



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

## برنامه درسی

(بازنگری شده)

دوره: تحصیلات تکمیلی

(کارشناسی ارشد و دکتری)

رشته: مهندسی هوافضا



گروه فنی و مهندسی

کمیته مهندسی مکانیک

مصوبه هشتصد و سی و پنجمین جلسه شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مورخ ۹۲/۴/۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّمَّانِ الرَّحِيمِ

**برنامه درسی دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته مهندسی هوافضا**

گروه: فنی و مهندسی

کمیته: مهندسی مکانیک

رشته: مهندسی هوافضا

گرایش: آیرودینامیک، جلوبردنگی، سازه های هوایی، دینامیک پرواز و کنترل،

مهندسی فضایی

دوره: تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری)

شورای عالی برنامه ریزی آموزشی، در هشتصد و سی و پنجمین جلسه مورخ ۹۲/۴/۹، برنامه درسی بازنگری شده دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته مهندسی هوافضا را به شرح زیر تصویب کرد:

**ماده ۱:** برنامه درسی بازنگری شده دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته مهندسی هوافضا از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند، لازم الاجراء است:

**الف)** دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت علوم، تحقیقات و فناوری اداره می شوند.

**ب)** مؤسساتی که با اجازه رسمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و بر اساس قوانین تأسیس می شوند و تابع مصوبات شورای گسترش آموزش عالی هستند.

**ماده ۲:** برنامه درسی دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته مهندسی هوافضا با گرایشهای آیرودینامیک، جلوبردنگی، سازه های هوایی، دینامیک پرواز و کنترل، مهندسی فضایی مصوب جلسه ۸۲۵ مورخ ۹۲/۴/۹ جایگزین برنامه درسی کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا با گرایشهای آیرودینامیک، جلوبردنگی، سازه های هوایی، دینامیک پرواز و کنترل، مهندسی فضایی مصوب جلسه ۳۰۶ مورخ ۷۴/۸/۱۴ و دکتری هوافضا مصوب جلسه ۳۰۶ مورخ ۷۴/۸/۱۴ می باشد و برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می شوند، لازم الاجراء است.

**ماده ۳:** برنامه درسی بازنگری شده دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته مهندسی هوافضا در سه فصل: مشخصات کلی، جداول دروس و سرفصل دروس برای اجراء به دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی ابلاغ می شود.

رای صادره هشتصد و سی و پنجمین جلسه مورخ ۹۲/۴/۹ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی درخصوص برنامه درسی بازنگری شده دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته مهندسی هوافضا:

۱. برنامه درسی بازنگری شده دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته مهندسی هوافضا که از سوی

کمیته مهندسی مکانیک شورای عالی برنامه ریزی آموزشی پیشنهاد شده بود، با اکثریت آراء به تصویب رسید.

۲. این برنامه از تاریخ تصویب به مدت پنج سال قابل اجراء است و پس از آن نیازمند بازنگری است.

جعفر میلی منفرد

نایب رئیس شورای برنامه ریزی آموزش عالی

عبدالرحیم نو دیراهیم

دبیر شورای برنامه ریزی آموزش عالی





# فصل اول

## مشخصات کلی





بسم الله الرحمن الرحيم

### مشخصات کلی دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا

رشد سریع و روزافزون علوم مختلف در جهان، لزوم برنامه‌ریزی مناسب و تلاش مضاعف جهت هماهنگی آموزش با پیشرفت‌های گسترده علمی و صنعتی را ضروری می‌سازد. در این راستا، اجرای هر پروژه هوافضایی در مراحل مختلف مطالعات اولیه، طرح، اجرا و کنترل‌های بعدی، نیازمند برنامه‌ریزی مناسب و استفاده مطلوب از آموزش در سطوح مختلف می‌باشد. آمارهای ارائه شده از جذب فارغ‌التحصیلان این مجموعه بوسیله وزارتخانه‌ها و ارگان‌های دولتی و بخش خصوصی، اهمیت والای آموزش در مقاطع مختلف را نشان می‌دهد. گروه فنی و مهندسی شورایعالی برنامه‌ریزی با اتکال به خداوند متعال و با امید به فراهم شدن زمینه‌های لازم برای ارتقاء در زمینه آموزش‌های فنی و مهندسی و با تجربیات پیشین در تهیه برنامه‌های درسی، اقدام به بازنگری کلی و اساسی مجموعه تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا (مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری) نموده تا با دستیابی به سطح بالای علم و تکنولوژی و با همکاری شایسته اساتید دانشگاه بتوان شاهد بروز شکوفایی استعدادها درخشان ملت مسلمان ایران و در نتیجه طرح و اجرای پروژه‌های صنعتی با کیفیت بسیار بالا در سطح منطقه و جهان باشیم.



## الف - دوره کارشناسی ارشد

### ۱- تعریف و هدف

دوره کارشناسی ارشد یکی از دوره‌های آموزشی و پژوهشی آموزش عالی است. این دوره، شامل تعدادی درس نظری، کاربردی، آزمایشگاهی و برنامه تحقیقاتی جهت افزایش اطلاعات متخصصان مهندسی هوافضا می‌باشد که زمینه کافی جهت درک و توسعه آنچه در مرزهای تکنیک در زمان حال در این رشته می‌گذرد را فراهم می‌آورد. هدف آن تربیت افرادی است که دارای توانایی لازم جهت طراحی و نظارت بر اجرای پروژه‌های تخصصی در زمینه گرایش مربوطه باشند. ضمناً دانش‌آموختگان این دوره توان تحقیقاتی کافی جهت حل مسائلی را که در زمینه حرفه خود با آن مواجه می‌شوند را دارا هستند.

این دوره متشکل از گرایش‌های زیر می‌باشد.

۱. آبرودینامیک

۲. جلوبرندگی

۳. سازه‌های هوایی

۴. دینامیک پرواز و کنترل

۵. مهندسی فضایی

۶. فناوری ماهواره



### ۲- نقش و توانایی

از فارغ‌التحصیلان دوره کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا انتظار می‌رود در طرح‌های هوافضایی مهم کشور نقش بسیار موثر داشته و ضمن اشراف بر کلیه روش‌های علمی طرح و اجراء پروژه‌ها، بتواند بهترین گزینه موجود طراحی و اجراء را انتخاب و پروژه‌های هوافضایی را در بهترین کیفیت طراحی و اجراء نماید.

### ۳- شرایط پذیرش دانشجوی

دانشجویان این دوره از طریق آزمون ورودی و از بین دانش‌آموختگان کارشناسی مکانیک و یا رشته‌های مرتبط انتخاب می‌شوند.

#### ۴- طول دوره و شکل نظام

طول مدت لازم برای اتمام این دوره ۲ سال است. حداقل و حداکثر مدت مجاز اتمام این دوره مطابق آیین‌نامه دوره کارشناسی ارشد می‌باشد. نظام آموزشی آن واحدی است و کلیه دروس نظری و سمینار و پایان‌نامه در ۴ نیمسال ارائه می‌شود. زمان هر نیمسال ۱۶ هفته است و مدت تدریس یک واحد نظری ۱۶ ساعت و عملی ۳۲ ساعت است.

#### ۵- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی

تعداد واحدهای درسی و پژوهشی این دوره ۳۲ واحد به شرح زیر می‌باشد.

- دروس تخصصی اجباری: ۱۲ واحد
- دروس اختیاری: ۱۲ واحد
- سمینار و روش تحقیق: ۲ واحد
- پایان‌نامه: ۶ واحد

#### سمینار (دو واحد)

مطالعه و تحقیق درباره موضوعات مربوط به رشته تخصصی، تهیه یک مقاله با استفاده از مجلات علمی و متون تالیفی جدید و ارائه مطالب آن در جلسه سمینار با حضور سایر دانشجویان است.

#### پایان‌نامه

شامل دو قسمت طرح تحقیقی و رساله مربوطه با ارائه نتیجه تحقیقات می‌باشد.

الف- تعداد واحدهای پایان‌نامه در دوره کارشناسی ارشد ۶ واحد است.

ب- موضوع پایان‌نامه می‌تواند پس از گذراندن حداقل نصف واحدهای آموزشی آن دوره تعیین گردد.



ج- استاد راهنمای پایان نامه باید دارای حداقل مرتبه استادیاری با سه سال سابقه تدریس و تحقیق و عضو تمام وقت دانشگاه باشد.

#### ۶- نحوه اخذ واحدهای درسی در دوره کارشناسی ارشد

اخذ واحدهای درسی برای دوره کارشناسی ارشد باید مطابق بندهای زیر و بر طبق جدول دروس ارائه شده برای گرایش‌های مختلف برای این دوره باشد.

۱. در دوره کارشناسی ارشد، در صورت تأیید استاد راهنما و گروه مربوطه، دانشجو می‌تواند حداکثر یک درس خود را از سایر گرایش‌های مهندسی هوافضا یا سایر رشته‌های مرتبط اخذ نماید.

۲. درس سمینار یا روش تحقیق (۲ واحد) همانند سایر دروس دارای سیلابس بوده و اصول روش انجام تحقیق توسط استاد مربوطه تدریس خواهد شد. هدف از این درس ایجاد توانمندی در دانشجو برای ارائه شفاهی نتایج یک تحقیق و آشنایی با روش تحقیق می‌باشد.

#### ب- دوره دکتری

##### ۱- تعریف و هدف

دوره دکتری مهندسی هوافضا بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی در این زمینه است که به اعطای مدرک می‌انجامد و رسالت آن تربیت افرادی است که با نوآوری در زمینه‌های مختلف علوم و فناوری در رفع نیازهای کشور و گسترش مرزهای دانش موثر باشند. این دوره مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی با گرایش‌های زیر می‌باشد.

۱. آیرودینامیک

۲. جلوبرندگی

۳. سازه

۴. دینامیک پرواز و کنترل

۵. فضایی





محور اصلی فعالیت‌های علمی دوره دکتری، به تناسب موضوع، تحقیق نظری، تحقیق تجربی و یا تلفیقی از این دو است و آموزش وسیله برطرف ساختن کاستی‌های اطلاعاتی داوطلب و هموار ساختن راه حصول به اهداف تحقیق می‌باشد.

هدف از دوره دکتری مهندسی هوافضا، ضمن احاطه یافتن بر آثار علمی در یک زمینه خاص از مهندسی هوافضا، رسیدن به یک یا چند مورد از موارد زیر است.

- آشنا شدن با روش‌های پیشرفته تحقیق و کوشش برای نوآوری در این زمینه
- دستیابی به جدیدترین مبانی علمی، تحقیقاتی و فناوری
- نوآوری در زمینه‌های علمی، تحقیقی و کمک به پیشرفت و گسترش مرزهای دانش
- تسلط یافتن بر یک یا چند امر، همچون تعلیم و تحقیق و برنامه‌ریزی، اجرای هدایت و نظارت و ارزیابی، تجزیه و تحلیل و حل مسائل علمی و گشودن مشکلات علمی جامعه در یکی از زمینه‌های مهندسی

هوافضا

## ۲- نقش و توانایی

از فارغ‌التحصیلان دوره دکتری انتظار می‌رود که ضمن اشراف به آخرین یافته‌های علمی و اجرایی تخصص مربوط به خود، در مواردی که در حین طرح و اجرای یک پروژه راه حل مشخص و مدونی وجود ندارد قادر باشند با استفاده از آموزه‌های دوران تحصیل خود (بخش آموزشی و پژوهشی)، راه حل مناسب، بهینه و قابل قبول در سطح جامعه حرفه ای ارائه نمایند. بخش دیگر از فعالیت فارغ‌التحصیلان این دوره تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسين هوافضا توانمند در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی می‌باشد که بالطبع انتظار می‌رود در تولید علم و تبدیل علم به ایده و ثروت نقش موثری داشته باشند.



### ۳- شرایط پذیرش دانشجو

ضوابط ورود داوطلبان به دوره دکتری به شرح زیر است:

الف- داشتن شرایط عمومی ورود به آموزش عالی

ب- داشتن مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد یا دکتری حرفه‌ای که حسب مورد به تأیید وزارت یا وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی رسیده باشد.

ج- احراز صلاحیت علمی برای ورود به رشته مورد نظر

د- احراز توانایی در زبان خارجی

### ۴- طول دوره و شکل نظام

دوره دکتری مهندسی هوافضا دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی (تدوین رساله) می‌باشد. نحوه ورود و خاتمه هر مرحله، و حداقل و حداکثر طول دوره مطابق آیین‌نامه دوره دکتری است.

### ۵- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی

#### ۵-۱- مرحله آموزشی

در مرحله آموزش دوره دکتری مهندسی هوافضا، گذراندن ۱۲ تا ۱۸ واحد درسی از دروس دوره‌های تحصیلات تکمیلی (علاوه بر واحدهای قبلی گذرانده شده در مقطع کارشناسی ارشد) اجباری است. دانشجو می‌باید در پایان مرحله آموزشی، علاوه بر واحدهایی که طبق مقررات به‌عنوان دروس اجباری و اختیاری در دوره کارشناسی ارشد گذرانده است، دروسی را در سطح تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) با یک زمینه اصلی و یک زمینه فرعی به میزان زیر اخذ نماید:

مجموع واحدهای دروس در زمینه اصلی: حداقل ۱۲ واحد

مجموع واحدهای دروس در زمینه فرعی: حداقل ۶-۰ واحد

مجموع واحدهای درسی در مقطع دکتری: حداقل ۱۸-۱۲ واحد



## ۵-۲- امتحان جامع

دانشجویانی که حداقل ۱۲ واحد دروس مرحله آموزشی خود را با موفقیت گذرانده باشند لازم است در آزمون جامع که بر اساس آیین‌نامه موسسه برگزار می‌گردد شرکت نمایند. این آزمون به صورت کتبی یا شفاهی برگزار شده و دانشجو حداکثر دوبار می‌تواند در آن شرکت نماید.

## ۵-۳- مرحله تدوین رساله

دانشجویانی که در آزمون جامع پذیرفته می‌شوند، در مرحله تدوین رساله ثبت‌نام می‌کنند. تعداد کل واحدهایی که دانشجو در مرحله تدوین رساله به نام واحد پروژه تحقیقاتی می‌بایست اخذ کند بین ۱۸ تا ۲۴ واحد می‌باشد که هر نیم‌سال ۶ واحد آن را ثبت‌نام می‌نماید. در هر حال مجموع واحدهای درسی و رساله دانشجو نباید از ۳۶ واحد کمتر باشد.

## ۶- نحوه اخذ واحدهای درسی در دوره دکتری

اخذ دروس اصلی و تخصصی و همچنین دروس اختیاری دوره دکتری باید به صورت زیر انجام گیرد:

۱. از بین دروس ارائه شده برای دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا (کارشناسی ارشد و دکتری) در گرایش دانشجو، دروس دوره دکتری می‌تواند اخذ شود.
۲. دانشجویان دوره دکتری در صورت گذراندن واحدهای اجباری مصوب دوره کارشناسی ارشد، می‌توانند از هر یک از واحدهای اختیاری ارائه شده برای گرایش خود به شرط آنکه قبلاً آن واحد را نگذرانده باشند، واحد اخذ نمایند.
۳. در دوره دکتری، در صورت تأیید استاد راهنما و گروه مربوطه، دانشجو می‌تواند حداکثر دو درس خود را از سایر گرایش‌های مهندسی هوافضا و یا سایر رشته‌های مرتبط اخذ نماید.
۵. اگر دانشکده مایل به ارائه یک یا چند درس اختیاری باشد که در لیست دروس ارائه شده توسط وزارت نباشد، می‌باید سیلابس درس پیشنهادی را پس از بررسی مراجع ذیصلاح دانشگاه جهت بررسی به دفتر برنامه‌ریزی درسی وزارت ارسال نماید.



# فصل دوم

## برنامه و عناوین دروس





## کمیته مهندسی مکانیک شورای عالی برنامه‌ریزی

### برنامه تحصیلات تکمیلی "مهندسی هوا فضا"

#### مقدمه:

دانشجویان این گرایش با گذراندن یکی از برنامه‌های پیوست، به دریافت درجه کارشناسی ارشد نائل خواهند شد.

در تدوین دروس پیشنهادی و محتوای آنها به نظرات دانشگاه‌ها و صاحب‌نظران توجه شده است. بدیهی است در بازنگری‌های مداوم اصلاحات لازم مطابق با گسترش و توسعه علم و با توجه به نیاز صنعت کشور انجام خواهد پذیرفت و با پیشنهادات اصلاحی آتی دانشگاه‌ها و صاحب‌نظران در این راستا، برنامه‌ها همواره پویایی خود را حفظ خواهند کرد. این مجموعه مشتمل بر برنامه‌های تخصصی کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا تحت عناوین آیرودینامیک، جلوبرندگی، سازه، دینامیک پرواز و کنترل، فضایی و فناوری ماهواره می‌باشد.

شایان ذکر است که دانشگاه‌های دارای مجوز اجراء این دوره می‌توانند با توجه به توانمندی و ویژگی‌های داخلی در دانشجویان ورودی را تحت عنوان کلی "هوافضا" یا به صورت مجزا تحت عناوین تخصصی فوق‌الذکر پذیرش نمایند. همچنین اعلام می‌دارد که دانشگاه‌های دارای هیات ممیزه مستقل می‌توانند با تصویب سیستم آموزش دانشگاه خود دروس جدیدی به مجموعه اضافه نموده و به نحو مقتضی شورای عالی برنامه‌ریزی را در جریان این مصوبه خود قرار دهند.

در برنامه‌های پیوست، کلیه دروس مربوط به برنامه کارشناسی ارشد و دکتری در هر

رشته است، که الزامات مربوط به برنامه کارشناسی ارشد در دو بخش ارائه شده است.



بسمه تعالی  
 برنامه تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا  
 مجموعه: آیرو دینامیک

- ۱- طول دوره و تعداد واحدهای دوره کارشناسی ارشد  
 الف- طول متوسط دوره ۲ سال می باشد.  
 ب- تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد بشرح مندرج در جداول ۱ می باشد.

جدول ۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

| ردیف | نوع واحد           | تعداد واحد | ملاحظات |
|------|--------------------|------------|---------|
| ۱    | دروس الزامی        | ۳ واحد     |         |
| ۲    | دروس تخصصی اصلی    | ۱۲ واحد    |         |
| ۳    | دروس تخصصی انتخابی | ۹ واحد     |         |
| ۴    | سمینار             | ۲ واحد     |         |
| ۵    | پایان نامه         | ۶ واحد     |         |

- ۲- دروس الزامی برنامه کارشناسی ارشد  
 اخذ دروس مندرج در جدول ۲ در این شاخه تخصصی برای دانشجویان کارشناسی ارشد الزامی می باشد.

جدول ۲- دروس الزامی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس         | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|-------------------|------------|----------|
| ۱    | ریاضیات پیشرفته ۱ | ۳          | ندارد    |



### ۳- دروس تخصصی اصلی

دانشجوی کارشناسی ارشد موظف است با تأیید استاد راهنمای پایان‌نامه خود حداقل چهار درس از هفت عنوان درسی مندرج در جدول ۳ را اخذ نماید.

جدول ۳- دروس تخصصی اصلی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس  | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|--|------------|----------|
| ۱    | آبرودینامیک مافوق صوت                                | ۳          |          |
| ۲    | آبرودینامیک مادون صوت                                | ۳          |          |
| ۳    | جریان لزج پیشرفته ۱                                  | ۳          |          |
| ۴    | توربولانس  | ۳          |          |
| ۵    | اصول دینامیک سیالات عددی یا<br>دینامیک سیالات عددی ۱ | ۳          |          |
| ۶    | دینامیک سیالات عددی ۲                                | ۳          |          |
| ۷    | آبرو دینامیک ناپایا                                  | ۳          |          |

### ۴- دروس تخصصی انتخابی

دانشجوی کارشناسی ارشد موظف است با تأیید استاد راهنمای پایان‌نامه واحدهای باقیمانده خود را از دروس جدول ۳ یا جدول ۴ اخذ نموده و با موفقیت بگذراند.

جدول ۴- دروس تخصصی انتخابی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس                                    | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|--|------------|----------|
| ۱    | تولید شبکه عددی                              | ۳          |          |
| ۲    | آبرودینامیک ماوراء صوت                       | ۳          |          |
| ۴    | آبرودینامیک بالگرد                           | ۳          |          |
| ۵    | مکانیک سیالات عددی در جریان‌های تراکم‌پذیر   | ۳          |          |
| ۶    | مکانیک سیالات عددی در جریان‌های تراکم‌ناپذیر | ۳          |          |
| ۷    | آبرودینامیک ورودی                            | ۳          |          |
| ۸    | جریانهای چندفازی                             | ۳          |          |
| ۹    | تئوری اغتشاشات                               | ۳          |          |
| ۱۰   | آبرو اکوستیک                                 | ۳          |          |





|    |                                 |   |
|----|---------------------------------|---|
| ۱۱ | تئوری لایه مرزی                 | ۳ |
| ۱۲ | کنترل جریان سیال                | ۳ |
| ۱۳ | جریانهای میکرو-نانو             | ۳ |
| ۱۴ | توربولانس                       | ۳ |
| ۱۵ | دینامیک گازها ۱                 | ۳ |
| ۱۶ | دینامیک گازها ۲                 | ۳ |
| ۱۷ | سوخت و احتراق پیشرفته ۱         | ۳ |
| ۱۸ | تئوریهای گذار جریان             | ۳ |
| ۱۹ | اندرکنش سیال با جامد            | ۳ |
| ۲۰ | آیرودینامیک تجربی               | ۳ |
| ۲۱ | مدیریت تکنولوژی هوافضا          | ۳ |
| ۲۲ | شبیهسازی جریانهای گردابه‌ای     | ۳ |
| ۲۳ | آیرودینامیک پیشرفته             | ۳ |
| ۲۴ | دینامیک گاز دقیق                | ۳ |
| ۲۵ | توربوماشین پیشرفته              | ۳ |
| ۲۶ | ترمودینامیک پیشرفته             | ۳ |
| ۲۷ | انتقال حرارت تشعشع              | ۳ |
| ۲۸ | اصول جلوبرنده پیشرفته           | ۳ |
| ۲۹ | انتقال حرارت پیشرفته            | ۳ |
| ۳۰ | ناپایداری احتراق                | ۳ |
| ۳۱ | شبیهسازی توربولانس              | ۳ |
| ۳۲ | تئوری جنبشی گازها               | ۳ |
| ۳۳ | روشهای کنترل جریان سیال پیشرفته | ۳ |
| ۳۴ | اجزا محدود در سیالات            | ۳ |
| ۳۵ | روشهای عددی در توربوماشینها     | ۳ |
| ۳۶ | طراحی آیرودینامیکی هواپیما      | ۳ |
| ۳۷ | گرمایش آیرودینامیکی             | ۳ |
| ۳۸ | جریانهای گذرا در دینامیک گاز    | ۳ |
| ۳۹ | پردازش موازی                    | ۳ |
| ۴۰ | انتقال حرارت جابه‌جایی          | ۳ |
| ۴۱ | انتقال حرارت هدایت              | ۳ |





|    |                                      |   |
|----|--------------------------------------|---|
| ۴۲ | ریاضیات پیشرفته ۲                    | ۳ |
| ۴۳ | آیرودینامیک موشک                     | ۳ |
| ۴۴ | نایابداری جریان سیال                 | ۳ |
| ۴۵ | روش المان مرزی                       | ۳ |
| ۴۶ | آیروالاستیسیته                       | ۳ |
| ۴۷ | آیرودینامیک گذر صوت                  | ۳ |
| ۴۸ | آیرودینامیک اجزاء انعطاف پذیر        | ۳ |
| ۴۹ | روش های عددی در جریان های چندفازی    | ۳ |
| ۵۰ | آیرودینامیک توربین های بادی          | ۳ |
| ۵۱ | تئوری ملخ و پروانه                   | ۳ |
| ۵۲ | مکانیک محیط های پیوسته               | ۳ |
| ۵۳ | مدیریت راهبردی در صنایع هوافضا       | ۳ |
| ۵۴ | جریان لزج پیشرفته ۲                  | ۳ |
| ۵۵ | مباحث منتخب در آیرودینامیک           | ۳ |
| ۵۶ | ترموآکوستیک                          | ۳ |
| ۵۷ | آکوستیک                              | ۳ |
| ۵۸ | پیشرانه های ابر صوتی                 | ۳ |
| ۵۹ | احتراق اسپری                         | ۳ |
| ۶۰ | آیرودینامیک CASCADE                  | ۳ |
| ۶۱ | آیرودینامیک خودرو                    | ۳ |
| ۶۲ | جریان مغشوش برشی                     | ۳ |
| ۶۳ | طراحی کمپرسور                        | ۳ |
| ۶۴ | انتشار امواج در سیالات               | ۳ |
| ۶۵ | روش های نوین در دینامیک سیالات عددی  | ۳ |
| ۶۶ | جریان سیال در محیط متخلخل            | ۳ |
| ۶۷ | انتقال حرارت و جرم                   | ۳ |
| ۶۸ | ترمو فیزیک جریان سیال در جاذبه ناچیز | ۳ |

تبصره ۱: از نیمسال دوم تحصیلی هر دانشجو می تواند در راستای موضوع سمینار و پایان نامه تحصیلی خود و با تأیید استاد پایان نامه خود و شورای (گروه) تخصصی دانشکده حداکثر یک درس از سایر گرایش های کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا و یا سایر رشته ها اخذ نماید.

تبصره ۲: توجه شود که بعضی از دروس نزدیک به هم ولی با اسامی متفاوت هستند. لذا در عمل از دروسی که بیش از حدود ۵۰٪ (به تشخیص گروه تخصصی) هم پوشانی دارند فقط یکی اخذ شود.



**بسمه تعالی**  
**دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا**  
**مجموعه: جلوپرندگی**

**۱- طول دوره و تعداد واحدها**

الف- طول متوسط دوره ۲ سال می باشد.

ب- تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد بشرح مندرج در جداول ۱ می باشد.

**جدول ۱- دروس و تعداد واحدهای دوره**

| ردیف | نوع واحد           | تعداد واحد | ملاحظات |
|------|--------------------|------------|---------|
| ۱    | دروس الزامی        | ۳ واحد     |         |
| ۲    | دروس تخصصی اصلی    | ۱۲ واحد    |         |
| ۳    | دروس تخصصی انتخابی | ۹ واحد     |         |
| ۴    | سمینار             | ۲ واحد     |         |
| ۵    | پایان نامه         | ۶ واحد     |         |

**۲- دروس الزامی**

اخذ دروس مندرج در جدول ۲ در این شاخه تخصصی برای دانشجویان کارشناسی ارشد الزامی می

باشد.

**جدول ۲- دروس الزامی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها**

| ردیف | عنوان درس         | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|-------------------|------------|----------|
| ۱    | ریاضیات پیشرفته ۱ | ۳          |          |



### ۳- دروس تخصصی اصلی

دانشجوی کارشناسی ارشد موظف است با تائید استاد راهنمای پایان نامه خود حداقل چهار درس از هفت عنوان درسی مندرج در جدول ۳ را اخذ نماید.

جدول ۳- دروس تخصصی اصلی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس  | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|--|------------|----------|
| ۱    | اصول جلوبرنده پیشرفته  | ۳          |          |
| ۲    | طراحی آیرودینامیکی توربوماشینها  | ۳          |          |
| ۳    | سوخت و احتراق پیشرفته ۱  | ۳          |          |
| ۴    | آیروترمودینامیک موتورهای موشک  | ۳          |          |
| ۵    | روشهای عددی در توربوماشینها یا دینامیک سیالات عددی ۱ یا اصول دینامیک سیالات عددی | ۳          |          |
| ۶    | جریان لزج پیشرفته ۱  | ۳          |          |
| ۷    | دینامیک گازها پیشرفته ۱  | ۳          |          |

### ۴- دروس تخصصی انتخابی

دانشجوی کارشناسی ارشد موظف است با تائید استاد راهنمای پایان نامه واحدهای باقیمانده خود را از دروس جدول ۳ یا جدول ۴ اخذ نموده و با موفقیت بگذرانند.

جدول ۴- دروس تخصصی انتخابی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس                     | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|-------------------------------|------------|----------|
| ۱    | آیرودینامیک مافوق صوت         | ۳          |          |
| ۲    | سوخت و احتراق پیشرفته ۲       | ۳          |          |
| ۳    | صدای موتور                    | ۳          |          |
| ۵    | موتورهای احتراق داخلی پیشرفته | ۳          |          |
| ۶    | آیرودینامیک ورودی             | ۳          |          |
| ۷    | محاسبات عددی پیشرفته          | ۳          |          |





|   |   |    |
|---|---|----|
| ۳ | توربولانس                                 | ۸  |
| ۳ | شبیه‌سازی توربولانس                       | ۹  |
| ۳ | دینامیک گازها پیشرفته ۲                   | ۱۰ |
| ۳ | انتقال حرارت جابجایی                      | ۱۱ |
| ۳ | انتقال حرارت تشعشع                        | ۱۲ |
| ۳ | انتقال حرارت هدایت                        | ۱۳ |
| ۳ | ناپایداری احتراق                          | ۱۴ |
| ۳ | دینامیک سیالات عددی جریانهای تراکم ناپذیر | ۱۵ |
| ۳ | دینامیک سیالات عددی جریانهای تراکم پذیر   | ۱۶ |
| ۳ | دینامیک سیالات عددی ۲                     | ۱۷ |
| ۳ | آیرو آکوستیک                              | ۱۸ |
| ۳ | جریانهای چندفازی                          | ۱۹ |
| ۳ | تئوریهای گذار جریان                       | ۲۰ |
| ۳ | مدیریت تکنولوژی هوافضا                    | ۲۱ |
| ۳ | طراحی آیرو دینامیکی توربوماشین‌ها         | ۲۲ |
| ۳ | ترمودینامیک پیشرفته                       | ۲۳ |
| ۳ | طراحی موتور موشک‌های سوخت مایع            | ۲۴ |
| ۳ | طراحی موتور موشک‌های سوخت جامد            | ۲۵ |
| ۳ | توربوماشین پیشرفته                        | ۲۶ |
| ۳ | انتقال حرارت پیشرفته                      | ۲۷ |
| ۳ | آیرو دینامیک مادون صوت                    | ۲۸ |
| ۳ | آیرو دینامیک ناپایا                       | ۲۹ |
| ۳ | آیرو دینامیک ماوراءصوت                    | ۳۰ |
| ۳ | آیرو دینامیک بالگرد                       | ۳۱ |
| ۳ | روش‌های تولید شبکه                        | ۳۲ |
| ۳ | روش اجزاء محدود در سیالات                 | ۳۴ |
| ۳ | سامانه‌های انرژی پیشرفته                  | ۳۵ |
| ۳ | انتقال حرارت در سامانه‌های هوافضایی       | ۳۶ |
| ۳ | پیش‌رانه فضایی                            | ۳۷ |
| ۳ | طراحی توربوماشین‌های هیدرولیکی            | ۳۸ |
| ۳ | روش‌های عددی در احتراق                    | ۳۹ |





|    |                                     |   |
|----|-------------------------------------|---|
| ۴۰ | ریاضیات پیشرفته ۲                   | ۳ |
| ۴۱ | جریان لزج پیشرفته ۲                 | ۳ |
| ۴۲ | ناپایداری جریان سیال                | ۳ |
| ۴۳ | مباحث منتخب در جلوبرندگی            | ۳ |
| ۴۴ | ترموآکوستیک                         | ۳ |
| ۴۵ | آکوستیک                             | ۳ |
| ۴۶ | پیشرانه‌های ابر صوتی                | ۳ |
| ۴۷ | احتراق اسپری                        | ۳ |
| ۴۸ | آیرودینامیک CASCADE                 | ۳ |
| ۴۹ | آیرودینامیک خودرو                   | ۳ |
| ۵۰ | جریان مغشوش برشی                    | ۳ |
| ۵۱ | طراحی کمپرسور                       | ۳ |
| ۵۲ | انتشار امواج در سیالات              | ۳ |
| ۵۳ | روش‌های نوین در دینامیک سیالات عددی | ۳ |
| ۵۴ | جریان سیال در محیط متخلخل           | ۳ |
| ۵۵ | انتقال حرارت و جرم                  | ۳ |
| ۵۶ | ترموفیزیک جریان سیال در جاذبه ناچیز | ۳ |

تبصره ۱: از نیمسال دوم تحصیلی هر دانشجو می‌تواند در راستای موضوع سمینار و پایان نامه تحصیلی خود و با تائید استاد پایان نامه خود و شورای (گروه) تخصصی دانشکده حداکثر یک درس از سایر گرایش‌های کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا و یا سایر رشته‌ها اخذ نماید.

تبصره ۲: توجه شود که بعضی از دروس نزدیک به هم ولی با اسامی متفاوت هستند. لذا، در عمل از دروسی که بیش از حدود ۵۰٪ (به تشخیص گروه تخصصی) هم‌پوشانی دارند فقط یکی اخذ شود.



بسمه تعالی  
دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا  
مجموعه: سازه

۱- طول دوره و تعداد واحدها

الف- طول متوسط دوره ۲ سال می باشد.  
ب- تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد بشرح مندرج در جداول ۱ می باشد.

جدول ۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

| ردیف | نوع واحد           | تعداد واحد | ملاحظات |
|------|--------------------|------------|---------|
| ۱    | دروس الزامی        | ۳ واحد     |         |
| ۲    | دروس تخصصی اصلی    | ۱۲ واحد    |         |
| ۳    | دروس تخصصی انتخابی | ۹ واحد     |         |
| ۴    | سمینار             | ۲ واحد     |         |
| ۵    | پایان نامه         | ۶ واحد     |         |



۲- دروس الزامی

اخذ دروس مندرج در جدول ۲ در این شاخه تخصصی برای دانشجویان کارشناسی ارشد الزامی می

باشد.

جدول ۲- دروس الزامی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس         | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|-------------------|------------|----------|
| ۱    | ریاضیات پیشرفته ۱ | ۳          |          |

### ۳- دروس تخصصی اصلی

دانشجوی کارشناسی ارشد موظف است با تائید استاد راهنمای پایان نامه خود حداقل چهار درس از هفت عنوان درسی زیر را اخذ نماید.

جدول ۳- دروس تخصصی اصلی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس                       | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|---------------------------------|------------|----------|
| ۱    | دینامیک سازه                    | ۳          |          |
| ۲    | تحلیل پیشرفته سازه‌های هوافضایی | ۳          |          |
| ۳    | روش اجزاء محدود ۱               | ۳          |          |
| ۴    | مکانیک مواد مرکب                | ۳          |          |
| ۵    | طراحی پیشرفته سازه‌های هوافضایی | ۳          |          |
| ۶    | آیروالاستیسیت                   | ۳          |          |
| ۷    | مکانیک محیط‌های پیوسته ۱        | ۳          |          |

### ۴- دروس تخصصی انتخابی

دانشجوی کارشناسی ارشد موظف است با تائید استاد راهنمای پایان نامه واحدهای باقیمانده خود را از دروس جدول ۳ یا جدول ۴ اخذ نموده و با موفقیت بگذرانند.

جدول ۴- دروس تخصصی انتخابی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس                          | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|------------------------------------|------------|----------|
| ۱    | خستگی و شکست و خزش                 | ۳          |          |
| ۲    | طراحی پیشرفته وسایل نقلیه هوافضایی | ۳          |          |
| ۳    | پایداری سازه‌های هوایی             | ۳          |          |
| ۴    | ارتعاشات اتفاقی                    | ۳          |          |
| ۵    | ارتعاشات پیشرفته (سیستم‌های ممتد)  | ۳          |          |
| ۶    | تحلیل تجربی تنش                    | ۳          |          |





|    |                                   |   |
|----|-----------------------------------|---|
| ۷  | دینامیک پیشرفته                   | ۳ |
| ۸  | ارتعاشات پیشرفته                  | ۳ |
| ۹  | تئوری صفحه‌ها و پوسته‌ها          | ۳ |
| ۱۰ | محاسبات عددی پیشرفته ۱            | ۳ |
| ۱۱ | مکانیک آسیب در سازه‌های کامپوزیتی | ۳ |
| ۱۲ | مکانیک ضربه در مواد مرکب          | ۳ |
| ۱۳ | مدیریت تکنولوژی هوافضا            | ۳ |
| ۱۴ | ارتعاشات غیرخطی                   | ۳ |
| ۱۵ | آیروآکوستیک                       | ۳ |
| ۱۶ | تئوری الاستیسیته ۱                | ۳ |
| ۱۷ | مکانیک شکست ۱                     | ۳ |
| ۱۸ | روش‌های انرژی                     | ۳ |
| ۱۹ | روش‌های بهینه‌سازی                | ۳ |
| ۲۰ | مباحث منتخب در سازه‌های هوافضائی  | ۳ |
| ۲۱ | نظریه اختلالات                    | ۳ |
| ۲۲ | روش اجزاء محدود ۲                 | ۳ |
| ۲۳ | روش اجزاء مرزی                    | ۳ |
| ۲۴ | مواد مرکب پیشرفته                 | ۳ |
| ۲۵ | متالوژی در تولید                  | ۳ |
| ۲۶ | طراحی اجزاء پیشرفته               | ۳ |
| ۲۷ | دینامیک عددی پیشرفته              | ۳ |
| ۲۸ | بهینه‌سازی پیشرفته                | ۳ |
| ۲۹ | مواد و روش‌های ساخت پیشرفته       | ۳ |
| ۳۰ | ویسکو الاستیسیته                  | ۳ |
| ۳۱ | طراحی قید و بند                   | ۳ |
| ۳۲ | روش اجزاء محدود تعمیم یافته       | ۳ |
| ۳۳ | مبانی قابلیت اطمینان              | ۳ |
| ۳۴ | ریاضیات پیشرفته ۲                 | ۳ |
| ۳۵ | تئوری پلاستیسیته                  | ۳ |
| ۳۶ | ترموالاستیسیته                    | ۳ |
| ۳۷ | آنالیز و تست مودال                | ۳ |





|    |                                  |   |  |
|----|----------------------------------|---|--|
| ۳۸ | مباحث منتخب در سازه های هوافضایی | ۳ |  |
|----|----------------------------------|---|--|

تبصره ۱: از نیمسال دوم تحصیلی هر دانشجو می تواند در راستای موضوع سمینار و پایان نامه تحصیلی خود و با تأیید استاد پایان نامه خود و شورای (گروه) تخصصی دانشکده حداکثر یک درس از سایر گرایش های کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا و یا سایر رشته ها اخذ نماید.

تبصره ۲: توجه شود که بعضی از دروس نزدیک به هم ولی با اسامی متفاوت هستند. لذا، در عمل از دروسی که بیش از حدود ۵۰٪ (به تشخیص گروه تخصصی) هم پوشانی دارند فقط یکی اخذ شود.



**بسمه تعالی**  
**دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا**  
**مجموعه: دینامیک پرواز و کنترل**

**۱- طول دوره و تعداد واحدها**

- الف- طول متوسط دوره ۲ سال می باشد.  
 ب- تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد بشرح مندرج در جدول ۱ می باشد.

جدول ۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

| ردیف | نوع واحد           | تعداد واحد | ملاحظات |
|------|--------------------|------------|---------|
| ۱    | دروس الزامی        | ۳ واحد     |         |
| ۲    | دروس تخصصی اصلی    | ۱۲ واحد    |         |
| ۳    | دروس تخصصی انتخابی | ۹ واحد     |         |
| ۴    | سمینار             | ۲ واحد     |         |
| ۵    | پایان نامه         | ۶ واحد     |         |

**۲- دروس الزامی**

اخذ دروس مندرج در جدول ۲ در این شاخه تخصصی برای دانشجویان کارشناسی ارشد الزامی می باشد.

جدول ۲- دروس الزامی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس         | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|-------------------|------------|----------|
| ۱    | ریاضیات پیشرفته ۱ | ۳          |          |



### ۳- دروس تخصصی اصلی

دانشجوی کارشناسی ارشد موظف است با تائید استاد راهنمای پایان نامه خود حداقل چهار درس از هفت عنوان درسی زیر را اخذ نماید.

جدول ۳- دروس تخصصی اصلی، تعداد واحدها و پیش‌نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس                            | تعداد واحد | پیش‌نیاز |
|------|--------------------------------------|------------|----------|
| ۱    | دینامیک پرواز پیشرفته ۱              | ۳          |          |
| ۲    | هدایت و ناوبری ۱                     | ۳          |          |
| ۳    | تئوری کنترل بهینه                    | ۳          |          |
| ۴    | کنترل پیشرفته                        | ۳          |          |
| ۵    | محاسبات عددی پیشرفته                 | ۳          |          |
| ۶    | طراحی هواپیما پیشرفته                | ۳          |          |
| ۷    | مدلسازی سیستم‌های دینامیکی در هوافضا | ۳          |          |

### ۴- دروس تخصصی انتخابی

دانشجوی کارشناسی ارشد موظف است با تائید استاد راهنمای پایان نامه واحد های باقیمانده خود را از دروس جدول ۳ یا جدول ۴ اخذ نموده و با موفقیت بگذراند.

جدول ۴- دروس تخصصی انتخابی، تعداد واحدها و پیش‌نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس                               | تعداد واحد | پیش‌نیاز |
|------|---|------------|----------|
| ۱    | شبیه‌سازی پروازی                        | ۳          |          |
| ۲    | هدایت و ناوبری ۲                        | ۳          |          |
| ۳    | کنترل تطبیقی                            | ۳          |          |
| ۴    | کنترل چند متغیره                        | ۳          |          |
| ۵    | دینامیک پرواز موشک                      | ۳          |          |
| ۶    | تئوری ابزارآلات دقیق هواپیما و فضاپیما  | ۳          |          |
| ۷    | مدیریت تکنولوژی هوافضا                  | ۳          |          |
| ۸    | آیرودینامیک هواپیماهای V/STOL           | ۳          |          |
| ۹    | دینامیک پرواز و کنترل فضاپیماها         | ۳          |          |
| ۱۰   | صدا و ارتعاش (منابع صدا- اغتشاشات صوتی) | ۳          |          |



|    |  |   |
|----|--|---|
| ۱۱ | اندازه‌گیری پیشرفته                    | ۳ |
| ۱۲ | اویونیک                                | ۳ |
| ۱۳ | طراحی سیستمی ماهواره                   | ۳ |
| ۱۴ | مکانیک محیط پیوسته ۱                   | ۳ |
| ۱۵ | سیستم‌های کنترل مقاوم                  | ۳ |
| ۱۶ | کنترل فازی                             | ۳ |
| ۱۷ | شبکه‌های عصبی                          | ۳ |
| ۱۸ | کنترل غیرخطی                           | ۳ |
| ۱۹ | دینامیک پرواز بالگردها                 | ۳ |
| ۲۰ | شناسائی سیستم و تخمین پارامترهای پرواز | ۳ |
| ۲۱ | مبانی آزمایش‌های پروازی                | ۳ |
| ۲۲ | فیلترهای تطبیقی                        | ۳ |
| ۲۳ | دینامیک پیشرفته                        | ۳ |
| ۲۴ | رباتیک فضایی                           | ۳ |
| ۲۵ | طراحی بهینه چند موضوعی                 | ۳ |
| ۲۶ | دینامیک پرواز پیشرفته ۲                | ۳ |
| ۲۷ | مدلسازی دینامیکی وسایل پرنده           | ۳ |
| ۲۸ | مباحث ویژه در دینامیک پرواز و کنترل    | ۳ |
| ۲۹ | تخمین بهینه                            | ۳ |
| ۳۰ | طراحی ساختاری موشک                     | ۳ |
| ۳۱ | مباحث پیشرفته در عملکرد وسایل پرنده    | ۳ |
| ۳۲ | طراحی سیستم‌های کنترلی                 | ۳ |
| ۳۳ | تحلیل سیستم‌های غیرخطی                 | ۳ |
| ۳۴ | اندازه‌گیری و تخمین پارامترهای پروازی  | ۳ |
| ۳۵ | کنترل دیجیتال                          | ۳ |
| ۳۶ | روش‌های بهینه‌سازی                     | ۳ |
| ۳۷ | فرآیندهای تصادفی                       | ۳ |
| ۳۸ | هدایت وسایل پرنده                      | ۳ |
| ۳۹ | ناوبری وسایل پرنده                     | ۳ |
| ۴۰ | ریاضیات پیشرفته ۲                      | ۳ |
| ۴۱ | الگوریتم‌های مدرن در بهینه‌سازی        | ۳ |



|    |                                      |   |
|----|--------------------------------------|---|
| ۴۲ | طراحی سیستمی ماهواره‌بر              | ۳ |
| ۴۳ | هدایت ۲                              | ۳ |
| ۴۴ | ناوبری ۲                             | ۳ |
| ۴۵ | مبانی قابلیت اطمینان                 | ۳ |
| ۴۶ | اقتصاد مهندسی                        | ۳ |
| ۴۷ | مباحث منتخب در دینامیک پرواز و کنترل | ۳ |
| ۴۸ | کنترل آماری                          | ۳ |

تبصره ۱: از نیمسال دوم تحصیلی هر دانشجو می‌تواند در راستای موضوع سمینار و پایان نامه تحصیلی خود و با تأیید استاد پایان نامه خود و شورای (گروه) تخصصی دانشکده حداکثر یک درس از سایر گرایش‌های کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا و یا سایر رشته‌ها اخذ نماید.

تبصره ۲: توجه شود که بعضی از دروس نزدیک به هم ولی با اسامی متفاوت هستند. لذا، در عمل از دروسی که بیش از حدود ۵۰٪ (به تشخیص گروه تخصصی) هم‌پوشانی دارند فقط یکی اخذ شود.



**بسمه تعالی**  
**دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا**  
**مجموعه: فضایی**

- ۱- طول دوره و تعداد واحدها  
 الف- طول متوسط دوره ۲ سال می باشد.  
 ب- تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد بشرح مندرج در جدول ۱ می باشد.

جدول ۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

| ردیف | نوع واحد           | تعداد واحد | ملاحظات |
|------|--------------------|------------|---------|
| ۱    | دروس الزامی        | ۳ واحد     |         |
| ۲    | دروس تخصصی اصلی    | ۱۲ واحد    |         |
| ۳    | دروس تخصصی انتخابی | ۹ واحد     |         |
| ۴    | سمینار             | ۲ واحد     |         |
| ۵    | پایان نامه         | ۶ واحد     |         |

**۲- دروس الزامی**

اخذ دروس مندرج در جدول ۲ در این شاخه تخصصی برای دانشجویان کارشناسی ارشد الزامی می باشد.

جدول ۲- دروس الزامی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درسی        | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|-------------------|------------|----------|
| ۱    | ریاضیات پیشرفته ۱ | ۳          |          |





### ۳- دروس تخصصی اصلی

دانشجوی کارشناسی ارشد موظف است با تائید استاد راهنمای پایان نامه خود حداقل چهار درس از هشت عنوان درسی زیر را اخذ نماید.

جدول ۳- دروس تخصصی اصلی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس                            | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|--------------------------------------|------------|----------|
| ۱    | مکانیک مدار پیشرفته                  | ۳          |          |
| ۲    | روش‌های بهینه‌سازی                   | ۳          |          |
| ۳    | طراحی سیستمی فضاپیما                 | ۳          |          |
| ۴    | مدلسازی سیستم‌های دینامیکی در هوافضا | ۳          |          |
| ۵    | طراحی سیستمی حامل فضایی              | ۳          |          |
| ۶    | دینامیک پرواز و کنترل فضاپیما        | ۳          |          |
| ۷    | دینامیک پرواز و کنترل حامل فضایی     | ۳          |          |
| ۸    | محیط عملکردی فضاپیما                 | ۳          |          |



### ۴- دروس تخصصی انتخابی

دانشجوی کارشناسی ارشد موظف است با تائید استاد راهنمای پایان نامه واحدهای باقیمانده خود را از دروس جدول ۴ یا دروس باقیمانده از جدول ۳ اخذ نموده و با موفقیت بگذراند.

جدول ۴- دروس تخصصی انتخابی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس                           | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|-------------------------------------|------------|----------|
| ۱    | بالستیک خارجی                       | ۳          |          |
| ۲    | طراحی ابزارها و سیستم‌های ژيروسکوپی | ۳          |          |
| ۳    | مواد سازه‌های فضایی                 | ۳          |          |
| ۴    | پیشراندهای فضایی                    | ۳          |          |
| ۵    | کاربرد اطلاعات دورسنجی              | ۳          |          |
| ۶    | دینامیک گاز پیشرفته                 | ۳          |          |
| ۷    | طراحی موتور موشک‌های سوخت جامد      | ۳          |          |

|   |                                |    |
|---|--------------------------------|----|
| ۳ | طراحی موتور موشک های سوخت مایع | ۸  |
| ۳ | محاسبات عددی پیشرفته           | ۹  |
| ۳ | هدایت و کنترل فضاپیما          | ۱۰ |
| ۳ | کنترل غیرخطی                   | ۱۱ |
| ۳ | مبانی قابلیت اطمینان           | ۱۲ |
| ۳ | ارتعاشات سازه های فضایی        | ۱۳ |
| ۳ | سیستم های پشتیبان حیات در فضا  | ۱۴ |
| ۳ | کنترل حرارتی ماهواره           | ۱۵ |
| ۳ | مدیریت تکنولوژی هوافضا         | ۱۶ |
| ۳ | آمار و احتمالات مهندسی         | ۱۷ |
| ۳ | طراحی سیستمی فضاپیما ۱         | ۱۸ |
| ۳ | طراحی سیستمی فضاپیما ۲         | ۱۹ |
| ۳ | طراحی سیستمی حامل های فضایی ۱  | ۲۰ |
| ۳ | طراحی سیستمی حامل های فضایی ۲  | ۲۱ |
| ۳ | محیط عملکردی فضاپیماها         | ۲۲ |
| ۳ | مبانی طراحی سیستمی             | ۲۳ |
| ۳ | مهندسی سیستم های فضایی         | ۲۴ |
| ۳ | شناسایی مدار و وضعیت           | ۲۵ |
| ۳ | طراحی ماموریت های فضایی        | ۲۶ |
| ۳ | شبیه سازی پرواز                | ۲۷ |
| ۳ | کنترل پیشرفته                  | ۲۸ |
| ۳ | کنترل بهینه ۱                  | ۲۹ |
| ۳ | کنترل بهینه ۲                  | ۳۰ |
| ۳ | هدایت و ناوبری ۱               | ۳۱ |
| ۳ | هدایت و ناوبری ۲               | ۳۲ |
| ۳ | دینامیک پرواز موشک             | ۳۳ |
| ۳ | کنترل دیجیتال                  | ۳۴ |
| ۳ | کنترل تطبیقی                   | ۳۵ |
| ۳ | کنترل چند متغیره               | ۳۶ |
| ۳ | کنترل فازی                     | ۳۷ |
| ۳ | شبکه های عصبی                  | ۳۸ |



|   |   |    |
|---|---|----|
| ۳ | طراحی سیستم‌های کنترلی                      | ۳۹ |
| ۳ | الگوریتم‌های مدرن در بهینه‌سازی             | ۴۰ |
| ۳ | اصول کیهان‌شناسی مشاهداتی                   | ۴۱ |
| ۳ | اصول سنجش از راه دور                        | ۴۲ |
| ۳ | دینامیک مدار پیشرفته                        | ۴۳ |
| ۳ | طراحی و تحلیل ماموریت بین سیاره‌ای          | ۴۴ |
| ۳ | دینامیک آشوب                                | ۴۵ |
| ۳ | روش‌های تکاملی در بهینه‌سازی                | ۴۶ |
| ۳ | طراحی بهینه چند موضوعی فضاپیماها            | ۴۷ |
| ۳ | مدلسازی سیستم‌های دینامیکی                  | ۴۸ |
| ۳ | سیستم‌های غیرخطی                            | ۴۹ |
| ۳ | سیستم‌های مخابرات فضایی و ایستگاه‌های زمینی | ۵۰ |
| ۳ | تکنولوژی ساخت صنایع فضایی                   | ۵۱ |
| ۳ | قابلیت اطمینان و تست در صنایع فضایی         | ۵۲ |
| ۳ | زیست‌شناسی فضایی                            | ۵۳ |
| ۳ | آیرو دینامیک سامانه‌های فضایی               | ۵۴ |
| ۳ | شبیه‌سازی سامانه‌های فضایی                  | ۵۵ |
| ۳ | اصول بارگذاری و طراحی سازه حامل‌های فضایی   | ۵۶ |
| ۳ | طراحی سیستمی بلوک انتقال مداری              | ۵۷ |
| ۳ | طراحی سازه‌های فضایی                        | ۵۸ |
| ۳ | طراحی آزمایش‌های سیستم‌های فضایی            | ۵۹ |
| ۳ | هدایت و ناوبری فضائی                        | ۶۰ |
| ۳ | ریاضیات پیشرفته ۲                           | ۶۱ |
| ۳ | کنترل پیش‌بین                               | ۶۲ |
| ۳ | کنترل مقاوم                                 | ۶۳ |
| ۳ | شناسایی سیستم                               | ۶۴ |
| ۳ | مباحث منتخب در مهندسی فضایی                 | ۶۵ |

تبصره ۱: از نیمسال دوم تحصیلی هر دانشجو می‌تواند در راستای موضوع سمینار و پایان نامه تحصیلی خود و با تأیید استاد پایان نامه خود و شورای (گروه) تخصصی دانشکده حداکثر یک درس از سایر گرایش‌های کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا و یا سایر رشته‌ها اخذ نماید.





تبصره ۲: توجه شود که بعضی از دروس نزدیک به هم ولی با اسامی متفاوت هستند. لذا، در عمل از دروسی که بیش از حدود ۵۰٪ (به تشخیص گروه تخصصی) هم‌پوشانی دارند فقط یکی اخذ شود.



بسمه تعالی  
دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا  
مجموعه: فناوری ماهواره

۱- طول دوره و تعداد واحدها

الف- طول متوسط دوره ۲ سال می باشد.

ب- تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد بشرح مندرج در جدول ۱ می باشد.

جدول ۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

| ردیف | نوع واحد           | تعداد واحد | ملاحظات |
|------|--------------------|------------|---------|
| ۱    | دروس الزامی        | ۹ واحد     |         |
| ۲    | دروس تخصصی انتخابی | ۱۵ واحد    |         |
| ۳    | سمینار             | ۲ واحد     |         |
| ۴    | پایان نامه         | ۶ واحد     |         |

۲- دروس الزامی

دروس اصلی به گونه ای انتخاب شده اند که مبانی و اصول لازم برای این رشته را پوشش دهند و نسبت به دروس اختیاری دارای اولویت می باشند. این دروس همگی ۳ واحدی بوده و در جدول شماره ۲ برای گرایش طراحی معرفی شده اند و دانشجوی می بایست ۳ درس از این دروس را انتخاب نماید.

جدول ۲- دروس الزامی، تعداد واحدها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس                        | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|----------------------------------|------------|----------|
| ۱    | ریاضیات پیشرفته ۱                | ۳          |          |
| ۲    | اصول استاندارد طراحی ماهواره     | ۳          |          |
| ۳    | مخابرات ماهواره ای               | ۳          |          |
| ۴    | مبانی کنترل وضعیت و دینامیک مدار | ۳          |          |
| ۵    | دینامیک پرواز و کنترل فضاپیما    | ۳          |          |



۳- دروس تخصصی انتخابی

دانشجوی کارشناسی ارشد می بایست با موافقت گروه آموزشی ۵ درس از لیست دروس اختیاری که در جدول شماره ۳ معرفی شده اند، انتخاب نماید. دانشجو در صورت موافقت استاد راهنما، می تواند یکی از دروس انتخابی را از جدول دوم انتخاب نماید.

جدول ۳- دروس تخصصی انتخابی، تعداد واحد ها و پیش نیاز آنها

| ردیف | عنوان درس  | تعداد واحد | پیش نیاز |
|------|--|------------|----------|
| ۱    | اصول طراحی و تحلیل سازه ماهواره                                | ۳          |          |
| ۲    | اصول طراحی و تحلیل سیستم کنترل حرارت ماهواره                   | ۳          |          |
| ۳    | مبانی طراحی و تحلیل سیستم تعیین و کنترل وضعیت ماهواره          | ۳          |          |
| ۴    | مبانی و اصول طراحی سیستم پیشرانس و ریزجلو برنده ها             | ۳          |          |
| ۵    | اصول نظام تضمین محصول و اعتمادپذیری ماهواره                    | ۳          |          |
| ۶    | اصول تست ماهواره و پرتاب کننده                                 | ۳          |          |
| ۷    | طراحی سیستمی پرتاب کننده و مکانیزم های رهاسازی                 | ۳          |          |
| ۸    | مونتاژ، جمع، و تست ماهواره (AIT)                               | ۳          |          |
| ۹    | سیستم های ناوبری ماهواره ای و کاربردها (GPS, GLONASS, ....)    | ۳          |          |
| ۱۰   | اصول طراحی و تحلیل سیستم تولید و توزیع توان الکتریکی           | ۳          |          |
| ۱۱   | اصول طراحی و تحلیل آنتن های ایستگاه زمینی و ماهواره            | ۳          |          |
| ۱۲   | استانداردها و پروتکل های ماهواره ای                            | ۳          |          |
| ۱۳   | مدل سازی و شبیه سازی کامپیوتری سیستم و زیرسیستم های ماهواره ای | ۳          |          |
| ۱۴   | اصول طراحی و تحلیل سیستم های سنجش از دور                       | ۳          |          |
| ۱۵   | طراحی مکانیزم ها و سیستم های رهاسازی پرتاب کننده               | ۳          |          |





|    |                                    |   |
|----|------------------------------------|---|
| ۱۶ | طراحی سیستمی ماهواره بر            | ۳ |
| ۱۷ | مبانی کنترل و وضعیت و دینامیک مدار | ۳ |
| ۱۸ | دینامیک پرواز و کنترل فضاپیما      | ۳ |
| ۱۹ | مکانیک مدارهای فضایی پیشرفته       | ۳ |

تبصره ۱: از نیمسال دوم تحصیلی هر دانشجو می‌تواند در راستای موضوع سمینار و پایان نامه تحصیلی خود و با تأیید استاد پایان نامه خود و شورای (گروه) تخصصی دانشکده حداکثر یک درس از سایر گرایش‌های کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا و یا سایر رشته‌ها اخذ نماید.

تبصره ۲: توجه شود که بعضی از دروس نزدیک به هم ولی با اسامی متفاوت هستند. لذا، در عمل از دروسی که بیش از حدود ۵۰٪ (به تشخیص گروه تخصصی) هم‌پوشانی دارند فقط یکی اخذ شود.



# فصل سوم

## سیلابس دروس



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | دینامیک سیالات محاسباتی ۱  | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | دینامیک سیالات محاسباتی و کاربردهای آن در شاخه های مختلف مهندسی  |             |
| ۲    | مفهوم حل عددی معادلات بر روی میدان گسسته   |             |
| ۳    | مقدمه ای کوتاه در مورد گسسته کردن میدان حل   |             |
| ۴    | مقدمه ای کوتاه در مورد شبکه های با سازمان و بی سازمان  |             |
| ۵    | دسته بندی فیزیکی و ریاضی معادلات با مشتقات پاره ای   |             |
| ۶    | معرفی برخی معادلات دیفرانسیل مفید  |             |
| ۷    | اصول روش اختلاف محدود: تقریبهای متفاوت اختلاف محدود  |             |
| ۸    | معرفی فرم اختلاف محدود معادلات با مشتقات پاره ای: خطای قطع، همسانی، پایداری، همگرایی، خطای گرد کردن، و خطای گسسته سازی |             |
| ۹    | روش های اختلاف محدود و حجم محدود   |             |
| ۱۰   | مسئله هدایت حرارتی گذرای دو بعدی   |             |
| ۱۱   | بررسی پایداری: روش فن نیومن  |             |
| ۱۲   | اعمال روش اختلاف محدود به مسئله موج<br>پروژه اول   |             |
| ۱۳   | اعمال روش اختلاف محدود به مسئله هدایت حرارتی   |             |
| ۱۴   | اعمال روش اختلاف محدود و حجم محدود به مسئله هدایت حرارتی و معادله لاپلاس<br>پروژه دوم                                  |             |
| ۱۵   | روشهای حل عددی دستگاه خطی معادلات جبری   |             |
| ۱۶   | مسئله جابجایی در دو بعد: استهلاك نادرست  |             |
| ۱۷   | مسئله جابجایی و استهلاك در یک بعد: منفک شدن میدانهای فشار و سرعت   |             |





|  |  |    |
|--|--|----|
|  | مسئله جابجایی و استهلاك در يك بعد: شبکه جابجا شده            | ۱۸ |
|  | مسئله جابجایی و استهلاك در يك بعد: شبکه هم مکان<br>پروژه سوم | ۱۹ |

منابع

| ردیف | عنوان  |
|------|--|
| ۱    | Numerical Methods for Internal and External Flows, by C. Hirsch, Vols. 1 & 2, John Wiley & Sons, 1984  |
| ۲    | Computational Gas Dynamics, by C.B. Laney, Cambridge University Press, 1998  |
| ۳    | Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer, by D.A. Anderson, J.C. Tannehill, and R.H. Pletcher, Taylor & Francis, 2nd Edition, 1997                      |
| ۴    | An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method, by H.K. Versteeg, and W. Malalasekera, Pearson Education Limited, 2nd Edition, 2007 |
| ۵    | Computational Fluid Dynamics for Engineers, by K.A. Hoffmann, and S.T. Chiang, Engineering Education System, Vol. 1, 2000                                      |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | دینامیک سیالات محاسباتی ۲  | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه ای بر معادلات جریان تراکم پذیر گذرا و لزج و فرمهای ساده شده آن - مرور فرمهای مختلف معادله انرژی - مطالعه طبیعت ترمهای مختلف این معادلات |             |
| ۲    | مفهوم حل عددی معادلات با مشتقات پاره ای - گسسته سازی معادلات - روشهای مختلف گسسته سازی میدان حل: اختلاف محدود، المان محدود، و حجم محدود       |             |
| ۳    | تشریح روش حجم کنترل - المان محدود با مدلسازی هدایت حرارتی گذرای دوبعدی - مقدمه ای بر میان یابی دو خطی تمرین اول                               |             |
| ۴    | روشهای مختلف برای حل عددی معادلات تراکم ناپذیر - روشهای دانسیته مبنا و فشار مبنا - نقش فشار در جریان تراکم ناپذیر                             |             |
| ۵    | مشکل منفک شدن میدانهای فشار و سرعت در حل عددی جریان تراکم ناپذیر: شبکه جابجا شده، اولین راه حل  |             |
| ۶    | روش شبکه هم مکان برای حل عددی جریان تراکم ناپذیر  |             |
| ۷    | اعمال الگوریتم عددی روش هم مکان جرمی برای حل عددی جریان تراکم ناپذیر دو بعدی آرام و گذرا تمرینهای دوم و سوم                                   |             |
| ۸    | پروژه اول: حل عددی جریان تراکم ناپذیر دوبعدی آرام و گذرا در یک حفره و پله معکوس و مقایسه نتایج آن با نتایج دیگران                             |             |
| ۹    | روشهای حرکت در زمان برای حل عددی جریان تراکم ناپذیر   |             |
| ۱۰   | روش شکستن-فلاکس رو (ROE)  |             |
| ۱۱   | روش بالا دست AUSM   |             |
| ۱۲   | شرایط مرزی غیر انعکاسی - ریمان  |             |



|    |  |
|----|--|
| ۱۳ | پروژه دوم: حل عددی جریان تراکم پذیر دوبعدی غیرلزج و گذرا حول ایرفویل NACA 0012 در زاویه حمله در جریانهای زیرصوت، گذرصوت، و بالای صوت با استفاده از روش Roe یا AUSM و مقایسه نتایج آن با نتایج دیگران |
|----|--|

منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | Computational Methods for Fluid Dynamic, by Joel H. Ferziger and Milovan Peric, Springer, 3rd version Tannehill, and R.H. Pletcher, Taylor & Francis, 2nd Edition, 1997 |
| ۲    | Computational Gasdynamics, by Culbert B. Laney, Cambridge University Press, 1998  |
| ۳    | Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, by S.V. Patankar, Taylor and Francis, 1980  |





|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱   | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه   |             |
| ۲    | تانسورها  |             |
| ۳    | معادلات دیفرانسیل پاره ای<br>- انواع معادلات دیفرانسیل پاره ای<br>- شرایط اولیه و مرزی<br>- جداسازی متغیرها                   |             |
| ۴    | حل های متشابه<br>- تعریف<br>- مساله با شرایط مرزی ثابت<br>- مساله با شرایط مرزی متغیر<br>- مسایل غیرخطی<br>- تکنیک اسکیل کردن |             |
| ۵    | حساب تغییرات  |             |
| ۶    | جبر خطی<br>- تعاریف<br>- فضای برداری خطی<br>- آنالیز تابع   |             |



منابع

| ردیف | عنوان   |                      |
|------|---|----------------------|
| ۱    | Continuum mechanics for engineers                           | G. Thomas, G.E. Mase |
| ۲    | Partial Differential Equations for scientists and Engineers | S.J. Farlow          |
| ۳    | Calculus of Variations                                      | I.B. Russak          |
| ۴    | ریاضیات عالی مهندسی   | غلامرضا مرادی        |

|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | ما دون صوت                 | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |


سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | <p>مقدمه و پیش زمینه</p> <p>۱-۱- توصیف حرکت سیال</p> <p>۲-۱- انتخاب دستگاه مختصات</p> <p>۳-۱- Pathline، مسیر جوهری، مسیر جریان</p> <p>۴-۱- نیروهای سیال</p> <p>۵-۱- فرم انتگرالی معادلات دینامیک سیال</p> <p>۶-۱- فرم دیفرانسیلی معادلات دینامیک سیال</p> <p>۷-۱- آنالیز ابعادی معادلات دینامیک سیال</p> <p>۸-۱- جریان با رینولدز بالا</p>   |             |
| ۲    | <p>جریان غیر قابل تراکم و غیر لزج</p> <p>۱-۲- سرعت دورانی، ورتیسیتی و سرکیولیشن</p> <p>۲-۲- نرخ تغییر سرکیولیشن: تئوری کلوین</p> <p>۳-۲- جریان غیر چرخشی و پتانسیل سرعت</p> <p>۴-۲- شرایط مرزی و بینهایت</p> <p>۵-۲- معادله برنولی برای فشار</p> <p>۶-۲- نواحی ساده و چندگانه متصل</p> <p>۷-۲- یکتایی پاسخ</p> <p>۸-۲- مشخصات ورتکس</p> <p>۹-۲- ورتکس دو بعدی</p> <p>۱۰-۲- قانون بیو ساوارات</p> <p>۱۱-۲- سرعت القایی توسط خط ورتکس مستقیم</p> |             |



|  |   |   |
|--|---|---|
|  | ۱۲-۲- معادله جریان  |   |
|  | <p>پاسخ عمومی معادلات جریان غیرقابل تراکم و پتانسیل</p> <p>۱-۳- برقراری مسئله جریان پتانسیل</p> <p>۲-۳- پاسخ عمومی بر پایه Green's Identity</p> <p>۳-۳- خلاصه ای بر روش حل</p> <p>۴-۳- حل ابتدایی: منبع نقطه ای</p> <p>۵-۳- حل ابتدایی: دابلت نقطه ای</p> <p>۶-۳- حل ابتدایی: Polynomials</p> <p>۷-۳- فرم دو بعدی حل های ابتدایی</p> <p>۸-۳- حل ابتدایی: ورتکس</p> <p>۹-۳- قانون Superposition</p> <p>۱۰-۳- Rankine's Oval: Superposition منبع و جریان آزاد:</p> <p>۱۱-۳- Superposition دابلت و جریان آزاد: جریان حول سیلندر</p> <p>۱۲-۳- Superposition دابلت سه بعدی و جریان آزاد: جریان حول کره</p> <p>۱۳-۳- چند یادآوری درباره جریان حول سیلندر و کره</p> <p>۱۴-۳- توزیع سطحی حل های ابتدایی</p> | ۳ |
|  | <p>اغتشاشات جزئی جریان حول بال سه بعدی: فرمول سازی مسئله</p> <p>۱-۴- تعریف مسئله</p> <p>۲-۴- شرایط مرزی بال</p> <p>۳-۴- جدایش ضخامت و مسئله لیفتینگ</p> <p>۴-۴- بال متقارن بدون ضخامت با زاویه حمله صفر</p> <p>۵-۴- بارهای آیرودینامیکی</p> <p>۶-۴- دنباله ورتکس</p> <p>۷-۴- خطی سازی تئوری اغتشاشات جزئی جریان تراکم پذیر</p>  | ۴ |
|  | <p>جریان با اغتشاشات جزئی حول ایرفویل دو بعدی</p> <p>۱-۵- ایرفویل متقارن با ضخامت صفر در زاویه حمله صفر</p>   | ۵ |



|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <p>۵-۲- ایرفویل با ضخامت صفر با زاویه حملها<br/> ۵-۳- حل کلاسیک مسئله لیفتینگ<br/> ۵-۴- نیروها و ممان ها حول ایرفویل نازک<br/> ۵-۵- Lumped-vortex المان<br/> ۵-۶- خلاصه و نتیجه گیری ایرفویل نازک</p>   |   |
|  | <p><b>حل دقیق با متغیرهای مختلط</b></p> <p>۶-۱- خلاصه ای از تئوری متغیرهای مختلط<br/> ۶-۲- پتانسیل مختلط<br/> ۶-۳- مثال های ساده<br/> ۶-۳-۱- حل جریان یونیفرم و Singular<br/> ۶-۳-۲- جریان گوشه<br/> ۶-۴- فرمول بلازیوس و تئوری کوتا جاکوفسکی<br/> ۶-۴-۱- تبدیل Conformal و جابجایی جاکوفسکی<br/> ۶-۴-۲- ایرفویل مسطح<br/> ۶-۴-۳- مکش لبه حمله<br/> ۶-۴-۴- جریان عمود بر صفحه مسطح<br/> ۶-۴-۵- ایرفویل Circular Arc<br/> ۶-۴-۶- ایرفویل متقارن جاکوفسکی<br/> ۶-۵- ایرفویل با زاویه لبه فرار محدود<br/> ۶-۶- خلاصه ای بر توزیع فشار حل دقیق ایرفویل<br/> ۶-۶-۱- روش Image<br/> ۶-۷- عمومی کردن تئوری کوتا جاکوفسکی</p>  | ۶ |
|  | <p><b>روش های اغتشاشات</b></p> <p>۷-۱- مسئله ایرفویل نازک<br/> ۷-۲- پاسخ مرتبه دوم<br/> ۷-۳- پاسخ لبه حمله<br/> ۷-۴- بسط Matched Asymptotic</p>   | ۷ |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | ۵-۷- ایرفویل نازک بین دیواره های تونل باد   |   |
|  | <p>حل اغتشاشات جزئی سه بعدی</p> <p>۱-۸- بال محدود: مدل Lifting line</p> <p>۱-۱-۸- تعریف مسئله</p> <p>۲-۱-۸- مدل Lifting line</p> <p>۳-۱-۸- بارهای آیرودینامیکی</p> <p>۴-۱-۸- توزیع lift بیضوی</p> <p>۵-۱-۸- General Spanwise Circulation توزیع</p> <p>۶-۱-۸- Twisted بال بیضوی</p> <p>۷-۱-۸- Lifting line نتایج تئوری</p> <p>۲-۸- Slender تئوری بال</p> <p>۱-۲-۸- تعریف مسئله</p> <p>۲-۲-۸- Slender Pointed Wings حل جریان حول</p> <p>۳-۲-۸- R. T. Jones روش</p> <p>۴-۲-۸- Slender Wing Body نتایج</p> <p>۳-۸- Slender Body تئوری</p> <p>۱-۳-۸- Axisymmetric longitudinal flow past a slender body revolution</p> <p>۲-۳-۸- Slender body Transverse گذرنده از جریان</p> | ۸ |

منابع

| عنوان  | ردیف |
|--|------|
| Joseph Katz Allen Plotkin, LOW-SPEED AERODYNAMICS, From Wing Theory to Panel Methods | ۱    |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | آنرودینامیک مافوق صوت      | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

### سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | یادآوری مطالب آنرودینامیک ۲  |             |
| ۲    | طبقه بندی جریان های تراکم پذیر   |             |
| ۳    | معادلات کلی بقا در جریان غیر چرخشی، جریان خطی شده، بال های نازک (کاربرد اغتشاشات کوچک) در جریان تراکم پذیر |             |
| ۴    | جریان مخروطی و جریان با تقارن محوری - تحلیل اجسام نازک در رژیم جریان مافوق صوت                             |             |
| ۵    | هدوگراف قطبی شوک، انعکاس و تداخل شوک های مورب، دهانه های ورودی موتور                                       |             |
| ۶    | روش مشخصه ها - طراحی نازل طول بلند - طراحی نازل طول کوتاه  |             |
| ۷    | جریان یک بعدی ناپایای همانتروپیک   |             |
| ۸    | مقاطع بال و بال های محدود در جریان مافوق صوت - کاربرد معادلات جریان خطی شده در بال محدود                   |             |
| ۹    | تأثیر متقابل شوک و لایه مرزی   |             |

### منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | Modern Compressible Flow by Anderson                              |
| ۲    | Gas dynamics by Zucro & Hoffman                                   |
| ۳    | Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow by Shapiro |
| ۴    | Aerodynamique Experimentale par Rebuffet                          |





|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | جریان آشفته                | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه.  |             |
| ۲    | جداسازی رینولدز:<br>i. معادلات RANS.<br>۱. معادلات تنش رینولدز.<br>ii. مشکل بستن معادلات.<br>۱. مدل‌های اولیه آشفته‌گی. |             |
| ۳    | دینامیک آشفته‌گی:<br>i. روابط انرژی جنبشی.<br>۱. توازن انرژی.<br>ii. آشفته‌گی همگن.                                     |             |
| ۴    | دینامیک ورتیسیتی.   |             |
| ۵    | توصیف آماری آشفته‌گی:<br>i. همبستگی دو نقطه‌ای.<br>۱. آشفته‌گی ایزوتروپیک.<br>ii. تانسور همبستگی مرتبه سه.              |             |
| ۶    | فضای فوریه:<br>i. تابع خود-همبستگی.<br>ii. طیف‌های انرژی.<br>۱. دینامیک طیف‌های انرژی.<br>iii. تابع انتقال انرژی.       |             |
| ۷    | نظریه ایزوتروپی موضعی کولموگوروف:<br>i. آشار انرژی.<br>ii. نقد مدرن.  |             |
| ۸    | جریان‌های برشی آشفته:   |             |



|  |  |    |
|--|--|----|
|  | i. جریان‌های محدود به دیواره.<br>۱. جریان کانال.<br>ii. جریان در نواحی نزدیک به دیواره.<br>۱. لایه مرزی آشفته. |    |
|  | مدل آشفتگی $k-\epsilon$  | ۹  |
|  | موضوعات بیشتر (اگر زمان اجازه دهد) اضافه خواهند شد.  | ۱۰ |

#### منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | Tennekes, H. and Lumley, J. H., A First course in turbulence, The MIT Press, 1972.                                      |
| ۲    | Hinze, J. O., Turbulence, McGraw-Hill, 1975.  |
| ۳    | Pope, S. B., Turbulent Flows, Cambridge University Press, 2000.   |
| ۴    | Davidson, P. A., Turbulence, Oxford University Press, 2004.   |
| ۵    | Mathieu, J., Scott, J., An intro. to turbulent flow, Cambridge Univ. Press, 2000.                                       |
| ۶    | Durbin, P. A. and Pettersson Reif, B. A., Statistical Theory and Modeling for Turbulent Flows, John Wiley & Sons, 2011. |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | آرودینامیک ناپایا          | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | فصل اول: مفاهیم و تعاریف جریان ناپایا <ul style="list-style-type: none"> <li>• منشاء نیروهای آیرودینامیک غیر دائم</li> <li>• دنباله پره</li> <li>• فرکانس کاهش یافته و زمان کاهش یافته</li> <li>• جریان چسبیده ناپایا</li> </ul>  |             |
| ۲    | فصل دوم: تئورب ایرفویل نازک شبه پایا  |             |
| ۳    | فصل سوم: تئوری تئودرسن <ul style="list-style-type: none"> <li>• زاویه حمله نوسانی خالص</li> <li>• نوسانات پلانچینگ</li> <li>• نوسانات پیچینگ</li> </ul>   |             |
| ۴    | فصل چهارم: روش های تحلیلی مسایل مختلف نوسانی <ul style="list-style-type: none"> <li>• دنباله برگشتی: مساله لووی (Loewy's Problem)</li> <li>• تند باد سینوسی: مساله سیرس (Scars's Problem)</li> <li>• پاسخ اندیشیال: مساله واگنر (Wagner's Problem)</li> <li>• تند باد ناگهانی: مساله کوسنر (Kussner's Problem)</li> <li>• تند باد ناگهانی در حال جابه جایی (Miles's Problem)</li> <li>• سرعت با زاویه حمله متغییر</li> <li>• و ...</li> </ul> |             |
| ۵    | فصل پنجم: استال دینامیکی و مفاهیم آن، اثرات پارامترهای مختلف بر روی استال دینامیکی  |             |
| ۶    | فصل ششم: جریان دوبعدی پتانسیل تراکم ناپذیر ناپایا   |             |



## منابع

| ردیف | عنوان  |
|------|--|
| ۱    | Katz, J., and Plotkin, A., "Low Speed Aerodynamics from Wing Theory to panel method", 2000.              |
| ۲    | Leishman, J. "Principles of helicopter aerodynamics", Cambridge University Press, Cambridge, 2006 .      |
| ۳    | Kuthe, AM., and Chow, C.Y., "Foundation of Aerodynamics: Bases of Aerodynamic design", John Wiley, 1998. |
| ۴    | White, F.M., Viscous Fluid Flow (McGraw-Hill Mechanical Engineering), 2005.                              |
| ۵    | Rom, J., "High Angle of Helicopter Aerodynamics", Cambridge University Press, Cambridge, 2000.           |





|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | جریان لزج                  | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه.  |             |
| ۲    | نظریه میدان تانسوری و چند قضیه اساسی.   |             |
| ۳    | قوانین بقا:<br>۳-۱- بقای جرم.<br>۳-۲- بقای مومنتوم.<br>۳-۳- تانسور تنش.<br>۳-۴- سیالات نیوتنی.<br>۳-۵- بقای انرژی.<br>۳-۶- معادلات ناویر-استوکس و شرایط مرزی. |             |
| ۴    | دینامیک ورتیسیتی.   |             |
| ۵    | قضیه برنولی.  |             |
| ۶    | حل دقیق معادلات ناویر-استوکس:<br>۶-۱- مسئله اول استوکس.<br>۶-۲- مسئله دوم استوکس.<br>۶-۳- جریان سکون.<br>۶-۴- جریان کانال همراه با وزش و دمش.                 |             |
| ۷    | معادلات لایه مرزی:<br>۷-۱- حل های گوناگون معادلات لایه مرزی.<br>۷-۲- جریان لایه مرزی بر روی اجسام متقارن محوری.<br>۷-۳- جریان های جت.                         |             |
| ۸    | جریان های با عدد رینولدز پایین:<br>۸-۱- شکل های مختلف معادلات استوکس.<br>۸-۲- جریان استوکس بر روی یک استوانه.<br>۸-۳- جریان آسین.                             |             |



|  |   |   |
|--|---|---|
|  | موضوعات بیشتر (اگر زمان اجازه دهد) اضافه خواهند شد. | ۹ |
|--|---|---|

منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | Panton, R., Incompressible Flow, Wiley.   |
| ۲    | White, F. Viscous Fluid Flow. McGraw-Hill.                                      |
| ۳    | Schlichting, H et al. Boundary Layer Theory, McGraw-Hill.                       |
| ۴    | Batchelor, G. K. An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge University Press. |
| ۵    | Sherman, F. S. Viscous Flow. McGraw-Hill.                                       |



|                                |                               |                   |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | آیروترمودینامیک موتور<br>موشک | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری    |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مقدمه‌ای بر موتور موشک   |             |
| ۲    | تئوری و ترمودینامیک نازل<br>۱-۲- راکت ایده‌آل<br>۲-۲- روابط ترمودینامیکی<br>۳-۲- جریان آیزنتروپیک در داخل نازلها<br>۴-۲- ترکیب بندیهای نازل<br>۵-۲- نازل‌های واقعی   |             |
| ۳    | تحلیل کارایی راکت شیمیایی<br>۱-۳- مبانی<br>۲-۳- احتراق تعادلی<br>۳-۳- تحلیل محفظه احتراق<br>۴-۳- تحلیل فرآیند انبساط در نازل<br>۵-۳- نتایج حاصل از محاسبه ترموشیمیایی  |             |
| ۴    | مبانی موتورهای موشک سوخت مایع<br>۱-۴- مقدمه<br>۲-۴- مواد پیشران<br>۳-۴- سیستم سوخت رسانی<br>۴-۴- تانکهای ذخیره‌ساز مواد پیشران<br>۵-۴- مخزن تامین کننده فشار<br>۶-۴- سیستمهای سوخت رسانی توربوپمپی و سیکل‌های موتور<br>۷-۴- تعادل فشار و جریان<br>۸-۴- موتور راکت‌های کوچک<br>۹-۴- شیرها و خطوط سوخت رسانی |             |
| ۵    | مواد پیشران مایع   |             |



|  |  |   |
|--|--|---|
|  | ۱-۵- خواص مواد پیشران<br>۲-۵- اکسیدکننده‌های مایع<br>۳-۵- سوخته‌های مایع<br>۴-۵- سایر مواد پیشران  |   |
|  | <b>محفظه‌های احتراق</b><br>۱-۶- مقدمه‌ای بر محفظه‌های احتراق<br>۲-۶- انژکتورها (هیدرودینامیک، طراحی و پارامترها)<br>۳-۶- محفظه‌های احتراق<br>۴-۶- انتقال حرارت و روشهای خنک‌کاری | ۶ |
|  | <b>احتراق مواد پیشران سوخت مایع</b><br>۱-۷- ناحیه احتراق در داخل محفظه احتراق<br>۲-۷- نوع احتراق<br>۳-۷- ناپایداری احتراق در داخل محفظه احتراق<br>۴-۷- کنترل ناپایداری احتراق    | ۷ |
|  | <b>طراحی محفظه احتراق</b>  | ۸ |

منابع

| عنوان   | ردیف |
|---|------|
| <b>Main Text:</b> Rocket Propulsion Elements GEORGE P. SUTTON | ۱    |
| <b>Other References:</b>                                      |      |
| Propulsion books (Hill & Peterson, so on)                     | ۲    |
| Fluid Dynamics books  | ۳    |
| Combustion books  | ۴    |





|                                |                                    |                   |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | طراحی انرودینامیکی<br>توربوماشینها | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری         |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مروری بر مفاهیم مورد نیاز در ریاضیات و Fluid mechanic ; یادآوری فضاهای مطلق و نسبی، یادآوری ریاضیات اپراتور نابلا و قضایای مربوطه .   |             |
| ۲    | توصیف دیدگاههای اولر و لاگرانژ و بازنویسی معادلات بقا با دیدگاههای فوق و در فضاهای نسبی و مطلق و بکارگیری محورهای مختلف و همچنین اعمال Shear بر آنها.   |             |
| ۳    | قضیه تیلور و بازنویسی قوانین بقا با استفاده از آن.  |             |
| ۴    | ارتباط Unsteadiness در انجام کار بر روی یک ذره و تأثیر $PR=1$ بر شکل معادلات بقا  |             |
| ۵    | فرض Axi symmetry در جریان در داخل یک کانال و تأثیر آن بر معادلات بقا.   |             |
| ۶    | بازنویسی معادلات بقا در توربوماشینها با استفاده از فرض Axi symmetry و استخراج مفاهیم نیرو و کار پره و اصل بقا Rothalpy.   |             |
| ۷    | تعریف پارامترهای طراحی در توربوماشینها ، طراحی توربوماشینها با استفاده از روش یک بعدی Pitch Line و توسعه آن به Quasi Three Dimensional با فرض Swirl Distribution ، و طراحی هندسی با معرفی انواع پره ها. |             |
| ۸    | توصیف Cascade و اعتبار بکارگیری آن در طراحی کمپرسورهای محوری و شعاعی، تکامل تاریخی و نقد پارامترهای Performance و Validation از آزمایشات Cascade و جایگاه آنان در طراحی های کنونی.                      |             |
| ۹    | تعریف Choking Mach No. و Critical Mach No. در توربوماشینها و تاثیر آن بر تکامل پره های PVD .  |             |



|   |    |
|---|----|
| تعریف مفهوم Off Design در توربوماشینها و نحوه ارزیابی مقادیر Deviation & Incident Angle و Loss در این شرایط..     | ۱۰ |
| تعریف محورهای Meridional و بازنویسی معادلات بقا بر آنها.  | ۱۱ |
| ارائه روش Streamline Curvature در آنالیز جریان یک توربوماشین و معرفی q Lines .                                    | ۱۲ |
| مفهوم بهبود عملکرد یک توربوماشین با استفاده از I.G.V و اعمال توضیح مناسب پارامترهای طراحی.                        | ۱۳ |
| محاسبه Characteristic یک توربوماشین با استفاده از روشهای آنالیز بی بعدی و Stage Stacking و Streamline Curvature . | ۱۴ |

منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | کتاب توربوماشین بخصوص کتاب Compressor Aerodynamics by N.Cumpsty |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | اصول جلوبرنده های پیشرفته  | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روشن ارزشیابی                  | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه ای بر فرآیند طراحی توربین های گازی صنعتی شامل : عناصر اصلی در طراحی، ابداع مفهومی سیکل توربین های گازی صنعتی، سیکل ساده برایتون، واقعی کردن سیکل برایتون، طراحی بهینه سیکل ساده برایتون.  |             |
| ۲    | تکامل تاریخی و نوآوری در سیکل توربین های گازی صنعتی شامل : سیکلهای خشک و تر و سیکلهای هایبرید.  |             |
| ۳    | مقدمه ای بر فرآیند طراحی توربین های گازی هوایی شامل : ابداع مفهومی سیکل توربین های گازی هوایی، سیستم و عملکرد ورودی های Subsonic & Supersonic، سیستم و عملکرد خروجی های همگرا و همگرا- واگرا، طراحی بهینه سیکل ترمودینامیکی موتورهای هوایی. |             |
| ۴    | تعریف مفاهیم Steady State Off Design در مقابل Design Optimization. نتایج محاسبات Off Design و کاربرد آن در کنترل توربین های گازی و استفاده از شاخص های منتج از آن در فرآیند Design Optimization.  |             |
| ۵    | تعریف فرآیند محاسبات Off Design، شامل Components Characteristic و Compatibility Equations و دستگاه معادلات مربوطه و متد حل آنها.  |             |
| ۶    | بدست آوردن Running Line در یک موتور Single Shaft و نمایش شکل آن برای Load های مختلف   |             |
| ۷    | بدست آوردن Running Line در یک موتور Double Shaft بدون استفاده از Load Characteristic با فرض استقلال Power Turbine Characteristic از دور آن.   |             |
| ۸    | محاسبه دقیق Running Line با استفاده از Load Characteristic و  |             |





|    |   |  |
|----|---|--|
|    | محاسبه دقیق کار با در نظر گرفتن تغییرات راندمان توربین قدرت.  |  |
| ۹  | طبقه بندی Load ها و مزیت Double Shaft در Traction Loads .   |  |
| ۱۰ | تعریف Part Load Performance و تغییر پارامترهای عملکردی در این حالت.   |  |
| ۱۱ | روش های مختلف محاسباتی Component Characteristic .   |  |
| ۱۲ | استراتژی های Part load remedy در توربین های گازی صنعتی از جمله : VS , VIGS , VAN , Blow off .   |  |
| ۱۳ | محاسبه Running Line در موتورهای توربین گازی هوایی تک محوره با ارائه Nozzle Characteristic در این بخش.   |  |
| ۱۴ | محاسبه Running Line در موتورهای توربین گازی هوایی دو محوره و ارائه خواص این موتورها از جمله : تثبیت Hp Running Line ، تثبیت نقطه عملکرد توربین ها ، و تفاوت عملکرد آنها با موتورهای تک محوره. |  |
| ۱۵ | Part Load remedy در موتورهای هوایی.   |  |
| ۱۶ | مبانی محاسبه Transient Running Line در موتورهای توربین گاز و محاسبه آن برای یک موتور Free turbine   |  |

منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | کتاب توربین های گازی از جمله Gas turbine Theory by Cohen & Rojers |





|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | سوخت و احتراق پیشرفته ۱    | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه   |             |
| ۲    | احتراق و ترموشیمی<br>۱-۲- مروری بر روابط خواص<br>۲-۲- قانون اول ترمودینامیک<br>۳-۲- مخلوطهای مواد واکنش دهنده و حاصل از احتراق<br>۴-۲- دمای شعله‌های آدیپاتیک<br>۵-۲- تعادل شیمیایی<br>۶-۲- تعادل محصولات احتراق<br>۷-۲- برخی از کاربردها |             |
| ۳    | مقدمه‌ای بر انتقال جرم<br>۱-۳- قانون نرخ انتقال جرم<br>۲-۳- قانون بقای اجزاء<br>۳-۳- مساله استفان<br>۴-۳- تبخیر قطره  |             |
| ۴    | سینتیکهای شیمیایی<br>۱-۴- قانون نرخ<br>۲-۴- واکنشهای کلی و جزئی<br>۳-۴- نرخ واکنش ابتدایی<br>۴-۴- مکانیزمهای چندمرحله‌ای<br>۵-۴- تقریب حالت پایدار<br>۶-۴- مقیاس زمانی شیمیایی<br>۷-۴- تعادل جزئی   |             |
| ۵    | تحلیل‌های حرارتی و کوپلینگ شیمیایی سیستمهای واکنشی<br>۱-۵- واکنشگاه فشار ثابت، جرم ثابت   |             |



|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <p>۲-۵- واکنشگاه حجم ثابت، جرم ثابت</p> <p>۳-۵- واکنشگاه خوب هم زده</p> <p>۴-۵- واکنشگاه جریان قالبی</p>  |   |
|  | معادلات بقاء برای جریانات واکنش پذیر  | ۶ |
|  | <p>شعله‌های آرام پیش آمیخته</p> <p>۱-۷- توضیح فیزیکی</p> <p>۲-۷- تحلیل ساده سازی شده</p> <p>۳-۷- تحلیل جزئی</p> <p>۴-۷- فاکتورهای تاثیرگذار برروی ضخامت و سرعت شعله</p> <p>۵-۷- روابط برآوردکننده سرعت شعله</p> <p>۶-۷- خاموشی</p> <p>۷-۷- اشتعال پذیری</p> | ۷ |

منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | Main Text: An Introduction to Combustion, Concept and application, Stephen R. Turns |
|      | Others:   |
| ۲    | Combustion, J. Warnatz et al.   |
| ۳    | Borman, G. L. & Ragland, K. W. 1998. <i>Combustion Engineering</i> . McGraw-Hill.   |
| ۴    | Glassman, I. 1996. <i>Combustion</i> , 2nd ed. Academic.                            |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | سوخت و احتراق پیشرفته ۲    | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | <p>شعله‌های غیرپیش آمیخته آرام</p> <p>۱-۱- شعله‌های غیرپیش آمیخته جریان تقابلی</p> <p>۲-۱- شعله‌های غیرپیش آمیخته جت آرام</p> <p>۳-۱- شعله‌های غیرپیش آمیخته با شیمی سریع</p> <p>۴-۱- تمرینات</p>   |             |
| ۲    | <p>فرآیندهای اشتعال</p> <p>۱-۲- تحلیل سمنوف در خصوص انفجارهای حرارتی</p> <p>۲-۲- تحلیل فرانک-کامنسکی در خصوص انفجارهای حرارتی</p> <p>۳-۲- اشتعال خودبخودی: محدوده‌های اشتعال</p> <p>۴-۲- اشتعال خودبخودی: زمان تاخیر در اشتعال</p> <p>۵-۲- القای اشتعال، کمینه انرژی مورد نیاز جهت اشتعال</p> <p>۶-۲- اشتعال جرقه‌ای</p> <p>۷-۲- تراک</p> <p>۸-۲- تمرینات</p> |             |
| ۳    | <p>معادلات ناویر-استوکس برای جریان‌ات سه بعدی واکنش پذیر</p> <p>۱-۳- معادلات بقاء</p> <p>۲-۳- معادلات بقاء جرم کلی</p> <p>۳-۳- معادلات بقاء جرم اجزاء</p> <p>۴-۳- معادلات بقاء ممنتوم</p> <p>۵-۳- معادلات بقاء انرژی</p> <p>۶-۳- قوانین تجربی</p> <p>۷-۳- قانون نیوتن</p> <p>۸-۳- قانون فوریه</p> <p>۹-۳- قانون فیک و نفوذ حرارتی</p>                         |             |



|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <p>۱۰-۳- محاسبه ضرایب انتقال از پارامترهای مولکولی</p> <p>۱۱-۳- تمرینات</p>   |   |
|  | <p><b>جریانات واکنشی مغشوش</b></p> <p>۱-۴- برخی از پدیده‌های پایه</p> <p>۲-۴- شبیه‌سازی عددی مستقیم</p> <p>۳-۴- مفاهیم مدل‌سازی اغتشاش: میانگین گیری زمانی و Favre</p> <p>۴-۴- معادلات ناویر- استوکس میانگین- رینولدز (RANS)</p> <p>۵-۴- مدل‌های توربولانسی</p> <p>۶-۴- نرخهای واکنش متوسط</p> <p>۷-۴- مفاهیم مدل‌سازی اغتشاش: توابع چگالی احتمال</p> <p>۸-۴- مدل‌های شکست گردابه</p> <p>۹-۴- مقیاسهای اغتشاش</p> <p>۱۰-۴- شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ</p> <p>۱۱-۴- تمرینات</p> | ۴ |
|  | <p><b>شعله‌های غیرپیش‌آمیخته مغشوش</b></p> <p>۱-۵- شعله‌های غیر پیش‌آمیخته با شیمی تعادلی</p> <p>۲-۵- شیمی نرخ محدود در شعله‌های غیرپیش‌آمیخته</p> <p>۳-۵- خاموشی شعله</p> <p>۴-۵- شبیه‌سازی توابع چگالی احتمال شعله‌های غیرپیش‌آمیخته مغشوش با استفاده از روش مونت کارلو</p> <p>۵-۵- تمرینات</p>   | ۵ |
|  | <p><b>شعله‌های پیش‌آمیخته مغشوش</b></p> <p>۱-۶- کلاسه‌بندی شعله‌های پیش‌آمیخته مغشوش</p> <p>۲-۶- مدل‌های شعله ریز</p> <p>۳-۶- مدل‌سازی شعله‌ریز با استفاده از Reaction Progress Variable</p> <p>۴-۶- مدل‌سازی شعله‌ریز با استفاده از Level-Set Method</p> <p>۵-۶- سرعت شعله مغشوش</p> <p>۶-۶- خاموشی شعله</p> <p>۷-۶- سایر مدل‌های احتراق پیش‌آمیخته مغشوش</p> <p>۸-۶- تمرینات</p>  | ۶ |





## منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | <b>Main Text:</b> Combustion, J. Warnatz et al.   |
|      | <b>Others:</b>  |
| ۲    | Borman, G. L. & Ragland, K. W. 1998. <i>Combustion Engineering</i> . McGraw-Hill.                     |
| ۳    | Glassman, I. 1996. <i>Combustion</i> , 2nd ed. Academic.  |
| ۴    | Griffith, J. F. & Barnard, J. A. 1995. <i>Flame and Combustion</i> , 3rd ed. CRC Press.               |
| ۵    | Kee, R. J., Coltrin, M. E. & Glarborg, P. 2003. <i>Chemically Reacting Flows: Theory and practice</i> |
| ۶    | Kuo, K. K. 2002. <i>Principles of Combustion</i> , 2nd ed. John Wiley.                                |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | آیروالاستیسیته             | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

### سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه:<br>تعریف آیروالاستیسیته، تاریخچه، آشنایی با شاخه‌ها و تقسیم‌بندی‌های آن.   |             |
| ۲    | آیروالاستیسیته استاتیکی:<br>توصیف فیزیکی پدیده واگرایی، واگرایی مقطع نمونه (بال دوبعدی)، واگرایی مقطع نمونه دارای سطح کنترل، وارونگی سطح کنترل، تعیین سرعت بال‌های با و بدون زاویه سوپ، تعیین سرعت واگرایی با استفاده از روش مقادیر ویژه و کاربرد مواد مرکب در طراحی آیروالاستیک بال، روش‌های محاسباتی در آیروالاستیسیته استاتیک و اثر رولینگ هواپیما.                                  |             |
| ۳    | آیروالاستیسیته دینامیکی:<br>توصیف فیزیکی پدیده فلاتر، استخراج معادلات آیروالاستیک دینامیکی با استفاده از روش‌های انرژی.<br>الگوهای آیرو دینامیکی: الگوهای مادون صوت دائم، شبه دائم و غیر دائم، پاسخ تندباد و الگوهای مافوق صوت.<br>آشنایی با روشهای متداول در محاسبه سرعت فلاتر ( $P-K$ و $K, P$ ), تعیین سرعت فلاتر بال‌های با و بدون زاویه سوپ، تحلیل فلاتر پوسته در جریان مافوق صوت. |             |
| ۴    | کاربردهای غیر هواپیمایی، آیروالاستیسیته موشک  |             |
| ۵    | آیروالاستیسیته محاسباتی:<br>شامل آشنایی با اصول آیروالاستیسیته محاسباتی و به‌کارگیری الگوهای محاسباتی آیرو دینامیکی و سازهای در محاسبات ناپایداری آیروالاستیک.  |             |

### منابع

| ردیف | عنوان |
|------|-------|
| ۱    |       |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | تحلیل سازه پیشرفته         | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | <p><b>بیان معادلات تعادل</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• معادلات تعادل برای تیر خمشی کلاسیک</li> <li>• مثال: بیان ترم های ماتریس سختی</li> <li>• معادلات تعادل برای یک صفحه تحت نیروهای درون صفحه ای</li> <li>• مثال: بیان ترم های ماتریس سختی</li> </ul>  |             |
| ۲    | <p><b>بیان معیار پایداری</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• معادلات پایداری برای تیر خمشی کلاسیک</li> <li>• مثال: بیان ترم های ماتریس سختی هندسی</li> <li>• مثال: بیان ترم های ماتریس تغییر شکل های اولیه</li> <li>• مثال: بیان ترم های ماتریس نیروهای غیر پایستار</li> </ul>   |             |
| ۳    | <p><b>تئوری صفحات و پوسته ها</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• تئوری خمشی کلاسیک</li> <li>• مثال: بیان ترم های ماتریس سختی خمشی و کوپلاژ</li> <li>• مثال: ماتریس سختی خمشی المان DKT</li> <li>• مثال: بیان ترم های ماتریس سختی هندسی</li> <li>• مثال: ماتریس سختی هندسی المان DKT</li> <li>• تئوری خمشی مرتبه اول</li> <li>• مثال: بیان ترم های ماتریس سختی ناشی از تنش های برشی در جهت ضخامت</li> <li>• تئوری خمشی لایر وایز</li> <li>• مثال: بیان ترم های ماتریس سختی</li> </ul> |             |
| ۴    | <p><b>مباحث منتخب</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• محاسبه تنش برشی در جهت ضخامت با استفاده از تئوری الاستیسیته سه بعدی</li> </ul>   |             |



|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• صفحات متشکل از مواد گرادپانی</li> <li>• صفحات متشکل از مواد مرکب چند لایه</li> <li>• صفحات متشکل از مواد پیزوالکتریک</li> <li>• تحلیل صفحات و پوسته های دارای تقارن محوری تحت بارگذاری با و بدون تقارن محوری</li> <li>• فانکشنال هلینگر رایشنر برای صفحات خمشی و استفاده از متغیر های مختلط تنش و تغییر مکان</li> </ul>   |   |
|  | <p style="text-align: center;"><b>تحلیل پیشرفته</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• تحلیل غیر خطی به روش نیوتن رافسون</li> <li>• تئوری های تیر خمشی غیر خطی</li> <li>• مثال: بیان ماتریس تانژانت برای یک تیر خمشی غیر خطی</li> <li>• تحلیل کمانش اوپلر</li> <li>• تحلیل الاستو پلاستیک</li> <li>• مثال: تحلیل الاستو پلاستیک یک صفحه تحت بارگذاری درون صفحه ای</li> <li>• تحلیل غیر خطی سازه های دارای خرابی گسترده به روش هموزن سازی با سختی کاهش یافته</li> </ul> | ۵ |

منابع

| عنوان | ردیف |
|-------|------|
|       | ۱    |





|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | دینامیک سازه               | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مشخصات اصلی یک سیستم دینامیکی پیوسته  |             |
| ۲    | روش های تبدیل یک سیستم پیوسته به ناپیوسته   |             |
| ۳    | فرمول بندی معادلات حرکت دینامیکی<br>a. اصل دالامبر<br>b. اصل تغییر مکان های مجازی<br>c. اصل هامیلتون                                      |             |
| ۴    | معرفی درجات آزادی تعمیم یافته و بیان سختی، جرم و استهلاک تعمیم یافته و نسبت رابلی و روش رابلی اصلاح شده برای محاسبه فرکانس طبیعی یک سیستم |             |
| ۵    | سیستم های یک درجه آزادی   |             |
| ۶    | ارتعاشات آزاد سیستم های بدون استهلاک و مستهلک شونده   |             |
| ۷    | ارتعاشات اجباری سیستم های بدون استهلاک و مستهلک شونده تحت بارگذاری هارمونیک   |             |
| ۸    | واکنش نسبت به بارگذاری های متناوب   |             |
| ۹    | استفاده از سری فوریه  |             |
| ۱۰   | تابع واکنش فرکانسی مختلف  |             |
| ۱۱   | واکنش نسبت به بارهای ضربه ای  |             |
| ۱۲   | واکنش نسبت به بارهای دینامیکی دلخواه  |             |
| ۱۳   | حل در دامنه زمانی<br>d. انتگرال دوهمامل<br>e. حل عددی انتگرال دوهمامل   |             |
| ۱۴   | حل در دامنه فرکانسی<br>a. سری توانی فوریه   |             |



|    |   |  |
|----|---|--|
|    | <p>b. تبدیل ناپیوسته فوریه<br/>c. حل عددی در دامنه فرکانسی</p>  |  |
| ۱۵ | <p>تحلیل واکنش سیستم های غیر خطی<br/>a. روش انتگرال گیری گام به گام</p>   |  |
| ۱۶ | <p>سیستم های چند درجه آزادی<br/>a. بیان ماتریس های سختی، جرم، استهلاک و سختی هندسی<br/>b. مثال تیر خمشی از روش اجزای عددی<br/>c. خواص متعامد بودن مودهای ارتعاشی نسبت به ماتریس سختی و جرم<br/>d. شرایط تعامد مودها نسبت به ماتریس استهلاک و محاسبه ماتریس استهلاک<br/>e. آنالیز مودال<br/>i. مختصات نرمال و روش ترکیب مودها<br/>ii. معادلات غیر درگیر حرکت</p> |  |
| ۱۷ | <p>روش های محاسباتی مودهای ارتعاشی<br/>a. روش تکرار ماتریسی و مقایسه با روش رایلی اصلاح شده<br/>b. روش هولزر<br/>c. روش رایلی ریتز و روش زیر فضا<br/>d. شیفت یا انتقال<br/>e. روش جداسازی اسپکترال</p>  |  |
| ۱۸ | <p>حل سیستم دستگام معادلات دینامیکی<br/>a. تبدیل معادلات مرتبه دوم تابع زمان به معادلات مرتبه اول<br/>b. روش صریح اویلر<br/>c. روش ضمنی اویلر<br/>d. روش نیمه صریح اویلر<br/>e. روش آزمون و خطا<br/>f. روش Rung-Kutta</p>   |  |
| ۱۹ | <p>روش انتگرال گیری زمان برای سیستم های مرتبه دوم<br/>a. روش تفاضل های محدود<br/>b. روش نیومارک ویلسون</p>  |  |



|  |   |    |
|--|---|----|
|  | آنالیز مودال برای سیستم های مرتبه اول تابع زمان | ۲۰ |
|  | آنالیز مودال برای سیستم های مرتبه دوم تابع زمان | ۲۱ |
|  | مباحث ویژه دینامیک سازه                         | ۲۲ |
|  | روش کوپلینگ مودال                               | ۲۳ |
|  | روش بروز رسانی مودال                            | ۲۴ |
|  | تست های مودال                                   | ۲۵ |

منابع

| ردیف | عنوان |
|------|-------|
| ۱    |       |





|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | روش اجزای محدود ۱          | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مقدمه:<br>تعاریف و مفاهیم بنیادی در مهندسی محاسباتی  |             |
| ۲    | مقدمه‌ای بر روش‌های محاسباتی تفاضل محدود، حجم محدود، اجزای مرزی و اجزای محدود، مقدمه‌ای بر نحوه‌ی استفاده از روش اجزای محدود و کاربردهای آن.   |             |
| ۳    | کار مجازی و روش حساب تغییرات:<br>یادآوری مفهوم کار مجازی، تابع پتانسیل، استخراج معادلات تعادل با استفاده از اصل کار مجازی و حداقل سازی تابع پتانسیل.   |             |
| ۴    | تعریف انواع شرایط مرزی:<br>آشنایی با شرایط مرزی ضروری و طبیعی.   |             |
| ۵    | روش ریلی-ریتز:<br>آشنایی با مفهوم توابع امتحانی و شرایط مورد نیاز، نحوه اعمال روش.   |             |
| ۶    | روش گالرکین و گالرکین اصلاح شده:<br>شرایط مورد نیاز برای به کارگیری توابع امتحانی، نحوه اعمال روش. تفاوت های روش های گالرکین و ریلی ریتز و weak form formulation   |             |
| ۷    | روش اجزای محدود:<br>تعریف المان، گره، درجات آزادی، دستگاه مختصات محلی المان، توابع شکل و شرایط پیوستگی و کامل بودن آنها، المان‌های لاگرانژی و هرمیتی، المانهای خطی و مرتبه بالاتر، استخراج معادلات حاکم با استفاده از روش‌های گالرکین و ریلی-ریتز، روش‌های اعمال شرایط مرزی،<br>a. استخراج ماتریس سختی المان‌های خرپا، تیر و المان‌های ساده دوبعدی با خاصیت تنش، کرنش صفحه‌ای و تقارن محوری،<br>Mapping و المان‌های ایزوپارامتریک و غیر آن، ملاحظات mapping، یادآوری روش انتگرال گیری گوس. |             |





|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <p>ملاحظات مدل‌سازی:<br/> مش بندی، شماره‌گذاری گره‌ها و پهنای باند، انتخاب صحیح نوع المان،<br/> خاصیت تقارن، محدودیت‌های هندسی شکل المان.</p>                              | ۸ |
|  | <p>مقدمه ای بر المانهای محدود غیرخطی، انواع مکانیزم های غیرخطی در<br/> سیستم های مکانیکی (سازه و سیال)، نحوه کلی برخورد با مسائل<br/> غیرخطی با استفاده از روش گالرکین</p> | ۹ |

منابع

| عنوان | ردیف |
|-------|------|
|       | ۱    |



|                                |                                    |                   |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | طراحی پیشرفته سازه‌های<br>هوافضایی | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری         |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | <p>مروری بر فلسفه‌های طراحی و آئین نامه‌های موجود در طراحی سازه</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• آشنایی با استانداردهای مطرح</li> <li>• طراحی بر اساس سفتی سازه</li> <li>• طراحی بر اساس استحکام سازه</li> <li>• ملاحظات آیروداستیک</li> </ul>   |             |
| ۲    | <p>مروری بر بارگذاری</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• بارهای متقارن</li> <li>• بارهای نامتقارن</li> <li>• بارهای فرود و زمین</li> <li>• اغتشاشات جوی</li> <li>• توزیع بارگذاری</li> </ul>  |             |
| ۳    | <p>مواد</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• خواص مکانیکی و فیزیکی مواد مورد استفاده در سازه‌های هوافضایی</li> <li>• چقرمگی و رشد ترک</li> <li>• معیارها و روش‌های انتخاب مواد</li> </ul>  |             |
| ۴    | <p>تحلیل خرابی و شکست</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• فلسفه تیرانس خرابی</li> <li>• فلسفه خرابی ایمن و شکست ایمن</li> <li>• آشنایی با ملاحظات مطرح شده در استاندارد ها</li> <li>• معیار خرابی برای بارهای دامنه ثابت و متغیر</li> <li>• شکست ناشی از خستگی</li> <li>• تعیین عمر اجزای سازه</li> </ul> |             |
| ۵    | تحلیل کمانش و پس کمانش صفحات و پوسته‌های تقویت شده   |             |



|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• آشنایی با استانداردهای مطرح در حوزه کمانش</li> <li>• کمانش صفحات و پوسته‌های فلزی و کامپوزیتی</li> <li>• پس کمانش صفحات و پوسته‌ها فلزی و کامپوزیتی</li> </ul> |  |
| ۶ | <p>گشودگی‌های موجود در بدنه و سطوح برآزا</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• تیرهای تحت بار</li> <li>• صفحات و پوسته‌های تقویت شده</li> </ul>  |  |
| ۷ | <p>تعیین ابعاد هندسی اعضای سازه</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• اجزای جعبه تیر بال و دم</li> <li>• ریب‌ها، فریم‌ها و دیواره‌های فشار</li> <li>• مخازن تحت فشار</li> </ul>                  |  |
| ۸ | <p>اتصالات سازه‌ای</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• پرچ‌ها</li> <li>• پیچ‌ها</li> <li>• انتخاب نوع اتصالات</li> </ul> <p>سایر اتصالات</p>   |  |

منابع

| ردیف | عنوان |
|------|-------|
| ۱    |       |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | مکانیک مواد مرکب           | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه   |             |
| ۲    | روشهای ساخت و پخت اجزاء ساخته شده از مواد کامپوزیتی (FRP)   |             |
| ۳    | مقدمه‌ای بر مکانیک مواد مرکب  |             |
| ۴    | ماکرومکانیک یک لایه کامپوزیتی <ul style="list-style-type: none"> <li>• تحلیل سختی <ul style="list-style-type: none"> <li>○ لایه ایزوتروپیک</li> <li>○ لایه متعامد خاص (Specially orthotropic ply)</li> <li>○ لایه متعامد عمومی (Generally orthotropic ply)</li> </ul> </li> <li>• تبدیل ثوابت الاستیک مهندسی</li> <li>• تحلیل مقاومت</li> </ul> |             |
| ۵    | میکرومکانیک یک لایه کامپوزیتی <ul style="list-style-type: none"> <li>• تحلیل سختی</li> <li>• تحلیل مقاومت</li> </ul>  |             |
| ۶    | ماکرومکانیک یک چند لایه کامپوزیتی <ul style="list-style-type: none"> <li>• معادلات متشکله</li> <li>• روابط سختی</li> <li>• تحلیل مقاومتی</li> </ul>   |             |
| ۷    | تنشهای پس ماند حرارتی در یک چند لایه کامپوزیتی  |             |
| ۸    | تنشهای پس ماند رطوبتی در یک چند لایه کامپوزیتی  |             |
| ۹    | تنشهای بین لایه‌ای (اثرات لایه)   |             |
| ۱۰   | سوراخ در مواد کامپوزیتی چند لایه‌ای   |             |
| ۱۱   | کمانش چند لایه‌ای متعامد خاص  |             |
| ۱۲   | پانلهای ساندیوچی با پوسته‌های بالایی و پایینی کامپوزیتی   |             |





|  |   |    |
|--|---|----|
|  | <p>ماکرومکانیک مقاطع کامپوزیتی</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• در اثر نیروی محوری</li> <li>• در اثر ممان خمشی</li> <li>• در اثر نیروی برش</li> </ul> | ۱۳ |
|--|---|----|

منابع

| عنوان | ردیف |
|-------|------|
|       | ۱    |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | مکانیک محیط‌های پیوسته ۱   | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | فصل اول : مقدمه<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• مفاهیم عمومی در علم مکانیک محیط‌های پیوسته</li> <li>• بیان مادی، بیان مرجعی و بیان اویلری مفاهیم علم مکانیک</li> </ul>   |             |
| ۲    | فصل دوم : آنالیز های تا نسوری<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• علائم اندیسی و بیان مفاهیم چند بعدی به شیوه اندیسی</li> <li>• عملیات ریاضی با استفاده از اندیسها</li> <li>• تبدیل مختصات</li> <li>• ضرب دایادیک و ویژگی‌های آن</li> <li>• عملیات تا نسوری و قضیه تعمیم دیورژانس</li> </ul>   |             |
| ۳    | فصل سوم : سینماتیک حرکت<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• تا نسورگرادیان تغییر فرم و مفهوم اتساع</li> <li>• تا نسور تغییر فرم گرین تا نسور کرنش گرین</li> <li>• تا نسور تغییر فرم کوشی، تا نسور کرنش آلمانسی (اویلری)</li> <li>• بیان تا نسورهای تغییر فرم برحسب بردارهای تغییر مکان</li> <li>• خصوصیات تا نسورهای راست و چپ اتساع و تا نورچرخش</li> <li>• تعبیر فیزیکی مؤلفه‌های تا نسور کرنش گرین و آلمانسی</li> <li>• تا نورهای نرخ حرکت</li> <li>• نرخ تغییرات آلمانهای سطح و حجم</li> </ul> |             |
| ۴    | فصل چهارم: حرکت صلب الحاقی و تغییر فرمهای کوچک<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• شروط صلب بودن حرکت</li> <li>• استخراج معادلات حرکت</li> <li>• بررسی تغییر کمیت‌های سینماتیکی طی حرکت صلب</li> <li>• بررسی تغییر نرخ کمیت‌های تغییر فرم و گرادیان سرعت طی حرکت صلب</li> </ul>  |             |



|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• تغییر فرمهای بسیار کوچک</li> <li>• کرنش بسیار کوچک</li> <li>• کمیت‌های دیگر در ارتباط با تئوری خطی</li> </ul>  |   |
|  | <p><b>فصل پنجم: معادلات میدان</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• بقاء جرم و بیان‌های مختلف محلی و مرجعی</li> <li>• بقاء مومنتوم خطی - بیان‌های انتگرالی، مرجعی و محلی</li> <li>• بقاء مومنتوم زاویه‌های - بیان‌های انتگرالی، محلی و مرجعی</li> <li>• نتایج معادلات بقاء بصورت معادلات تعادل، بیوتن، و تقارن تا نسورتنش کوشی</li> <li>• اصل تنش کوشی</li> <li>• تا نسورتنش و لیولای نوع اول</li> <li>• تا نسورتنش پیولادی متقارن</li> <li>• ارتباط تانور تنش کوشی پیولا</li> </ul>   | ۵ |
|  | <p><b>فصل ششم: معادلات متشکله</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• محدودیت‌ها و قیود در بیان معادلات متشکله</li> <li>• اصول NOII در نوشتن معادلات متشکله</li> <li>• بررسی اصل عدم تفاوت مادی (عدم تغییر طی حرکت صلب) برای کمیت‌های مورد استفاده در نوشتن معادلات متشکله</li> <li>• کرو تبدیل‌های خطی</li> <li>• تانسورهای ایزوتروپیک <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ - معادلات متشکلر برای یک سیال</li> </ul> </li> <li>• مطالعه سیال خطی و استخراج معادله نویر استوکر <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ - معادلات متشکله در جسم جامد الاستیک</li> </ul> </li> <li>• جسم الاستیک کوشی</li> <li>• جسم الاستیک گرین</li> <li>• تقارن مادی و استخراج محدودیت‌های ناشی از آن روی تعداد ضرایب مادی</li> <li>• جسم الاستیک خطی و بررسی ضرایب الاستیک در شرایط تقارنهای مادی مختلف <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ - معادلات حرکت در تئوری خطی بر حسب تغییر مکانها</li> </ul> </li> </ul> | ۶ |



|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• مسائل الاستودینامیک و استخراج معادلات موج</li> <li>▪ اجسام ویسکو الاستیک خطی و خزش</li> </ul>   |   |
|  | <p>فصل هفتم: خواص ترمومکانیکی</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• قانون بقاء انرژی - بیان های انتگرالی ، محلی و مرجعی</li> <li>• قانون دوم ترمودینامیک (C-D) ، انتگرال ، محلی و مرجعی</li> <li>• معادلات ترمودینامیک در گاز ایده آل</li> <li>• بیان مبانی ترمودینامیکی به شیوه Coleman &amp; Noll</li> <li>▪ معادلات متشکله جسم جامد الاستیک به همراه فلاکس حرارتی</li> <li>• معادلات متشکله سیال لزج خطی و استخراج دیفرانسیل قیدی نظیر رابطه فشار ترمودینامیکی و انرژی آزاد هلم هلتز و ...</li> <li>• جسم جامد الاستیک در تئوری خطی</li> </ul> | ۷ |

منابع

| ردیف | عنوان |
|------|-------|
| ۱    |       |





|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | تئوری کنترل بهینه          | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه ای بر تئوری کنترل بهینه و تعریف فضای حالت   |             |
| ۲    | فرم استاندارد مسئله کنترل بهینه شامل مدل ریاضی، محدودیتها، شرایط مرزی، تابع معیار و تعریف مسائل مختلف بهینه سازی بر اساس نوع تابع معیار                                     |             |
| ۳    | تعریف اصل بهینگی بلمان، حل مسئله با روش کوانتیزه کردن بازه تغییرات متغیرهای حالت و کنترل  |             |
| ۴    | حل مسائل کنترل بهینه گسسته با استفاده از روش برنامه ریزی پویا مبتنی بر اصل بهینگی بلمان، سیستمهای خطی و غیر خطی، حل مثال  |             |
| ۵    | استفاده از روش برنامه ریزی پویا در حل مسائل کنترل بهینه سیستم های پیوسته، تعریف تابع هامیلتونین، تعریف و نحوه حل معادله هامیلتون ژاکوبی بلمان، رگولاتور های خطی مربعی (LQR) |             |
| ۶    | مسئله بهینه سازی پارامترها در حالت بدون محدودیت و در حالت با محدودیت مساوی، حل مسئله حداقل زمان اوج گیری هواپیمای جت  |             |
| ۷    | بهینه سازی پارامتر با محدودیتهای مساوی و نا مساوی، روش حل عددی مسائل بهینه سازی پارامترها (روش کان تاگر و steepest descent)   |             |
| ۸    | مسئله بهینه سازی سیستم های دینامیکی بصورت تک مرحله ای و چند مرحله ای  |             |
| ۹    | استفاده از روش حساب تغییرات در حل مسائل کنترل بهینه در سیستم های پیوسته   |             |
| ۱۰   | تدوین شکل کلی مسئله کنترل بهینه شامل معادلات، قیود، شرایط مرزی و تابع معیار به فرم استاندارد- تابع هامیلتونین، معادلات حالت و شبه حالت                                      |             |
| ۱۱   | بررسی حالت های مختلف شرایط مرزی بصورت زمان نهایی آزاد و ثابت  |             |
| ۱۲   | اصل می نیمم پونتریاگین و استفاده از آن در حل مسائل با قید کنترلی  |             |



|    |   |
|----|---|
| ۱۳ | حل مسئله حداقل زمان و تعیین ویژگی های آن  |
| ۱۴ | حل مسئله حداقل تلاش کنترلی به دو صورت حداقل سوخت و حداقل انرژی مقایسه آنها و ارائه ویژگیها      |
| ۱۵ | حل مسائل کنترل بهینه با بازه های منفرد $singular\ intervals$ حل مثال $sounding\ rocket$         |
| ۱۶ | مقدمه ای بر روش های عددی در حل مسائل کنترل بهینه، $steepest\ descent, variation\ of\ extremals$ |

منابع

| ردیف | عنوان |
|------|-------|
| ۱    |       |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | دینامیک پرواز پیشرفته      | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
|      | بخش اول (شامل ۷ قسمت اول)-دینامیک پرواز و بخش دوم (شامل قسمت ۸و۹)- کنترل پرواز |             |
| ۱    | انواع مدل هواپیما با درجات آزادی مختلف   |             |
| ۲    | مدل جرم متمرکز با ۲ درجه آزادی و ۳ درجه آزادی                                  |             |
| ۳    | روشهای خطی سازی مختلف  |             |
| ۴    | مدل ۶ درجه آزادی در دستگاه بدنی و دستگاه سرعت                                  |             |
| ۵    | تاثیر باد ثابت و توربولانس در معادلات حرکت                                     |             |
| ۶    | مدل الاستیک هواپیما  |             |
| ۷    | مسیر کپلری یک موشک بالستیک   |             |
| ۸    | طراحی یک نمونه کنترلر کلاسیک (از جمله کنترلر ارتفاع هواپیما)                   |             |
| ۹    | طراحی یک نمونه کنترلر غیر کلاسیک (از جمله کنترلر مسیر یک راکت)                 |             |

منابع

| ردیف | عنوان |
|------|-------|
| ۱    |       |



|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | هدایت ناوبری ۱             | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

#### سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مقدمه:<br>مقدمه، تعاریف و مفاهیم هدایت و ناوبری  |             |
| ۲    | اوبونیک:<br>معرفی انواع نمایشگرها، سنسورها و تجهیزات ناوبری و اتوماسیون پرواز  |             |
| ۳    | ناوبری:<br>انواع روش‌های ناوبری (اینرسی، رادبویی، ...)، اصول ناوبری اینرسی، انواع دستگاه‌های مختصات و ماتریس‌های انتقال، معادلات ناوبری، ناوبری میز پایدار و متصل به بدنه، تأثیر زمین بیضوی، سنسورهای اینرسی |             |
| ۴    | هدایت:<br>تعاریف و مفاهیم، انواع سیستم‌های هدایت، مسیرهای هدایت، انواع سنسورهای سیستم هدایت، استخراج قوانین هدایت دو نقطه‌ای، استخراج قوانین هدایت سه نقطه‌ای  |             |

#### منابع

| ردیف | عنوان |
|------|-------|
| ۱    |       |





|                                |                                 |                   |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | اصول استاندارد طراحی<br>ماهواره | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری      |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | فازهای اجرایی پروژه طراحی ماهواره              |             |
| ۲    | تعریف ماموریت ماهواره                          |             |
| ۳    | تحلیل فنی و طراحی مفهومی ماهواره               |             |
| ۴    | طراحی اولیه ماهواره                            |             |
| ۵    | اصول طراحی دقیق ماهواره                        |             |
| ۶    | انواع مستندات تولیدی در یک پروژه طراحی ماهواره |             |
| ۷    | کنترل پروژه                                    |             |
| ۸    | تحلیل ریسک در پروژه ماهواره                    |             |



منابع

| ردیف | عنوان  |
|------|--|
| ۱    | Ecss, Standards  |
| ۲    | Satellite Technology and its Applications, P.R.K Citetty, 2nd edition 1991   |
| ۳    | Sweeting M. N, UoSAT- An investigation into cost effective spacecraft engineering, The Radio and Electronic Engineers. 52 (1982 ),pp. 363-378                                    |
| ۴    | Sweeting, M.N. UoSAT-2 spacecraft mission, Journal of the Insitute of Electronics, and Radio engineers, 57 (1987 ),pp. 98-115.   |
| ۵    | Chetty, P. R.K.(1988 ), Staellite Technology & its Applications, Blue ridge Summit, P. A, Tab book Inc.  |
| ۶    | Pritchard, W. R, Estimating mass and power requirements of communications satellites, International Journal of sat Comms, 2 ( 1984 ), pp.107-112                                 |
| ۷    | Wong, H. S. and Bleweet, M.J. UoSAT-2Spacecraft power System, Journal of the Institute of Electronic and Radio Eingeeners. 57 (1987 ), S. pp.116-122                             |
| ۸    | Hodgart, M.S. and wrght, P. S., Attitude determination, Control and stabilization of UOSAT-2, Journal of Institute of Electronics and Radio Engineers, 57 (1987), S.pp. 151-162. |
| ۹    | Mansi, I.S.A, and Sweeting, M.N., UoSAT-2 spacecraft telemetry and telecommand subsystem, Journal of the Institute of Electronics and Radio Engineers, 57 (1987), S.pp.123.129.  |

|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | مخابرات ماهواره ای (۲)     | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

### سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | بخش فضایی:<br>مشخصات کلی ماهواره های مخابراتی (کنترل حرارتی ، تعیین وضعیت و کنترل مداری ، سیستم توان الکتریکی ، اندازه گیری از دور ، فرمان از دور) - سیستم آنتن ها ، ترانسپوندرها - پرتاب ، در مدار قرار دادن و کنترل موقعیت ملاحظات در باب قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی ، زیر سیستم پیش رانش ، سازه ماهواره |             |
| ۲    | بخش زمینی:<br>مشخصات کلی و طراحی یک ایستگاه زمینی - سیستم آنتن و ردیابی - تقویت کننده های نویز کم ، تقویت کننده های قدرت دستگاههای مخابراتی (آنالوگ - دیجیتال)   |             |
| ۳    | تداخل مضر فرکانسی بین لینکهای ماهواره و سایر سرویسها   |             |
| ۴    | سازمانهای بین المللی و منطقه ای ماهواره ای و مشخصات سرویس های آنها   |             |
| ۵    | شبکه ها و سرویس های ماهواره ای ( ناوبری ماهواره ای ، مخابرات سرعت بالا و ماهواره ، سرویس موبایل ماهواره ای و ...)  |             |



### منابع

| ردیف | عنوان  |
|------|--|
| ۱    | اسم کتاب Satellite Communications<br>نویسندگان Dennis Roddy<br>ناشر 4th Edition , Mc Graw Hill               |
| ۲    | اسم کتاب Satellite Communications<br>نویسندگان Pratt, Bostian , and Allnutt<br>ناشر 2nd Edition , John Wiley |

|   |   |
|---|---|
| اسم کتاب Satellite Technology Principles and Applications<br>نویسندگان Maini Agrawal t<br>ناشر John Wiley | ۳ |
| اسم کتاب Communications Satellite Handbook<br>نویسندگان Morgan and Gordon<br>ناشر John Wiley              | ۴ |
| Sattelite Telecommunication Author : Miya   | ۵ |
| Digital Communication By : Sattelite Author : Feher   | ۶ |





|                                |                                    |                   |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | اصول طراحی و تحلیل سازه<br>ماهواره | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری         |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث                                       | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | ماموریت فضاپیما و مدار عملیاتی              |             |
| ۲    | ماهواره بر و اتصال آن به ماهواره            |             |
| ۳    | مشخصات دینامیکی محیط                        |             |
| ۴    | الزامات طراحی سازه ای                       |             |
| ۵    | طراحی پیکربندی ماهواره                      |             |
| ۶    | طراحی سازه ماهواره                          |             |
| ۷    | تعیین و محاسبه نیروهای استاتیکی و دینامیکی  |             |
| ۸    | انتخاب مواد و مواد کامپوزیت                 |             |
| ۹    | اثر درجه حرارت                              |             |
| ۱۰   | اصول تحلیل المان محدود                      |             |
| ۱۱   | تحلیل سازه توسط روش المان محدود             |             |
| ۱۲   | مودهای شکست سازه                            |             |
| ۱۳   | تحلیل اتفاقی ارتعاشات                       |             |
| ۱۴   | تعیین فرکانس های مودال ماهواره و ماهواره بر |             |
| ۱۵   | سازه های ساندویچی                           |             |
| ۱۶   | اتصالات پیچ و مهره، ریوت و .....            |             |
| ۱۷   | تحلیل عمر و خستگی سازه                      |             |
| ۱۸   | صحه گذاری تحلیل ها و طراحی های سازه ای      |             |

منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | Finit Element Analysis for Satellite Structures Abdella, Gasser F./ Abel Foutouh, Nader Springer. |
| ۲    | Space Craft Structures and Mechanisms, From Concept to launch, Thomas P. Sarafin.                 |



|   |   |
|---|---|
| P.W. Fortescue, JP.W.Stark,"Spacecraft Systems Enginccring", Chap.4.5 John Wiley, 1992. | ۳ |
| B.Pattan,"Satellite Systems: Principles and technologies", chap 2.3 Van                 | ۴ |



|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | اصول طراحی و تحلیل سیستم<br>های سنجش از راه دور | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری                      |                   |

### سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | ماموریت ماهواره                               |             |
| ۲    | انواع مدارهای ماهواره                         |             |
| ۳    | مقدمه ای بر سنجش از راه دور                   |             |
| ۴    | سنسورها و سیستم های سنجش از راه دور           |             |
| ۵    | جمع آوری اطلاعات و دتازمینی                   |             |
| ۶    | سیستم های عکس برداری دیجیتال                  |             |
| ۷    | پردازش تصویر                                  |             |
| ۸    | پوشش های گیاهی زمین                           |             |
| ۹    | اندازه گیری پارامترهای زمین شناسی             |             |
| ۱۰   | اندازه گیری پارامترهای اتمسفر زمین            |             |
| ۱۱   | اندازه گیری و پردازش پارامترهای آب و هوایی    |             |
| ۱۲   | بسته بندی و ارسال اطلاعات                     |             |
| ۱۳   | ارتباط سیستم محموله با سیستم های دیگر ماهواره |             |

### منابع

| ردیف | عنوان  |
|------|--|
| ۱    | R.harris; Satellite Remote Sensing, An introduction Taylor and Francis Pub.Co, 1987  |
| ۲    | J.B.Campbell; Introduction to Remote Sensing, Taylor & Francis Pub co., 2002         |
| ۳    | J. Campbell.R.Wynhe Introduction to Remote Sensing. 5th edition. Guilford Press,2011 |

|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | طراحی مکانیزم ها و سیستم<br>های رهاسازی پرتاب کننده | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری                          |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مقدمه ای بر مکانیزم های فضائی: تاریخچه، خط مشی های ساختاری، ساختارهای مستحکم، انتخاب ماده، روشهای بازشدن مکانیزم ها، وسایل بازشونده خطی، وسایل بازشونده سطحی، سازه های بازشونده حجمی، طرح های دیگر سازه های قابل گسترش   |             |
| ۲    | فرآیند طراحی مکانیزم فضائی: طراحی سیستمی، طراحی مفهومی، طراحی مقدماتی، طراحی جزئی  |             |
| ۳    | طراحی مکانیزم های فضائی<br>۱-۳- ملاحظات طراحی و عوامل اثرگذار بر مکانیزمها<br>۲-۳- مکانیزم های بازشونده شامل: بالکهای خورشیدی، بوم، آنتن، تتر (Tether)، مکانیزم رفلکتورها، مکانیزم پایه های حسگرها،.....<br>۳-۳- مهار و رهایش<br>۴-۳- قفل و ترمز<br>۵-۳- مکانیزم های چرخان<br>۶-۳- مکانیزم های محرک<br>۷-۳- سیستم های جدایش ماهواره ای<br>۸-۳- تحلیل ها شامل: حرارتی، سازه ای، تیرانسی و پیش بار، کارایی عملکردی، تماسی هر تیزین، نسبت نیرواگشتاور، قابلیت اطمینان و آنالیز حالات خطا و اثرات بحرانی آن، چرخ دنده ها، تولید شوک و حساسیت، تولید (نشر) اغتشاش و حساسیت، سیستم های کنترلی مکانیزم ها، طول عمر، مغناطیسی و الکترومغناطیس، الکتریکی، دینامیکی..... |             |
| ۴    | اجزاء مکانیزم های فضائی شامل: فنرها، دمپرها، موتورها، چرخ دنده ها، پیرو تکنیکها، رینگ تماسی الکتریکی، عملگرهای غیرانفجاری، اتصالات و شیرها، مواد.....  |             |
| ۵    | انواع مکانیزم ها در ماهواره بر   |             |





|    |  |  |
|----|--|--|
|    | ۱-۵- انواع مکانیزم های جدایش سرد، گرم و داغ<br>۲-۵- مکانیزم های کنترل بردار تراست (TVC)<br>۳-۵- مکانیزم جدایش فیرینگ: کمربندهای انفجاری،<br>۴-۵- بولت های انفجاری، سازه های هوشمند<br>۵-۵- مکانیزم انهدام خودکار |  |
| ۶  | شکل سازه فضا پیماها  |  |
| ۷  | ماموریت و محدودیتها  |  |
| ۸  | پرتاب و نیروهای پرتابه   |  |
| ۹  | نکات مهم در طراحی سازه و معیارهای طراحی  |  |
| ۱۰ | طراحی های موفق قبلی و طراحی Modular  |  |
| ۱۱ | کنترل حرارت  |  |
| ۱۲ | آنالیز سازه شامل: تنش و کرنش   |  |
| ۱۳ | آنالیز سه بعدی با آلمان محدود  |  |
| ۱۴ | روشهای ماتریسی آنالیز سازه   |  |
| ۱۵ | ناپایداری سازه ها  |  |
| ۱۶ | آنالیز دینامیکی، سیستمهای یک و چند درجه آزاد   |  |



#### منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | W.Gluge, Handbook of Engineering Mechanics, McGraw- Hill, New York,1992   |
| ۲    | C.Wang, Applied Elasticity, McGraw-Hill, New York,1953  |
| ۳    | E.F.Bruhn, Analysis and Design of Flight Vehicle Structures. S. R. Jacobs & Associates. Inc Indianapolis, 1973                        |
| ۴    | O.C.Zeinkiewicz, the Finite Element Method in Structure and Continuum Mechanics, McGraw-Hill, Publishing Company limited london, 1967 |
| ۵    | L.Meirovitch, Analytical Method in Vibrations. Macmillan, New York, 1992  |
| ۶    | H.C.Martin Introduction to Matrix Methods of Structural Analysis McGraw-Hill, New York, 1966  |
| ۷    | S.Timoshenko and D.H.Yong, Elements of Strength of Materials, D.Van Nostrand, Princeton, NJ., 1957                                    |
| ۸    | S.H.Crandall and W.D.Mark, Random Vibration in Mechanical Systems, Academic Press, New York, 1963                                     |
| ۹    | H.GERARD, Handbook of Structural Stability, Part III. Buckling of Curved Plate and Shells, NACA th 3783, Aug. 1957                    |



|   |    |
|---|----|
| NASA Space Mechanisms Handbook, Fusaro (Editor), NASA, 1999   | ۱۰ |
| Space Mission Analysis and Design, Wiley J. Larson & James R. Wertz, 3 <sup>rd</sup> edition, 1999. | ۱۱ |



|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | مبانی و اصول طراحی سیستم<br>پیشرانش و ریز جلوبرنده ها | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری                            |                   |

#### سرفصل

| ردیف | مباحث                           | تعداد جلسات |
|------|---------------------------------|-------------|
| ۱    | مقدمه ای بر پیشرانه های فضایی   |             |
| ۲    | تحلیل ماموریت                   |             |
| ۳    | مبانی آیرودینامیک سیستم پیشرانش |             |
| ۴    | پیشرانه های شیمیایی مایع        |             |
| ۵    | پیشرانه های شیمیایی جامد        |             |
| ۶    | پیشرانه های الکتریکی            |             |
| ۷    | طراحی ماموریت                   |             |

#### منابع

| ردیف | عنوان  |
|------|--|
| ۱    | Hill, P.G., "Mechanics and Thermodynamics of Propulsion", Addison- Wesley, New York. |
| ۲    | Sutton, G.P. "Rocket Propulsion" Wiley, New York.                                    |
| ۳    | Zucrow, J.R. " Principles of jet Propulsion" Wiley, New York.                        |
| ۴    | Wertz, J.R. " Space Mission Analysis and Design " Kluwer Academic Press, Netherland. |



|                                |                                     |                   |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | مبانی کنترل وضعیت و<br>دینامیک مدار | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری          |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | تعریف زیر سیستم تعیین و کنترل وضعیت ماهواره (ADCS)   |             |
| ۲    | انواع روشهای پایدار سازی - پایدار سازی گرادیان جاذبه   |             |
| ۳    | ملاحظات انتخاب سیستم پایدار سازی ماهواره   |             |
| ۴    | استخراج معادلات دینامیک و سینماتیک ماهواره چرخان   |             |
| ۵    | استخراج معادلات دینامیک و سینماتیک ماهواره غیر چرخان   |             |
| ۶    | کنترل و پایدار سازی ماهواره چرخان  |             |
| ۷    | عملگرهای مورد استفاده در کنترل وضعیت ماهواره - گشتاور دهنده -<br>مغناطیسی، چرخ عکس العملی تراستر     |             |
| ۸    | کنترل و پایدار سازی سه محوره   |             |
| ۹    | طراحی الگوریتم کنترل در مودهای مختلف - چرخش زدایی، نشانه<br>روی دقیق - رویه برداری از چرخ عکس العملی |             |
| ۱۰   | تعاریف و مفاهیم تعیین وضعیت زاویه ای ماهواره   |             |
| ۱۱   | حسگرهای تعیین وضعیت - حسگرهای خورشیدی، زمینی - ستاره<br>ژيروسکوپ - مگنتومتر                          |             |
| ۱۲   | مفاهیم اولیه تعیین وضعیت با استفاده از کره آسمان   |             |
| ۱۳   | روش های تعیین وضعیت تک محوره   |             |
| ۱۴   | روش های تعیین وضعیت سه محوره   |             |
| ۱۵   | الگوریتم های تعیین و تخمین وضعیت - نقطه ای - بازگشتی   |             |
| ۱۶   | گشتاورهای اغتشاشی - جاذبه، مغناطیسی - خورشیدی -<br>آیرو دینامیکی                                     |             |
| ۱۷   | طراحی الگوریتم کنترل نشانه روی دقیق  |             |
| ۱۸   | طراحی الگوریتم کنترل رویه بردار از چرخ عکس العملی  |             |
| ۱۹   | اصول مهندسی تعیین وضعیت: سیستمهای مختصات با مرکزیت   |             |



|  |                        |  |
|--|------------------------|--|
|  | ماہوارہ و ہندسہ سماوی. |  |
|--|------------------------|--|

منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | SidiMarcel. J, Spacecraft Dynamics and Control, A Practical Engineering Approach, Cambridge University press,(1997).    |
| ۲    | Wertz, J.R, Spacecraft Attitude Determination and Control, Kluwe Academic Publisher,(1978).                             |
| ۳    | Wertz James. R, Larson . Wiley J . Space Mission Analysis and Design Microcomsm, Inc, Kluwer Academic Publishers.(1997) |
| ۴    | B. N,. Design of geosynchronus spacecraft. Engwood cliffs, NJ: prentice-hall(1986).                                     |
| ۵    | 1-13th annual AIAA/USU conference on small satellites   |





|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | اصول طراحی و تحلیل سیستم<br>کنترل حرارت ماهواره | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری                      |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مروری بر سیستم های فضاپیما                          |             |
| ۲    | محیط حرارتی فضاپیما                                 |             |
| ۳    | شارژهای حرارتی                                      |             |
| ۴    | مدارهای استاندارد زمین                              |             |
| ۵    | توان حرارتی و تشعشع خورشید و زمین                   |             |
| ۶    | مدیریت درجه حرارت و فشار حرارتی ماهواره             |             |
| ۷    | انواع فرآیندهای انتقال حرارت                        |             |
| ۸    | تحلیل حرارتی ماهواره                                |             |
| ۹    | سخت افزارهای کنترل حرارت                            |             |
| ۱۰   | مکانیک مدار و محاسبه مدت زمان سایه                  |             |
| ۱۱   | شبیه سازی مدار و پارامترهای آن جهت تعیین مدت گرفتگی |             |
| ۱۲   | مکانیزمهای انتقال حرارت در ماهواره: هدایت، تشعشع    |             |
| ۱۳   | محیط و شرایط مرزی حرارتی مدار                       |             |
| ۱۴   | توان حرارتی و تشعشع انعکاسی خورشید از زمین          |             |
| ۱۵   | تشعشع زمین  |             |
| ۱۶   | اثر اتمسفر بر ماهواره                               |             |
| ۱۷   | گرمایش مولکولهای آزاد و ذرات باردار                 |             |
| ۱۸   | سیستمهای کنترل حرارت فعال و غیرفعال در ماهواره ها   |             |
| ۱۹   | آنالیز حرارتی                                       |             |
| ۲۰   | طراحی حرارتی یک نمونه ماهواره                       |             |



## منابع

| ردیف | عنوان  |
|------|--|
| ۱    | Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Frank P. Incropera, David p. Witt. |
| ۲    | Satellite Technology and its Applications, P.R.K CHetty, 2nd Edition 1991. |
| ۳    | Satellite Thermal Control Handbook, David G. gilmor, 1994.                 |



|                                |                                   |                   |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | اصول تست ماهواره و پرتاب<br>کننده | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری        |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مقدمه<br>۱-۱- تعاریف و انواع تستها<br>۲-۱- عوامل تأثیرگذار محیطی بر روی زمین (نظیر: حمل و نقل، حرارت، ارتعاشات، آکوستیک، شتاب، رطوبت، فشار، ضربه، و ...)<br>۳-۱- عوامل تأثیرگذار محیطی حین و بعد از پرتاب (نظیر: بارگزاریهایی، میدان مغناطیسی زمین، تابش الکترومغناطیسی زمین و خورشید، خلاء، پلاسما و شرایط اتمسفری، وجود یونها و ذرات انرژی دار، ذرات ریز، آلودگیهای پیشرانها، و...   |             |
| ۲    | تستهای توسعه ای طراحی<br>۱-۲- اهداف و دسته بندی تستهای توسعه ای<br>۲-۲- کاربرد تستهای توسعه ای<br>۳-۲- تستهای توسعه ای عمومی، اجزاء، زیر سیستمها و سیستم<br>۴-۲- تحلیل تست   |             |
| ۳    | تستهای کیفیت سنجی<br>۱-۳- هدف گذاری تستهای کیفیت سنجی<br>۲-۳- دسته بندی و کاربرد تستهای کیفیت سنجی<br>۳-۳- تستها شامل: بررسی کیفیت سخت افزار، تست های عملکردی، تستهای حرارتی، تستهای آکوستیک و شوک، تستهای ارتعاش، تستهای نشتی، تست های فشار، تست های شتاب، تستهای عمر، تستهای EMC/EMI، تستهای شرایط آب و هوایی، تستهای بار استاتیکی سازه، تستهای خلاء حرارتی، تست جدایش، بازرسی چشمی، تستهای مودال، تست مغناطیسی، تست خواص جرمی |             |
| ۴    | تستهای پذیرش<br>۱-۴- اهداف تست های پذیرش   |             |





|   |  |  |
|---|--|--|
|   | <p>۲-۴- دسته بندی و کاربرد تستهای پذیرش</p> <p>۳-۴- تستهای پذیرش عمومی، اجزاء، زیر سیستم ها و سیستم</p> <p>۴-۴- تحلیل تستهای پذیرش</p>   |  |
| ۵ | <p>تستهای قبل از پرتاب</p> <p>۱-۵- اهداف و فازبندی تست های قبل از پرتاب</p> <p>۲-۵- تستهای سیستم قبل از حمل به پایگاه پرتاب</p> <p>۳-۵- تستهای عملیاتی اولیه در محل پرتاب</p> <p>۴-۵- آنالیز تستهای قبل از پرتاب</p>   |  |
| ۶ | <p>تستهای عملیاتی</p> <p>۱-۶- اهداف و فازبندی تستهای عملیاتی</p> <p>۲-۶- تستهای عملیاتی قبل از پرتاب</p> <p>۳-۶- تستهای عملیاتی ثانویه و تستهای مداری</p> <p>۴-۶- آنالیز تستهای عملیاتی</p>  |  |
| ۷ | <p>نیازمندیهای تست</p> <p>۱-۷- مدل‌های مورد استفاده در تست</p> <p>۲-۷- استانداردهای مختلف</p> <p>۳-۷- آزمایشگاههای مورد نیاز</p> <p>۴-۷- نرم افزارها و شبیه سازها</p> <p>۵-۷- ساختار و سازماندهی انجام تست</p> <p>۶-۷- تجهیزات MGSE</p> <p>۷-۷- تجهیزات EGSE</p> |  |
| ۸ | <p>تست چند زیر سیستم نمونه در کنار مراحل طراحی</p> <p>۱-۸- زیر سیستم کنترل حرارت</p> <p>۲-۸- زیر سیستم سازه</p> <p>۳-۸- ارزیابی و تست مکانیزمهای فضایی</p>   |  |

منابع

| ردیف | عنوان  |
|------|--|
| ۱    | NASA/Goddard Space Flight Center, "General Environmental Test Specification for Spacecraft and Components", GETS (ELV)-1, Natl. Aeronaut. Space Admin. , Washington, DC. 1977. |





|   |    |
|---|----|
| Spacecraft structures and mechanisms from Concept to launch, Sarafin                          | ۲  |
| Structural Design and test, Nasa-STD-5001A  | ۳  |
| Space mission Analysis and Design, Wertz.   | ۴  |
| Satellite thermal control hand book, David G.Gilmor   | ۵  |
| MIL-STD-1540C: Test requirement For Launch, Upper Stage, and Space Vehicles.                  | ۶  |
| MIL-HDBK-340: Application Guidelines for MIL-STD-1540B; Test requirements for Space Vehicles. | ۷  |
| ECSS-E-10-04A: Space Environment  | ۸  |
| ECSS-Q-704: Thermal cycling test for the screening of space materials and processes           | ۹  |
| IECSS-E-10-03: Testing: the standard requirements for test selection and performance          | ۱۰ |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | استانداردها و پروتکل های<br>ماهواره ای | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری             |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه‌ای بر مخابرات ماهواره‌ای انواع مدارهای ماهواره‌ای، تحلیل بودجه لینک و تخصیص فرکانس، فشرده‌سازی دیتای، کدینگ کانال، مدولاسیونها، تکنیکهای دایورسیستی، اکولایزرها....                           |             |
| ۲    | تکنیکهای دسترسی چندگانه ثابت و پویا   |             |
| ۳    | انواع داده‌ها و لینکها در سیستمهای ماهواره‌ای   |             |
| ۴    | پروتکلهای مخابراتی فضایی مبنی بر مدل‌های مرجع OSI و TCP/IP (لایه‌های فیزیکی، داده، شبکه، انتقال، کاربرد...)   |             |
| ۵    | پروتکل استاندارد مخابرات فضایی SCPS<br>۱-۵- اهداف و کاربردها<br>۲-۵- بررسی لایه‌های SCPS<br>۳-۵- تست و تأیید SCPS   |             |
| ۶    | پروتکل لینک داده‌های فرمان و دورسنجی (TT&C)<br>۱-۶- پروتکل IRIG (هدرفریم، طول فریم و لینک آن، محاسبات طول پروتکل و هدر، دایورسیستی)<br>۲-۶- پروتکل تله متری و تله کامند CC&DS<br>۳-۶- استاندارد PCM |             |
| ۷    | سنکرون‌سازی، کدینگ و تشخیص خطا  |             |
| ۸    | لایه شبکه پروتکل‌های فضایی<br>۱-۸- آدرس دهی در پروتکل لایه شبکه<br>۲-۸- پروتکل‌های مرجع IPV4 و TCP، و UDPC و IPV6<br>۳-۸- پروتکل‌های امنیت SCPS و IPses<br>۴-۸- پروتکل AX-25                        |             |
| ۹    | پروتکل‌های لایه انتقال<br>۱-۹- پروتکل‌های فایل SCPS-FP  |             |



|  |  |    |
|--|--|----|
|  | ۲-۹- فشرده‌سازی داده‌ها                            |    |
|  | پروتکل لینک داده فضایی AOS                         | ۱۰ |
|  | انواع سرویسها- سنکرون، آسنکرون، غیرمتناوب و ...    | ۱۱ |
|  | پروتکل های مورد استفاده در انتقال داده تصویر       | ۱۲ |
|  | بازیابی و شناسایی پروتکل یک ماهواره و استخراج داده | ۱۳ |
|  | پروتکل های عملیاتی در کاربردهای عمده فضایی         | ۱۴ |

منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | Bruce R. Elbert, "The Satellite Communication Applications Handbook", Second Edition, ARTECH HOUSE, INC., Boston- London, 2004.                         |
| ۲    | William D.Ivancic and james H.Griner, ..., "Satellite Communications Using Commercial Protocols", NASA/TM, 2000-209796.                                 |
| ۳    | Dennis Roddy, "satellite communications", 4nd edition Mc Graw. hill   |
| ۴    | M. Richharia, " satellite communications systems", second edition, Mc Graw. hill  |
| ۵    | Patt, Bostian and Allnut, " satellite communications" 2nd edition, 2003.  |
| ۶    | M.Bergamo, "High-Throughput Distributed Spacecraft Network: Architecture an Multiple Access Technologies", Project Report, NASA Contract No.NAS3-01101. |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | اصول طراحی و تحلیل آنتن<br>های ایستگاه زمینی و ماهواره | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری                             |                   |

#### سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | پارامترهای طراحی آنتن ها   |             |
| ۲    | پروسه انواع آنتن ها و فناوری های وابسته<br>- آنتن ها با پوشش وسیع<br>- آنتن ها با پوشش محدود<br>- آنتن های خطی (Arrays)<br>- آنتن های ردیابی |             |
| ۳    | معماری سیستم های مخابراتی ماهواره  |             |
| ۴    | محدودیت های انتشار امواج و عملکرد لینک   |             |
| ۵    | تکنولوژی های آنتن های ماهواره  |             |
| ۶    | تست و آزمایش آنتن ها   |             |

#### منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | Earth Station Technology Author : Maya                              |
| ۲    | Communications Satellite Handbook Morgan and Gordon John wiley.     |
| ۳    | Communication Satellite Antennas, Robert Dybdal, Mc Graw hill, 2009 |





|                                |                            |                   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | طراحی سیستمی ماهواره بر    | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |                   |

سرفصل

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | معرفی و تقسیم بندی انواع ماهواره برها<br>- ماهواره برهای متعارف و ماهواره برهای بال دار (شاتل)<br>- پرتاب از زمین و پرتاب از هواپیما  |             |
| ۲    | موتورهای ماهواره بر<br>- موتورهای سوخت جامد<br>- موتورهای سوخت مایع   |             |
| ۳    | آئرو دینامیک ماهواره بر<br>- بررسی جو استاندارد و تاثیرات باد بر پرتاب<br>- بررسی آئرو دینامیک ماهواره برها و بارهای ناشی از آن<br>- گرمایش آئرو دینامیکی<br>- ملاحظات آئروالستیسیته ماهواره برها   |             |
| ۴    | نیروهای جاذبه<br>- تغییرات جاذبه نسبت به ارتفاع<br>- تاثیر شکل زمین بر شتاب جاذبه   |             |
| ۵    | مکانیک پرواز ماهواره بر<br>- بررسی پایداری استاتیکی ماهواره بر<br>- معادلات پرواز<br>- بررسی پایداری دینامیکی<br>- بررسی سیستم هدایت و کنترل پرواز ماهواره بر<br>- مسیر پرتاب ماهواره بر<br>- شبیه سازی مسیر پرتاب<br>- مکانیزم های کنترلی: آئرو دینامیک، بردار تراست |             |
| ۶    | سازه و مکانیزم های ماهواره<br>- ملاحظات طراحی سازه  |             |



|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- آنالیز سازه: تنش و کرنش</li> <li>- آنالیز عددی سازه: روش های المان محدود</li> <li>- انواع مکانیزم های جدایش</li> <li>- مکانیزم های انهدام خودکار</li> <li>- ملاحظات سکوهای پرتاب ماهواره</li> </ul>   |   |
|  | <p style="text-align: center;"><b>طراحی سیستمی ماهواره بر</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- آنالیز ماموریت و پارامترهای مداری انتهای مسیر، جهت پرتاب و مراحل پرتاب</li> <li>- طراحی سیستمی ماهواره بر شامل مرحله بندی و تعیین مشخصات مراحل</li> <li>- ملاحظات شتاب و شرایط محیطی در طراحی ماهواره بر</li> <li>- روش های بهینه سازی طراحی</li> <li>- آنالیز ایمنی مسیر پرتاب</li> <li>- ملاحظات اقتصادی در طراحی ماهواره بر</li> </ul> | ۷ |

**منابع**

| ردیف | عنوان  |
|------|--|
| ۱    | طراحی موشک (بالستیک و ماهواره بر)، نویسنده: دکتر حسن کریمی، مهندس هاشمی دولابی، انتشارات جهاد دانشگاهی |
| ۲    | Rocket propulsion and space flight dynamics by comelisse,Schoyer,and Wakker, Pitman publishing         |



|                                |                                 |                   |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | مکانیک مدارهای فضایی<br>پیشرفته | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری      |                   |

### سرفصل

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مروری بر مکانیک مدارهای فضایی - قانون جاذبه عمومی نیوتن، مسئله دو جسم، قانون انرژی-تعریف پارامترهای حرکت مداری |             |
| ۲    | روش محاسبه موقعیت ماهواره در مدارهای کانونی (دایروی- بیضوی - سهموی- هذلولوی)                                   |             |
| ۳    | دستگاه های مختصات مورد استفاده در تحلیل حرکت ماهواره   |             |
| ۴    | معادلات حرکت ماهواره در فضای اینرسی- معادلات نیوتن   |             |
| ۵    | معادلات حرکت اغتشاشی ماهواره-معادلات گاوس  |             |
| ۶    | مانورهای مداری - مانور انتقال Hohmann، مانور تغییر صفحه مداری  |             |
| ۷    | بهینه سازی انرژی مانور مداری- معرفی تراسترهای تراست پائین و تراست بالا   |             |
| ۸    | اغتشاشات وارد شده به ماهواره، گرادیان جاذبه، تشعشعات خورشیدی، جسم سوم، آیرودینامیکی                            |             |
| ۹    | روشهای تعیین موقعیت ماهواره در مدار- با استفاده از یک ایستگاه زمینی، با استفاده از چند ایستگاه زمینی           |             |
| ۱۰   | بررسی حرکت نسبی و اتصال در فضا (Rendezvous)  |             |
| ۱۱   | بررسی حرکت بین سیاره ای و روشهای انجام آن  |             |

### منابع

| ردیف | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | Curtis H. Orbital Mechanics for Engineering Students 2005, Elsevier |
| ۲    | Chobotov v. Orbital Mechanics 2005, AIAA                            |

