دانشگاه تهران

مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس

دوره: کارشناسی ارشد

رشته : اقیانوس شناسی فیزیکی

موسسه ژئوفیزیک

مصوبه جلسه مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۴ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه

این برنامه بر اساس آیین نامه وزارتی تفویض اختیارات برنامه ریزی درسی به دانشگاههای دارای هیات ممیزه توسط اعضای هیات علمی گروه فضا موسسه ژئوفیزیک بازنگری و در چهار صد و پنجاه و هشتمین جلسه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۴ به تصویب رسیده است.

مصوبه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه تهران در خصوص برنامه درسی

رشته: اقیانوس شناسی فیزیکی

دوره کارشناسی ارشد

برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته اقیانوس شناسی فیزیکی که توسط اعضای هیات علمی گروه فیزیک فضا موسسه ژئوفیزیک بازنگری شده است با اکثریت آراء به تصویب رسید.

- این برنامه از تاریخ تصویب لازم الاجرا است.
- برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته اقیانوس شناسی فیزیکی از تاریخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۴ جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته اقیانوس شناسی فیزیکی مصوب جلسه مورخ ۱۳۹۶/۴/۲۵ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه می‌شود.
- هر نوع تغییر در برنامه مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه برسد.

محمود کمره ای
معاون آموزشی دانشگاه

محمد رضا اسمعیلی گیوی
دبیرشورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه

رای صادره جلسه مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۴ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه در مورد بازنگری برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته اقیانوس شناسی فیزیکی صحیح است، به واحد ذیربط ابلاغ شود.

سید محمد مقیمی
رئیس دانشگاه تهران

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

دانشگاه تهران

برنامه درسی رشته

اقیانوس شناسی فیزیکی

PHYSICAL OCEANOGRAPHY

کارشناسی ارشد

تهیه‌کنندگان:

دکتر عباسعلی علی‌اکبری بیدختی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر فرهنگ احمدی گیوی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر سرمد قادر	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر اصغر بهلولی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر سید عباس حق‌شناس	عضو هیات علمی دانشگاه تهران

جدول تغییرات

ردیف	در برنامه قبلی	در برنامه بازنگری شده
۱.	دروس الزامی ۱۸ واحد، و دروس اختیاری ۶ واحد	دروس الزامی ۱۲ واحد، و دروس اختیاری ۱۴واحد
۲.		مقدمه‌ای بر سامانه‌های یکپارچه شبیه‌سازی جوّی و اقیانوسی
۳.		فیزیک دریای پیشرفته
۴.		دینامیک اقیانوس‌های پیشرفته
۵.		نظریه امواج و کشند پیشرفته
۶.		مباحثی در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی
۷.		مباحثی در دینامیک اقیانوس‌ها
۸.		مباحثی در فیزیک دریا
۹.		گردش اقیانوس
۱۰.		امواج و ناپایداری
۱۱.		نظریه وارون در فیزیک جوّ-اقیانوس
۱۲.		مدلسازی عددی اقیانوس پیشرفته
۱۳.		تحلیل عینی و گوارد داده‌ها
۱۴.		مدلسازی و تحلیل اکوسیستم
۱۵.		لایه مرزی
۱۶.	تحلیل داده‌ها در اقیانوس‌شناسی	انتقال از اصلی به اختیاری

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

مشخصات کلی برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته

اقیانوس‌شناسی فیزیکی

MSc Program in Physical Oceanography

الف) مقدمه

تاریخچهٔ علم اقیانوس‌شناسی به معنی مدرن آن به دهه آخر قرن نوزدهم میلادی باز می‌گردد، هنگامی که در حدود ۱۳۰ سال پیش، آمریکایی‌ها، بریتانیایی‌ها و اروپایی‌ها برای کاوش در خصوص جریان‌های اقیانوسی، زیست در اقیانوس‌ها و شناسایی بستر دریا در سواحل خود سفرهای تحقیقاتی متعددی را برنامه‌ریزی و اجرا کردند. در دهه‌های اخیر از جنبهٔ نظری و عملی تحول بسیار وسیعی در این زمینه علمی تحقق یافته است و گرایش‌هایی چون اقیانوس‌شناسی فیزیکی، شیمیایی، زیستی و زمین‌شناختی در حیطه این شاخه از علوم ایجاد شده‌اند. در حال حاضر ماهیت بین‌رشته‌ای علوم اقیانوسی ایجاب می‌کند که دانشجویان بتوانند در زمینه‌های مختلف دانش لازم را کسب کنند. از این‌رو برای نیل به اهداف زیر، اجرا و گسترش تحصیلات تکمیلی اقیانوس شناسی فیزیکی در مقطع کارشناسی ارشد ضرورت دارد.

- تربیت نیروی انسانی متخصص مورد نیاز مراکز آموزشی، پژوهشی و اجرایی کشور
- رشد و توسعه توان علمی و به‌ویژه پژوهشی کشور
- کمک به حل مسائل علوم اقیانوسی مورد نیاز طرح‌های توسعه و عمران

در حال حاضر آموزش اقیانوس‌شناسی فیزیکی در مراکز آموزش عالی کشور در سطح کارشناسی انجام نمی‌پذیرد و دوره کارشناسی این رشته به‌صورت مستقل وجود ندارد. لیکن در چارچوب برنامه مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی امکان ارائه آن به‌صورت یکی از گرایش‌های فیزیک در گروه‌ها و دانشکده‌های فیزیک وجود دارد.

برنامه کارشناسی ارشد اقیانوس‌شناسی فیزیکی که در اینجا ارائه می‌شود، حاصل بازنگری برنامه قبلی بوده که توسط کمیته تخصصی اقیانوس‌شناسی گروه فیزیک فضای مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران به انجام رسیده است.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

طول دوره و شکل نظام

بر اساس آئین نامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته، حداکثر مدت تحصیل در این دوره ۲/۵ سال است که مدت لازم برای گذراندن کلیهٔ دروس، سمینار و اتمام پایان‌نامه را نیز دربرمی‌گیرد. در این دوره هر سال تحصیلی شامل دو نیمسال و هر نیمسال ۱۶ هفته کامل آموزشی است. نظام آموزشی این دوره واحدی است که برای هر واحد درس نظری در هر نیمسال، ۱۶ ساعت آموزش و برای هر واحد عملی ۳۲ ساعت کار عملی در نظر گرفته شده است.

تعریف رشته

اقیانوس‌ها و دریاها از مؤلفه‌های اصلی سامانه زمین و سامانه اقلیم هستند که بخش اعظم سطح زمین را دربرگرفته و منبع عمده حیات بر روی سطح زمین به شمار می‌روند. علیرغم پیشرفت‌های صورت گرفته، هنوز دانش بشری از بخش‌های مهمی از اقیانوس ناکافی است. به‌هرحال شناخت حداکثری و در حد توان از شرایط اقیانوس‌ها به کمک ابزار در دسترس شامل تجهیزات سنجش‌ازدور، تجهیزات اندازه‌گیری مستقیم پیشرفته و با توزیع مناسب در سطح اقیانوس‌ها و همچنین مدل‌های محاسباتی، می‌تواند کمک قابل‌توجهی در تعامل مستقیم و غیرمستقیم بشر با تغییرات شرایط اقیانوس‌ها و آثار آن بر زندگی بشر داشته باشد.

اقیانوس‌شناسی از علوم مختلف نظیر فیزیک دریا، شیمی دریا، زمین‌شناسی دریا، زیست‌شناسی دریا و آلودگی دریا تشکیل می‌شود. فیزیک دریا (یا اقیانوس‌شناسی فیزیکی) که یکی از شاخه‌های اصلی اقیانوس‌شناسی است به کاربست علم فیزیک، به ویژه ابزارها، در شناخت انواع پدیده‌های اقیانوسی می‌پردازد. با توجه به تاثیرپذیری اقیانوس از جوّ، رابطه نزدیکی بین رشته اقیانوس‌شناسی فیزیکی و علوم جوّ و هواشناسی نیز وجود دارد.

سابقه طولانی گروه فیزیک فضای مؤسسه ژئوفیزیک در ارائه رشته هواشناسی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری و ارتباط تنگاتنگ بین رشته هواشناسی و رشته اقیانوس‌شناسی فیزیکی و نیازهای گوناگون کشور به این دو رشته، تأسیس و توسعه فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در زمینه اقیانوس‌شناسی فیزیکی را تبدیل به امری ضروری کرده است. در این راستا، سابقهٔ فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی چند تن از اعضای هیئت‌علمی باسابقه گروه فیزیک فضا در زمینه اقیانوس‌شناسی فیزیکی و همچنین جذب همکاران هیئت‌علمی جدید مرتبط با این رشته و علوم دریایی، زمینه‌ساز پیگیری برای دایر نمودن رشته اقیانوس‌شناسی فیزیکی (فیزیک دریا) در موسسه ژئوفیزیک شد. از دیگر عواملی که ضرورت

راه‌اندازی این رشته در مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران را دوچندان نموده و تحقق این موضوع را تسهیل می کند، امکان همکاری میان‌رشته‌ای با دیگر واحدهای دانشگاه تهران (مثل دانشکده‌های فیزیک، شیمی، ریاضی و برخی رشته‌های مهندسی در دانشکدگان فنی) و به‌طور کلّی استفاده از امکانات آموزشی و پژوهشی گسترده و بی‌نظیر دانشگاه تهران در سطح کشور است. بر اساس مطالب فوق، تأسیس رشتهٔ اقیانوس‌شناسی فیزیکی (فیزیک دریا) در تاریخ اردیبهشت‌ماه ۹۳ مورد تصویب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری قرار گرفت و مؤسسه ژئوفیزیک از سال تحصیلی ۹۴-۱۳۹۳ مبادرت به پذیرش دانشجو در مقطع کارشناسی ارشد اقیانوس‌شناسی فیزیکی (فیزیک دریا) کرد. در حال حاضر دانشجویان هشتمین دوره رشته فیزیک دریا مشغول به تحصیل بوده و دانشجویان ششمین دوره در حال فارغ‌التحصیلی هستند.

در ارتباط با برنامه‌ریزی درسی رشته اقیانوس‌شناسی فیزیکی (فیزیک دریا)، کمیته تحصیلات تکمیلی گروه فیزیک فضا مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران با استناد به آئین‌نامه شماره ۱۰۸۹/و مورخ ۷۹/۲/۱۰ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مبنی بر تفویض اختیار برنامه‌ریزی درسی به دانشگاه‌های دارای هیئت ممیزه، برای اولین بار نسبت به تدوین برنامه و سرفصل دروس کارشناسی ارشد اقیانوس‌شناسی فیزیکی (فیزیک دریا) اقدام کرد که در تاریخ ۱۳۸۹/۱۰/۸ به تصویب رسید. در گام بعد، پس از ۵ سال از تدوین اولین برنامه و سرفصل دروس رشته اقیانوس‌شناسی فیزیکی (فیزیک دریا) و همچنین تجارب به‌دست‌آمده در طی سه دوره آموزشی، پس از بررسی جامع، برنامه دروس این رشته توسط اعضای هیئت‌علمی مرتبط در گروه فیزیک فضا مورد بازنگری قرار گرفت. برنامه آموزشی بازنگری شده برای دوره کارشناسی ارشد فیزیک دریا شامل مشخصات کلی، جداول دروس همراه با سرفصل‌های دروس الزامی و اختیاری و ترجمه سرفصل دروس به زبان انگلیسی است که در جلسه مورخ ۲ آذر ۹۵ کمیته تحصیلات تکمیلی گروه فیزیک فضا پس از بررسی نهایی به تصویب رسید. با آغاز سال ۱۴۰۰ و در آستانه سده جدید، بازنگری دوباره برنامه و سرفصل دروس رشته اقیانوس‌شناسی فیزیکی، با بهره‌گیری از تجارب به‌دست‌آمده از پنج دوره آموزشی اخیر، در برنامه کار قرار گرفت که حاصل کار در جلسه مورخ نهم آذرماه ۱۴۰۰ کمیته تحصیلات تکمیلی گروه فیزیک فضا، پس از بررسی نهایی به تصویب رسید.

هدف رشته

هدف از دوره کارشناسی ارشد آن است که بر اساس این برنامه، دانش‌آموختگان اقیانوس‌شناسی فیزیکی قادر باشند علاوه بر آمادگی برای تحصیلات در مقطع دکتری، با کسب مهارت‌های علمی و عملی لازم و استفاده از تجارب و مطالعات موجود در این زمینه برای حل مسائل مرتبط با اقیانوس‌شناسی فیزیکی، یا سایر پدیده‌های دریایی که اقیانوس‌شناسی فیزیکی در آن نقش بسزایی ایفا می کند، به پژوهش و مطالعه بپردازند. نتایج این پژوهش‌ها کاربردهای مهمی در پیش‌بینی و شناخت وضع موجود جریان‌های اقیانوسی و پیچک‌های بزرگ و میان‌مقیاس آنها و گردش ترموهالین، برهمکنش

جوّ و اقیانوس، امواج دریا و کشند (جزرومد)، فرآیندهای ساحلی (شامل برهمکنش موج و جریان و رسوب در ساحل) برای استفاده در طراحی سازه‌های آبی، شناسایی و کاربرد منابع انرژی دریا، بهره برداری از منابع دریایی، حل معضلات زیست محیطی و دیگر موارد گوناگون دارد. این امر شامل بررسی‌های تاثیرپذیری اقیانوس‌ها ناشی از تغییرات اقلیمی نیز می‌شود.

اهداف عمده این برنامه به شرح زیر است:

الف - پژوهش در مبانی نظری و کاربردی زمینه‌های مختلف اقیانوس‌شناسی فیزیکی

ب ـ آموزش نیروهای متخصص برای تأمین نیازهای مراکز پژوهشی، آموزشی، خدماتی و عمرانی کشور

پ) ضرورت و اهمیت

امروزه، با توجه به کاهش روزافزون ذخایر مناطق خشکی نیاز بشر به محیط‌های دریایی روز به روز در حال افزایش است. کشور ایران دارای مرزهای آبی قابل‌ملاحظه‌ای در شمال و جنوب است که فعالیت‌های دریایی را برای توسعه و برقراری امنیت کشور تبدیل به امری ضروری کرده است. فعالیت در محیط‌های دریایی برای استفاده از منابع آبی و امور ترابری و دفاعی نیاز به بهره‌گیری از دانش اقیانوس‌شناسی فیزیکی دارد. شناخت فیزیکی عمیق از پدیده‌های دریا و کاربست نتایج تحقیقات در زمینه اقیانوس‌شناسی فیزیکی برای رفع تنگناهای فعالیت‌های صنعتی و غیرصنعتی دریایی، امروزه بسیار مهم و ضروری به نظر می‌رسد.

از جنبه زیست‌محیطی به‌ویژه مناطق ساحلی، دریاها و اقیانوس‌ها سهم مهمی در تعیین وضع هوا و اقلیم مناطق مختلف زمین دارند. بنابراین توسعه شناخت ما از جوّ، اقلیم و تغییرات آن مستلزم توسعه دانش ما از فیزیک دریا است. در حال حاضر، مدل‌های جفت‌شده جوّ– اقیانوس از پیشرفته‌ترین ابزارها برای مطالعه اقلیم و تغییرات آن هستند. با توجه به موارد ذکر شده، وجود دوره کارشناسی ارشد و دکتری اقیانوس‌شناسی فیزیکی، اهمیت بسیاری دارد.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

مشخصات واحدهای درسی دوره کارشناسی ارشد اقیانوس‌شناسی فیزیکی به شرح زیر است:

۱- تعداد کل واحدها برای فراغت از تحصیل با احتساب سمینار و پایان نامه، ۳۲ واحد است.

۲- دروس کمبود از دروس مقطع کارشناسی رشته فیزیک شامل ۱۲ واحد و به شرح جدول شماره ۳ است. درصورت نیاز، دانشجو ملزم به گذراندن حداکثر ۱۲ واحد خواهد بود.

۳- دروس تخصصی ۱۲ واحد و به شرح جدول شماره ۵ است.

۴- دروس اختیاری شامل ۱۴ واحد است. دانشجویان این رشته می‌توانند دروس اختیاری خود را از جدول شماره ۶ با موافقت کمیته تحصیلات تکمیلی گروه اجراکننده برنامه انتخاب نمایند.

۵- گذراندن شش واحد پایان نامه الزامی است.

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس جبرانی	حداکثر تا ۱۲ واحد
دروس تخصصی	۱۲
دروس اختیاری	۱۴
پایان‌نامه	۶
جمع کارشناسی ارشد	**۳۲**

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

دانش‌آموختگان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری اقیانوس‌شناسی فیزیکی (فیزیک دریا) می‌توانند در مراکز پژوهشی و یا نهادهای مختلف نظیر کشتیرانی، بنادر و دریانوردی، هواشناسی، اقیانوس‌شناسی، محیط‌زیست، شیلات، راه و ترابری، جهاد کشاورزی، دفاع، نیرو، نفت و شرکت‌های تحقیقاتی، دانش‌بنیان، و مهندسین مشاور فعالیت کنند. توانایی عمومی این دانش‌آموختگان شامل فعالیت‌های آموزشی، همکاری در انجام کارهای تحقیقاتی مربوط به اقیانوس‌شناسی فیزیکی، هواشناسی دریایی، سواحل، برهمکنش جوّ و اقیانوس و انتشار مقالات و کتاب‌ها در این زمینه‌ها می‌باشد. همچنین این افراد می‌توانند در زمینه‌های مدل‌سازی فیزیکی و عددی برای پیش‌بینی و یا بازتولید پدیده‌های دریایی، تفسیر مشاهدات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای محیط‌های دریایی، امور ترابری دریایی، شیلات، طرح‌های صنعتی محیط‌های دریایی و آلودگی محیط‌های دریایی، طرح‌های شیرین‌سازی آب و مانند آن فعالیت کنند.

دانش‌آموختگان دوره کارشناسی ارشد اقیانوس‌شناسی فیزیکی قادر به انجام امور زیر می باشند:

- همکاری در تدریس دروس اقیانوس‌شناسی فیزیکی پس از کسب تجربهٔ لازم

- ادامهٔ تحصیل در سطوح بالاتر
- همکاری در اجرای پژوهش‌های اقیانوس‌شناسی فیزیکی و تهیه و تدوین و ارائه مقالات علمی
- فعالیت در مراکز پیش‌بینی جوّی و اقیانوسی عملیاتی کشور
- آشنایی با مدل‌های مختلف پیش‌بینی عددی وضع هوا و دریا و توان فعالیت در تهیه آنها
- تحلیل و تفسیر داده‌ها و نقشه‌های دریایی و محصولات ماهواره‌ها و رادارهای جوّی و اقیانوسی
- سرپرستی، نظارت و مشارکت در برنامه‌ریزی گروه‌های پژوهشی و عملیاتی اقیانوس‌شناسی
- استفاده از داده‌های جوّی و اقیانوسی در امور دریانوردی و طرح‌های عمرانی و زیربنایی

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌هایی که دانشجو پس از اتمام دوره تحصیل خود به‌دست خواهد آورد در جدول ۲ به صورت خلاصه ارائه شده است.

جدول (۲)- مهارت، شایستگی و توانمندی‌های ویژه فارغ‌التحصیلان رشته اقیانوس‌شناسی فیزیکی

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
اجرای مدل‌های مختلف پیش‌بینی عددی جوّی و اقیانوسی توسعه سامانه های عملیاتی پیش بینی جوّی و اقیانوسی توان فعالیت در ساخت و توسعه مدل‌های عددی مرتبط	مدلسازی عددی اقیانوس I، مدلسازی عددی اقیانوس II، مدلسازی عددی اقیانوس پیشرفته، نظریه امواج و کشند، فرآیندهای ساحلی و مصب، برهم‌کنش هوا-دریا، مقدمه‌ای بر سامانه‌های یکپارچه شبیه‌سازی جوّی و اقیانوسی، تحلیل داده‌ها در اقیانوس‌شناسی، تحلیل عینی و گوارد داده‌ها
انجام مطالعات انتقال رسوب و مورفودینامیک مطالعات مربوط به شیرین‌سازی آب دریا مطالعات مربوط به آبگیری دریا	مدلسازی عددی اقیانوس I، مدلسازی عددی اقیانوس II، نظریه امواج و کشند، فرآیندهای ساحلی و مصب، سنجش از دور اقیانوس، تحلیل داده‌ها در اقیانوس‌شناسی، تحلیل عینی و گوارد داده‌ها، لایه مرزی

انجام مطالعات جوی و اقیانوسی برای تأمین داده‌های پایه دریایی به جهت طراحی و ساخت و بهره برداری زیرساخت های ساحلی و فراساحلی	مدلسازی عددی اقیانوس I، مدلسازی عددی اقیانوس II، مدلسازی عددی اقیانوس پیشرفته، نظریه امواج و کشند، فرآیندهای ساحلی و مصب، تحلیل داده‌ها در اقیانوس‌شناسی
فعالیت در زمینه پیش‌بینی آلودگی دریا در مقیاس‌های مختلف	مدلسازی عددی اقیانوس I، مدلسازی عددی اقیانوس II، مدلسازی عددی اقیانوس پیشرفته، نظریه امواج و کشند، فرآیندهای ساحلی و مصب، مقدمه ای بر سامانه‌های یکپارچه شبیه‌سازی جوّی و اقیانوسی، تحلیل داده‌ها در اقیانوس‌شناسی، مدل‌سازی و تحلیل اکوسیستم
تحلیل و تفسیر محصولات ماهواره‌ها و رادارهای اقیانوسی	تحلیل داده‌ها در اقیانوس‌شناسی، سنجش از دور اقیانوس
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
تدریس یا همکاری در تدریس دروس اقیانوس‌شناسی فیزیکی	کلیه دروس
انجام پژوهش‌های اقیانوس‌شناسی و تهیه و تدوین و ارائه مقالات علمی	کلیه دروس، پایان‌نامه، رساله
همکاری با دستگاه‌های اجرایی در وظایف مرتبط	کلیه دروس

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

مطابق با ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، شرایط عمومی ورود دانشجویان مطابق آئین‌نامه مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی می‌باشد. این دوره مناسب برای دانشجویان با زمینه قوی در علوم فیزیکی است. داوطلبان باید دارای یکی از مدارک کارشناسی معتبر و مورد تأیید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در هر گرایشی از هواشناسی، اقیانوس‌شناسی، یا علوم پایه و مهندسی باشند.

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

فصل دوم

جدول دروس

جدول شماره (۱)- دروس جبرانی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	معادلات دیفرانسیل	۳	■			۴۸			
۲.	مکانیک تحلیلی ۱	۳	■			۴۸			
۳.	ریاضی فیزیک ۱	۳	■			۴۸			
۴.	ریاضیات پیشرفته	۳	■			۴۸			
	جمع کل	۱۲				۱۹۲			

نکته: ساعت آموزش برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت، عملی ۳۲ ساعت، کارگاهی ۴۸ ساعت و کار آموزشی (کارورزی) ۶۴ ساعت است.

دانشجویان دوره کارشناسی ارشد با نظر شورای تحصیلات تکمیلی گروه ملزم به گذراندن حداکثر ۱۲ واحد دروس جبرانی هستند.

جدول شماره (۲)- جدول دروس تخصصی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	۳	■			۴۸			
۲.	اصول فیزیک دریا	۳	■			۴۸			
۳.	مدل‌سازی عددی اقیانوس I	۳			■	۳۲	۳۲		
۴.	مدل‌سازی عددی اقیانوس II	۳			■	۳۲	۳۲	مدلسازی عددی اقیانوس‌I	

جدول شماره (۳)- دروس اختیاری

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	دینامیک اقیانوس‌ها	۳	■			۴۸		دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	
۲.	نظریه امواج و کشند	۳			■	۴۸	۱۶		
۳.	تحلیل‌داده‌ها در اقیانوس‌شناسی	۳			■	۴۸	۱۶		اصول فیزیک دریا
۴.	فرآیندهای ساحلی و مصب	۳	■			۴۸			اصول فیزیک دریا
۵.	هواشناسی دریایی	۳	■			۴۸			
۶.	سنجش‌ازدور اقیانوس	۳	■			۴۸			اصول فیزیک دریا
۷.	آکوستیک دریا	۳	■			۴۸		اصول فیزیک دریا	
۸.	الکترومغناطیس و نور در دریا	۳	■			۴۸		اصول فیزیک دریا	
۹.	تلاطم در اقیانوس	۳	■			۴۸		اصول فیزیک دریا	
۱۰.	برهم‌کنش هوا-دریا	۳	■			۴۸		دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	
۱۱.	مدل‌سازی فیزیکی دریا	۳			■	۳۲	۳۲	دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	
۱۲.	مقدمه‌ای بر سامانه‌های یکپارچه شبیه‌سازی جوّی و اقیانوسی	۳			■	۳۲	۳۲		

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
.۱۳	فیزیک دریای پیشرفته	۳	■			۴۸		اصول فیزیک دریا	
.۱۴	دینامیک اقیانوس‌های پیشرفته	۳	■			۴۸		دینامیک اقیانوس‌ها	
.۱۵	نظریه امواج و کشند پیشرفته	۳	■			۴۸		نظریع امواج و کشند	
.۱۶	مباحثی در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	۳	■			۴۸			
.۱۷	مباحثی در دینامیک اقیانوس‌ها	۳	■			۴۸			
.۱۸	مباحثی در فیزیک دریا	۳	■			۴۸			
.۱۹	گردش اقیانوس	۳	■			۴۸			
.۲۰	امواج و ناپایداری	۳	■			۴۸			
.۲۱	نظریه وارون در فیزیک جوّ-اقیانوس	۳	■			۴۸			
.۲۲	مدلسازی عددی اقیانوس پیشرفته	۳	■			۴۸		مدلسازی عددی اقیانوس II	
.۲۳	تحلیل عینی و گوارد داده‌ها	۳			■	۳۲	۳۲		مدلسازی عددی اقیانوس II
.۲۴	مدلسازی و تحلیل اکوسیستم	۳			■	۳۲	۳۲		
.۲۵	لایه مرزی	۳	■			۴۸			
.۲۶	سمینار	۲	■			۳۲			

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	
عنوان درس به انگلیسی:	Geophysical Fluid Dynamics	نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: چند جلسه برای نمایش برخی از ویژگیهای شارهای چرخان و چینه‌بندی شده اختصاص می‌یابد.

الف) هدف کلی:

آشنایی با مبانی دینامیک شاره‌ها و استفاده از آنها برای بررسی کمی و فیزیکی جریان‌های اقیانوسی بزرگ‌مقیاس

ب) اهداف ویژه:

ضمن معرفی مبانی نظری و معادلات حاکم بسیط و آب کم‌عمق، ارائه معادلات گردش، تاوایی و تاوایی پتانسیلی و استفاده از آنها در شناخت و توسعه انواع امواج و جریان‌های بزرگ‌مقیاس اقیانوسی.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: معرفی حرکت شاره‌های بزرگ‌مقیاس ژئوفیزیکی، خواص فیزیکی شاره‌های جو و اقیانوس، همانندی دینامیکی حرکات بزرگ‌مقیاس جو و اقیانوس (عدد راسبی)، اثر چینه‌بندی چگالی (عدد برگر)، برخی مبانی جنبش‌شناختی حرکت شاره‌ها با توجه به اصل پیوستگی، دیدگاه‌های اویلری و لاگرانژی (خط جریان، خط مسیر و خط اثر).

۲. معادلات حرکت در شاره چرخان: بدست آوردن معادلات حاکم بر حرکت در دینامیک شاره‌ها، معادلات تکانه در چارچوب چرخان، معادله پیوستگی، معادله انرژی ترمودینامیکی، تحلیل مقیاس معادلات حاکم، اعداد راسبی و اکمن در شاره چرخان، پایداری ایستایی، مقیاس ارتفاع.

۳. دینامیک تاوایی: تاوایی، مفهوم خط و لوله تاو، معادله تاوایی، کشیده شدگی و کج شدگی لوله تاو، معادله گردش، نقش اثرات کژفشاری در ایجاد گردش، قضیه گردش کلوین، تاوایی پتانسیلی ارتل، باد گرمایی، قضیه تیلور - پرودمن، تاوایی زمینگرد و تابع جریان زمینگرد، تبهگنی (Degeneracy) فرض زمینگرد.

۴. مقدمه‌ای بر نظریه آب کم‌عمق ناوشکسان: مدل آب کم‌عمق، معادلات آب کم‌عمق، تاوایی پتانسیلی، قیدهای انتگرالی، حرکات کم دامنه در مدل آب کم‌عمق، امواج خطی در مدل آب کم‌عمق: امواج بلند (گرانی)، امواج لختی- گرانی، امواج کلوین، امواج راسبی کوهساری.

۵. مدل زمین‌گردوار برای معادلات آب کم‌عمق: تاوایی پتانسیلی زمین‌گردوار، معادله تاوایی پتانسیلی در مناطق استوایی، حل معادله تاوایی پتانسیلی زمین‌گردوار مانا و نامانا، امواج راسبی زمین‌گردوار، سرعت فاز و گروه، انتشار انرژی در امواج راسبی.

۶. تلاطم در اقیانوس: تلاطم زمینگرد، انرژی و انستروفی، طیف تلاطم دوبعدی بزرگ‌مقیاس.

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

تدریس کلاسی و استفاده از آزمایشگاه دینامیک شاره‌ها برای آموزش عینی برخی حرکت شاره‌های چرخان و چینه‌بندی شده.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و تمرینها در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

کلاس مجهز به ویدیوپروجکتور، برخی تجهیزات آزمایشگاهی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Pedlosky, J., 1988: Geophysical fluid dynamics. Springer Science & Business Media.
2. Vallis, J., 2019: Essentials of Atmospheric and Oceanic Dynamics, CUP, 366 pp.
3. Cushman–Roisin, B., 1994: Introduction to Geophysical Fluid Dynamics. Prentices Hall, 320 pp.
4. Gill, A. E., 1982: Atmospheric–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
5. Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press, 378pp.
۶. بیدختی، ع، ۱۳۹۸، مبانی دینامیک شاره‌ها، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۲۹۰ صفحه

عنوان درس به فارسی:	اصول فیزیک دریا		
عنوان درس به انگلیسی:	Principles of Physical Oceanography	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی کلّی با خواص و فرآیندهای فیزیکی در اقیانوس‌ها؛ خواص فیزیکی مهم شامل توزیع چگالی، شوری و دما در سطح اقیانوس‌هاو تغییرات آنها با عمق و مهم‌ترین فرآیندهای فیزیکی شامل امواج، جریان‌های بزرگ‌مقیاس و کشند.

ب) اهداف ویژه:

آشنایی با توزیع کمیت‌های فیزیکی در اقیانوس‌ها همراه با علل آن، برهمکنش جوّ و اقیانوس، بودجه گرمایی در اقیانوس‌ها، جریان‌های اقیانوسی و معادلات حاکم بر آنها، انواع امواج اقیانوسی در مقیاس‌های مختلف، فرآیندهای ساحلی، فرآیندهای حاره‌ای از قبیل انسو، صوت و نور در دریا.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تاریخچه‌ای مختصر از فیزیک دریا و اهمیت آن، معرفی برخی از اصطلاحات فیزیک دریا، روش‌های مطالعه در فیزیک دریا، اشاره‌ای به ابعاد و ساختار اقیانوس‌ها.
۲. تأثیرات جو بر اقیانوس: سامانه‌های گذرای جوی، لایه‌مرزی جو روی اقیانوس، تنش باد، انتقال توده‌ای (bulk) بین جو و اقیانوس.
۳. بودجه گرمایی در اقیانوس‌ها: جمله‌های بودجه گرمایی، روش‌های مستقیم و غیرمستقیم محاسبه شارهای سطحی، توزیع شار گرما در سطح اقیانوس‌ها، انتقال نصف‌النهاری گرما و آب دریا.
۴. توزیع کمیت‌های فیزیکی در اقیانوس‌ها: معادله حالت برای اقیانوس، دمای پتانسیلی، چگالی پتانسیلی، نمودارهای T-S و کاربردهای آن، توزیع دما، شوری و چگالی در اقیانوس‌ها و علل تغییرات آنها، فشار، رسانایی الکتریکی، سرعت و مشخصه‌های صوت در دریا.
۵. جریان‌های اقیانوسی: اشاره‌ای به معادلات حاکم بر جریان‌های اقیانوسی، انواع جریان‌های اصلی در اقیانوس‌ها، معادلات پایستاری گرما، شوری و چگالی در اقیانوس‌ها، آمیختگی در اقیانوس‌ها، پایداری ایستایی و بسامد شناوری، امواج درونی، همرفت و پخش دوگانه.
۶. پاسخ لایه سطحی اقیانوس به وزش باد: جریان‌های لختی، لایه اکمن سطحی در اقیانوس، انتقال جرم اکمن، کاربرد نظریه اکمن، گردش لانگمویر.
۷. فرآیندهای حاره‌ای: النینو-نوسان جنوبی (انسو)، برهمکنش‌های بزرگ‌مقیاس، مدل‌های شبیه‌سازی پدیده انسو و پیش‌بینی آن.
۸. فرآیندهای ساحلی: کشندها و اشاره‌ایبه امواج اقیانوسی و طبقه‌بندی آنها، مقدمه‌ای بر فرآیندهای ساحلی و مصب‌ها.

۹. نور در دریا: پارامترها و میدان‌های نوری، روشنایی سطح دریا، برهمکنش‌های سطحی: بازتاب، پراکنش و شکست، برهمکنش‌های زیرسطحی: آب دریای خالص، ذرات، پلانکتون‌ها و Gelbstoffe، فلورسان و بیولومینسان، رنگ دریا.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Stewart, R. H., 2008: Introduction to Physical Oceanography.
2. Knauss, J. A., 1997: Introduction to Physical Oceanography. Prentice Hall, 309 pp.
3. Apel, J. R., 1987: Principles of Ocean Physics. Academic Press, 620 pp.
4. Talley, L. D., G. L. Pickard, W. J. Emery, and J. H. Swift, 2011: Descriptive Physical Oceanography. 6th Ed., Academic Press, 615 pp.
5. Open University Course Team, 2004: Ocean Circulation. The Open University, 286 pp.

عنوان درس به فارسی:	مدل‌سازی عددی اقیانوس I		
عنوان درس به انگلیسی:	Numerical Modeling of the Oceans I	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☐	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۶۴	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با مبانی برنامه‌نویسی فرترن و روش‌های عددی

ب) اهداف ویژه:

آشنایی کلی با مبانی برنامه‌نویسی با زبان فرترن، مبانی روش‌های محاسباتی و همچنین کاربرد آنها در مدل‌سازی عددی جو و اقیانوس

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: معرفی مفاهیم مرتبط با مدل‌سازی عددی: مدل ریاضی، مدل مفهومی، حل تحلیلی، حل عددی، انواع دسته‌بندی روش‌های عددی.

۲. برنامه‌نویسی فرترن و مبانی محاسبات عددی: ثابت‌ها و متغیرها، چهار عمل اصلی، آرایه‌ها، حلقه تکرار، دستورهای کنترلی و شرط‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌ها، تابع و زیرروال؛ حساب عددی و خطاهای محاسباتی، دقت و صحت، خطا در محاسبات علمی.

۳. دستگاه معادلات خطی: مشخصات ماتریس‌ها، دترمینان، روش‌های حل مستقیم حذفی، روش LU، دستگاه معادلات سه قطری، روش‌های تکراری.

۴. درون‌یابی: درون‌یابی چندجمله‌ای، توابع چندجمله‌ای لاگرانژ، الگوریتم نویل، جداول و توابع چندجمله‌ای تفاضلی تقسیم‌شده، اسپلاین‌های مکعبی، برازش به روش حداقل مربعات.

۵. کاربرد روش‌های درون‌یابی در مدل‌سازی اقیانوس: میان‌یابی اطلاعات در شرایط مرزی، سیستم مختصات جغرافیایی، میان‌یابی هیدورگرافی، میان‌یابی میدان باد.

۶. انتگرال‌گیری عددی: انتگرال‌گیری یک‌بعدی، روش انتگرال‌گیری مستقیم به روش چندجمله‌ای، روش انتگرال‌گیری نیوتن-کوتس، روش ذوزنقه‌ای، روش سیمپسون و گوس.

۷. حل معادلات غیرخطی: روش‌های محاسبه ریشه‌های حقیقی، روش نیمسازی، روش نیوتن رافسون، روش نقطه ثابت، روش قاطع و دستگاه معادلات غیرخطی.

۸. حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی: معرفی روش تفاضل متناهی، حل معادلات پواسون، کاربرد روش‌های تکراری.

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

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۰ درصد
کارگاه آموزش برنامه نویسی	۲۰ درصد
تمرین‌های هفتگی	۲۵ درصد

آزمون میانی نیم‌سال	۱۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۲۰ درصد

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۱۰ درصد
تمرینهای طول ترم	۱۰ درصد
پروژه پایانی	۱۵ درصد
آزمون میانی نیم‌سال	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۵ درصد

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

امکان استفاده از سایت کامپیوتری برای کلاس‌های عملی، حتی الامکان دسترسی به کامپیوتر شخصی، دسترسی به کامپالر و ابزار نرم افزاری برای برنامه نویسی.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Chapman, S.J., 2004. Fortran 90/95 for scientists and engineers. McGraw-Hill Higher Education.
2. Strikwerda, J.C., 2004. Finite difference schemes and partial differential equations. Siam.
3. Kahaner, D., Moler, C. and Nash, S., 1989. Numerical methods and software. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989, 1.
4. Hoffman, J.D. and Frankel, S., 2001. Numerical methods for engineers and scientists. CRC press.
5. Iserles, A., 1996: A First Course in the Numerical analysis of differential equations. Cambridge University Press.
6. Nyhoff, Larry R., and Sandfird C. Leestma, 1997. Fortran 90 for Engineers and Scientists, 1070 pp.
7. Chivers, I.D. and Sleightholme, J., 2018. Introduction to Programming with FORTRAN. 4th Ed., Springer-Verlag, 988pp.
8. Worland, P. B., 1989: Modern Fortran 77. Harcourt Brace Jovanoich Inc.
9. Chung T. J., 2002. Computational Fluid Dynamics. Cambridge University Press.
10. Moin, P., 2010: Fundamentals of Engineering Numerical Analysis. Second Ed., Cambridge University Press, 241 pp.
11. Chirila, D. B., Lohmann, G., 2015: Introduction to Modern Fortran for the Earth System Sciences, Springer-Verlag, 250pp.

عنوان درس به فارسی:	مدل‌سازی عددی اقیانوس II		
عنوان درس به انگلیسی:	Numerical Modelling of the Oceans II	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مدل‌سازی عددی اقیانوس I	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☐	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۶۴	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

الف) هدف کلی: آشنایی با مبانی روش‌های تفاضل متناهی و مباحث پایه‌ای مرتبط با روش‌های عددی حل معادلات حاکم بر جو و اقیانوس.

ب) اهداف ویژه:

آشنایی با مبانی روش‌های عددی مورد استفاده جهت حل عددی معادلات حاکم بر جو و اقیانوس که به صورت کلی شامل آشنایی با روش‌های تفاضل متناهی و مباحث پایه‌ای مرتبط با روش‌های عددی حل معادلات حاکم بر جوّ و اقیانوس می‌باشد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری بر معادلات حاکم: دستگاه معادلات آب‌ایستایی (هیدروستاتیک) و ناآب‌ایستایی، معادلات بسیط، معادلات آب کم‌عمق، معادلات دیفرانسیل پاره‌ای، معادلات هذلولوی مرتبه اول، معادلات مرتبه دوم خطی، معادلات موج در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی، شرایط مرزی.

۲. مبانی روش‌های تفاضل متناهی: مقدمه‌ای بر طرح‌واره‌های تفاضل متناهی، مفاهیم سازگاری، همگرایی و پایداری عددی، قضیه هم‌ارزی لکس (Lax)، شرط کورانت- فردریکس- لوی (Courant–Friedrichs–Lewy).

۳. طرح‌واره‌های تفاضل‌گیری زمانی: مرتبه درستی، نمادنگاری و حسابان تفاضلی، معادله نوسان، خطای دامنه و تندی فاز، طرح‌واره‌های دوترازی تک‌مرحله‌ای، روش‌های چندمرحله‌ای، طرح‌واره‌های سه‌ترازی، مد محاسباتی در روش لیپ‌فراگ، پالایه (فیلتر) روبر-اسلین-ویلیامز، طرح‌واره‌های مرتبه بالا.

بخش عملی: حل معادله نوسان با طرح‌واره‌های زمانی مختلف از قبیل لیپفراگ، اویلر، پس‌سو.

۴. تفاضل‌گیری فضایی در یک بعد: معادلات دیفرانسیلی- تفاضلی، پاشندگی، اتلاف، اتلاف مصنوعی، تفاضل‌گیری فشرده (compact)، ترکیب تفاضل‌گیری‌های زمانی و فضایی، رابطه پاشندگی گسسته، روش لکس- وندروف (Lax- Wendroff).

بخش عملی: حل معادله موج یکسویه (معادله فرارفت) با ترکیب‌های متنوعی از طرح‌واره‌های زمانی- فضایی ازجمله پادجریانسو، لیپ‌فراگ برای بخش زمانی و مرتبه دوم مرکزی برای بخش فضایی، لکس- فردریکس، لکس- وندروف؛ بررسی خطاهای دامنه و فاز، بررسی اتلاف انرژی.

۵. تفاضل‌گیری فضایی در بیش از یک بعد: دستگاه‌های معادلات در یک و چند بعد، جداسازی به گام‌های کسری، معادله پخش، معادله فرارفت-پخش، معادلات خطی با ضرایب متغیر، خطای الیاسینگ (دگرنامی)، ناپایداری غیرخطی.

بخش عملی: فرارفت غیرخطی، معادله برگرز (Burgers) و حل عددی آن، مدل تاوایی فشارورد و حل عددی آن، خطای دگرنامی، ناپایداری غیرخطی، جاکوبی آراکاوا (Arakawa).

۶. مدل‌های بسیط: مدل بسیط فشارورد (معادلات آب کم‌عمق)، شبکه‌های آراکاوا، تفاضل‌گیری قائم.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
- تمرین
- امتک (quiz)
- آزمون میان نیم‌سال
- آزمون پایان نیم‌سال

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

امکان استفاده از سایت کامپیوتری برای کلاس‌های عملی، حتی الامکان دسترسی به کامپیوتر شخصی، دسترسی به کامپالر و ابزار نرم افزاری برای برنامه نویسی.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Durran, D. R., 2010: Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer- Verlag New York, Inc., 516 pp.
2. Durran, D. R., 1999: Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer-Verlag NewYork, Inc., 465 pp.
3. Strikwerda, J. C., 2004: Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations. Second Ed., SIAM, 435 pp.
4. Kampf, J., 2009: Ocean Modelling for Beginners, Springer, 175pp.
5. Kampf, J., 2010: Advanced Ocean Modelling, Springer, 181pp.
6. Vreugdenhil C. B., 1994: Numerical Methods for Shallow Water Flow, Kluwer Academic Publishers, 261 pp.
7. Kantha L. H., Clayson C. A., 2000: Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes, Academic Press, 940pp.
8. Haidvogel, D.B., Beckmann, A., 2000: Numerical Ocean Circulation Modeling, Imperial College Press, 320pp.
9. Miller, R. N., 2007: Numerical Modeling of Ocean Circulation, Cambridge University Press, 242 pp.
10. Chung T. J., 2010: Computational Fluid Dynamics, Cambridge University Press, 2nd Ed., 1058 pp.
11. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley&Sons, 477 pp.
12. Mesinger, F., and A. Arakawa, 1976: Numerical Methods Used in Atmospheric Models. GARP Publication Series No. 17, Vol. 1, 64 pp.
13. Iserles, A., 1996: A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations. Cambridge University Press, 378 pp.

عنوان درس به فارسی:	دینامیک اقیانوس‌ها		
عنوان درس به انگلیسی:	Ocean Dynamics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: نمایش عینی برخی حرکت‌ها در پدیده‌های اقیانوسی

الف) هدف کلی:

استفاده از دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی نظری در بررسی کمی و قیزیکی جریانها و امواج بزرگ‌مقیاس دریایی

ب) اهداف ویژه:

با معرفی جریان‌های عمده دریایی، به بررسی نظری این جریان‌ها و علل تشکیل و توسعه آنها و همین‌طور انواع امواج بزرگ‌مقیاس اقیانوسی در مناطق فرااستوایی واستوایی به طور نظری و کاربردی پرداخته می‌شود.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. روابط انرژی و ترمودینامیک: اثرات دما، شوری و فشار، ترمودینامیک آب دریا، معادلات ترمودینامیکی کمکی، معادله گرما، معادلات حجم ویژه و شوری، معادله حالت، ترکیب معادلات هیدرودینامیک و ترمودینامیک، معادلات انرژی کل.

۲. ناپایداری‌های دینامیکی و تلاطم: معیارهای ناپایداری، ناپایداری‌های برشی، کلوین-هلمهولتز و همرفتی، مشخصه‌های ناپایداری (فشارورد و کژفشار)، تلاطم، تنش‌های رینولدز، ضرایب پخش ملکولی و تلاطمی، معادلات میانگین‌گیری شده و مسئله بستار تلاطم، اختلاط در اقیانوس‌ها.

۳. تنظیم زمینگرد، معرفی تنظیم در یک شاره غیرچرخان، انرژتیک حرکت کوچک‌دامنه موجی در شاره غیرچرخان، تنظیم گرانشی در شاره چرخان (تنظیم زمینگرد)، اشاره به این تنظیم در مدهای فشارووردی و کژفشاری، انرژتیک تنظیم زمینگرد، بررسی کاربرد تنظیم زمینگرد در شاره اقیانوس.

۴. جریان‌ها و گردش‌های اقیانوسی: تنش ناشی از باد و دینامیک لایه اکمن سطحی، نوسانات لختی، ترابرد سوردراپ، مدل‌های استومل و مانک، جریان‌های مرز غربی، جریان‌های استوایی، امواج راسبی و حرکت شبه‌زمینگرد، امواج استوایی و النینو، گردش بزرگ‌مقیاس.

۵. مبانی گردش در اقیانوس‌ها: گردش‌های بادواداشته، گردش‌های گرماواداشته ترموکلاینی، اثرات اقلیمی جریان بزرگ‌مقیاس ترموکلاین، جریان‌های ترموهالاینی دریاهای نیمه بسته.

۶. امواج بزرگ‌مقیاس: حرکت‌های موجی، امواج گرانی، امواج گرانی لختی (ماندی)، امواج راسبی، مشخصه‌های پاشندگی امواج، انرژی امواج بزرگ-مقیاس، شارش انرژی در امواج بزرگ‌مقیاس، دینامیک امواج درونی، شاره دولایه‌ای و چند لایه.

۷. معرفی برخی از مدلهای عددی اقیانوسی

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

تدریس کلاسی و استفاده از آزمایشگاه دینامیک شاره‌ها برای آموزش عینی برخی حرکت ها در پدیده‌های اقیانوسی.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، تمرینها در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

کلاس مجهز به کامپیوتر ویدیوپروجکتور، برخی تجهیزات آزمایشگاهی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Pond, S. and Pickard, G.L., 2013: Introductory Dynamical Oceanography. Elsevier.
2. Vallis, J., 2017: Atmosphere ocean fluid dynamics, Cambridge University Press, 964 pp.
3. Olbers, Dirk, Willebrand, Jürgen, Eden, Carsten, 2012: Ocean dynamics, Springer, 703 pp.
4. Apel, J. R., 1987: Principles of Ocean Physics. Academic Press, 620 pp.
5. Gill, A. E., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
6. Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press, 378pp.
7. Stern, M. E., 1975: Ocean Circulation Physics. Academic Press, 246pp.
8. Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. 2nd Ed., Springer–Verlag, 710pp.
9. Pedlosky, J., 1998: Ocean Circulation Theory. Springer–Verlag, 453pp.

عنوان درس به فارسی:	نظریه امواج و کشند		
عنوان درس به انگلیسی:	The Theory of Waves and Tides	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با امواج دریایی و انواع آن، مشخصات فیزیکی امواج و عوامل تأثیرگذار بر تغییر مشخصات امواج و همچنین عوامل شکل‌گیری جزرومد و مبانی نظری آن از اهداف اصلی این درس می‌باشد.

ب) اهداف ویژه:

آشنایی عمومی با ماهیت نانظم امواج، اندرکنش امواج با سایر پدیده‌های دریایی و تأثیر گذاری کلی این پدیده بر فرآیندهای ساحلی و فراساحلی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: مشخصه‌های امواج دریا (ارتفاع، پریود، بسامد، بسامد زاویه‌ای، سرعت موج، طول‌موج، قله و قعر موج)، دسته‌بندی امواج شامل ساده - پیچیده، پیش‌رونده - ایستاده، نوسانی- انتقالی، منظم - نامنظم، کوتاه - بلند، تقسیم‌بندی امواج با توجه به پریود.

۲. معادلات حاکم: معادله پیوستگی، معادله تکانه (ناویه استوکس – برنولی)، شرایط مرزی، معادله موج سطحی.

۳. نظریه‌های امواج: نظریه ایری، نظریه استوکس، نظریه نویدال، نظریه موج انفرادی (Solitary)، نظریه موج تابع جریان، نظریه موج ایستاده، محدوده کاربرد نظریه‌های مختلف.

۴. فرآیندهای نزدیک ساحل: ژرفاکاستگی، شکست، انکسار، تفرق، بازتاب.

۵. امواج ناشی از باد – امواج نامنظم: تنش سطحی باد، ایجاد امواج، تحلیل آماری، تحلیل طیفی امواج، تحلیل امواج نامنظم، امواج نماینده، تعیین مشخصات موج شاخص با استفاده از روش طیفی، روش SMB برای تعیین مشخصات موج شاخص.

۶. امواج بلند: امواج بلند (سونامی، جزرومد، برکشند طوفان، خیزاب ناشی از باد، نوسان سطح آب در بنادر و حوضچه‌ها)، امواج اقیانوسی (امواج راسبی، امواج داخلی، امواج در بین لایه‌های مختلف).

۷. مقدمه‌ی بر اندرکنش امواج با سایر پدیده‌های دریایی

۸. مدل‌های امواج: انواع مدل‌های موج، آشنایی با برخی مدل‌های موج متن‌باز (مانند SWAN، WWIII، REF/DIF، Delft-3D)، مدل‌های توسعه‌یافته در سطح ملی (PMO-Dynamics) و مدل‌های تجاری (مانند DHI-MIKE 21)، و آشنایی کامل با دست‌کم یک مدل متن‌باز.

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

استفاده از زیرساختهای کمک آموزشی (از قبیل فیلم‌های آموزشی) – تحقیقاتی (بازدید از فلوم‌های موج آزمایشگاهی موجود در کشور) و بازدید میدانی برای حصول تجربه عملی و بصری از پدیده امواج در کنار مباحث تئوری، ترکیب مناسبی برای آموزش دانشجویان فراهم خواهد نمود.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۱۰ درصد
تمرین‌های هفتگی	۳۰ درصد
آزمون میانی نیم‌سال	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

امکان استفاده از سایت کامپیوتر برای کلاس‌های عملی آموزش مدل‌های ایجاد و انتشار امواج ضروری است. همچنین بازدید میدانی برای آشنایی دانشجویان به صورت عینی با امواج می‌تواند بسیار مفید باشد.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Craik, A. (1986): Wave Interactions and Fluid Flows (Cambridge Monographs on Mechanics), Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511569548, 322p.
2. Dalrymple, R. A., Dean, R. G. (1991). Water wave mechanics for engineers and scientists. Prentice-Hall.
3. Goda, Y. (2000): Random seas and design of maritime structures, World Scientific Publishing Co., 443p.
4. Harper, J. (2019): Oceanography: Wave Dynamics, Syrawood Publishing House, ISBN 9781682866610, 231p.
5. Komen, G. J., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann, and P. A. E. Janssen, 1996: Dynamics and Modelling of Ocean Waves. Cambridge University Press, 556 pp.
6. Liu, Z., and Frigaard, P., 2001: Generation and Analysis of Random Waves, Alborg University, 76 pp.
7. Mei. C., M. Stiassie, M. and D. K. Yue, 2005: Theory and Applications of Ocean Surface Waves, Parts 1 and 2, World Scientific Pub., 1136 pp.
8. Ochi, M. K., 2005: Ocean Waves: The Stochastic Approach. Cambridge University Press, 332 pp.
9. U. S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, 1984: Shore Protection Manual. 4th Ed, U.S. Government Printing Office, Washington DC.
10. U.S. Army Corps of Engineers, (2002), Coastal Engineering Manual (CEM), Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C.
11. U. S. Arm Corps of Engineers, 2001: Coastal Engineering Manual. On the Web.
12. World Meteorological Organization, 1998: Guide to wave analysis and forecasting, 159p.
13. Young, I. R., 1999: Wind Generated Ocean Waves. Elsevier, 306 pp.

عنوان درس به فارسی:	تحلیل داده‌ها در اقیانوس‌شناسی		
عنوان درس به انگلیسی:	Oceanographic Data Analysis	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:	اصول فیزیک دریا	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	48	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با انواع داده‌های کاربردی در اقیانوس‌شناسی و روش‌های تحلیل داده‌های مذکور.

ب) اهداف ویژه:

پدیده شناسی دریایی به کمک پردازش داده، روش‌شناسی مشاهدات میدانی و دورسنجی، آشنایی عمومی با تأثیرات متقابل دیگر شاخه‌های اقیانوس‌شناسی با شاخه فیزیکی، آشنایی با تکنیک‌های کمک‌کار در تحلیل و تجسم داده ها.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. داده‌های اقیانوسی: روش‌ها، تجهیزات و الزامات نمونه‌برداری، اندازه‌گیری‌های دما، شوری، عمق یا فشار، تراز دریا، باد، موج، بارش، ردیاب‌های فیزیکی و شیمیایی، آشنایی عمومی با پارامترهای کیفی و بیولوژی آب.

۲. پردازش و نمایش داده‌ها: مقدمه، کالیبراسیون، درون‌یابی، روش‌های نمایش داده‌ها، آشنایی با فرمت‌های مرسوم ثبت و ذخیره‌سازی داده ها.

۳. روش‌های آماری: مقدمه، توزیع‌های نمونه، احتمال، گشتاورها و امید ریاضی، توابع چگالی احتمال، قضیه حد مرکزی، روش‌های برآورد، بازه اعتماد، آزمون نیکویی برازش، انتخاب اندازه نمونه، همبستگی و رگرسیون، آزمون فرضیه، درجه آزادی، روش‌های تشخیص و تصحیح خطاها، کوواریانس.

۴. تحلیل مکانی میدان‌های داده: تحلیل عینی، توابع متعامد تجربی، تحلیل مدهای بهنجار، روش‌های معکوس.

۵. تحلیل سری‌های زمانی: مفاهیم پایه، فرایندهای تصادفی، توابع همبستگی، تحلیل فوریه، تحلیل هارمونیک، تحلیل طیفی، تحلیل موجک، پالایه‌های رقومی.

۶. شواهد مورفولوژیک و تحلیل تغییرات مورفودینامیکی: ملاحظات مربوط به بازدید میدانی، آشنایی با مطالعه شواهد محلی، تحلیل رسوبات، تحلیل اجزا ساختاری رسوبات، تحلیل تغییرات خط ساحل، برآورد نرخ انتقال رسوب.

۷. آشنایی با داده‌های اقیانوسی حاصل از سنجش‌ازدور: آشنایی با سنسورهای موجود، داده‌های قابل دستیابی، و تحلیل داده‌های اقیانوسی حاصل از سنجش‌ازدور.

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

استفاده از کارگاه برای آموزش عملی و نیز بازدید میدانی برای آشنایی با شواهد محلی می‌تواند برای آموزش دانشجویان مؤثر باشد.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۱۰ درصد

دانشگاه تهران
شورای برنامه‌ریزی گسترش و تجارت آموزشی

تمرین‌های هفتگی و پروژه پایان نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

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

امکان استفاده از سایت کامپیوتر برای کلاس‌های عملی ضروری است. بازدید از مراکز تحقیقاتی برای آشنایی با تجهیزات اندازه گیری و همچنین بازدید میدانی برای آشنایی دانشجویان به صورت عینی با پدیده های مورد بررسی می‌تواند بسیار مفید باشد.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Bendat, Julius S., and Allan G. Piersol, 1986. Random Data – analysis and measurement procedures, 2nd edition, John Wiley & Sons, 1986. ISBN: 0-471-04000-2.
2. Bevington, Philip R., and D. Keith Robinson, 2003, Data Reduction and error Analysis for physical sciences, 3rd edition, Mc Graw Hill. ISBN: 0-07-247227-8.
3. Cartwright, M., 1990: Fourier Methods for Mathematicians, Scientists and Engineers. Ellis Harwood, 326 pp.
4. Emery, William J., and Richard E. Thomson, 2004, Data Analysis Methods in Physical Oceanography, 2nd edition, Elsevier. ISBN: 0-444-50757-4 [paperback], or 0-444-50756-6 [hardbound].
5. Hearn, G. E. and A. V. Metcalfe, 2004: Spectral Analysis in Engineering, University of Newcastle upon Tyne, 307pp.
6. Jenkins, M. G., and D. G. Watts, 1986: Spectral Analysis and Its Application. Holden Day Inc. Series in time series analysis, Oakland California, 525pp.
7. Koopmans, L. H., 1995: The Spectral Analysis of Time series. Second Edition, Academic Press, 366 pp.
8. Valavanis, Vasilis D. 2002. Geographic information systems in oceanography and fisheries. London: Taylor & Francis, ISBN: 9780415284639.
9. Venkatesan, R., Amit Tandon, Eric D'Asaro, M. A. Atmanand, 2018. Observing the Oceans in Real Time, Springer International Publishing AG, https://doi.org/10.1007/978-3-319-66493-4.
10. von Storch, H. and F.W. Zwiers, 2004: Statistical Analysis in Climate Research. Cambridge University Press, 484pp.

عنوان درس به فارسی:	فرآیندهای ساحلی و مصب		
عنوان درس به انگلیسی:	Coastal and Estuaries Processes	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	اصول فیزیک دریا	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	48	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

الف) هدف کلی:

آشنایی با فرآیندهای مهم ساحلی که محل ارتباط اقیانوس‌ها و خشکی هستند مهم‌ترین هدف این درس است. این فرایندها عمدتاً در اثر تعامل رسوب، موج و جریان رخ می‌دهد. بعلاوه آشنایی با خورها که از بدنه‌های آبی مهم متصل به دریاها هستند از اهداف دیگر این درس است.

ب) اهداف ویژه:

آموزش استفاده از ابزارهای محاسباتی و نرم‌افزارهای رایج و قابل کاربرد در زمینه فرآیندهای ساحلی، آشنایی با اطلاعات مورد نیاز اقیانوس شناسی جهت انجام مطالعات ساحلی. توانایی در برنامه ریزی، انتخاب و به کارگیری نرم افزارهای مناسب در انواع مطالعات ساحلی و مصب.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر فرآیندهای ساحلی: منطقه ساحلی، نیمرخ ساحل، عوامل مؤثر بر فرآیندهای سواحل.پردازش و نمایش داده‌ها: مقدمه، کالیبراسیون، درون‌یابی، روش‌های نمایش داده‌ها، آشنایی با فرمت‌های مرسوم ثبت و ذخیره‌سازی داده ها.

۲. انواع جریان‌های ساحلی: جریان‌های موازی با ساحل، جریان‌های عمود بر ساحل، جریان‌های جزرومدی، تنش‌های ناشی از امواج و جریان‌ها در ساحل، جریان‌های ناشی از باد.

۳. انتقال رسوب در سواحل: مشخصات و دانه‌بندی رسوبات ساحلی، انتقال رسوبات چسبنده و غیرچسبنده، انتقال رسوب معلق و رسوب بستر، ویژگی انتقال رسوب در سواحل، انتقال رسوب در امتداد ساحل، انتقال رسوب در مقطع عمود بر ساحل، تغذیه رسوب ساحلی، تغییرات خط ساحل، خلیج‌های امگا شکل.

۴. خورها و مصب‌ها: پدیده تداخل جریان‌های آب شور و شیرین در مصب‌ها، انواع خورها، تعادل دینامیکی عمودی و افقی در خورها، اثر جزرومد در خورها، دلتاها، گردش جریان در خورها و مصب ها، فرآیندهای رسوبی در مصب ها.

۵. مدل‌سازی فرآیندهای ساحلی: مدل‌سازی عددی فرآیندهای ساحلی و مصب و روش‌های آن، مدل‌سازی آزمایشگاهی هیدرودینامیک سواحل و فرآیندهای ساحلی.

انجام بازدید میدانی: در صورت فراهم بودن امکان لازم بازدید از یک منطقه ساحلی مناسب و تجهیزات پایش میدانی در سواحل.

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

این درس در مرحله مقدماتی به صورت تئوری تدریس میشود و طی انجام مراحل تدریس با همکاری دانشجویان در انجام تمرینهای کلاسی بخشی از آموزش محقق میشود. همچنین تمرینهای هفتگی، آزمون میان ترم و پایان ترم و همچنین انجام یک پروژه پایان ترم کمک میکند دانشجویان با انواع کارهای مطالعاتی وابسته به موضوع سواحل و مصبها آشنا شوند و در صورت علاقمندی اهداف پژوهشی مشخصی را برای خود در این زمینه انتخاب کنند.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

ارزیابی کلاس	۱۰ درصد	پروژه پایان ترم	۲۰ درصد
آزمون میانی نیم‌سال	۲۵ درصد	آزمون پایان نیم‌سال	۴۵ درصد

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

عمده آموزشهای این درس کلاسی و بخش کوچکی کارگاهی است که هدف آن آموزش نرم افزار می‌باشد. بنابراین دسترسی به سایت کامپیوتری و یا به همراه داشتن کامپیوتر شخصی اهمیت دارد. بعلاوه برای آموزش این درس مراجعه به آزمایشگاه رسوب و همچنین مراجعه به آزمایشگاهای معتبر دریایی میتواند بسیار مفید باشد. همچنین بازدید میدانی از سواحل و انجام برخی آموزشهای میدانی در این درس پیش بینی شده است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. US Army Corps Of. Engineers, 2002: Coastal engineering manual. Engineer Manual 1110 (Part IV)
2. Coastal Engineering Research Center. 1984: Shore protection manual Department of the Army, Waterways Experiment Station 1.
3. Seminara, Giovanni, and Paolo Blondeaux. 2001: River, coastal and estuarine morphodynamics. Springer Science & Business Media.
4. Dyer, K. R., 1997: Estuaries, a physical Introduction. 2nd edition.
5. Van Leussen, W., and J. Dronkers. 1988: Physical processes in estuaries. Springer Berlin Heidelberg, 1988.
6. Kamphuis, J.W., 2010: Introduction to coastal engineering and management (Vol. 30). World Scientific.
7. Dean, R.G. and Dalrymple, R.A., 2004: Coastal processes with engineering applications. Cambridge University Press.
8. Reeve, D., Chadwick, A. and Fleming, C., 2004: Coastal engineering: processes, theory and design practice. CRC Press.
9. Massie, W.W., 1976: Coastal Engineering. Volume I: Introduction. TU Delft, Section Hydraulic Engineering.
10. Benassai, G., 2006. Introduction to coastal dynamics and shoreline protection. Wit Press.
11. Van de Graaff, J., 2009: Coastal morphology and coastal protection. TU Delft, Section Hydraulic Engineering.
12. Van Rijn, L., 1993: Principles of Sediment Transport in Rivers. Estuaries, and Coastal Seas, Aqua Publications, Delft Hydraulics, the Netherlands.

عنوان درس به فارسی:	هواشناسی دریایی		
عنوان درس به انگلیسی:	Marine Meteorology	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	48	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی کلّی با مفاهیم بنیادی، پدیده‌ها و گردش‌های جوی مرتبط با اقیانوس‌ها و دریاها به منظور شناخت برهمکنش‌های خشکی- دریا و هوا- دریا و در صورت امکان شبیه‌سازی و پیش‌بینی آنها.

ب) اهداف ویژه:

آشنایی با ترکیبات و ساختار جوّ، تابش خورشیدی در سطح زمین و تغییرات زمانی و مکانی آن، چرخه آب‌شناختی، پایداری جوّی و نقش آن در شکل‌گیری فرآیندها و پدیده‌های جوّی، کمیت‌های هواشناختی از قبیل فشار، دما و باد، توده‌های هوا و سامانه‌های همدیدی عرض‌های میانی، پدیده‌های مناطق حاره‌ای، لایه مرزی سیاره‌ای دریایی، برهمکنش جوّ و اقیانوس، شبکه دیدبانی همدیدی و تحلیل نقشه‌های وضع هوا.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. ترکیبات و ساختار جو: عناصر تشکیل‌دهنده جو در نزدیکی سطح زمین، تغییرات عناصر تشکیل‌دهنده جو با زمان، فصل و محل، ساختار قائم جو.

۲. تابش خورشیدی و بودجه جهانی انرژی: تابش خورشید و تغییرات آن با زمان، تابش خورشیدی در نزدیکی سطح زمین و توزیع زمانی- مکانی آن، توازن انرژی تابشی در سامانه زمین، اثر ترکیبات جو بر بودجه گرمایی.

۳. چرخه آب‌شناختی: تبخیر، نقش بخار آب در توزیع انرژی جو و شکل‌گیری پدیده‌های جوی، ابر و بارش.

۴. پایداری جوی و نقش آن در شکل‌گیری پدیده‌های جوی: توزیع دما در جو، تغییرات دما با ارتفاع، تغییرات دما با ارتفاع در یک فرایند بی‌دررو، اثر بخار آب بر تغییرات دما با ارتفاع در یک فرایند بی‌دررو با و بدون تغییر فاز آب، بررسی پایداری ایستایی جو با استفاده از ساختار دمایی در راستای قائم، پایداری دینامیکی.

۵. فشار جو و باد در مقیاس جهانی: توزیع مکانی فشار جو، الگوهای فشاری دائمی، الگوهای فشاری گذرا، چرخندها و واچرخندها، باد و عوامل ایجاد آن در جو، الگوهای دائمی باد، الگوهای فصلی باد، تغییرات باد در راستای قائم، رود بادها.

۶. سامانه‌های همدیدی عرض‌های میانی: توده‌های هوا و دسته‌بندی و شکل‌گیری آنها، تغییرات توده‌های هوا و فرآیندهای مؤثر در آنها، جبهه و انواع جبهه‌های جوی، جبهه‌زایی.

۷. مناطق حاره‌ای: توزیع فشار در منطقه حاره، ساختار جریان باد در منطقه حاره، اغتشاش‌های حاره‌ای، منطقه همگرایی درون‌حاره‌ای، گردش واکر، النینو- نوسان جنوبی (انسو) و ویژگی‌های آن، پدیده‌های فرین در منطقه حاره و چگونگی توزیع آنها.

۸. لایه مرزی سیاره‌ای دریایی: تعریف لایه مرزی سیاره‌ای و تقسیم‌بندی آن، لایه سطحی، لایه اکمن، ساختار جریان باد در لایه‌مرزی، شارهای تکانه، گرمای محسوس و گرمای نهان، تنش سطحی و ضریب کشال.

۹. برهمکنش‌های دریا ـ خشکی و دریا- هوا: نسیم دریا ـ خشکی، فراچاهش در مناطق ساحلی، شکل‌گیری مه در حوالی ساحل، رودباد در مناطق ساحلی، گردش‌های سطحی.

۱۰. آشنایی با شبکه دیدبانی همدیدی و تحلیل نقشه‌های وضع هوا: شبکه‌های دیدبانی همدیدی جوی و دریایی، نقشه‌های وضع هوا و الگوهای همدیدی، اصول تحلیل نقشه‌های وضع هوا.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Ahrens, C. D., and R. Henson, 2019: Meteorology today. 12th Ed., Brooks/Cole, Cengage Learning, 587 pp.
2. Barry, R. G., and R. J. Chorley, 2014: Atmosphere, Weather & Climate. 8th Ed., Methuen, London, U. K., 412 pp.
3. Bigg, G. R., 2003: The Oceans and Climate. Cambridge University Press, 278 pp.
4. Hsu, S. A. 1988: Coastal Meteorology. Academic Press, 263 pp.
5. Roll, H. U. 1965: Physics of the Marine Atmosphere. Academic Press, 441 pp.
6. Subramaniam. H., 2002: Marine Meteorology. Vijaya Pub., Bombay, India, 262 pp.

عنوان درس به فارسی:	سنجش از دور اقیانوس		
عنوان درس به انگلیسی:	Ocean Remote Sensing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	اصول فیزیک دریا	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	48	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با اصول سنجش‌ازدور، انواع داده‌های ماهواره‌ای، نحوه تحلیل و کاربرد داده‌های ماهواره‌ای.

ب) اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی: مکانیک مدار، هندسه اندازه‌گیری و کاوش، تعریف سنجش‌ازدور.

۲. ماهواره‌ها: انواع ماهواره‌ها و نحوه قرارگرفتن ماهواره‌ها در اطراف زمین، آشنایی با ماهواره‌های کاربردی در اقیانوس‌شناسی.

۳. تصویربرداری: روش‌های تصویربرداری، قطبش، کاربرد ماهواره‌ها در شناخت پدیده‌های سطحی اقیانوس (امواج، جریان‌ها، ارتفاع سطح دریا، دمای سطح دریا و ...).

۴. تابش الکترومغناطیسی: تابش الکترومغناطیسی، تابش از جسم بازتابنده کامل، معادله انتقال تابش، خواص و ویژگی‌های جو از دیدگاه انتقال تابش، جذب، گسیل مولکولی، پراکندگی، تضعیف تابش توسط جو، بازتاب، انتقال و جذب در فصل مشترک اقیانوس و جو.

۵. فنون سنجش از راه دور دریا: رنگ آب اقیانوس، مشاهده تابش‌های فروسرخ از دمای سطح دریا، روش تحلیل داده‌ها و تشکیل تصاویر ماهواره‌ای، مقدمه‌ای بر تصویربرداری ریزموج (میکروویو)، مقدمه‌ای بر رادار و نحوه تصویربرداری رادار، نظریه و فن Radar (SAR) Synthetic Aperture، ارتفاع‌سنج رادار، پراکنش‌سنج رادار، ارتفاع سنجی توسط ماهواره‌ها نظیر TOPEX/POSEIDON.

۶. آشنایی با دور سنجی عملیاتی: آشنایی با منابع موجود و نحوه دانلود و زمین مرجع کردن تصاویر، پردازش تصاویر به جهت دستیابی به داده‌های SST و کلروفیل-آ و ...، آشنایی با داده‌های دورسنجی موجود از باد و موج بر روی اقیانوس‌ها و نحوه دستیابی و تحلیل اطلاعات.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

دانشگاه تهران شورای برنامه‌ریزی گسترش و تنظیم آموزش

آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Cherny, I. V., and V. Y. Raizer, 1998: Passive Microwave Remote Sensing of Oceans. John Wiley and Sons, 204 pp.
2. Comiso, J., 2010: Polar Oceans from Space. Springer, 430 pp.
3. Elachi, C., van Zyl, J., 2006: Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing. Wiely Series, 2nd Edition, 552 p.
4. Martin, S., 2004: An Introduction to Ocean Remote Sensing. Cambridge University Press, 454 pp.
5. Robinson, I. S., 2004: Measuring the Oceans from Space: The principles and methods of satellite oceanography. Springer, 669 pp.

عنوان درس به فارسی:	آکوستیک دریا		
عنوان درس به انگلیسی:	Ocean Acoustics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	اصول فیزیک دریا	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	48	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی: آشنایی با چگونگی انتقال امواج صوتی در محیط آبی اقیانوس‌ها و عوامل مؤثر بر آن.

ب) اهداف ویژه:

آشنایی با توان انتشار، شکست پرتو صوتی، کانال های صوتی زیر آب، مدهای بهنجار، موجبرها و ضرایب پراکندگی و جذب

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: سرعت صوت در دریا، نیمرخ‌های نمونه سرعت صوت در اقیانوس، کانال‌های صوتی، نکاتی درباره اثر تغییر حالت اقیانوس بر سرعت صوت، انتشار و جذب صوت در اقیانوس.

۲. نظریه پرتو میدان صوت در دریا: معادله موج صوتی، معادله هلمهولتز، شکست پرتو صوتی، انتشار افقی صوت، شدت صوت، قانون اسنل برای انتشار وابسته به برد (range-dependent)، توموگرافی صوتی اقیانوس.

۳. بازتاب امواج صوتی در سطح و کف دریا: ضرایب بازتاب و انتشار در سطح و کف دریا (شامل سطوح مایع و جامد)، بازتاب از محیط لایه‌ای.

۴. چشمه‌های صوتی: میدان صوت چشمه‌های زیرآبی، نمایش موجی و پرتوی، الگوی جهتی، توان انتشار، بسط موج کروی به امواج تخت، امواج بازتابی و جانبی.

۵. انتشار موج صوتی در دریا: انتشار صوت در آب‌های کم‌عمق، نمایش پرتوی میدان صوت در یک‌لایه، مدهای بهنجار موج در یک لایه و دو لایه، کانال صوتی زیرآبی (به دام افتادگی)، نظریه پرتو در کانال صوتی، زمان انتشار، مناطق همگرایی، میدان چشمه نقطه‌ای در کانال صوتی، موجبرخطی، مدهای بهنجار در تقریب WKB.

۶. موجبرهای وابسته به محدوده: مدهای بهنجار موج در محیط چینه‌بندی شده، ناوردایی پرتو و شرایط آن، مثال‌های پرتو در محیط‌های دریایی.

۷. پراکندگی و جذب صوت در دریا: پارامتر ریلی، پراکنش در سطوح ناهموار، ضریب پراکندگی برای سطح اقیانوس، ضریب پراکندگی برای امواج با بسامد بالا، طیف انرژی، پراکندگی صوت در محیط ناهمگن، پراکندگی حجمی، اتلاف صوت با بسامد پایین در کانال صوتی، اثرات امواج درونی بر پراکندگی، جذب و پراکندگی توسط حباب.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Brekhovskikh L., and Y. U. Lysanov, 2003: Fundamentals of Ocean Acoustics. 3rd Ed., Springer Verlag,
2. Clay C., and H. Medwin, 1989: Acoustical Oceanography, Principles and Applications. John Wiley and Sons.
3. Tolstoy I., and C. Clay, 1987: Ocean Acoustics, Theory and Experiment in Underwater Sound, American Institute of Physics.
4. Flatte, S., R. Dashen, W. Munk, K. Watson and F. Zachariasen, 1979: Sound Transmission through a Fluctuating Ocean. Cambridge University Press.
5. Etter, P. C., 2003: Underwater Acoustic Modeling and Simulation. 3rd Ed., Spom press.
6. Apel, J. R., 1997: Principles of Ocean Physics. Cambridge University Press, 631 pp.
7. Jensen, F. B., W. A. Kuperman, M. B. Porter, and H. Schmidt, 1997: Computational Ocean Acoustics. American Institute of Physics, 578 pp.
8. Lurton, X., 2011: Underwater Acoustics: An Introduction. Springer, 356 pp.

عنوان درس به فارسی:	الکترومغناطیس و نور در دریا		
عنوان درس به انگلیسی:	Electromagnetics and Optics of the Sea	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	اصول فیزیک دریا	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	48	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با خواص الکترومغناطیسی نور در دریا و کاربردهای آن.

ب) اهداف ویژه:

آشنایی با خصوصیات امواج الکترومغناطیی و نور در شاره ها، انتشار امواج الکترومغناطیسی در شاره‌ها و تصویربرداری در دریا.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. خواص الکترومغناطیسی نور: خصوصیات الکترومغناطیسی نور، پراکنش، قطبش، تبدیل فوریه و کاربرد آن در اپتیک.
۲. نور در دریا: خصوصیات اپتیکی آب دریا، تضعیف تابش نور، تابش نور روی سطح دریا، بازتاب و شکست نور در سطح دریا، نظریه انتقال تابش در دریا.
۳. معادلات الکترومغناطیسی: معادلات ماکسول، انرژی الکترومغناطیسی، معادلات موج، کاربرد معادلات ماکسول، شرایط مرزی، میدان‌های الکترواستاتیک، مگنوستاتیک، میدان‌های متغیر با زمان، پتانسیل‌های متغیر با زمان.
۴. انتشار امواج الکترومغناطیس در دریا: دسته‌بندی مسائل الکترومغناطیسی، انتشار امواج الکترومغناطیس در شاره‌ها، معادلات امواج الکترومغناطیسی در آب دریا، کاربرد الکترومغناطیس در دریا.
۵. فنون تصویربرداری در زیر دریا و مدل‌های انتشار: فنون تصویربرداری زیر آب، وضوح در دریا، رنگ دریا، کاربرد نور در اقیانوس شناسی فیزیکی و آشنایی با دستگاه‌های تصویربرداری در دریا، آشنایی با مدل‌های انتشار، آشنایی با دستگاه‌های اندازه‌گیری امواج الکترومغناطیس در دریا و آزمایشگاه.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Apel, J. R., 1997: Principles of Ocean Physics. Cambridge University Press, 631 pp.
2. Wozniak, B. and Dera, J., 2007, Light absorption in sea water, Springer, 452 pp.
3. Kong, J. A., 1986: Electromagnetic Wave Theory. John Wiley and Sons.
4. Sadiku, M. N. O., 1989: Elements of Electromagnetism, Holt, Rinehart and Winston pub.
5. Sadiku M. N. O., 1992: Numerical Techniques in Electromagnetism, CRC press.
6. Jerlov, N. G., 1990: Marine Optics. Elsevier.
7. Duffieux, P. M., 1983: The Fourier Transform and its Applications to Optics. John Wiley and Sons.
8. Jenkins, A., 1985: Fundamentals of Optics, Francis and Harvey E. White, MC Graw– Hill.
9. Tyler, J. E., 1980: Light in the Sea, Dowden, Hutchinson & Ross Inc.

عنوان درس به فارسی:	تلاطم در اقیانوس		
عنوان درس به انگلیسی:	Turbulence in the Oceans	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	اصول فیزیک دریا	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	48	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: انجام چند آزمایش عینی در آزمایشگاه دینامیک شاره‌ها

الف) هدف کلی:

آشنایی با مبانی تلاطم، چگونگی ایجاد تلاطم و تاثیر آن بر الگوی جریان‌های دریایی.

ب) اهداف ویژه:

طبیعت تلاطم در اقیانوس، شامل تلاطم دو و سه بعدی، تلاطم در شاره‌های چرخان و چینه‌بندی شده، اختلاط تلاطمی در اقیانوسها.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: برخی خواص آماری تلاطم، انواع تلاطم، سازوکارهای ایجاد تلاطم، اثرات چینه‌بندی و چرخش بر تلاطم، تلاطم دو و سه‌بعدی.

۲. معادلات حاکم بر تلاطم: معادلات میانگین‌گیری شده، معادلات پیش‌یابی، واریانس و شارهای تلاطمی، معادله انرژی جنبشی تلاطمی، عدد ریچاردسون شاری.

۳. اثرات چینه‌بندی چگالی بر تلاطم: عدد ریچاردسون شاری، نظریه همانندی مونین- ابخوف، وابستگی ضرایب پخش پیچکی به عدد ریچاردسون.

۴. فرآیندهای ایجاد تلاطم در دریا: فرآیندهای شکست امواج نظمی، برش مکانیکی و همرفتی، عدد ریچاردسون در دریا، شکست امواج درونی، نقش تلاطم در اختلاط، نمونه ضرایب بخش پیچکی قائم و افقی در دریا، مدل‌های بستار تلاطم برای مدل‌های گردش اقیانوس.

۵. همرفت پخش دوگانه: ضرایب پخش در همرفت پخش دوگانه، مقایسه پخش تلاطمی با پخش توسط همرفت پخش دوگانه در دریا.

۶. مدل‌های بستار تلاطم: مدل‌های بستار مرتبه ۱، مدل‌های بستار مرتبه ۱/۵ و مدل‌های بستار مرتبه ۲ و بالاتر. معرفی برخی مدلهای بستار تلاطمی که در مدلهای عددی اقیانوس کاربرد دارند.

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

تدریس کلاسی و استفاده از آزمایشگاه دینامیک شاره‌ها برای آموزش عینی برخی حرکت‌های تلاطمی در شاره‌های چینه‌بندی شده.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، تمرینها در طول نیم‌سال ۳۰ درصد

میان‌ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

کلاس مجهز به کامپیوتر ویدیوپروجکتور، برخی تجهیزات آزمایشگاهی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Monin, A. S., and P. V. Ozmidov, 1985: Turbulence in the Ocean. Translation Editor: H. Tennekes, D. Redel pup. 254 pp.
2. Vallis, J., 2019: Essentials of Atmospheric and Oceanic Dynamics, CUP, 366 pp.
3. Thorpe, S. A., 2007: An Introduction to Ocean Turbulence. Cambridge University Press, 264 pp.
4. Kantha L. H., and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in GFD. Academic Press, 884 pp.
5. Tennekes, H., and J. L. Lumley, 1982: A First Course in Turbulence. 2nd Ed, MIT Press, 300 pp.
6. Buumert, H. Z., H. J. Simpson, and J. Sunder Mann, 2005: Marine Turbulence. Cambridge University Press, 630 pp.
7. Stull, R., 1988: Introduction to boundary layer meteorology, 670 pp.
8. Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press, 378pp.

عنوان درس به فارسی:	برهمکنش هوا – دریا		
عنوان درس به انگلیسی:	Air–Sea Interaction	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	48	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی: شناخت پدیده‌های ناشی از تأثیرگذاری مقابل آب و هوا بر یکدیگر در اقیانوس‌ها.

ب) اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: لایه‌مرزی سطح دریا، شارهای سطحی، شرایط مرزی در سطح دریا، بودجه انرژی نزدیک سطح.

۲. روش انتقال: روش‌های انتقال توده‌ای بین جو و اقیانوس، ناهمواری سطح دریا (قانون چارنوک)، قانون‌های لگاریتمی، نیم‌رُخ‌های قائم باد و دما در لایه سطحی.

۳. شارهای تلاطمی در لایه سطحی جو و روی اقیانوس: اثر پایداری روی انتقال و شارهای سطحی، روش‌های پارامتره‌سازی انتقال، اشاره‌ای به نظریه همانندی مونین – ابکوف.

۴. لایه آمیخته اقیانوس: مشاهدات لایه آمیخته اقیانوس، تغییرات عمق لایه آمیخته، عوامل واداشت تغییر عمق لایه آمیخته اقیانوس.

۵. مدل‌های تخمین عمق لایه آمیخته: مدل‌های تلاطمی لایه آمیخته، مدل‌های ابعادی، مدل‌های فیزیکی لایه آمیخته اقیانوس.همرفت پخش دوگانه: ضرایب پخش در همرفت پخش دوگانه، مقایسه پخش تلاطمی با پخش توسط همرفت پخش دوگانه در دریا.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Casandy, G. T., 2001: Air–sea Interaction: Laws and Mechanisms. Cambridge University Press, 248 pp.
2. Hsu .S. A., 1988: Coastal Meteorology. Academic Press, 263 pp.
3. Jones, I. S. F., and Y. Toba (Eds.), 2008: Wind Stress over the Ocean. Cambridge University Press, 328 pp.

عنوان درس به فارسی:	مدل‌سازی فیزیکی دریا		
عنوان درس به انگلیسی:	Physical Modeling of the Sea	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۶۴	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

الف) هدف کلی:

آشنایی با مدل‌سازی آزمایشگاهی و طراحی شرایط آزمایشگاهی.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: مبانی مدل‌سازی فیزیکی، همانندی هندسی، همانندی دینامیکی، اعداد بی‌بعد مهم در اقیانوس‌شناسی شامل اعداد رینولدز، فرود (سطحی و درونی)، ریلی، راسبی، اکمن.

۲. مقدمه بر تحلیل ابعادی: همگنی ابعادی در روابط فیزیکی، قضیه پی (باکینگهام).

۳. مبانی روش‌های شبیه‌سازی فیزیکی: تعیین معیارهای همانندی هندسی، دینامیکی و سیستماتیکی.

۴. نمونه‌هایی از مدل‌سازی فیزیکی در اقیانوس‌شناسی: مدل امواج ساحلی، مدل نحوه برهمکنش و شکست امواج بر ساحل، شبیه‌سازی خورها و مصب‌ها، شبیه‌سازی در شاره‌های چرخان، مدل جریان از روی موانع.

۵. قسمت عملی: انجام برخی از مدل‌های فیزیکی اقیانوس‌شناسی در آزمایشگاه.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Hughes, S. A., 1993: Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering. World Scientific, 568 pp.
2. Elder, J. A. and J. Williams, 1996: Fluid Physics for Oceanographers and Physicists. Butter worth – Heinemann, 395 pp.
3. Prandtl, L., and Q. G. Tietjens, 1934: Applied Hydro and Aeromechanics. Mc Grow–Hill, NY, 311 pp.

عنوان درس به فارسی:	مقدمه ای بر سامانه‌های یکپارچه شبیه‌سازی جوّی و اقیانوسی		
عنوان درس به انگلیسی:	**Introduction *to* Coupled Ocean Atmosphere Modeling Systems**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:			**پایه** ☐ **نظری** ☐
دروس هم‌نیاز:			**تخصصی** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	۳		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** ■
تعداد ساعت:	۶۴		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

الف) هدف کلی: آشنایی با فن‌های شبیه‌سازی جفت کردن جوّ و اقیانوس.

ب) اهداف ویژه: انجام شبیه سازی مربوط به دست‌کم یک پروژه فرضی یا واقعی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه
۲. آشنایی با Linux
۳. آشنایی با NETCDF و روش‌های نمایش داده در MATLAB،
۴. آشنایی با استفاده از سرورهای محاسباتی HPC،
۵. آشنایی با یکی از مدل های متن‌باز هیدرودینامیک (مانند FVCOM، ROMS و مانند آن): شامل ساختار مدل، کُمپایل و نصب مدل، برپایش مدل، امکان محاسبات مربوط به انتقال رسوب.
۶. آشنایی با یکی از مدل های متن باز نسل سوم ایجاد و انتشار امواج (مانند WWIII، SWAN): شامل ساختار مدل، کُمپایل و نصب مدل، برپایش مدل، اجرای مدل.
۷. آشنایی با مدل متن‌باز WRF: شامل ساختار مدل، کُمپایل و نصب مدل، برپایش مدل، اجرای مدل.
۸. برپایی و اجرای مدل جفت‌شده WRF، موج و هیدرودینامیک
۹. انجام پروژه نمونه

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

انجام یک پروژه شبیه سازی واقعی با ترکیبی از پدیده های مختلف، شامل باد، موج و جریانهای اقیانوسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی): پروژه پایانی ۱۰۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: امکان استفاده از سایت کامپیوتر

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Xue, Pengfei; MalanotteâRizzoli, Paola; Wei, Jun; Eltahir, Elfatih A. B. (2020). Coupled Ocean-Atmosphere Modeling over the Maritime Continent: A Review. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, doi: 10.1029/2019JC014978.

عنوان درس به فارسی:	فیزیک دریای پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Physical Oceanography		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	اصول فیزیک دریا		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی عملی با برخی از روش‌ها و پیشرفت‌های علمی که در دهه‌های گذشته در اقیانوس‌شناسی فیزیکی مطرح بوده‌اند.

ب) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. اقیانوس چینه‌بندی شده: اشاره ای به معادله حالت برای آب دریا، چگالی پتانسیلی، دمای پتانسیلی، ارتفاع دینامیکی، اختلاط قائم و افقی در اقیانوس چینه‌بندی شده، گرادیان افقی چگالی به عنوان منشا انرژی جنبشی در اقیانوس (مانند جریان خروجی از خلیج فارس)، ترموکلاین و هالوکلاین.

۲. نیروهای رانشی در اقیانوس: نیروهای رانشی و چرخشی، نیروهای ترمودینامیکی و تابشی، تنش باد، نیروهای کشندی، نقش نیروها در گردش کلی اقیانوس و گردش‌های ترموکلاین، اثرات دینامیکی کف اقیانوس.

۳. امواج فشارورد شامل امواج بلند: سونامی، لبه‌ای (کلوین)، سیچها (Seiches)، گرانی لختی، راسبی. امواج خطی، اثرات دامنه متناهی، برهم کنش امواج، نظریه همانندی برای رشد امواج، انتشار و اتلاف انرژی امواج، اندازه گیری امواج اقیانوسی.

۴. امواج گرانی درونی در اقیانوس: معادلات حاکم بر امواج درونی، انتشار امواج درونی خطی، ساختار مدهای بهنجار امواج درونی، تولید امواج، اتلاف امواج، برهمکنش امواج درونی، طیف امواج درونی.

۵. گردش‌های بزرگ‌مقیاس: جریان‌های لختی مرز غربی، معادلات حاکم بر گردش اقیانوس، نظریه سوردراپ (Sverdrup)، اثر چینه‌بندی چگالی، مدل گردش ترموکلاین (مدل شبه‌زمینگرد)، نظیر مدل مانک، گردش در حوضه‌های بسته (مانندخزر) و نیمه‌بسته (مانند خلیج فارس)، جریان‌های لختی استوایی، گردش‌های عمیق (Abyssal).

۶. فرایندهای همرفت پخشی دوگانه: رژیم‌های همرفت پخشی دوگانه و پارامتر پایداری، اهمیت همرفت پخشی دوگانه در ایجاد ساختار لایه‌ای در اقیانوس و وارونگی دما، مشاهدات و برخی نتایج آزمایشگاهی، پارامترسازی اختلاط مربوط به همرفت پخشی دوگانه در مدل‌های اقیانوسی.

۷. مباحث انتخابی: انتشار امواج: صوتی، نوری والکترومغناطیسی در دریا، النینو، دینامیک انسو (ENSO)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه پایانی ۱۰۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Apel, J. R., 1987: Principles of Ocean Physics. Academic press, 631 pp.
2. Kantha, L. H. and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic press, 884 pp.
3. Pedlosky , J., 1998: Ocean Cirulation Theory. Springer-Verlag, 461pp.
4. Gill, A. E., 1982: Atmosphere-Ocean Dynamics. Academic press, 662 pp.
5. Salmon, R., 1988: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University press, 378 pp.
6. Tomczak, M. and J. S. Godfrey, 2001: Regional Oceanography: An Introduction. pdf Ed. Online.
7. Knauss, J. A., 1997: Introduction to Physical Oceanography. Prentice-Hall, 315 pp.

عنوان درس به فارسی:	دینامیک اقیانوس‌های پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Ocean Dynamics**	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:	دینامیک اقیانوسها	☐ پایه	■ نظری
دروس هم‌نیاز:		☐ تخصصی	☐ عملی
تعداد واحد:	۳	■ اختیاری	☐ نظری-عملی
تعداد ساعت:	۴۸	☐ رساله / پایان‌نامه	

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

الف) هدف کلی: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در زمینه تلاطم جوّی و اقیانوسی بوده‌اند

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تنظیم گرانشی در یک شاره ناچرخان همگن، تحلیل یک حرکت کم‌دامنه در شاره ساکن، امواج سطحی، امواج عمیق و کم‌عمق، تقریب هیدرواستاتیکی، معادلات آب کم‌عمق، سرعت گروه، انتشار انرژی در امواج بلند، جزر و مد و سیچها در کانال‌ها (پدیده تشدید).

۲. تنظیم گرانشی در شاره‌های ناچرخان: تنظیم گرانشی در یک شاره ناچرخان با چینه‌بندی چگالی، مدل دو لایه‌ای، معادلات حاکم بر حرکت، مُد کژفشار و تقریب مرز سخت، تنظیم گرانشی در شاره‌ای با چینه‌بندی چگالی پیوسته، امواج درونی، اثرات واپاشی، امواج درونی ناشی از موانع، انرژی امواج درونی، مدهای بهنجار.

۳. تنظیم گرانشی در یک شاره چرخان: تنظیم راسبی، پایستاری تاوایی پتانسیلی، شعاع دگرشکلی راسبی، قابلیت استفاده برای شاره‌های بزرگ‌مقیاس فیزیکی یا انرژی آزاد شده در تنظیم امواج راسبی.

۴. امواج درونی در شاره چرخان : امواج گرانی لختی درونی، انتشار قائم امواج درونی، قطبش، چگالی انرژی امواج درونی در شاره چرخان و انتشار آن، طیف امواج درونی (گرانی و گرانی-لختی) در اقیانوس

۵. حرکات واداشته اقیانوس شامل حرکات جزر و مدی: واداشت‌های کژ فشاری، انتقال انرژی از جو به اقیانوس، تنش‌های سطحی باد، تاوه بزرگ جنب‌حاره‌ای- جریان مرز غربی.

۶. ناپایداری‌های فشارورد و کژفشار: ناپایداری کژفشار در مدل شبه‌زمینگرد، همرفت مورب، ناپایداری فشارورد، انتقال انرژی به پیچک‌ها و برعکس.

۷. آشنایی با مدل های اقیانوسی: معرفی برخی از مدل‌های اقیانوسی مثل HYCOM, POM,…

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی): پروژه پایانی ۱۰۰ درصد

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Gill, A. E., 1982: Atmosphere- Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
2. Apel, J. R., 1987: Principle of Ocean Physics; Academic Press, 631 pp.
3. Pedlosky, J., 1987. Geophysical Fluid Dynamics. Springer-Verlag, 624 pp.

عنوان درس به فارسی:	نظریه‌های امواج و کشند پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Wave and Tides Theory	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	نظریه امواج و کشند	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با فرایندهای برهم کنش امواج و برخی پیشرفت‌های جدید که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در نظریه امواج و کشند بوده است.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تعیین مشخصات موج طرح: تحلیل آماری (تحلیل آماری کوتاه‌مدت، تحلیل آماری بلندمدت)، توزیع های احتمالی، تحلیل طیفی (تحلیل فوریه، محاسبه طیف خام، هموارسازی طیف، طیف‌های موجود، محاسبه مشخصات موج طرح)

۲. برهم‌کنش در امواج: تداخل موج و موج، تداخل موج و جریان، برهمکنش باد و موج

۳. تعیین سطح آب مبنای طرح: جزر ومد (تحلیل مدها، هماهنگ جزر و مد، تعیین مولفه های جزر و مد)، برکشند توفان و خیزاب ناشی از موج

۴. مدل‌های تولید و انتشار موج: مدلهای تولید موج (نسل اول، نسل دوم، نسل سوم)، مدل‌های انتشار موج (انکسار، واپاشی، بازتابش، شکست)

۵. برهمکنش موج و سازه: بالاروی موج، سرریزی موج، انتقال موج

۶. نیروهای ناشی از موج بر سازه‌های دریایی: نیروی موج بر مقاطع استوانه ای، نیروی موج بر دیواره ی قائم، نیروی موج بر سطوح مایل

۷. آشنایی با مدل‌های موج: تحلیل داده‌های جزر و مد، تولید موج، انتشار موج، محاسبه بالاروی و سرریزی ونیروهای وارد برسازه. انجام کلیه محاسبات و آشنایی با مدل‌های روز شبیه‌سازی امواج.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه پایانی	۱۰۰ درصد

دانشگاه تهران
شورای برنامه‌ریزی گسترش و تنقیح آموزشی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Mei. C., M. Stiassie, M. and D. K. Yue, 2004: Theory and Applications of Ocean Surface Waves, part 1 and 2, World Scientific Pub., 1136 pp.
2. U. S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, 1984: Shore Protection Manual. 4th Ed, U.S. Government Printing Office, Washington DC.
3. Young, I. R., 1999: Wind Generated Ocean Waves. Elsevier, 306 pp.
4. Liu, Z. and Frigaard, P., 2001: Generation and Analysis of Random Waves, Alborg University, 76 pp.
5. U. S. Arm Corps of Engineers, 2001: Coastal Engineering Manual. On the Web.

عنوان درس به فارسی:	مباحثی در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی		
عنوان درس به انگلیسی:	Selected Topics in Geophysical Fluid Dynamics		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با برخی از مباحث بنیادی در زمینه امواج و گونه‌های مختلف ناپایداری در دینامیک شاره‌ها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: اشاره ای به دینامیک حرکات بزرگ‌مقیاس، چرخش و چینش چگالی، تاوایی و گردش، قضیه کلوین، معادله پایستاری تاوایی و تاوایی پتانسیلی راسبی- ارتل، توازن و وارون‌پذیری تاوایی پتانسیلی، هلیسیتی (Helicity)

۲. نظریه آب کم‌عمق ناوشکسان: مدل آب کم‌عمق، پایستاری تاوایی پتانسیلی، قیدهای انتگرالی، حرکات کم‌دامنه، امواج خطی در مدل آب کم‌عمق، مدل شبه‌زمینگرد، بسط‌های مجانبی، جواب‌های شبه‌زمینگرد پایا و ناپایا، امواج راسبی شبه‌زمینگرد، انرژی و شار انرژی در امواج راسبی، انرژی و انسترو فی در مدل آب کم‌عمق شبه زمینگرد، تلاطم زمینگرد.

۳. لایه های اکمن در بستر و لایه سطحی محیط‌های دریایی.

۴. مدل شبه‌زمینگرد با اثر چینه‌بندی چگالی: معادلات شبه‌زمینگرد، معادله تاوایی پتانسیلی شبه‌زمینگرد، امواج راسبی در حضور چینه‌بندی چگالی، مدهای بهنجار راسبی، مدل‌های چندلایه‌ای، تنظیم راسبی در یک شاره چینه‌بندی شده

۵. مدل‌های عددی: مدل‌های عددی در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه پایانی ۱۰۰ درصد

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. Springer-Verlag, 710 pp.
2. Salmon, R. 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press, 378 pp.
3. Pedlosky, J. 2003: Waves in the Ocean and Atmosphere. Springer-Verlag, 360 pp.

عنوان درس به فارسی:	مباحثی در دینامیک اقیانوس‌ها		
عنوان درس به انگلیسی:	Selected Topics in Ocean Dynamics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در زمینه آلودگی هوا بوده‌اند.

ب) اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: انتشار امواج درونی در حضور اثرات چرخش، انتشار انرژی در امواج درونی اقیانوسی، شکست امواج درونی، شرط ناپایداری، مدهای بهنجار در امواج درونی، ایجاد ساختارهای لایه‌ای در اثر مدهای بهنجار امواج درونی، نقش امواج درونی در گردش‌های ترموکلاین اقیانوسی.

۲. امواج درونی

۳. امواج و ناپایداری‌ها: نظریه WKB در امواج گرانی درونی، امواج در مناطق استوایی، امواج کلوین، امواج راسبی، امواج راسبی-گرانی، ناپایداری‌ها و شرایط لازم برای آنها.

۴. لایه مرزی اقیانوس و اختلاط تلاطمی: اختلاط تلاطمی در لایه مرزی با اثرات پایداری، نظریه همانندی مونین- ابکوف، معادلات انرژی تلاطم در محیط‌های اقیانوسی، اختلاط تلاطمی، انرژی تلاطمی قابل استفاده برای اختلاط، عدد ریچاردسون شاری، تلاطم گاه و بی‌گاه در اقیانوس، توزیع شدت اختلاط نسبت به عمق، اختلاط زیر آب‌های یخزده مناطق قطبی، ضرایب اختلاط در مدل‌های گردش اقیانوسی.

۵. همرفت پخش دوگانه در اقیانوس: مبانی همرفت آزاد و واداشته، همرفت دوگانه در رژیم‌های انگشتی و لایه‌ای چگالی (پارامتر پایداری) ضرایب پخش در اثر همرفت پخش دوگانه، تفاوت‌های پخش دوگانه با پخش تلاطمی، برهمکنش جریان‌های کوچک‌مقیاس با همرفت پخش دوگانه، ایجاد خُردساختارهای لایه‌ای در اثر همرفت پخش دوگانه.

۶. همرفت از چشمه‌های مجزای شناوری : پلوم‌های نقطه‌ای در محیط‌های یکنواخت، اثر پلوم‌ها بر محیط‌های نیمه‌بسته و بسته، پلوم‌ها در محیط‌هایی با چینه‌بندی چگالی، اثر بادهای جانبی بر حرکت پلوم‌ها.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه پایانی ۱۰۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Gill, A. E. 1982: Atmosphere- Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
2. Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Dynamic. Academic Press, 884 pp.
3. Vallis, 2006: Oceanic and Atmospheric Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 1733pp.
4. Turner, J. s. 1972. Buoyancy effects in Fluids, CUP. 624 pp.

عنوان درس به فارسی:	مباحثی در فیزیک دریا		
عنوان درس به انگلیسی:	Selected Topics in Physical Oceanography	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با ویژگی‌های فیزیکی اقیانوس‌ها، توزیع افقی و قائم دما، شوری و چگالی پتانسیلی در اقیانوس‌ها و نقش برهمکنش جوّ و اقیانوس بر آنها، امواج سطحی و درونی در اقیانوس

اهداف ویژه:

ارائه مباحثی درباره توزیع کمیت‌های فیزیکی در اقیانوس‌ها و دریاهای نیمه‌بسته همچون خلیج فارس، علل فیزیکی توزیع‌های مشاهده‌شده، توده‌های آب و گردش ترموکلاین

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. اقیانوس چینه‌بندی شده: معادله حالت برای آب دریا، چگالی پتانسیلی، دمای پتانسیلی، ارتفاع دینامیکی، اختلاط قائم و افقی در اقیانوس چینه‌بندی شده، گرادیان افقی چگالی به عنوان یکی از چشمه‌های انرژی جنبشی در اقیانوس، ترموکلاین و هالوکلاین

۲. توابع واداشت در اقیانوس: نیروهای گرانشی و چرخشی، واداشت‌های ترمودینامیکی و تابشی، تنش باد، نیروهای کشندی، نقش توابع واداشت در گردش کلی اقیانوس و گردش‌های ترموکلاین، اثرات دینامیکی کف اقیانوس

۳. امواج سطحی: امواج بلند، سونامی، امواج لبه‌ای (کلوین)، سیچ‌ها (seiches)، امواج گرانی- لختی، امواج راسبی؛ امواج ناشی از باد: امواج خطی، اثرات دامنه متناهی، برهمکنش امواج، طیف امواج ناشی از باد، نظریه همانندی برای رشد امواج، انتشار و اتلاف انرژی امواج، پیش‌بینی امواج ناشی از باد؛ اندازه‌گیری امواج اقیانوسی

۴. امواج گرانی درونی: معادله‌های حاکم بر امواج درونی، انتشار امواج درونی خطی، انرژتیک امواج درونی، ساختار مُدهای بهنجار و امواج درونی، تولید امواج، اتلاف امواج، برهمکنش امواج درونی، طیف امواج درونی

۵. گردش‌های بزرگ‌مقیاس: معادله‌های حاکم بر گردش اقیانوس، نظریه سوردراپ (Sverdrup)، جریان‌های لختی مرز غربی، مدل مانک (Munk)، اثر چینه‌بندی چگالی، مدل گردش ترموکلاین (مدل شبه‌زمینگرد)، زیرجریان‌های لختی استوایی، گردش‌های عمیق (abyssal)، گردش در حوضه‌های بسته (خزر) و نیمه بسته (خلیج فارس)

۶. فرآیندهای همرفت پخشی دوگانه: رژیم‌های همرفت پخشی دوگانه و پارامتر پایداری، اهمیت همرفت پخشی دوگانه در ایجاد ساختار لایه ای در اقیانوس و وارونگی دما، مشاهدات و برخی نتایج آزمایشگاهی، پارامترسازی اختلاط مربوط به همرفت پخشی دوگانه در مدل‌های اقیانوسی

۷. تلاطم در اقیانوس‌ها: نظریهٔ کلموگروف، تلاطم‌های سه‌بعدی و دوبعدی، ناپایداری‌های هیدرودینامیکی، انتقال انرژی در تلاطم‌های دوبعدی و سه‌بعدی، تلاطم زمینگرد، توزیع تلاطم در اقیانوس‌ها، معادلات تلاطم، ترموکلاین دائم

۸. مباحث انتخابی: انتشار امواج صوتی، امواج نوری، امواج الکترومغناطیسی در دریا؛ النینو، دینامیک انسو (ENSO)، گردش‌های بزرگ‌مقیاس اقیانوسی، تغییرات اقلیمی دینامیک گردش‌های ترموکلاین، چالش‌های مدل‌های جفت شده جو و اقیانوس

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Talley, L. D., Pickard, G. L., Emery, W. J. and Swift J. H., 2011: Descriptive Physical Oceanography: An Introduction. Sixth Edition, Academic Press, 983 pp.
2. Stewart, R. H., 2008: Introduction to Physical Oceanography. Available electronically from https://hdl.handle.net /1969.1 /160216, 343 pp.
3. Knauss, J. A., 1997: Introduction to Physical Oceanography. Prentice-Hall, 315 pp.
4. Thorpe, S. K., 2008: Turbulence in the Ocean, Cambridge University Press, 439 pp.
5. Vallis, J. K., 2017: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. Fundamentals and large-scale circulation. 2nd ed., Cambridge University Press, 946 pp.
6. Apel, J. R., 1987: Principles of Ocean Physics. Academic Press, 631 pp.
7. Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic Press, 884 pp.
8. Pedlosky, J., 1998: Ocean Circulation Theory. Springer-Verlag, 461 pp.
9. Gill, A. E., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
10. Tomctak, M., and J. S. Godfrey, 2001: Regional Oceongraphy: An Introduction. Pdf ed. Online.
11. Pedlosky, J., 2003: Waves in the Ocean and Atmosphere. Springer–Verlag, Ch. 4, 8, 9, 13–15.
12. Marshall, J., and R. A. Plumb, 2008: Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics. Academic Press, Ch. 7, 9–11.

عنوان درس به فارسی:	گردش اقیانوس		
عنوان درس به انگلیسی:	Ocean Circulation	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با برخی از مباحث اصلی در گردش اقیانوسی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. نظریه سوردراپ (Sverdrup): مقدمه، مقیاس‌بندی برای نظریه سوردراپ، رابطه سوردراپ زمینگرد، صحت نظریهٔ سوردراپ
۲. مدل‌های همگن گردش اقیانوس: فرمولبندی مدل همگن، معادلهٔ تاوایی به شکل بدون بعد، سوردراپ درونی، معادلهٔ لایهٔ مرزی غربی، مدل خطی، مدل غیرخطی مانک (Munk)، لایهٔ مرزی لختی، قیدهای انتگرالی، توازن‌های انتگرالی برای لایهٔ مرزی.
۳. ساختار قائم مدل‌های کژ فشار شبه‌زمینگرد: مدل شبه‌زمینگرد، حالت‌های ویژه از معادله تاوایی پتانسیلی، امواج راسبی، مسئله گردش شبه‌زمینگرد، تعیین باز گردش، همگن‌سازی تاوایی پتانسیلی، کاربست نظریه چرخاب (Gyre) جنب‌حاره‌ای، مدل شبه‌زمینگرد با چینه‌بندی پیوسته، نشانه‌های مشاهداتی و عددی
۴. نظریه تهویه (Ventilated) ترموکلاین: فرمولبندی مدل، تقریب‌های میان اقیانوس، مدل‌های دولایه‌ای و سه‌لایه‌ای ترموکلاین تهویه‌شده، چرخاب جنب‌قطبی، نظریهٔ واحد برای تهویه و همگن‌سازی، اثر عمق محدود لایهٔ آمیخته، مدل‌های پیوسته ترموکلاین تهویه‌شده.
۵. گردش ناشی از شناوری و شارش متقاطع با چرخاب: شارش متقاطع با چرخاب، معادلات بادررو به شکل‌های ویژه، جواب‌های تحلیلی چرخاب جنب‌حاره‌ای ناشی از شناوری و باد.
۶. گردش‌های عمیق (Abyssal): آزمایش استومل (Stommel)، آرونز (Arons) و فالر (Faller)؛ نظریهٔ استومل- آرونز (شارش عمیق در کره)، گردش دوقطبی همراه با چشمه‌های منفرد، اثر شکاف‌ها و پشته‌های کف اقیانوس، ایجاد گردش عمیق و ساختار قائم آن.
۷. مدل‌های عددی گردش: آشنایی با برخی از مدل‌های پیشرفته عددی گردش در اقیانوس‌ها.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه پایانی ۱۰۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Liou ,k. N. ,2001: An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press, 583 pp.
2. Pedlosky, J., 1998: Ocean Circulation Theory. Springer, 453 pp.

3. Gill, A. E., 1982: Atmosphere-Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
4. Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic Press, 884 pp.
5. Stern, M. E., 1975: Ocean Circulation Physics. Academic Press, 246 pp.
6. Kanuss, J. A., 1997: Introduction to physical Oceanography. Prentice-Hall, 315 pp.

عنوان درس به فارسی:	امواج و ناپایداری		
عنوان درس به انگلیسی:	Waves and Instabilities		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با برخی از مباحث بنیادی در زمینه امواج و گونه‌های مختلف ناپایداری در دینامیک شاره‌ها

ب) اهداف ویژه:

ضمن معرفی مفاهیم و اثرات خطی، تکیه خاص بر دینامیک و پایداری غیرخطی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. امواج: امواج آکوستیک شامل معادله موج، جوّاب‌های بنیادین معادله موج، تابش چندقطبی، تولید صوت، پراکندگی صوت، آکوستیک غیرخطی، موج شوک، ناورداهای ریمان؛ امواج آب شامل امواج کم‌دامنه، پاشش و سرعت گروه، امواج غیرخطی ضعیف و معادله کرته‌وگ- دوریس (Korteweg–de Vries)، امواج انفرادی و سالیتون‌ها

۲. پایداری خطی: ناپایداری کلوین- هلمهولتز، ناپایداری زمانی، ناپایداری فضایی، ناپایداری جت‌ها و پسایه‌ها، علیت و مدهای فضایی ناپایداری، معادله خطی‌شده گینزبرگ- لاندائو، پایداری شارش‌های دارای چینش موازی شامل معادلات ریلی و اُر- زومرفلد (Orr–Sommerfield)، شارش‌های توسعه‌یابنده در فضا و مدهای جهانی

۳. پایداری غیرخطی: نظریه لاندائو، معادله لاندائو- استیوارت، استخراج معادله‌های دیفرانسیلی معمولی حاکم بر پایداری، برهمکنش‌های تشدیدی امواج، مفاهیم بنیادین پایداری غیرخطی، نظریه دوشاخگی و آشوب، روش انرژی در بررسی پایداری، قضایای پایداری آرنولد

۴. رهیافت هامیلتونی: تقارن و قانون‌های پایستاری، تقارن بازبرچسب‌زنی (relabeling) ذرات، پایستاری کنش موج، معادله‌های شارش میانگین، معادله‌های بُندادی، صورت اویلری اصل هامیلتون، نگره هندسی دینامیک، دینامیک هامیلتونی نابندادی، شبه‌انرژی، پایداری و انرژی دسترس‌پذیر

۵. مباحث انتخابی: برهمکنش‌های اتلافی امواج با شارش میانگین، برهمکنش‌های غیراتلافی امواج با شارش میانگین، رشد مُدی و نامُدی در ناپایداری فشارورد و کژفشار، برهمکنش‌های موج- موج، امواج راسبی انفرادی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Drazin, P. G., and W. H. Reid, 1981: Hydrodynamic Stability. Cambridge University Press, 527 pp.
2. Kapitula, T., and K. Promislow, 2014: Spectral and Dynamical Stability of Nonlinear Waves. Springer-Verlag, 361 pp.
3. Vallis, G. K., 2017: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-scale Circulation, 2nd edition, Cambridge University Press., 946 pp.
4. Hsieh, D. Y., and S. P. Ho, 1994: Wave and Stability in Fluids. World Scientific, 416 pp.
5. Huerr, P., and P. A. Monkewitz, 1990: Local and global instabilities in spatially developing flows. Annu. Rev. Fluid Mech., 22, pp. 473–537.
6. Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press, 392 pp.
7. Whitham, G. B., 1974: Linear and Nonlinear Waves. John Wiley & Sons, 636 pp.
8. Lighthill, M. J., 1978: Waves in Fluids. Cambridge University Press, 520 pp.
9. Komen, G. L., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann, and P. A. E. M. Janssen, 1994: Dynamics and Modelling of Ocean Waves. Cambride University Press, 532 pp.
10. Craik, A. D. D., 1985: Wave Interaction and Fluid Flows. Cambridge University Press, 322 pp.
11. Andrews, D. G., J. Holton, and C. Leovy, 1987: Middle Atmosphere Dynamics. Academic Press, 489 pp.
12. Infeld, E., and G. Rowlands, 1990: Nonlinear Waves, Solitons, and Chaos. Cambridge University Press, 423 pp.
13. Gill, A., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
14. Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. Springer-Verlag, New York, 624 pp.

عنوان درس به فارسی:	نظریه وارون در فیزیک جو- اقیانوس		
عنوان درس به انگلیسی:	Inverse Theory in Atmosphere–Ocean Physics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با برخی از زمینه‌های اصلی پژوهش در کاربردهای نظریه وارون در فیزیک جوّ و اقیانوس

ب) اهداف ویژه:

آشنایی با کاربست در سنجش از دور

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی ریاضی نظریه وارون: تعریف مسئله وارون، تعدد مدل‌ها، نایکتایی ذاتی، فضاهای برداری خطی: نُرم، فاصله، فضای توابع، دنباله کُشی، نرم‌های برداری و ماتریسی، ضرب داخلی، فضای هیلبرت، ضرایب لاگرانژ، ماتریس‌ها و دستگاه‌های خطی، دستگاه‌های فرومقید (underconstrained systems)، دستگاه‌های فرامقید (overconstrained)، تجزیه مقدار تکینه SVD (Singular Value Decomposition)، وارون تعمیم‌یافته ماتریس (Lanczos یا Moore–Penroze)، تجزیه QR

۲. پیش‌بینی در نظریه وارون: مدل‌ها و داده‌ها، پیش‌بینی تعمیم‌یافته، زیربنای آماری کمینه‌سازی نرم l^2، برآورد کمترین مربعات، خطای پیش‌بینی، کران‌های خطای باکوس و پارکر، پیش‌بینی دلتا

۳. رامسازی (quelling): تفکیک، رامسازی به‌وسیله انتگرال‌گیری، رامسازی تعمیم‌یافته، رامسازی به‌وسیله ضرب، رامسازی به‌وسیله همامیخت

۴. داده‌های خطادار و غیرخطی: هم‌پراشهای مدل (model covariances)، خطای مطلق، خطای نسبی، مشتق فرشه (Frechét)، مدل آغازین، ارزیابی، داده های خطادار غیرخطی

۵. کاربست‌های نظریه وارون: کاربست در سنجش از دور نیم‌رخ‌های دما، غلظت هواویزها و نسبت آمیختگی اجزای تشکیل‌دهنده جوّ به روش‌های خطی مقید، باکوس-گیلبرت، تکرار غیرخطی، وارون آماری؛ کاربست در مدل‌سازی گردش اقیانوس

۶. مباحث انتخابی: وارونی بیشین، رهیافت آماری، وارونی بیزی، الگوریتم‌های عددی برای حل مسائل وارون، تحلیل عاملی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Nakamura, G., and R. Potthast, 2015: Inverse Modeling: An introduction to the theory and methods of inverse problems and data assimilation. IOP Publications Ltd., 734 pp.
2. Bennett, A. F., 2002: Inverse Modeling of the Ocean and Atmosphere. Cambridge University Press, 256 pp.
3. Parker, R. L., 1994: Geophysical Inverse Theory. Princeton University Press, 386 pp.
4. Menke, W., 1989: Geophysical Data Analaysis: Discrete Inverse Theory. Revised Ed., Academic Press, 285 pp.
5. Deepak, A., (ed.) 1977: Inversion Methods in Atmospheric Remote Sounding. Academic Press, 622 pp.
6. Scales, J. A., M. L. Smith, and S. Treitel, 2001: Introductory Geophysical Inverse Theory. Samizdat Press, 193 pp.
7. Tarantola, A., 1987: Inverse Problem Theory – Methods for data fitting and model parameter estimation. Elsevier, 613 pp.
8. Golub, G., and C. Van Loan, 1996: Matrix Computations. 3rd ed., The Johns Hopkins University Press, 664 pp.
9. Wunsch, C., 1996: The Ocean Circulation Inverse Problem. Cambridge University Press, 458 pp.
10. Sen, M., and P. L. Stoffa, 1995: Global Optimization Methods in Geophysical Inversion. Elsevier, 281 pp.
11. Kidder, S. Q., and T. H. Vonder Haar, 1995: Satellite Meteorology: An Introduction. Academic Press, pp. 183–231.

عنوان درس به فارسی:	مدلسازی عددی اقیانوس پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Numerical Modeling of the Oceans	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مدل‌سازی عددی اقیانوس II	☐ پایه	■ نظری
دروس هم‌نیاز:		☐ تخصصی	☐ عملی
تعداد واحد:	۳	■ اختیاری	☐ نظری-عملی
تعداد ساعت:	۴۸	☐ رساله / پایان‌نامه	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با برخی از مباحث اصلی پژوهش در مدل‌سازی عددی

اهداف ویژه:

آشنایی با مباحث پیشرفته مرتبط با روش‌های عددی مورد استفاده در مدل‌سازی‌های جوّی و اقیانوسی و همچنین آشنایی با پاره‌ای از مباحث مهم مرتبط با فنون عددی مورد استفاده در مدل‌های جهانی و منطقه محدود مورد استفاده در پیش‌بینی‌های عددی وضع هوا

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. روش‌های بسط به سری: روش‌های کمینه‌سازی مانده، روش طیفی، روش شبه‌طیفی، هماهنگ‌های کروی، روش عنصر متناهی
۲. روش‌های نیمه‌لاگرانژی: معادله فرارفت نرده‌ای، واداشت در چارچوب لاگرانژی، کاربست روش‌های نیمه‌لاگرانژی به دستگاه‌های معادلات، روش‌های مختلف محاسبه مسیر، مقایسه روش‌های اویلری و لاگرانژی
۳. حل عددی معادلات متوازن: مدل فشارورد، مدل‌های کژفشار شبه‌زمینگرد، مدل زمینگرد سیاره‌ای، مدل متوازن بولین- چارنی، مدل‌های متوازن از مرتبه بالاتر، شرایط مرزی
۴. امواج گرانی- لختی و آکوستیک در مدل‌های عددی: روش تصویر، روش نیمه‌ضمنی، روش‌های گام کسری، خلاصه‌ای از طرحواره‌های حل معادلات ناآب‌ایستایی، تقریب آب‌ایستایی، مدل‌های معادلات بسیط
۵. شرایط مرزی نابازتابی: شارش یک‌بُعدی، شارش دوبُعدی آب کم‌عمق، شارش دوبعدی چینه‌بندی شده، لایه‌های جذب‌کننده موج
۶. بررسی یکی از مدل‌های عملیاتی یا پژوهشی رایج: فرمولبندی، الگوریتم عددی، شرایط مرزی، آغازگری، فرایندهای فیزیکی و پارامترسازی آنها

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
- تمرین

- پروژه درسی
- آزمون پایان نیم‌سال

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Durran, D. R., 2010: Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer–Verlag, 516 pp.
2. Durran, D. R., 1999: Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer–Verlag, 465 pp.
3. Coiffier J., 2012: Fundamentals of Numerical Weather Prediction. Cambridge University Press, 340 pp.
4. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley & Sons, 477 pp.
5. Strikwerda, J. C., 1989: Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations. Wadsworth & Brooks/ Cole Advanced Books & Software, 389 pp.
6. Iserles, A., 1996: A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations. Cambridg University Press, 378 pp.
7. Krishnamurti, T. N., H. S. Bedi, V. M. Hardiker and L. Ramaswamy, 2006: An Introduction to Global Spectral Modeling. Springer, 317 pp.
8. Ehrendorfer M., 2012: Spectral Numerical Weather Prediction Models. SIAM, 482 pp.
9. Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes. Academic Press, 940 pp.

عنوان درس به فارسی:	تحلیل عینی و گوارد داده‌ها		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Objective Analysis and Data Assimilation		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:			تخصصی ☐	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:	مدل‌سازی عددی اقیانوس II		اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۴۸			

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

.....

الف) هدف کلی:

آشنایی با مباحث مطرح در زمینه تحلیل عینی و گوارد داده‌های جوّی

ب) اهداف ویژه:

آشنایی با مبانی کلی روش‌های تحلیل عینی و روش‌های درونیابی فضایی مورد استفاده در هواشناسی و مدل‌های جوّی و اقیانوسی و مباحث پایه‌ای روش‌های گوارد داده‌های جوّی در مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی تحلیل عینی و گوارد داده‌ها: دینامیک، سامانه‌های دیدبانی، مجموعه داده‌ها، مدل‌ها؛ تعریف مسئله و استخراج معادلات تحلیل جوّ، مشخصه‌های مسئله تحلیل در پیش‌بینی عددی وضع هوا: پایه گسسته از پیش معین، لزوم تقریب، فرومعینی(underdeterminacy) و لزوم اطلاعات پیشین، تحول زمانی، توازن وجفت‌شدگی غیرخطی

۲. تحلیل فضایی: مفاهیم بنیادی، برازش خم، برآورد کمترین مربعات، روش تصحیح متوالی: کرسمن و بارنز؛ تحلیل آماری: کریجینگ، درونیابی بهینهٔ تک‌متغیره و چندمتغیره؛ مسئله آغازگری، آغازگری بهنجار غیرخطی

۳. روش‌های وردشی: مسئله وردشی، تحلیل وردشی سه‌بعدی (3DVAR)، گوارد وردشی چهاربُعدی (فضا و زمان): کمینه‌سازی مقید و معادلات اویلر-لاگرانژ، روش‌های الحاقی برای کمینه‌سازی

۴. مباحث ویژه: روش‌های گوارد مورد استفاده در سامانه‌های پیش‌بینی عملیاتی کنونی، گوارد داده‌ها در میان‌مقیاس، نظریه برآورد و گوارد دنباله‌ای داده‌ها، صافی کالمن، صافی کالمن بسط‌یافته، الگوریتم‌های عددی برای حل مسائل گوارد داده ، بردارهای تکینه و دیدبانی هدفمند

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
- تمرین

- پروژه درسی
- آزمون پایان نیم‌سال

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Evensen, G., 2009: Data Assimilation: The Ensemble Kalman Filter. Springer–Verlag, 279 pp.
2. Law, K., A. Stuart, and K. Zygalakis, 2015: Data Assimilation: A Mathematical Introduction. Springer, 242 pp.
3. Daley, R., 1994: Atmospheric Data Analysis. Cambridge University Press, 466 pp.
4. Kalnay, E., 2002: Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press, 364 pp.
5. Lorenc, A. C., 1986: Analysis methods for numerical weather prediction. Q. J. R. Meteorol. Soc., 12, pp. 1177–1194.
6. Ghil M., and P. Malanotte-Rizzoli, 1991: Data assimilation in meteorology and oceanography. Advances in Geophysics, Vol. 33, Academic Press, pp. 141–266.
7. Thiebaux, G. H., and M. A. Pedder, 1987: Spatial Objective Analysis: with Applications in Atmospheric Science. Academic Press, 299 pp.
8. Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes. Academic Press, pp. 729–776.
9. Pinardi, N., and J. Woods (eds.), 2000: Ocean Forecasting: Conceptual Basis and Applications. Springer–Verlag, pp. 73–147.
10. Malanotte-Rizzoli, P., (ed.), 1995: Modern Approaches to Data Assimilation in Ocean Modeling. Elsevier, 455 pp.
11. Tarantola, A., 1987: Inverse Problem Theory- Methods for data fitting and model parameter estimation. Elsevier, 613 pp.
12. Golub, G., and C. Van Loan, 1996: Matrix Computations. 3rd ed., The Johns Hopkins University Press, 664 pp.

عنوان درس به فارسی:	مدلسازی و تحلیل اکوسیستم		
عنوان درس به انگلیسی:	Ecosystem Modelling and Analysis		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

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

.....

الف) هدف کلی:

این دوره برای دانشجویان اقیانوس‌شناسی علاقمند به محیط زیست دریایی، محیط زیست و علوم مهندسی طراحی شده است. هدف آن افزایش درک خواص دینامیکی سیستم‌های مختلف زیستی از جمعیت تا سطح اکوسیستم است و نشان می‌دهد که چگونه چنین سیستم‌هایی را می توان با استفاده از تحلیل ریاضی و شبیه‌سازی عددی مورد مطالعه قرار داد.

ب) اهداف ویژه:

هدف اصلی این دوره معرفی دانشجویان به مفهوم مدل‌سازی اکوسیستم و توسعه مهارت‌هایی است که برای شناخت، ساخت و اجرای مدل‌های بوم‌شناختی لازم است. این دوره جنبه‌های مختلف نظری مدل‌سازی بوم‌شناختی، برنامه‌نویسی رایانه، تحلیل داده‌ها و شبیه‌سازی با مدل را مورد بحث قرار می دهد. تاکید خاص بر مدل‌های اکوسیستم آبزی، به ویژه اکوسیستم‌های مرتبط با تالاب ها و خورها دارد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی: آشنایی با مبانی زیست‌میحطی، آشنایی با مبانی بوم‌شناختی، آشنایی با کیفیت آب و پاسخ زیست‌شناختی به ورود مواد طبیعی یا ساخت دست بشر، آشنایی با آلاینده‌های زیست‌محیطی حاصل از غنی‌شدگی مواد آلی
۲. چرخه‌های زیست‌محیطی در محیط‌های آبی: مطالعه چرخه نیتروژن، مطالعه چرخه فسفات، مطالعه چرخه کربن
۳. آشنایی با مدل های زیست‌ژئوشیمی: آشنایی با مبانی مدل‌سازی زیست‌ژئوشیمی
۴. ساخت مدل‌های بوم‌شناختی: ساخت و اجرای مدل‌های بوم‌شناختی، تحلیل شبیه‌سازی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه پایانی ۱۰۰٪

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Haefner, James W. (1996) Modeling Biological Systems: Principles and Applications, Chapmann & Hall.
2. Hannon, Bruce and Matthias Ruth (1994) Dynamic Modeling, Springer-Verlag.
3. Hall, Charles A.S. and John W. Day, Jr. (1977) Ecosystem Modeling in Theory and Practice: An Introduction with Case Histories, John Wiley & Sons.
4. Chapra, Steven, C. (1997) Surface Water-Quality Modeling, McGraw-Hill.
5. Fennel, Wolfgang and Thomas Neumann (2004) Introduction to the Modeling of Marine Ecosystems, Elsevier.

عنوان درس به فارسی:	لایه مرزی		
عنوان درس به انگلیسی:	Boundary Layer	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با ساختار و مبانی نظری لایه مرزی شامل مبانی نظری تلاطم‌سه‌بعدی، معادلات آنی و میانگین‌گیری شده، مسئله بستار تلاطمی قوانین همانندی لایه مرزی، بودجه انرژی سطح و زیر سطح

اهداف ویژه:

آشنایی با نقش عوامل مختلف در تغییرات و شرایط پایداری در لایه مرزی، آشنایی با الگوی لایه‌های مرزی خنثی، ناپایدار، پایدار و ناهمگن، و نقش لایه مرزی در فرآیندهای اقیانوسی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری بر مبانی لایه مرزی جوّ: معرفی لایه مرزی، تغییرات مکانی و تغییرات زمانی لایه مرزی، مشخصات میانگین پارامترهای لایه مرزی، فرآیندهای موجوّد در لایه مرزی شامل جت شبانه، امواج گرانی، درون آمیختگی؛ اهمیت لایه مرزی

۲. برخی خواص آماری تلاطم در لایه مرزی: اهمیت تلاطم، انرژی جنبشی تلاطمی، شارش‌های پیچکی، خودهم بستگی، تابع ساختار، طیف انرژی تلاطم، نحوهٔ ایجاد تلاطم در لایه مرزی

۳. معادلات اساسی تلاطم در لایه مرزی و همانندی: معادلات پایه، معادلات میانگین تلاطم، معادلات پیش‌یابی برای انحراف معیار، شارش‌های تلاطمی؛ معادله انرژی تلاطمی، عدد ریچاردسون شاری، مسئله بستار تلاطم، شیوهای بدون بعد، فرضیه همانندی و رابطه همانندی مونین-اباخوف، همانندی عدد راسبی، همانندی طیفی

۴. شرایط مرزی در سطح زمین، شارهای سطحی، بودجه انرژی سطح، بودجه تابشی سطح، ناهمواری سطح و ضریب پسار، شار گرمای زمین، فرآیندهای انتقال سطحی، قوانین انتقال در سطوح جوّ- دریا و جوّ- خشکی، شارهای تکانه، گرما و رطوبت در مرز هوا- دریا؛ تنش دریا در سطح آب دریا، فرآیند انتقال تکانه و ایجاد امواج سطحی، برهمکنش هوا-دریا در مناطق جبهه‌ای، ناهمواری سطح دریا، پارامترسازی شارهای تلاطمی

۵. لایه مرزی آمیخته جوّ و اقیانوس: لایه همرفتی آمیخته جوّ، معادلات لایه مرزی همرفتی، مدل‌های تخمینی رشد عمق لایه مرزی همرفتی، مدل‌های تخمین رشد عمق لایه آمیخته، لایه آمیخته جوّ روی دریا، لایه آمیخته اقیانوس، معادلات حرکت در لایه آمیخته اقیانوس، تغییرات لایه آمیخته اقیانوس در اثر توفان

۶. لایه مرزی پایدار: مشخصات میانگین، فرآیندهای تلاطمی در لایه مرزی جوّ پایدار، عدد ریچارد سون، جت شبانه در لایه مرزی پایدار، بادهای دره ای، بادهای کوهستانی، حرکت باد روی کوه، عدد فرود

۷. لایه مرزی و انتقال رسوب و آلاینده ها

۸. مباحث انتخابی: مدل‌های بستار تلاطم با مرتبه دو و بالاتر، بستار محلی و غیرمحلی، فرضیه تبادل، پارامترسازی عددی لایه مرزی، اقلیم لایه مرزی، انتقال انرژی باد به امواج سطحی، شکست امواج سطحی، ساختار تلاطم نزدیک مرز جوّ- اقیانوس

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
میان‌ترم	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Garratt, C., 1992: Atmospheric Boundary Layer. Cambridge University Press, 430 pp.
2. Stull, R. B., 1988: An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Publishers, 666 pp.
3. Baklanov, A., and B. Grisogono, 2007: Atmospheric Boundary Layer: Nature, Theory and Applications to Environment Modelling and Security. Springer, 242 pp.
4. Arya, P., 2001, Micrometeorology, 2nd ed. Academic Press, 420 pp.
5. Wyngaard, J. C., 2010, Turbulence in the Atmosphere, Cambridge University Press, 407 pp.
6. Bidokhti, A. A., 2018, Fundamentals of Fluid Dynamics. 2nd. Ed., University of Tehran Press.
7. Blackadar, A. K., 1998: Turbulence and Diffusion in the Atmosphere. Springer–Verlay, 185 pp.
8. Kantha, L. H. and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic Press, 884 pp.
9. Hsu, S. A., 1988: Coastal Meteorology. Academic Press, 263 pp.
10. Casandy, G. T., 2001: Air–Sea Interaction. Cambridge University Press, 284 pp.
11. Moeng, C.-H., and P. P. Sullivan, 1994: A comparison of shear- and buoyancy-driven planetary boundary layer flows. J. Atmos. Sci., 51, 999–1022.
12. Shin, H. H., and J. Dudhia, 2016: Evaluation of PBL parameterizations in WRF at subkilometer grid spacings: Turbulence statistics in the dry convective boundary layer. Mon. Wea. Rev., DOI: http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-15-0208.1.
13. Cohen, A. E, Cavallo, S. M., Coniglio, M. C., and Brooks, H. E., 2015: A review of planetary boundary layer parameterization schemes and their sensitivity in simulating southeastern U.S. cold season severe weather environments. Weather and Forecasting, 30, 591–612.
14. Pegahfar, N., Bidokhti, A. A., 2013: Similarity relations in a stable and relatively neutral surface layer in an urban area with complex topography (Tehran). Environ. Fluid Mech., 13, 1–31, https://doi.org/10.1007/s10652-012-9257-0.
15. Nazarian, N., Krayenhoff, E. S., and Martilli, A., 2020: A one-dimensional model of turbulent flow through “urban” canopies (MLUCM v2.0): updates based on large-eddy simulation, Geosci. Model Dev., 13, 937–953, https://doi.org/10.5194/gmd-13-937.
16. Akramimoghadam, N., Bidokhti, A. A., and Irannjad, P., 2013, A radiative-advective model for estimation of nocturnal cooling in a basin surrounded by topography (Rafsanjan basin). J. Earth and Space Phys., 39, 2, 111–126, 10.22059/JESPHYS.2013.35192.