جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

علوم فضایی

Space Sciences

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

گروه بینارشته ای

پیشنهادی دانشگاه تهران

باتمنا

نام رشته: علوم فضایی | **عنوان گرایش:**

گروه: بینارشته ای | **دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته**

کارگروه تخصصی: – | **نوع مصوبه: تدوین**

پیشنهادی: دانشگاه تهران | **تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۷/۰۴**

برنامه درسی تدوین شده دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته علوم فضایی، در جلسه شماره ۹۴۶ به‌تاریخ ۱۴۰۰/۰۷/۰۴ شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی به شرح زیر تصویب شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب این برنامه درسی در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پذیرفته می‌شوند، قابل اجرا است.

ماده دو- این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول‌های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می‌شود.

ماده سه- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر محمدرضا آهنچیان
دبیر کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی

دکتر علی خاکی صدیق
دبیر شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه‌ریزی و آموزشی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

دانشگاه تهران

برنامه درسی رشته

علوم فضایی

SPACE SCIENCE

کارشناسی ارشد

تهیه‌کنندگان:

دکتر علیرضا محمودیان — عضو هیات علمی دانشگاه تهران

دکتر محمد جواد کلایی — عضو هیات علمی دانشگاه تهران

دکتر علی رضا محب الحجه — عضو هیات علمی دانشگاه تهران

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف) مقدمه

رشته علوم فضایی (Space Science) در مقطع کارشناسی ارشد برای اولین بار در ایران ایجاد می گردد. این رشته به طور کلی به مطالعه جو پیرامونی زمین از ارتفاع ۳۰ کیلومتر تا بیش از چند هزار کیلومتر می پردازد. شناخت این ناحیه از جو زمین از جهات مختلفی حائز اهمیت است. ارتباط مستقیم این ناحیه با جو پایین و پدیده‌های هواشناسی و تبادل انرژی بین دو ناحیه مذکور از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. تاثیر مستقیم و نقش تعیین کننده لایه یون‌سپهر بر امواج الکترومغناطیس و نحوه انتشار آن، نقشی تعیین کننده بر عملکرد و کارایی سامانه‌های مخابراتی، راداری و نظامی دارد. لذا شناخت ناحیه پیرامونی کشور در این محدوده ارتفاعی حیاتی می‌باشد. شناخت ناپایداری‌های جو بالا و یون‌سپهر و مطالعه تاثیر توفان‌های خورشید در محدوده جغرافیایی ایران از جمله اهداف رشته علوم فضایی است. از سوی دیگر، اثرات پدیده‌های طبیعی از جمله زلزله و آذرخش بر لایه یون‌سپهر مورد بررسی قرار خواهد گرفت تا امکان پیش‌نشانگری این دو پدیده و جلوگیری از اثرات مخرب آنها فراهم گردد.

برنامه درسی رشته علوم فضایی براساس فراهم آوردن دانش لازم برای شناخت فیزیکی و عمیق از محیط فضایی زمین و همچنین دانش فنی و بین رشته‌ای برای مطالعه دقیق این ناحیه بنا نهاده شده است. انتظار می‌رود دانش کسب‌شده در طی دوره، دانشجویان را با ابزار لازم و کاربردی در راستای حل مسائل روز کشور در زمینه‌های طراحی و ساخت سامانه‌های فضایی، مخابراتی، سنجش از دور و نظامی فراهم سازد. دسترسی به دانش به‌روز و پیشرفته طراحی سنجنده‌های مورد نیاز در علوم فضایی، آشنایی با آزمایش‌های فضایی فعال در راستای خنثی‌سازی تهدیدات احتمالی و همچنین استفاده از آن به عنوان ابزاری تعیین‌کننده در حوزه‌های نظامی و دفاعی در این رشته در نظر گرفته شده است. کار با مجموعه داده‌های علوم فضایی شامل داده‌های جمع‌آوری شده در سطح کشور شامل داده‌های شبکه ملی گیرنده‌های رادیویی موج کوتاه برای مطالعه لایه پایینی یون‌سپهر، پدیده‌های نوری لحظه توسط دوربین پیشرفته تهیه شده، موقعیت‌یابی و پیش‌بینی آذرخش توسط داده‌های ایستگاه شبکه WWLLN در ایران، داده‌های دستگاه سونداژ یونی، داده‌های آزمایشگاه پلاسمای فضایی، داده چگالی الکترونی یون‌سپهر برای مطالعات اقلیم‌شناختی و پیش‌نشانگری زلزله، داده‌های ماهواره‌های علوم فضایی، داده‌های همکاری بین‌المللی در حوزه آزمایشات فضایی فعال در این رشته مورد نظر قرار خواهد گرفت.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

حوزه‌های مطالعاتی رشته علوم فضایی به مطالعه محیط پیرامونی زمین از ارتفاع ۵۰ کیلومتر تا ۵۰ هزار کیلومتر از سطح زمین شامل فیزیک، شیمی و دینامیک آن می‌باشد. به طور کلی محیط پلاسمای فضایی کره زمین که با نام یون‌سپهر شناخته می‌شود مورد بررسی قرار خواهد گرفت. رشته علوم فضایی در دانشگاه های معتبر جهان به صورت بین‌رشته‌ای و در حوزه‌های ژئوفیزیک، مهندسی برق-مخابرات، فیزیک و هوافضا ارائه می گردد. با توجه به نیازهای هر کشور و تاثیر مستقیم موقعیت جغرافیایی بر لایه‌های پلاسما محیطی، دروس و زمینه‌های مطالعاتی مختص هر کشور متفاوت می‌باشد. هدف از ایجاد و طراحی دروس رشته علوم فضایی در ایران، پاسخ به نیاز کشور و تربیت متخصصین مورد نیاز در زمینه‌های مختلف نظامی، مخابراتی و فضایی بوده تا علاوه بر کسب دانش و شناخت فیزیک فضای پیرامونی کشور از دانش فنی لازم جهت مطالعه و اکتشاف در این حوزه نیز برخوردار گردند. کسب توانایی مطالعه تحلیلی، عددی و میدانی فرایندهای و پدیده‌های فیزیکی در جو زمین در طراحی دروس رشته لحاظ گردیده است.

پ) ضرورت و اهمیت

رشته علوم فضایی در غالب‌های مختلف سال‌ها است که در مراکز معتبر جهان تدریس می‌گردد. هدف اصلی این رشته تربیت نسل جدید از متخصصان مورد نیاز در حوزه علوم و فناوری فضایی می‌باشد. متاسفانه در حوزه فضایی در کشور فارغ‌التحصیلان رشته‌های مهندسی برق، هوا فضا و حتی مکانیک بدون داشتن دانش بنیادی در علوم فضایی مشغول به کار هستند. داشتن دانش و تخصص فنی در کنار یکدیگر از ملزومات اصلی در راستای موفقیت و پیشرفت در حوزه فضایی و طراحی دقیق تجهیزات مورد نیاز این حوزه می‌باشد. با توجه به نیاز کشور و تدوین برنامه درسی علوم فضایی با ماهیت بین‌رشته و با هدف پوشش مباحث کاربردی از جمله علوم فضایی، طراحی سنجنده‌های علوم فضایی، کسب فناوری مورد نیاز، سنجش از دور محیط فضایی کشور، طراحی سامانه‌های مخابراتی و نظامی با در نظر گرفتن پارامترهای محیط فضایی، انتظار می‌رود این رشته قدمی بزرگ در راستای پیشرفت کشور باشد.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس تخصصی	۱۰
دروس اختیاری	۱۴
پایان‌نامه	۴
جمع	۲۸

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
دانش کلی علوم فضایی	• مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱، ۲ • پلاسمای فضایی ۱، ۲ • دینامیک جوّ کاربردی
ابزار عددی در حوزه علوم فضایی	روش‌های عددی در پلاسمای فضایی
مطالعه میدانی در علوم فضایی	• وسایل اندازه‌گیری در علوم فضایی • انتشار امواج الکترومغناطیس در یون‌سپهر • سنجش از دور در علوم فضایی • ناپایداری و امواج در یون‌سپهر

کسب دانش فنی و طراحی در علوم فضایی	• وسایل اندازه‌گیری در علوم فضایی • مهندسی ریزموج در علوم فضایی
مهارت‌های بین‌رشته‌ای	• الکتریسیته جوّ پیشرفته • وسایل اندازه‌گیری در علوم فضایی • مهندسی ریزموج در علوم فضایی • پیش‌نشانگری زلزله توسط امواج رادیویی • فیزیک خورشید و وضع فضا • مبانی علوم سیاره‌ای • سنجش از دور ریزموج زمین
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
ورود به حوزه‌های علمی جدید	دروس تخصصی آزمایش‌های فضایی فعال فیزیک خورشید و وضع فضا مبانی علوم سیاره‌ای پایان نامه

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

فارغ التحصیلان مقاطع کارشناسی در رشته‌های مهندسی برق-مخابرات و الکترونیک، فیزیک و هوا فضا در این دوره می‌توانند پذیرفته شوند.

تبصره: دانشجویانی که رشته مقطع قبلی آنان با این رشته غیرمرتبط (مهندسی هوافضا) می‌باشد بایستی تا ۳ واحد درس الکترومغناطیس پیشرفته را به عنوان درس جبرانی را در نیمسال اول بگذرانند.

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۲)- عنوان و مشخصات کلی دروس جبرانی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱	معادلات دیفرانسیلی	۳	✓			۴۸			
٤	الکترومغناطیس	۳	✓			۴۸			
٥	ریاضی فیزیک ۱	۳	✓			۴۸			
٦	جمع کل	۹				۱۴۴			

- ساعت آموزش برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت، عملی ۳۲ ساعت، کارگاهی ۴۸ ساعت و کار آموزشی (کارورزی) ۶۴ ساعت است.
- هر دانشجو حداکثر تا ۱۲ واحد می‌تواند اخذ نماید.

جدول (۳)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱ (مغناطیس‌سپهر و توفان‌های زمین- مغناطیسی)	۳	✓	–	–	۴۸	–	–	–
۲	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۲ (زبرجوّشناسی و یون‌سپهر)	۳	✓	–	–	۴۸	–	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱	–
۳	پلاسمای فضایی ۱	۲	✓	–	–	۳۲	–	–	–
٤	پلاسمای فضایی ۲	۲		-	✓	۱۶	۳۲	پلاسمای فضایی ۱	-
	جمع کل	۱۰		–	–	۱٤٤	۳۲	–	–

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

جدول (٤)- عنوان و مشخصات کلی دروس اختیاری دوره کارشناسی ارشد رشته علوم فضایی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱.	دینامیک جوّ کاربردی	۳	✓	–	–	۴۸	–	–	–
۲.	انتشار امواج الکترومغناطیس در یون‌سپهر	۳	✓	–	–	۴۸	–	–	–
۳.	وسایل اندازه‌گیری در علوم فضایی	۳	✓	–	–	۴۸	–	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۲
٤.	سنجش از دور در علوم فضایی	۳	–	–	✓	۳۲	۳۲	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱ و ۲	–
٥.	روش‌های عددی در پلاسمای فضایی	۳	✓	–	–	۴۸	–	پلاسمای فضایی ۱	پلاسمای فضایی ۲
٦.	مهندسی ریزموج در علوم فضایی	۳	–	–	✓	۳۲	۳۲	–	–
۷.	آزمایش‌های فضایی فعال	۲	✓	–	–	۳۲	–	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱ و ۲	–
۸.	پیش‌نشانگری زلزله توسط امواج رادیویی	۲	✓	–	–	۳۲	–	مقدمه ای بر علوم فضایی ۱ و ۲	–
۹.	رادار و کاربرد آن در علوم فضایی	۳	–	–	✓	۳۲	۳۲	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۲
۱۰.	ناپایداری و امواج در یون‌سپهر	۳	✓	–	–	۴۸	–	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱ و ۲	–

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱۱.	الکتریسیته جوّ پیشرفته	۳	✓	–	–	۴۸	–	پلاسمای فضایی ۱، مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱	–
۱۲.	سنجش از دور ریزموج زمین	۳	✓	–	–	۴۸	–	–	–
۱۳.	فیزیک خورشید و وضع فضا	۳	✓	–	–	۴۸	–	–	–
۱٤.	مبانی علوم سیاره‌ای	۲	✓	–	–	۳۲	–	–	–

- **دانشجو ملزم به گذراندن حداکثر ۱۴ واحد از دروس اختیاری می باشد.**

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	**مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱ (مغناطیس‌سپهر و توفان‌های زمین‌مغناطیسی)**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Introduction to Space Science I (Magnetosphere and Geomagnetic Storms)**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**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 علوم فضایی، کسب دانش مغناطیس‌سپهر، پلاسمای فضایی و توفان‌های خورشیدی

اهداف ویژه:

آشنایی با تعریف و ارکان فیزیک فضا، ساختار مغناطیس‌سپهر، پلاسمای ژئوفیزیکی فضایی، کمربندهای وان‌آلن، حرکت ذره باردار در میدان‌های الکترومغناطیسی، حرکات راندگی، جریان‌های حلقوی، پلاسما و جریان‌های الکتریکی در مغناطیس‌سپهر، خواص باد خورشیدی، ناپیوستگی‌های MHD، توفان‌های مغناطیسی، انواع شوک‌ها و امواج مغناهیدرودینامیک

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. حرکت ذره باردار در میدان‌های الکترومغناطیسی: حرکت ذره در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، gyration، راندگی EXB، حرکت ذره در یک میدان مغناطیسی نایکنواخت، راندگی گرادیان، راندگی خمیده، ناورداهای بی‌دررو گشتاور مغناطیسی، حرکت ذره در میدان‌های الکتریکی متغیر با زمان

۳. مغناطیس‌سپهر بیرونی (جفت‌شدگی بادخوشیدی- مغناطیس‌سپهر: مغناطیس‌سپهر بیرونی- کاربرد فعالیت‌های ژئومغناطیسی درکاوش جفت‌شدگی باد خورشیدی با مغناطیس‌سپهر-مغناطیس‌ایست، بازپیوند مغناطیسی

٤. مغناطیس‌سپهر داخلی (ذرات به‌دام‌افتاده): میدان دوقطبی، حرکت جهشی، حرکت راندگی، چاه‌ها و چشمه‌ها، توفان‌های مغناطیسی و جریان‌های حلقوی

٥. همرفت و توفان‌های مغناطیسی: پخش مغناطیسی، نظریه هیدرومغناطیسی، عدد مغناطیسی رینولد، پیوند مغناطیسی، همرفت میدان الکتریکی، حفاظ‌ها، پلاسماسپهر

٦. شاره‌ها و ناپیوستگی‌ها: خواص باد خورشیدی، میدان مغناطیسی میان‌سیاره‌ای، شرایط کلی پرش، ناپیوستگی‌های MHD، تغییرات آنتروپی شوک‌های سریع و آهسته، عدد ماخ شوک، شوک‌های موازی و عمودی، جریان‌های مغناطیس‌ورقه، بازپیوند در مغناطیس‌ایست

۷. امواج مغناهیدرودینامیک: امواج در شاره‌های پلاسمایی، رابطه پاشش مغناهیدرودینامیک، امواج آلفون، امواج مغناطیس‌صوتی

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Kallenrode, M. B., ۲۰۰٤: Space Physics. Springer, ٤۸۲ pp.
۲. Russel, C., and M. G. Kivelson, ۱۹۹٦: Introduction to Space Physics, Cambridge University Press, ٥٦۸ pp.
۳. Baumjohan, W., and R. Treumann, ۱۹۹۹: Advanced Space Plasma Physics, Imperial College Press, ۳۸۱ pp.
٤. Gurntt, D. A., and A. Bhattacharjee, ۲۰۰٥: Introduction to Plasma Physics with Space and Laboratory Applications, Cambridge University Press, ٤٥۲ pp.
٥. Bittewcourt, J. A., ۲۰۰٥: Fundamentals of Plasma Physics, Springer, ٦۷۸ pp.
٦. Swanson, D. G., ۲۰۰۳: Plasma Waves, Taylor and Francis, ٤۰۰ pp.
۷. Koskinen, H. E. J., ۲۰۱۱: Physics of Space Storms, Springer, ٤۱۹ pp.

عنوان درس به فارسی:	**مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۲ (زبرجوّشناسی و یون‌سپهر)**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Introduction to Space Science II (Aeronomy and Ionosphere)**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱**		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**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 فیزیک و شیمی جو بالا از ارتفاع ۳۰ کیلومتر تا ۱۰۰۰ کیلومتر، مقدمه‌ای بر نحوه تشکیل یون‌سپهر و دینامیک آن

اهداف ویژه:

۱. آشنایی با جو بالا
۲. آشنایی با لایه یون‌سپهر شامل فیزیک و دینامیک آن
۳. دانش کلی جهت استفاده در پروژه‌های کاربردی علوم فضایی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. شیمی جو (سطح انرژی مولکول‌ها، ملاحظات ترمودینامیکی، تجزیه شیمیایی بر اثر تابش، فرایندهای ناهمگون و چند مرحله‌ای، ذرات تحریک شده در جو میانی)
۲. تابش در جو (تابش خورشیدی، اتلاف تابش در جو، انتقال تابش، تاثیرات فوتوشیمیایی و گرمایی تابش در جو)
۳. ترکیبات جو (اکسیژن، کربن، نیتروژن، هیدروژن، هالوژن، ذرات معلق در پوشن‌سپهر، ازون)
٤. یون‌ها در جو میانی (نحوه تشکیل، شیمی یون‌های مثبت و منفی، امواج رادیویی در یون‌سپهر زیرین)
٥. مقدمه‌ای بر یون‌سپهر (تاریخچه، ناحیه یون‌سپهر و نحوه تشکیل آنها، ساختار جوّ خنثی و یون‌سپهر، مروری بر میدان مغناطیسی زمین و اثر آن بر یون‌سپهر، نحوه تشکیل میدان الکتریکی، تصویرسازی میدان الکتریکی، مدار الکتریکی جهانی)
٦. مقدمه‌ای بر دینامیک یون‌سپهر(حرکت‌های لایه یون‌سپهر در نواحی استوایی، دینامیک لایه‌های F و E، الکتروجت روزانه در نواحی استوایی، مقدمه‌ای بر دینامیک یون‌سپهر در عرض‌های جغرافیایی میانی)

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Brasseur, Guy P., and S. Solomon, ۲۰۰۵: Aeronomy of the Middle Atmosphere: Chemistry and Physics of the Stratosphere and Mesosphere, Springer, ٦٤٦ pp.
۲. Kelley, M. C., ۲۰۰۹: The Earth's Ionosphere, Academic press, Elsevier, ٥٧٦ pp.

۳. Schunk, R. and A. Nagy, ۲۰۰۹: Ionospheres: Physics, Plasma Physics, and Chemistry, Schunk, R. and A. Nagy, Cambridge University Press, ٦٠٧ pp.
۴. Kivelson, M. G. and C. T. Russell, ۱۹۹۵: Introduction to Space Physics, Cambridge University Press, ۵۸۸ pp.
۵. Abdu, A. and Pancheva, ۲۰۱۱: Aeronomy of the Earth's Atmosphere and Ionosphere, Springer, ٤٧٩ pp.

عنوان درس به فارسی:	پلاسمای فضایی ۱		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Space Plasma I		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		تخصصی ■	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۲		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۳۲			

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

هدف کلی:

آشنایی با محیط پلاسمای فضایی، قوانین فیزیکی حاکم، روش‌های مدل‌سازی و فیزیک مربوط به آن

اهداف ویژه:

قابلیت تحلیل میدانی محیط پلاسمای فضایی، مدل‌سازی محیط پلاسمای فضایی، امکان حل مسائل حل نشده در علوم فضایی و اکتشافات جدید

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مفاهیم فیزیک پلاسما (تعریف پلاسما، پارامترهای پلاسما، بسامد پلاسما، پوشش پلاسما، پلاسما در ژئوفیزیک، معیارهای پلاسما، کاربردهای پلاسما)
۲. حرکت تک ذره (معادله حرکت در حضور میدان یکنواخت، رانش الکتریکی (رانش قطبش، E*B، تصحیحات رانش الکتریکی)، رانش مغناطیسی (رانش گرادیان، رانش نیروی کلی، رانش انحنا)، میدان مغناطیسی نایکنواخت، میدان الکتریکی نایکنواخت، میدان‌های الکترومغناطیسی متغیر با زمان، رانش حول مرکز، ثابت‌های بی‌دررو)
۳. برخورد و هدایت (برخورد در پلاسما یونیده‌شده کامل و غیرکامل، هدایت در پلاسمای مغناطیس‌شده و غیرمغناطیس‌شده، ضرایب هدایت یون‌سپهر، جریان‌های الکتریکی در یون‌سپهر، تابش یون‌سپهر)
٤. مدل‌سازی شاره پلاسما (معادله حرکت، معادله پیوستگی، رانش شاره پلاسما عمود و موازی با میدان مغناطیسی، تخمین پلاسما در مدل‌سازی شاره)
٥. نظریه جنبشی (مفهوم تابع سرعت، معادلات نظریه جنبشی (معادله جنبشی پلاسما، معادله بولتزمن، معادله ولاسوو، تخمین معادله ولاسوو)، توزیع سرعت (توزیع ماکسول، غیریکنواخت، مخروط اتلاف‌دار، انرژی)، تاثیرات جنبشی در حضور میدان مغناطیسی)، توابع توزیع اندازه‌گیری‌شده (شارش ذره تفاضلی، شارش ذره در محیط پیرامونی زمین)
٦. تعادل و پایداری شامل ناپایداری در پلاسما، آهنگ رشد موج، ناپایداری جنبشی (تحریک تشدید امواج لنگموئر و ویبل، امواج یون‌صوتی)، ناپایداری شاره (ناپایداری دو جریانی، باریکه الکترومغناطیسی، کلوین-هلمولتز)، تغییرات دمایی
۷. انتشار و مقاومت شامل انتشار و مقاومت در پلاسمای کم‌حجم، اثرات انتشار بر پلاسما، معادله حالت پایدار، اثر ترکیبی پلاسما، انتشار و مقاومت در پلاسما یونیده‌شده کامل، حل معادله انتشار
۸. اثرات غیرخطی (ناپایداری پارامتری، نیروی پاندروموتیو، تاثیرات غیرخطی در پلاسما شامل اتلاف و معادلات، لایه محافظ پلاسما)

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

تعریف پروژه‌های مرتبط به صورت تکلیف به منظور مطالعه عملی و دقیق مطالب و محتوا ارائه شده در درس، ارزشیابی مستمر، استفاده از روش‌های نوین برخط جهت بهبود یادگیری

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:

۱. Chen, F., ۲۰۱٦: Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Springer, ٤۹۰ pp.
۲. Gurnett, D. A. and A. Bhattacharjee, ۲۰۰٥: Introduction to Plasma Physics with Space and Laboratory Applications, Cambridge University Press, ٤٥۲ pp.
۳. Schindler, k., ۲۰۰۷: Physics of Space Plasma Activity, Cambridge University Press, ٥۲٤ pp.
٤. Parks, G. K., ۲۰۱۸: Characterizing Space Plasmas, Springer, ۲۳٤ pp.
٥. Baumjohan, W., and R. Treumann, ۱۹۹۹: Advanced Space Plasma Physics, Imperial College Press, ۳۸۱ pp.
٦. Gary, S. P., ۲۰۰٥: Theory of Space Plasma Micro-instabilities, Cambridge University Press, ۱۹٦ pp.

عنوان درس به فارسی:	**پلاسمای فضایی ۲**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Space Plasma II**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**پلاسمای فضایی ۱**		**پایه** ☐ **نظری** ☐
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی** ■ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۲**		**اختیاری** ☐ **نظری-عملی** ■
تعداد ساعت:	**٤٨**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی:

آشنایی با امواج شناخته در محیط پلاسمای فضایی، کاربرد آنها در سنجش از دور، تاثیر امواج بر روی جو بالا و تبادل انرژی، آشنایی با روش‌های ایجاد پلاسمای فضایی در آزمایشگاه

اهداف ویژه:

آشنایی با امواج شناخته شده در محیط پلاسمای فضایی، برهمکنش موج و ذرات و تبادل انرژی، امکان سنجش از دور و خواص امواج، نحوه تحریک‌پذیری امواج

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مغناهیدرودینامیک شامل نظریه شاره چندگانه (معادلات پیوستگی، حرکت و انرژی)، معادله حالت (فشار یکنواخت، نایکنواخت، ثابت بی‌دررو دوگانه)، قانون بولتزمن، رانش جریان صفحه‌ای خنثی، جریان هدایت شده میدانی
۲. امواج در پلاسماشاره شامل شاره غیرمغناطیس‌شده (نوسان لنگموئر، امواج لنگموئر، امواج یونی صوتی، امواج الکترومغناطیس معمولی)، معادله انتشار، ثابت پاسخ دی الکتریک، امواج مغناهیدرودینامیک (معادله انتشار، امواج چینشی آلفون، مغناایستایی)، امواج پلاسما الکترونی سرد (رابطه انتشار، امواج الکترومغناطیس بسامد بالا، امواج الکترومغناطیس منتشرشونده موازی و عمود بر میدان مغناطیسی)، تَپ‌های ژئومغناطیسی (منبع تولیدکننده تَپ، تَپ Pi۲، تشدید هم‌محور)، امواج پلاسمای دوشاره‌ای، انتشار در جهات مختلف و اثر دینامیک یونی
۳. امواج پلاسماجنبشی شامل امواج لنگموئر، اتلاف لاندائو (پلاسمای گرم، نرخ اتلاف، فیزیک اتلاف لاندائو)، امواج پلاسما غیرمغناطیس‌شده (امواج صوتی یونی و الکترونی، امواج الکترومغناطیس، تابع انتشار پلاسما)، رابطه انتشار مغناطیس‌شده، امواج الکترواستاتیک (امواج صوتی یونی و لنگموئر مغناطیس شده، Bernstein الکترونی و یونی، ترکیبی بالا و پایین، ویستلر، یون چرخشی، Alfven جنبشی)
٤. آزمایشگاه پلاسمای فضایی (آشنایی با فنون خلا، مقایسه خلا جوّ زمین و آزمایشگاه، ایجاد پلاسمای ریزموج)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: تجهیزات آزمایشگاه پلاسمای فضایی در این درس مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Baumjohan, W., and R. Treumann, ۱۹۹۹: Advanced Space Plasma Physics, Imperial College Press, ۳۸۱ pp.
۲. Keiling, L. and V. Nakariakov, ۲۰۱٦: Low-frequency Waves in Space Plasmas, AGU Wiley, ٥۲۸ pp.
۳. Swanson, D. G., ۲۰۰۳: Plasma Waves, ۲nd Edition Series in Plasma Physic, ٤۰۰ pp.
٤. Tsurutani B. T., and H. Oya, ۱۹۸۹: Plasma Waves and Instabilities at Comets and in Magnetospheres, American Geophysical Union, ۲٤۹ pp.
٥. Narita, Y., ۲۰۱۲: Plasma Turbulence in the Solar System, Springer, ۱۰۲ pp.

عنوان درس به فارسی:	دینامیک جوّ کاربردی		
عنوان درس به انگلیسی:	Applied Atmospheric Dynamics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	ندارد	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با حرکت‌ها و گردش‌های جوّی و پایداری یا ناپایداری آنها

اهداف ویژه:

کسب دانش لازم از جو زیرین و تاثیرات آن بر ایجاد ناپایداری در لایه یون‌سپهر و علوم فضایی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. قوانین پایستاری پایه: تحلیل حرکت شاره‌ها (روش اویلری و روش لاگرانژی)، مشتق تام، معادلات تکانه، پیوستگی، تحلیل مقیاس معادلات حاکم بر حرکت، تقریب آب‌ایستایی، معادلات بسیط در دستگاه مختصات کروی، معادله انرژی (ترمودینامیکی)، معادلات آب کم‌عمق
۲. دینامیک تاوایی: مفهوم گردش و تاوایی، معادله گردش در شاره چرخان، اثرات کژفشاری و وشکسانی در ایجاد گردش، قضیه کلوین، معادله تاوایی، تاوایی پتانسیلی راسبی (ارتل)
۳. حرکت های مقیاس بزرگ: نظریه شبه‌زمینگرد، معادلات شبه‌زمینگرد تکانه و تاوایی، تاوایی پتانسیلی شبه‌زمینگرد و سرعت قائم، گردش آزمینگرد
٤. امواج و کشند جوّی: امواج گرانی آب کم‌عمق، امواج گرانی درونی، امواج گرانی- لختی، امواج کوهستان، امواج راسبی، امواج راسبی فشارورد آزاد، امواج راسبی واداشته، مشاهدات کشند، نظریه کشند شامل معادله کشند لاپلاس، معادله ساختار قائم، معادله کشند لاپلاس ساده‌شده، جواب‌های نیم‌روزانه و روزانه، کشند روزانه قمری
۵. ناپایداری‌های دینامیکی: ناپایداری کلوین-هلمهولتز، شرایط لازم برای ناپایداری، ناپایداری کژفشار، مسئله ایدی، ناپایداری کژفشار در مدل دولایه‌ای، قضیه ریلی در ناپایداری کژفشار، ناپایداری فشارورد
٦. دینامیک جوّ میانی: ساختار و گردش جوّ میانی، انتشار قائم امواج راسبی، گرمایش ناگهانی پوشن‌سپهر، امواج در پوش‌سپهر استوایی، انتشار قائم امواج گرانی، نوسان شبه‌دوسالانه

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Holton, J. R., and G. J. Hakim, ۲۰۱۳: An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press, ۵۳۲ pp.
۲. Pedlosky, J., ۱۹۸۷: Geophysical Fluid Dynamics. Springer Verlag, New York, ٦۲٤ pp.
۳. Gill, A., ۱۹۸۲: Atmosphere-Ocean Dynamics. Academic Press, ٦٦۲ pp.
٤. Andrews, D.G., J.R. Holton, and C.B. Leovy, ۱۹۸۷: Middle Atmosphere Dynamics. Academic Press, ٤۸۹ pp.
٥. Hoskins, B. J., and I. N. James, ۲۰۱٤: Fluid Dynamics of the MidLatitude Atmosphere. John Willey & Sons, Ltd, ٤۰۸ pp.
٦. Vallis, G. K., ۲۰۱۷: Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-Scale Circulation. Second Ed., Cambridge University Press, ۹٤۱ pp.
۷. Lindzen, R. S., ۱۹۹۰: Dynamics in Atmospheric Physics. Cambridge University Press, ۳۱۰ pp.
۸. Zdunkowski, W., and A. Bott, ۲۰۰۳: Dynamics of the Atmosphere. Cambridge University Press, ۷٤۲ pp.

عنوان درس به فارسی:	**انتشار امواج الکترومغناطیس در یون‌سپهر**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Radio-Wave Propagation in Ionosphere**	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**	**پایه** ☐	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**	**تخصصی** ☐	**عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**٤٨**	**رساله / پایان‌نامه** ☐	

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

هدف کلی: آشنایی با یون‌سپهر و لایه‌های مختلف آن، آشنایی با امواج الکترومغناطیس و نحوه انتشار آنها در یون‌سپهر، آشنایی با معادلات حاکم بر نحوه انتشار امواج الکترومغناطیس در محیط پلاسمای فضایی و نحوه مدل‌سازی آن

اهداف ویژه:

آشنایی با نحوه انتشار امواج الکترومغناطیس در محیط پلاسمای فضایی با هدف شبیه‌سازی سیگنال‌های راداری و کاربردهای نظامی، بررسی عملکرد رادارهای برد بلند، طراحی سامانه‌های نظامی، مخابراتی و فضایی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: معرفی یون‌سپهر، نظریه چپمن و نحوه شکل‌گیری یون‌سپهر، نوارهای بسامدی موجود و کاربردهای آن
۲. قوانین ماکسول: امواج الکترومغناطیس و قوانین ماکسول، تحلیل قوانین ماکسول برای امواج سطحی، بردار پوینتینگ، قطبش، امواج سطحی غیریکنواخت، ضرایب بازتاب
۳. انتشار امواج رادیویی در یون‌سپهر: امواج تخت در ناحیه جو بالا، پراکندگی و انتشار در یون‌سپهر، تاخیر فاز و گروه، میزان کل الکترون در یون‌سپهر (TEC)، تخمین WKB و حل کامل معادله انتشار در مواد ناهمگن، برخورد قائم با یون‌سپهر، اتلاف در یون‌سپهر
٤. امواج رادیویی در مواد ناهمگن: تحلیل میدان در مواد ناهمگن، ردیابی پرتو، معادله Eikonal و معادله کلی ردیابی پرتو، مجرای وردسپهر، انتشار امواج در موجبر زمین و یون‌سپهر در نوار بسامدی بسیار پایین (ELF)
۵. نظریه مگنتوآیونیک: امواج تخت در مواد نایکنواخت، نظریه مگنتوآیونیک، چرخش فارادی و کاربرد آن در سنجش از دور شامل اندازه‌گیری میزان الکترون‌ها در یون‌سپهر و هواویزها در جو، امواج با بسامد پایین Whistlers

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

استفاده از منابع علمی تخصصی برای مطالعه دقیق و فیزیکی انتشار امواج الکترومغناطیس در محیط پلاسمای فضایی تحت تاثیر میدان مغناطیسی زمین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Budden, K. G., ۲۰۱۰: Propagation of Radio Waves, Cambridge University Press, ٦٦٩ pp.
۲. Davies, K., ۱۹۹۰: Ionospheric Radio, The Institution of Engineering and Technology, ٦۰۰ pp.
۳. Yeh, K. C., and C. H. Liu, ۱۹۷۲: Theory of Ionospheric Waves, Academic Press, ٤٦٤ pp.
٤. Kerr, D. E., ۱۹٥۱: Propagation of Short Radio Waves, McGraw Hill, ۷۲۸ pp.
٥. Ratcliffe, J. A., ۱۹٦۲: The Magneto–Ionic Theory, Cambridge University Press, ٤٥۹ pp.

عنوان درس به فارسی:	وسایل اندازه‌گیری در علوم فضایی		
عنوان درس به انگلیسی:	Space Science Instrumentation	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۲	تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: آشنایی با وسایل اندازه‌گیری در فیزیک فضا شامل سنجنده‌های فعال و غیرفعال، سنجنده‌های رادیویی، نوری، راداری و محلی با استفاده از ماهواره‌های کوچک

اهداف ویژه:

کسب دانش فنی بین‌رشته‌ای، دانش کاربردی در طراحی وسایل اندازه‌گیری حوزه فضایی با لحاظ کردن فیزیک فضا، بومی‌سازی سنجنده‌های فضایی، رفع نیاز کشور و گسترش دانش

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. سونداژ یونی: مقدمه بر عملکرد و اصول دستگاه آیونوسوند در اندازه‌گیری چگالی الکترون‌های آزاد، اثر امواج گرانی، پارامترهای شهاب‌سنگ ورودی به جوّ زمین، ناپایداری لایه گسترده E

۲. رادارهای پراکندگی ناهمگون: معرفی رادارهای پراکندگی ناهمگون، ویژگی‌های طیف بسامدی شامل خطوط بسامدی یونی و پلاسما در اندازه‌گیری دما و چگالی الکترون‌های آزاد و خواص امواج گرانی در لایه یون‌سپهر

۳. رادار سوپردارن: تاریخچه و معرفی رادار سوپردارن و کاربرد آن در علوم فضایی و اندازه‌گیری ناپایداری‌های عرض جغرافیایی بالا شامل ارتباط لایه یون‌سپهر و مغناطیس‌سپهر، الگوی همرفتی و میدان‌های الکتریکی، جریان‌های الکتریکی، توفان‌های خورشیدی، اتصال مجدد مغناطیسی، دنباله یونیده‌شده شهاب‌سنگ‌ها

٤. تصویربرداری راداری: اصول تصویربردار سه‌بعدی راداری توسط رادارهای آرایه فازی و پردازش داده برای کاربردهای فیزیک فضا شامل دینامیک ناپایداری‌های لایه پلاسما و غبار

٥. تصویربردار نوری: معرفی سنجنده‌های تصویربرداری کل آسمان نوری شامل طول موج های ۶۳۰ و ۵۵۷.۷ نانومتر برای بررسی ناپایداری‌های طبیعی شامل دینامیک و فیزیک شفق قطبی، ناپایداری‌های متحرک لایه یون‌سپهر و ناپایداری‌های حاصل از آزمایش‌های فضایی فعال

٦. آزمایش‌های فضایی فعال: معرفی آزمایش‌های فضایی شامل گرم کردن پلاسما توسط امواج قوی الکترومغناطیس در نوار بسامدی بالا، بررسی امواج تحریکی پلاسما و کاربردهای آن در سنجش از دور، معرفی آزمایش‌های فضایی فعال شامل رهاسازی ذرات غبار و شیمیایی و بررسی اثرات آن بر جوّ زمین

۷. اندازه‌گیری توسط ماهواره کوچک: معرفی سنجنده‌های رادیویی فعال و غیرفعال برای استفاده در ماهواره کوچک، روش‌ها و وسایل اندازه‌گیری در محل شامل اندازه‌گیری چگالی الکترون‌های آزاد، ذرات غبار، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی

۸. سامانه ناوبری جهانی: کاربرد سامانه ناوبری ماهواره‌ای جهانی در اندازه‌گیری چگالی الکترون‌های آزاد در مسیر عبور، میزان بخار آب در جو و اثر امواج گرانی

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Lyu, L. H., ۲۰۱۲: Space Weather Study Using Multipoint Techniques, Elsevier, ۳۷٤ pp.
۲. Jin, S., E. Cardellach, F. Xie, ۲۰۱٤: GNSS Remote Sensing: Theory, Methods and Applications, Springer, ۲٦۹ pp.
۳. Janson, W., ۲۰۰۸: Small Satellites: Past, Present, and Future, AIAA, ۸۷٦ pp.
٤. Hunsucker, R. D., ۱۹۹۱: Radio Techniques for Probing the Terrestrial Ionosphere, Springer-Verlag, ۲۹۳ pp.
٥. Plohotniuc, E., and N. Blaunstein, ۲۰۰۸: Ionosphere and Applied Aspects of Radio Communication and Radar, CRC Press, ٦۰۰ pp.

عنوان درس به فارسی:	**سنجش از دور در علوم فضایی**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Remote Sensing in Space Science**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱ و ۲**		**پایه** ☐ **نظری** ☐
دروس هم‌نیاز:			**تخصصی** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** ■
تعداد ساعت:	**٦٤**		**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 کمیت‌ها و ناپایداری‌های لایه‌های پلاسما در جوّ زمین در شرایط طبیعی و غیرطبیعی شامل حضور توفان‌های خورشیدی، شرایط مغناطیسی فعال، ریزش الکترون‌های آزاد از کمربند تابشی زمین، خورشیدگرفتگی، و آزمایش‌های فضایی فعال با استفاده از امواج قوی الکترومغناطیس در نوار بسامد بالا

اهداف ویژه:

آشنایی با اصول سنجش از دور، آشنایی با سنجنده‌های علوم فضایی، مطالعه فیزیک و روش سنجش، ایجاد توانایی نوآوری در زمینه علوم فضایی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معرفی سنجش از دور: مقدمه‌ای بر سنجش از دور شامل تعاریف، اصول، کاربردها در فیزیک فضا، روش ها و زیرساخت‌ها
۲. مقدمه‌ای بر یون‌سپهر و جو: معرفی پارامترهای مهم لایه یون‌سپهر شامل لایه‌های D، E، ۱F، ۲F ولایه‌های گسترده E وF و ذرات خنثی در جو، بررسی اثرات لایه پلاسما بر انتشار امواج الکترومغناطیس شامل انحراف، بازتاب، اعوجاج و پراکندگی
۳. نظریه انتشار امواج الکترومغناطیس: مقدمه بر معادلات ماکسول، انتشار امواج الکترومغناطیس در فضای آزاد، برخورد امواج الکترومغناطیس با جوّ زمین، نظریه مگنتوآیونیک، فرمول اپلیتون هارتریی و کاربردهای آن در انتشار امواج رادیویی در محیط های مختلف شامل اثر میدان مغناطیسی زمین و انتشار در محیط های ناهمگون
٤. اصول سنجش از دور فعال و غیر فعال: اصول و نظریه سنجش از دور فعال و غیر فعال، تقسیم‌بندی سنجش از دور براساس پارامترهای قابل اندازه‌گیری
٥. آیونوسوند: معرفی دستگاه اندازه‌گیری آیونوسوند و کاربردهای آن در فیزیک فضا، اندازه‌گیری پارامترهای لایه پلاسما شامل چگالی و سرعت داپلری، اثر و پارامترهای امواج گرانی، لایه گسترده E و ناپایداری‌های مربوط به آن، پارمترهای شهاب‌سنگ ها در جوّ زمین
٦. پراکندگی همگون و ناهمگون راداری و کاربردها: مقدمه‌ای بر پراکندگی همگون و ناهمگون سیگنال راداری، معرفی رادارها براساس پراکندگی همگون و ناهمگون، اندازه‌گیری پارامترها وناپایداری‌ها توسط رادار سوپردارن شامل لایه‌های یون‌سپهر و مغناطیس‌سپهر در عرض‌های جغرافیایی شمالی، آشنایی با اصول تصویربرداری راداری توسط رادارهای پراکندگی همگون، اصول اندازه‌گیری پارامترهای لایه پلاسما با استفاده از رادار پراکندگی ناهمگون
۷. سامانه ناوبری جی پی اس: معرفی سامانه ناوبری جی پی اس شامل مدار، سیگنال و بسامدهای مورد استفاده، بررسی اثر لایه پلاسما و جو بر سیگنال عبوری جی پی اس شامل اعوجاج و انحراف و کاربرد آن در اندازه‌گیری چگالی الکترون‌های آزاد در مسیر عبور، میزان بخار آب در جو و اثر امواج گرانی

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

هریک از دانشجویان موظف به انتخاب یکی از سنجنده‌های از راه دور فعال و یا غیرفعال، بررسی کاربردهای آن در فیزیک فضا شامل اصول اندازه گیری پارامترها و نوع ناپایداری، روش‌های پردازش داده، و روش‌های تشخیص و ارائه سمینار می‌باشد.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۷۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Rees, W. G., ۲۰۱۳: Physical Principles of Remote Sensing, Cambridge University Press, ۳rd Edition, ٤۹۲ pp.
۲. Stephens, G. L., ۱۹۹٤: Remote Sensing of the Lower Atmosphere: An Introduction, Oxford University Press, ٥٤٤ pp.
۳. Weng, O., ۲۰۱۲: An Introduction to Contemporary Remote Sensing, ۱st Edition, McGraw-Hill, ۳۲۰ pp.
٤. Lavender, S., and A. Lavender, ۲۰۱٥: Practical Handbook of Remote Sensing, CRC Press, ۲٤٤ pp.

عنوان درس به فارسی:	روش‌های عددی در فیزیک پلاسما فضایی		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Techniques in Space Plasma Physics		
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای فضایی ۱		
دروس هم‌نیاز:	فیزیک پلاسمای فضایی ۲		
تعداد واحد:	۳		
تعداد ساعت:	٤٨		

نوع درس و واحد		
نظری ■	پایه ☐	
عملی ☐	تخصصی ☐	
نظری-عملی ☐	اختیاری ■	
	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با روش‌های عددی در تحلیل حالت و ناپایداری‌های پلاسما برای کاربرد در علوم فضایی شامل ناپایداری‌ها و امواج طبیعی در لایه یون‌سپهر در عرض‌های جغرافیایی مختلف و همچنین ناپایداری‌های پلاسما ایجاد شده توسط امواج الکترومغناطیس بسیار قوی در نوار بسامد بالا

اهداف ویژه:

آشنایی با روش‌های عددی، نحوه شبیه‌سازی عددی پلاسمای فضایی، نحوه تعیین مدل مناسب با توجه به فیزیک مسئله

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر فیزیک پلاسمای فضایی (مروری بر فیزیک پلاسمای فضایی، مدل شاره برای پلاسما و امواج حاضر در پلاسمای فضایی، انتشار و برخورد امواج الکترومغناطیس در پلاسما، مدل جنبشی برای پلاسما و ناپایداری‌های حاضر در پلاسما)
۲. مدل محاسباتی برای مدل جنبشی پلاسمای فضایی (معرفی روش عددی Particle in Cell در یک، دو، و سه بعد برای شبیه‌سازی عددی امواج الکترواستاتیک و الکترومغناطیس در پلاسمای فضایی) مدل جنبشی الکترواستاتیک: شامل بارگذاری ذرات در محیط شبیه‌سازی، حل عددی معادلات Force Lorentz، پواسون، و شرایط مرزی متناوب و ثابت (با توجه به نوع کاربرد، مدل جنبشی الکترومفناطیس علاوه بر معادلات فوق شامل حل معادلات ماکسول نیز می‌باشد.)
۳. مدل محاسباتی برای مدل شاره پلاسمای فضایی (تحلیل معادلات پیوستگی و تکانه، بررسی روش‌های عددی شامل شبه‌طیفی و جداسازی تفاضل متناهی برای ساختارهای متناوب و غیرمتناوب)
٤. مدل‌های ترکیبی الکترواستاتیک و الکترومغناطیس (مدل های ترکیبی شامل مدل کردن ذرات یون به صورت شاره و با استفاده از معادلات پیوستگی و تکانه، و مدل کردن ذرات الکترون به صورت جنبشی می‌باشد. بررسی بازه زمانی و مکانی برای امواج و ناپایداری فیزیک پلاسمای فضایی مدل شده توسط روش‌های ترکیبی، ساده‌سازی معادلات با توجه به ساختار مسئله و بررسی روش‌های عددی)
٥. مدل الکترودینامیک مغناطیسی (معرفی مدل‌های Magneto Hydrodynamics MHD)
٦. مدل عددی الکترون ذره مرکز چرخشی (معرفی مدل عددی الکترون ذره مرکز چرخشی و کاربردهای آن در فیزیک پلاسمای فضایی)
۷. کاربردها (کاربردهای روش‌های عددی در فیزیک پلاسما و برای محیط پلاسمای فضایی در لایه یون‌سپهر و مغناطیس‌سپهر و در عرض‌های جغرافیایی مختلف، آزمایش‌های فضایی فعال شامل میدان الکترومغناطیسی خارجی)

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

هر دانشجو موظف به انتخاب یک روش عددی و تغییر آن برای شبیه‌سازی یک مسئله مربوط به فیزیک فضا شامل ناپایداری یا موج پلاسما تحریک شده می‌باشد.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Tajima, T., ۲۰۰٤: Computational Plasma Physics, Taylor & Francis Inc, ٥۲۷ pp.
۲. Birdsall, C. K., and A.B Langdon, ۲۰۱۷: Plasma Physics via Computer Simulation, Taylor & Francis Inc, ٥۰٤ pp
۳. Jardin, S., ۲۰۱۰: Computational Methods in Plasma Physics, CRC Press, ۳۷۲ pp.
٤. Goedbloed, P. H., and S. Poedts, Principles of Magneto Hydrodynamics: With Applications to Laboratory and Astrophysical Plasmas, Cambridge University Press, ٦۱۳ pp.

عنوان درس به فارسی:	**مهندسی ریزموج در علوم فضایی**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Microwave Engineering in Space Science**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**		**پایه** ☐ **نظری** ☐
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** ■
تعداد ساعت:	**٦٤**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی:

آشنایی با اصول مهندسی ریزموج و کاربرد آن در طراحی سنجنده‌های علوم فضایی برای اندازه‌گیری پارامترها و مطالعه جو پیرامونی زمین

اهداف ویژه:

آشنایی با اصول ریزموج، سنجنده‌های ریزموج، روش طراحی، نرم افزار ریزموج، روش‌های ساخت

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. خطوط انتقال و موجبر: جواب کلی برای انتشار TEM–TE –TM، موجبر صفحه موازی، موجبر مستطیلی، موجبر دایره‌ای، موجبر میکرواستریپی، انتشار بر روی دی‌الکتریک
۲. تحلیل شبکه ریزموج: جریان و ولتاژ معادل، ماتریس امپدانس، ماتریس پراکندگی، ماتریس انتقال
۳. تطبیق امپدانس: تطبیق با المان‌های فشرده، تطبیق تک و دو باندل، تطبیق توسط خط انتقال
٤. پالایه ریزموج: ساختارهای متناوب، طراحی پالایه با استفاده از روش تصویر و اتلاف الحاقی، تبدیل پالایه، روش به‌کارگیری
٥. طراحی تقویت‌کننده ریزموج: تقویت‌کننده‌های توان، پایداری، تقویت توان دوکاناله، طراحی تقویت‌کننده ترانزیستور نوارپهن
٦. ترکیب‌کننده‌ها و نوسانگر ریزموج: نوسانگر نوار رادیویی، نوسانگر ریزموج، ضرب‌کننده بسامدی، مدارات ترکیبی
۷. مروری بر کاربرد ادوات ریزموج در علوم فضایی

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

در این درس روش طراحی و نرم افزارهای موجود در حوزه مهندسی ریزموج به علاوه پیشرفت‌های صورت گرفته و نیازهای کشور در حوزه سنجنده‌های ریزموج در علوم فضایی به دانشجویان معرفی می‌شود.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Pozar, D. M., ۲۰۰۹: Microwave Engineering, ۳Rd, Wiley, ۷۵۲ pp.
۲. Khan, A. S., ۲۰۱٤: Microwave Engineering: Concepts and Fundamentals, CRC Press, ۸۰۰ pp.
۳. Barué, G., Microwave Engineering: Land & Space Radiocommunications, Wiley, ٤٦٤ pp.
٤. Solimini, D., ۱۹۹٥: Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment, CRC Press, ٥٥۰ pp.

عنوان درس به فارسی:	آزمایش‌های فضایی فعال		
عنوان درس به انگلیسی:	Active Space Experiments	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مقدمه ای بر علوم فضایی ۱ و ۲	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با فناوری‌های جدید در حوزه آزمایش‌های فضایی فعال، روش‌های نوین ایجاد پدیده‌های طبیعی در فضا با استفاده از آزمایش‌های فضایی فعال، کاربرد این حوزه در علوم فضایی و صنایع دفاعی

اهداف ویژه:

کسب دانش کاربردی، فیزیک کاربردی علوم فضایی، مهندسی معکوس، رفع تهدیدات احتمالی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر آزمایش‌های فضایی فعال: آشنایی با مراکز آزمایش فضایی فعال شامل هارپ، آیسکت و سورا، بررسی فناوری و توانایی فرستنده‌ها، مروری بر فیزیک مدوله‌سازی یون‌سپهر توسط امواج الکترومغناطیس
۲. تحریک یون‌سپهر توسط امواج الکترومغناطیس بسامد بالا: معرفی ناپایداری‌های کاهشی پارامتری، اکتشافات امواج القایی ثانویه، شتاب‌دهی الکترونی، لایه یون‌سپهر مصنوعی، ایجاد امواج بسامد فراپایین، فرایندهای نوری مصنوعی
۳. تحریک ابرهای میان‌سپهری: پراکنش راداری از ابرهای میان‌سپهر قطبی در فصل تابستان و زمستان، مدوله‌سازی پراکنش راداری، مطالعه فیزیکی مدوله‌سازی، بررسی وابستگی فرایند باردار شدن و کاهش ناپایداری به مدوله‌سازی الکترومغناطیسی
٤. رهاسازی ابر یونی در جو زمین: پیشینه رهاسازی ابر یونی در جوّ زمین، تاثیرات ژئوفیزیکی رهاسازی، انواع ترکیبات رها شده، فرایندهای شیمیایی و پایداری ابر یونی، کاربردها
٥. آذرخش مصنوعی: مطالعه نحوه ایجاد آذرخش ابر به زمین و برعکس، کاربردها، فناوری‌های موجود

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

استفاده از مجموعه مقالات روز دنیا و فنون جدید در این حوزه لحاظ خواهد شد.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۸۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۲۰ درصد

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Delzanno, G. L., Borovsky J. E., M. Evgeny, ۲۰۲۰: Active Experiments in Space: Past, Present, and Future, Frontiers in Astronomy and Space Sciences.
۲. Recent paper and available documents
۳. Kelley, M. C., ۲۰۰۹: The Earth's Ionosphere, Academic press, Elsevier, ٥٧٦ pp.

عنوان درس به فارسی:	پیش‌نشانگری زلزله با استفاده از امواج رادیویی		
عنوان درس به انگلیسی:	Earthquake Prediction with Radio Waves	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مقدمه ای بر علوم فضایی ۱ و ۲	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با روش‌های جدید پیش‌نشانگری زلزله با استفاده امواج الکترومغناطیسی در نوارهای بسامدی مختلف و تعیین تغییرات سیگنال عبوری از ناحیه ناپایدار در چند روز منتهی به زلزله به منظور پیش‌نشانگری

اهداف ویژه:

مطالعه علمی و بنیادی پیش‌نشانگری زلزله در ایران، استفاده از تجهیزات موجود در پیش‌نشانگری، کسب دانش بنیادی تغییرات یون‌سپهری و ارتباط آن با فعالیت های پیش لرزه‌ای

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مطالعه امواج گرانی ناشی از زلزله: خروج گاز رادون، یونش هوا، اثرات ژئوشیمیایی، اثرات هواشناسی، تغییرات دینامیک یون‌سپهر و مدار الکتریک جهانی، مطالعه امواج تحریکی ناشی از زلزله، خواص و نحوه انتشار، رابطه پارامترهای امواج گرانی با شدت زلزله
۲. اثرات زلزله بر لایه یون‌سپهر: بررسی تغییرات چگالی الکترون‌های آزاد در لایه یون‌سپهر، رابطه آن با شدت زلزله و پارامترهای امواج گرانی، تغییرات چگالی الکترون‌های آزاد در چند روز منتهی به زلزله، روز زلزله و مدت زمان بازگشت به حالت نرمال، بررسی وابستگی زمانی در طول روز و فصل
۳. تحریک امواج ELF و ULF توسط زلزله: بررسی نتایج مشاهدات مربوط به تحریک امواج الکترومفناطیسی در نوارهای بسامدی بسیار پایین و بی‌نهایت پایین
٤. اثر ناپایداری‌های ناشی از زلزله بر انتشار امواج ELF و VLF: اثر ناپایداری ناشی از زلزله در لایه یون‌سپهر بر سرعت انتشار و خواص امواج عبوری ELF و VLF به منظور پیش‌نشانگری
٥. پیش‌نشانگری زلزله با استفاده از امواج الکترومغناطیسی: بررسی روش‌های جدید تحریک امواج الکترومغناطیسی در نوار بسامدی ۱۰ هرتز تا ۱۰ کیلوهرتز با استفاده از فرستنده‌های زمینی به منظور پیش‌نشانگری زلزله
٦. تاثیرات زلزله بر سیگنال ماهواره‌های ناوبری: معرفی سامانه‌های ناوبری و عملکرد آن، آشنایی با سیگنال ماهواره ناوبری و استخراج پارامترهای یون‌سپهر، پارامتر چگالی الکترون کل و کاربرد آن در پیش‌نشانگری زلزله

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۸۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۲۰ درصد

ج) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Hayakawa, M., ۲۰۱٦: Earthquake Prediction with Radio Techniques, Wiley, ۳۰٤ pp.
۲. Pulinets, S., K. Boyarchuk, ۲۰۰٤: Ionospheric Precursors of Earthquakes, Springer, ۲۸۸ pp.

عنوان درس به فارسی:	**رادار و کاربرد آن در علوم فضایی**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Radars and its application in Space Science**	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:	**مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱**	**پایه** ☐	**نظری** ☐
دروس هم‌نیاز:	**مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۲**	**تخصصی** ☐	**عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** ■
تعداد ساعت:	**٦٤**	**رساله / پایان‌نامه** ☐	

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

هدف کلی:

کسب دانش فنی رادار شامل طراحی، اصول و عملکرد، کاربرد رادار در علوم فضایی شامل نحوه اندازه‌گیری و سنجش با توجه به فیزیک مسئله، مطالعه ناپایداری‌های لایه پلاسمای جو در نواحی جغرافیایی مختلف

اهداف ویژه:

استفاده از بانک‌های داده راداری در جهان در حوزه علوم فضایی، آشنایی با نرم‌افزارهای مرتبط، امکان طراحی و انجام آزمایش در مراکز معتبر جهان، طراحی و انجام آزمایش با استفاده از سامانه آیونوسوند در موسسه ژئوفیزیک

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. نظریه و اصول عملکرد رادار: معادله رادار، بسامد رادار، بلوک دیاگرام رادار، سطح سیگنال به نوفه، تابع چگالی احتمال، سطح مقطع راداری، توان فرستنده
۲. اکتشاف، رهگیری و موقعیت‌یابی: هدف رهگیری توسط رادار، رهگیری تک‌تَپ، روبش مخروطی، محدودیت در دقت رهگیری، رهگیری در فاصله، تشخیص هدف
۳. اندازه‌گیری سرعت و فاصله: روش‌های اندازه‌گیری سرعت و فاصله توسط رادار، بهبود اندازه‌گیری، کاهش نوفه، فشردگی تَپ
٤. تحلیل عملکرد رادار: روش‌های بهبود عملکرد، افزایش سطح سیگنال به نوفه، روش حذف سیگنال ناخواسته
٥. طراحی سامانه رادار: طراحی سامانه آنتن، طراحی گیرنده، طراحی فرستنده شامل مگنترون، منبع تغذیه رادیویی و تقویت کننده
٦. رادارهای پراکندگی همگون: روش اندازه‌گیری، مشاهده ناپایداری‌های هم‌محور با میدان مغناطیسی، مشاهده ناپایداری لایه‌های E و F در عرض‌های جغرافیایی مختلف، مروری بر اندازه‌گیری رادار سوپردارن، آشکارسازی امواج پلاسما، جفت‌شدگی مغناطیس‌سپهر و یون‌سپهر، بررسی اثر توفان خورشیدی، تصویر برداری راداری، آشنایی با سامانه آیونوسوند
۷. رادارهای پراکندگی ناهمگون: تحلیل طیف بسامدی، روش اندازه‌گیری دما، چگالی الکترون، خطوط پلاسمای یونی و الکترونی، کاربرد در ژئوفیزیک، بررسی فرایند انتقال انرژی و گشتاور در جو بالا، جفت‌شدگی انرژی یون‌سپهر و مغناطیس‌سپهر

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

معرفی فناوری‌های روز دنیا در ایجاد سامانه‌های راداری پیشرفته در مطالعات علوم فضایی، آشنایی دانشجویان با امکانات راداری و مراکز داده در جهان، نحوه استفاده از داده ها، نرم افزارهای مربوطه

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Skolnik, M., ۲۰۰۲: Introduction to Radar systems, McGraw-Hill, ۷۸٤ pp.
۲. Hysell, D., ۲۰۱۸: Antennas and Radar for Environmental Scientist and Engineers, Cambridge University Press, ٤۲۰ pp.
۳. McCrea, I., et al., ۲۰۱٥: The science case for the EISCAT_۳D radar, Progress in Earth and Planetary Science, ٦۸ pp.

عنوان درس به فارسی:	ناپایداری و امواج در یون‌سپهر		
عنوان درس به انگلیسی:	Waves and Instabilities in the Ionosphere	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱ و ۲	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

.....

هدف کلی:

آشنایی با ناپایداری‌ها و امواج در لایه یون‌سپهر در عرض‌های جغرافیایی استوایی، میانی و بالا، نحوه ایجاد و گسترش ناپایداری‌ها، تبادل انرژی در نواحی مختلف، بررسی فصلی

اهداف ویژه:

بررسی ناپایداری‌ها، نحوه سنجش از دور، تاثیر بر سامانه‌های ناوبری و مخابراتی، ملاحظات طراحی فضاپیما و تجهیزات فضایی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. امواج و ناپایداری در عرض میانی (ساختار پلاسمای یون‌سپهر در مقیاس بزرگ، نوسان لایه خنثی، نقش امواج و کشند در ایجاد ساختار یون‌سپهر، اثر ریزش ذرات در عرض میانی، ناپایداری‌های عرض میانی در لایه F)
۲. الکترودینامیک عرض جغرافیایی بالا (جفت شدگی الکتریکی بین یون‌سپهر، مغناطیس‌سپهر و توفان خورشیدی، فرایندهای همرفتی در یون‌سپهر، جریان‌های الکتریکی هم‌جهت با میدان)
۳. ناپایداری و ساختار عرض جغرافیایی بالا (ساختارهای مقیاس بزرگ و سیاره‌ای، ساختار مقیاس میانی، ساختارها و ناپایداری مقیاس کوچک، پدیده لایه‌سازی در ناحیه E، مقدمه‌ای بر تشکیل الکتروجت و ساختارهای غیرخطی آن)
٤. دینامیک و الکترودینامیک میان‌سپهر (ابرهای میان‌سپهری و بی‌هنجاری دمایی، شکست امواج گرانی، پراکنش راداری از ابرهای میان‌سپهری، امواج غیرخطی میان‌سپهر)
٥. پاسخ یون‌سپهر به میدان الکتریکی (دینامیک پلاسمای موازی، دینامیک پلاسمای عمودی شامل گرمایش یونی در اثر فرایند برخورد، فرایند ترکیب یونی وابسته به سرعت، توفان‌های مثبت و منفی یون‌سپهر، فرایند شتاب‌گیری ذرات در لایه بالای یون‌سپهر، نیروی الکترودینامیک ذرات خنثی)

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

استفاده از مجموعه مقالات مروری به‌روز جهان در این حوزه به منظور انتقال دانش جدید و آشنایی دانشجویان با حوزه‌های تحقیقاتی مورد اهمیت و مورد نیاز کشور

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Kelley, M. C., ۲۰۰۹: The Earth's Ionosphere, Academic press, Elsevier, ۵۷٦ pp.
۲. Schunk, R. and A. Nagy, ۲۰۰۹: Ionospheres: Physics, Plasma Physics, and Chemistry, Cambridge University Press, ٦۰۷ pp.
۳. Kintner P. M. Jr., et al., ۲۰۰۸: Midlatitude Ionospheric Dynamics and Disturbances, AGU publication, ۳۲۷ pp.

عنوان درس به فارسی:	الکتریسیته جوّ پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Atmospheric Electricity	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	پلاسمای فضایی ۱، مقدمه‌ای بر علوم فضایی ۱	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	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 نحوه تشکیل میدان الکتریکی در جوّ بالا و یون‌سپهر، انواع آذرخش و تاثیر آن بر توازن انرژی در جو، نحوه تشکیل لایه‌های الکتروجت در عرض‌های جغرافیایی استوایی و بالا، کاربردهای الکتروجت

اهداف ویژه: الکتریسیته جو و نحوه مدولاسیون آن برای ایجاد امواج الکترومغناطیس برای کاربرد مخابراتی و نظامی، فیزیک آذرخش و ایجاد آذرخش مصنوعی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مدار الکتریکی جهانی: الکتریسیته جو در هوای صاف، یون‌ها و رسانایی الکتریکی، چگالی جریان ماکسول، مدل‌سازی مدار الکتریکی جهانی، ویژگی‌های جریان‌های آذرخش
۲. پدیده‌های نوری لحظه‌ای: مطالعه فیزیک آذرخش ابر به یون‌سپهر، انواع پدیده‌های نوری لحظه‌ای، میدان الکتریکی شکستگی هوا
۳. فرایند باردار شدن ابرها: مقدمه‌ای بر الکتریسیته ابرهای تندری، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تولید شده توسط آذرخش، سازوکار باردار شدن ابرها، فرایندهای القایی و غیرالقایی
٤. الکتروجت: جریان های الکتریکی در یون‌سپهر، الکتروجت، خواص الکتروجت نواحی قطبی و نواحی استوایی، نحوه استفاده از خواص الکتروجت در ایجاد امواج الکترومغناطیس بسامد پایین

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

استفاده از امکانات آزمایشگاه‌های فراهم شده در راستای انتقال مفاهیم و مطالعه میدانی فرایندهای نوری لحظه‌ای در جوّ ایران، الکتریسیته جو و فیزیک آذرخش

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Chalmers, J. A., ۱۹٦۷: Atmospheric Electricity, Pergamon Press, ٥۲۷ pp.
۲. Mazur, V., ۲۰۱٦: Principles of Lightning Physics, Institute of Physics, ٦۰۰ pp.
۳. Rakov, V. A. and M. A. Uman, ۲۰۰۳: Lightning: Physics and Effects, Cambridge University Press, ۷۰۰ pp.
٤. Houze, R.A., Jr., ۱۹۹۳: Cloud Dynamics, Elsevier, Academic Press, ٥۷۳ pp.

عنوان درس به فارسی:	سنجش از دور ریزموج زمین	
عنوان درس به انگلیسی:	Microwave Remote Sensing of Earth	نوع درس و واحد

دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**	**پایه ☐**	**نظری ■**
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**	**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 روش سنجش ریزموج زمین، بررسی نظریه‌های موجود، افزایش دقت اندازه‌گیری، آشنایی با سامانه‌های عملی و قسمت‌های مختلف آن، روش‌های طراحی

اهداف ویژه:

کسب دانش کاربردی در این حوزه، روش‌های طراحی، روش‌های بهبود اندازه‌گیری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تابش و روشنایی: معادله انتقال فریس، معادلات طیفی، صورت ساده شده معادلات، مقایسه تحلیل طیفی و نوری
۲. دمای روشنایی: قانون ریلی-جینز، سطح نوفه نایکویست، دمای روشنایی و تابش، دمای آنتن، واسنجی دمای روشنایی و آنتن، روش‌های کاهش دمای آنتن، دمای ظاهری، اثرات اتلاف اهمی و اتلاف
۳. دمای روشنایی ماده گسترده: اثر اتلاف بر روشنایی، نحوه محاسبه تابش و معادله تفاضلی انتقال، حل معادله تفاضلی انتقال، جذب و پراکندگی، دمای ظاهری
٤. دمای ظاهری جو و زمین: جریان‌های بالا و پایین رونده و تاثیر آنها بر دمای ظاهری جو، تاثیرات پهن‌شدگی باریکه، دمای یکنواخت جو، تابش نرمال و دمای روشنایی برای سطح خاکی صاف
۵. اثرات لایه‌ای زمین: تحلیل هم‌فاز، تابش از زمین دولایه، سنجش از دور و نتایج، اندازه‌گیری چندبسامدی و روش کاهش نوفه، تحلیل غیر هم فاز
٦. نظریه پراکندگی از سطح نایکنواخت: مزایا و محدودیت‌ها، ثابت دی‌الکتریک موثر، اثر نایکنواختی بر تابش، سطح مقطع موثر سطح، تاثیر حرکت حسگر بر اندازه‌گیری

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Sharkov, E. A., ۲۰۰۳: Passive Microwave Remote Sensing of the Earth: Physical Foundations, Springer, ٦۱۳ pp.
۲. Baghdadi, N., M. Zribi, ۲۰۱٦: Microwave Remote Sensing of Land Surfaces: Techniques and Methods, Elsevier, ٤٤۸ pp.
۳. Pampaloni, P., S. Paloscia, ۲۰۱۹: Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Earth's Surface and Atmosphere, CRC Press, ۵۵۲ pp.
٤. Woodhouse, I. H., ۲۰۰٦: Introduction to Microwave Remote Sensing, CRC Press, ٤۰۰ pp.

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک خورشید و وضع فضا**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Solar Physics and Space Weather**	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**	**پایه** ☐	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**	**تخصصی** ☐	**عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**٤٨**	**رساله / پایان‌نامه** ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با ساختار خورشید، فعالیت‌های خورشید، معرفی خورسپهر وشرایط اقلیم فضایی، تابش‌ها و ذرات پرانرژی خورشیدی؛ همچنین تاثیر تابش‌های اصلی بر جو، تاثیر بر فناوری، ماهواره‌ها، کاوشگرها و فضانوردان

اهداف ویژه:

بررسی و کسب دانش عملی تاثیرات خورشید بر فناوری فضایی، آشنایی با فیزیک خورشید و وضع هوای فضایی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. خورشید منبع اصلی وضع فضا: پارامترهای کلی و ساختار خورشید، پارمترهای فیزیکی خورشید، ساختار درونی خورشید، ترکیبات خورشید، ساختار داخلی خورشید، جوّ خورشید
۲. مغناطیس و فعالیت‌های خورشید: لکه‌های خورشید، دوره لکه‌های خورشید، ساختار جوّ بالای خورشید، میدان مغناطیسی در جوّ خورشید، چرخش خورشید، شراره‌ها و فوران‌های خورشیدی، پرتاب جرم کرونایی، ذرات پرانرژی خورشیدی، تابش‌های رادیویی، ساختار خورسپهر
۳. تابش‌های اصلی در خورسپهر: تابش‌های کیهانی، جمعیت ذرات، تابش کیهانی کهکشانی، طیف انرژی، بادهای خورشیدی، گسترش بادهای خورشیدی، جریان‌های باد خورشیدی سریع، جریان‌های باد خورشیدی آهسته، رویدادهای پروتون، مشاهدات خورشیدی و مدل‌سازی برای پیش‌بینی وضع فضا
٤. تاثیر تابش‌های خورسپهری بر جو: معرفی شاخص‌های مرتبط با وضع هوای فضایی، شار تابش ایکس، شار پروتون، فعالیت‌های ژئومغناطیسی، تاثیر برجوّ بالا و یون‌سپهر، تاثیر بر جوّ میانی و پایین
٥. اثرات وضع فضا بر فناوری: توفان‌های مغناطیسی، اثر روی سامانه‌های مخابراتی و رادیویی، اثر روی سامانه‌های برق، اثر روی حفاظ‌های تابشی فضایی، اثر روی سخت افزارها و عملکرهای کاوشگرهای فضایی

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Stix, M., ۲۰۰٤: The Sun: An Introduction, Springer, ٤۹۰ pp.

۲. Lang, K. R., ۲۰۰۹: The Sun from Space, Springer, ۵۸۸ pp.
۳. Mullan, D. J., ۲۰۰۹: Physics of the Sun: A First Course, Chapman and Hall, ۳۹۰ pp.
٤. Bothmer, V., A. Daglis, I., ۲۰۰٦: Space Weather: Physics and Effects, Springer, ٤۳۸ pp.
٥. Hanslmeier, A., ۲۰۰۸: The Sun and Space Weather, Springer, Ed۲, ۳۲٦ pp.

عنوان درس به فارسی:	**مبانی علوم سیاره‌ای**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Fundamental Planetary Sciences**	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**	**پایه** ☐	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**	**تخصصی** ☐	**عملی** ☐
تعداد واحد:	۲	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	۳۲	**رساله / پایان‌نامه** ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با منظومه خورشیدی، تحول جوّ سیارات، برهمکنش سیارات با باد خورشیدی، یون‌سپهر سیاره‌ای و مغناطیس‌سپهر سیارات، ساختار مغناطیس‌سپهر سیاره‌ای، منشاءهای پلاسمایی، برهمکنش دنباله‌دارها با باد خورشیدی ،شهاب‌سنگ‌ها و بارش شهابی و برهمکنش آن با جو

اهداف ویژه:

گسترش دانش دانشجویان در زمینه علوم فضایی با تاکید بر منظومه خورشیدی و تحول جوّ سیارات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. منظومه خورشیدی: خورشید، موقعیت سیارات، خصوصیات کلی و فیزیکی سیارات، باد خورشید، فضای میان‌سیاره‌ای، کاوشگرهای فضایی
۲. جوّ سیارات: جوّ زهره و مریخ، تحول آب‌وهوایی زهره و مریخ، پژوهش درمورد مریخ اولیه و وجود آب، چرخش و ساختار مشتری و زحل، ابرهای مشتری و زحل، حرکت‌های جوّ مشتری و زحل، قمر آیو، جوّ هیدروکربنی تیتان، فصل‌های اورانوس، الگوهای ابری نپتون
۳. یون‌سپهر سیاره‌ای: عطارد، زهره، مریخ، مشتری، زحل، اورانوس، نپتون، پلوتو، قمرها
٤. مغناطیس‌سپهر سیارات: سیارات با میدان مغناطیسی، عطارد، مشتری، زحل، اورانوس، نپتون، سیارات بدون میدان مغناطیسی، کنش‌های پلاسمایی با اجرامی شبیه ماه، مقایسه مغناطیس‌سپهر سیاره‌ای، ساختار مغناطیس‌سپهر سیاره‌ای، کمربندهای تابشی
۵. دنباله‌دارها، شهاب‌سنگ‌ها و بارش‌های شهابی: دسته‌بندی، نواحی منابع، پدیده‌های بارشی، برهمکنش با جو، تولید امواج الکترومغناطیسی، ساختار دنباله‌دارها، برهمکنش با باد خورشیدی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Rasool, S. L., ۲۰۰۵: Physics of the Solar System, University Press of the Pacific, ۵۲۳ pp.
۲. Freedman A. R. and Kaufmann, W. J., ۲۰۰۸: Universe, W. H. Freeman & Company, ۸۵۱ pp.
۳. Schunk R. W. and Nagy, A. F. ۲۰۰۹: Ionospheres, Physics, Plasma Physics and Chemistry, Cambridge University Press, ٦۲۸ pp.
٤. Russel, C., and Kivelson, M. G., ۱۹۹٦: Introduction to Space Physics, Cambridge University Press, ٥٦۳ pp.
۵. Zeilik M. and Gregory S. A., ۱۹۹۸: Introductory Astronomy and Astrophysics, Thomson Learning, ٥۱٥ pp.
٦. Lissauer J.J, Pater I., ۲۰۱۹: Fundamental Planetary Sciences, Cambridge University Press, ٥٦۳ pp.٦٥۰ pp
۷. Hanslmeier, A., ۲۰۰۸: The Sun and Space Weather, Springer, ۲nd Ed., ۳۲٦ pp.