جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی گسترش و برنامه ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

هندسه

GEOMETRY

مقطع دکتری ناپیوسته

مشتمل بر گرایش‌های:

۱. **هندسه | Geometry**

تهیه‌کننده: دانشکده ریاضی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان

بر اساس مصوبه جلسه شماره .... تاریخ ..... شورای گسترش و برنامهریزی آموزش عالی

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف) مقدمه

دوره دکتری ریاضی به عنوان بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی در رشته ریاضی مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی را در برمی‌گیرد. دوره دکتری در رشته ریاضی در دانشکده علوم ریاضی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان با توجه به اهداف عالی این دانشکده و تخصص اعضای هیأت علمی آن تنظیم و در چارچوب مقررات دوره‌های دکتری دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان و دانشکده علوم ریاضی اجرا می‌شود.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

هدف از برنامه دکتری ریاضی تربیت نیروهای متخصص با مهارت‌های ویژه در زمینه‌های مختلف ریاضی است، به گونه‌ای که دانش آموختگان توانایی‌های تدریس در دانشگاه‌ها و انجام تحقیق در حداقل یک زمینه تخصصی را به دست آورند. دوره دکتری در رشته ریاضی از دو مرحله آموزشی و پژوهشی به شرح زیر تشکیل می‌شود.

مرحله آموزشی

پس از پذیرش دانشجو در این دوره دکتری، مرحله آموزشی در این دوره با گذراندن دروس تخصصی-اختیاری و همچنین گذراندن آزمون جامع در یک موضوع اصلی و یک موضوع فرعی پایان می‌یابد.

مرحله پژوهشی

این مرحله پس از پایان مرحله آموزشی و گذراندن موفقیت آمیز آزمون جامع با همراهی استاد راهنمای رساله دانشجو شروع می‌شود. هدف از این مرحله آشنایی دانشجو با شیوه‌های پژوهش و در نهایت تدوین رساله دکتری است که شامل دستاوردهای اصیل دانشجو در دوره دکتری خواهد بود. این مرحله با ارائه پیشنهاد پژوهشی رساله دکتری و دفاع از این پیشنهاد پژوهشی رساله دکتری شروع می شود و با ثبت نام در ۲۴ واحد درس رساله دکتری، ارائه پیشرفت کار سالانه، نگارش رساله دکتری و دفاع موفقیت آمیز از آن پایان می‌پذیرد.

پ) ضرورت و اهمیت

نظر به اهمیت رشته ریاضی به عنوان یکی از رشته‌های مادر علوم پایه و گسترش روزافزون این رشته تخصصی در جهان و علوم بشری ضرورت و اهمیت برقراری و گسترش دوره با توجه به آخرین تحولات علمی کاملا واضح و مشهود است.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس تخصصی-اختیاری	۱۲
سمینار	۳
رساله	۲۴
جمع	۳۹

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	**دروس مرتبط**
حل مسایل پیچیده	دروس تخصصی گرایشی
انعطاف‌پذیری شناختی	دروس پایه - رساله
افزایش توانمندی و بهبود نگرش در پژوهش‌های نظری و پژوهش در مرزهای دانش	دروس تخصصی و اختیاری -رساله
افزایش توانمندی و بهبود نگرش در پژوهش‌های عملی و افزایش مهارت برنامه نویسی	دروس محاسباتی
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	**دروس مرتبط**
خلاقیت و قدرت تجزیه و تحلیل	دروس مربوطه - رساله
توانایی مدلسازی مسایل مختلف	دروس تخصصی و اختیاری - رساله
تدریس و آموزش درس‌های اصلی گرایش	درسهای پایه، تخصصی، اختیاری و سمینار

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۳)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی

نام گرایش	ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
				نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
	۱.								
	۲.								
	۳								
	۱								
	۲								
	۳								

جدول (۴)-عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی-اختیاری

	ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعدادساعات		پیش نیاز/هم نیاز
				نظری	عملی	نظری- عملی	نظری	عملی	
نام گرایش هندسه	۱.	هندسه ریمانی۱	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	هندسه منیفلد
	۲.	هندسه ریمانی۲	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	هندسه ریمانی۱
	۳.	هندسه ریمانی ۳	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	هندسه ریمانی۲
	۴.	هندسه فینسلری ۱	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	هندسه ریمانی۱
	۵.	هندسه فینسلری۲	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	هندسه فینسلری ۱، هندسه ریمانی۲

	۶.	هندسه متریک ۱	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	ندارد
	۷.	هندسه متریک۲	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	منیفلد ریمانی۲
	۸.	توپولوژی جبری ۱	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	ندارد
	۹.	توپولوژی جبری۲	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	توپولوژی جبری ۱
	۱۰.	خمینه های مدرج	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	هندسه منیفلد
	۱۱.	کلاف برداری ۱	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	هندسه منیفلد
	۱۲.	کلاف برداری۲	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	کلاف برداری ۱
	۱۳.	گروهها و جبرهای لی	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	هندسه منیفلد
	۱۴.	سالیتونها و معادلات موج غیرخطی	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	ندارد
	۱۵.	هندسه همتافت	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	هندسه منیفلد
	۱۶.	مباحثی در هندسه	۳	۳	۰	۰	۴۸	۰	هندسه منیفلد

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	هندسه ریمانی 1			
عنوان درس به انگلیسی:	Riemannian manifolds 1		**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:	هندسه منیفلد			**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی**	**عملی**
تعداد واحد:		**3**	**اختیاری** ■	**نظری-عملی**
تعداد ساعت:		**48**	**رساله /پایان‌نامه**	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی:

آشنایی با منیفلدهای ریمانی و ساختارهای دیفرانسیلی این منیفلدها

اهداف ویژه:

آشنایی با التصاقهای آفین و انحناهای ساختار ریمانی و ساختار متریک منیفلد ریمانی.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

-ساختار ریمانی :متر ریمانی، التصاق آفین و لوی چویتا، مشتق کوواریان
-انحنای منیفلد ریمانی : انحنا (ریمانی، ریچی، برشی، اسکالر)، تانسورهای روی منیفلد ریمانی.
-ژئودزیک : ژئودزیک ، میدان ژئودزیک اسپری، نگاشت نمایی، خاصیت کمینگی موضعی ژئودزیک، قضیه هوف-رینو.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	.50درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **M. P. Do Carmo**, Riemannian geometry, Birkhauser 1992.
2. **J. Jost,** Riemannian Geometry and Geometric Analysis, Springer 2017.
3. **P. Peterson**, Riemannian geometry, Springer 2006.

عنوان درس به فارسی:	هندسه ریمانی 2			
عنوان درس به انگلیسی:	Reimannian manifold 2		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	هندسه ریمانی 1			نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3		اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48		رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی :

آشنایی با منیفلدهای ریمانی و ساختارهای دیفرانسیلی آن‌ها

اهداف ویژه:

آشنایی با زیر منیفلدها و کمیتهای مقایسه ای آنها، مطالعه قضایای مقایسه ای انحنا و نقش آنها در تحلیل توپولوژیکی منیفلد

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

-زیر منیفلدهای ریمانی :زیر منیفلدهای ریمانی، فرم اساسی اول و دوم، قضیه گاوس-بونه .
-نظریه حسابان تغییرات :فرمول اول و دوم تغییرات طول و انرژی، معادلات اولر-لاگرانژ.
-فرم های فضایی :منیفلدهای کامل با انحنای برشی ثابت.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50 درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

4. **M. P. Do Carmo**, Riemannian geometry, Birkhauser 1992.
5. **J. Jost,** Riemannian Geometry and Geometric Analysis, Sprnger 2017.
6. **P. Peterson**, Riemannian geometry, Springer 2006.

عنوان درس به فارسی:	هندسه ریمانی 3			
عنوان درس به انگلیسی:	Reimannian manifold 2		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	هندسه ریمانی 2			نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3		اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48		رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی :

آشنایی با منیفلدهای ریمانی و ساختارهای دیفرانسیلی آنها

اهداف ویژه:

بررسی منیفلدهای ریمانی از دیدگاه مکانیک کلاسیک و ارتباط بین مسیرهای بهینه انرژی و ژئودزیک های ساختار ریمانی، مطالعه قضایای مقایسه ای انحنا و نقش آنها در تحلیل توپولوژیکی منیفلد

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

-رویه های پارامتری :لم گاوس، همسایگی محدب،

- میدانهای ژاکوبی : میدان های ژاکوبی، نقاط مزدوج، مکان برشی، شعاع گسترش،

-قضایای مقایسه ای : قضایای مقایسه ای راوخ.منیفلدهای ریمانی با انحنای برشی نا مثبت، قضیه هادامارد، ، گروه اساسی منیفلد های با انحنای منفی، قضیه هادامارد-کارتان، منیفلدهای با انحنای ریچی کراندار، قضیه بانت-مایر.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50 درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **M. P. Do Carmo**, Riemannian geometry, Birkhauser 1992.
2. **J. Jost,** Riemannian Geometry and Geometric Analysis, Sprnger 2017.
3. **P. Peterson**, Riemannian geometry, Springer 2006.

عنوان درس به فارسی:	هندسه فینسلری 1			
عنوان درس به انگلیسی:	Finsler manifolds 1		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	هندسه ریمانی 1			نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3		اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48		رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی:

آشنایی با هندسه فینسلری و ساختار دیفرانسیلی مربوطه.

اهداف ویژه :

آشنایی با ساختار هندسه فینسلری به عنوان تعمیمی از حالت ریمانی و بررسی انواع التصاق های آفین و کمیت های و تانسورهای وابسته به آنها در هندسه فینسلری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

-ساختار فینسلری :تعریف و قراردادها، نرم مینکوفسکی وابسته به ساختار فینسلری، نمونه های مهم مترهای فینسلری(مترهای ریمانی، راندرزی، بروالدی و موضعا مینکوفسکی)، متر فینسلری با ایندیکاتریکس معلوم(روش اوکوبو)

-التصاق های معروف منیفلد فینسلری :(کارتان، چرن،..)، مشتق کوواریان در طول میدانهای افقی و عمودی

-تاب و انحنا :اتحادهای بیانچی، اتحادهای ریچی، ژئودزیک اسپری و اتحاد پرچمی، لم شور.

-نظریه حساب تغییرات در هندسه فینسلر :ژئودزیک های ساختار فینسلری، اولین و دومین تغییرات طول قوس، ساختار متریک منیفلد های فینسلری.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **D.Bao, S. Chern, Z. Shen,** An introduction to Riemannian-Finsler Geometry, Springer 2000,
2. Peter L Antonelli, The Theory of Sprays and Finsler Spaces with Applications in Physics and Biology, Springer 1993
3. **Bejancu**, **H.R**. **Farran**, Geometry of pseudo Finsler submanifolds, Springer 2000

عنوان درس به فارسی:	هندسه فینسلری 2		
عنوان درس به انگلیسی:	Finsler manifolds 2	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	هندسه فینسلری 1، هندسه ریمانی 2		نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3	اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48	رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:			

<u>هدف کلی</u> :آشنایی با هندسه فینسلری و ساختار دیفرانسیلی مربوطه.

<u>اهداف ویژه</u> :

بررسی ساختار فینسلری از دیدگاه مکانیک کلاسیک .معرفی ساختار متریک منیفلدهای فینسلری و قضایای مربوطه

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

-نظریه حساب تغییرات در هندسه فینسلر :ژئودزیک های ساختار فینسلری، اولین و دومین تغییرات طول قوس، ساختار متریک منیفلد های فینسلری.

-ساختار متریک منیفلد فینسلری :ساختار متریک منیفلد فینسلری، همواری توابع فاصله، گوی و کره متریک جلوران، دنباله های کوشی جلوران و به شکل جلوران کامل بودن، ژئودزیک های با ویژگی کمینگی بلند مدت، قضیه هوف -رینو، منیفلدهای با انحنای پرچمی ثابت و قضیه اکبرزاده

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **D.Bao, S. Chern, Z. Shen,** An introduction to Riemannian-Finsler Geometry, Springer 2000,
2. **P.L. Antonelli, R. S. Ingarden, M. Matsumoto,** The Theory of Sprays and Finsler Spaces with Applications in Physics and Biology, Springer 1993
3. **Bejancu**, **H.R**. **Farran**, Geometry of pseudo Finsler submanifolds, Springer 2000

عنوان درس به فارسی:	هندسه متریک 1			
عنوان درس به انگلیسی:	Metric geometry 1		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	ندارد			نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3		اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48		رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی :

آشنایی با ساختارهای طول و تعمیم مفاهیمی چون کران انحنا به این ساختارها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

-ساختارهای طول :ساختارهای طول، ساختارهای طول تولید شده توسط متر، متر ذاتی، کوتاهترین مسیرها (ژئودزیکها)، ساختارهای طول و اندازه هاسدورف.

-فضاهای با انحنای کراندار :تعاریف فضای طول با انحنای نامثبت و نامنفی ، فضاهای الکساندروف و$CAT(O)$ ، اولین فرمول تغییرات، کرانهای غیر صفر انحنا، قضایای سراسری سازی، انحنای مخروط ها.

-ساختارهای طولی هموار :رویه های هموار، انحنای گوسی و ژئودزیکی.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **Dmitri Burago,Yuri Burago, Sergei Ivanov** , A course in metric geometry, American Mathematical Society 2001.
2. **Bridson, Haefliger,** Metric Spaces of Non-Positive Curvature, Springer 1999.
3. **J. Jost,** Nonpositive Curvature: Geometric and Analytic Aspects, Springer 1997.

عنوان درس به فارسی:	هندسه متریک 2			
عنوان درس به انگلیسی:	Metric geometry 2		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	منیفلد ریمانی 2			نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3		اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48		رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی :

بررسی ویژگیهای توپولوژیکی و هندسی فضاهای طول با انحنای کراندار

اهداف ویژه:

بررسی رویه های هموار و منیفلدهای ریمانی به عنوان ساختار طول و ارتباط بین دو مفهوم کران انحنای گوسی و کران انحنای الکساندروف .بررسی ویژگی های موضعی و سرتاسری فضاهای با انحنای از بالا یا از پایین کراندار و به شکل خاص با انحنای نامثبت یا نامنفی .

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

-ساختارهای طولی هموار :رویه های هموار، انحنای گوسی و ژئودزیکی.
-فضاهای با کران بالای انحنا :تعریف فضاهای با انحنای از بالا کراندار، ویژگی های موضعی، فضاهای هادامارد، گروه بنیادی فضاهای.$CAT(0)$
-فضاهای با کران پایین انحنا :تعریف فضاهای با انحنای از پایین کراندار، ساخت و مثال ها، ویژگیهای موضعی، بعد، حجم، قضیه توپونوگوف، انحنا و قطر، قضیه تجزیه.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **Dmitri Burago,Yuri Burago, Sergei Ivanov** , A course in metric geometry, American Mathematical Society 2001.
2. **Bridson, Haefliger,** Metric Spaces of Non-Positive Curvature, Springer 1999.
3. **J. Jost,** Nonpositive Curvature: Geometric and Analytic Aspects, Springer 1997.

عنوان درس به فارسی:	توپولوژی جبری 1			
عنوان درس به انگلیسی:	Algebraic Topology 1		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	ندارد			نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3		اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48		رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی:

هدف کلی در این درس آشنایی با توپولوژی جبری است .توپولوژی جبری را به تسامح می توان به عنوان مطالعه روشهایی برای ساخت و ایجاد تصاویر جبری از فضاهای توپولوژیک تعریف کرد .این تصاویر اغلب دارای ساختار گروه، حلقه، مدول و یا جبر هستند .تابعگونها سازوکارهایی هستند که این تصاویر را پدید می آورند و دارای این ویژگی مهم هستند که علاوه بر تصاویر فضاها، تصاویر نگاشتها را نیز بدست می دهند.

اهداف ویژه:

هدف ویژه در این درس معرفی ساده ترین و در عین حال مهمترین تابعگون توپولوژی جبری یعنی گروه بنیادی است .این تابعگون به کمک طوقه های فضا، با نقطه پایه یکسان، تصویر جبری از آن فضا ایجاد می کند.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

مفاهیم اساسی :راهها و هموتوپی، گروه بنیادی دایره، همریختیهای القایی.
قضیه ون کمپن :حاصلضرب آزاد گروهها، قضیه ون کمپن، کاربرد در مجتمع های سلولی.
فضاهای پوششی :خواص ترفیع، رده بندی فضاهای پوششی، تبذیلات پوششی، عمل گروه.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50	...درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50	...درصد

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

تجهیزات آموزش مجازی بر خط

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **Allen Hatcher, Algebraic Topoloy,** . Cambridge University Press, 2002

عنوان درس به فارسی:	توپولوژی جبری 2		
عنوان درس به انگلیسی:	Algebraic topology 2	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	توپولوژی جبری ۱		نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3	اختیاری■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48	رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:			

هدف کلی :

اهداف ویژه:

هدف ویژه این درس معرفی گروههای همولوژی , گروههای کوهمولوژی و بررسی خواص و کاربردهای آنها است .تعریف گروههای همولوژی در مقایسه با تعریف گروههای هموتوپی مشخصا از پیچیدگی بیشتری برخوردار است .همچنین به منظور انجام محاسبات با این گروهها و نیز بیان کاربرد آنها لازم است به میزان قابل توجهی تجهیزات و ابزار آلات محاسباتی با دقت گسترش و توسعه یابند.

کوهمولوژی نوعی همولوژی و نتیجه دوگان سازی در تعریف است .بنابراین خواصی که گروههای کوهمولوؤی در آن صدق می کنند بسیار شبیه خواص مربوط به گروههای همولوزی است بجز آنکه در کوهمولوژی همریختی های القایی جهت مخالف می یابند که آنهم نتیجه ای از همان دوگان سازی است .مهمترین وجه تمایز همولوژی و کوهمولوژی آن است که گروههای کوهمولوژی تابعگون های پادورد هستند در حالیکه گروههای همولوژی هموردند.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

همولوژی ساذکی و همولوژی منفرد :مجتمع ها، همولوژی سادکی، همولوژی منفرد، ناوردایی هموتوپی، قضیه قطعه برداری، هم ارزی همولوژی سادکی و همولوژی منفرد

کاربردها :مفهوم درجه، همولوژی سلولی، دنباله های Mayer- Vietoris، همولوژی با ضرایب

گروههای گوهمولوژی :قضیه ضرایب جهانی، کوهمولوژی فضاها

ضرب :cupحلقه کوهمولوژی، فرمول Kunneth، فضاها با کوهمولوژی چندحمله ای

دوگانی پوانکاره :جهت و همولوژی، قضیه دوگانی پوانکاره، ارتباط با ضرب cup، دوگانی Alexander

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50	...درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50	...درصد

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

تجهیزات آموزش مجازی بر خط

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **Allen Hatcher,** Algebraic Topology. Cambridge University Press, 2002

عنوان درس به فارسی:	خمینه های مدرج			
عنوان درس به انگلیسی:	Graded manifolds		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	هندسه منیفلد			نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3		اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48		رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی :

هدف این درس معرفی معرفی ابرمنیفلدها، یا معادلا منیفلدهای مدرج، و بررسی خواص آنهاست.
ابرمنیفلدها ابزاری برای فرموله کردن و بیان مسایل ابرتقارن است .ابرتقارن (و یا SUSY) بخشی از نظریه ذرات بنیادی و برهم کنش آنها است .نظریه ابرتقارن نتیجه تلاش برای دستیابی به یک نظریه واحد در برگیرنده نیروهای بنیادی و سازگار با نظریه کوانتم و نسبیت عام است .این نظریه در دهه 1970 میلادی کشف و به مرور به بخشی اصلی از فیزیک نظری تبدیل شد .از نظر ریاضی، ویژگیهای جدید آن به درک عمیق تر ساختار هندسی فضا – زمان منجر شد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

ابرجبر خطی :رسته ابرفضاهای برداری، مدولها روی ابرجبرهای جابجایی، ابردترمینان(برزینین)، دیدگاه رسته ای
ابرمنیفلدها :رسته فضاهای حلقه-ئی، ابرمنیفلدها، مرفیسم ها، حسابان دیفرانسیلی، فانکتور نقاط، انتگرال گیری روی ابرمنیفلدها،
زیرمنیفلدها، قضیه فروبینیوس.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50	...درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50	...درصد

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

تجهیزات آموزش مجازی بر خط

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. Varadarajan, Veeravalli S. Supersymmetry for mathematicians: an introduction. Vol. 11. American Mathematical Society, 2004.

عنوان درس به فارسی:	کلاف برداری 1		
عنوان درس به انگلیسی:	Vector Bundles 1	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	هندسه منیفلد		نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3	اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48	رساله /پایان‌نامه	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی :

هدف این درس معرفی کلاسهای مشخصه و بررسی خواص آنها است.

در ریاضیات، کلاس مشخصه روشی است که به هر کلاف برداری روی فضای X یک کلاس کوهمولوژی از X را نظیر می کند .این کلاس کوهمولوژی میزان تابیدگی کلاف و وجود برش ناصفر را می سنجد .کلاسهای مشخصه ناورداهای سرتاسری هستند که نشان می دهند تا چه حد یک فضا با ساختار ضرب موضعی از ساختار ضربی سرتاسری فاصله دارد .این کلاسها مفاهیم مشترک در توپولوژی جبری، هندسه دیفرانسیل و هندسه جبری می باشند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

کلافهای برداری :تعریف کلاف‌های برداری، همریختی میان آنها، خواص هموتوپی فیبره های برداری، نگاشت‌های گاوس و هموتوپی‌های آن، رده بندی هموتوپیک فیبره های برداری، هسته، تصویر و Cokernelهمریختی‌های با رتبهٔ ثابت، کلاف‌های برداری ریمانی و هرمیتی

کلافهای برداری جهانی :واریته های استیفل، منیفلدهای گراسمن، گروههای هموتوپی گروههای کلاسیک، گروههای هموتوپی واریته های استیفل، فضاهای رده بندی کننده و کلاف‌های یونیورسال، نگاشت مشخصهٔ کلاف مماس s^n ، خواص هموتوپی نگاشتهای مشخصه،

کلاسهای مشخصه :قضیه لری -هرش، تعریف کلاسهای استیفل –ویتنی وکلاسهای چرن، خواص کلاسهای مشخصه، نگاشتهای شکافنده و یگانگی کلاسهای مشخصه، وجود کلاسهای مشخصه، کلاس بنیادی کلافهای کروی، دنباله جیزین، خواص ضربی کلاس اولر، ایزومرفیسم تام.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50	...درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50	...درصد

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

تجهیزات آموزش مجازی بر خط

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **D. Husemoller;** Fiber Bundles, Springer – Verlag, 1994. Chapters 3,8,17

عنوان درس به فارسی:	کلاف برداری 2			
عنوان درس به انگلیسی:	Vector Bundles 2		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	کلاف برداری 1			نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3		اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48		رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی :

هدف این درس معرفی رهیافت تحلیلی برای کلاسهای مشخصه است .در این روش شناخت کوهمولوژی درام و خواص آن اهمیت ویژه دارد .در ریاضیات کوهمولوژی درام ابزاری برای بیان اطلاعات توپولوژیکی منیفلدهای هموار است .کوهمولوژی درام یک نظریه کوهمولوژی بر اساس فرمهای دیفرانسیل است.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

منیفلدهای دیفرانسیل پذیر :کلاف مماس، کلاس اولر و مشخصه اولر منیفلدها، فرمول wu، کبردیسم و اعداد استیفل _وتینی، کلاسهای مشخصه و التصاقها :فرمهای دیفرانسیل و کوهمولوژی درام، التصاق، تانسور انحنا، خواص هموتوپی التصاق و انحنا، فرم چرن _سیمون (Chern - Simons)، التصاق ریمانی.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	50	...درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50	...درصد

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

تجهیزات آموزش مجازی بر خط

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **D. Husemoller;** Fiber Bundles, Springer – Verlag, 1994. chapters 18,19

عنوان درس به فارسی:	گروهها و جبرهای لی			
عنوان درس به انگلیسی:	Lie groups and Lie algebra		**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:	**هندسه منیفلد**			**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی**	**عملی**
تعداد واحد:	**3**		**اختیاری** ■	**نظری-عملی**
تعداد ساعت:	**48**		**رساله /پایان‌نامه**	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی :

گرووهای تقارنی که اغلب در هندسه و معادلات دیفرانسیلی دیده می شوند که پدیده های فیزیکی را توصیف میکنند، گروههای لی متشکل از تبدیلاتی هستند که بر منیفلدهای متناهی البعد یا فضای پیکر بندی مدل فیزیکی عمل می کنند .در این درس بر این نوع از اشیا هندسی متمرکز میکنیم و در ادامه ساختار خطی آنها و نحوه نمایشهای آنها بحث خواهیم کرد .برای تسریع در محاسبات مرتبط و گاهی بدست آوردن شهود لازم، بسته های هندسه دیفرانسیل و جبر لی نرم افزار میپل آموزش داده خواهد شد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

مباحث پایه ای :گروههای لی، گروههای لی خطی، جبر لی یک گروه لی،زیر گروه های یک پارامتری، نگاشت نمائی، فرمول کمپل-باکر-هاسدورف برای براکت لی، قضایای سه گانه لی، گروه پوششی جهانی، نمایش‌های گروه لی، نمایش‌های الحاقی گروه لی

هندسه گروههای لی فشرده :مترهای ناوردا روی گروههای لی، انحنای متر ناوردا روی گروههای لی فضاهای همگن :منیفلد همگن، فضای همگن تقلیل پذیر، نمایش ایزوتروپی ، مترهای ناوردا، التصاق ریمانی روی فضاهای همگن و انحنای آنها، فضاهای متقارن :معرفی ساختار فضای متقارن و هندسه ریمانی روی آن

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۰	...درصد
پروژه درس (کامپیوتری-تیور)	۳۰	...درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50	...درصد

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

تجهیزات آموزش مجازی بر خط

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **Andreas Arvanitoyeorgos,** An introduction to Lie groups and the Geometry of Homogeneous spaces, AmS, 2003.

2. **Anthony W. Knapp;** Lie Groups beyond an Introduction, second edition, Birkhauser, 2002.

عنوان درس به فارسی:	سالیتونها و معادلات موج غیر خطی		
عنوان درس به انگلیسی:	**Solitons and nonlinear wave equations**	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3	اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48	رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:			

هدف کلی :

درس نظریه سالیتونها و معادلات موج غیرخطی برای آشنایی دانشجویان با پیش زمینه های ریاضی و فیزیکی بعضی از معادلات با مشتقات جزیی خاص که نقش مهمی در بسیاری از شاخه های مختلف ریاضی-فیزیک و مهندسی دارد طراحی شده است.

استفاده از نرم افزار میپل و متمتیکا برای درک تصویری و محاسباتی این مباحث بسیار پیشنهاد میشود .بیشتر کدهای لازم در اختیار دانشجویان قرار داده میشود و ازین جهت وقت بیشتری در اختیار خواننده می گذارد که با دریافت این فهم شهودی و تصویری مطالب نظری و کاربردی را راحتتر درک و هضم کند(مخصوصا با تغییر آزادانه در آن کدها) .

موج سیار غیرخطی موضعی پایدار را موج سالیتاری یا منزوی گویند .سالیتونها امواج منزوی هستند که درهمکنش آنها باهم دارای خواص انتگرالپذیری ویژه است .چنین امواجی ابتدا بصورت تجربی در سالهای ۱۸۰۰ کشف و دیده شدند .توصیف ریاضی آنها در سال ۱۹۶۰ شروع شد و به یک شاخه بسیار بزرگ با ارتباطات عمیق و متنوع با بقیه شاخه های ریاضیات گسترش یافت، از جمله آنها :معادلات با مشتقات جزیی، امواج همساز و نظریه واپاشی، نظریه فوریه، انتگرالپذیری، نظریه چند جمله ایها و تجزیه پذیری هیلبرت، انالیز مختلط، نظریه تقارنها، سیستمهای هامیلتونی و هندسه دیفرانسیل .

سالیتونها در بسیاری از سیستمهای فیزیکی که در آنها اثرات غیرخطی و پاشندگی مطرح هست دیده میشود .از جمله کاربردهای فیزیکی و مهندسی آنها میتوان به مطالعه امواج اب دریاها و اقیانوسها، امواج اینرسی اتمسفر، امواج غیر اکوستیک در فیزیک پلاسما، اپتیک غیرخطی، تلکامینیکیشن ، امواج جاذبه و غیره اشاره کرد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

مباحث پایه ای :امواج خطی و غیر خطی .پیش زمینه های تاریخی سالیتونها، معادله کورتوخ و د -فریز و معادلات سالیتونی دیگر، جوابهای موجی سیار ، تبدیلات باکلند و اصل برهم نهش غیر خطی، عملگرهای لکس و واپاشی معکوس، نمایش پوچ -خمیدگی و روش درسسینگ برای حل معادلات سالیتونی.

مباحث پیشرفته :

- **نمایش پوچ -خمیدگی و روش پوششی برای حل معادلات سالیتونی.**
- **قوانین بقای معادلات سالیتونی.**
- **فرمولبندی همیلتونی معادلات موج، ساختار دو-همیلتونی معادلات سالیتونی.**

فرمالیسم لاگرانژی برای معادلات سالیتونی و تقارنها

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۰	...درصد
پروژه درس (کامپیوتری-تیور)	۳۰	...درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50	...درصد

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

تجهیزات آموزش مجازی بر خط

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **P.G. Drazin & R.S Johnson** , Solitons: an introduction.
2. **Alex Kasman,** Glimpses of soliton theory:The algebra and geometry of nonlinear PDEs.

عنوان درس به فارسی:	هندسه همتافت			
عنوان درس به انگلیسی:	**Symplectic Geometry**		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	هندسه منیفلد			نظری■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی	عملی
تعداد واحد:	3		اختیاری ■	نظری-عملی
تعداد ساعت:	48		رساله /پایان‌نامه	
نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:				

هدف کلی :

آشنایی با فرمولبندی ریاضی و هندسی مکانیک کلاسیک

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها: (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

مباحث پایه ای :فضاهای برداری سیمپلکتیک، گروه سیمپلکتیک، پایه سیمپلکتیک، فرم نرمال سیمپلکتیک، مکمل سیمپلکتیک زیرفضاها، زیرفضای سیمپلکتیک، زیرفضای لاگرانژی، منیفلد سیمپلکتیک، قضیه داربو، مثالهایی از یک منیفلد سیمپلکتیک (کلاف کتانژانت، منیفلدهای کیلری، مدارهای هم الحاق، فضای تصویری مختلط) ،نظریه جبری ساختارهای دیراک، عملگرهای نابینهوس و دوتایی های ساختارهای دیراک، روشهای هامیلتونی برای معادلات ارزیاب.

مباحث پیشرفته :

معادلات همیلتونی و ساختار همتافت آنها، معادلات با مشتقات جزیی ارزیاب و ساختار همیلتونی-همتافت آنها، ساختارهای دو همیلتونی، انتگرالپذیری و قضیه مگری رای معادلات دو-همیلتونی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۰	...درصد
پروژه درس (کامپیوتری-تیور)	۳۰	...درصد
آزمون پایان نیم‌سال	50	...درصد

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

تجهیزات آموزش مجازی بر خط

چ) فهرست منابع پیشنهادی: (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)

1. **Rolf Berndt**; An Introduction to Symplectic Geometry, AMS, 2001.فصول 1 و2
2. **R. L. Bryant;** An Introduction to Lie Group and Symplectic Geometry.فصول 5 و 6 اول بخش.
3. **Irene Dorfman**, Dirac structures and integrability of nonlinear evolution equations.فصول ۳-۲
4. **Peter Olver,** Applications of Lie groups to differential equations , فصل 7

عنوان درس به فارسی:	مباحثی در هندسه		
عنوان درس به انگلیسی:	**Topics in Geometry**	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:	**هندسه منیفلد**	**نظری ■**	
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**	**تخصصی ☐**	**عملی ☐**
تعداد واحد:	**۳**	**اختیاری ■**	**نظری-عملی ☐**
تعداد ساعت:	**۴۸**	**رساله / پایان‌نامه ☐**	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

۵.

۶. **هدف کلی:**

۷. در این درس مباحث تکمیلی و پیشرفته در حوزه هندسه با نظر استاد درس انتخاب و مورد بحث قرار می‌گیرد.

۸. **اهداف ویژه:**

۹. **پ) مباحث یا سرفصل‌ها:** (۸ تا ۱۲ مورد را ذکر نمایید)

۱۰.

۱۱. **ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:**

۱۲.

۱۳. **ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):**

۱۴. فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

۱۵. آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

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

۱۷.

۱۸. **چ) فهرست منابع پیشنهادی:** (۳ تا ۵ مورد را ذکر نمایید)