تاکید بر لرزه‌خیزی ایران.

فصل دوم - مقدمه‌ای بر تئوری کشسانی و منشأ زمین‌لرزه‌ها

کلیات تنش و کرنش، قانون هوک، ضرایب کشسانی و روابط بین آنها، تئوری بازگشت کشسان، منشأ و انواع زمین‌لرزه‌ها (چشمه‌های طبیعی و چشمه‌های مصنوعی)، پیش‌لرزه، پس‌لرزه.

فصل سوم - مقدمه‌ای بر تئوری پرتو

قانون اسنل، پارامتر پرتو و انحناء پرتو با تغییرات سرعت، مسیر و زمان سیر پرتو لرزه‌ای (در یک نیم فضای همگن، در یک لایه مسطح همگن روی نیم فضا و در یک محیط لایه‌ای مسطح و کروی)، ارتباط پارامترهای مختلف ( $\Delta$ ،  $P$  و  $T$ ) برای خانواده‌ای از پرتوها، زمان سیر پرتو در یک کره (با سرعت ثابت و با سرعت متغیر)، منحنی‌های زمان - مسافت، ناپیوستگی در منحنی زمان - مسافت و ارتباط آن با زون سایه، جذب امواج و انرژی لرزه‌ای.

فصل چهارم - پارامترهای زلزله

ایستگاهها و شبکه های لرزه نگاری، لرزه‌نگاشتها و قرانت فازهای مختلف، تعیین پارامترهای زمانی و مکانی زمین‌لرزه، اندازه زمین‌لرزه (شدت، بزرگی و مقیاسهای مختلف آن، انرژی، گشتاور لرزه‌ای)، سازوکار کانونی زمین‌لرزه‌ها.



عملی:

تمرین تشخیص فازهای متداول روی لرزه نگاشت، تعیین پارامترهای اصلی زمین لرزه (زمانی، مکانی، بزرگی)، محاسبه زمان رسیده‌ها، بازدید از یک شبکه لرزه نگاری.

روش ارزیابی:

ارزیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	✓	آزمون های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	✓

فهرست منابع:

- 1- Lay, T., and Wallace, T. C., 1995, Modern Global Seismology, Academic Press.
- 2- Stein, S., and Wysession, M., 2003, An Introduction to Earthquakes and Earth Structure, Blackwell Publishing Ltd.
- 3- Udias, A., 2000, Principles of Seismology, Cambridge University Press.
- 4- Kulhanek, O., 1990, Anatomy of Seismograms, Elsevier.
- 5- Simon, R. B., 1981, Earthquake Interpretations, A Manual for Reading Seismograms, William Kaufmann, Inc.
- 6- Borman, P., 2012, IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice, GeoForschungs Zentrum Potsdam.
- 7- Shearer, P. M., 2009, Introduction to Seismology, 2nd edition, Cambridge University Press.





عنوان درس به فارسی: تحلیل سریهای زمانی ژئوفیزیکی  
عنوان درس به انگلیسی: (Geophysical Time Series Analysis)

تعداد واحد: ۳

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

نوع درس: نظری

نوع واحد: الزامی

پیش‌نیاز: ریاضیات پیشرفته در ژئوفیزیک

آموزش تکمیلی عملی: دارد O ندارد ● سفر علمی O کارگاه O آزمایشگاه O سمینار ●

اهداف کلی درس: آشنایی با مفاهیم اولیه در تحلیل سریهای زمانی، تبدیلات مختلف و طراحی فیلترهای دیجیتال.

اهداف رفتاری: توانایی انجام تبدیلات مختلف و پردازش سیگنالهای ژئوفیزیکی.

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - سیگنال ها و سیستم ها

سیگنال‌ها: پیوسته و رقمی، تناوبی و غیرتناوبی، معین و نامعین، یک طرفه و دو طرفه، یک کاناله و چند کاناله، یک بعدی و چند بعدی، سیگنال‌های انرژی و توان، قضیه نمونه برداری، الباسینگ، شیفت به جلو و عقب، مقیاس نمودن، نمایش سیگنال‌ها، روابط سیگنال‌ها، سیستم‌ها، ایستا و پویا، خطی و غیرخطی، متغیر و نامتغیر با زمان، علی و غیرعلی، بازگشتی و غیر بازگشتی، پایدار و ناپایدار، ترکیب سیستم‌ها.

فصل دوم - هم‌میخت و همبستگی

هم‌میخت سیگنال‌های یک بعدی (پیوسته و گسسته)، خواص هم‌میخت، انواع هم‌میخت (تناوبی و غیرتناوبی)، هم‌میخت سیگنال‌های دو بعدی (پیوسته، گسسته)، همبستگی یک بعدی و دو بعدی، همبستگی نرمال شده، ارائه مثال‌ها و تمرین‌های ژئوفیزیکی.

فصل سوم - سری و تبدیل فوریه

سری فوریه، طیف‌های فوریه (طیف دامنه، طیف فاز)، شرایط دیریکله، سری فوریه توابع متقارن، سری فوریه مختلط، تبدیل فوریه، تبدیل فوریه معکوس، تبدیل فوریه توابع خاص، تبدیل فوریه گسسته، تبدیل فوریه یک سری تابع دلنا، تبدیل فوریه دو بعدی و تبدیل فوریه سریع، ارائه مثال‌ها و تمرین‌های ژئوفیزیکی.

فصل چهارم - تبدیل هیلبرت

معرفی تبدیل هیلبرت، تبدیل معکوس هیلبرت، تبدیل هیلبرت در حوزه فوریه، سیگنال تحلیلی، دامنه لحظه‌ای، فرکانس لحظه‌ای، فاز لحظه‌ای. ارائه مثال‌ها و تمرین‌های ژئوفیزیکی.



## فصل پنجم - تبدیل Z

تبدیل Z (ناحیه همگرایی، تغییر فاز موجک ها)، خواص تبدیل Z، تبدیل Z کسری، قطب و صفر، تبدیل Z معکوس، تحلیل سیستم‌های LTI در حوزه Z (طبقه بندی سیستم‌ها در حوزه Z، طبقه بندی سیگنالها در حوزه Z)، فیلترهای ایده‌آل، پدیده tapering، فیلترهای بازگشتی و غیربازگشتی، فیلترهای باریک گذر و نگذر، ارائه مثال‌ها و تمرین‌های ژئوفیزیکی.

## فصل ششم - معرفی تبدیل های زمان فرکانس

DWT, CWT, STFT, تبدیل S، توزیع ویگنر، وایل. ارائه مثال‌ها و تمرین‌های ژئوفیزیکی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	✓	آزمون های توشتاری: ✓	-
		عملکردی: -	

فهرست منابع:

1. Proakis, J. G., and Manolakis, D. G., 2007, Introduction to Digital Signal Processing, Prentice Hall.
2. Bracewell, R.N., 2000, The fourier transform and its application, McGraw.Hill.
3. Brigham, E. R., 1974, The Fast Fourier Transform, Prentice.Hall.
4. Cunningham, E. P., 1992, Digital Filtering: An Introduction, Houghton Mifflin Company.
5. Kulhánek, O., 1976, Introduction to Digital Filtering in Geophysics, Elsevier.
6. Ludman, L. C., 1986, Fundamentals of Digital Signal Processing, John Wiley & Sons.
7. Meskó, A., 1984, Digital Filtering: Applications in Geophysical Exploration for Oil, Halsted Press.
8. Mallat, S., 2009, A wavelet tour of signal processing, Elsevier.
9. Oppenheim, A. V., Schaffer, R. W., and Nawab, W. A., 1990, Signal and Systems, Prentice.Hall.
10. Gubbins, D., 2004, Time series analysis and inverse theory for geophysicsts, Cambridge University Press.
11. Kue, R., 2008, Introduction to digital signal processing, BS Publications.

فهرست مطالعات:



عنوان درس به فارسی: تئوری انتشار امواج کشسان  
عنوان درس به انگلیسی: (Theory of Elastic Wave Propagation)

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت

نوع درس: نظری

نوع واحد: الزامی

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: ریاضیات پیشرفته در ژئوفیزیک

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: بررسی نحوه ایجاد امواج لرزه ای و انتشار آن در محیط‌های لایه‌ای کشسان

اهداف رفتاری: درک بهتر از تولید و انتشار امواج لرزه ای.

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - تنش و کرنش

نیروهای درونی و سطحی، تنش و کرنش و انواع آنها، میدان جابجایی، روابط تنش و کرنش (حالت کلی قانون هوک در محیط‌های همگن و همسانگرد)، ضرایب کشسان و روابط بین آنها.

فصل دوم - امواج کشسان در محیط‌های همگن

تولید امواج درونی، معادله حرکت امواج لرزه ای در محیط کشسان، پتانسیل‌های جابجایی و حل معادله موج، معادله موج (نخت، کروی و استوانه‌ای).

فصل سوم - امواج درونی در مرز دو محیط

شکست و بازتاب و شرایط مرزی در حد فاصل‌های مختلف، انرژی امواج و شدت آن، تقسیم انرژی در مرز دو محیط.

فصل چهارم - امواج سطحی

امواج ری لی و لایو، شرایط مرزی و معادلات انتشار و حل آنها، ارتعاش ذرات محیط هنگام انتشار امواج سطحی و ارتباط آن با عمق، پاشش و انواع آن، سرعت فاز و سرعت گروه، مدهای نرمال، نوسانات آزاد زمین.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-	✓	آزمون‌های نوشتاری: ✓	✓
		عملکردی: -	



فهرست منابع:

- 1- Lay, T., and Wallace, T. C., 1995, Modern Global Seismology, Academic Press.
- 2- Pujol, J., 2003, Elastic wave propagation and generation in seismology, Cambridge University Press.
- 3- Shearer, P. M., 1999, Introduction to Seismology, Cambridge University Press.
- 4- Sheriff, R. E., and Geldart, L. P., 1995, Exploration seismology, ed 2, Cam. Univ. Press.
- 5- Stein, S., and Wysession, M., 2003, An Introduction to Earthquakes and Earth Structure, Blackwell Publishing Ltd.
- 6- Udias, A., 1999, Principles of Seismology, Cambridge University Press.

فهرست مطالعات:

- 7- 1- Aki, K., and Richards, P. G., 2002, Quantitative seismology. Theory and Methods, ed. 2, University science books.
- 8- Ben-Menahem, A. and Singh, S. J., 1981, Seismic waves and sources, New York: Springer Verlag.
- 9- Chapman, C. H., 2004, Fundamentals of seismic wave propagation, Cam. Univ. press.



عنوان درس به فارسی: زلزله شناسی ۲

عنوان درس به انگلیسی: (Earthquake Seismology 2)

تعداد واحد: ۱+۲

نوع واحد: الزامی

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری - ۳۲ ساعت عملی

پیش‌نیاز: زلزله شناسی ۱

همین‌یا: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد O ندارد ● سفر علمی O کارگاه O آزمایشگاه O سمینار O

اهداف کلی درس: آشنایی با مفاهیم پیشرفته در زلزله شناسی و تعیین سازوکار زمینلرزه، پارامترهای چشمه و آشنایی با روشهای مختلف مطالعه ساختار زمین

اهداف رفتاری: دانشجو باید بتواند درک بهتری از نحوه فرایند شکست هنگام وقوع زلزله پیدا کرده و سازوکار و پارامترهای چشمه را تعیین کند.

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

معادلات پیوستگی و حرکت، تابع گرین در محیط الاستودینامیک، معادلات امواج بصورت پتانسیل‌های اسکالر و برداری، قضایای تقابل و نمایش (theorems of reciprocity and representation)، جذب امواج لرزه‌ای.

فصل دوم - فیزیک چشمه‌های لرزه‌ای

معرفی چشمه با مدل‌های استاتیک و دینامیک، سیستم نیروهای عامل زلزله، تابع گرین ناشی از نیروی ضربه‌ای در یک جهت اختیاری، تفکیک تابع گرین به میدان جابجایی نزدیک و دور برای امواج لرزه‌ای، دررفتگی (dislocation) برشی یا شکست در یک محیط همگن و همسانگرد نامحدود، الگوی تشعشعی امواج لرزه‌ای P و S، هندسه شکست برشی، مدل‌های مختلف شکست و راستگرایی (directivity)

فصل سوم - تانسور ممان لرزه‌ای

تانسور ممان، افت تنش، تانسور ممان و دررفتگی الاستیکی، تانسور ممان برای یک چشمه انفجاری، تانسور ممان برای یک شکست برشی، تفکیک تانسور ممان با توجه به نوع چشمه.

فصل چهارم - مقدمه‌ای بر مدلسازی امواج لرزه‌ای



مدلهای مختلف چشمه لرزه‌ای، تئوری ایجاد لرزه نگاشت مصنوعی، تابع زمانی چشمه‌های مختلف، چشمه‌های چند گانه، محاسبه پارامترهای دینامیکی برای زمینلرزه‌ها، طیف چشمه لرزه‌ای و کاربرد آن.

### فصل پنجم - روشهای متداول جهت مطالعه ساختار پوسته و گوشته

❖ توموگرافی زمان سیر امواج لرزه ای

❖ توابع انتقال گیرنده

❖ استفاده از پاشش امواج لرزه ای در مطالعه ساختار پوسته و گوشته

عملی:

تعیین سازوکار کانونی زمین لرزه به روشهای استفاده از قطبش اولین رسید موج P (First P-motion method) و

مدل سازی شکل موج (Waveform modeling)



روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	۲۵٪ در آزمون نهایی اثر دارد	آزمون های توشناری: ✓ عملکردی: -	-

فهرست منابع:

- 1- Kasahara, K., 1981, Earthquakes Mechanics, Cambridge University Press.
- 2- Kostrov, B. V., and Das, S., 1988, Principles of Earthquake Source Mechanics, Cambridge University Press.
- 3- Lay, T., and Wallace, T. C., 1995, Modern Global Seismology, Academic Press.
- 4- Scholz, C. H., 2002, The Mechanics of Earthquakes and Faulting, Cambridge University Press.
- 5- Stein, S., and Wysession M., 2003, An Introduction to Earthquakes and Earth Structure, Blackwell Publishing Ltd.
- 6- Udias, A., 1999, Principles of Seismology, Cambridge University Press.

فهرست مطالعات: -

- Aki, K., and Richards, P. G., 2002, Quantitative Seismology, Theory and Methods, University Science Books.
- Dahlen, F. A., and Tromp, J., 1998, Theoretical Global Seismology, Princeton University Press.
- Ben-Menahem, A., and Singh, S. J., 1981, Seismic Waves and Sources, Springer.

عنوان درس به فارسی: مبانی لرزه زمین ساخت

عنوان درس به انگلیسی: ( Fundamentals of Seismotectonics )

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: الزامی

تعداد ساعت: ۱۶ ساعت نظری و ۳۲ ساعت عملی

پیش نیاز: زلزله شناسی ۱

همینا: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ● ندارد ○ سفر علمی ● کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با مفاهیم لرزه زمین ساخت

اهداف رفتاری: دانشجو بتواند رابطه میان رویداد زمین لرزه و فرایندهای تکتونیکی را تحلیل کند

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

اهداف، مفهوم لرزه زمین ساخت، زمین ساخت فعال، نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت و نقش آن در مطالعات کاهش

خطرپذیری زمین لرزه، زمین ساخت صفحه‌ای، زمین ساخت کواترنری، الگوهای دگرریختی،

خطرهای زمین ریخت شناسی،

فصل دوم - خاستگاه زمین لرزه

چشمه‌های ایجاد زمین لرزه (طبیعی، ساخته بشر)، مکان زمین لرزه‌ها (مرکز صفحه‌ای، درون صفحه‌ای)، چرخه دگرشکلی

پوسته (مرحله میان لرزه‌ای، مرحله هم‌لرزه‌ای، مرحله پیش‌لرزه‌ای، مرحله پس‌لرزه‌ای)، لغزش لرزه‌ای و بی‌لرزه، گسل‌های

فعال، گسل‌های با توان جنبش، قطعه‌بندی گسل‌ها، زمین لرزه‌های سرشتی، کاف لرزه‌ای، مهاجرت گسلش و زمین لرزه.

فصل سوم - مدل‌های تجمع و رهایی تنش

لغزش پایدار (Stable Sliding)، لغزش چسبنده/ ناپایدار (Stick-Slip)، نظریه برگشت کشسان (Elastic Rebound)

(Theory)، مدل زمان قابل پیش‌بینی (Time Predictable Model)، مدل لغزش قابل پیش‌بینی (Slip

Predictable Model)

فصل چهارم - گسل سنگها

زون‌های برشی (Shear Zones)، گسل‌های نرم و شکننده، گسل سنگهای شکننده (سریبهای برشی، سریبهای کاتاکلازیت،

شبه ناکلیت‌ها)، گسل سنگهای نرم (سری میلونیت‌ها).

فصل پنجم - ویژگی‌های گسل‌ها

سیما، شناسایی، اندازه، سازوکار، تقسیم‌بندی، ارزیابی توان گسلش و لرزه‌زایی، لغزش‌های میان لایه‌ای، خزش گسلش،



دگرریختی‌های محلی و ناحیه‌ای در پیوند با جنبش گسل‌های لرزه‌زا، رفتار گسل‌ها در ژرفا، مدل سدهای جنبشی (Barrier Model)، مدل تنش‌گاہ (Asperity Model)، جگونگی یخس و انتشار گسل‌ها در زونهای برشی.

### فصل ششم - مقدمه‌ای بر لرزه‌زمینساخت ایران

معرفی ایالت‌های لرزه‌زمینساختی ایران، گسل‌های شناخته شده زمین‌لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌های ویرانگر گذشته.

### فصل هفتم - پیش‌بینی‌های بلندمدت، میان مدت و کوتاه مدت زمین‌لرزه‌ها

آمار، تکتونیک، فیزیکی، پیش‌نشانگرها.

### فصل هشتم - دیرینه زلزله‌شناسی

اهداف، تاریخچه، شواهد، تخمین بزرگی، تعیین زمان رخداد، کاربردها.

### عملی:

بررسی دگرریختی نهشته‌ها و گسل‌های کواترنر و لرزه‌زا در صحراء تهیه نقشه‌های لرزه‌زمینساختی.

### روش ارزیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی	میان‌ترم	ارزشیابی مستمر
✓	✓ آزمون‌های نوشتاری	-	-
	عملکردی: -		

### فهرست منابع:

- 1- Kasahara, K., 1981, Earthquakes Mechanics, Cambridge University Press.
- 2- Keller, E. A., and Pinter, N., 1996, Active Tectonics, Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall.
- 1- Lay, T., and Wallace, T. C., 1995, Modern Global Seismology, Academic Press.
- 2- McCalpin, J. P., (ed.), 2009, Paleoseismology, Academic Press.
- 3- Yeats, R. S., Sieh, K., and Allen, C. R., 1997, The Geology of Earthquakes, Oxford University Press.





عنوان درس به فارسی: زلزله‌شناسی مهندسی

عنوان درس به انگلیسی: (Engineering Seismology)

تعداد واحد: ۳

نوع درس: نظری-عملی

نوع واحد: اجباری-الزامی

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری و ۳۲ ساعت عملی

پیش‌نیاز: زلزله‌شناسی ۱

هم‌نیاز: مبانی لرزه‌زمین‌ساخت

آموزش تکمیلی عملی: دارد ● ندارد ○ سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با مفاهیم زلزله‌شناسی مهندسی

اهداف رفتاری: دانشجو بتواند پارامترهای مورد نیاز مهندسی برای طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زمین‌لرزه را برآورد کند.



سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

اهداف زلزله‌شناسی مهندسی، شدت زلزله و مقیاسهای شدت، نقشه‌های هم‌شدت و هم‌شتاب (مثالهای موردی از ایران).

روش‌های برآورد پارامترهای زلزله‌خیزی، بیشینه بزرگی زمین‌لرزه.

فصل دوم - داده‌های پایه زمین‌لرزه

کاتالوگ زلزله‌ها، ارزیابی کاتالوگ زلزله (بررسی کامل بودن اطلاعات، یکدست کردن کاتالوگ، عدم قطعیت پارامترهای زلزله).

فصل سوم - تضعیف و عوامل مؤثر بر آن

رابطه تضعیف و پارامترهای مؤثر بر آن (نوع گسل، راستگرایی (directivity)، چشمه، مسیر، الگوی تشعشع، ساختگاه و ...)، تضعیف در میدان‌های نزدیک و دور، مدل‌های متداول تضعیف، روابط تضعیف در ایران و جهان.

فصل چهارم - برآورد خطر زلزله

تعیین چشمه‌های لرزه‌زا (خطی، سطحی، حجمی)، تابع چگالی احتمال، روش‌های تحلیل خطر وابسته به زمان و مستقل از زمان، تخمین سطوح مختلف زلزله (بیشینه پذیرفتنی MCE، زلزله مبنای طراحی DBE، بیشینه زلزله

طراحی MDE...، پهنه‌بندی خطر (شدت، شتاب، ...)، مدل کردن عدم قطعیت در برآورد خطر زمین‌لرزه، واهم‌افزایی خطر زمین‌لرزه.

### فصل پنجم - اثر ساختگاه

انتشار امواج و اثرات محلی، امیدانس و جذب ذاتی، تقویت در خاک‌های نرم، روش‌های مختلف تخمین اثر ساختگاه، تهیه طیف طرح و کاربرد آن

عملی:

انجام پروژه تحلیل خطر زمین‌لرزه به روشهای مختلف به گونه‌ای که دانشجویان با جزئیات کار و اصول محاسبات برآورد خطر آشنا شوند.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-	-	آزمون‌های نوشتاری: ✓	✓
-	-	عملکردی: ✓	

فهرست منابع:

- 1- Bozorgnia, y. and Bertero, v.v. (eds.), 2004, Earthquake Engineering, from Engineering Seismology to Performance – based engineering, CRC press.
- 2- Hu, Y. X., Liu, S. C., and Dong, W., 1996, Earthquake Engineering, Taylor & Francis Ltd (United Kingdom).
- 3- Kramer, Steven. L., 1996, Geotechnical earthquake engineering, prentice Hall, 653pp.
- 4- Reiter, L., 1990, Earthquake Hazard Analysis, Colombia University Press.

۵- مقاله‌های علمی جدید در هر موضوع.



عنوان درس به فارسی: زلزله شناسی دستگاهی

عنوان درس به انگلیسی: (Instrumental Seismology)

تعداد واحد: ۲ واحد (۱+۱)

نوع واحد: اختیاری - الزامی

تعداد ساعت: ۱۶ ساعت نظری - ۳۲ ساعت علمی

پیش نیاز: تحلیل سری های زمانی ژئوفیزیکی

همینا: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ● ندارد ○ سفر علمی ○ کارگاه ● آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با تجهیزات و کارکرد ایستگاهها و شبکه های لرزه نگاری

اهداف رفتاری: تعیین مشخصات تجهیزات لرزه نگاری و سنجش عملکرد آنها، قابلیت نصب و راه اندازی ایستگاه لرزه نگاری.



سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

تاریخچه دستگاههای لرزه نگاری و شتاب نگاری، معرفی انواع لرزه سنج ها، ثبات ها و کاربرد آنها.

فصل دوم - مبانی نظری لرزه سنجها

اصول و انواع لرزهسنجها (کوتاه دوره، بلند دوره و بلند پهن- تک مولفه، سه مولفه، درون جاهی، اقیانوسی، لرزه-باب (Geophone) و آب لرزه-باب (Hydrophone)، معادله حرکت لرزهسنج و میرایی نوسانات آن، مفهوم محدوده دینامیکی، پاسخ فرکانسی، نوفه دستگاهی.

فصل سوم - سیستمهای لرزه نگاری

انواع دادههای لرزه نگاری، پاسخ سیستم های لرزه نگاری، کالیبراسیون لرزه سنج ها، اهمیت کالیبراسیون و روشهای مختلف انجام آن

فصل چهارم - شبکه ها و آرایه های لرزه نگاری و شتاب نگاری

معرفی انواع شبکه های لرزه نگاری (دالمنی، موقت، virtual)، معرفی انواع روشهای انتقال داده از ایستگاه به مرکز شبکه، شبکه ها و آرایه ها برای اهداف خاص (مهندسی، نظامی، صنعتی)، عوامل ایجاد خطا در شبکه های لرزه نگاری، جانمایی ایستگاه های لرزه نگاری و عوامل موثر بر کیفیت داده های لرزه نگاری، نوفه لرزه ای و حد استاندارد آن.

عملی:

تعیین پاسخ یک سیستم لرزه نگاری، سنجش عملکرد تجهیزات، کالیبراسیون، تصحیحات دستگاهی، آشنایی با سامانه‌های لرزه نگاری (ایستگاه و شبکه)، طراحی شبکه و تعیین محل ایستگاه، راه اندازی یک ایستگاه لرزه نگاری، استخراج داده ها و پردازش اولیه آنها، کنترل کیفیت سیگنال ثبت شده.

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
	آزمون های نوشتاری: ✓	✓	-
	عملکردی: ✓		

فهرست منابع:

- 1- Aki, K., and Richards, P. G., 2002, Quantitative seismology, Freeman.
- 2- Scherbaum, F., 2007, Of poles and zeros. Fundamentals of digital seismology 2Ed. Springer.
- 3- Havskov, J., Alguacil, G., 2004, Instrumentation in Earthquake seismology. Springer.
- 4- Havskov, J., and Ottemöller, L., 2010, Routine Data Processing in Earthquake Seismology. Springer.
- 5- Borman, P., 2012, IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice. GeoForschungs Zentrum Potsdam.



عنوان درس به فارسی: مبانی مدلسازی در زلزله شناسی  
عنوان درس به انگلیسی: (Fundamentals of Earthquake Modeling)

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: اختیاری

تعداد ساعت: ۳۲

پیش‌نیاز: زلزله‌شناسی ۱، تحلیل سری های زمانی ژئوفیزیکی

همین‌یا: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد  ندارد  سفر علمی  کارگاه  آزمایشگاه  سمینار

اهداف کلی درس: آشنایی با روشهای مدلسازی در زلزله شناسی

اهداف رفتاری: توانایی مدلسازی در زلزله شناسی



سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - چشمه لرزه ای

نیروی متمرکز شده در محیط همگن، چشمه های نقطه ای Dipolar روابط  $Betti$ ،  $Somigliani$  و  $Volterra$ ، هندسه سطح گسل، چشمه های Dipolar در محیطهای همگن، توزیع تنش بر روی یک حفره کروی و چشمه های معادل آنها، تشعشع از چشمه متحرک محدود، تشعشع امواج کشسان به وسیله چشمه های حجمی.

فصل دوم - تولید لرزه نگاشتهای مصنوعی

نظریه پرتو، روش پرتو تعمیم یافته، روش انعکاسی، روش WKBJ، روش عدد موج ناپیوسته، روش تمام موج.

فصل سوم - مساله برگردانی در زلزله شناسی

برگردانی زمانی - سیر، فرمول  $Herglotz$ - $Wiechert$ ، برگردانی زمان سیر برای ساختار با لایه کم سرعت، مساله برگردانی برای لرزه نگاشت انعکاسی، برگردانی لرزه نگاشتهای انعکاسی، فرمول برگردانی برای حالت ناپیوسته، فرمول برگردانی برای حالت پیوسته، مساله برگردانی برای سیستم خطی شده، فضای داده و عدل، برگردانی تعمیم یافته، خطا و قدرت تفکیک برگردانی تعمیم یافته، برگردانی  $maximum$ - $likelihood(x)$  برگردانی  $stochastic$  روشهای  $Gilbert$  و  $Backus$ ، محدودیت به علت غیرخطی بودن، خطاهای غیرگوسی.

فصل چهارم - مدلسازی شکل موج زمین لرزه و تعیین پارامترهای چشمه

مدلسازی امواج حجمی، مدلسازی امواج سطحی، حل تانسور ممان، مدلسازی زمین لرزه های مرکب.

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	-	-

فهرست منابع:

- 1- Aki, K., and Richards, P. G., 2002, Quantitative seismology, Freeman, San Francisco
- 2- Ben Menahem, A., Singh, S. J., 1981. Seismic waves and sources: Springer. Verlag. New York.
- 3- Bouchon, M., 1979, discrete wavenumber representation of elastic wavefield in three-space dimensions: J. Geophys. Res., 84, 3609-3614.
- 4- Cassinis, R., Nolet, G., Panza, G.F., 1989, digital seismology and modeling of the lithosphere: plenum.
- 5- Chapman, C.H., 1974, The turning point of elastodynamic waves: Geophys. J. R. Astr. Soc., 39, 613-621.
- 6- Cormier, V.F., 1980, The synthesis of complete seismograms in an earth model specified by radially inhomogeneous layers: BSSA, 70, 691-716.
- 7- Doornbos, Dark, J., 1988, seismological algorithms: computational methods and computer programs: Academic press.
- 8- Fuchs, K., and Muller, G., 1971, Computation of synthetic seismograms with the reflectivity method and comparison with observations: Geophys. J., 23, 417-433.

فهرست مطالعات:

- Gilbert, F., and Helmberger, D. V., 1972, Generalize ray theory for a layered sphere: Geophys. J. R. str. Soc., 27, 57-80.
- Kennett, B.L.N., 1983, Seismic wave propagation in stratified media: Cambridge university press.
- Kostrov, B. V., DAS, Shamahita, 1988, principles of earthquake source mechanics: Cambridge university press.
- Tarantolla, A., 1987, Inverse problem theory: Elsevier, Amsterdam.



عنوان درس به فارسی: زلزله شناسی جنبش نیرومند زمین  
عنوان درس به انگلیسی: (Strong-Motion Seismology)

تعداد واحد: ۱+۲

نوع واحد: اختیاری

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری - ۳۲ ساعت عملی

پیش نیاز: زلزله شناسی ۱

همیناز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ● ندارد ○ سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: دانشجویان با گذراندن این درس با مبانی برداشش شتابنگاشتها، مطالعه چشمه زمینلرزه ها، مسیر و ساختگاه بر اساس

داده‌های جنبش شدید زمین، اثرهای ساختگاه و شبیه سازی زمینلرزه ها آشنا می شوند.

اهداف رفتاری: دانشجو بتواند شتابنگاشت‌ها را تجزیه و تحلیل کند.

سرفصل درس:

نظری:

فصل ۱ - مقدمه



مروری بر زلزله شناسی مهندسی، تاریخچه دستگاههای شتابنگاری، شبکه‌های شتابنگاری جهان، شبکه شتابنگاری ایران.

فصل ۲- مبانی پردازش شتابنگاشتها

شتابنگاشتهای آنالوگ، شتابنگاشتهای رقمی، تصحیحات اولیه و خطا مبنا شتاب نگاشتها، تدوین کاتالوگ داده‌های شتابنگاری، آشنایی با داده‌های شتابنگاری ایران.

فصل ۳- مطالعه چشمه زمین لرزه بر اساس داده‌های جنبش شدید زمین

مطالعه اثر جهت یافتگی و بررسی جنبش شدید زمین در حوزه نزدیک گسلهای لرزه‌زا (رفتار غیر خطی)، مطالعه افت تنش در نواحی مختلف ایران و مقایسه با نتایج حاصله در نواحی دیگر، برآورد بزرگای ممان و فرکانس گوشه با استفاده از داده های حوزه نزدیک.

فصل ۴- شبیه سازی حرکت شدید زمین

تغییرات مکانی و زمانی حرکات شدید زمین، اثرات انواع چشمه های زمینلرزه ها بر جنبش شدید زمین، طبقه بندی جنس خاک و اثر آن بر جنبش شدید زمین، اثرات مسیر و تاثیر آن بر جنبش شدید زمین، دوام جنبش نیرومند زمین و روشهای برآورد آن، مروری بر روشهای مختلف شبیه سازی حرکات شدید زمین و تاثیر پارامترهای مختلف در برآورد آن.

فصل ۵- مطالعه تضعیف در ژرفای پوسته و در نزدیک سطح (K.Q)

بررسی تضعیف در فرکانس بالا، مروری بر اثرهای چشمه و ساختگاه در تضعیف‌های ژرفی و نزدیک سطح در پوسته، بررسی مقادیر مختلف K.Q و تغییرات آنها در نواحی مختلف ایران، مقایسه مقدار آنها با نواحی دیگر جهان.

فصل ۶- مدل‌های تضعیف جنبش شدید زمین

تضعیف پارامترهای پیشینه تضعیف مقدارهای طیفی، مدل‌های تضعیف در نواحی مختلف جهان و رده بندی روابط مختلف، معرفی مدل‌های تضعیف برای نواحی مختلف لرزه زمین‌ساختی ایران.

## فصل ۷- مطالعه طیف پاسخ جنبش شدید زمین

نهی طیف طرح، روشهای مختلف ارائه طیف طرح، آشنایی با مطالعات انجام شده در ایران برای ارائه طیف طرح در نواحی مختلف، مقایسه طیف طرح ایران با طیفهای اروپایی، ژاپن و ایالات متحده.

### واحد عملی

آشنایی با نرم افزارهای موجود برای مطالعه جنبش شدید زمین، پردازش دادههای شتابنگاری، محاسبات طیفی

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	✓	✓ آزمون های نوشتاری:	✓
		عملکردی: -	

### ۱. فهرست منابع:

2. Bullen, B., and Bolt, 1985. An introduction to the theory of seismology, Cambridge Press.
3. Hudson, H., 1980. Reading and interpretation of strong motion accelerograms. EERI Pub.
4. Kanai, K., 1982. Engineering seismology, Tokyo University Press.
5. Lay, T., and Wallace, T. C., 1995. Modern global seismology, Academic Press.





عنوان درس به فارسی: لرزه زمین ساخت ایران

عنوان درس به انگلیسی: (Seismotectonics of Iran)

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: اختیاری

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری

پیش نیاز: زلزله شناسی ۱

همنیاز: مبانی لرزه زمین ساخت

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی ● کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با لرزه زمین ساخت نواحی مختلف ایران

اهداف رفتاری: دانشجو بتواند رابطه میان رویداد زمین لرزه و فرایندهای تکتونیک را در ایران تحلیل کند

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

ساختار درونی زمین، ساختار سرعتی پوسته، دگرشکلی پوسته و گوشته، دگرشکلی شکننده و شکل پذیر، محیط های زمین ساختی، سازوکار کانونی زمین لرزه ها و تحلیل تنش و کرنش

فصل دوم - ایالت های لرزه زمین ساختی ایران

تاریخچه تقسیم بندی ایران به ایالت های لرزه زمین ساختی، معیارهای تعیین ایالت های لرزه زمین ساختی (معیارهای زمین شناسی و تکتونیک، معیارهای زلزله شناسی، معیارهای ژئوفیزیکی، معیارهای ژئودتیک)

فصل سوم - لرزه زمین ساخت البرز

جایگاه زمین ساختی، زمین شناسی و چینه شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین خوردگی، الگوی لرزه خیزی، ساخت های فعال، گسل ها و زون های زمین لرزه ای، زمین لرزه های شاخص و ویژگی های آنها، جنبش های افقی، جنبش های قائم، زمین لرزه ها و فعالیت آتشفشانی، افراز کرنش (لغزش)

فصل چهارم - لرزه زمین ساخت شمال شرق ایران (کبه داغ، بینالود و ...)

جایگاه زمین ساختی، زمین شناسی و چینه شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین خوردگی، الگوی لرزه خیزی، ساخت های فعال، گسل های زمین لرزه ای، جنبش های افقی، جنبش های قائم، زمین لرزه های شاخص و ویژگی های آنها، افراز کرنش، الگوی گسلش

فصل پنجم - لرزه زمین ساخت شمال غرب ایران

جایگاه زمین ساختی، زمین شناسی و چینه شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین خوردگی، الگوی لرزه خیزی، ساخت های فعال، گسل ها و زون های زمین لرزه ای، زمین لرزه های شاخص و ویژگی های آنها، جنبش های افقی، جنبش های قائم، زمین لرزه ها و فعالیت آتشفشانی، افراز کرنش (لغزش)، کاف لرزه ای، زمین ساخت گریختی (Escape Tectonics)

### فصل ششم - لرزه زمین ساخت زاگرس

جایگاه زمین ساختی، زمین شناسی و چینه شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین خوردگی، الگوی لرزه خیزی، ساخت های فعال، گسل ها و زون های زمین لرزه ای، زمین لرزه های شاخص و ویژگی های آنها، جنبش های افقی، جنبش های قائم، افراز کرنش (لغزش)، دگرشکلی لرزه ای و بی لرزه، نکتونیک وارون (Inverse Tectonics)، خطواره عمان و زون گذار زاگرس - مکران

### فصل هفتم - لرزه زمین ساخت مکران و جنوب شرق ایران

جایگاه زمین ساختی، زمین شناسی و چینه شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین خوردگی، الگوی لرزه خیزی، ساخت های فعال، گسل ها و زون های زمین لرزه ای، زمین لرزه های شاخص و ویژگی های آنها، جنبش های افقی، جنبش های قائم، کاف لرزه ای، زمین لرزه ها و فعالیت آتشفشانی، ژرفناوه مکران، کمان آتشفشانی تفتان - بزمان - سلیمان، لرزه خیزی فرونشست جازموریان

### فصل هشتم - لرزه زمین ساخت ایران مرکزی و شرق ایران

جایگاه زمین ساختی، زمین شناسی و چینه شناسی، ساختار پوسته، گسلش و چین خوردگی، الگوی لرزه خیزی، ساخت های فعال، گسل ها و زون های زمین لرزه ای، زمین لرزه های شاخص و ویژگی های آنها، جنبش های افقی، جنبش های قائم، کاف لرزه ای زمین لرزه ها، لرزه خیزی بیرامون بلوک لوت، مهاجرت زمین لرزه، چرخش سامانه های گسلی

### فعالیت جنبی:

مشاهده میدانی گسل های زمین لرزه ای، بازدید از یک منطقه با سابقه رویداد زمین لرزه مخرب

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	✓

### فهرست منابع:

1- Ambraseys, N. N. and Melville, C. P., 1982, A History of Persian Earthquakes, Cambridge University Press, Cambridge.

2-Berberian, M., 2014, Earthquakes and Coseismic Surface Faulting on the Iranian Plateau, Elsevier.

3- Yeats, R. S., Sieh, K., and Allen, C. R., 1997, The Geology of Earthquakes, Oxford University Press.

➤ مقاله های منتشر شده در مجلات معتبر بین المللی و داخلی در مورد زمین ساخت فعال، ایالت های لرزه زمین ساختی و

لرزه زمین ساخت ایران.



عنوان درس به فارسی: پیش‌نشانگرهای زلزله

عنوان درس به انگلیسی: (Earthquake Precursors)

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت

نوع درس: نظری

نوع واحد: اختیاری

پیش‌نیاز: زلزله‌شناسی ۱

آموزش تکمیلی عملی: دارد  ندارد  سفر علمی  کارگاه  آزمایشگاه  سمینار

اهداف کلی درس: آشنایی با پیش‌نشانگرهای زلزله.

اهداف رفتاری: توانایی شناسایی پیش‌نشانگرها برای هشدار زلزله

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - مقدمه

تعریف و تاریخچه پیش‌بینی و پیش‌نشانگرهای زلزله، ساختار پیش‌بینی زلزله (پیش‌بینی‌های آماری، زمینساختی و فیزیکی)، چرخه زمینلرزه، قانون تجمع تنش زمینساختی، کاف لرزه‌ای، مهاجرت فعالیت پوسته.

فصل دوم - انواع پیش‌نشانگرهای زلزله

دگرشکلی سطح زمین، تغییرات میدان مغناطیسی زمین، تغییرات مقاومت الکتریکی زمین، تغییرات سرعت امواج لرزه‌ای، تغییرات نسبت  $V_p$  به  $V_s$ ، تغییرات مقدار  $b$ ، بی‌هنجاری اهنگ و الگوی لرزه‌خیزی، تغییرات مقدار گازهای رادیواکتیو (رادون) حل شده در آب زیرزمینی، رفتار غیرعادی حیوانات، و ....

فصل سوم - روشهای پایش پیش‌نشانگرهای زلزله

پایش پیش‌نشانگرها در دوره‌های تاریخی، پایش پیش‌نشانگرها در دوره جدید، تجهیزات اندازه‌گیری و پایش پیش‌نشانگرها و چیدمان آنها.

فصل چهارم - مدل‌ها و تجربه‌ها

مدل اتساع (Dilatancy model)، سازوکار فیزیکی اتساع، مدل پخش اتساع در محیط‌های آبدار و خشک، دگرشکلی زمین و تعمیر پارامترهای فیزیکی. زمان پیش‌نشانگری (precursor time)، رابطه میان بزرگی زمینلرزه و زمان پیش‌نشانگری، تجربه‌های زمان پیش‌نشانگری برای پیش‌نشانگرهای مختلف در ایران و جهان.

فصل پنجم - زلزله‌های قابل پیش‌بینی و هشدار زلزله

تشریح نمونه‌هایی از زمینلرزه‌های پیش‌بینی شده در دنیا یا تاکید بر پیش‌نشانگرهای آنها، هشدار (warning) زلزله و سطوح آن، سامانه‌های هشدار زلزله، آمادگی در برابر زلزله برای کاهش خطریذیری.



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓		-
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

- 1- Kasahara, K., 1981, Earthquakes Mechanics, Cambridge University Press.
- 2- Keller, E. A., and Pinter, N., 1996. Active Tectonics, Earthquakes, Uplift, and Landscape, Prentice Hall.
- 3- Kisslinger, C., and Sasaki, Z., 1980, Earthquake Precursors (Advances in Earth and Planetary Science), Springer.
- 4- Wyss, M., 1991, Evaluation of Proposed Earthquake Precursors, Amer Geophysical Union.
- 5- Zongjin, M., Zhengxiang, F., Yingzhen, Z., Chengmin, W., Guomin, Z., and Defu, L., 1990, Earthquake Prediction: nine major earthquakes in China, Seismological Press Beijing.

فهرست مطالعات:

مقاله های منتشر شده در مجلات معتبر بین المللی و داخلی در مورد پیش نشانگرهای زمین لرزه و سامانه های هشدار:



عنوان درس به فارسی: مبانی زلزله‌شناسی دیرین

عنوان درس به انگلیسی: (Fundamentals of Paleoseismology)

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: اختیاری

تعداد ساعت: ۳۲

پیش‌نیاز: زلزله‌شناسی ۱، زمین‌شناسی ساختاری

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ●

اهداف کلی درس: آشنایی با مفاهیم و واژه‌های دیرینه زلزله‌شناسی و کاربرد آنها در زلزله‌شناسی و زمین‌ساخت فعال

اهداف رفتاری: توانایی کاربرد زلزله‌شناسی دیرین در زلزله‌شناسی و زمین‌ساخت فعال

سرفصل درس نظری:

- مقدمه

هدف و تاریخچه زلزله‌شناسی دیرین، نشانه‌های زمین لرزه‌های دیرین، دسته‌بندی شواهد دیرینه زمین‌لرزه (شواهد اولیه و شواهد ثانویه زلزله‌های دیرین)، تکامل بودن داده‌های دیرین زمین‌لرزه‌ها، نقش زلزله‌شناسی دیرین در تخمین خطر زلزله.

### فصل اول - گسل‌های فعال

گسله‌ها، پدیده‌های مهم گسلی، فعالیت گسل‌ها و روش‌های بررسی آن (ژئودتیک، لرزه‌ای، تاریخی، زمین‌شناسی)، روش‌های زلزله‌شناسی دیرین جهت تعیین چشمه‌های لرزه‌ای فعال (نقشه‌برداری، تحلیل زمین‌ریخت‌شناسی، تحقیقات زیرسطحی، سنجش از دور)، نرخ فعالیت و دوره تکرار.



### فصل دوم - تکنیک‌های صحرائی در زلزله‌شناسی دیرین

استفاده از کانالوگ‌ها و تجربه‌های امروزی، مطالعه دگرشکلی، نقشه‌برداری چینه‌شناختی، تکنیک‌های ژئوفیزیکی برای مشخص کردن ویژگی‌های زمین‌شناسی زیرسطحی در زونهای گسلی و شناسایی گسل‌های پنهان شامل منتهای لرزه‌ای رادار نفوذ (GPR)، روش‌های مغناطیسی و گرانشی، انواع حرکات توده‌ای (زمین لغزش - خزش - جریان واریزه‌ای - سنگ ریزش)، ترانشه زنی (تعیین محل، تدارکات برای گود برداری، انواع روش‌های گودبرداری، خطرات ترانشه زنی، آماده‌سازی برای تهیه نگاره، تشخیص و علامت گذاری محل‌های برخورد)، حفاری و نمونه برداری، تفسیر نگاره‌ها، رویدادهای چند باره، تعیین زمان وقوع رویدادها.

### فصل سوم - تعیین سن زلزله‌های دیرین

تعیین سن نسبی بر اساس شواهد زمین‌ریخت‌شناسی و چینه‌شناسی، تعیین سن

مطلق رسوبات و خاک ها بکدام روش های مختلف (کربن ۱۴، لومینسانس گرمایی، لومینسانس نوری، سایر روشها).

### فصل چهارم - کاربرد داده‌های زلزله‌شناسی دیرین

روش های تعیین بزرگی زلزله های دیرین، نرخ لغزش زلزله های دیرین و رویداد مجدد زمینلرزه ها، قطعه بندی گسل ها، مدل های مختلف رویداد مجدد زمینلرزه، برآورد خطر زلزله.

### فصل پنجم - مطالعات صحرائی

تشریح نمونه هایی از مطالعات انجام یافته در ایران و جهان.

#### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	-
		عملکردی: -	

#### فهرست منابع:

1. Keller, M., and Pinter, N., 1996, Active Tectonics, Academic Press.
2. McCalpin, J. P., (ed). 2009, Paleoseismology, Academic Press

#### فهرست مطالعات: -

- McCalpin, J. P., (ed). 1996, Paleoseismology, Academic Press



عنوان درس به فارسی: لرزه شناسی  
عنوان درس به انگلیسی: (Seismology)

تعداد واحد: ۳

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری - ۳۲ ساعت عملی

نوع درس: نظری- عملی

نوع واحد: اختیاری

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد \* ندارد سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ● سمینار ●

اهداف کلی درس: آشنایی با مفاهیم اولیه انتشار موج در لایه بندی های مختلف و روشهای مختلف عملیات لرزه نگاری

اهداف رفتاری: آشنایی دانشجویان با مبانی و کاربرد لرزه شناسی اکتشافی

سرفصل درس:

نظری:



فصل اول - مروری بر مفاهیم تئوری انتشار امواج لرزه ای

تنش، کرنش، قانون هوک، ضرایب کنشسانی، معادله موج، اصل هویگنس، قانون اسنل، انواع امواجی که در لرزه ثبت می‌شوند، سرعت گروه و سرعت فاز، چگالی انرژی، گسترش هندسی، جذب انرژی، افراز انرژی در سطوح جدایی دو لایه، مقاومت صوتی، ضریب بازتاب و عبور انرژی.

فصل دوم - چشمه های انرژی، گیرنده ها و دستگاه های ثبت لرزه ای

چشمه های ضربه ای و ارتعاشی و مشخصه حاصل از آنها، ژئوفونها و هیدروفونها و مشخصه آنها، دستگاه ها ثبت داده های لرزه ای و مشخصات آنها.

فصل سوم - لرزه نگاری شکست مرزی

نمودارهای زمان - مسافت موج شکست مرزی برای مدل های دو لایه و سه لایه تخت و شیبدار، آشنایی با عملیات، محدودیت ها.

فصل چهارم - لرزه نگاری بازتابی

منحنی بازتابی - مسافت امواج بازتابی برای مدل های ساده تخت و شیبدار، نمودارهای زمان - مسافت امواج پراشیده و تکراری، برنامه ریزی عملیات لرزه ای بازتابی دو بعدی، روشهای عملیات لرزه دو بعدی در خشکی و دریا، توفه ها، آرایه گیرنده ها، آرایه چشمه ها.

فصل پنجم - لرزه نگاری درون چاهی

روش های عملیات لرزه ای پایین چاهی، بالا چاهی، بین چاهی و VSP با دورافت صفر.

عملی:

برداشت و پردازش داده های لرزه ای دوبعدی و اندازه گیری سرعت امواج لرزه ای در نمونه های آزمایشگاهی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	۳۰٪ در آزمون نهایی اثر دارد	آزمون های نوشتاری: ۵۵٪ عملکردی: -	۱۵٪

فهرست منابع:

1. Dobrin, M. B., and Savit, C. H., 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, McGraw-Hill.
2. Sheriff, R.E., and Geldart, L.P., 1995, Exploration seismology, Cambridge University press.
3. Telford, W.M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E., 1998, Applied Geophysics, Cambridge University Press.
4. Waters, K. H., 1981, Reflection Seismology, John Wiley & Sons.

فهرست مطالعات:

- Udias, A., 1999, Principles of Seismology, Cambridge University Press.





عنوان درس به فارسی: ژئوالکتریک

عنوان درس به انگلیسی: (Geoelectrics)

تعداد واحد: ۳ (۱۰۲)

نوع واحد: اختیاری

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری - ۳۲ ساعت عملی

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ● ندارد ○ سفر علمی ● کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ●

اهداف کلی درس: آشنایی با خواص الکتریکی سنگها و روشهای مختلف ژئوالکتریک در تعیین مقاومت ویژه

اهداف رفتاری: طراحی عملیات یک بعدی، برداشت داده های مقاومت ویژه و تفسیر یک بعدی داده های سونداژ مقاومت ویژه

الکتریک

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - خواص الکتریکی سنگها و کانیها

خواص الکتریکی، انواع رسانش، مقطع ژئوالکتریک لایه‌ای و خواص آن، مقاومت ویژه الکتریکی و محدوده تغییرات آن، ثابت

دی الکتریک، انواع رسانش، ارتباط مقاومت ویژه با پارامترهای مختلف (تخلخل، اشباع‌شدگی، محتوی رس و مقاومت ویژه آب داخل

حفره سنگها)، روابط آرچی، طبقه‌بندی سنگها با توجه به مقاومت ویژه.

فصل دوم - دیگر روشهای الکتریکی

الف - چشمه های طبیعی

پتانسیل خودزا - تلوریک - مگنتوتلوریک

ب - چشمه های مصنوعی

EM, VLF, موج پیوسته (CW), AFMAG, GPR, IP



فصل سوم - مبانی نظری روش مقاومت ویژه

پتانسیل در محیطهای همگن، تک الکتروود جریان در عمق و در سطح، دو الکتروود جریان در سطح، الکتروودهای خطی در

سطح، توزیع جریان در عمق، واپیچش شارش جریان در سطح مشترک تخت، نظریه تصویر، تک الکتروود جریان در سطح (حالت دو

لایه)، سیستم چهار الکتروودی، فاکتور هندسی، تعیین معادله آباک دو لایه برای آرایه‌های مختلف (ونر، شلومبرژه، دو قطبی - دو

قطبی)، مجانبها.

فصل چهارم - آرایه‌های مقاومت ویژه

ونر، شلومبرژه، ونر-شلومبرژه، سه نقطه (گرادیان)، شعاعی، اتصال به جرم، قطبی - قطبی (نیم ونر)، دو قطبی - دو قطبی،

قطبی - دو قطبی.

### فصل پنجم - روشهای برداشت و تفسیر داده‌های مقاومت ویژه

پروفیل زنی و نر، جداسازی عرضی (CDT) سوندازنی، تفسیر خام، تفسیر به روش مجانب، وارون سازی یک بعدی با تطبیق منحنی صحرانی با آباک دو لایه، انواع منحنی‌های صحرانی سه لایه، تخمین حداقل عمق سنگ کف، استفاده از نقاط می‌نیمم و ماکزیمم، منحنی‌های کمکی سه لایه (A, Q, H, K)، اصل برابری، اصل اختفا، خطاهای حاصل از گسل در تفسیر، روشهای تعیین تغییرات جانبی مقاومت ویژه (پروفیل زنی)، ترکیب سوندازنی و پروفیل زنی (شبه مقطع)، وارون سازی دوبعدی.

### فصل ششم - کاربرد روش مقاومت ویژه

آبهای زیرزمینی (سازند سخت و نرم)، اکتشاف معادن، ساختارهای شیبدار، گسل قائم، اجسام استوانه‌ای شکل.

عملی: آشنایی با دستگاههای اندازه‌گیری، داده‌برداری، تفسیر داده‌ها

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	۴۰٪ در آزمون نهایی اثر دارد	آزمون های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	-

### فهرست منابع:

- 1- Keller, G. V., and Frischknecht, F. C., 1982, Electrical Methods in Geophysical Prospecting, Pergamon Press.
- 2- Milsom, J., 1996, Field Geophysics, John Wiley & Sons.
- 3- Patra, H. P., and Nath, S. K., 1999, Schlumberger Goelectric Sounding in Ground Water, Balkema.
- 4- Kaufman, A.A., and Anderson B.I., 2010, Principles of Electric Methods in Surface and Borehole Geophysics, Elsevier

### فهرست مطالعات:

- Telford, W. M., Geldart L. P., and Sheriff, R. E., 1998, Applied Geophysics, Cambridge University Press.
- Zhdanov, M. S., and Keller G. V., 1994, The Goelectrical Methods in Geophysical Exploration, Elsevier.



عنوان درس به فارسی: مبانی گرانی سنجی  
عنوان درس به انگلیسی: (Elementary Gravimetry)

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری

نوع درس: نظری

نوع واحد: اختیاری

پیش‌نیاز: -

هم‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با مفاهیم اولیه در گرانی سنجی و روشهای مختلف عملیات گرانی سنجی

اهداف رفتاری: آشنا شدن با مبانی نیروی جاذبه و استفاده عملی از داده های گرانی و تصحیحات مربوط

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول - میدان و پتانسیل

قانون گرانش جهانی نیوتون، ثابت جهانی گرانش، روش تعیین ثابت جهانی گرانش، واحد شتاب گرانی، میدان گرانشی، پتانسیل گرانشی، میدان گرانی، پتانسیل گرانی، خواص تابع پتانسیل، معادله لاپلاس، معادله پواسون، سطوح تراز، خطوط نیرو، سطوح هم پتانسیل، انحنای قائم و روش تعیین آن، شکل ریاضی زمین (بیضوی)، انواع بیضوی، میدان گرانی نرمال، شتاب گرانی نرمال، انحراف قائم، فرمول محاسبه گرانی نرمال، موجواری زمینیوار، فرمول برونز.

فصل دوم - تصحیح های گرانی و بی‌هنجاری ها

تصحیح دستگاهی (رانه)، تصحیح هوای آزاد، تصحیح صفحه بوگه، تصحیح توپوگرافی (زمینگان)، تصحیح عرض جغرافیایی، تصحیح پری-پوانکاره، بی‌هنجاری های گرانی، بی‌هنجاری هوای آزاد، بوگه ساده، بوگه کامل.

فصل سوم - هم ایستایی (ایزوستازی)

تعریف هم ایستایی، فرضیه های هایفورد - پرات، ابری - هیسکانن، ونینگ ماینز، تصحیح هم ایستایی.

فصل چهارم - کشند (جزر و مد)

تعریف کشند، محاسبه مربوط به کشند، تصحیح کشند روی اندازه گیری های گرانی، کشند اقیانوسی، کشند پوسته.

فصل پنجم - اندازه گیری های گرانی

اندازه گیری بر روی شبکه های گرانی، اندازه گیری های پروفیلی، انواع شبکه های اندازه گیری (شبکه های محلی، شبکه های کشوری، شبکه های منطقه ای، شبکه های جهانی)، کالب زنی دستگاه های گرانی، خط کالب زنی گرانی، کالب-زنی با استفاده از تغییرات عرض جغرافیایی، کالب زنی با استفاده از تغییرات ارتفاع، خط کالب زنی گرانی ایران.



### فصل ششم - دستگاههای اندازه‌گیری گرانی و گرادیان سنج‌ها

دستگاه‌ها و روشهای اندازه‌گیری گرانی مطلق، آونگ‌ها (آونگ ریاضی، آونگ برگشت پذیر)، تصحیح‌های مربوط به آونگ-های برگشت پذیر، روش سقوط و پرتاب آزاد، نمونه‌ای از دستگاه‌های تعیین گرانی مطلق، گرانی سنج‌ها، نوع خطی، نوع ناپایدارنما، گرانی سنج‌های ویژه (دریایی، هوایی، ثبات کشنده)، گرادیان سنج‌ها، ترازوی انوووش، شتاب سنج‌ها.

#### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
-	-	آزمون‌های نوشتاری: ✓	-
		عملکردی: -	

#### فهرست منابع:

- 1- Blakely, R. J., 1996, Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications, Cambridge University Press.
  - 2- Dobrin, M. B., and Savit, C. H., 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, McGraw-Hill.
  - 3- Grant, F. S., and West, G. F., 1965, Interpretation Theory in Applied Geophysics, McGraw-Hill.
  - 4- Heiskanen, W., and Moritz, H., 1967, Physical Geodesy, Freeman and Company.
  - 5- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sherif, R. E., 1998, Applied Geophysics, Cambridge University Press.
- ۶- تلفورد و همکاران، ژئوفیزیک کاربردی، ترجمه به زبان فارسی توسط دکتر حسین زمردیان، حسن حاجب حسینی، جلد اول، چاپ چهارم ۱۳۹۲، موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

#### فهرست مطالعات:



عنوان درس به فارسی: ژئومغناطیس ۱  
عنوان درس به انگلیسی: (Geomagnetism I)

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری

نوع درس: نظری

نوع واحد: اختیاری

پیش‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد • ندارد ○ سفر علمی ○ کارگاه • آزمایشگاه • سمینار ○

اهداف کلی درس: آشنایی با علم ژئومغناطیس

اهداف رفتاری: آشنایی با میدان مغناطیسی زمین و مولفه‌های آن در هر نقطه از سطح زمین، تغییران میدان مغناطیسی و دستگاه‌های اندازه‌گیری میدان و اکتشافات مغناطیسی  
سرفصل درس:

فصل اول - میدان اصلی

پتانسیل و میدان دو قطبی مغناطیسی، تجزیه میدان به مؤلفه‌های آن، قطبهای مغناطیسی کره زمین، ماده در میدان مغناطیسی، واحدها، منحنی هیستریزس، طبقه‌بندی مواد، آزمایش گوس، هارمونیک‌های کروی و ضرایب گوس، علل مغناطیس بودن کره زمین، تئوری دینام مغناطیسی، مگنتوهیدرودینامیک.

فصل دوم - تغییرات میدان مغناطیسی

تغییرات طولانی میدان، تغییرات زودگذر، فصول ژئومغناطیسی، رصدخانه‌های مغناطیسی، اندیس‌های مغناطیسی، طوفان مغناطیسی، شفق قطبی، تقسیم سطح از استوا تا قطب به ۳ منطقه.

فصل سوم - حرکت ذرات باردار

در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، انواع حرکت‌ها، فیزیک پلاسما، کمربندهای وان‌الن.

فصل چهارم - یونسفر

جریانهای الکتریکی یونسفر، رابطه یونسفر با تغییرات میدان مغناطیسی، روشهای مطالعه یونسفر.

فصل پنجم - دستگاههای اندازه‌گیری

در رصدخانه‌ها، در اکتشافات، در دیرینه مغناطیس.

فصل ششم - اکتشاف به روش مغناطیسی

روشهای برداشت داده‌ها، پردازش داده‌ها، تفسیر داده‌ها.



### فصل هفتم - مغناطیس سنگها و دیرینه مغناطیس

تعاریف فیزیکی، بازماندهای مغناطیسی، دیرینه مغناطیس، وارونگی میدان، کاربردهای دیرینه مغناطیس.

### فصل هشتم - مغناطیس فضائی

مگنتوسفر، خورشید باد.

### فصل نهم - هدایت الکتریکی لایه‌های کره زمین

ضریب هدایت الکتریکی، شار گرمایی، تغییرات شعاعی هدایت الکتریکی و مدل‌های ارائه شده، تغییرات جانبی هدایت الکتریکی (اکتشاف به روش EM).

عملی: آموزش کار با دستگاه مغناطیس سنج پروتون و GPS، طراحی عملیات برداشت مغناطیسی، برداشت داده‌های مغناطیسی، پردازش و تفسیر داده‌ها، تهیه گزارش عملیات اکتشاف مغناطیسی، آموزش کار با دستگاه پذیرفتاری سنج.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
-	-	آزمون های نوشتاری: ✓	-
		عملکردی: -	

### فهرست منابع:

1. Campbell, W. H., 2003, Introduction to Geomagnetic Fields, Cambridge University Press.
2. Merrill, R. T., McElhinny, M. W., and McFadden, P. L., 1998, The Magnetic Field of the Earth, Academic Press.
3. Parkinson, W.D., 1983, Introduction to Geomagnetism, Elsevier
4. Chapman, S., and Bartels, J., 1940, Geomagnetism Vols. 1 and 2, Oxford University Press.
5. Lanza, R. and Antonio Meloni, 2006, The Earth's Magnetism, Springer.
6. Jacobs, J. A., 1989, Geomagnetism, Vols. 1 , 2 and 3, Academic Press.

### فهرست مطالعات:



عنوان درس به فارسی: ژئودینامیک  
عنوان درس به انگلیسی: (Geodynamics)

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت نظری

نوع درس: نظری

نوع واحد: اختیاری

پیش‌نیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد O ندارد O سفر علمی O کارگاه O آزمایشگاه O سمینار O

اهداف کلی درس:

اهداف رفتاری:

سرفصل درس:

### فصل اول - وشکسانی کشسانی (ویسکو الاستیسیته)

مدلهای رنولوژی، ممان و معادلات پواسون، حل معادلات ممان و پواسون از طریق بسط هماهنگهای کروی، حل‌های اسکروئیدی و توروئیدی برای حالت غیر قابل تراکم، زمانهای معکوس Relaxation برای مدل‌های زمین غیرقابل تراکم، بارگذاری زمین، بارگذاری داخلی (زمین لرزه، نواحی فرورانش)، بارگذاری سطحی (جرم نقطه‌ای و نیروی کشند)، جابجایی و آشفستگی در پتانسیل گرانشی، روش تقریبی برای هماهنگهای درجه بالا، اعداد لاو و بار.

### فصل دوم - مدل‌های چند لایه‌ای

مدلهای تحلیلی برای زمین چند لایه‌ای وشکسانی کشسان کروی، گرانیروی یکنواخت مانتو و لیتوسفر الاستیک، گرانیروی Convex مانتو و لیتوسفر الاستیک و ویسکو الاستیک.

### فصل سوم - سرگردانی قطبی و $\alpha_1$ ایجاد شده توسط بارگذاری ورقه‌های یخی

سرگردانی واقعی قطب (TPW)، تعیین گرانیروی مانتو از داده‌های TPW و  $\alpha_1$ ، تغییرات عمقی گرانیروی مانتو دولایه‌ای، گرانیروی مانتو فوقانی، دوره‌های عصر یخبندان و مسیر سرگردانی قطبی، اثرات تغییرات فازی در مقابل لایه‌بندی شیمیایی، ارتباط بین گرانیروی مانتو و تباین چگالی.

### فصل چهارم - آشکارسازی میدان گرانی وابسته به زمان و تغییر جهانی

تغییرات در مؤلفه‌های طول موج بلند ژئوئید توسط روش‌های SLR، ارتباط بین گرانیروی مانتو تختانی و عدم توازن جرم.

### فصل پنجم - تغییرات سطح دریا

تغییرات سطح دریا و بی‌هنجاریهای گرانی و ژئوئید بعلت دوران بین-یخبندان نوسانات سطح دریا در اثر سرگردانی قطبها، تغییرات سطح دریا در اثر فرورانش.



فصل ششم - زمینساخت صفحه‌ای

تنش و کرنش در دو و سه بعد، لیتوسفر، نواحی فرورانش، گسل‌های امتداد لغز، نقاط داغ و جریانهای مانتوی قاره‌ها، دیرینه مغناطیس و حرکات صفحات، اتصالات سه‌گانه، دوره Wilson، فعالیتهای آتشفشانی و جریانهای گرمایی.

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓ عملکردی: -	-	-

فهرست منابع:

- 1- Davies, G. F., 2001, Dynamic Earth, Cambridge University Press.
- 2- Sabadini, R., and Vermeersen, B., 2004, Global Dynamics of the Earth, Kluwer Academic Publishers.
- 3- Turcotte D. L., and Schubert, G., 2002, Geodynamics, Cambridge University Press.
- 4- Watts, A. B., 2001, Isostasy and Flexure of the Lithosphere, Cambridge University Press.





عنوان درس به فارسی: روش های سن یابی ایزوتوپیک و رادیومتریک و کاربرد آنها در ژئوفیزیک

عنوان درس به انگلیسی: (Isotopic and Radiometric dating methods and their application in Geophysics)

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: اختیاری

تعداد ساعت: ۳۲

پیش نیاز: -

همنیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ○ ندارد ● سفر علمی ○ کارگاه ○ آزمایشگاه ○ سمینار ●

اهداف کلی درس: آشنایی با روشهای سن یابی و کاربردهای آنها در دیرینه زلزله شناسی و دیرینه اقلیم شناسی در ایران و جهان

اهداف رفتاری: نقش سن یابی در مرتبط نمودن مطالعات دیرینه زلزله شناسی و دیرینه اقلیم شناسی و باستان شناسی

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول: مقدمه

اهداف این درس، تعریف، اهمیت و تاریخچه انواع روش های سن یابی نسبی و مطلق و بازه زمانی و دقت و مزایا و محدودیت های

آنها، اهمیت و تاریخچه دیرینه شناسی در علوم زمین

فصل دوم: روش های سن یابی ایزوتوپیک

رادیوکربن، کاسموژنیک، پتاسیم-آرگون، آرگون-آرگون، روش های سری اورانیوم

فصل سوم: روش های سن یابی رادیومتریک

لومینسانس گرمایی، لومینسانس توری، لومینسانس تک دانه، الکترون اسپین رزونانس، فیشن ترک

فصل چهارم: کاربردها

مطالعات خطرات طبیعی (زلزله، سونامی، آتشفشان، سیل و خشکسالی)

دیرینه اقلیم شناسی

باستانشناسی

تحقیقات مشترک دیرینه زلزله شناسی- دیرینه اقلیم شناسی و باستانشناسی

مهندسی سازه

توضیح: در موارد فوق مثالهایی از مطالعات انجام شده در ایران و جهان ارائه خواهد شد.



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
-	آزمون های نوشتاری: ✓	-	-
	عملکردی: -		

فهرست منابع:

- 1- Noller, J S., Sowers, J M., Lettis, WR., 2000. Quaternary Geochronology methods and applications, American Geophysical union , Washington Dc P 569.
- 2- Rink, J., Thompson, J., Encyclopedia of Scientific Dating Methods, 2013 Springer Publishing Product Development.
- 3- Published papers



عنوان درس (فارسی)	تعداد واحد	نوع واحد	کمبود	<input type="checkbox"/> نظری	دروس پیشنهاد
سمینار	۲			<input type="checkbox"/> عملی	
عنوان درس (انگلیسی)	تعداد ساعت	نوع واحد	الزامی	<input type="checkbox"/> نظری	دروس اصلی
Seminar	۳۲			<input type="checkbox"/> عملی	
		آموزش تکمیلی عملی		<input type="checkbox"/> دارد	<input type="checkbox"/> ندارد
		<input type="checkbox"/> سفر علمی	<input type="checkbox"/> کارگاه	<input type="checkbox"/> آزمایشگاه	<input checked="" type="checkbox"/> سمینار
اهداف کلی درس			اهداف رفتاری		
آشنایی سازی دانشجویان با روش تحقیق، گزارش نویسی، مقاله نویسی، پیشینه تحقیق					
سرفصل یا رؤس مطالب:					
موضوع و محتوای درس سمینار با پیشنهاد استاد راهنما و تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی مربوطه تعیین می شود					
روش ارزیابی:					
ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی		پروژه	
		آزمون نوشتاری	آزمون عملکردی		
فهرست منابع:					

