دانشگاه تهران

مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس

دوره: کارشناسی ارشد

رشته : هواشناسی

موسسه ژئوفیزیک

مصوبه جلسه مورخ۱۴۰۲/۲/۱۰ 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 موسسه ژئوفیزیک بازنگری و در چهار صد و شصتمین جلسه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه مورخ ۱۴۰۲/۲/۱۰ به تصویب رسیده است.

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

رشته: هواشناسی

دوره : کارشناسی ارشد

برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته هواشناسی که توسط اعضای هیات علمی موسسه ژئوفیزیک بازنگری شده است با اکثریت آراء به تصویب رسید.

- این برنامه از تاریخ تصویب لازم الاجرا است.
- برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته هواشناسی از تاریخ ۱۴۰۲/۲/۱۰ جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته هواشناسی مصوب جلسه مورخ ۱۳۹۶/۴/۲۵ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه می‌شود.
- هر نوع تغییر در برنامه مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه برسد.

محمود کمره ای
معاون آموزشی دانشگاه

محمد رضا اسمعیلی گیوی
دبیرشورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه

رای صادره جلسه مورخ ۱۴۰۲/۲/۱۰ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه در مورد بازنگری برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته هواشناسی صحیح است، به واحد ذیربط ابلاغ شود.

سید محمد مقیمی
رئیس دانشگاه تهران

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

دانشگاه تهران

برنامه درسی رشته

هواشناسی

METEOROLOGY

کارشناسی ارشد

تهیه‌کنندگان:

دکتر علیرضا محب‌الحجه	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر عباسعلی علی‌اکبری بیدختی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر فرهنگ احمدی گیوی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر مجید مزرعه فراهانی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر فریده حبیبی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر فرحناز تقوی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر سرمد قادر	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر محمد میرزائی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر امید علیزاده چوبری	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر مریم قرایلو	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر سیده‌سمانه ثابت‌قدم	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر محمدجواد کلایی	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر علیرضا محمودیان	عضو هیات علمی دانشگاه تهران

جدول تغییرات

ردیف	در برنامه قبلی	در برنامه بازنگری شده
۱.	فرمت دانشگاه	قالب وزارت عتف
۲.	درس فیزیک ابر و تابش	تغییر نام به خردفیزیک ابر و فرایندهای تابش
۳.	۲۱ واحد درس تخصصی در کارشناسی ارشد	۱۲ واحد درس تخصصی در کارشناسی ارشد
۴.	۳ واحد درس اختیاری در کارشناسی ارشد	۱۵ واحد درس اختیاری در کارشناسی ارشد
۵.	الزامی بودن ۲ واحد سمینار در کارشناسی ارشد	اختیاری بودن ۲ واحد سمینار در کارشناسی ارشد
۶.	۶ واحد پایان‌نامه	۵ واحد پایان‌نامه
۷.		
۸.		
۹.		
۱۰.		
۱۱.		

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

مشخصات کلی برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته هواشناسی

M.Sc. Program in Meteorology

مقدمه

تاریخچهٔ علم هواشناسی با مشاهدات و اندازه‌گیری‌های جوّی در قرن نوزدهم آغاز شده و پس از آن از جنبهٔ نظری و عملی تحول بسیار وسیعی یافته است. بسیاری از شاخه های علوم پایه و مهندسی از قبیل فیزیک، شیمی، ریاضی و رایانه، مهندسی الکترونیک و غیره نقش عمده در این پیشرفت داشته و اساس علم چندرشته‌ای و بین‌رشته‌ای هواشناسی را تشکیل می‌دهند. در حال حاضر ماهیت بین‌رشته‌ای علوم جوّی ایجاب می‌کند که دانشجویان بتوانند در زمینه‌های مختلف، دانش لازم را کسب کنند.

هواشناسی شاخه ای از علوم پایه است که نه تنها به دلیل کاربردهای فراوانی که دارد سودمند است، بلکه حقایق بسیاری از جوّ زمین و فضای پیرامون آن را روشن می‌سازد. کمتر زمینه‌ای از فعالیت‌های بشری را می‌توان یافت که متاثر از جوّ زمین نباشد. شناخت کامل پدیده‌های جوّی که از طریق دانش هواشناسی میسر خواهد شد حکایت بر تاثیر مستقیم وضع هوا بر اقلیم، محیط زیست و همهٔ فعالیت‌های عمرانی، توسعه‌ای کشاورزی، صنعتی، آب، حمل‌ونقل، امور دفاعی و غیره دارد. همچنین برای نیل به اهداف زیر، توجه به اجرا و گسترش تحصیلات تکمیلی هواشناسی در مقطع کارشناسی ارشد ضرورت دارد.

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

در حال حاضر آموزش‌های پایین‌تر از سطح کارشناسی هواشناسی در مرکز آموزش عالی هواشناسی سازمان هواشناسی کشور انجام می‌گیرد. دوره کارشناسی هواشناسی به‌صورت مستقل وجود ندارد لیکن در چارچوب برنامه مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی امکان ارائه آن به‌صورت یکی از گرایش‌های فیزیک در گروه‌ها و دانشکده‌های فیزیک وجود دارد.

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

طول دوره و شکل نظام

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

تعریف رشته

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

هدف رشته

دوره کارشناسی ارشد هواشناسی برنامه آموزشی-پژوهشی است که از دروس نظری، کاربردی، آزمایشگاهی و پژوهشی در زمینه‌های مختلف هواشناسی تشکیل شده است. هدف برنامه کارشناسی ارشد هواشناسی رشد علمی و فراهم‌آوردن امکان کاربرد آن در زمینه‌های مختلف است. بر اساس این برنامه دانش‌آموختگان این رشته قادر خواهند بود مهارت‌های علمی و عملی لازم را به‌گونه‌ای کسب نمایند که علاوه بر آمادگی برای تحصیلات عالی فراتر به‌خوبی بتوانند با استفاده از تجارب و مطالعات موجود در این زمینه برای حل مسائل مختلف فیزیک جوّ و هواشناسی به پژوهش‌های نظری و کاربردی در زمینه های مختلف علوم هواشناسی بپردازند. از جمله کاربردهای مهم هواشناسی می توان به پیش بینی وضع هوا و اقلیم، هواشناسی آب‌شناسی، هواشناسی دریایی، هواشناسی کشاورزی، هواشناسی آلودگی هوا و محیط زیست اشاره کرد.

ضرورت و اهمیت

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، کمک به حرکت در راستای توسعه هرچه بیشتر اقتصادی کشور و ایفای نقش حیاتی در توسعه پایدار با توجه به مسائل ناشی از تغییر اقلیم برداشت. در این راستا ارائه باکیفیت دوره کارشناسی ارشد هواشناسی حائز اهمیت بسیار است.

تعداد و نوع واحدهای درسی

مشخصات واحدهای درسی دوره کارشناسی ارشد هواشناسی بشرح زیر است:

۱- تعداد کل واحدها برای فراغت از تحصیل با احتساب پایان‌نامه، ۳۲ واحد است.

۲- دروس کمبود از دروس مقطع کارشناسی رشته فیزیک شامل ۱۸ واحد و به شرح جدول شماره ۱ است. درصورت نیاز، دانشجو ملزم به گذراندن حداکثر ۱۲ واحد خواهد بود.

۳- دروس تخصصی ۱۲ واحد و به شرح جدول شماره ۲ است.

۴- درس اختیاری شامل پنج درس سه‌واحدی است. دانشجویان این رشته می‌توانند درس اختیاری خود را از جدول شماره ۳ با موافقت کمیته تحصیلات تکمیلی گروه اجراکننده برنامه انتخاب نمایند.

۵- گذراندن پنج واحد پایان‌نامه الزامی است.

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس تخصصی کارشناسی ارشد	۱۲
دروس اختیاری کارشناسی ارشد	۱۵
پایان‌نامه کارشناسی ارشد	۵
جمع کارشناسی ارشد	**۳۲**

مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

دانش‌آموختگان دوره کارشناسی ارشد هواشناسی می‌توانند در مؤسسات آموزش عالی، موسسات پژوهشی یا دستگاه‌های اجرایی مرتبط با راه‌وترابری، نیرو، کشاورزی، نفت، دفاع، محیط زیست، شهرداری‌ها و شرکت‌های خدماتی مهندسین مشاور فعالیت نموده و قادر به انجام امور زیر می باشند:

- همکاری در تدریس دروس هواشناسی پس از کسب تجربهٔ لازم
- ادامهٔ تحصیل در سطوح بالاتر
- همکاری در اجرای پژوهش‌های هواشناسی و تهیه و تدوین و ارائه مقالات علمی
- فعالیت در مراکز پیش‌بینی عملیاتی کشور
- آشنایی با مدل‌های مختلف پیش‌بینی عددی وضع هوا و توان فعالیت در تهیه آنها
- تحلیل و تفسیر داده‌ها و نقشه‌های هواشناسی و محصولات ماهواره‌ها و رادارهای هواشناسی
- سرپرستی، نظارت و مشارکت در برنامه‌ریزی گروه‌های پژوهشی و عملیاتی هواشناسی و اقلیمی

- استفاده از داده‌های هواشناسی در امور هوانوردی و طرح‌های عمرانی و زیربنایی

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
اجرای مدل‌های مختلف پیش‌بینی عددی وضع هوا و گردش کلی جوّ	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس I، مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس II
توان فعالیت در ساخت و توسعه مدل‌های عددی مرتبط	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس I، مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس II
پیش‌بینی وضع هوا و اقلیم	هواشناسی همدیدی، اقلیم‌شناسی
فعالیت در زمینه پیش‌بینی آلودگی هوا در مقیاس‌های مختلف	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس I، مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس II
تحلیل و تفسیر داده‌ها و نقشه‌های هواشناسی	هواشناسی همدیدی، روش‌های آماری در هواشناسی، فیلترهای دیجیتال و کاربردهای آن در هواشناسی، داده‌کاوی در هواشناسی، سری‌های زمانی و تحلیل طیفی
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
انجام پژوهش‌های هواشناسی و تهیه و تدوین و ارائه مقالات علمی	کلیه دروس، پایان‌نامه، رساله
همکاری با دستگاه‌های اجرایی در وظایف مرتبط	کلیه دروس

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

مطابق با ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

تبصره: دانشجوّیان ورودی کارشناسی ارشد که رشته مقطع قبلی آنان غیرمرتبط با هواشناسی باشد بایستی تا ۱۲ واحد را به عنوان دروس جبرانی از میان دروس کارشناسی رشته فیزیک را در نیمسال اول تا دوم بگذرانند. انتخاب این دروس به تشخیص گروه آموزشی دانشگاه/ موسسه می‌باشد. تعداد واحدهای جبرانی نیز به تشخیص گروه آموزشی دانشگاه/ موسسه و بر مبنای میزان ارتباط رشته با رشته دوره قبلی دانشجوّ می‌باشد.

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۱)- دروس جبرانی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	معادلات دیفرانسیل	۳	■			۴۸			
۲.	مکانیک تحلیلی ۱	۳	■			۴۸			
۳.	ترمودینامیک	۳	■			۴۸			
۴.	الکترومغناطیس	۳	■			۴۸			
۵.	ریاضی فیزیک ۱	۳	■			۴۸			
۶.	مبانی هواشناسی عمومی	۳	■			۴۸			
۷.	جمع کل	۱۸				۲۸۸			

نکته: ساعت آموزش برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت، عملی ۳۲ ساعت، کارگاهی ۴۸ ساعت و کار آموزشی (کارورزی) ۶۴ ساعت است. دانشجویان دوره کارشناسی ارشد با نظر شورای تحصیلات تکمیلی گروه ملزم به گذراندن حداکثر ۱۲ واحد دروس جبرانی هستند.

جدول (۲)- دروس تخصصی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	۳	■			۴۸			
۲.	فیزیک جوّ	۳	■			۴۸			
۳.	هواشناسی همدیدی	۳			■	۳۲	۳۲	فیزیک جوّ	
۴.	مدلسازی عددی جوّ و اقیانوس I	۳			■	۳۲	۳۲		

جدول (۳)- دروس اختیاری

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	دینامیک جوّ	۳	■			۴۸		دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	
۲.	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس II	۳			■	۳۲	۳۲	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس I	دینامیک جوّ
۳.	اقلیم‌شناسی	۳	■			۴۸			فیزیک جوّ
۴.	سنجش از دور در هواشناسی	۳	■			۴۸		فیزیک جوّ	
۵.	سری‌های زمانی و تحلیل طیفی	۳	■			۴۸			
۶.	اقیانوس‌شناسی فیزیکی	۳	■			۴۸		دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	
۷.	هواشناسی حاره‌ای	۳	■			۴۸		هواشناسی همدیدی	دینامیک جوّ
۸.	هواشناسی خردمقیاس	۳	■			۴۸		دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی	دینامیک جوّ
۹.	خُردفیزیک ابر و فرایندهای تابش	۳	■			۴۸		فیزیک جوّ	
۱۰.	مدل‌سازی اقلیم	۳			■	۳۲	۳۲		اقلیم‌شناسی
۱۱.	مبانی فیزیک فضا	۳	■			۴۸			
۱۲.	الکتریسیته جوّ	۳	■			۴۸		فیزیک جوّ	
۱۳.	داده‌کاوی در هواشناسی	۳			■	۳۲	۳۲		
۱۴.	امواج در جوّ و اقیانوس	۳	■			۴۸			

دانشگاه تهران
شورای برنامه‌ریزی گسترش و تحقیقات آموزشی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱۵.	نورشناخت جوّ	۳			■	۳۲	۳۲	فیزیک جوّ	اقلیم‌شناسی
۱۶.	روش‌های آماری در هواشناسی	۳	■			۴۸		اقلیم‌شناسی	
۱۷.	فیلترهای دیجیتال و کاربردهای آن در هواشناسی	۳	■			۴۸			
۱۸.	سمینار	۲	■			۳۲			

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

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

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

هدف کلّی:

آشنایی کلّی با برخی خواص شاره‌های ژئوفیزیکی، مفاهیم پایه دینامیک شاره‌ها و معادلات حاکم بر آنها، شکل‌های گوناگون معادلات در مختصات مختلف هندسی و فیزیکی

اهداف ویژه:

آشنایی با دینامیک شاره‌های ژئوفیزیکی و معادلات حاکم بر آنها با تاکید بر جوّ، شکل گوناگون معادلات حاکم بر حرکت در مختصات مختلف دکارتی، کروی، فشار همراه با تحلیل مقیاس جملات موجوّد در آنها، تقریب‌های گوناگون در بررسی جریان‌های جوّی، مفاهیم و معادلات تاوایی و تاوایی پتانسیلی، جریان تلاطمی در لایه مرزی جوّ و معادلات مربوطه

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: معرفی و اهمیت دینامیک شاره‌ها، برخی خواص شاره‌های ژئوفیزیکی، فرض پیوستار در شاره‌ها، تحلیل مقیاس، نیروهای سطحی، جسمی و ظاهری در شاره‌ها، اثرات چرخش و چینه‌بندی چگالی، ساختار قائم جوّ
۲. قوانین پایستاری پایه: تحلیل حرکت شاره‌ها (روش اویلری و روش لاگرانژی) ، مشتق تام، معادلات تکانه، پیوستگی، تحلیل مقیاس معادلات حاکم بر حرکت، تقریب هیدروستاتیک، معادلات تکانه در دستگاه مختصات چرخان و کروی، معادله انرژی ترمودینامیکی، ترمودینامیک جوّ خشک
۳. کاربردهای معادلات پایه: معادلات در مختصات فشار و طبیعی، شارش متوازن، فرض زمینگرد، خط مسیر و خط جریان، باد گرمایی، جوّ فشارورد و جوّ کژفشار، حرکات قائم در جوّ
۴. دینامیک تاوایی: مفهوم گردش و تاوایی، معادله گردش در شاره چرخان، نقش اثرات کژ فشاری، نقش وشکسانی در ایجاد گردش، قضیه کلوین، معادله تاوایی، تفسیر جمله‌های موجوّد در تاوایی، مفهوم تاوایی پتانسیلی و معادله تاوایی پتانسیلی راسبی (ارتل)
۵. لایه مرزی سیاره‌ای: تلاطم (دو و سه بعدی)، انرژی جنبشی تلاطمی، معادلات تکانه در لایه مرزی، معادلات میانگین‌گیری شده حرکت تلاطمی، لایه اکمن، لایه سطحی، جریان ثانوی و فرایند چرخ‌کاهی (Spin-down)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Holton, J. R., 2004: An introduction to Dynamic Meteorology. Accademic press, 535pp.
2. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press, 532 pp.
3. Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. Springer, 631pp.
4. Gill, A. E., 1982: Atmospheric–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
5. Salmon, R., 1998: Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. Oxford University press, 378 pp.
6. Cushman-Roisin, B. and J. Beckers, 2010: Introduction to Geophysical Fluid Dynamics. Academic press, 771 pp.
7. Kundu, P. K., and I. M. Cohen, 2002: Fluid Mechanics. Academic press, 730 pp.
8. McWilliams, J. C., 2006: Fundamentals of Geophysical Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 266 pp.
9. Vallis, G. K., 2017: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics — Fundamentals and Large-scale Circulation. 2nd Ed., Cambridge University Press, 946 pp.

عنوان درس به فارسی:	فیزیک جوّ		
عنوان درس به انگلیسی:	Atmospheric Physics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با ساختار و ترکیب جوّ زمین و انتقال تابش در جوّ با تاکید بر فرآیندهای ترمودینامیکی، هواویزها، ابر و بارش

اهداف ویژه:

توانایی درک، تحلیل و محاسبه کمّی فرایندهای ترمودینامیکی، تابشی و نیز فرایندهای منجر به تشکیل ابر و تحول آن در جوّ

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: سامانه فیزیکی جوّ، جوّ استاندارد، مدل‌های جوّی، یک مدل تابشی ساده، مدل ساده‌ای برای اثر گلخانه‌ای، گرمایش زمین، برخی مشاهدات جوّی شامل میدان‌های دما و باد؛ امواج گرانی، راسبی؛ ازون

۲. ترمودینامیک جوّ خشک: قانون گاز ایده‌آل، ترکیب جوّ، توازن آب‌ایستایی (هیدرواستاتیک)، آنتروپی و دمای بالقوه (پتانسیلی)، مفهوم بسته و پایداری ایستایی، انرژی پتانسیل دسترس‌پذیر و شکل همرفتی آن (CAPE)، انرژی بازدارنده همرفت (CINE)، نقش CAPE و CINE در توسعه توفان تندری

۳. ترمودینامیک جوّ نمناک: توصیف هوای نمناک،تغییرات سه‌گانه فاز، فشار بخار اشباع، میعان و آزاد شدن گرمای نهان، آهنگ کاهش دمای بی‌دررو اشباع، اثر رطوبت بر پایداری ایستایی، اثر صعود لایه بر پایداری ایستایی، نمودار skew-T، محاسبه آب بارش‌شو

۴. ابر و بارش: هواویزهای جوّی، رشد قطرک از طریق میعان، هسته‌زایی همگن، فرمول کلوین، هسته‌زایی ناهمگن، منحنی کوهلر، رشد قطرک از طریق برخورد، رشد ذرات یخ، فرآیند برجران

۵. تابش جوّی: مفاهیم فیزیکی پایه، تابع پلانک، ترازمندی تابشی محلی، معادله انتقال تابش، طیف‌نگاری پایه، تراگسیلایی، جذب حاصل از اجزاء جوّ، آهنگ گرمایش، اثر گلخانه‌ای، مدل ساده‌ای برای پراکندگی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Andrews, D. G., 2010: An Introduction to Atmospheric Physics. 2nd edition, Cambridge University Press, 237 pp.
2. Salby, M. L., 1996: Fundamentals of Atmospheric Physics. Academic Press, 627 pp.
3. Salby, M. L., 2012: Physics of the Atmosphere and Climate. Cambridge University Press, 666 pp.
4. Houghton, J., 2002: The Physics of Atmospheres. CambridgeUniversity Press, 320 pp.
5. Liou, K. N., 1980: An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press, 392 pp.
6. Fleagle, R. G., and J. A. Businger, 1980: An Introduction to Atmospheric Physics. Academic Press, 432 pp.
7. Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd edition, Butter worth-Heinemann, 290 pp.
8. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. 5th edition, Elsevier, 532 pp.

عنوان درس به فارسی:	هواشناسی همدیدی		
عنوان درس به انگلیسی:	Synoptic Meteorology	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک جوّ	پایه ☐	نظری☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☐	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۶۴	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با تحلیل نقشه‌های همدیدی برمبنای اصول فیزیکی-دینامیکی و روش‌های پیش‌بینی وضع هوا بر اساس مدل‌های جهانی

اهداف ویژه:

آ شنایی با سیماهای همدیدی جبهه‌های سطح زمین -چرخند کلا سیک عرض‌های میانی- رابطه بین چرخندزایی و جبهه‌زایی، دینامیک جبهه‌زایی در ترازهای میانی و فوقانی، و دینامیک جریان‌های جتی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تعریف هواشناسی همدیدی، مقیاس‌های حرکت (با ذکر مثال‌هایی از پدیده‌های جوّی) روش‌های تصویربرداری و دستگاه‌های مختصات، انواع نقشه‌های وضع هوا، کُدهای هوا شنا سی (سینوپ، متار و تافور)، ایستگاه‌های هوا شنا سی و مشاهدات جوّی (سطح زمین، سطوح فوقانی، ماهواره ای و رادار)، طبقه‌بندی ابرها از جنبه های گوناگون (فیزیکی، ظاهری و ارتفاع)، روش های تحلیل همدیدی و پیش‌بینی با اســتفاده از داده‌های مختلف

۲. تشکیل سامانه‌های فشاری سطح زمین و عوامل موثر در آن، اثرات فرارفت دیفرانسیلی تاوایی، اثرات فرارفت دما، اثرات اصطکاک سطحی، اثرات گرمایش بادررو، اثرات کوهستان، اثرات پایستگی ایستایی، اثرات ترکیبی عوامل فوق و حرکت سامانه‌های فشاری سطح زمین

۳. چرخندها و واچرخندهای عرض‌های میانی، مناطق چرخندزا و واچرخندزا، ساختار قائم و تقویت چرخندها و واچرخندها، سامانه‌های کم‌فشار بدون جبهه (گرمایی و کوهستانی)، بندال، سامانه‌های بریده پرفشار و بریده کم فشار، چرخندهای ثانویه و خانواده چرخند

۴. چرخند کلاسیک عرض‌های میانی، مناطق چرخندی، تحول موج در اثنای چرخندزایی، حرکت چرخند، چرخه عمر چرخند، چرخند بالغ، ابر در یک چرخند کلاسیک عرض‌های میانی، تغییرات در وردایست، چرخند زایی انفجاری و کم‌فشارهای قطبی

۵. جبهه‌های جوّی -سیماهای همدیدی جبهه‌های سطح زمین، جبهه به عنوان ناپیوستگی در پارامترهای هواشناسی، جبهه‌زایی و نظریه شبه‌زمینگرد، رابطه بین چرخندزایی و جبهه‌زایی، دینامیک جبهه‌زایی در سطوح میانی و فوقانی، جبهه‌زایی دوبعدی و سه‌بعدی، سیماهای مشاهداتی و دینامیک جریان‌های جتی

۶. سامانه‌های بارش در عرض‌های میانی، انواع بارش، طبقه‌بندی سامانه‌های بارشی، سامانه‌های همرفتی، سامانه‌های غیرهمرفتی

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

کدهای سطح زمین و جو بالا و ترسیم آنها، رسم پربندهای کمیت‌های جوّی سطح زمین و سطوح بالا، روش‌های تحلیلی و عددی تعیین میدان‌های تاوایی و واگرایی.تعیین محل جبهه‌ها و جهت حرکت سامانه‌های جوّی به‌طور عملیاتی، پیش‌بینی جوّی وضع هوا بر اساس نقشه‌های سطح زمین و سطوح بالا و تعیین الگوهای کژفشاری و فشاروردی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، تمرین و آنالیز نقشه در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: کارگاه - میز نقشه – نقشه‌های آموزشی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Ahrens, C. D., 2013: Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and Environment, 10th ed., Boston, MA, USA: Cengage Learning, 640 pp.
2. Bluestein H. B., 1993: Synoptic–Dynamic Meteorology in Mid-Latitudes. Vol. II, Observations and Theory of Weather systems. 594 pp, Vol. I, Principles of Kinematics and Dynamics. Oxford University Press, 431 pp.
3. Carlson, T. N., 1994: Mid-Latitude Weather Systems. Routledge London, 507 pp.
4. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. 5th edition, Elsevier, 532 pp, Chapter 9.
5. Lynch, A, H., and J. J. Cassano, 2006: Applied Atmospheric Dynamics. John Wiley & Sons, 280 pp.
6. Lackmann, G., 2011: Mid-Latitude synoptic meteorology: dynamics, analysis, and forecasting, American Meteorological Society, 345 pp.
7. Williams, G. J., 2016: Fundamentals of Synoptic Meteorology, 2nd edition, College of Charleston, 226 pp.

عنوان درس به فارسی:	مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Numerical Modelling of the Atmosphere and Oceans I		
دروس پیش‌نیاز:			نوع درس و واحد: پایه ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ☐ نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۶۴		رساله / پایان‌نامه ☐

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با مبانی برنامه‌نویسی فرترن و روش‌های عددی

اهداف ویژه:

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

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. برنامه‌نویسی فرترن و مبانی محاسبات عددی: ثابت‌ها و متغیرها، چهار عمل اصلی، آرایه‌ها، حلقه تکرار، دستورهای کنترلی و شرط‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌ها، تابع و زیرروال؛ حساب عددی و خطاهای محاسباتی، نمایش اعداد، ثابت‌های ماشین، خطا در محاسبات علمی

۲. دستگاه معادلات خطی: دستگاه‌های خطی برای ماتریس‌های ذخیره شده، الگوریتم‌های ستونی، اعداد شرط، نُرم‌ها و تحلیل خطا

۳. درونیابی: درونیابی چندجمله‌ای، توابع پایهٔ لاگرانژ، دقت درونیابی چندجمله‌ای، محاسبهٔ چندجمله‌ای‌ها، درونیابی خطی قطعه‌ای، درونیابی مکعبی قطعه‌ای، درونیابی مکعبی هرمیت، اسپلاین‌های مکعبی

۴. کاربرد روش‌های درونیابی در مدل‌سازی عددی جوّ و اقیانوس: تحلیل عینی، توضیح مسئله، یافتن داده‌های شبکه‌ای محاسباتی بر اساس داده‌های نامنظم فضایی مشاهداتی (تحلیل عینی) با روش‌های تصحیح پیاپی، روش کرسمن و روش بارنز

۵. انتگرال‌گیری عددی: قواعد و فرم‌های انتگرال‌گیری در یک بعد، فرمول‌های مقدماتی شامل نقطهٔ میانی، ذوزنقه‌ای، سیمپسون و گوس، تغییر بازه، قواعد انتگرال‌گیری مرکب و برآورد خطا، انتگرال‌های دوگانه، روش‌های مونت‌کارلو

۶. حل معادلات غیرخطی: روش‌های محاسبهٔ ریشه‌های حقیقی، روش نیمسازی (bisection)، روش نیوتن، روش خط قاطع (secant)، دستگاه معادلات غیرخطی

۷. حل عددی معادلات دیفرانسیل پاره‌ای: معادلات بیضوی، معرفی روش تفاضل متناهی و روابط آن، حل معادلات پواسون و هلمهولتز، روش‌های تکرار شامل جاکوبی و فراواهلش پیاپی (successive over-relaxation)، فن چندشبکه‌ای

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
- تمرین
- امتک (quiz)

- آزمون میان نیم‌سال
- آزمون پایان نیم‌سال

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Kahaner, D., C. Moler, and S. Nash, 1989: Numerical Methods and Software. Prentice Hall, 495 pp.
2. Hoffman J. D., 2001: Numerical Methods for Engineers and Scientists. Marcel Dekker, Inc., 2nd Ed., 823 pp.
3. Hildebrand, F. B., 1974: Introduction to Numerical Analysis. 2nd Ed., Dover Publications, Inc., 669 pp.
4. Strikwerda, J. C., 2004: Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations. 2nd Ed., SIAM, 435 pp.
5. Iserles, A., 1996: A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations. Cambridge University Press, 378 pp.
6. Moin, P., 2010: Fundamentals of Engineering Numerical Analysis. 2nd Ed., Cambridge University Press, 241 pp.
7. Suli, E., and D. F. Mayers, 2003: An Introduction to Numerical Analysis. Cambridge University Press, 433 pp.
8. Krishnamurti, T. N., and L. Bounoua, 1996: An Introduction to Numerical Weather Prediction Techniques. CRC Press, 293 pp.
9. Scott, L. R., 2011: Numerical Analysis. Princeton University Press, 325 pp.
10. Nyhoff L. R., and S. C. Leestma, 1997: FORTRAN 90 for Engineers and Scientists. Prentice Hall, 952 pp.
11. Chivers I. D., and J. Sleightholme, 2018: Introduction to Programming with FORTRAN, 4th Ed., Springer, 988pp.
12. Worland, P. B., 1989: Modern FORTRAN 77. Harcourt Brace Jovanoich Inc., 410 pp.

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

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

.....

هدف کلی:

آشنایی کلّی با حرکت‌ها و گردش‌های جوّی بزرگ‌مقیاس و امواج در عرض‌های میانی و سازوکار چرخندزایی (ناپایداری کژفشار) و برخی پدیده‌های پوشن‌سپهر

اهداف ویژه:

آشنایی با ساختار گردش‌های برون‌حاره‌ای، نظریه شبه‌زمینگرد و شکل شبه‌زمینگرد معادلات ترمودینامیکی و دینامیکی، نوسانات و امواج گوناگون جوّی در مقیاس‌های مختلف، ناپایداری کژفشار مدل دولایه‌ای و مدل‌های ایدی و چارنی، ناپایداری فشارورد، ساختار و گردش جوّ میانی، گرمایش ناگهانی پوشن‌سپهری، امواج در پوشن‌سپهر استوایی، نوسان شبه‌دوسالانه

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. حرکت‌های مقیاس‌همدیدی: ساختار مشاهداتی گردش‌های برون‌حاره‌ای، نظریه شبه‌زمینگرد، معادلات شبه‌زمینگرد تکانه، تاوایی، گرایش ارتفاع ژئوپتانسیلی، تاوایی پتانسیلی و سرعت قائم؛ مدل ایده‌آلی یک آشفتگی کژ فشار

۲. نوسانات و امواج جوّی: روش پریشیدگی، انواع موج ساده (امواج صوتی و گرانی آب کم‌عمق)، امواج گرانی درونی، امواج لختی خالص، امواج گرانی- لختی، تنظیم به توازن زمینگرد، امواج کوهستان، امواج راسبی، امواج راسبی فشارورد آزاد، امواج راسبی واداشته زمینگان

۳. ناپایداری‌های دینامیکی: ناپایداری هیدرودینامیکی، ناپایداری کژفشار در مدل دولایه‌ای فیلیپس، معادلات انرژی در مدل دولایه‌ای، ناپایداری کژفشار در جوّ با چینه‌بندی پیوسته، قضیه ریلی در ناپایداری کژفشار، مدل ایدی و مدل چارنی، ناپایداری فشارورد

۴. دینامیک جوّ میانی: ساختار و گردش جوّ میانی، گردش میانگین مداری جوّ میانی، انتشار قائم امواج سیاره‌ای، گرمایش‌های ناگهانی پوشن‌سپهری، امواج در پوش‌سپهر استوایی، نوسان شبه‌دوسالانه، انتقال ردیاب‌های جوّی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Holton, J. R., 2004: An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press, 535 pp.
2. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press, 532 pp.
3. Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics. Springer Verlag, New York, 624 pp.
4. Gill, A., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
5. Andrews, D. G., J. R. Holton, and C. B. Leovy, 1987: Middle Atmosphere Dynamics. Academic Press, 489 pp.
6. Hoskins, B. J., and I. N. James, 2014: Fluid Dynamics of the MidLatitude Atmosphere. John Willey & Sons, Ltd, 408 pp.
7. Vallis, G. K., 2017: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics — Fundamentals and Large-scale Circulation. 2nd Ed., Cambridge University Press, 946 pp.
8. Zdunkowski, W., and A. Bott, 2003: Dynamics of the Atmosphere. Cambridge University Press, 742 pp.

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

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با مبانی و مباحث پایه‌ای مرتبط با روش‌های حل عددی معادلات حاکم بر جوّ و اقیانوس

اهداف ویژه:

آشنایی با مبانی روش‌های عددی مورد استفاده برای حل عددی معادلات حاکم بر جوّ و اقیانوس شامل آشنایی با روش‌های تفاضل متناهی و مباحث پایه‌ای مرتبط با روش‌های عددی حل معادلات حاکم بر جوّ و اقیانوس

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

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

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

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

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

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

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

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

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

۶. مدل‌های بسیط: مدل بسیط فشارورد (معادلات آب کم‌عمق)، مدهای بهنجار، مسئله آغازگری، مسئله تنظیم راسبی، آغازگری مدل بسیط فشارورد در فضای تابعی فیزیکی و در فضای مدهای بهنجار، مدل‌های بسیط کژفشار (سه بعدی)، تجزیه به مدهای قائم، مدهای بهنجار و آغازگری برای مسئله سه‌بعدی، تفاضل‌گیری افقی، شبکه‌های آراکاوا، تفاضل‌گیری قائم، شبکه‌های لورنتس (Lorenz) و چارنی- فیلیپس (Charney–Phillips)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Durran, D. R., 2010: Numerical Methods for Fluid Dynamics with Applications to Geophysics. Second Ed., Springer-Verlag New York, Inc., 516 pp.
2. Durran, D. R., 1999: Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics. Springer-Verlag New York, Inc., 465 pp.
3. Strikwerda, J. C., 2004: Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations. Second Ed., SIAM, 435 pp.
4. Kalnay E., 2003: Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press, 341 pp.
5. Haltiner, G. J., and R. T. Williams, 1980: Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. John Wiley & Sons, 477 pp.
6. Coiffier J., 2012. Fundamentals of Numerical Weather Prediction, Cambridge University Press, 340 pp.
7. Mesinger, F., and A. Arakawa, 1976: Numerical Methods Used in Atmospheric Models. GARP Publication Series No. 17, Vol. 1, 64 pp.
8. Iserles, A., 1996: A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations. Cambridge University Press, 378 pp.
9. Chung T. J., 2010: Computational Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 2nd Ed., 1058 pp.

عنوان درس به فارسی:	اقلیم‌شناسی		
عنوان درس به انگلیسی:	Climatology	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	ندارد	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	فیزیک جو	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با تحلیل آماری داده‌های اقلیمی و پاره‌ای از بنیادی‌ترین فرایندها در سامانه اقلیم

اهداف ویژه:

آشنایی با مبانی اقلیم‌شناسی فیزیکی، مؤلفه‌ها و فرایندهای اصلی سامانه اقلیم و درک عوامل مؤثر بر تغییرپذیری و تغییر اقلیم

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه و روش‌های ارزیابی داده‌ها: تعاریف مقدماتی، شبکه‌های مشاهداتی، نظریه احتمال، توزیع‌های فراوانی متغیرهای اقلیمی، پارامترهای تمایل به مرکز، پارامترهای پراکنش، صورت‌های مختلف تجزیه گردش، پیچک‌های گذرا و ایستا، سنجه‌های شکل منحنی توزیع، قضاوت آماری، آزمون‌های همگنی و روش‌های تصحیح و تکمیل داده‌ها، روش‌های برآورد پارامترها

۲. توزیع‌های آماری: کاربست توزیع‌های آماری برای متغیرهای پیوسته اقلیمی، کاربست توزیع‌های آماری بر متغیرهای ناپیوسته اقلیمی

۳. توازن اقلیمی تابش: مروری بر مفاهیم و قوانین تابش، توازن تابشی جوّ، ویژگی‌های تابشی اجزاء جوّ، مدل‌های ساده تابش، توازن تابش در سطح، توازن تابش زمین، توزیع جهانی ترازمندی تابش، روش‌های تجربی برآورد تابش

۴. چرخه آب‌شناختی و ترازمندی آب سطح: اهمیت اقلیمی چرخه آب‌شناختی، بارش، توزیع جهانی بارش، اثر قارّه‌ها و اقیانوس‌ها، اثر عوارض زمین بر توزیع بارش، روش‌های برآورد تبخیر-تعرّق، توزیع جهانی تبخیر-تعرّق، رواناب، ابرناکی

۵. حالت میانگین جوّ، اقیانوس و یخ‌کره: ساختار دمایی میانگین جوّ، ساختار ارتفاع ژئوپتانسیلی میانگین در جوّ، گردش میانگین جوّ، انرژی جنبشی میانگین جوّ، ساختار میانگین دمای اقیانوس‌ها، ساختار شوری و چگالی میانگین اقیانوس‌ها، گردش میانگین اقیانوسی، اهمیت یخ‌کره در سامانه اقلیم

۶. طبقه‌بندی‌های اقلیمی: اصول و مبانی طبقه‌بندی، روش‌های مختلف طبقه‌بندی، طبقه‌بندی‌های کیفی، نظری و تلفیقی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Peixoto, J. P. and H. Oort, 1992: Physics of Climate. American Institute of Physics, 520 pp.
2. Neelin, J. D., 2011: Climate Change and Climate Modeling, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 282 pp.
3. Trenberth, K. E. (ed), 1992: Climate System Modelling. Cambridge University Press, 817 pp.
4. Hartmann, D. L., 1994: Global Physical Climatology. Academic Press, 408 pp.
5. McGuffie, K. and A. Henderson-Sellers, 2004: Climate Modelling Primer. 3rd Ed., Wiley, 296 pp.
6. Wilks, D.S., 1995: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Academic Press, 467 pp
7. von Storch, H. and F. W. Zwiers, 1999, Statistical Analysis in Climate Research. Cambridge University Press, 484 pp.

عنوان درس به فارسی:	سنجش از دور در هواشناسی		
عنوان درس به انگلیسی:	Remote Sensing in Meteorology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک جوّ		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی:

آشنایی با روش‌های اندازه‌گیری کمیت‌های جوّی با استفاده از ماهواره و رادار

اهداف ویژه:

آشنایی با مبانی نظری اندازه‌گیری از دور با کاربست به ماهواره و رادار و چگونگی کاربست آنها در آشکارسازی طیف وسیعی از پدیده‌های جوّی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: دیدبانی‌های جوّی، گمانه‌زنی جوّ از فضا، تابش خورشیدی، اندازه‌گیری‌های گسیل گرمایی، قوانین تابش جسم سیاه، پراکندگی رایلی و می، اندازه‌گیری‌های تابش‌های پس‌پراکنده، جذب تابش به وسیله گازهای جوّ
۲. گمانه‌زنی جوّ از زمین: رادارهای هواشناسی، اصول رادار، معادله رادار در هواشناسی، رابطه بازتابندگی (Z) با آهنگ بارش، تصاویر رادار از بارش (بارش پوشنی، بارش کوهستانی، بارش رگباری یا توفان تندری)، طیف نگار نوری ازون دابسون، لیدار، سودار
۳. ماهواره‌های هواشناسی: ماهواره‌های مدار قطبی، ماهواره‌های زمین‌آهنگ، اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای، دستگاه‌های تابش‌سنجی، ابزارهای دیگر ماهواره‌ای
۴. تحلیل تصاویر ماهواره‌ای: تصویربرداری ماهواره‌ای و انواع آن، تحلیل چندطیفی، فنون افزایش کیفیت تصویربرداری، موقعیت زمینی و کالب‌زنی، پدیده‌های جوّی و سطح زمین از قبیل ابرها، چرخندهای حاره‌ای، توفان‌های تندری قوی، آذرخش، منطقه همرفت درون‌حاره‌ای (ITCZ)
۵. دما و گازهای ردیاب: نظریه گمانه‌زنی، انواع گمانه‌زنی و کیفیت آنها، استفاده از گمانه‌زنی در مدل‌ها، ازون و سایر گازها، روش دریچه نیمپوش (Split-window)، دمای سطح دریا و خشکی
۶. بادها: شیوه‌های آشکارسازی بادها به وسیله ردیابی ابرها و بخار آب، برش های جوّی، استفاده از کانال جذب CO_2، بادها از گمانه‌زنی‌ها، بادهای سطح اقیانوس، بادهای چرخندهای حاره‌ای، گمانه‌زنی‌های ریزموج، اندازه‌گیری‌های دوپلری باد

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی ، تمرین و پروژه در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: سایت و نرم افزارهای مخصوص

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Fabry, F., 2015: Radar Meteorology. Cambridge University Press, 272 pp.
2. Rauber, R. M., and W. Nesbitt, 2018: Radar Meteorology: A First Course. Wiley–Blackwell, 488 pp.
3. Kidder, S. Q., and T. H. Vonder Haar, 1995: Satellite Meteorology. Academic Press 466 pp.
4. Andrews, D. G., 2000: An Introduction to Atmospheric Physics. Cambridge University Press, 229 pp.
5. Sabins, F. F., 1997: Remote Sensing, Principles and Introduction. W. H. Freeman and Company, 494 pp.
6. Cracknell, A. P., 1983: Remote Sensing in Meteorology, Oceanography and Hydrology. Ellis Horwood Limited, 542 pp.
7. W. G. Rees, 2013: Physical Principles of Remote Sensing, Cambridge University Press, 3rd Edition.
8. Graeme L. S., 1994: Remote Sensing of the Lower Atmosphere: An Introduction, Oxford University Press.
9. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. 5th edition, Elsevier, 532 pp.

عنوان درس به فارسی:	سری‌های زمانی و تحلیل طیفی		
عنوان درس به انگلیسی:	Time Series and Spectral Analysis		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه *☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: انجام پروژه با نرم افزارهای پردازش فیلتر.....

هدف کلی:

آشنایی با سری‌های زمانی، پیش‌بینی سری زمانی، تحلیل طیفی سری‌های زمانی و کاربست صافیها (فیلترها)

اهداف ویژه:

معرفی مفاهیم ریاضی و آماری همراه با کاربرد به داده‌های واقعی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تعریف انواع سری‌های زمانی، متغیرهای تصادفی، متغیرهای تصادفی گسسته، امید ریاضی و واریانس، متغیرهای تصادفی استانداردشده، تابع خطی متغیر تصادفی، مجموع و تفاضل متغیرهای تصادفی مستقل، متغیرهای تصادفی پیوسته، کوواریانس و همبستگی

۲. سری‌های زمانی: سری زمانی فیزیکی، اهداف تحلیل سری‌های زمانی، روش‌های نظریهٔ تحلیل طیفی، انوع تغییرات، هموارسازی، روند خطی، روند نمایی، روند فصلی، تحلیل دوره‌ای و پیش‌بینی کوتاه‌مدت، محاسبه شاخص‌های فصلی و کاربردهای آن

۳. تحلیل طیفی: تحلیل فوریه، بسامدهای هماهنگ (هارمونیک)، ضرایب فوریه، فرض صفر، نوفه سفید، آزمایش نوفه سفید، بسامد نایکوئیست، دگرنامی (الیاسینگ)، پنجره‌های طیفی، آشکارسازی طیف از طریق میانگین‌گیری طیف، اثر طول داده‌ها بر آشکارسازی طیف یک مولفه دوره‌ای، تبدیل فوریه سریع، تحلیل یک سری زمانی پیوسته

۴. سامانه‌های (سیستم‌های) خطی: تحلیل سامانه‌های خطی، ترکیب پالایه‌های خطی، سامانه‌های خطی در حوزه زمان، تابع پاسخ ضربه، سامانه‌های خطی در حوزه بسامد، تابع پاسخ بسامد، ارتباط ورودی–خروجی، سامانه‌های خطی متوالی، طراحی صافی‌ها، تعیین سامانه‌های خطی، برآورد تابع پاسخ بسامد، روش باکس–جنکینس، سامانه‌های شامل بازخورد

۵. خودهمبستگی و وایازش (رگرسیون): تعریف و خواص، مفهوم توابع خودوایازشی، خودهمامیخت در فرایندهای رقمی ایستا، اولین مرتبه خودوایازش، دومین مرتبه خودوایازش، آزمایش نوفه سفید

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، تمرین و پروژه در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Duchon, C., and R. Hale, 2013: Time Series Analysis in Meteorology and Climatology, Wiley-Blackwell, 250 pp.
2. Chatfield C., 2003: The Analysis of Time Series: An Introduction, Sixth Edition, Chapman and Hall/CRC, 352.
3. Koopmans, L. H., 1995: The Spectral Analysis of Time series. Second Edition, Academic Press, 366 pp.
4. Neter, J., W. Wasserman, and G. A. Whitmore, 1992: Applied Statistics, Fourth Edition, Allyn and Bacon, 2029 pp.
5. Brigham, E. R., 1974: The Fast Fourier Transform. Prentice-Hall, Inc., 252 pp.
6. Cartwright, M., 1990: Fourier Methods for Mathematicians, Scientists and Engineers. Ellis Harwood, 326 pp.
7. Wilks, D. S., 2011: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences (Vol. 100). Academic press, 627 pp.
8. Woyczynski, W. A., 2006: A First Course in Statistics for Signal Analysis, Birkhäuser Boston Publisher, USA, 206 pp.

عنوان درس به فارسی:	اقیانوس‌شناسی فیزیکی		
عنوان درس به انگلیسی:	Physical Oceanography	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	دینامیک شاره های ژئوفیزیکی	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با خواص و فرآیندهای فیزیکی در اقیانوس‌ها شامل بخش‌های سطحی و عمیق آنها

اهداف ویژه:

آشنایی با مهم‌ترین خواص فیزیکی آب اقیانوس‌ها و دریاها شامل چگالی، شوری و دما همراه با تغییرات آنها و هم‌چنین مهم‌ترین فرآیندهای فیزیکی شامل امواج، جریان‌ها و گردش‌های بزرگ‌مقیاس اقیانوسی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تاریخچه‌ای مختصر از فیزیک دریا و اهمیت آن، تعریف برخی از اصطلاحات فیزیک دریا، روش‌های مطالعه در فیزیک دریا، نگاهی کوتاه به ابعاد فیزیکی و ساختار اقیانوس‌ها
۲. برهمکنش جوّ و اقیانوس: سامانه‌های گذرای جوّی، لایه مرزی جوّ بر روی اقیانوس، تنش باد، انتقال کپه‌ای بین جوّ و اقیانوس
۳. بودجه گرمایی در اقیانوس‌ها: جمله‌های بودجه گرمایی، روش‌های مستقیم و غیرمستقیم محاسبه شارهای سطحی، توزیع شار گرما در سطح اقیانوس‌ها و تغییرات آن، انتقال نصف‌النهاری گرما و آب دریا
۴. توزیع کمیت‌های فیزیکی در اقیانوس‌ها: معادله حالت برای اقیانوس، دمای پتانسیلی، چگالی پتانسیلی، نمودارهای T-S و کاربردهای آن، توزیع دما، شوری و چگالی در اقیانوس‌ها و فرآیندهای مؤثر در تغییرات آنها، فشار، رسانایی الکتریکی، سرعت صوت در دریا و ویژگی‌های آن
۵. جریان‌های اقیانوسی: معادلات حاکم بر جریان اقیانوسی، انواع جریان‌های اصلی در اقیانوس‌ها، معادلات پایستاری گرما، شوری و چگالی در اقیانوس‌ها، اختلاط در اقیانوس‌ها، پایداری ایستایی و بسامد شناوری، امواج درونی، همرفت و پخش دوگانه
۶. پاسخ لایه سطحی اقیانوس به وزش باد: جریان‌های لختی، لایه اکمن سطحی در اقیانوس، انتقال جرم اکمن، کاربرد نظریه اکمن، گردش لانگمویر
۷. فرآیندهای حاره‌ای: النینو- نوسان جنوبی (انسو)، برهمکنش‌های بزرگ‌مقیاس، شبیه‌سازی و پیش‌بینی انسو با مدل‌های فیزیکی و عددی
۸. فرآیندهای ساحلی: کشندها، نگاهی مختصر به امواج اقیانوسی و طبقه‌بندی آنها، فرآیندهای ساحلی و مصب‌ها
۹. نور در دریا: پارامترها و میدان‌های نوری، روشنایی سطح دریا، برهمکنش‌های سطحی شامل بازتاب، پراکنش و شکست، برهمکنش‌های زیرسطحی شامل آب دریای خالص، ذرات، پلانکتون‌ها و Gelbstoff؛ فلورسان، بیولومینسانس، رنگ دریا

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

دانشگاه تهران

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Stewart, R. H., 2008: Introduction to Physical Oceanography. Available electronically from https:// hdl.handle .net /1969.1/160216
2. Knauss, J. A., 1997: Introduction to Physical Oceanography. Prentice Hall, 309 pp.
3. Apel, J. R., 1987: Principles of Ocean Physics. Academic Press, 620 pp.
4. Gill, A. E., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics. Academic Press, 662 pp.
5. Peixoto, J., and A. Oort, 1992: Physics of Climate. American Institute of Physics, New York, 520 pp.

عنوان درس به فارسی:	هواشناسی حاره‌ای		
عنوان درس به انگلیسی:	Tropical Meteorology	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	هواشناسی همدیدی	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	دینامیک جوّ	تخصصی	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با جوّ حاره‌ای شامل گردش‌های جوّی خاص مناطق حاره‌ای، سامانه‌های همدیدی و همرفتی

اهداف ویژه:

بالا بردن توانایی دانشجو برای تحلیل و پیش‌بینی وضع هوای حاره‌ای

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: آشنایی با درس شامل تعریف مناطق حاره‌ای و نقش آن در توازن انرژی و تکانه در سامانه اقلیم جهانی، ساختار جوّ از نظر دما، رطوبت و بارش در مناطق استوایی و حاره‌ای، توده هواهای حاره‌ای، جفت‌شدگی جوّ-اقیانوس

۲. ترمودینامیک جوّ و توزیع رطوبت و بارش: رطوبت جوّی؛ ناپایداری شرطی؛ انرژی پتانسیل دسترس‌پذیر همرفتی و انرژی بازدارندهٔ همرفت؛ اثر اجزاء همرفتی کومه‌ای (توفان تندری) بر محیط اطراف؛ فرآیندهای بی دررو وتوزیع قائم رطوبت در مناطق حاره‌ای؛ فرایندهای بارش و اهمیت آن در مناطق حاره‌ای؛ چرخه عمر خطوط تندوزه؛ چرخه‌های روزانه، فصلی و بین‌سالانه بارش مناطق حاره‌ای

۳. چرخندهای حاره‌ای: چرخندهای حاره‌ای و توزیع جهانی آنها، نام‌گذاری و ویژگی‌های کلی چرخندهای حاره‌ای، پیدایش و ساختار سه بعدی چرخندهای حاره‌ای، معیارهای شدت چرخندهای حاره‌ای و تغییرات شدت در اثر دینامیک درونی آنها، گذر چرخندهای حاره‌ای به مناطق برون حاره‌ای و تغییرات ساختار آنها، پیش‌بینی چرخندهای حاره‌ای و نقش آنها در گردش کلی جوّ

۴. تغییرپذیری‌حاره‌ای: بادهای بسامان؛ الگوهای چرخه‌ای حاکم بر تغییرپذیری بین‌فصلی مانند نوسان مادن-جولیان (MJO)، تغییرپذیری بین‌سالانه مانند منطقه همگرایی میان حاره‌ای (ITCZ) و ساختار آن برروی خشکی‌ها و اقیانوس‌ها، و تغییرپذیری سالانه مانند النینو نوسان جنوبی(ENSO)

۵. سامانه‌های میان‌مقیاس و همدیدی: سامانه‌های همدیدی مؤثر بر منطقه حاره شامل یاخته‌های هادلی و واکر، امواج شرقی حاره‌ای، امواج گرانی-لختی، ناوه‌های تراز فوقانی، چرخندهای فوق حاره‌ای، مانسون آفریقایی و مانسون هند؛ ساختار و سازکارهای تشکیل سامانه‌های همرفتی میان-مقیاس (مثل خطوط تندوزه و تاوه همرفتی میان‌مقیاس)، ابریاخته‌ها، پیچندها و پیچندهای دریایی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Andrews, D. G., 2010: An Introduction to Atmospheric Physics. 2nd edition, Cambridge University Press, 237 pp.
2. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. 5th edition, Elsevier, 532 pp.
3. Houghton, J., 2002: The Physics of Atmospheres. Cambridge University Press, 320pp.
4. Laing A., and J. L. Evans, 2013: Introduction to Tropical Meteorology. Version 2.a., Produced by the COMET Program and. National Center for Atmospheric Research (NCAR), www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition.
5. Salby, M. L., 2012: Physics of the Atmosphere and Climate. Cambridge University Press, 666 pp.

عنوان درس به فارسی:	هواشناسی خردمقیاس		
عنوان درس به انگلیسی:	Micrometeorology	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	دینامیک شاره های ژئوفیزیکی	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	دینامیک جو	تخصصی	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با ساختار و با فرایندهای انتقال تکانه، انرژی و ماده در لایه مرزی جوّ ضمن معرفی و اشاره به زمینه‌های مختلف کاربردی آن، شامل مبانی نظری حرکات تلاطمی در لایه مرزی، قوانین همانندی لایه مرزی، بودجه انرژی سطح و زیر سطح و مسئله بستار تلاطمی

اهداف ویژه:

آشنایی با نقش عوامل پایداری در تغییرات نمایه‌های قائم متغیرهای فیزیکی در لایه مرزی جوّ و آشنایی با الگوی لایه‌های مرزی خنثی، ناپایدار و پایدار

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: معرفی هواشناسی خردمقیاس یا لایه مرزی جوّ، انتقال تلاطمی، ساختار لایه مرزی در شرایط مختلف
۲. ناپایداری و تلاطم: طیف حرکات تلاطمی جوّ، خواص آماری تلاطم، میانگین‌گیری رینولدز، نظریه همانندی کولموگرف، شارهای پیچکی تکانه و گرما، مقیاس‌های سرعت، سرعت اصطکاکی، دما و سرعت همرفتی
۳. معادلات حاکم بر تلاطم: معادلات آنی و معادلات شارش میانگین، نمونه‌هایی از نیم‌رُخ کمیت‌های تلاطمی در لایه مرزی جوّ، معادلات پیش‌یابی واریانس‌ها و شارهای تلاطم
۴. معادلات انرژی جنبشی تلاطمی و پایداری، عدد ریچاردسون گرادیانی و شاری، طول مونین –اُبخوف، لایه سطحی، گرادیان‌های بدون بعد
۵. مسئله بستار تلاطم: پارامترسازی شارهای تلاطمی، طول آمیختگی، بستارهای تلاطمی مرتبه اول و دوم، مدل‌های بستار محلی، غیرمحلی و هیبریدی (برای نمونه RANS و LES)
۶. شرایط مرزی در سطح زمین: شارهای سطحی، بودجه انرژی سطح، بودجه تابشی سطح، ناهمواری سطح و ضریب پسار، شار گرمای زمین
۷. نظریه همانندی در لایه مرزی: نظریه همانندی مونین- ابخوف، مقیاس‌های همانندی برای لایه سطحی و لایه آمیخته جوّ، نیم‌رخ بی‌بعد دما و سرعت باد در لایه سطحی
۸. ویژگی‌های لایه مرزی جوّ لایه آمیخته همرفتی، مدل‌هایی برای تعیین رشد لایه آمیخته، لایه مرزی پایدار، لایه مرزی جوّ شهری، مدل‌هایی برای نمایه قائم دمای پتانسیلی، مقیاس‌های تلاطم، مشخصه جریان جتی شبانه، نوسان لختی، امواج درونی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

دانشگاه تهران

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Stull, R. B., 1989: An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Press, 666 pp.
2. Arya, P., 2001: An Introduction to Micrometeorology. 2nd Ed., Academic Press, 307 pp.
3. Wyngaard, J. C., 2010, Turbulence in the Atmosphere, Cambridge University Press, 407 pp.
4. Foken, T., 2008: Micrometeorology, Springer, 306 pp.
5. Sutton, 1956: Micrometeorology. Cambridge University Press, 385 pp.
6. Bidokhti, A. A., 2018, Fundamentals of Fluid Dynamics, 2nd Ed., University of Tehran Press.

عنوان درس به فارسی:	خردفیزیک ابر و فرایندهای تابش		
عنوان درس به انگلیسی:	Microphysics of Clouds and Radiation Processes		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک جوّ		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با فرایندهای تشکیل ابر و بارش و برهم‌کنش تابش و ابر

اهداف ویژه:

آشنایی با مفاهیم و تعاریف فیزیک ابر و تابش، مباحث مربوط به انتقال تابش در جوّ و برهم‌کنش ابر و تابش

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. ویژگی‌های دیدبانی شده ابرها: اندازه و سامانه‌های ابرها، ساختار خُردفیزیکی ابرهای: کومه‌ای، پوشنی و توفان‌زای قاره‌ای بزرگ؛ احتمال تشکیل یخ و بارش در ابرها
۲. تشکیل و رشد قطرک های ابر: جنبه‌های کلی ابر و تشکیل بارش، هسته‌زایی آب مایع در بخار آب، هسته‌های میعان جوّی
۳. هواویزها در جوّ: طبقه‌بندی اندازهٔ هواویزها، تغییر غلظت هواویزها با ارتفاع، توزیع اندازهٔ هواویزها، مسیرهای فیزیک‌شیمیایی تولید هواویزها، چشمه‌های ذرّات هواویز، سازوکارهای حذف ذرّات هواویز
۴. آغاز باران در ابرهای غیرمنجمد: ایجاد زمینه همامیزی، رشد قطرک در اثر برخورد و همامیزی، مدل‌های رشد
۵. 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
۶. باران، برف و فرایندهای بارش: توزیع اندازه قطره، خرد شدن قطره، توزیع اندازه پره‌برف، انبوهش و خرد شدن پره‌برف‌ها، آهنگ بارش، بارش از ابرهای پوشنی، رگبارها، نظریه‌های بارش، ساختار میان‌مقیاس باران، کارایی بارش
۷. مبانی تابش: مفاهیم و یکاهای فیزیکی، قوانین تابش جسم سیاه، مفاهیم جذب و پراکنش نور در جوّ، پراکنش ریلی، پراکنش لورنتس –مای، پراکنش هندسی، پدیده‌های نوری در جوّ
۸. انتقال تابش در جوّ: مبانی معادله انتقال تابش، معادله انتقال تابش در جوّ تخت–موازی، روش‌های حل معادله انتقال تابش،کاربردهای انتقال تابش در سنجش از دور ماهواره‌ای پارامترهای جوّی
۹. برهم‌کنش ابر و تابش: ترازینه تابش در جوّ، نقش ابر و هواویز در سامانه اقلیم، مدل‌های انتقال تابش و پارامترسازی تابش
۱۰. شبیه‌سازی عددی تابش: آشنایی و کار با برخی از بسته‌های نرم‌افزاری شبیه‌سازی تابش مانند HITRAN, FASCODE, LBLRTM MODTRAN, LOWTRAN, PCMODWIN

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

دانشگاه تهران

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۰ درصد
آزمون میان نیم‌سال	۴۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd ed., Butterworth Heinemann, 290 pp.
2. Young, K. C., 1993: Microphysical Processes in Clouds. Oxford University Press, 427 pp.
3. Wang, P. K., 2013: Physics and Dynamics of Clouds and Precipitation. Cambridge University Press, 451 pp.
4. Pruppacher, H. R., and J. D. Klett, 2012: Microphysics of Clouds and Precipitation. 2nd ed., Springer, 954 pp.
5. Cotton, W. R., and A. R. Anthes, 1989: Storm and Cloud Dynamics. Academic Press, INC. 883 pp.
6. Mason, B. J., 1971: The Physics of Clouds. Clarendon Press. Oxford, 671 pp.
7. Wallace, J. M., and P. V. Hobbs, 2006: Atmospheric Science: An introductory survey. Academic Press. 504 pp.
8. Goody R., and Y. L. Yung, 1989: Atmospheric Radiation: Theoretical Basics. 2nd ed., Oxford University Press, 544 pp.
9. Liou, K. N., 2002: An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press, 583 pp.

عنوان درس به فارسی:	مدل‌سازی اقلیم		
عنوان درس به انگلیسی:	Climate Modeling	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:	اقلیم‌شناسی	تخصصی	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با اجزای مختلف و ساختار انواع مدل‌های اقلیمی

اهداف ویژه:

نحوه استفاده از مدل‌های اقلیمی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر مدل‌سازی اقلیم: تاریخچه و انواع مدل‌های اقلیمی، هسته دینامیکی، پارامترسازی فرایندهای ریزمقیاس، خطای سامان‌مند مدل‌های اقلیمی، نحوه ارزیابی نتایج حاصل از مدل‌های اقلیمی
۲. مدل‌های ساده اقلیمی بر اساس تعادل انرژی: ساختار مدل‌های اقلیمی بر اساس تعادل انرژی، پارامترسازی سامانه اقلیمی برای مدل‌های بر اساس تعادل انرژی، مدل‌های جعبه‌ای- شکل دیگری از مدل‌های بر اساس تعادل انرژی
۳. مدل‌های اقلیمی با پیچیدگی متوسط: مدل‌های اقلیمی یک‌بعدی تابشی – همرفتی، مدل‌های اقلیمی دوبعدی آماری – دینامیکی، برخی مدل‌های اقلیمی با پیچیدگی متوسط
۴. مدل‌های اقلیمی جفت‌شده سه‌بعدی: مدل‌سازی جوّ، مدل‌سازی اقیانوس، مدل‌سازی یخ‌کره، مدل‌سازی سطح زمین، شیمی جوّ، جفت‌شدگی مدل
۵. آشنایی با یکی از مدل‌های اقلیمی متداول منطقه‌ای یا جهانی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

دانشگاه تهران

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Hartman, D. L., 1994: Global Physical Climatology. Academic Press, 408 pp.
2. Houghton, J., 2004: Global Warming. Cambridge University Press, 383 pp.
3. Jacob, D. J., 1999: An Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press, 274 pp.
4. Jacobson, M.Z., 2005: Fundamentals of Atmospheric Modeling. Cambridge University Press, New York, 2nd Ed., 813 pp.
5. McGuffie, K. and A. Henderson-Sellers, 2004: Climate Modelling Primer. 3rd Ed., Wiley, 296 pp.
6. Neelin, J. D., 2011: Climate Change and Climate Modeling, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 282 pp.
7. Peng, G., L. M. Leslie, and Y. Shao (eds.), 2002: Environmental Modelling and Prediction. Springer, 480 pp.
8. Rusell, D. T., and P. Allen, 1997: Applied Climatology, Principles and Practice. Routledge, 352 pp.
9. Taylor, F. W., 2005: Elementary Climate Physics. Oxford University Press, 226 pp.
10. Trenberth, K. E. (Ed.), 1992: Climate System Modelling. Cambridge University Press, 817 pp.

عنوان درس به فارسی:	مبانی فیزیک فضا		
عنوان درس به انگلیسی:	Fundamentals of Space Physics		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

.....

هدف کلی:

آشنایی کلی با مبانی فیزیک فضا، کسب دانش پلاسمای فضایی، یون‌سپهر، مغناطیس‌سپهر و رابطه زمین – خورشید

اهداف ویژه:

آشنایی با مبانی فیزیک فضا و پلاسمای فضایی شامل ویژگی‌های پلاسما، میدان‌های الکترومغناطیسی، حرکت و انحراف ذرات در میدان‌های الکترومغناطیسی، امواج پلاسمایی، ساختار خورشید، جوّ خورشید، فعالیت‌های خورشیدی، بادهای خورشیدی، مغناطوسپهر زمین، پلاسما و جریان‌های الکتریکی دریون‌سپهر، جفت‌شدگی‌ها، وضع هوای فضایی و رابطه زمین و خورشید

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تعریف و ارکان فیزیک فضا، پارامترهای پلاسما، پلاسمای ژئوفیزیکی، باد خورشیدی، مغناطیس‌سپهر، یون‌سپهر، جریان‌های مغناطیس‌سپهر، دستگاه‌های مختصات فضایی

۲. ذرات باردار درمیدان‌های الکترومغناطیسی: معادلات میدان، راندگی الکتریکی، راندگی ExB، راندگی قطبیده، راندگی الکتریکی، راندگی‌های مغناطیسی؛ راندگی گرادیان، راندگی عمومی، راندگی خمیده، ناورداهای بی‌دررو، گشتاور مغناطیسی، بطری وآینه‌های مغناطیسی، ناوردایی برای یک نوسانگر هماهنگ، ناوردایی نوع اول، دوم و سوم

۳. ذرات به‌دام‌افتاده: میدان دوقطبی، حرکت جهشی، دوره تناوب جهشی، مخروط افت، سرعت راندگی مغناطیسی، راندگی الکتریکی، چشمه‌ها و چاهک‌ها، جریان حلقوی، توفان‌های مغناطیسی

۴. برخوردها و رسانایی: برخوردها، پلاسمای یونیده جزئی، پلاسمای یونیده کامل، رسانایی، پلاسمای غیرمغناطیسی، پلاسمای مغناطیسی، رسانایی پیدرسن، رسانایی هال

۵. یون‌سپهر: شکل‌گیری یون‌سپهر، یونش توسط تابش فرابنفش خورشیدی، یونش توسط ذرات پرانرژی، بازترکیبی و اتصال‌ها، لایه‌های یون‌سپهری، رسانایی یون‌سپهری، تانسور رسانایی، نیمرخ رسانایی، جریان‌های یون‌سپهری، جریان Sq، الکتروجت‌های استوایی، مشاهدات و پایش

۶. خورشید و وضع هوای فضایی: خورشید، لکه‌های خورشید، پرتاب جرم ، تابش‌های کیهانی، جمعیت ذرات، طیف انرژی، بادهای خورشیدی، گسترش بادهای خورشیدی، جریان‌های باد خورشیدی سریع و آهسته، رویدادهای پروتون

۷. فعالیت‌های خورشیدی و تاثیر آن بر جوّ: تابش‌های الکترومغناطیسی خورشید، تاثیر فعالیت های خورشید بر یون‌سپهر، تاثیر ذرات پرانرژی بر جوّ، تابش‌های کیهانی و جوّ، تاثیر فعالیت‌های خورشیدی بر لایه ازون

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

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

عنوان درس به فارسی:	الکتریسیته جوّ		
عنوان درس به انگلیسی:	Atmospheric Electricity	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک جوّ	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با مباحث الکتریسیته جوّ و روش‌های باردارسازی ابرها و مدل‌سازی آنها

اهداف ویژه:

آشنایی با ساختار الکتریکی جوّ زمین، مفاهیم و سازوکارهای باردارشدن ابر، انواع مختلف آذرخش و سازوکار آغازگری آن، نقش جریان آذرخش در مدار الکتریکی جهانی، مدلسازی پارامترهای الکتریکی مختلف آذرخش، اثرات آذرخش در جوّ میانی و جوّ بالا، اثرات آذرخش بر شیمی جوّ

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. فیزیک ابر: جنبه‌های کلی خردفیزیک ابرهای گرم (هسته‌بندی و میعان)، رشد قطرات ابر در اثر برخورد و همامیزی، خردفیزیک ابر سرد (هسته‌زایی و رشد یخ)، یخ موجوّد در جوّ، خواص الکتریکی آب و یخ، رفتار قطرات آب در میدان‌های الکتریکی

۲. مدار الکتریکی جهانی: الکتریسیته جوّ در هوای صاف، یون‌ها و رسانش الکتریکی، دیدگاه کلاسیکی الکتریسیته جوّی، چگالی جریان ماکسول، مدلسازی مدار الکتریکی جهانی، دیدگاه‌های دیگر مدار الکتریکی جهانی، ویژگی‌های جریان‌های آذرخش، ویژگی‌های فیزیکی کانال‌های آذرخشی (ابعاد، ویژگی‌های ترمودینامیکی و توازن انرژی)

۳. ساختار الکتریکی ابرهای تندری: مقدمه‌ای بر الکتریسیته ابرهای تندری، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تولید شده توسط آذرخش‌ها، سازوکارهای باردارشدن ابر، فرایندهای القایی و غیرالقایی

۴. اثرات آذرخش در جوّ میانی و جوّ بالا: کانال‌های آذرخش از قله ابرها، تخلیه‌های گذرا در میان‌سپهر و یون‌سپهر زیرین، برهم‌کنش آذرخش و میدان‌های الکتریکی با یون‌سپهر و مغناطیس‌سپهر

۵. اثرات آذرخش بر شیمی جوّ: اثر آذرخش بر شیمی جهانی وردسپهر و اقلیم، فرایندهای شیمیایی آذرخش

۶. مدلسازی آذرخش: نمایش آذرخش در مدل‌های عددی ابر، طرحواره‌های آذرخش، پیش‌بینی آذرخش با استفاده از برخی شاخص‌های ترمودینامیکی و شاخص امکان وقوع آن

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1996: A Short Course in Cloud Physics. 3rd edition, Butterworth Heinemann, 290 pp.
2. Wallace J. M., and P.V. Hobbs, 2006: Atmospheric Sciences, An Introductory Survey, 2nd edition, Academic Press, Elsevier, 483 pp.
3. Volland, H., 1984: Atmospheric Electrodynamics, Springer-Verlag, Berlin, 208 pp.
4. Wang, P. K., 2013: Physics and Dynamics of Clouds and Precipitation. Cambridge University Press, 451 pp.
5. Chalmers, J. A., 1967: Atmospheric Electricity, 2nd edition, Pergamon Press, Oxford, 515 pp.
6. MacGorman, D. R., and W. D. Rust, 1998: The electrical nature of storms, Oxford University Press, 422 pp.
7. Rakov, V. A., and M. A. Uman, 2003: Lightning, Physics and Effects, Cambridge University Press, 700 pp.
8. Houze, R. A., Jr., 1993: Cloud Dynamics. Academic Press, San Diego, 573 pp.

عنوان درس به فارسی:	داده‌کاوی در هواشناسی		
عنوان درس به انگلیسی:	Data Mining in Meteorology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۶۴		رساله / پایان‌نامه ☐

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

.....

هدف کلی:

تحلیل داده‌های هواشناسی به منظور یافتن الگوهای مفید نهفته در دل حجم عظیم داده‌ها

اهداف ویژه:

تحلیل داده‌های هواشناسی با استفاده از روش‌های مختلف پردازش داده، خوشه‌بندی، شبکه عصبی و آموزش روش‌های انتخاب ویژگی‌های مناسب برای بررسی پدیده‌های هواشناسی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تاریخچه، تعریف مفاهیم، تعریف داده‌کاوی، کاربردهای داده‌کاوی، پایگاه داده‌ها و انبار داده‌ها و تفاوت‌شان، وظایف و محدودیت‌های داده‌کاوی، شرح فرایند داده‌کاوی

۲. روش‌ها و ابزارهای داده‌کاوی: دسته‌بندی، خوشه‌بندی، کشف قانون همبستگی، تشخیص و کشف خطا، کشف الگوی ترتیبی

۳. شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک: مروری بر شبکه عصبی، قابلیت‌های شبکه عصبی، ساختار شبکه عصبی، الگوریتم یادگیری شبکه عصبی، تابع‌های فعال‌کننده

۴. مطالعه موردی کاربرد داده‌کاوی در هواشناسی: مطالعه داده‌های یک ایستگاه، نحوه استخراج ویژگی‌های مناسب برای بررسی یک پدیده خاص هواشناسی با استفاده از توزیع پارامترهای مختلف در جامعه آماری، تفسیر خروجی‌های مدل

۵. نرم‌افزارهای داده‌کاوی : آموزش برخی از نرم‌افزارهای متداول در داده‌کاوی (SPSS, Excel, Matlab)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ درصد
پروژه	۴۰ درصد

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

ویدیوپروژکتور، لپ‌تاپ

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Han, J., M. Kamber, and J. Pei, 2012: Data Mining: Concepts and Techniques. Third Ed., Morgan Kaufmann Publishers, 703 pp.
2. Yin, Y., I. Kaku, J. Tang, and J. M. Zhu, 2011: Data Mining: Concepts, Methods and Applications in Management and Engineering Design. Springer, 312 pp.
3. Shmueli, G., N. R. Patel, and P. C. Bruce, 2010: Data Mining for Business Intelligence : Concepts, Techniques, and Applications in Microsoft Office Excel with XLMiner.Second Ed., Wiley & Sons, 428 pp.
4. Liu, Y., and R. H. Weisberg, 2011: A Review of Self-Organizing Map Applications in Meteorology and Oceanography. Self-Organizing Maps - Applications and Novel Algorithm Design., 252-273. http://www.intechopen.com/books/self-organizing-maps-applications-and-novel-algorithm-design/a-review-of-self-organizing-map-applications-in-meteorology-and-oceanography.
5. Hong Y., K. Hsu, S. SOROOSHIAN, and X. GAO, 2004: Precipitation Estimation from Remotely Sensed Imagery Using an Artificial Neural Network Cloud Classification System. J. Appl. Meteorol., 43, 1834–1852.

۶. مشکانی، ع.، و ع. ناظمی، ۱۳۸۸: مقدمه‌ای بر داده‌کاوی. موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۷. کیا، س. م.، ۱۳۹۵: شبکه‌های عصبی در متلب. ناشر دانشگاهی کیان.

عنوان درس به فارسی:	امواج در جوّ و اقیانوس		
عنوان درس به انگلیسی:	Waves in the Atmosphere and Oceans		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با انواع مختلف حرکت‌های موجی در جوّ و اقیانوس و مفاهیم کلی موج

اهداف ویژه:

آشنایی با دینامیک امواج درونی، گرانی-لختی، کلوین، پوانکاره، راسبی و استوایی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: مقدمه‌ای بر شاره‌های ژئوفیزیکی چرخان (وناچرخان) و چینه‌بندی شده، ویژگی‌های امواج از قبیل بسامد، عدد موج، سرعت گروه، تندی فاز، طبقه‌بندی امواج و نظریه‌های مرتبط
۲. امواج گرانی سطحی: معادلات حرکت در شاره تک‌لایه همگن ناچرخان (به‌شکل بسیط و آب کم‌عمق)، تعیین شرایط مرزی، خطی‌سازی معادلات، رابطه پاشش، تقریب عمیق و کم‌عمق
۳. امواج در شاره‌های چرخان: نوسانات لختی خالص، امواج گرانی—لختی، انرژی امواج گرانی—لختی (امواج پوانکاره)، امواج کلوین، امواج کلوین ساحلی، امواج کلوین—استوایی، امواج راسبی
۴. امواج گرانی درونی: معادلات حرکت و خطی‌سازی آنها، تقریب بوسینسک، رابطه پاشش، سرعت گروه و تندی فاز، انرژی امواج گرانی درونی، امواج گرانی درونی واداشته کوهساری، نظریه WKB و ساختار قائم، مُدهای غیرخطی
۵. حرکات آب‌ایستایی (هیدرواستاتیک) مقیاس بزرگ: حرکات زمینگرد، تنظیم زمینگرد، شعاع دگرشکلی راسبی، امواج راسبی، اثر بتا، معادله تاوایی پتانسیلی، امواج راسبی فشارورد، امواج راسبی واداشته کوهساری، امواج راسبی شبه‌زمینگرد، امواج استوایی صفحه بتا

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Pedlosky, J., 2003: Waves in the Ocean and Atmosphere: Introduction Waves Dynamics, 2nd edition, Springer-Verlag, 260 pp.
2. Pedlosky, J., 1987: Geophysical Fluid Dynamics, 2nd edition, Springer-Verlag, 710 pp.
3. Vallis, G. K., 2017: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-scale Circulation, 2nd edition, Cambridge University Press., 946 pp.
4. Holton, J. R., and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press, 532 pp.
5. Gill, A., 1982: Atmosphere–Ocean Dynamics, Academic Press, 645 pp.
6. Dean, R. G., and R. A. Dalrymple, 1991: Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists. World Scientific Press, Singapore, 353 pp.

عنوان درس به فارسی:	نورشناخت جوّ		
عنوان درس به انگلیسی:	Atmospheric Optics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک جوّ	پایه ☐	نظری☐
دروس هم‌نیاز:	اقلیم‌شناسی	تخصصی	عملی☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با ویژگی‌های نوری جوّ

اهداف ویژه:

آشنایی با مفاهیم نورشناخت جوّ، برهمکنش نور و جوّ و روش‌های اندازه‌گیری و شبیه‌سازی ویژگی‌های نوری جوّ

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. برهم کنش نور و جوّ: برهم‌کنش امواج الکترومغناطیس و ذرات موجوّد در جوّ شامل ترکیبات گازی، هواویزها و ابر، ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های خُردفیزیکی ذرات موجوّد در جوّ، پدیده‌های نوری در جوّ
۲. ویژگی‌های نوری جوّ: جذب و پراکندگی در جوّ، ضریب خاموشی جوّ، عمق نوری جوّ شامل عمق نوری هواویزها، عمق نوری مولکولی (رایلی)، عمق نوری ناشی از جذب گازها (ازون و ترکیبات آلاینده)، قطبش‌پذیری، تیرگی جوّ
۳. سنجش از دور ویژگی‌های نوری جوّ: اندازه‌گیری زمین‌پایه با دستگاه شیدسنج خورشیدی و لیدار، اندازه‌گیری فضایی، ماهواره‌های سنجش از دور، مروری بر سنجنده‌های ماهواره‌ای، تصحیحات جوّی
۴. شبیه‌سازی عددی ویژگی‌های نوری جوّ (عملی): مدل انتقال تابش جوّ، آشنایی با مدل‌های شبیه‌سازی نوری، مدل‌های6S، MODTRAN، OPAC، SBDART، PCMODWIN و مدل‌های هواویز

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Babenko, V. A., L. G. Astafyeva, and V. N. Kuz'min, 2003: Electromagnetic Scattering in Disperse Media: Inhomogeneous and Anisotropic Particles. Springer Science & Business Media, 443 pp.
2. Bohren, C. F. and E. E. Clothiaux, 2006: Fundamentals of Atmospheric Radiation: An Introduction with 400 problems. John Wiley & Sons, 479 pp.
3. Bohren, C. F. and D. R. Huffman, 2008: Absorption and Scattering of Light by Small Particles. John Wiley & Sons, 529 pp.
4. Kondratyev, K., L. Ivlev, V. Krapivin, and C. Varostos, 2006: Atmospheric Aerosol Properties: Formation, Processes and Impacts. Springer Science & Business Media. 599 pp.
5. Kokhanovsky, A. A. 2008: Aerosol Optics: Light Absorption and Scattering by Particles in the Atmosphere. Springer-Praxis, 146 pp.
6. Liou, K. N., 2002: An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press, 583 pp.
7. Melnikova, I. N. and A. V. Vasilyev, 2005: Short-Wave Solar Radiation in the Earth's Atmosphere. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 313 pp.
8. Zdunkowski, W., T. Trautmann, and A. Bott, 2007: Radiation in the Atmosphere: A Course in Theoretical Meteorology. Cambridge University Press, 498 pp.

عنوان درس به فارسی:	روش‌های آماری در هواشناسی		
عنوان درس به انگلیسی:	Statistical Methods in Meteorology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	اقلیم شناسی		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با کاربرد روش‌های آماری در هواشناسی و علوم جوّ

اهداف ویژه:

آشنایی با روش‌های آماری برای تحلیل داده‌های اقلیمی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر آمار: نظریه احتمال، توزیع متغیرهای جوّی و اقلیمی، مفهوم استنباط آماری، برآورد
۲. تحلیل آماری: آزمون آماری یک فرضیه، تحلیل تک‌متغیره، تحلیل چندمتغیره، ارزیابی مدل‌های گردش کلی و حساسیت‌سنجی، تعیین سیگنال در داده‌های مشاهداتی
۳. برازش مدل‌های آماری: همبستگی، مدل‌های ساده وایازش، وایازش چندگانه، انتخاب مدل، تحلیل وردایی (یک‌سویه و دوسویه)
۴. سری‌های زمانی: سری‌های زمانی و فرایندهای تصادفی، پارامترهای سری‌های زمانی یک‌متغیره و دومتغیره (شامل توابع هم‌وردایی، طیف و تحلیل بسامد)، تخمین توابع هم‌وردایی و طیفی
۵. روش‌های ویژه‌مقداری: توابع متعامد تجربی، تحلیل همبستگی بُنَدادی، تحلیل الگوهای نوسانات اصلی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1- Wilks, D. S., 2011: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 3rd ed., Academic press, 627 pp.
2- von Storch, H., and Zwiers, F. W., 2001: Statistical Analysis in Climate Research. Cambridge University Press, 484 pp.
3- Brillinger, D. R., 1997: An Application of Statistics to Meteorology: Estimation of Motion. In Festschrift for Lucien Le Cam, Springer, 93–105.
4- Brooks, C. E. P., and Carruthers, N. B., 1953: Handbook of statistical methods in meteorology. Her Majesty's Stationery Office, 412 pp.

عنوان درس به فارسی:	فیلترهای دیجیتال و کاربردهای آن در هواشناسی		
عنوان درس به انگلیسی:	Digital Filters and its Applications in Meteorology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی:

آشنایی با مباحث فیلترهای دیجیتال (صافی‌های رقمی) و روش‌های پالایش داده‌های هواشناختی

اهداف ویژه:

آشنایی با تحلیل سیگنال و روش‌های طراح، ساخت و کاربست فیلترها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: طبقه‌بندی سیگنال‌ها، پیوسته و گسسته، آنالوگ و دیجیتال، تناوبی و غیرتناوبی، معین و نامعین، یک‌طرفه و دوطرفه، یک‌کاناله و چندکاناله، یک‌بعدی و چندبعدی، سیگنال‌های انرژی و توان، قضیه نمونه‌برداری، الیاسینگ، جابه‌جایی سیگنال در زمان و بسامد، مقیاس نمودن، نمایش سیگنال، روابط سیگنال

۲. سامانه‌ها: ایستا و پویا، خطی و غیرخطی، متغیر و نامتغیر با زمان، علّی و غیرعلّی، بازگشتی و غیربازگشتی، پایدار و ناپایدار، ترکیب سامانه‌ها، همامیخت (convolution) و خواص آن، همبستگی و خواص آن

۳. تبدیل‌ها: تبدیل فوریه، تبدیل لاپلاس، خواص تبدیل فوریه، تبدیل Z و کاربرد آن در تحلیل سامانه‌های خطی

۴. تحلیل و طراحی سامانه‌ها در حوزه بسامد: تحلیل و طراحی سامانه‌های گسسته در زمان و در حوزه بسامد، مشخصات حوزه بسامد سامانه‌های خطی تغییرناپذیر با زمان، سامانه‌های خطی به منزله صافی‌های گزینش بسامد، روش‌های صافی خطی بر پایه تبدیل فوریه گسسته

۵. طراحی و کاربرد فیلترها در هواشناسی: روش‌های صافی خطی بر اساس نرم‌افزارهای موجوّد در حوزه فوریه شامل فیلترهای ایده‌آل، پدیده گیبس و کاهش آن با استفاده از پنجره‌های همینگ، هنینگ، گوس و بلکمن؛ نحوه شیبدار کردن منحنی(tapering) و انواع آن، فیلترهای واقعی، صفحه Z (فیلترهای بازگشتی و غیربازگشتی، فیلترهای نواربازیک)، واهمامیخت (deconvolution)، کمینه مربعات، طراحی فیلترهای غیربازگشتی در آغازگری

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Bracewell, R. N., 1999: The Fourier Transform and its Application. 3rd ed., McGraw-Hill, 640 pp.
2. Brigham, E. R., 1974: The Fast Fourier Transform. Prentice-Hall, 448 pp.
3. Chen, M. and X. Y. Huang, 2006: Digital filter initialization for MM5. Mon. Wea. Rev., 134, 1222–1236.
4. Cunningham, E. P., 1992: Digital Filtering, An Introduction. Houghton Mifflin Company, 536 pp.
5. Ludman, L. C., 1986: Fundamentals of Digital Signal Processing. John Wiley & Sons, 352 pp.
6. Lynch, P. and X. Y. Huang, 1992: Initialization for the HIRLAM model using a digital filter. Mon.Wea. Rev., 120, 1019–1034.
7. Lynch, P., 1993: Digital filters for numerical weather prediction, HIRLAM_Tech_Report_10, 1–52.
8. Lynn, P., A. and W. Furest, 1994: Introductory Digital Signal Processing with Computer Application. 2nd ed., John Wiley & Sons, 416 pp.
9. Lyons, R. G., 2011: Understanding Digital Signals Processing, Third Edition, Prentice-Hall, 954 pp.
10. Meskó, A., 1984: Digital Filtering, Applications in Geophysical Exploration for Oil. Halsted Press, 635 pp.
11. Oppenheim, A. V., R. W. Schafer, and W. A. Navab, 1990: Signal and Systems. Prentice-Hall.
12. Proakis, J. G., and D. G. Manolakis, 2006: Digital Signal Processing. Priciples, Alogoritms, and Applications. 4th ed., Collier Macmillan Publishers, 1104 pp.
13. Termonia, P., 2008: Scale-selective digital-filtering initialization. Mon. Wea. Rev., 136, 5246–5255.
14. Zurbenko, I., P. S. Poter, S. T. Rao, J. Y. Ku, R. Gui, and R. E. Eskridge, 1996: Detecting discontinuities in time series of upper–air data: Development and demonstration of an adaptive filter technique. J. Climate, 6, 3548–3560.
15. Milivojević, Z., 2009: Digital Filter Design, MikroElektronika.