جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

برنامه درسی

رشته هواشناسی

دوره دکتری تخصصی

گروه علوم پایه

به استناد آیین نامه واگذاری اختیارات برنامه ریزی درسی مصوب جلسه شماره ۸۸۲ تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

باسمه تعالی

نام رشته: هواشناسی **گروه: علوم پایه**

دوره تحصیلی: دکتری تخصصی **کارگروه تخصصی: علوم زمین**

نوع مصوبه: بازنگری **پیشنهادی دانشگاه: تهران**

به استناد آیین نامه واگذاری اختیارات برنامه ریزی درسی مصوب جلسه شماره ۸۸۲ تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی، برنامه درسی بازنگری شده دوره دکتری تخصصی هواشناسی طی نامه شماره ۱۲۳/۱۶۹۱۰۷ تاریخ ۱۳۹۶/۰۶/۲۵ از دانشگاه تهران دریافت شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که از مهر ماه سال ۱۳۹۸ وارد دانشگاه می شوند، قابل اجرا است.

ماده دو- برنامه درسی بازنگری شده دوره دکتری تخصصی هواشناسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا به دانشگاه ها ابلاغ می شود.

ماده سه- این برنامه درسی از تاریخ تصویب به مدت ۵ سال قابل اجرا بوده و پس از آن نیاز به بازنگری دارد.

دکتر محمدرضا آهنچیان

دبیر کمیسیون برنامه ریزی آموزشی

دانشگاه تهران

مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس

دوره : دکتری

رشته : هواشناسی

موسسه ژئوفیزیک

مصوب جلسه مورخ ۹۶/۴/۲۵ 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 فیزیک فضا موسسه ژئوفیزیک بازنگری شده و در سیصد و بیست و ششمین جلسه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه مورخ ۹۶/۴/۲۵ به تصویب رسیده است.

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

رشته: هواشناسی

مقطع : دکتری

برنامه درسی دوره دکتری رشته هواشناسی 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 هواشناسی از تاریخ ۹۶/۴/۲۵ جایگزین برنامه درسی دوره دکتری رشته هواشناسی مصوب جلسه مورخ ۸۲/۴/۱۷ شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه می‌شود.
- هر نوع تغییر در برنامه مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه برسد.

سید حسین حسینی
معاون آموزشی دانشگاه

فرزانه شمیرانی
دبیرشورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه

رای صادره جلسه مورخ ۹۶/۴/۲۵ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه در مورد بازنگری برنامه درسی رشته هواشناسی در مقطع دکتری صحیح است، به واحد ذیربط ابلاغ شود.

محمود نیلی احمد آبادی
رئیس دانشگاه تهران

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی رشته هواشناسی (*Meteorology*) در مقطع دکتری

مقدمه

کاربرد گسترده زمینه‌های گوناگون علم هواشناسی و نقش مهم آن در بسیاری از فعالیت‌های بشری نظیر امور عمرانی، صنعتی، کشاورزی، خدماتیو نظامی، انجام پژوهش و آموزش هواشناسی تا عالی‌ترین سطح آن را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. این نیازها و همچنین ارتباط بین رشته‌ای روزافزون باعث شده است تا بسیاری از مراکز معتبر دانشگاهی و علمی جهان در ایجاد و تقویت واحدهای آموزشی و پژوهشی هواشناسی اقدام نمایند.در این راستا ارائه آموزش و پژوهش هواشناسی در کشور در مقطع دکتری با کیفیتی در حد بهترین دانشگاه‌های دنیا بسیار ضروری است.

۱- تعریف رشته

علم مطالعه پدیده‌های جوّی را هواشناسی گویند که نه تنها فیزیک، شیمی و دینامیک جوّ را دربرمی‌گیرد بلکه اثرات مستقیم جوّ بر روی سطح زمین، اقیانوس‌ها و محیط زیست به مفهوم کلی را نیز شامل می‌شود.

۲- هدف رشته

دوره دکتری هواشناسی برنامه آموزشی ـ پژوهشی است که از دروس نظری، کاربردی، آزمایشگاهی و پژوهشی در زمینه‌های مختلف هواشناسی تشکیل شده است. دانش‌آموختگان این دوره خواهند توانست با به کارگیری روش‌های پیشرفته پژوهشی و تسلط بر جدیدترین منابع آموزشی دانش هواشناسی در شناخت تنگناها و مشکلات این رشته گام بردارند، با نوآوری خود نیازهای کشور را برطرف سازند و در گسترش مرزهای دانش هواشناسی مؤثر باشند.

اهداف عمده این برنامه به شرح زیر است:

الف - پژوهش در مبانی نظری و کاربردی زمینه‌های مختلف هواشناسی

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

۳- ضرورت و اهمیت رشته

با توجه به تنوع اقلیمی کشور، ضرورت استفاده بهینه از منابع طبیعی متاثر از وضع هوا و اقلیم، و گستردگی زمینه‌های مختلف علم هواشناسی و نقش آن در زیست‌کره و بسیاری از فعالیت‌های بشری می‌توان با بهره‌گیری از آموزش‌های نوین هواشناسی و کاربست نتایج پژوهش‌های مرتبط گامی مهم در رفع نیازهای پژوهشی و آموزشی کشور برداشت. در این راستا ارائه باکیفیت دورهٔ دکتری هواشناسی حائز اهمیت بسیار است.

۴- نقش و توانایی فارغ‌التحصیلان

دانش‌آموختگان دوره دکتری هواشناسی می‌توانند در مؤسسات آموزش عالی و پژوهشی یا سازمان‌های مختلف نظیر وزارتخانه‌های علوم، تحقیقات و فناوری، راه و ترابری؛ نیرو، جهاد کشاورزی، نفت و دفاع،سازمان محیط زیست و شرکت‌های خدماتی مهندسین مشاور فعالیت نمایند و به انجام امور زیر بپردازند.

- تدریس دروس هواشناسی
- اجرای پژوهش‌های هواشناسی و تهیه و تدوین و ارائه مقالات علمی

- اجرای مدل‌های مختلف پیش‌بینی عددی وضع هوا و گردش کلی جوّ و توان فعالیت در ساخت و توسعه مدل-های مرتبط
- تحلیل و تفسیر داده‌ها و نقشه‌های هواشناسی و تصاویر ماهواره‌ای و راداری هواشناسی
- سرپرستی، نظارت و مشارکت در برنامه‌ریزی گروه‌های آموزشی، پژوهشی، عملیاتی هواشناسی و اقلیم‌شناسی
- تحلیل و کاربست داده‌های هواشناسی در امور هوانوردی، طرح‌های عمرانی و زیربنایی و مسایل زیست‌محیطی

۵- تاریخچه

برنامه دکتری هواشناسی در موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران از مهرماه سال ۱۳۸۳ تا کنون به‌طور پیوسته ارائه شده است. در این مدت، ۴۳ دانشجوی دکتری پذیرش شده‌اند که تا پایان سال تحصیلی ۱۳۹۴-۱۳۹۵، ۱۶ نفر از آنها موفق به اخذ مدرک دکتری شده‌اند، ۳ نفر به‌دلایل مختلف انصراف داده یا محروم از تحصیل شده‌اند و ۲۴ دانشجو نیز همچنان مشغول به تحصیل هستند.

۶- طول دوره و شکل نظام

با توجه به آئین‌نامه دوره دکتری مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی، برنامه دکتری هواشناسی شامل دو مرحله آموزشی و پژوهشی است که جمع واحدهای این دو مرحله ۳۶ واحد شامل ۱۸ واحد آموزشی به‌صورت شش درس سه‌واحدی و ۱۸ واحد رساله است. دوره دکتری بالاترین مقطع تحصیلی در آموزش عالی و طول دوره آن حداکثر پنج سال است. دوره دکتری به دو مرحله مستقل از هم آموزشی و پژوهشی تقسیم می‌شود و با دفاع از رساله پایان می‌پذیرد.

دوره دکتری به‌صورت یکپارچه و بدون گرایش برنامه‌ریزی شده است ولی در تدوین برنامه‌های دوره، زمینه‌های مختلف هواشناسی عمدتاً دینامیک جوّ، فیزیک و شیمی جوّ، سامانه‌های گردش جوّ، اندازه‌گیری‌های جوّی، اقلیم‌شناسی، هواشناسی آب‌شناسی و برهمکنش هوا-دریا مدنظر قرار گرفته است.

مرحله آموزشی دوره از زمان پذیرفته شدن دانشجو در آزمون ورودی آغاز و با برگزاری امتحان جامع و قبولی در آن خاتمه می‌یابد. این مرحله شامل گذراندن ۱۸ واحد درسی است،که متناسب با اولویت‌های آموزشی و پژوهشی کشور، امکانات و توانمندی‌های موجود در واحد اجراکننده برنامه و علائق دانشجو به شرح زیرتعیین می‌شود. در هر دوره آموزشی دکتری با تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی تا سقف ۱۲ درس ۳ واحدی (هر نیمسال تا سقف ۶ درس) از جدول ۱، ارائه خواهد شد که اخذ درس‌ها برای دانشجویان به‌صورت انتخابی است.

مرحله پژوهشی به‌طور رسمی پس از موفقیت دانشجو در آزمون جامع آغاز و با تصویب موضوع رساله، تدوین و دفاع از آن پایان می‌پذیرد. دانشجویان دوره دکتری می‌توانند تحقیقات اولیه مرحله پژوهشی خود را در مرحله آموزشی آغاز نمایند ولی ثبت نام رسمی آنها برای مرحله پژوهشی و تدوین رساله منوط به موفقیت در امتحان جامع است. تعداد واحد های رساله ۱۸ واحد خواهد بود .

برنامه رشته هواشناسی در مقطع دکتری دارای ماهیت چند رشته‌ای (multidisciplinary) است و در آن سعی شده که تقریباً همه جنبه‌های علوم جوی پوشش داده شود. با توجه به محدودیت تعداد دروس در بخش آموزشی (شش درس سه واحدی)، همه دروس این دوره مستقل از هم تنظیم شده‌اند، به طوری که دانشجو مطابق علاقه خود و در نظر گرفتن موضوع پژوهش رساله دکتری بتواند آزادانه از میان دروسی که در هر نیمسال تحصیلی ارائه می‌شود، امکان انتخاب داشته باشد. بدین ترتیب هیچ یک از این دروس دارای پیش‌نیاز از میان دیگر دروس مقطع دکتری نیستند. لازم به ذکر است که وجود دروس پیش‌نیاز از میان دروس کارشناسی ارشد هواشناسی که در برنامه پیشین انجام گرفته بود، صرفاً برای راهنمایی دانشجویان به‌منظور کسب زمینه و پایه لازم در آن درس بوده است.

با توجه به نحوه پذیرش دانشجو طبق مصوبات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و نیز ماهیت چند رشته‌ای علوم جوی و توضیحات بالا، نیازی به تنظیم جدول دروس جبرانی نیز دیده نمی‌شود.

علامت‌گذاری در قسمت‌های مختلف از جدول ارزیابی دز برنامه بازنگری شده رشته هواشناسی در مقطع دکتری با هدف توضیح نحوه ارزیابی انجام شده است. برای هر مدرس با تجربه دانشگاهی روشن است که تعیین درصدهای ثابت برای هر قسمت از ارزیابی، مثلاً برای امتحان میان ترم، مشکلات فراوانی را در عمل ایجاد می‌کند. در همین مثال امتحان میان ترم، مدرس باید آزادی عمل برای تصمیم‌گیری در مورد وزن آن در ارزیابی نهایی بر مبنای نتایج تمامی دانشجویان داشته باشد. بنابراین به‌هیچ وجه قراردادن درصدهای ثابت برای هر قسمت از ارزیابی صلاح نیست، چرا که مانع از حداقل انعطاف‌پذیری لازم برای اجرای برنامه درسی خواهد شد.

دوره تحصیلی	نوع واحد های درسی						جمع کل واحد های درسی
	جبرانی	عمومی	پایه	اصلی / تخصصی	اختیاری	پروژه/ پایان نامه/ رساله	
دکتری	۶	-	-	۱۸		۱۸	۳۶

۶- امتحان جامع

دانشجویانی که مرحله آموزشی را با میانگین حداقل ۱۶ و آزمون زبان عمومی را با موفقیت به اتمام رسانده باشند، لازم است در امتحان جامع که به صورت کتبی و شفاهی برگزار می‌شود، شرکت کنند.این امتحان زیر نظر کمیته تحصیلات تکمیلی واحد اجراکننده برنامه و طبق آئین‌نامه مصوب دوره دکتری سال ۱۳۹۴ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برگزارخواهد شد. میانگین کل نمرات امتحان جامع نباید کمتر از ۱۶ از ۲۰ و در هر مبحث نباید کمتر از ۱۴ باشد. دانشجویانی که میانگین کل نمرات امتحان جامع آنها کمتر از ۱۶ یا نمره یک مبحث آنها کمتر از ۱۴ باشد، تنها یکبار دیگر می‌توانند در امتحان جامع شرکت نمایند و درصورت عدم قبولی از تحصیل محروم خواهند شد.

۷- انتخاب استاد راهنما

استاد راهنما به تقاضای دانشجو و موافقت کتبی استاد (راهنما)، پس از تصویب در کمیته تحصیلات تکمیلی واحد اجرا کننده برنامه، حداکثر تا پایان مرحله آموزشی دوره دکتری، تعیین خواهد شد. به پیشنهاد استاد راهنما و تایید کمیته تحصیلات تکمیلی می‌توان حداکثر دو نفر را به عنوان استادان مشاور تعیین نمود. استادان مشاور از بین اعضای هیات علمی دارای ضوابط مندرج در آئین نامه مصوب دوره دکتری شورای عالی برنامه ریزی و یا از صاحب نظران و محققان برجسته دارای مدرک دکتری انتخاب خواهند شد.

۸- شرایط پذیرش دانشجو

مطابق با ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می‌باشد.

۹- مدرک تحصیلی

به کلیه دانش‌آموختگان این دوره مدرک دکتری هواشناسی داده خواهد شد.

توضیح: با مواردی که در این برنامه اشاره نشده‌اند، مطابق آئین نامه دوره دکتری مصوب شورای‌عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری عمل خواهد شد.

فصل دوم

جداول دروس

دوره دکتری هواشناسی

جدول شماره: ۱

جدول دروس تخصصی – اختیاری رشته هواشناسی در مقطع دکتری.

ردیف	نام درس	تعداد واحد			ساعت			پیشنیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	مباحثی در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۲	مباحثی در دینامیک جوّ پیشرفته	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۳	هواشناسی میان‌مقیاس پی‌شرفته	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۴	لایه مرزی جو	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۵	مباحثی در اقلیم‌شناسی فیزیکی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۶	مدلسازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۷	آزمایشگاه مدلسازی عددی جوّ و اقیانوسپیشرفته	۱	۲	۳	۱۶	۶۴	۸۰	-
۸	تلاطم در جوّ و اقیانوس	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۹	فیزیک ابر	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۰	تحلیل عینی و گوارد داده‌ها	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۱	امواج و ناپایداری	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۲	هواشناسی آلودگی هوا	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۳	شیمی جوّ	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۴	تابش جوّی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۵	خردفیزیک ابر و تعدیل وضع هوا	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۶	هواویزهای جوّی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۷	گردش کلی جوّ	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۸	هواشناسی ماهواره‌ای	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۱۹	هواشناسی راداری	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۲۰	سنجش از دور نوری جوّ	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۲۱	نظریه وارون در فیزیک جوّ و اقیانوس	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۲۲	هواشناسی آبشناسی پیشرفته	۳	-	۳	۳۸	-	۳۸	-
۲۳	تغییر اقلیم	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	
۲۴	مباحثی در اقیانوس‌شناسی فیزیکی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۲۵	همرفت جوّی	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-
۲۶	فیزیک جوّبالا و ارتباط خورشید– زمین	۳	-	۳	۴۸	-	۴۸	-

عنوان درس به فارسی: مباحثی در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی

عنوان درس به انگلیسی: *(Topics in Geophysical Fluid Dynamics)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۳ واحد نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- مقدمه‌ای بر دینامیک شاره های ژئوفیزیکی (بزرگ‌مقیاس)

چرخش و چینش، قیدهای حرکت برای حرکات بزرگ‌مقیاس، طول راسبی، تاوایی و گردش، قضیهٔ کلوین، معادلهٔ تاوایی، تاوایی پتانسیل راسبی- ارتل، توازن و وارون‌سازی تاوایی پتانسیلی، پیچایی (هلیسیتی)

فصل دوم- نظریهٔ آب کم‌عمق ناوشکسان

مدل آب کم عمق، پایستاری تاوایی پتانسیلی، قیدهای انتگرالی، حرکت‌های کم دامنه، امواج خطی در مدل آب کم عمق: امواج گرانی، گرانی- لختی، کلوین، لختی خالص و راسبی؛ مدل‌های متوازن، مدل شبه‌زمینگرد و مباحث انتخابی از: جواب‌های شبه‌زمینگرد پایا، مدل نیمه‌زمینگرد، تصحیحات مرتبهٔ بالاتر بر مدل شبه‌زمینگرد، بسط‌های مجانبی- پیراسته، تجزیهٔ موج- تاوه، انرژی و شار انرژی در امواج راسبی، انرژی و گردایی (انستروفی) پتانسیلی در مدل آب کم‌عمق بسیط، انرژی و گردایی در مدل آب کم‌عمق شبه‌زمینگرد

فصل سوم- مدل شبه‌زمینگرد برای شارهٔ چینه‌بندی شده

به‌دست آوردن منظم معادلات شبه‌زمینگرد، معادلهٔ تاوایی پتانسیلی شبه‌زمینگرد، امواج راسبی (بزرگ‌مقیاس) در حضور چینش چگالی، مُدهای بهنجار راسبی: معادلهٔ ساختار قائم، مدل‌های لایه‌ای، مدل دولایه‌ای؛ رابطهٔ مدل‌های لایه‌ای و مدل‌های ترازی

فصل چهارم- امواج گرانی درونی

نظریهٔ امواج درونی، ساختار امواج درونی، امواج کوهستان، انرژی امواج درونی، شکست امواج درونی، برهمکنش امواج درونی، طیف امواج گرانی در جوّ و اقیانوس

فصل پنجم- تلاطم در شاره‌های ژئوفیزیکی

تعریف تلاطم، نظریهٔ کلموگروف، تلاطم دوبُعدی، انتقال انرژی در دو و سه بُعد، تلاطم زمینگرد، برخی مفاهیم از مکانیک آماری، نظریه‌های بستار، انتشار امواج راسبی و تلاطم، شارش زمینگرد بر روی ناهمواری، شارش بر روی صفحهٔ β شارش شبه‌زمینگرد چینه‌بندی شده، تلاطم دولایه‌ای

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Vallis, *G. K., 2006: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-scale Circulation. Cambridge University Press, 745 pp.*
2. *Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. Springer–Verlag, 710 pp.*
3. *Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press, 378 pp.*
4. *Gill, A. E., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Salmon, R., 1998. Lectures on Geophysical Dluid Dynamics. Oxford University Press, 378 pp.*
2. *Roberts, J., 1975: Internal Gravity Waves in the Ocean. Marine Science Series, 272 pp.*
5. *Rhines, P. B., 1979: Geostrophic Turbulence. Ann. Rev. Fluid Mech., **11**, pp. 401–441.*

عنوان درس به فارسی: مباحثی در دینامیک جوّ پیشرفته

عنوان درس به انگلیسی: *(Topics in Advanced Atmospheric Dynamics)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۳ واحد نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در دینامیک بزرگ‌مقیاس جوّ بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول –برهمکنش امواج و شارش میانگین

معادلات در میانگین اویلری، آشفتگی‌های خطی‌شده بر روی شارش‌های میانگین‌گیری شده در راستای مداری، معادلات تبدیل‌یافته میانگین اویلری، قضیه الیاسن- پالم، قضیه الیاسن- پالم تعمیم‌یافته و قضیه بدون شتاب چارنی- دریزین، معادلات میانگین مداری در مختصات همدمای پتانسیلی، اثر پیچک‌ها بر شارش میانگین در مسئله ایدی، شرایط لازم برای ناپایداری از دیدگاه شبه‌تکانه و شبه‌انرژی

فصل دوم –گردش در عرض‌های میانی

نگهداشت جت قشارورد، مدل‌های لایه‌ای گردش، شارهای پیچکی و مثالی از یک مدل بسته، مدل دارای چینه‌بندی پیوسته و جوّ واقعی، وردایست و چینه‌بندی جوّ، پیچک‌های کژفشار و ترابُرد تاوایی پتانسیلی

فصل سوم – امواج سیاره‌ای و دینامیک پوشن‌سپهر

دسته‌بندی انواع امواج، امواج راسبی واداشته و ایستا، نظریه ردیابی پرتووکنش موج در محیطی با تغییرات آرام، انتشار و پاشش نصف‌النهاری، اثرات واداشت گرمایی، لایه بحرانی امواج سیاره‌ای، دینامیک پوشن‌سپهر، گردش واژگونی نصف‌النهاری و کنترل پایین‌سو، تاوه قطبی و گردش شبه‌افقی

فصل چهارم –مباحث انتخابی

ناپایداری کژفشار و ساختار فضایی- زمانی سامانه‌های همدیدی، گرمایش ناگهانی پوشن‌سپهر، گردش میانگین مداری برون‌حاره‌ای، گردش‌های استوایی شامل نظریه نوسان شبه‌دو سالانه و ناپایداری لختی، ترابرد ردیابه (*tracer transport*) در جوّ میانی، لایه ازن، امواج استوایی، مدل‌سازی گردش کلی، برهمکنش جوّ میانی و جوّ زیرین، دینامیک هامیلتونی، توازن و وارونی تاوایی پتانسیلی، برهمکنش امواج گرانی و تاوه‌ها

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Vallis, G. K., 2006: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics — Fundamentals and Large-scale Circulation. Cambridge University Press, 745 pp.*
2. *Hoskins, B. J., and I. N. James, 2014: Fluid Dynamics of the Midlatitude Atmosphere. Wiley Blackwell, 408 pp.*
3. *Mak, M., 2011: Atmospheric Dynamics. Cambridge University Press, 500 pp.*
4. *Andrews, D. G., J. Holton, and C. Leovy, 1987: Middle Atmosphere Dynamics. Academic Press, San Diego, 489 pp.*
5. *Pierrehumbert, R. T., and K. L. Swanson, 1995: Baroclinic instability. Annu. Rev. Fluid Mech., 27, pp. 419– 467.*
6. *McIntyre, M. E., 2000: On global–scale atmospheric circulations. In Perspectives in Fluid Dynamics. A Collective Introduction to Current Research. Batchelor, G.K., H. K. Moffatt, and M. G. Worster (eds.), Cambridge University Press, 646 pp.*
7. *McWilliams, J. C., 2006: Fundamentals of Geophysical Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 266 pp.*
8. *Gill, A., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.*
9. *Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. Springer–Verlag New York, 624 pp.*
10. *Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press, 392 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Vallis, G. K., 2006: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics — Fundamentals and Large-scale Circulation. Cambridge University Press, Ch. 7, Ch. 12–13.*
2. *Andrews, D. G., J. Holton, and C. Leovy, 1987: Middle Atmosphere Dynamics. Academic Press, San Diego, Ch. 3–5.*

عنوان درس به فارسی: هواشناسی میان‌مقیاس پیشرفته

عنوان درس به انگلیسی: *(Advanced Meso-Scale Meteorology)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۳ واحد نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با مباحث روز در زمینه هواشناسی میان‌مقیاس و پدیده‌های مرتبط

سرفصل درس:

فصل اول– مقدمه

تعریف هواشناسی میان‌مقیاس، تعریف تجربی مقیاس، تعریف مقیاس برپایه کاربردهای عملی، شواهد نظری و مشاهداتی پدیده‌های میان‌مقیاس در جوّ، گستره زمانی و فضایی پدیده‌های میان‌مقیاس، برهمکنش مقیاس

فصل دوم–معادله‌های هواشناسی میان‌مقیاس

اصول پایستاری کمیت‌های هواشناختی، مجموعه معادله‌های حاصل از کاربست اصول پایستاری، ساده‌سازی معادلات، میانگین‌گیری معادلات، مجموعه معادله‌های دینامیکی هواشناسی میان‌مقیاس

فصل سوم - ناپایداری‌ها

ناپایداری ترمودینامیکی، ناپایداری کلوین-هلمهولتز، ناپایداری دینامیکی، ناپایداری مرکزگریز،ناپایداری لختی، ناپایداری متقارن، ناپایداری متقارن خشک و تر، ناپایداری متقارن غیرخطی، ناپایداری چینشی

فصل چهارم - امواج جوّی میان‌مقیاس

امواج خطی و غیرخطی، موج گرانی، امواج گرانی درونی، بازتاب امواج، امواج گرانی-لختی، موج گرانی رونده، موج کوهستان، موجبادپناه، موج گرانی غیرخطی، تراز بحرانی، اُشترک

فصل پنجم – جبهه‌های جوّی

مدل کلاسیک چرخند، جبهه‌ها، حرکت‌شناسی جبهه‌زایی، جبهه‌زایی شبه‌زمینگرد، نظریهٔ نیمه‌زمینگرد، امواج کژفشار و جبهه‌زایی، توازن زمینگرد و جبهه‌زایی، برهمکنش کوهستان با جبهه

فصل ششم – گردش‌های میان‌مقیاس

گردش‌های گرمایی، گردش دریا-ساحل، گردش‌های کوه-دشت، خط خشک، جت شبانه، گردش‌های کوهستانی، دینامیک و فیزیک باد فراشیب، دینامیک و فیزیک بارش فراشیب

فصل هفتم- همرفت

سامانه‌های همرفتی میان‌مقیاس، سامانه‌های همرفتی تک‌یاخته‌ای، سامانه‌های همرفتی چندیاخته‌ای، ویژگی‌های سامانه‌های همرفتی حاره‌ای و عرض-های میانی، چرخندهای حاره‌ای

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Pielke, R. A., 2013: Mesoscale Meteorological Modeling. 3rd Edition, Academic Press, 760 pp.*
2. *Markowski, P., and Y. Richardson, 2010: Mesoscale Meteorology in Midlatitudes. John Wiley & Sons, 430 pp.*
3. *Lin, Y-L., 2007: Mesoscale Dynamics. Cambridge University Press, 646 pp.*
4. *Ray, P. S., 1986: Mesoscale Meteorology and Forecasting. American Meteorological Society, 793 pp.*
5. *Atkinson, B. W., 1981: Meso-Scale Atmospheric Circulations. Academic Press, 495 pp.*
6. *Fedorovich, E., R. Rotunno, and B. Stevens (Eds.) 2004: Atmospheric Turbulence and Mesoscale Meteorology. Cambridge University Press, 279 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Pielke, R. A., 2013: Mesoscale Meteorological Modeling. 3rd Edition, Academic Press, Ch. 1–5, Ch. 13.*
2. *Markowski, P., and Y. Richardson, 2010: Mesoscale Meteorology in Midlatitudes. John Wiley & Sons, Ch. 1–8.*
3. *Lin, Y-L., 2007: Mesoscale Dynamics. Cambridge University Press, Ch. 1–11.*

عنوان درس به فارسی: لایه مرزی جوّ

عنوان درس به انگلیسی: *(Atmospheric Boundary layer)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۳ واحد نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در لایه مرزی جوّ بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- مروری بر لایه مرزی جوّ

معرفی لایه مرزی، تغییرات مکانی و تغییرات زمانی لایه مرزی، مشخصات شبانه‌روزی میانگین پارامترهای لایه مرزی، بخش‌های لایه مرزی، فرایندهای موجود در لایه مرزی: جت شبانه، امواج گرانی، درون‌آمیختگی؛ اهمیت لایه مرزی

فصل دوم- برخی خواص آماری تلاطم در لایه مرزی

اهمیت تلاطم، معیارها و نحوهٔ ایجاد تلاطم در لایه مرزی، گشتاورهای آماری تلاطم، انرژی جنبشی تلاطم، شارش‌های پیچکی، خودهم‌بستگی، تابع ساختار، مقیاس‌های تلاطم، طیف انرژی تلاطم

فصل سوم- معادلات اساسی تلاطم در لایه مرزی و همانندی

معادلات پایه، معادلات میانگین‌گیری شده تلاطم، معادلات پیشیابی برای: انحراف معیار، وردایی (واریانس) و هم‌وردایی، شارش‌های تلاطمی؛ معادلهٔ انرژی تلاطمی، طول مونین-ابوخوف، عدد ریچاردسون شاری، شیوهای قائم باد و دمای پتانسیلی، طول زبری، لایه سطحی خنثی، قوانین لگاریتمی لایه سطحی، فرضیهٔ همانندی و رابطه همانندی مونین-ابخوف، همانندی عدد راسبی، همانندی طیفی

فصل چهارم- فرایندهای انتقال سطحی

قوانین انتقال در سطوح جوّ-دریا و جوّ-خشکی، شارهای: تکانه، گرما و رطوبت در مرز هوا-دریا؛ تنش باد در سطح دریا، فرایند انتقال تکانه و ایجاد امواج سطحی، برهمکنش هوا-دریا در مناطق جبهه‌ای، ناهمواری سطح دریا، ضرایب انتقال سطحی، پارامترسازی شارهای تلاطمی، رابطه چارنوک

فصل پنجم- لایه مرزی آمیخته جوّ

لایه مرزی همرفتی (آمیخته) جوّ، معادله‌های لایه مرزی همرفتی، مدل‌های تخمینی دمای لایه مرزی همرفتی، مدل‌های براورد رشد عمق لایه آمیخته، لایه آمیخته جوّ روی دریا، لایه آمیخته اقیانوس، معادله‌های حرکت در لایه آمیخته اقیانوس، تغییرات لایه آمیخته اقیانوس در اثر توفان، لایه مرزی جوّ روی سطوح ناهمگن

فصل ششم- لایه مرزی پایدار

مشخصات میانگین، فرایند تلاطمی در لایه مرزی جوّ پایدار، عدد ریچاردسون، جت شبانه در لایه مرزی پایدار، بادهای دره‌ای، بادهای کوهستانی

فصل هفتم- مباحث انتخابی

مسئله بستار تلاطم با مرتبه دو و بالاتر، بستار محلی و غیرمحلی، مدل تبادل حجمی، پارامترسازی عددی لایه مرزی، مدل‌های پارامترسازی لایه مرزی، اقلیم لایه مرزی، انتقال انرژی باد به امواج سطحی، شکست امواج سطحی، ساختار تلاطم نزدیک مرز جوّ-اقیانوس

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Garret, C., 1992: Atmospheric Bounday Layer. Cambridge University Press, 430 pp.*
2. *Stull, R. B., 1988: An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Publishers, 666 pp.*
3. *Cohen, A. E., S. M., Cavallo, M. C. Coniglio, and H. E. Brooks, 2015: A review of planetary boundary layer parameterization schemes and their sensitivity in simulating Southeastern US cold season severe weather environments. Weather and Forecasting, **30**(3), 591–612.*
4. *Baklanov, A., and B. Grisogono, 2007: Atmospheric Boundary Layer: Nature, Theory and Applications to Environment Modelling and Security. Springer, 242 pp.*
5. *Arya, P., 2001, Micrometeorology, 2nd ed. Academic Press, 420 pp.*
6. *Casandy, G. T., 2001: Air–Sea Interaction. Cambridge University Press, 284 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Kantha, L. H., and C. A.Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic Press, 884 pp.*
2. *Blackadar, A. K., 1998: Turbulence and Diffusion in the Atmosphere. Springer–Verlag, 185 pp.*
3. *Hsu, S. A., 1988: Coastal Meteorology. Academic Press, 263 pp.*
4. *Cohen, A. E., S. M., Cavallo, M. C. Coniglio, and H. E. Brooks, 2015: A review of planetary boundary layer parameterization schemes and their sensitivity in simulating Southeastern US cold season severe weather environments. Weather and Forecasting, **30**(3), 591–612.*

عنوان درس به فارسی: مباحثی در اقلیم‌شناسی فیزیکی

عنوان درس به انگلیسی: *(Topics in Physical Climatology)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در اقلیم‌شناسی فیزیکی بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- فرایندهای تبادل بین سطح زمین و جوّ

بودجه انرژی سطح، گسترش لایه مرزی جوّ، تبادل تکانه، انتقال انرژی مکانیکی به اقیانوس‌ها، تبادل گرمای محسوس، تبادل بخار آب، تبخیر، شکل‌گیری هواویزهای جوّی

فصل دوم- تکانه زاویه‌ای در سامانه اقلیم

معادلات بودجه تکانه زاویه‌ای، تکانه زاویه‌ای در سامانه اقلیم، تکانه زاویه‌ای در جوّ، چرخه تکانه زاویه‌ای مشاهداتی

فصل سوم- انرژی و آنتروپی در سامانه اقلیم

صورت‌های اساسی انرژی، معادله‌های بودجه انرژی و آنتروپی، بودجه انرژی و آنتروپی مشاهداتی، انرژی در مناطق قطبی، انرژی پتانسیل دسترس-پذیر جوّ و اقیانوس، معادله‌های بودجه انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل دسترس‌پذیر، چرخه انرژی مشاهداتی جوّ، نگهداشت و واداشت حالت میانگین مداری جوّ، چرخه انرژی مشاهداتی اقیانوس، بودجه آنتروپی جهانی، بودجه آنتروپی منطقه‌ای

فصل چهارم- وردایی بین‌سالی و بین‌دهه‌ای سامانه اقلیم

نوسان شبه‌دوسالانه، چرخه نوسان جنوبی ال‌نینو (انسو)، نوسان‌های بین‌دهه‌ای و روندیابی، برخی پدیده‌های اقلیمی ویژه

فصل پنجم- نمونه‌هایی از تغییرات اقلیمی و اثرات آنها

کاهش ازن پوشن‌سپهری و اثرات آن، گرمایش جهانی، آثار تغییر اقلیم بر بوم‌سازگان، کشاورزی و تغییر تراز دریا

فصل ششم- مدل‌سازی اقلیم

مقدمه، ساختار فیزیکی و ریاضی مدل‌های اقلیمی، طبقه‌بندی مدل‌های اقلیمی، مدل‌های گردش کلّی جوّ و اقیانوس، مدل‌های جفت‌شدهٔ جوّ و اقیانوس، مدل‌های آماری، مدل‌های دینامیکی آماری، کاربست مدل‌ها

فصل هفتم- کاربردهای اقلیم شناسی

کاربرد در انرژی، راحتی، سلامتی، طراحی شهری، ساختمان و معماری، صنعت و خدمات، حمل و نقل، کشاورزی و ماهی‌گیری، جنگل‌داری و گردشگری؛ جنبه‌های سیاسی، اجتماعی و قانونی اقلیم، اثرات متقابل اقلیم شهری و تغییر محیطی جهانی

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Peixoto, J. P., and A. H. Oort, 1992: Physics of Climate. American Institute of Physics, 520 pp.*
2. *Rusell, D. T., and P. Allen, 1997: Applied Climatology, Principles and Practice. Routledge, 352 pp.*
3. *Neelin, J. D., 2011: Climate Change and Climate Modeling. Cambridge University Press, 282 pp.*
4. *Trenberth, K. E. (ed.), 1992: Climate System Modelling. Cambridge University Press, 817 pp.*
5. *Hartman, D. L., 1994: Global Physical Climatology. Academic Press, 408 pp.*
6. *Peng, G., L. M. Leslie, and Y. Shao (eds.), 2002: Environmental Modelling and Prediction. Springer, 480 pp.*
7. *McGuffie, K. and A. Henderson-Sellers, 2004: Climate Modelling Primer. 3rd Ed., Wiley, 296 pp.*
8. *Jacob, D. J., 1999: An Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press, 274 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Taylor, F. W., 2005: Elementary Climate Physics. Oxford University Press, 226 pp.*
2. *Jacobson, M.Z., 2005: Fundamentals of Atmospheric Modeling. Cambridge University Press, New York, 2nd Ed., 813 pp.*
3. *Houghton, J., 2004: Global Warming. Cambridge University Press, 383 pp.*

عنوان درس به فارسی: مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته

عنوان درس به انگلیسی: *(Advanced Numerical Modeling of the Atmosphere and Oceans)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در مدل‌سازی عددی بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- روش‌های بسط به سری

روش‌های کمینه‌سازی مانده، روش طیفی، روش شبه‌طیفی، هماهنگ‌های کروی، روش عنصر متناهی

فصل دوم- روش‌های نیمه‌لاگرانژی

معادله فرارفت نرده‌ای، واداشت در چارچوب لاگرانژی، کاربست روش‌های نیمه‌لاگرانژی به دستگاه‌های معادلات، روش‌های مختلف محاسبه مسیر، مقایسه روش‌های اویلری و لاگرانژی

فصل سوم- حل عددی معادلات متوازن

مدل فشارورد، مدل‌های کژفشار شبه‌زمینگرد، مدل زمینگرد سیاره‌ای، مدل متوازن بولین-چارنی *(Bolin-Charney)*، مدل‌های متوازن از مرتبه بالاتر، شرایط مرزی

فصل چهارم- 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

فصل پنجم- شرایط مرزی نابازتابی

شارش یک‌بُعدی، شارش دوبُعدی آب کم‌عمق، شارش دوبعدی چینه‌بندی شده، لایه‌های جذب‌کننده موج

فصل ششم- بررسی یکی از مدل‌های عملیاتی یا پژوهشی رایج

فرمولبندی، الگوریتم عددی، شرایط مرزی، آغازگری، فرایندهای فیزیکی و پارامترسازی آنها

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

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. Hardikerand 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.*

فهرست مطالعات:

1. *Durran, D. R., 2010: Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer–Verlag, Ch. 3–4, Ch. 6–9.*
2. *Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley & Sons, Ch. 5–7.*

عنوان درس به فارسی: آزمایشگاه مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس پیشرفته

عنوان درس به انگلیسی: *(Laboratory for Advanced Numerical Modeling of the Atmosphere and Oceans)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: ۱واحد نظری و ۲ واحد عملی

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۱۶ ساعت نظری و ۶۴ ساعت عملی

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی عملی با برخی از روش‌هایی که در دهه‌های گذشته در مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس مطرح بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- معادله فرارفت-پخش در دو و سه بعدفضایی

آزمایش‌هایی بر روی معادله فرارفت غیرفعال یک کمیت نرده‌ای با الگوریتم‌های: پادجریانسوی دوبعدی*(corner transport upstream CTU)*، لکس- وندروف*(Lax–Wendroff)*، شکافنده *(splitting)*

فصل دوم- روش‌های طیفی

حل عددی معادله تاوایی فشارورد ناواگرا در یک حوزه مربعی دوره‌ای با روش طیفی

فصل سوم-روش‌های نیمه‌لاگرانژی

حل عددی معادله فرارفت در دو بعد به روش‌های نیمه‌لاگرانژی با فنون مختلف (برای محاسبه مسیروبرای درونیابی)

فصل چهارم- دستگاه معادلات متوازن

حل عددی معادلات شبه‌زمینگرد، حل عددی مدل‌های متوازن از مرتبه بالاتر: مدل بولین-چارنی

فصل پنجم-دستگاه معادلات بسیط

حل عددی معادلات بسیط فشارورد یا آب کم‌عمق برای صفحه fبرروی شبکه های مختلف آراکاوا، کاربست الگوریتم نیمه‌ضمنی، حل عددی معادلات بسیط کژ فشاربرروی صفحه f، دستگاه معادلات آب‌ایستایی (هیدرواستاتیک) و تآب‌ایستایی در صفحه قائم

فصل ششم -مدل‌های عملیاتی - پژوهشی

آشنایی باکارکرد، جزئیات عددی و ارزیابی نتایج یکی ازمدل‌های عملیاتی- پژوهشی رایج مثل:*MM5،ARPS ،ETA،WRF*

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Durran, D. R., 2010: Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer–Verlag, 516 pp.*
2. *Coiffier, J., 2012: Fundamentals of Numerical Weather Prediction.Cambridge University Press, 340 pp.*
3. *Krishnamurti, T. N., S.HBedi, M.VHardiker, and L. Ramaswamy, 2006: An Introduction to Global Spectral Modeling, Springer, 317 pp.*
4. *Ehrendorfer, M., 2012: Spectral Numerical Weather Prediction Models. SIAM, 482 pp.*
5. *Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley & Sons, 477 pp.*
6. *Durran, D. R., 1998: Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer - Verlag New York Inc., 465 pp.*
7. *Pielke, R. A., 2001: Mesoscale Meteorological Modeling. 2nd edition, Academic Press, 612 pp.*
8. *Users Guide to the Weather Research and Forecasting (WRF) Model, http://www.wrf-model.org/index.php*
9. *Advanced Regional Prediction System (ARPS) Version 4.0 Users' Guide. www. caps. ou. edu/ARPS.*
10. *Users Guide to the Penn State/NCAR Mesoscale Modeling System version 5, MM5. www.mmm.ucar.edu/MM5*

فهرست مطالعات:

1. *Durran, D. R., 2010: Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer- Verlag, Ch. 3–4, Ch. 6–8.*

عنوان درس به فارسی: تلاطم در جوّ و اقیانوس

عنوان درس به انگلیسی: *(Turbulence in Atmosphere and Ocean)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در زمینه تلاطم جوّی و اقیانوسی بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- منشأ و مشخصات تلاطم

چگونگی ایجاد تلاطم، معیارهای ناپایداری، سازکارهای ایجاد تلاطم، خواص تلاطم، مشخصه‌های آماری تلاطم، اهمیت مقیاس‌های پیچکی تلاطم (نظریه کلموگروف)، طیف انرژی تلاطم، لایه مرزی تلاطمی

فصل دوم- معادلات تلاطم با اثر چینه بندی چگالی

میانگین‌گیری رینولدز و مسئله بستار تلاطم، معادله انرژی جنبشی تلاطم، معادله‌های تلاطم با اثر چینه‌بندی چگالی، عدد ریچاردسون شاری، معادله‌های شارهای تلاطمی، نظریه‌های نیمه‌تجربی تلاطم،مدل‌هایتلاطم،مدلپیچکبزرگ

فصل سوم - ایجاد تلاطم در اقیانوس

ناپایداری‌های جریان‌های بُرشی با و بدون اثر چینه‌بندی چگالی، شکست امواج سطحی (در سطح لایه آمیخته اقیانوس)، ناپایداری‌های محلی در لایه‌های بُرشی مُدهای امواج درونی، همرفت در مناطق با گرادیان ناپایدار چگالی، آمیختگی تلاطمی در لایه‌های کف اقیانوس، پَرشار (پلوم) های زیردریایی، تلاطم و آمیختگی در لایهٔ زیر پوشش یخی اقیانوس، آمیختگی در مناطق ساحلی

فصل چهارم - انتقال تلاطمی نزدیک سطح زمین

شارهای تلاطمی نزدیک سطح خشکی و آبی، ضرایب انتقال تلاطمی نزدیک سطح، پارامترسازی شارهای نزدیک سطح زمین، مدل‌های انتقال در لایه مرزی جوّ و لایه آمیخته اقیانوس، مدل‌های: تختالی (*slab*)، چینه ترازی، پخشی، و بستار مرتبه دوم

فصل پنجم – اندازه‌گیری تلاطم

روش‌های اندازه گیری پارامترهای تلاطمی، افت‌وخیزهای: سرعت، دما، شوری؛ همبستگی افت‌وخیزها (شارها)، طیف افت‌وخیزها، مقیاس‌های تلاطم با اثر چینه‌بندی چگالی، تفکیک امواج گرانی درونی از تلاطم

فصل ششم - تلاطم بزرگ‌مقیاس افقی جوّ و اقیانوس

تلاطم بزرگ‌مقیاس زمینگرد، طیف تلاطم دوبُعدی و شبه‌زمینگرد، ضرایب پخش برای تلاطم دوبُعدی، شارهای الیاسن-پالم، معادله‌های تاوایی پتانسیلی شبه‌زمینگرد تلاطمی

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Thorpe, S. A., 2005: The turbulent Ocean. Cambridge University Press. 442 pp.*
2. *Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic Press, 884 pp.*
3. *Stull, R. B., 1988: An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Publishers, 666 pp.*
4. *Tennekes, H., and J. L. Lumley, 1982: A First Course in Turbulence (2nd ed.). MIT Press, 300 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Cotton, R., and R. A. Anthes, 1989: Storm and Cloud Dynamics. Academic Press, 880 pp.*
2. *Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Ch. 6, Oxford University Press., 378 pp.*
3. *Rhines, P. B., 1979: Geostrophic turbulence. Annual Review of Fluid Mechanics, **11**(1), 401–441.*
4. *Monin, A. S., and P. V. Otmidow, 1985: Turbulence in the Ocean. Translation editor: Tennekes, H., D. Reidel Pub. Company, 254 pp.*
5. *Dritschel, D. G., (ed.) 2008: Proceedings of the IUTAM Symposium on Turbulence in the Atmosphere and Oceans, Cambridge, UK, December 8–12.*

عنوان درس به فارسی: فیزیک ابر

عنوان درس به انگلیسی: *(Cloud Physics)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشناییبافرایندهایتشکیلابروبارش و همچنین برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در زمینه فیزیک ابر بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- مروری بر ترمودینامیک جوّ

ترمودینامیک هوای خشک، ترمودینامیک هوای نمناک، نیروی شناوری بر یک بسته هوا، پایداری جوّ، آمیختگی و همرفت

فصل دوم- ویژگی‌های دیدبانی شده از ابرها

اندازه و سامانه‌های ابر، ساختار خُردفیزیکی ابرهای: کومه‌ای، پوشنی و توفان‌زای قاره‌ای بزرگ؛ احتمال یخ و بارش در ابرها

فصل سوم- تشکیل و رشد قطرک‌های ابر

جنبه‌های کلی ابر و تشکیل بارش، هسته‌زایی آب مایع در بخار آب، هسته‌های میعان جوّی، رشد پخشی قطرک، رشد گروهی قطرک‌ها، تصحیح‌هایی در نظریه رشد پخشی

فصل چهارم- آغاز باران در ابرهای غیرمنجمد

ایجاد زمینه همامیزی، رشد قطرک در اثر برخورد و همامیزی، مدل باون، رشد آماری (مدل تلفورد، معادله همامیزی تصادفی)، اثر تلاطم در برخورد و همامیزی

فصل پنجم- تشکیل و رشد بلورهای یخ

هسته‌زایی فاز یخ، آزمایش‌های مربوط به هسته‌زایی یخبندان ناهمگن، هسته‌های یخ جوّی، فاز یخ در ابرها، رشد پخشی بلورهای یخی، رشد مضاعف در اثر برافزایش، مقایسه فرایند بلور یخ و همامیزی

فصل ششم- باران و برف

توزیع اندازه قطره، خرد شدن قطره، توزیع اندازه پره برف، انبوهش و خرد شدن پَرَک‌برف‌ها، آهنگ بارش

فصل هفتم- فرایندهای بارش

بارش از ابرهای پوشنی، رگبارها، نظریه‌های بارش، ساختار میان‌مقیاس باران، کارایی بارش، بارش اسیدی

فصل هشتم- توفان‌های شدید و تگرگ

چرخه زندگی یاخته توفان تندری، توفان‌های تندری شدید، تولید بارش توسط توفان‌های تندری، رشد تگرگ

فصل نهم- تعدیل وضع هوا

تحریک باران و برف، اتلاف ابر، فرونشانی تگرگ

فصل دهم- مدل‌های عددی ابر

معادلات حاکم، مدل‌های: یک‌بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی؛ ارزیابی مدل

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Andrews, D. G., 2010: An Introduction to Atmospheric Physics. 2nd Ed., Cambridge University Press, 237 pp.*
2. *Rogers, R.R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd edition, Butterworth Heinemann, 290 pp.*
3. *Young, K.C., 1993: Microphysical Processes in Clouds. Oxford University Press, 427 pp.*
4. *Wang, P. K., 2013: Physics and Dynamics of Clouds and Precipitation. Cambridge University Press, 451 pp.*
5. *Pruppacher, H.R., and J.D., Klett, 1997: Microphysics of Clouds and Precipitation. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.*
6. *Cotton, W. R. and A. R., Anthes, 1989: Storm and Cloud Dynamics. Academic Press, INC. 883 pp.*
7. *Mason, B. J., 1971: The Physics of Clouds. Clarendon Press. Oxford, 671 pp.*
8. *Wallace, J.M., and P.V.,Hobbs, 2006: Atmospheric Science: An Introductory Survey. Elsevier Academic Press, 504 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Andrews, D. G., 2010: An Introduction to Atmospheric Physics. 2nd Ed., Cambridge University Press, 237 pp.*
2. *Rogers, R.R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd edition, Butterworth Heinemann, 290 pp.*
3. *Young, K.C., 1993: Microphysical Processes in Clouds. Oxford University Press, 427 pp.*
4. *Wang, P. K., 2013: Physics and Dynamics of Clouds and Precipitation. Cambridge University Press, 451 pp.*
5. *Wallace, J.M., and P.V.,Hobbs, 2006: Atmospheric Science: An Introductory Survey. Elsevier Academic Press, 504 pp.*
6. *Cotton, W. R. and A. R., Anthes, 1989: Storm and Cloud Dynamics. Academic Press, INC. 883 pp.*

عنوان درس به فارسی: تحلیل عینی و گوارد داده‌ها

عنوان درس به انگلیسی: *(Objective Analysis and Data Assimilation)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با مباحث مطرح در زمی‌نه تحلی‌ل عی‌نی و گوارد داده‌های جوّی

سرفصل درس:

فصل اول- مبانی تحلیل عینی و گواردداده‌ها

جوّ واقیانوس: دینامیک، سامانه‌های‌دی‌دبانی، 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

فصل دوم- 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

فصل سوم- روش‌های وردشی

مسئله وردشی، تحلیل وردشی سه‌بعدی (*3DVAR*)، گواردوردشی چهاربُعدی (فضاوزمان): کمینه‌سازی مقید ومعادلات اویلر-لاگرانژ، روش‌های الحاقی برای کمینه‌سازی

فصل چهارم- مباحث ویژه

روش‌های گوارد مورد استفاده در سامانه‌های پیش‌بینی عملیاتی کنونی، گوارد داده‌ها درمیان‌مقیاس، نظریه برآورد و گوارد دنباله‌ای داده‌ها، صافی کالمن، صافی کالمن بسط‌یافته(*extended*)، الگوریتم‌های عددی برای حل مسائل گوارداده ها، بردارهای تکینه و دی‌دبانی هدفمند

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

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., 1991: Atmospheric Data Analysis. Cambridge University Press, 457 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 fordata fitting and model parameter estimation. Elsevier، 613 pp.*
12. *Golub, G., and C. Van Loan, 1996: Matrix Computations. 3 rd ed., The Johns Hopkins University Press, 664 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Evensen, G., 2009: Data Assimilation: The Ensemble Kalman Filter. Springer–Verlag, . 2–10.*
2. *Law, K., A. Stuart, and K. Zygalakis, 2015: Data Assimilation: A Mathematical Introduction. Springer, Ch. 1–3.*
3. *Daley، R., 1991: Atmospheric Data Analysis. Cambridge University Press, Ch. 2–12.*

عنوان درس به فارسی: امواج و ناپایداری

عنوان درس به انگلیسی: *(Waves and Instability)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحث بنیادی در زمینه امواج و گونه‌های مختلف ناپایداری در دینامیک شاره‌ها

سرفصل درس:

فصل اول- امواج

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

فصل دوم- 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: معادلات ریلی و اُر- زومرفلد (*Orr–Sommerfield*) ، شارش‌های توسعه‌یابنده در فضا و مدهای جهانی

فصل سوم- 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

فصل چهارم- رهیافت هامیلتونی

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

فصل پنجم- 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

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

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. *Hsieh, D. Y., and S. P. Ho, 1994: Wave and Stability in Fluids. World Scientific, 416 pp.*
4. *Huerr, P., and P. A. Monkewitz, 1990: Local and global instabilities in spatially developing flows. Annu. Rev. Fluid Mech., 22, pp. 473–537.*
5. *Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University Press, 392 pp.*
6. *Whitham, G. B., 1974: linear and Nonlinear Waves. New York, 636 pp.*
7. *Lighthill, M. J., 1978: Waves in Fluids. Cambridge University Press, 520 pp.*
8. *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.*
9. *Crail, A. D. D., 1985: Wave Interaction and Fluid Flows. Cambridge University Press 322 pp.*
10. *Andrews, D. G., J. Holton, and C. Leovy, 1987: Middle Atmosphere Dynamics. Academic Press, 489 pp.*
11. *Infeld, E., and G. Rowlands, 1990: Nonlinear Waves, Solitons, and Chaos. Cambridge University Press, 423 pp.*
12. *Gill, A., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.*
13. *Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. Springer-Verlag, New York, 624 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Drazin, P. G., and W. H. Reid, 1981: Hydrodynamic Stability. Cambridge University Press, Ch. 1–3 and 6–7.*
2. *Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics, Ch.*
3. *Huerr, P., and P.A. Monkewitz, 1990: Local and global instabilities in spatially developing flows. Annu. Rev. Fluid Mech., 22, pp. 473–537.*

عنوان درس به فارسی: هواشناسی آلودگی هوا

عنوان درس به انگلیسی: *(Air Pollution Meteorology)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد 0 ندارد● سفر علمی 0 کارگاه 0 آزمایشگاه0 سمینار 0

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

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول- مقدمه

مفاهیم بنیادی آلودگی هوا، نمونه اثرات زیست‌محیطی آلودگی هوا، آلاینده‌های طبیعی و مصنوعی، توفان‌های خاک، معیارها و استانداردهای کیفیت هوا

فصل دوم- آلاینده‌های هوا و منابع و مقیاس‌های آنها

آلاینده‌های: گازی، ذره‌ای، ثانویه، رادیواکتیو؛ گردوخاک، منابع آلاینده‌ها، کنترل آلودگی هوا، سازوکارهای حذف آلاینده‌ها، اندازه‌گیری آلاینده‌های هوا، یکای غلظت آلاینده‌ها، مقیاس‌های آلودگی هوا، نمونه‌هایی از آلودگی‌های جوّی حاد، حفره اُزون

فصل سوم - هواشناسی آلودگی هوا

اشاره‌ای به گردش کلی جوّ، گردش‌های محلی، شرایط هواشناختی تهویه و سکون آلاینده ها، وارونگی، قوانین حرکت هوا در لایه مرزی، توزیع قائم باد، دما و تلاطم در لایه مرزی جوّ، پَرشارها (پلوم‌ها)، در شرایط مختلف پایداری، عمقلایهآمیخته

فصل چهارم – مدل‌سازی و پیش‌بینی آلودگی هوا

مروری برمعادله‌های حاکم بر پراکنش آلاینده‌های هوا، مدل رشد و بالاروی پرشار، مدل گوسی، جنبه‌های آماری فرایند پخش تلاطمی، مدل انتگرالی(جعبه‌ای)، ضرایب پخشی، تخمین عمق لایه آمیخته، مدل‌هایی برای پیش‌بینی آلودگی هوا

فصل پنجم – جنبه‌های اقلیمی آلودگی هوا

بسامد دوره‌ای مختلف آلودگی هوا، گلبادهای: فصلی، سالانه و چندسالانه؛ تغییرات اقلیمی مربوط به آلودگی هوا برای مناطق شهری و جهانی (روندتغییراتاُزون،هواویزهایجوّیوغیره)،چالش‌هایآلودگیهوا

فصل ششم – مباحث انتخابی

مروری بر روند تغییرات آلودگی هوا برای چند شهر بزرگ جهان، پارامترسازی لایه مرزی جوّ و آلودگی هوا، اثر جزیره گرمایی شهری، انتشار حادثه‌ای گازهای سنگین در محیط، مدل‌های عددی محاسبه پخش آلاینده‌ها همانند *TAPM HYSPLIT ARMOD*

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Seinfeld, J. H., and Pandis, S. N., 2016: Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, 1152 pp.*
2. *Arya, S. P., 1999: Air Poluution Meteorology and Dispersion. Oxford University Press, 320 pp.*
3. *Jacob, D., 2004: Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press, 274 pp.*
4. *Schnelle, K. B., and P. R. Dey, 2000: Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide. McGraw Hill, 420 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Hannah, S. R., G. A. Briggs, R. P. Hosker Jr., 1982: Handbook on Atmospheric Diffusion (No. DOE/TIC-11223). National Oceanic and Atmospheric Administration, Oak Ridge, TN (USA). Atmospheric Turbulence and Diffusion Lab., 102 pp.*
2. *Heinsohn, R. J., 1999: Sources and Control of Air Poluution. Prentice Hall, 696 pp.*
3. *Stren, A. C., R. W. Boubel, D. B. Turner and D. L. Fox, 1994: Fundamentals of Air Pollution. 3rd ed., Academic Press, 574 pp.*

عنوان درس به فارسی: شیمی جوّ

عنوان درس به انگلیسی: *(Atmospheric Chemistry)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحث بنیادی در شیمی جوّ

سرفصل درس:

فصل اول- فرایندهای نورشیمیایی و واکنش‌های آغازین

مروری برساختار جوّ، مبانی سینتتیکی واکنش‌ها، ویژگی‌های ضرایب آهنگ واکنش، فرایندهای نورشیمیایی، تضعیف تابش خورشید در جوّ، تجزیه نوری اکسیژن وازن، نورشیمی اجزاء کم‌مقدار جوّ

فصل دوم- شیمی پوشن‌سپهر

تاریخچه، دیدبانی‌های ازن، مدل چپمن، گازهای نادر(نجیب)، ناهمگنی شیمیایی پوشن‌سپهری قطبی، بودجه ازن در وردسپهر

فصل سوم-شیمی وردسپهر: متان و چرخه اکسیداسیون

منبع وردسپهری، رادیکال‌های هیدروکسیل در وردسپهر، بودجه متان، فرمالدهاید، مونوکسید کربن، هیدروژن

فصل چهارم- ازن در وردسپهر

مقدمه، نورشیمی آلودگی هوا، توزیع و رفتار ازن وردسپهری، بودجه کمینه ازن در وردسپهر، تولید و اتلاف نورشیمیایی ازن در وردسپهر بدون پریشیدگی

فصل پنجم- هیدروکربن‌ها، هالوکربن‌ها و سایر ترکیب‌های آلی فرّار

هیدروکربن‌ها، هالوکربن‌ها و سایر مواد آلی فرّار، سازوکارهای اکسیداسیون هیدروکربن‌ها، هالوکربن‌ها

فصل ششم – شیمی ابر و بارش

چرخه آب، ابر و تشکیل باران، روبش گازها به وسیله ابر و قطره‌های باران، ترکیب شیمیایی معدنی و PH ابر و آب باران، واکنش‌های شیمیایی در ابر و مه

فصل هفتم-ترکیب‌های نیتروژن در وردسپهر

فرایندهای بیوشیمیایی، آمونیاک، اکسید نیتروز، دی‌اکسید نیتروژن و دیگر ترکیب‌های نیتروژنی مرتبط

فصل هشتم-ترکیب‌های گوگرد در جوّ

مقدمه، ترکیب‌های گوگردی احیاء شده (سولفید هیدروژن، سولفید دی‌متیل و سولفید کربنیل)، دی‌اکسید گوگرد و ذرات سولفات، بودجه وردسپهری گوگرد

فصل نهم-ژئوشیمی دی‌اکسید کربن

مقدمه، منابع عمده کربن (دی‌اکسید کربن در جوّ، اقیانوس‌ها، کربن در سنگ‌های رسوبی، زیست‌کره)، چرخه‌های جهانی کربن (چرخه‌های ژئوشیمیایی، تبادل دی‌اکسید کربن بین جوّ و اقیانوس، برهمکنش جوّ و زیست کره، برهمکنش درازمدت زیست کره و جوّ و بودجه جاری دی‌اکسید کربن)

فصل دهم-مباحث انتخابی

گازهای نادر (نجیب)، جوّ اولیه، نیتروژن، اکسیژن (منابع، بودجه، چرخه و افزایش آن)، گازهای جوّی: رفتار چرخه‌ای در مقابل تجمعی

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Hobbs, P. V., 2000: An Introduction to Atmospheric Chemistry. Cambridge University Press, 276 pp.*
2. *Wallace, J. M., and Hobbs, P. V., 2006: Atmospheric Science: An Introductory Survey. 2nd Ed., Academic Press Elsevier, 504 pp.*
3. *Jacob, D. J., 2000: Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press, 280 pp.*
4. *Warneck, P., 2000: Chemistry of the Natural Atmosphere. Academic Press, 927 PP.*
5. *2. Finlayson-Pitts, B. J., and J. N. Pitts, 2000: Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Academic Press, 969 pp.*
6. *3. Mc Ewan, M., and L. F. Phillips, 1975: Chemistry of the Atmosphere. Edward Arnold Press, 301 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Hobbs, P. V., 2000: An Introduction to Atmospheric Chemistry. Cambridge University Press, Ch. 1–8.*
2. *Wallace, J. M., and Hobbs, P. V. 2006: Atmospheric Science An Introductory Survey. 2nd Ed., Academic Press Elsevier, Ch. 5.*

عنوان درس به فارسی: تابش جوّی

عنوان درس به انگلیسی: *(Atmospheric Radiation)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحث اصلی انتقال و برهمکنش‌های تابش در جوّ

سرفصل درس:

فصل اول- مبانی تابش

مقدمه، تشکیل و شکل خط جذب، معادله انتقال (ترابُرد) تابشی، قانون بیر-بوگر-لامبرت، معادله شوارتس‌شیلد و راه حل آن، معادله انتقال تابشی در جوّ موازی تخت، معادله های انتقال تابشی برای محیط‌های ناهمگن سه‌بُعدی، طیف تابش خورشیدی و تعیین ثابت خورشیدی

فصل دوم- جذب و پراکنش تابش خورشیدی در جوّ

مقدمه، جذب جوّی: فرابنفش، مرئی و فروسرخ، پراکنش جوّی: پراکنش ریلی، پراکنش نور توسط ذرات و تقریب‌ها، جذب و پراکنش چندگانه در جوّ سیاره‌ای

فصل سوم-انتقال تابش فروسرخ گرمایی در جوّ

طیف تابش فروسرخ گرمایی و اثر گلخانه‌ای، جذب و گسیل در جوّ، روش توزیع K همبسته، مدل‌های نواری، روش‌های نوارپهن برای محاسبه شار، انتقال تابش فروسرخ در جوّ ابری: تقریب‌های دوجریانه و چهارجریانه، آهنگ‌های سرمایش فروسرخ جوّ

فصل چهارم-پراکنش نور توسط ذرات جوّ

ریخت‌شناسی ذرات جوّ، نظریه لورنتز-می در پراکنش نورتوسط ذرات کروی، نورشناخت هندسی، نظریه جامع پراکنش نور توسط بلورهای یخ، پراکنش نور از طریق هواویزهای غیرکروی

فصل پنجم-انتقال تابشی در جوّ سیاره‌ای

مقدمه، روش عرضگسسته (*discrete-ordinate*)، اصول ناوردایی، روش اضافه کردن(*adding*)، تقریب‌های انتقال تابشی، انتقال تابشی همراه با قطبش، مباحث پیشرفته در انتقال تابشی: ذرات یخ ترازهای افقی، ابرهای ناهمگن سه‌بُعدی، روش مونت کارلو، روش مرتبه متوالی پراکنش، تقریب دلتای چهارفاکتوری، جوّ کروی

فصل ششم-تابش و اقلیم

مقدمه، بودجه تابشی سامانه جوّ-زمین، جوّ همرفتی و تابشی، تابش در مدل‌های اقلیمی یک‌بُعدی، تابش در مدل‌های اقلیمی باتوازن انرژی، تابش در مدل‌های اقلیمی جهانی

فصل هفتم-روش‌های عددی در تابش

آشنایی و کار با بسته‌های نرم‌افزاری

HITRAN, FASCODE, LBLRTM, GENLN, MODTRAN, LOWTRAN, RADCON, HITRAN-PC, PCMODWIN, PCLNWIN

فصل هشتم- کاربرد اصول انتقال تابشی در سنجش از دور

سنجش از دور با استفاده از: انتقال نور خورشید، بازتاب نور خورشید، گسیل تابش فروسرخ، گسیل تابش ریزموج، لیزر و انرژی ریزموج

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Liou, k. N., 2001: An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press, 583 pp.*
2. *Coakley Jr., J. A., and P. Yang, 2014: Atmospheric Radiation: A Primer with Illustrative Solutions. John Wiley & Sons, 239 pp.*
3. *Goody, R. M., and Y. L. Yung, 1995: Atmospheric Radiation: Theoretical Basis. Oxford University Press, 536 pp.*
4. *Goody, R. M., 1995: Principles of Atmospheric Physics and Chemistry. Oxford University Press, 336 pp.*
5. *Goody, R. M., and A. Sobel, 1996: A graduate radiation course based upon numerical methods. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, pp. 2919–2924.*
6. *Thomas, G. E., and K. Stamnes, 1999: Radiative Transfer in the Atmosphere and Ocean. Cambridge University Press, 517 pp.*

فهرست مطالعات:

1- *Liou, K. N., 2001: An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press, Ch. 1–8.*

2- *Coakley Jr., J. A., and P. Yang, 2014: Atmospheric Radiation: A Primer with Illustrative Solutions. John Wiley & Sons, Ch. 4–5.*

عنوان درس به فارسی: خُردفیزیک ابر و تعدیل وضع هوا

عنوان درس به انگلیسی: *(Cloud Microphysics and Weather Modification)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشناییبافرایندهایتشکیلابروبارش و همچنین ارائه رهیافت‌های مختلف در زمینه تعدیل وضع هوا و ابرآمایی

سرفصل درس:

فصل اول- ساختار وهسته‌زایی آب و یخ

مولکول آب، ساختار و شکل یخ، ساختار آب مایع، فصل مشترک‌های آب، یخ و هوا؛ میعان همگن، میعان روی هسته‌های نامحلول، میعان روی هسته‌های محلول، هسته‌زایی نهشتی، هسته‌زایی یخبندان: همگن، غوطه‌وری، برخوردی و میعانی؛ ارتباط بین مُدهای هسته‌زایی یخ، تولید ثانویه یخ، رفتار هسته‌های یخ در طبیعت

فصل دوم- رشد پخشی قطره‌های آب و بلورهای یخ

معادله‌های رشد پخشی قطره، رقابت ذرات در جذب بخار آب، عوامل تعدیل‌کننده در معادله‌های اساسی شار، شکل بلورهای یخ، معادله‌های رشد بلورهای یخ، رشد شبکه بلور یخ، مدهای رشد بلور یخ

فصل سوم- رشد قطره‌های آب و ذره‌های یخ در اثر جمع‌آوری

معادله جمع‌آوری، جواب‌های معادله جمع‌آوری، خرد شدن قطره، رشد بلورهای برفکی و گویچه‌ها، رشد تگرگ، رشد برفدانه‌ها، ذوب ذره‌های یخ

فصل چهارم- تشکیل بارش در اثر همامیزی و سازوکار بلور یخ

تشکیل ابر آبدار، آغاز فرایند همامیزی، توسعه طیف‌نمایی قطره باران، افزایش آبراشباع آب در فراهنج‌ها، نقش همامیزی و خرد شدن در ستون باران (*rainshafts*)، فرایند یخبندان، تشکیل بارش در ابرهای پوشنی، تشکیل بارش در ابرهای همرفتی

فصل پنجم- مبانی خُردفیزیکی تعدیل ابر

رهیافت‌های فیزیکی در تعدیل بارش (تعدیل فرایندهای همامیزی، بلور یخ و دینامیکی)، رهیافت‌های آماری در تعدیل بارش، رهیافت‌های فیزیکی در مقابل آماری، طراحی آزمایش‌ها و ارزیابی آنها، تعدیل مه گرم و ابر سرد، تعدیل ابرهای کوهستانی و همرفتی، تعدیل ناخواسته فرایندهای ابر، نتایج برخی آزمایش‌های ابرآمایی و تعدیل وضع هوا.

فصل ششم- تشکیل و تعدیل تگرگ

ساختار توفان تگرگ، شرایط رشد تگرگ، سازوکارهای گزینشی دانهٔ تگرگ، مفاهیم فرونشانی تگرگ.

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Young, K. C., 1993: Microphysical Processes in Clouds. Oxford University Press, 427 pp.*
2. *Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd edition, Butterworth Heinemann, 290 pp.*
3. *Cotton, R. W., and R. A. Pielke Sr., 2007: Human Impact on Weather and Climate, 2nd Edition, Cambridge University Press, 330 pp.*
4. *Wang, P. K., 2013: Physics and Dynamics of Clouds and Precipitation. Cambridge University Press, 451 pp.*
5. *Pruppacher, H. R., and J. D., Klett, 2010: Microphysics of Clouds and Precipitation. Springer Netherlands, 954 pp.*
6. *Wallace, J. M., and P. V., Hobbs, 2006: Atmospheric Science: An Introductory Survey. Elsevier Academic Press, 504 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Young, K.C., 1993: Microphysical Processes in Clouds. Oxford University Press, 427 pp.*
2. *Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd edition, Butterworth Heinemann, 290 pp.*
3. *Cotton, R.W., and R. A. Pielke Sr., 2007: Human Impact on Weather and Climate. 2nd Edition, Cambridge University Press, 330 pp.*

عنوان درس به فارسی: هواویزهای جوّی

عنوان درس به انگلیسی: *(Atmospheric Aerosols)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش فیزیک، دینامیک و ترمودینامیک هواویزهای جوّ بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- توزیع اندازه و نمونه‌برداری

مقدمه، بررسی ریاضی توزیع اندازه، اصول فیزیکی در تعیین توزیع اندازه، مدل های توزیع اندازه هواویزهای جوّی، نمونه هایی از مشخصه‌های توزیع، زمان ماندگاری وتغییر پذیری ، خواص فیزیکی ذرات هوابُرد، دستگاه‌های نمونه‌برداری، روش‌های عمومی نمونه‌برداری

فصل دوم- ترکیب‌های غیرآلی و روش‌های تشخیص هواویزهای جوّی ریز

فلزها و ترکیب‌های آنها، هواویزهای غیرآلی ثانویه، توزیع گونه‌های شیمیایی در فازهای جوّ، روش‌های تشخیص: ریخت‌شناسی، تحول گرمایی، روش-های تجزیه، روش‌های طیف نگاری، سوانگاری گازی-طیف‌سنجی جرمی $(GC\text{-}MS)$، روش‌های تشخیص بر اساس ویژگی‌های جذب آب

فصل سوم- جنبش شناسی و ترمودینامیک هواویزهای وردسپهری

مقدمه، سینتیک هواویزها: تعادل بخار-هواویز، جدایی فاز در ذرات، بلوری شدن در مقابل خواص فلوئورسانس، تعادل فاز برای آب و اثر کلوین، تعادل ترمودینامیکی هواویزها: اصول تعادل شیمیایی، ذرات در فاز آبی، ذرات در شکل بلور نمک، ذرات با فازهای آبی و جامد

فصل چهارم- برخی ترکیب‌های آلی هواویزهای جوّی

دی‌اکسین‌ها، دی‌بنزوفوران‌ها و PCB_S ها: ساختار، چشمه‌ها، غلظت‌های زمینه، رفتار در جوّ، جذب توسط گیاهان؛ هیدروکربن‌های معطر چندحلقه‌ای (PAH_S): چشمه‌ها، توزیع اندازه و انتقال جوّی، نمونه‌برداری، جداسازی و تجزیه، غلظت محیط زمینه، روند، نیمرخ گسیل از چشمه‌ها

فصل پنجم- هواویزهای حاصل از سوخت‌های کربنی

ترکیبات ساختاری و شیمیایی مواد کربنی، تجزیه هواویزهای آلی (OC) و کربن سیاه (BC)، واکنش‌پذیری و رفتار ذرات سوخت در جوّ، نکات بارز زمین‌شیمی و اثرات وردسپهری ذرات سوخت

فصل ششم- ذرات هواویز زیستی اولیه (*PBAP*) و زیست‌زاد

ویژگی‌ها، چشمه‌ها، طول عمر، روش‌های نمونه‌گیری، تجزیه نمونه ها، رخداد در جوّ، توزیع اندازه، تشکیل ذرهٔ ثانویه از گازهای گوگرددار احیاء شده و هیدروکربن‌های زیست‌زاد، آمونیاک به‌عنوان پیش‌علامت ذرات هواویز ثانویه

فصل هفتم- چشمه‌های فلزهای کمیاب جوّی

چشمه‌های طبیعی، چشمه‌های انسان‌زاد، عوامل مؤثر بر گسیل، عوامل گسیل منطقه‌ای و جهانی

فصل هشتم-نهشت خشک ذرات

نهشت خشک روی گیاهان و سطوح آبی، نهشت خشک در مناطق شهری، ذرات درشت، معلق شدن مجدد، غلظت‌های بحرانی

فصل نهم-اثر فرایندهای مرطوب بر هواویزهای جوّی

اثر بخار آب بر ذرات هواویز، روبشناشی از بارش مایع و بارش جامد، روبش کلی ذرات هواویز از طریق بارش، تغییرات هواویز توسط ابرهای نابارا، مدل-سازی فرایندهای مرطوب مؤثر بر هواویزهای جوّی

فصل دهم-هواویزهای میعانی

غبار مه مرطوب، ابرها و مه‌های گرم، فاز مخلوط و ابرهای یخی، فرایندهای آمیختگی در محیط ابری، روش‌های شناخت خُردفیزیک هواویزهای میعانی، فنون نمونه‌گیری آب‌شهاب‌ها، روش‌های تجزیه هواویزهای میعانی، نهشت هواویزهای میعانی

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Harrison, R. M., and R. E. Van Grieken, 1999: Atmospheric Particles. John Wiley & Sons, 610 pp*
2. *Seinfeld, J. H., and S. N. Pandis, 2016: Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, 1225 pp.*
3. *Hobbs, P. V., and M. Patric Mc Cormick, 1988: Aerosols and Climate. A Deepak Publishing Press, 486 pp.*
4. *Warneck, P., 2000: Chemistry of the Natural Atmosphere. Academic Press, 927 pp.*
5. *Kondratyev, K. Y., L. S. Ivlev, V. F. Krapivin, and C. A. Varostos, 2009: Atmospheric Aerosol Properties. Springer, 595 pp.*
6. *McNeill, V. and P. Ariya, 2014: Atmospheric and Aerosol Chemistry, Springer-Verlag, 264 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Harrison, R. M., and R. E. Van Grieken, 1999: Atmospheric Particles. John Wiley & Sons, Ch. 1–15.*
2. *Seinfeld, J. H. and S. N. Pandis, 2016. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, Ch.7–14.*

عنوان درس به فارسی: گردش کلی جوّ

عنوان درس به انگلیسی: *(General Circulation of the Atmosphere)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در زمینه گردش کلی جوّ بوده است.

سرفصل درس:

فصل اول- مدل‌سازی و مشاهدات گردش‌های جهانی

عملگرهای میانگین‌گیری و کاربست آن به معادله‌های تکانه و انرژی ترمودینامیکی، شارش سه‌بُعدی میانگین‌گیری شده زمانی، شبکه دیدبانی جهانی، مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا، مدل‌های گردش جهانی، ترمودینامیک گردش جهانی

فصل دوم- موتور گرمایی جوّ

توازن انرژی جهانی، توازن تابشی محلی، ترمودینامیک حرکت شاره، گرمایش جوّ مشاهداتی، ساختار مشاهداتی جوّ مناطق حاره‌ای (مقیاس‌های سیاره‌ای، همدیدی و زیرهمدیدی)، برهم‌کنش‌های حاره‌ای- جنب‌حاره‌ای

فصل سوم- میانگین مداری گردش نصف‌النهاری

اساس مشاهداتی، مدل "هلد- هو" گردش هادلی، مدل‌های واقعی‌تر گردش هادلی، گردش میانگین گیری‌شده مداری در عرض‌های میانی، دید لاگرانژی از گردش نصف‌النهاری

فصل چهارم- تلاطم‌های گذرا در عرض‌های میانی

مقیاس‌های زمانی حرکت جوّ، ساختار پیچک‌های گذرا، انرژتیک جوّی (میانگین جهانی انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل دسترس‌پذیر و چرخهٔ انرژی لورنتس)، نظریه‌های ناپایداری کژفشار، چرخه‌های زندگی سامانه‌های کژفشار و گذراهای با بسامد بالا

فصل پنجم- انتشار موج و پیچک‌های ایستا

مشاهده پیچک‌های ایستا، مدل فشارورد و کاربست به پیچک‌های ایستای مشاهده شده، انتشار افقی و قائم امواج راسبی، شار "الیاسن- پالم"، شارهای "الیاسن- پالم" و چرخه‌های زندگی سامانه‌های کژفشار

فصل ششم- جنبه‌های سه‌بعدی گردش جهانی

تغییرات مداری در مناطق حاره‌ای، گردش‌های موسمی، مناطق توفانی عرض‌های میانی و جریان‌های جتی، برهم‌کنش بین پیچک‌های گذرا و ایستا، انتقال جهانی بخار آب

فصل هفتم- وردایی گردش در بسامدهای کم

گذراهای با بسامد کم و توزیع جغرافیایی آنها، ساختار افقی گذراهای با بسامد کم و تغییر زمانی آنها، الگوهای دورپیوند، مدهای حلقوی، نوسان‌های پوشن‌سپهری، نوسان میان‌فصلی، نوسان جنوبی، بندال شارش عرض‌های میانی

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *James, I. N., 1994: Introduction to Circulating Atmosphere. Cambridge University Press,*
2. *422 pp.*
3. *Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. 5th edition, Academic Press, 532 pp.*
4. *Hoskins, B. J., and I. N. James, 2014: Fluid Dynamics of the Midlatitude Atmosphere. John Wiley & Sons, Ltd, 408 pp.*
5. *Mak., M., 2011: Atmospheric Dynamics. Cambridge University Press, 500 pp.*
6. *Hoskins, B. J., and R. P. Pearce (eds.), 1983: Large-Scale Dynamical Processes in the Atmosphere. Academic Press, 397 pp.*
7. *Grotjahn, R., 1993: Global Atmospheric Circulations: Observations and Theories. Oxford University Press, 446 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *James, I. N., 1994: Introduction to Circulating Atmosphere. Cambridge University Press,*
2. *Ch. 1–8.*
3. *Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. 5th edition, Academic Press, Ch. 6–7, Ch. 10–11.*
4. *Hoskins, B. J., and I. N. James, 2014: Fluid Dynamics of the Midlatitude Atmosphere. John Wiley & Sons, Ltd, Ch. 14, Ch. 16–18.*
5. *Mak, M., 2011: Atmospheric Dynamics. Cambridge University Press, Ch. 5, Ch. 8–11.*

عنوان درس به فارسی: هواشناسی ماهواره‌ای

عنوان درس به انگلیسی: *(Satellite Meteorology)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در زمینه هواشناسی ماهواره‌ای بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- مقدمه

تاریخچه هواشناسی ماهواره‌ای، مدارهای ماهواره‌های هواشناختی، مکانیابی، ردیابی و ناوبری ماهواره، نمونه‌گیری زمانی-مکانی، وسایل پرتاب ماهواره ونمایه‌های پرتاب، مروری بر گسیل تابش از جوّ، تاثیر داده‌های ماهواره در پیش‌بینی عددی وضع هوا

فصل دوم- ابزارهای ماهواره‌ای هواشناختی

ابزارهای ماهواره‌های عملیاتی: قطب‌مداری و زمین‌ایستا؛ سایر ابزارهای ماهواره‌ای، ذخیره داده‌های ماهواره

فصل سوم-الگوهای ابر و رطوبت در مقیاس‌های همدیدی و میانی

تفسیر الگوهای بزرگ مقیاس ابرهای پرسا و رطوبت، تغییر الگوهای ابرهای کومه‌ای، تفسیر سیماهای ناوه‌های کژفشار، الگوهای ابرهای همرفتی، همرفت روی اقیانوس‌ها، الگوهای ابرهای همرفتی ناشی از کوهستان، برون‌شارش توفان تندری و برهمکنش همرفتی، سامانه‌های همرفتی میان‌مقیاس سازمان‌یافته، مه و ابرهای پایینی، دریامه، ابرهای پوشن‌کومه‌ای، پدیده‌های کوهستانی، پدیده‌های قطبی

فصل چهارم- جبهه‌ها و چرخندهای عرض‌های میانی

جبهه‌های سرد کلاسیک، جبهه‌های سرد دونیمه(*split*)، جبهه‌های گرم، جبهه‌های همرسی، امواج در مقیاس همدیدی، چرخندهای عرض‌های میانی، انواع چرخندزایی ، چرخندزایی‌های عرض‌های میانی همبسته با توفان‌هایحاره‌ای، همرسی و چرخندهای بالغ، چرخندهای رشدنیابنده (*nondeepening*)، کم‌فشارهای قطبی

فصل پنجم- روش‌های بازیابی دما

انواع گمانه‌زنی، روش‌های بازیابی، بازیابی‌های عملیاتی، بازیابی گمانه‌ای لبه‌ای، ردیابی گازهای پوش‌سپهری و میان‌سپهری، روش‌های بازیابی وتصحیح دمای سطح زمین و دریا، آب بارش‌شو

فصل ششم – توفان‌های خاک و میدان باد

دیدبانی‌ها و استنتاج‌ها، تحلیل تابشی ابرهای گردوخاک، ابرو ردیابی بخار آب، استنتاج باد از گمانه زنی، بادهای سطح اقیانوس، دستگاه‌های اندازه-گیری باد افقی

فصل هفتم - ابر، بارش و هواویزها

گمانه‌زنی ابرها، تصویربرداری از ابرها، تابش‌سنجی موج کوتاه ابرها، هواویزهای پوش‌سپهری، هواویزهای وردسپهری، فنون اندازه‌گیری بارش بر مبنای: تابش مرئی، تابش فروسرخ و ریزموج غیر فعال؛ فنون تشخیص توفان‌های تُندری مخرب و استفاده از تصاویر ماهواره و رادار در اندازه‌گیری و پیش‌بینی کوتاه‌مدت بارش

فصل هشتم - بودجه تابشی زمین

ثابت خورشیدی، بودجه تابشی بام جوّ، بودجه تابشی سطح زمین

بازدید علمی

بازدید از ایستگاه ماهواره‌ای پیش‌بینی وضع هوا در سازمان هواشناسی کشور

روش ارزیابی:

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

فهرست مطالعات:

1. *Bowman, K., and P. Yang, 2015: Satellite Meteorology and Atmospheric Remote Sensing: An Introduction. Wiley-VCH, Ch. 1–2, 4–11.*
2. *Kidder, S. Q., and T. H. Vonder Haar, 1995: Satellite Meteorology. Academic Press, Ch. 1–2, 4–10.*

عنوان درس به فارسی: هواشناسی راداری

عنوان درس به انگلیسی: *(Radar Meteorology)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحث اصلی مربوط به نظریه، کاربرد و پژوهش در زمینه هواشناسی راداری

سرفصل درس:

فصل اول - اصولاامواجالکترومغناطیسی

نظریه امواجالکترومغناطیسی،قوانینماکسول،معادلهموج،حلمعادلاتموجوبررسیانتشارامواجالکترومغناطیسی درمحیط‌هایمختلف،خواص و پارامترهای محیط، بررسی برخورد امواج الکترومغناطیسی با محیط‌های مختلف شامل دی‌الکتریک کامل، دی‌الکتریک با اتلاف و رسانندگی کامل، قطبش (خطی، دایره‌ای، بیضوی)

فصل دوم- اصول رادار

مفاهیم پایه، رادار دوپلری (جنبه‌های تراگسیلی و دریافتی)، شکل‌های کلی معادلهٔ رادار، هدف، تضعیف از طریق: بارش قطرک‌های ابر، برف و گازها؛ ملاحظات عملی دربارهٔ: نوفهٔ دستگاه، پهنای نوار، شکل موج پالاییده، نسبت سیگنال به نوفه

فصل سوم- پراکندگی و بازتابندگی

مقاطع تضعیف و پراکندگی برای ذرات: کروی همگن، ناهمگن، غیرکروی؛ پس‌پراکنشاز ابرها و بارش، عامل بازتابندگی رادار، روابط X و Z، اندازه-گیری‌های قطبش، آشکارسازی: بارش، تگرگ، آذرخش؛ زوائد، شکل‌های ویژه هواشناختی معادلهٔ رادار

فصل چهارم-اندازه‌گیری‌های بارش

بازتابندگی تک طول موج، مقایسهٔ داده‌های راداری با شبکهٔ باران‌سنجی، اندازه‌گیری تضعیف تک طول موج، روش دو طول موجی α-R، روش دو طول موجی $N(D)$، فن دوقطبشی، روش‌های انتگرال سطحی برای باران همرفتی، شبکه‌های رادار، پیش‌بینی کوتاه‌مدت، تخمین بارش با ماهواره و رادار

فصل پنجم- اندازه‌گیری سرعت

طیف دوپلری، پارامترهای طیفی، تبدیل فوریه ناپیوسته، برآوردکننده‌های گشتاورهای طیفی، عوامل مؤثر در پهنای طیف دوپلری، طیف دوپلری در فرود (*incidence*) قائم، اندازه‌گیری میدان سرعت: با یک رادار دوپلری و چند رادار دوپلری؛ بازیابی میدان‌های ترمودینامیکی و خُردفیزیکی

فصل ششم- مطالعهٔ برخی ساختارهای هواشناختی با رادار

مقدمه، همرفت در لایهٔ مرزی سیاره‌ای، همرفت عمیق و توفان‌های تندری، پیچندها و تاوه‌ها، آشفتگی‌های چرخندی برون‌حاره ای، ابرهای پوشنی، چرخندهای حاره‌ای، تلاطم در محیط با چینش چگالی و ناپایداری چینشی

فصل هفتم- مباحث انتخابی

معرفیرادارهای هواشناسی: رادار پلاریمتریک (دوقطبشی)، رادار دوپلری، رادار اندازه‌گیری باد، رادار ترکیبی محفظه‌ای، سوپردارن

پروژه درس

هدف اصلی پروژه درس بررسی انتشار امواج الکترومغناطیسی در محیط‌های مختلف با استفاده از تغییر پارامترهای محیطی است. بررسی میزان اتلاف سیگنال ومیزان پراکندگی سیگنال ارسالی در اثر برخورد با فصل مشترک محیط‌های دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف از این قسمت، آشنایی دانشجویان با فرایند انتشار امواج و اصول پایه در سنجش از دور راداری است. لازم به ذکر است محیط‌های مختلف جوّ زمین را مانند محیط‌های شامل گازهای جوّی می‌توان بدین روش مدل‌سازی کرد. در این پروژه یک فایل مطلب (*MATLAB*) حاوی اطلاعات لازم برای حل قوانین ماکسول برای انتشار امواج الکترومغناطیسی و همچنین تغییر پارامترهای محیط انتشار به دانشجویان داده خواهد شد. دانشجویان با توجه به مطالب فصل‌های ۱ و ۲ اقدام به تکمیل معادلات در فایل مطلب کرده و با تغییر پارامترهای محیط انتشار میزان اتلاف (و جذب) سیگنال ارسالی و همچنین سیگنال پراکنده شده راداری را مطالعه خواهند کرد.

سمینار درس

هر یک از دانشجویان موظف خواهند بود تا یکی ازانواع رادار و موضوعات مربوط به هواشناسی را انتخاب کرده و در پایان ترم یک ارائه شفاهی داشته باشند.

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Bringi, V. N., and V. Chandrasekar, 2005: Polarimetric Doppler Weather Radar: Principles and Applications. Cambridge University Press, 664 pp.*
2. *Rees, W. G., 2012: Physical Principles of Remote Sensing. Cambridge University Press, 3rd Edition, 460 pp.*
3. *Sauvageot, H., 1992: Radar Meteorology. Artech House, 366 pp.*
4. *Doviak, R. J., and D. S. Zrnic, 1993: Doppler Radar and Weather Observations. Academic Press, 562 pp.*
5. *Atlas, D. (ed.), 1990: Radar in Meteorology: Battan Memorial and 40th Anniversary of Radar Meteorology Conference. American Meteorological Society Press, 806 pp.*

6. *Collier, C. G., 1996: Applications of Weather Radar Systems. A guide to uses for radar data in meteorology and hydrology. Ellis Horwood, 294 pp.*
7. *Battan, L. J., 1973: Radar Observation of the Atmosphere. The University of Chicago Press, 234 pp.*
8. *Meneghini, R., and T. Kozu, 1990: Spaceborne Weather Radar. Artech House, 240 pp.*
9. *Stephens, G. L., 1994: Remote Sensing of the Lower Atmosphere: An Introduction. Oxford University Press, 544 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Bringi, V. N., and V. Chandrasekar, 2005: Polarimetric Doppler Weather Radar: Principles and Applications. Cambridge University Press, Ch. 1–8.*
2. *Rees, W. G., 2012: Physical Principles of Remote Sensing. Cambridge University Press, 3rd Edition, Ch. 1–4.*

عنوان درس به فارسی: سنجش از دور نوری جوّ

عنوان درس به انگلیسی: *(Optical Remote Sensing of the Atmosphere)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: داردO ندارد● سفر علمی O کارگاه O آزمایشگاهO سمینار ●

اهداف کلی درس: آشناییبا روش‌های اندازه‌گیری کمیت‌های هواشناختی جوّ زمین شامل لایه‌های وردسپهر، پوشن‌سپهر و میان‌سپهر

سرفصل درس:

نظری:

فصل اول: معرفی سنجش از دور نوری

معرفی لیدار، کاربرد لیدار در سنجش از دور جوّ، فرایند ایجاد سامانه لیدار در طول زمان، معادله لیدار

فصل دوم - لیدار و ذرات جوّ

قطبش در لیدار، بررسی تغییرات قطبش نور در اثر پراکندگی مولکول‌های گاز، پراکندگی ناشی از ذرات آلودگی و غبار، بررسی ابرهای میان‌سپهر و جوّ زبرین، پراکندگی از ابرهای دارای رطوبت بالا، پراکندگی از ابرهای یخی و بارش

فصل سوم -اندازه گیری پارامترهای لایه های ابر و غبار

تعیین‌اثر پارامترهای ذرات جوّ در طول موج لیزر، لیدار پراکندگی کشسان و لیدار پراکندگی رامان، نحوه اندازه‌گیری پارامترهای ذرات جوّ و پوشن-سپهر، بررسی پدیده‌های هراشناختی در بازه طول موج نوری

فصل چهارم - لیدار جذب تفاضلی DIAL برای اندازه‌گیری ازن

معرفی لیدار DIAL، معرفی دستگاه لیدار DIAL در طول موج‌های فرابنفش، مرئی و فروسرخ، معادله لیدار DIAL، مطالعه ناپایداری‌های جوّ و لایه مرزی، بررسی کاربرد لیدار تفاضلی در اندازه‌گیری بخار آب و دما

فصل پنجم - لیدار دوپلری باد

لیدار دوپلری تَپی (پالسی) و لیدار موج پیوسته، روش تشخیص جهت و سرعت باد، بررسی سامانه دوپلری و کاربرهای آن در هواشناسی

فصل ششم – لیدار پراکندگی تشدیدی

بررسی پارامترهای لایه‌های سدیم در میان‌سپهر، اندازه‌گیری پارامترهای لایه آهن در میان‌سپهر، اندازه گیری دما و باد در لایه‌های بالایی جوّ

سمینار درس

هر یک از دانشجویان لازم است یکی از انواع لیدار و موضوعات مربوط به هواشناسی را انتخاب کرده و در پایان ترم یک ارائه شفاهی داشته باشد.

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Weitkamp, C., (Ed.) 2005: Lidar: Range-Resolved Optical Remote Sensing of the Atmosphere. Springer, 456 pp.*
2. *Kovalev, V. A., and W. E. Eichinger, 2004: Elastic Lidar: Theory, Practice, and Analysis Methods. John Wiley & Sons, 615 pp.*
3. *Mensah, F. E., 2009: Lidar Techniques and Remote Sensing in the Atmosphere: Understanding the use of laser light in the atmosphere, AuthorHouse, 144 pp.*
4. *Michael, C. Kelley, 2009: The Earth's Ionosphere: Plasma Physics & Electrodynamics. Elsevier, 576 pp.*
5. *Schunk, R., and A. Nagy, 2009: Ionospheres: Physics, Plasma Physics, and Chemistry. Cambridge University Press, 2nd Ed., 628 pp.*
6. *Brasseur, G. P., and S. Solomon, 2005: Aeronomy of the Middle Atmosphere: Chemistry and Physics of the Stratosphere. Springer, 2nd E., 646 pp.*
7. *Banks, P. M., and G. Kockarts, 1973: Aeronomy. Elsevier, 372 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Weitkamp, C., (Ed.) 2005: Lidar: Range-Resolved Optical Remote Sensing of the Atmosphere. Springer, Ch. 1–7.*
2. *Kovalev, V. A., and W. E. Eichinger, 2004: Elastic Lidar: Theory, Practice, and Analysis Methods. John Wiley & Sons, Ch. 2–3, Ch. 5, Ch. 10, Ch. 12–13.*

عنوان درس به فارسی: نظریه وارون در فیزیک جوّ و اقیانوس

عنوان درس به انگلیسی: *(Inverse Theory in Atmospheric–Oceanic Physics)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در کاربردهای نظریه وارون در فیزیک جوّ و اقیانوس بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- مبانی ریاضی نظریه وارون

تعریف مسئله وارون، تعدد مدل‌ها، نایکتایی ذاتی، فضاهای برداری خطی: نرم، 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*

فصل دوم- پیش‌بینی در نظریه وارون

مدل‌ها و داده‌ها، پیش‌بینی تعمیم‌یافته، زیربنای آماری کمینه‌سازی نرم ℓ^2، برآورد کمترین مربعات، خطای پیش‌بینی، کران‌های خطای باکوس (*Backus*) و پارکر (*Parker*)، پیش‌بینی دلتا

فصل سوم- رامسازی (*quelling*)

تفکیک، رامسازی به‌وسیله انتگرال‌گیری، رامسازی تعمیم‌یافته، رامسازی به‌وسیله ضرب، رامسازی به‌وسیله همامیخت

فصل چهارم- داده‌های خطادار و غیرخطی

هم‌پراشهای مدل (*model covariances*)، خطای مطلق، خطای نسبی، مشتق فرشه (*Frechét*)، مدل آغازین، ارزیابی، داده های خطادار غیرخطی

فصل پنجم- کاربست‌های نظریه وارون

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

فصل ششم- مباحث انتخابی

وارونی بیشین، رهیافت آماری، وارونی بیزی (*Bayesian*)، الگوریتم‌های عددی برای حل مسائل وارون، تحلیل عاملی

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

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. 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.*

فهرست مطالعات:

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.*

عنوان درس به فارسی: هواشناسی آبشناسی پیشرفته

عنوان درس به انگلیسی: *(Advanced Hydrometeorology)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در زمینه هواشناسی آبشناسی بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول ـ مرور برخی مفاهیم آبشناسی

مقدمه، معادله‌های آب‌شناسی، معادله‌های کانال روباز، جریان یکنواخت و نایکنواخت، عدد فرود، جریان بحرانی، معادله‌های آب کم‌عمق، آب بارش‌شو

فصل دوم- مدل‌های پیش‌بینی در هواشناسی آبشناسی

اهمیت پیش‌بینی بهنگام، انواع طبقه‌بندی مدل‌ها، انواع مدل‌های پیش‌بینی بهنگام سیل: مدل‌های همبستگی، روند سیل، مدل‌های آب‌شناختی، مدل-های هیدرولیکی، مدل‌های رواناب- بارندگی، تابع انتقال و مدل‌های *ARMA*؛ نمایش ریاضی و ساده‌سازی عوامل مدل‌های فیزیکی، معرفی چند مدل بین‌المللی

فصل سوم-بهنگام کردن مدل‌های پیش‌بینی

مفهوم بهنگام کردن و ضرورت آن، انواع روش‌های بهنگام کردن: ورودی‌ها (روش سعی و خطا)، متغیرهای حالت و پارامترهای مدل (صافی کالمن)،خروجی‌ها(پیش‌بینی خطا)؛ روش‌های سنجش توأم تصادفی بودن متغیرودقت مدل

فصل چهارم- فرایندهای سطح زمین

اهمیت فرایندهای سطح زمین، مدل‌سازی آبشناسی خاک: فیزیک حرکت آب در خاک، پتانسیل آب در خاک، قانون دارسی، نفوذپذیری، اندازه‌گیری و تغییر پذیری مکانی آن؛ دمای خاک، پوشش گیاهی و ذخیرهٔ آبی آن

فصل پنجم- شبیه‌سازی و پیش‌بینی پوشش یخ- برف

خواص اصلی پوشش جهانی یخ- برف، برهمکنش یخ- برف با دیگر مؤلفه‌های محیطی، شبیه‌سازی عددی: مدل‌های توازن انرژی، مدل‌های دینامیکی- ترمودینامیکی؛ رفتار پوشش یخ- برف در مدل‌های گردش کلی، پیش‌بینی یخ دریا و مؤلفه‌های وابسته، پیش‌بینی‌های هواشناسی و آبشناسی به‌کمک پوشش برف به‌عنوان شاخص

فصل ششم – استفاده از رادار در هواشناسی آبشناسی

مبانی نظری رادار، مقایسه رادارهای هواشناسی از دیدگاه‌های مختلف، خطاهای رادار و راه‌های حذف آنها: خطاهای مرتبط با عوامل هواشناسی و عوامل جغرافیایی، خطاهای مرتبط با دستگاه رادار؛ روش‌های تعدیل منطقه‌ای تصاویررادار‌ی، رادار با نشانه‌روی قائم، استفاده از تصاویر راداری برای پیش‌بینی کمّی بارندگی *(QPF)*

فصل هفتم –سامانه اطلاعات جغرافیایی *(GIS)* در هواشناسی آبشناسی

مقدمه، کاربرد *GIS* در: تحلیل داده‌های خاک، کاربری اراضی، دورسنجی، آبشناسی منطقه‌ای و جهانی، نمایش توزیع مکانی کمیت‌های مختلف هواشناختی، مدل‌های رقمی کردن پستی و بلندی

فصل هشتم-مباحث انتخابی

روش‌های زمین‌آماری، شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیکی، منطق فازی

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Collier, C. G., 2016: Hydrometeorology. Wiley–Blackwell, 376 pp.*
2. *Shuttleworth, W. J., 2012: Terrestrial Hydrometeorology. Wiley–Blackwell, 472 pp.*
3. *Sene, K., 2010: Hydrometeorology: Forecasting and Applications. Springer, 355 pp.*
4. *Beven, K. J., 2001:Rainfall–Runoff Modelling. John Wiley, 360 pp.*
5. *Peng, G., L. M. Leslie, and Y. Shao (eds.), 2002: Environmental and Prediction. Springer, 480 pp.*
6. *Anderson, M. G., and P. D. Bates (eds.), 2001: Model Validation Perspectives in Hydrological Sciences. John Wiley, 500 pp.*
7. *Dingman, L., 2002: Physical Hydrology. Macmillan, 646 pp.*
8. *Croley II, T. E., 2000: Using Meteorology Probability Forecasts in Operational Hydrology. ASCE Press, 206 pp.*
9. *Collier, C. G., 1996: Application of Weather Radar System. A guide to uses for radar data in meteorology and hydrology. Ellis Horwood, 294 pp.*
10. *Kitanidis, P. K., 1997, Introduction to Geostatistics: Applications to Hydrogeology. Cambridge University Press, 249 pp.*
11. *Goldberg, D. E., 1998: Genetic Algorithms in Search, Optimisation, and Machine Learning. Anderson-Wesley, 412 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Collier, C. G., 2016: Hydrometeorology. Wiley–Blackwell, Ch. 3–9, 11, 14.*
2. *Shuttleworth, W. J., 2012: Terrestrial Hydrometeorology. Wiley–Blackwell, Ch. 1, 4, 6–7, 9.*

عنوان درس به فارسی: تغییر اقلیم

عنوان درس به انگلیسی: *(Climate Change)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در زمینه تغییر اقلیم بوده‌اند.

سرفصل درس:

فصل اول- مبانی تغییر اقلیم

مروری بر مؤلفه‌های سامانه اقلیم و شارهای انرژی، چرخه‌های: آب‌شناختی، کربن، سولفور، نیتروژن، فسفر؛ ارتباط بین چرخه‌های شیمی- زیستی زمین و اقلیم، علل طبیعی و انسانی تغییر اقلیم، مقایسه تغییرات اقلیم ناشی از عوامل طبیعی و انسانی، اقلیم‌های گذشته و بررسی پایداری آن‌ها.

فصل دوم- تغییرات مشاهده شده در سامانه اقلیم

گسیل‌های بشری به جوّ، تغییر در غلظت گازهای گلخانه‌ای و گسیل هواویزها، شاخص‌های تغییر دمای میانگین جهانی، الگوهای گرمایش: روزانه، فصلی و جغرافیایی؛ روندهای بارش، رخداد توفان، نوسان جنوبی ال‌نینو؛ تغییرات در مقدار بخار آب و ازن جوّ، روندهای اخیر درتراز دریا و غلظت CO و OH.

فصل سوم- رهیافت سامانه‌های دینامیکی

اقلیم به عنوان یک سامانه دینامیکی، نمایش‌های ریاضی و ساده سازی‌ها، معادله‌های حاکم بر جوّ، اقیانوس، سطح خشکی، آب سطحی و یخ؛ پیش‌بینی‌پذیری سامانه اقلیم و روش‌های پیش‌بینی آن، سامانه‌های مدل‌سازی اقلیمی ترکیب شده: طرحواره‌های برهمکنش جوّ- سطح خشکی و جوّ- اقیانوس؛ مدل‌های دینامیکی تصادفی، مدل‌های همادی.

فصل چهارم- وردایی اقلیم

تعاریف وردایی اقلیم، تخمین هم پراش‌های اقلیم کنونی در حوزه بسامد، تولید وردایی زمانی و فضایی، تحلیل روند و وردایی سری‌های ریزش باران و رویدادهای حدّی آن‌ها، تحلیل کل سری‌های زمانی: تحلیل مقدار میانگین، تحلیل وردایی، تحلیل رویدادهای حدّی.

فصل پنجم- آشکارسازی تغییر اقلیم

ایده‌های پایه، وردایی طبیعی متغیر، در نظر گرفتن وردایی نمونه‌برداری، آشکارساز بهینه، فضاها و الگوهای سیگنال، نظریه صافی فضا - زمانی، آشکارسازی با اندازه‌گیری تشابه الگوها.

فصل ششم- عدم قطعیت‌ها در تعیین اثرات تغییر اقلیم منطقه‌ای

عدم قطعیت (منابع، انتشار و ارزیابی)، عدم قطعیت در ویژگی‌های غیر اقلیمی از قبیل رشد جمعیت و تغییرات فناوری؛ عدم قطعیت در اقلیم آینده: غلظت‌های جوّی، واداشت تابشی، دمای میانگین جهانی، اقلیم منطقه‌ای؛ عدم قطعیت در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم: آزمایش‌های فیزیکی، مدل‌سازی، وقایع غیر مترقبه.

فصل هفتم- مباحث انتخابی

مدل‌سازی اجزاء اقلیم: چرخهٔ کربن، شیمی جوّ، هواویزها، ورقه‌های یخ؛ نکاتی درباره واداشت تابشی، حساسیت اقلیم و بازخوردهای آن؛ پاسخ زیست‌کره به افزایش دی‌اکسیدکربن، جذب دی‌اکسیدکربن به‌وسیله اقیانوس، اثرات منطقه‌ای تغییر اقلیم.

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Danny Harvey, L. D., 2000: Climate and Global Environmental Change. Prentice Hall, 240 pp.*
2. *Brunet India, M., and D. Lopez Bonillo (eds.), 2001: Detecting and Modelling Regional Climate Change. Springer, 651 pp.*
3. *Peng, G., L. M. Leslie, and Y. Shao (eds.), 2002: Environmental Modelling and Prediction. Springer, 480 pp.*
4. *Houghton, J., 2004: Global Warming. Cambridge University Press, 3rd Ed., 383 pp.*
5. *Von Storch, H., and A. Navarra (eds.), 1999: Analysis of Climate Variability. Springer, 342 pp.*
6. *Mannion, A. M., 1997: Global Environmental Change. 2nd edition, Longman, 387 pp.*
7. *Houghton, J., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. Van der Linden, and D. Xiaosu (eds.), 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group 1 to Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 896 pp.*
8. *Saltzman, B., 2002: Dynamical Paleoclimatology: Generalized Theory of Global Climate Change. Academic Press, 354 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Burroughs, W. J., 2007: Climate Change A Multidisciplinary Approach. 2nd Ed., Cambridge University Press, 378 pp.*
2. *Farmer, G. T., and J. Cook, 2012: Climate Change Science: A Modern Synthesis. Springer.*
3. *Neelin, J. D., 2011: Climate Change and Climate Modeling. Cambridge University Press, 282 pp.*

عنوان درس به فارسی: مباحثی در اقیانوس‌شناسی فیزیکی

عنوان درس به انگلیسی: *(Topics in Physical Oceanography)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحثی که در دهه‌های گذشته از زمینه‌های اصلی پژوهش در اقیانوس‌شناسی فیزیکی است.

سرفصل درس:

فصل اول- اقیانوس چینه‌بندی شده

معادله حالت در اقیانوس، چگالی پتانسیلی، دمای پتانسیلی، ارتفاع دینامیکی، آمیختگی قائم و افقی در اقیانوس چینه‌بندی شده، گرادیان افقی چگالی به‌عنوان چشمه‌ای از انرژی جنبشی در اقیانوس، ترموکلاین و ترموهلاین

فصل دوم- نیروهای رانشی در اقیانوس

نیروهای گرانشی و چرخشی، نیروهای ترمودینامیکی و تابشی، تنش باد، نیروهای کشندی، نقش نیروهای رانشی در گردش کلی اقیانوس و گردش ترموهلاین، کف اقیانوس و دینامیک آن

فصل سوم- 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، نظریه همانندی برای رشد، انتشار و اتلاف امواج، پیش‌بینی امواج ناشی از باد؛ اندازه‌گیری امواج اقیانوسی

فصل چهارم- امواج گرانی درونی در اقیانوس

معادله‌های امواج درونی، انتشار امواج درونی خطی، ساختار مُدهای بهنجار و امواج درونی، تولید و اتلاف امواج درونی، برهمکنش امواج درونی، طیف امواج درونی

فصل پنجم- گردش‌های بزرگ‌مقیاس

معادله‌های حاکم برای گردش اقیانوسی، نظریه سوردراپ (*Sverdrup*)، جریان‌های لختی مرز غربی، مدل مانک، اثر چینه‌بندی چگالی، مدل گردش ترموهلاین (مدل شبه‌زمینگرد)، زیرجریان‌های لختی استوایی، گردش‌های مغاکی (*abyssal*)، گردش در حوضه‌های بسته (دریای خزر) و نیمه‌بسته (خلیج فارس)

فصل ششم- فرایندهای پخش دوگانه همرفتی

نظام‌های پخش دوگانه همرفتی و پارامتر پایداری، اهمیت پخش دوگانه همرفتی در تشکیل ساختار لایه‌ای اقیانوس و وارونگی دما، مشاهدات پخش دوگانه همرفتی و برخی نتایج آزمایشگاهی، پارامترسازیآمیختگی پخش دوگانه در مدل‌های اقیانوسی

فصل هفتم- مباحث انتخابی

صوتو نور در دریا، النینو- نوسان جنوبی (انسو)

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Marshall, J., and R. A. Plumb, 2008: Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics. Academic Press, 324 pp.*
2. *Vallis, G. K., 2006: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 745 pp.*
3. *Pedlosky, J., 2003: Waves in the Ocean and Atmosphere. Springer-Verlag, 267 pp.*
4. *Knauss, J. A., 1997: Introduction to Physical Oceanography. Prentice-Hall, 315 pp.*
5. *Apel, J. R., 1987: Principles of Ocean Physics. Academic Press, 631 pp.*
6. *Kantha, L. H., and C. A. Clayson, 2000: Small Scale Processes in Geophysical Fluid Flows. Academic Press, 884 pp.*
7. *Pedlosky, J., 1998: Ocean Circulation Theory. Springer-Verlag, 461 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Knauss, J. A., 1997: Introduction to Physical Oceanography. Prentice-Hall, Ch. 2, 7–12.*
2. *Apel, J. R., 1987: Principles of Ocean Physics. Academic Press, Ch. 2, 5–7, 9.*
3. *Vallis, G. K., 2006: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. Cambridge University Press, Ch. 2, 5, 14–16.*
4. *Pedlosky, J., 2003: Waves in the Ocean and Atmosphere. Springer–Verlag, Ch. 4, 8, 9, 13–15.*
5. *Marshall, J., and R. A. Plumb, 2008: Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics. Academic Press, Ch. 7, 9–11.*

عنوان درس به فارسی: همرفت جوّی

عنوان درس به انگلیسی: *(Atmospheric Convection)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با برخی از مباحث پژوهشی مطرح در زمینه همرفت جوّی

سرفصل درس:

فصل اول- همرفت ناشی از چشمه‌های موضعی

رهیافت همانندی و تعریف پَرشار پلوم و بستهٔ گرمایی، پَرشارهای تلاطمی حاصل از چشمه‌های دائمی نقطه‌ای و خطی، همرفت تلاطمی ناشی از چشمه نقطه‌ای لحظه‌ای، پَرشارهای آغازین تلاطمی، پَرشارهای برگه‌ای حاصل از چشمه دائمی نقطه‌ای، همرفت تلاطمی در شاره چینه‌بندی شده پایدار

فصل دوم- همرفت ریلی- بنارد و لایه‌های مرزی همرفتی

تحلیل پایداری خطی همرفت ریلی، همرفت در میان تیغه‌های موازی با مرزهای عایق‌بندی شده، افزودن اثرات چرخش، همرفت در میان تیغه‌های موازی در شارش‌های چینشی، همرفت در میان تیغه‌های موازی غیرخطی، لایه‌های مرزی همرفتی

فصل سوم- خواص موضعی همرفت نمناک

ویژگی‌های مشاهده شده ابرهای کومه‌ای ناپارا: ساختار جنبش‌شناختی، توزیع‌های آب ابر، دما و نسبت آمیختگی؛ پدیده‌های: درون‌آمیزی، برون‌آمیزی و آمیختگی در همرفت جوّی؛ استفاده از نمودارهای متغیر پایستار در بررسی درون‌آمیزی و آمیختگی؛ سازماندهی ابرهای کومه‌ای ناپارا

فصل چهارم- جنبه‌های مشاهداتی و دینامیک همرفت بارا

توفان‌های تندری و رگبارهای همرفتی رایج، توفان‌های همرفتی شدید، خطوط تندوزه، خوشه‌های ابر و ترکیب‌های همرفتی میان‌مقیاس، پاسخ شاره-های چینه‌بندی شده به چشمه‌های گرما، مقیاس‌های همرفتی عمیق، همرفت‌شبه تعادلی در برابر همرفت چکانشی (*triggered*)، اثرات دینامیکی بارش، دینامیک همرفت بارای سه‌بُعدی، دسته‌بندی همرفت بارا

فصل پنجم- همرفت نمناک در سطح جهانی و همرفت مورب

همرفت مرکزگریز، نظریهٔ همرفت مورب، شواهد مشاهداتی همرفت مورب، لایه‌های مرزی پوشن‌کومه‌ای و بسامان- کومه‌ای، نظام‌های همرفتی عمیق، برهمکنش همرفت با شارش‌های بزرگ‌مقیاس جوّی

فصل ششم- مدل‌سازی عددی و پارامترسازی ابرهای همرفتی

ملاحظات کلی؛ معادله‌های اساسی مناسب برای مدل‌های ابر؛ نمایش حرکت‌های زیرمقیاس شبکه‌ای و فرایندهای خُردفیزیک در مدل‌های عددی ابر؛ مفهوم پارامترسازی ابرهای کومه‌ای در مدل‌های عددی؛ انواع طرحواره‌های همرفتی: نمایش همرفت بر اساس بودجه‌های رطوبت، طرحواره‌های شار جرم، طرحواره‌های تنظیم و طرحواره‌های همرفت نفوذی بر اساس مدل‌های ابر؛ بررسی جزئی یکی از طرحواره‌های پارامترسازی ابر کومه‌ای، ارزیابی طرحواره‌های همرفتی

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Emanuel, K. A., 1994: Atmospheric Convection. Oxford University Press, 580 pp.*
2. *Smith, R. K., 1997: The Physics and Parameterization of Moist Convection. Kluwer Academic Press, 498 pp.*
2. *Bohren, C. F., and B. A. Albrecht, 1998: Atmospheric Thermodynamics. Oxford University Press, 402 pp.*
3. *Stensrud, D. J., 2007: Parameterization Schemes: Keys to Understanding Numerical Weather Prediction Models. Cambridge University Press, 459 pp.*
4. *Houze, Jr. R. A., 2014: Cloud Dynamics. 2nd edition, Academic Press, 432 pp.*
5. *Cotton, W. R., and R. A. Anthes, 1989: Storm and Cloud Dynamics. Academic Press, 883 pp.*
6. *Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd Ed., Butterworth-Heinemann, 290 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Emanuel, K. A., 1994: Atmospheric Convection. Oxford University Press, Ch. 1–3, 7, 9,*
2. *11–15.*
3. *Bohren, C. F., and B. A. Albrecht, 1998: Atmospheric Thermodynamics. Oxford University Press, Ch. 4–7.*
4. *Stensrud, D. J., 2007: Parameterization Schemes: Keys to Understanding Numerical Weather Prediction Models. Cambridge University Press, Ch. 4–6.*
5. *Houze, Jr. R. A., 2014: Cloud Dynamics. 2nd Ed., Academic Press, Ch. 1, 5–9.*

عنوان درس به فارسی: فیزیک جوّ بالا و ارتباط خورشید– زمین

عنوان درس به انگلیسی: *(Physics of the Upper Atmosphere and the Sun-Earth Connection)*

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

تعداد ساعت: ۴۸ ساعت

پیش‌نیاز: ندارد

همنیاز: ندارد

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

اهداف کلی درس: آشنایی با مبانی فیزیک جوّ بالا وارتباط خورشید- زمین شامل ساختار خورشید، فعالیت‌های خورشیدی، میدان مغناطیسی خورشید، لکه‌های خورشیدی، تاج، بادهای خورشیدی، ذرات پُرانرژی و تابش کیهانی، مغناطیس‌سپهر زمین، پلاسما و جریان‌های الکتریکی در مغناطیس‌سپهر، یون‌سپهر، ساختار یون‌سپهر، رسانایی یون‌سپهر، جریان‌های یون‌سپهر، تابش‌های قطبی،جفت‌شدگی‌ها و اثرات خورشید بر جوّ زمین

سرفصل درس:

فصل اول ـ خورشید و فعالیت‌های آن

خورشید، ساختار خورشید، جوّ خورشید، میدان مغناطیسی، لکه‌های خورشیدی، تاج (کرونا) خورشیدی و میدان مغناطیسی، بادهای خورشیدی، ساختار بادهای خورشیدی، فعالیت‌های خورشیدی، انتقال جرم، تابش‌های الکترومغناطیسی، امواج شوک

فصل دوم ـ مغناطیس‌سپهر زمین

میدان‌های الکترومغناطیسی، حرکت ذره در میدان‌های الکترومغناطیسی، انحراف ذرات در میدان‌های الکترومغناطیسی، میدان مغناطیسی ناهمگن، ناورداهای بی‌دررو، گشتاور مغناطیسی، بطری وآینه‌های مغناطیسی، ذرات باردار به‌دام افتاده، حرکت جهشی، حرکت راندگی، چشمه ها و چاهک‌ها، میدان‌های الکتریکی، جریان‌های حلقوی

فصل سوم ـ یون سپهرزمین

برخوردها، رسانایی پلاسما، تابش فرابنفش، شکل‌گیری یون‌سپهر، ساختار و دینامیک یون‌سپهر، الکترودینامیک یون‌سپهر، رسانایی یون‌سپهر، یون-سپهر در عرض‌های میانی و پایینی، یون‌سپهر در عرض‌های بالا، جریان‌های یون‌سپهر، مشاهدات و پایش

فصلچهارم ـ رابطهزمین–خورشید

تابش‌های کیهانی،برهم‌کنش بین تابش کیهانی و جوّ، ذرات پرانرژی درمغناطیس‌سپهر، ذرات پرانرژی و جوّ، تابش‌های قطبی، اثر فعالیت‌های خورشیدی بر اقلیم، تاثیر دوره ۱۱ ساله لکه‌های خورشیدی بر پوشن‌سپهر ، تاثیر فعالیت‌های خورشیدی بر وردسپهر

روش ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. *Mullan, D. J., 2009: Physics of the Sun: A First Course. Chapman and Hall, 390 pp.*
2. *Benestad, R. E., 2006: Solar Activity and Earth's Climate. Springer, 340 pp.*
3. *Kallenrode, M. B., 2004, Space Physics. Springer, 482 pp.*
4. *Russel, C., and M. G. Kivelson, 1996: Introduction to Space Physics. Cambridge University Press, 563 PP.*
5. *Baumjohn, W., and R. Treumann, 1999: Basic Space Plasma Physics. Imperial College Press, 330 pp.*
6. *Gurntt, D. A., and A. Bhattacharjee, 2005: Introduction to Plasma Physics with Space and Laboratory Applications. Cambridge University Press, 452 pp.*
7. *Bittewcourt, J. A., 2005: Fundamentals of Plasma Physics. Springer, 678 pp.*
8. *Prölss, G. W., 2004, Physics of the Earth's Space Environment. Springer, 519 pp.*

فهرست مطالعات:

1. *Mullan, D. J., 2009: Physics of the Sun: A First Course. Chapman and Hall, Ch. 1–6.*
2. *Benestad, R. E., 2006: Solar Activity and Earth's Climate. Springer, Ch. 1–3.*
3. *Kallenrode, M. B., 2004, Space Physics. Springer, Ch. 6–10.*
4. *Russel, C., and M. G. Kivelson, 1996: Introduction to Space Physics. Cambridge University Press, Ch. 3–14.*