برنامه درسی رشته

فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده

STATISTICAL PHYSICS AND COMPLEX SYSTEMS

مقطع کارشناسی ارشد

بر اساس مصوبه جلسه شماره .... شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی در تاریخ ..... به تصویب رسید.

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

دانشگاه صنعتی اصفهان

برنامه درسی رشته

فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده

STATISTICAL PHYSICS AND COMPLEX SYSTEMS

مقطع کارشناسی ارشد

مشتمل بر گرایش‌های:

۱. **فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده|**
STATISTICAL PHYSICS AND COMPLEX SYSTEMS

تهیه‌کنندگان:

دکتر کیوان آقابابایی سامانی — **عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان**

دکتر فرهاد شهبازی — **عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان**

نام درس	نوع درس	تعداد واحد درسی		
		جمع	نظری	عملی
مکانیک کوانتومی پیشرفته	تخصصی	۴	۴	۰
مکانیک آماری پیشرفته ۱	تخصصی	۳	۳	۰
الکترودینامیک	تخصصی	۴	۴	۰
کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی	تخصصی	۰	۰	۰
سمینار (ارشد سامانه‌های پیچیده)	اختیاری	۲	۲	۰
فیزیک سامانه‌های پیچیده	اختیاری	۳	۳	۰
فیزیک محاسباتی	اختیاری	۳	۳	۰
مکانیک آماری پیشرفته ۲	اختیاری	۳	۳	۰
فیزیک پدیده‌های بحرانی	اختیاری	۳	۳	۰
موضوعات ویژه در ماده چگال	اختیاری	۳	۳	۰
درس اختیاری از گرایش دیگر	اختیاری	۳	۳	۰

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف. مقدمه:

- فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده Statistical Physics and Complex Systems
- کارشناسی ارشد
- معرفی حوزه علمی و شاخه‌های آن (آشنایی اجمالی با حوزه علمی و شاخه‌های آن):

در سال‌های اخیر، علوم بین‌رشته‌ای بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. یکی از دلایل این توجه این است که نگاه بین‌رشته‌ای، دیدگاه‌ها و مفاهیم جدیدی به‌وجود می‌آورد که هم از جنبه‌ی نظری و هم از جنبه‌ی عملی و کاربردی بسیار حائز اهمیت است. از طرف دیگر نگاه بین رشته‌ای امکان استفاده از ابزارهای یک رشته در رشته‌های دیگر را میسر می‌کند. مطالعه‌ی سامانه‌های پیچیده از همین دیدگاه، توجه پژوهشگران حوزه‌های مختلف علوم و مهندسی را به خود جلب کرده است. تعریف سامانه‌ی پیچیده ساده نیست ولی به‌طور کلی می‌توان گفت سامانه‌ای با اجزای بسیار زیاد است که به شکل پیچیده‌ای با هم در ارتباط هستند. ویژگی‌های کلی این سامانه را نمی‌توان با مطالعه‌ی تک‌تک اجزای آن دریافت. مشخصه‌ی بارز یک سامانه‌ی پیچیده، وجود رفتارهای جمعی در آن است. بنابراین، مطالعه‌ی چنین سامانه‌هایی می‌تواند بستر کشف پدیده‌های جدید را فراهم آورد. همچنین مفاهیم و ویژگی‌های برآینده (Emergent) از دیگر مشخصه‌های سامانه‌های پیچیده است. رفتارهای جمعی و پدیده‌های برآینده ارتباط تنگاتنگی با مفاهیم خودسامان‌دهی و بحرانیت دارند. این دو مفهوم اخیر نقش مهمی در درک سازوکارهای پدیده‌های مشاهده شده در سامانه‌های پیچیده دارند.

به‌عنوان مثال‌هایی از سامانه‌های پیچیده در حوزه‌های مختلف می‌توان به سامانه‌های اجتماعی، سامانه‌های زیستی مثل سلول‌ها و ارگان‌های زنده، مغز و اکوسیستم‌ها و نیز سامانه‌های اقتصادی مانند بازارهای مالی و زنجیره‌ی بنگاه‌های اقتصادی اشاره کرد. همچنین از دیدگاه مهندسی سامانه‌های حمل‌ونقل و شبکه‌های ارتباط شهری و جاده‌ای، سامانه‌های انتقال قدرت، سامانه‌های مخابراتی، رایانه‌ای و انواع شبکه‌های ارتباطی مثال‌هایی از سامانه‌های پیچیده‌اند.

از دیدگاه روش‌ها و ابزارهای پژوهش نیز سامانه‌های پیچیده حوزه‌ای است که می‌تواند محل تلاقی تخصص‌های مختلف باشد. از جمله‌ی این ابزارها و روش‌ها می‌توان به نظریه‌ی گراف، دینامیک غیرخطی، روش‌های تحلیل داده، یادگیری ماشین و هوش مصنوعی اشاره کرد. همچنین نظریه‌ی اطلاعات، نظریه‌ی بازی‌ها و فرایندهای تصادفی به‌طور مؤثر در مطالعه‌ی سامانه‌های پیچیده به‌کار گرفته می‌شوند

ب. تعریف رشته و مشخصات دوره تحصیلی:

- حوزه مطالعاتی و مرزهای رشته، چیستی رشته، و معرفی گرایش‌های آن
- مشخصات دوره تحصیلی (تعداد کل واحدها، طول دوره تحصیل، کارآموزی‌ها و کارورزی‌ها، بخش‌های مختلف دوره تحصیلی)
- در صورت بازنگری برنامه درسی، مشخص شود که این برنامه درسی جایگزین کدام برنامه‌های درسی است

گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده به عنوان یکی از گرایش‌های رشته‌ی فیزیک تعریف شده است. با این وجود، مسائل مورد بررسی در این گرایش ماهیت بین رشته‌ای دارند و لازم است که دانشجویان علاوه بر دانش فیزیک با مسائل مربوط به سایر رشته‌ها در حوزه‌هایی مانند علوم مهندسی، علوم زیستی، علوم انسانی نیز آشنایی داشته باشند. بنابراین دانشجویان این گرایش می‌توانند در زمینه‌هایی مانند زیست فیزیک، فیزیک اقتصاد، فیزیک اجتماعی صاحب تخصص شوند و به پژوهش بپردازند.

پ. اهداف برنامه درسی:

۱. آشنایی دانشجویان با تفکر سامان‌مند.

۲. درک پدیده‌های برآینده در سامانه‌های پیچیده‌ی مختلف و کاوش جنبه‌های جهان‌شمول این پدیده‌ها.

۳. کسب توانمندی دانشجویان در مدل‌سازی سامانه‌های پیچیده.

ت. ضرورت و اهمیت:

- چرایی وجود رشته (این رشته کدام یک از نیازهای کشور و منطقه را تامین می‌کند؟؛ کدام تحولات در علم و فناوری ضرورت ایجاد این رشته را موجب شده است؟؛ اگر این رشته وجود نداشته باشد چه آسیب‌هایی به کشور خواهد رسید؟)
- چرایی تدوین یا بازنگری این برنامه درسی (مختصری از تاریخچه تغییرات برنامه درسی در ایران و جهان و مرزهای پیش روی رشته، سابقه این رشته در سایر دانشگاه‌ها)

از لحاظ تاریخی، در نیمه‌ی دوم قرن بیستم دانشمندان متوجه مسائلی شدند که ماهیت بین رشته‌ای داشتند و به سبب درهم‌پوشانی آنها با شاخه‌های مختلف علم، قابل بررسی با شیوه‌هایی مرسوم کاهش‌پذیر و واگرا در علوم تجربی نبودند. بنابراین ضرورت همگرایی بین رشته‌های مختلف علم برای بررسی این مسائل احساس شد. این شاخه جدید از علم، دانش پیچیدگی نامیده شد و اولین موسسه‌ی رسمی برای مطالعه در این زمینه در سال ۱۹۸۴ با همت دانشمندان مطرحی مانند موری گلمن (برنده‌ی جایزه ی نوبل فیزیک ذرات بنیادی برای کشف مدل کوارک) و جان هنری هولاند (متخصص رایانه و روانشناسی و خالق الگوریتم ژنتیک)، در سانتافه بنیان‌گذاری شد. از آن زمان،گرایش سامانه‌های پیچیده چه در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی کشورهای توسعه‌یافته، چه در کشورهای منطقه و چه در دانشگاه‌های داخل کشور مورد اقبال زیادی قرار گرفته و هویت مستقلی یافته است. اعطای جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۲۰۲۱ به پژوهشگرانی که پژوهش‌های تأثیرگذار در زمینه‌ی سامانه‌های پیچیده انجام داده بودند نیز به خوبی نشانگر اهمیت این گرایش در جامعه‌ی علمی بین‌المللی است.

یافتن راه حل مشکلات ناشی از ابربحران‌هایی مانند بحران‌های زیست‌محیطی، انرژی، مهاجرت و غیره که گریبان‌گیر کشور، منطقه و سایر نقاط جهان هستند، نیازمند رویکردهای یکپارچه و همگرا است که علم سامانه‌های پیچیده بستر مناسبی برای این منظور فراهم خواهد کرد.

در شرایط فعلی و با توجه به امکانات، پتانسیل‌ها و مسائل موجود در کشور و همچنین توجه و اهتمام مسئولان به علوم پایه و علوم بین‌رشته‌ای و درک اهمیت تحقیقات بنیادی، فرصت مناسبی برای گسترش، تعمیق و هدف‌مند ساختن فعالیت‌های پژوهشی بین‌رشته‌ای فراهم شده است.

ث. تعداد و نوع واحدهای درسی:

مقطع	نوع درس					جمع
	عمومی	پایه	اصلی و تخصصی	اختیاری	پایان‌نامه	
کارشناسی‌ارشد	–	–	۱۰ – ۱۲	۱۴ – ۱۶	۴ – ۶	۲۸ – ۳۲
			۱۱	۱۴	۶	۳۱

ج. توانایی‌ها و شایستگی‌های دانش‌آموختگان:

۱. توانایی تحلیل و حل مسائل میان رشته‌ای
۲. توانایی در همکاری با سایر حوزه‌های علمی مانند علوم انسانی و علوم مهندسی و پزشکی در جهت حل مشکلات و بحران‌های کلان کشور
۳. توانایی در ایجاد کسب وکارهای نوین برای تولید ثروت و ارزش افزوده.

چ. شرایط و ضوابط ورود به دوره تحصیلی:

مطابق مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جدول ارتباط توانایی‌ها و شایستگی‌ها با اهداف برنامه درسی						
توانایی و شایستگی	اهداف					
	۱	۲	۳			
۱	✓	✓	✓			
۲	✓	✓	✓			
۳	✓	✓	✓			

(تمام توانایی‌ها و شایستگی‌ها بایستی در راستای اهداف برنامه درسی قرار داشته باشد)

جدول ارتباط توانایی‌ها و شایستگی‌ها با دروس									
نام درس	توانایی و شایستگی								
	۱	۲	۳						
مکانیک کوانتومی پیشرفته	✓	✓	✓						
مکانیک آماری پیشرفته ۱	✓	✓	✓						
الکترودینامیک	✓	✓	✓						
کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی	✓	✓	✓						
سمینار (ارشد سامانه‌های پیچیده)	✓	✓	✓						
فیزیک سامانه‌های پیچیده	✓	✓	✓						
فیزیک محاسباتی	✓	✓	✓						
مکانیک آماری پیشرفته ۲	✓	✓	✓						
فیزیک پدیده‌های بحرانی	✓	✓	✓						
موضوعات ویژه در ماده چگال	✓	✓	✓						
درس اختیاری از گرایش دیگر	✓	✓	✓						

(تمام دروس برای ایجاد توانایی‌ها و شایستگی‌ها ایجاد می‌شوند)

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول دروس اصلی و تخصصی						
ردیف	نام درس	تعداد واحدهای درسی				شناسه
		جمع	نظری	عملی	کارگاهی	پیشنیاز / هم‌نیاز
۱	مکانیک کوانتومی پیشرفته	۴	۴	۰	۰	
۲	مکانیک آماری پیشرفته ۱	۳	۳	۰	۰	
۳	الکترودینامیک	۴	۴	۰	۰	
۴	کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی	۰	۰	۰	۰	

جدول دروس اختیاری						
ردیف	نام درس	تعداد واحدهای درسی				شناسه
		جمع	نظری	عملی	کارگاهی	پیشنیاز / هم‌نیاز
۱	سمینار (ارشد سامانه‌های پیچیده)	۲	۲	۰	۰	
۲	فیزیک سامانه‌های پیچیده	۳	۳	۰	۰	
۳	فیزیک محاسباتی	۳	۳	۰	۰	
۴	مکانیک آماری پیشرفته ۲	۳	۳	۰	۰	
۵	فیزیک پدیده‌های بحرانی	۳	۳	۰	۰	
۶	موضوعات ویژه در ماده چگال	۳	۳	۰	۰	
۷	درس اختیاری از گرایش دیگر	۳	۳	۰	۰	

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (فارسی):	**مکانیک کوانتومی پیشرفته**				
نام درس (انگلیسی):	**Advanced Quantum Mechanics**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه	■ نظری		
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	■ اصلی و تخصصی	نظری - عملی ☐
	۴	۰	۴	☐ اختیاری	عملی / آزمایشگاهی ☐
تعداد ساعت:	۶۴	۰	۶۴	☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله	کارگاهی / عملیات میدانی ☐
				☐ جبرانی	کارورزی / کارآموزی ☐
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:					
هدف درس: تبیین پدیده‌های فیزیکی در مقیاس میکروسکوپی					
مباحث / سرفصل‌ها: مفاهیم اولیه: آزمایش اشترن گرلاخ، کت‌ها، براها و عملگرها، نمایش‌های ماتریسی، توابع موج در فضای مختصه و تکانه، دینامیک کوانتومی: معادله شرودینگر و تحول زمانی، نمایش شرودینگر و نمایش هایزنبرگ، حل‌های مقدماتی معادلات شرودینگر، انتشارگر و انتگرال مسیر فاینمن، پتانسیل‌ها و تبدیلات پیمانه‌ای، نظریه تکانه زاویه‌ای: دوران‌های اویلر، انسامبل‌های امیخته و عملگر چگالی، ویژه مقادیر و ویژه حالت‌های تکانه زاویه‌ای، جمع تکانه زاویه‌ای، نامساوی بل و اندازه‌گیری همبستگی اسپینی، تقارن در مکانیک کوانتومی: تقارن‌ها - قوانین پایستگی و تبهگنی‌ها، تقارن‌های گسسته – پاریته – تقارن گسسته وارونی زمانی، روش‌های اختلالی: نظریه اختلال مستقل از زمان، حالت ناتبهگن، حالت تبهگن – پتانسیل‌های وابسته به زمان، تصویر برهمکنش					
روش یاددهی: سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...					
روش ارزشیابی: امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ○ و ...					
منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA) Sakurai, J. J. and Napolitano, J. (2020). *Modern Quantum Mechanic*s, 3rd ed. . Cambridge University Press. Merzbacher, E. (1970). *Quantum Mechanics*, 2nd ed. . Wiley. Greiner, W. (1985). *Quantum Mechanics*, 3rd ed. . Springer-verlag. Messiah, A. (1966). *Quantum Mechanics*, Wiley.					
ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:					

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (فارسی):	**مکانیک آماری پیشرفته ۱**				
نام درس (انگلیسی):	**Advanced Statistical Mechanics I**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه			■ نظری
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	■ اصلی و تخصصی	☐ نظری - عملی
	۳	۰	۳	☐ اختیاری	☐ عملی / آزمایشگاهی
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله ☐ جبرانی	☐ کارگاهی / عملیات میدانی ☐ کارورزی / کارآموزی

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

هدف درس: آشنایی با روش‌های مطالعه سیستم‌های با درجات آزادی بالا (تعداد ذرات زیاد)

مباحث / سرفصل‌ها:

مبانی آماری ترمودینامیک، فضای فاز و قضیه لیوویل، نظریه آنسامبل، آمار کلاسیک بولتزمن، ترمودینامیک سامانه‌های مغناطیسی، آنسامبل کانونی بزرگ، مبانی آمار کوانتومی، نظریه گازهای کوانتومی، گاز ایده‌آل بوزونی، گاز ایده‌آل فرمیونی

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ○ و ...

منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA)

Reichl, E. (2016). *A Modern Course in Statistical Physics*, 4th ed. . Wiley.
Kardar, M. (2007). *Statistical Physics of Particles*. Cambridge.
Pathria, P. K. (1996). *Statistical Mechanics*, 2nd ed. . Butterworth – Heinemann.
Kardar, M. (2007). *Statistical Physics of Fields*. Cambridge.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (فارسی):	**الکترودینامیک**				
نام درس (انگلیسی):	**Electrodynamics**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ **پایه**			**نظری** ■
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	■ **اصلی و تخصصی**	**نظری - عملی** ☐
	۴	۰	۴	☐ **اختیاری**	**عملی / آزمایشگاهی** ☐
تعداد ساعت:	۶۴	۰	۶۴	☐ **پروژه / پایان‌نامه / رساله** ☐ **جبرانی**	**کارگاهی / عملیات میدانی** ☐ **کارورزی / کارآموزی** ☐
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:**					

هدف درس: آمادگی نظری برای تبیین پدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی

مباحث / سرفصل‌ها:

روش‌های حل معادله‌های الکتروستاتیک با شرایط مرزی، محیط دی‌الکتریک، مغناطوستاتیک، دینامیک میدان‌های الکترومغناطیسی، توابع گرین، فرمول‌بندی هم‌وردای الکترودینامیک، تابش بارهای شتاب‌دار، برهم‌کنش نسبیتی ذره‌های باردار و میدان‌ها

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ○ و ...

منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA)

Jackson, J. D. (2021). *Classical Electrodynamics*. 3rd ed. . J. Wiley & Sons.
Ohanian, H. C. (2006). *Classical Electrodynamics*. Infinity Science Press, LLC.
Zangwill, A. (2012). *Modern Electrodynamics*. Cambridge University Press.
Greiner, W. (1998). *Classical Electrodynamics*. Springer.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (فارسی):	**کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی**				
نام درس (انگلیسی):					
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ **پایه**		■ **نظری**	
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	■ **اصلی و تخصصی**	**نظری - عملی** ☐
	۰	۰	۰	☐ **اختیاری**	**عملی / آزمایشگاهی** ☐
تعداد ساعت:	۰	۰	۰	☐ **پروژه / پایان‌نامه / رساله**	**کارگاهی / عملیات میدانی** ☐
				☐ **جبرانی**	**کارورزی / کارآموزی** ☐
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:**					
هدف درس: آشنایی و ارتقای سطح ایمنی در آزمایشگاه‌های دانشکده					
مباحث / سرفصل‌ها: با نظر استاد کارگاه					
روش یاددهی: سخنرانی ● مباحثه ● بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ○ مطالعه موردی ○ آزمایش و ساخت ○ و ...					
روش ارزشیابی: امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ○ ارائه کلاسی ○ و ...					
منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA) با نظر استاد کارگاه					
ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:					

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (فارسی):	**سمینار (ارشد سامانه‌های پیچیده)**				
نام درس (انگلیسی):	**Seminar**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ **پایه**			■ **نظری**
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ **اصلی و تخصصی**	☐ **نظری - عملی**
	۲	**۰**	**۲**	■ **اختیاری**	☐ **عملی / آزمایشگاهی**
تعداد ساعت:				☐ **پروژه / پایان‌نامه / رساله**	☐ **کارگاهی / عملیات میدانی**
				☐ **جبرانی**	☐ **کارورزی / کارآموزی**

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

هدف درس: مطالعه میدانی در راستای پروژه کارشناسی ارشد

مباحث / سرفصل‌ها:

بستگی به پروژه کارشناسی ارشد و نظر استاد راهنما دارد.

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ○ بازدید ○ پژوهش ● تمرین و تکرار ○ مطالعه موردی ○ آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ○ پروژه عملی ○ گزارش ● آزمونک کلاسی ○ ارائه کلاسی ● و ...

منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA)

بستگی به پروژه کارشناسی ارشد و نظر استاد راهنما دارد.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (فارسی):	**فیزیک سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (انگلیسی):	**Physics of Complex Systems**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه			**نظری** ■
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ اصلی و تخصصی	**نظری - عملی** ☐
	۳	۰	۳	■ اختیاری	**عملی / آزمایشگاهی** ☐
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله ☐ جبرانی	**کارگاهی / عملیات میدانی** ☐ **کارورزی / کارآموزی** ☐

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

هدف درس: درک پدیده‌های برآینده در سامانه‌های پیچیده

مباحث / سرفصل‌ها:

مقدمه‌ای بر سامانه‌های پیچیده، مفهوم و تعریف پیچیدگی، مفهوم برآیش و ویژگی‌های برآینده، گراف‌ها و شبکه‌ها، شبکه‌های تصادفی، شبکه‌های بی‌مقیاس، شبکه‌های جهان‌کوچک، سنجه‌ها و ویژگی‌های شبکه، ساختار همایه‌ها، سامانه‌های غیرخطی و آشوب، ماشین‌های سلولی و خودسامان‌دهی بحرانی، مدل تپه شنی، نظریه‌ی تکامل و مدل‌های تکاملی، رفتارهای جمعی و هم‌گام‌سازی، رفتار بحرانی در سامانه‌های عصبی، تحلیل و پردازش سری‌های زمانی غیرخطی، برخال‌ها و بس‌برخال‌ها، رفتارهای توانی و مدل‌های تولیدکننده آن‌ها

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ● بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ● مطالعه موردی ● آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ● و ...

منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA)

Thurner, S., Hanel, R, and P. Klimek. (2018). *Introduction to the theory of complex systems*. Oxford University Press

Gros, C. (2015). *Complex and Adaptive Dynamical Systems: A Primer*. Springer.

Nicolis, G., and Nicolis, C. (2012). *Foundations of Complex Systems: Emergence, Information and prediction*. World Scientific.

Boccara, N. (2010). *Modeling Complex Systems*. Springer Science & Business Media.

Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of Complex Systems*. Addison-Wesley.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (فارسی):	**فیزیک محاسباتی**				
نام درس (انگلیسی):	**Computational Physics**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه			☐ نظری
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ اصلی و تخصصی	■ نظری - عملی
	۳	۰	۳	■ اختیاری	☐ عملی / آزمایشگاهی
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله ☐ جبرانی	☐ کارگاهی / عملیات میدانی ☐ کارورزی / کارآموزی
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ■ کارگاه ■موارد دیگر:					

هدف درس: شبیه‌سازی سیستم‌های فیزیکی

مباحث / سرفصل‌ها:

آموزش یک زبان برنامه‌نویسی (در حال حاضر پایتون)، آموزش کتابخانه‌های پایتون (numpy, scipy, matplotlib)، آموزش سیستم عامل لینوکس، حل معادلات دیفرانسیل: روش اویلر (مثال: حرکت پرتابه)، روش رانگ کوتا (مثال: حرکت پرتابه با مقاومت هوا)، حل معادلات لاپلاس و پواسون)، شبیه‌سازی سیستم‌های تصادفی: شبیه‌سازی ولگشت تصادفی، شبیه‌سازی پدیده تراوش، شبیه‌سازی پولیمرها، شبیه‌سازی مونت کارلو: محاسبه عدد پی، شبیه‌سازی سیستم آیزینگ دو بعدی، شبیه‌سازی سیستم‌های کوانتومی: شبیه‌سازی معادله شرودینگر وابسته به زمان، شبیه‌سازی معادله شرودینگر مستقل از زمان با روش مونت کارلوی کوانتومی، شبیه‌سازی سیستم‌های آشوب‌ناک و یادگیری ماشین

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ● و ...

منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA)

Landau, D. P. and Binder, K. (2009). *A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics*. Cambridge University Press.

Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition And Machine Learning*. Springer.

Geron, A. (2022). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow. 3rd ed. . Springer

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (فارسی):	**مکانیک آماری پیشرفته ۲**				
نام درس (انگلیسی):	**Advanced Statistical Mechanics II**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ **پایه**			■ **نظری**
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ **اصلی و تخصصی**	☐ **نظری - عملی**
	۳	۰	۳	■ **اختیاری**	☐ **عملی / آزمایشگاهی**
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ **پروژه / پایان‌نامه / رساله** ☐ **جبرانی**	☐ **کارگاهی / عملیات میدانی** ☐ **کارورزی / کارآموزی**

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

هدف درس: بررسی مباحث مکانیک آماری پیشرفته با رویکرد کاربردی

مباحث / سرفصل‌ها:

ترکیبات و احتمال، توابع چگالی احتمال و انباشتگی‌ها، قضیه‌ی حد مرکزی، ولگشت، فرآیندهای مارکف، معادله‌ی مادر، حرکت براؤنی، معادلات دیفرانسیل تصادفی، معادله‌ی فوکر- پلانک، برخال‌ها و بس‌برخال‌ها، شبکه‌های پیچیده

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ● و ...

منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA)

Kardar, M. (2007). *Statistical Physics of Particles*. Cambridge.

Pathria, P. K. (1996). *Statistical Mechanics*, 2nd ed. . Butterworth – Heinemann.

Kardar, M. (2007). *Statistical Physics of Fields*. Cambridge.

Reichl, E. (2016). *A Modern Course in Statistical Physics*, 4th ed. . Wiley.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (فارسی):	**فیزیک پدیده‌های بحرانی**				
نام درس (انگلیسی):	**Physics of Critical Phenomena**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه			**نظری** ■
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ اصلی و تخصصی	**نظری - عملی** ☐
	۳	۰	۳	■ اختیاری	**عملی / آزمایشگاهی** ☐
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله ☐ جبرانی	**کارگاهی / عملیات میدانی** ☐ **کارورزی / کارآموزی** ☐
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ■ کارگاه ☐ موارد دیگر:					

هدف درس: آشنایی با گذار فازها و نماهای بحرانی

مباحث / سرفصل‌ها:

مکانیک آماری گذار فاز، رده‌بندی گذارهای فاز، نماهای بحرانی و جهان‌شمولی، مدل آیزینگ، نظریه‌ی میدان میانگین، نظریه لاندائو گینزبورگ، مقیاس‌بندی در پدیده‌های استاتیک، دینامیک و غیرتعادلی، گروه بازبهنجارش در فضای حقیقی، گروه بازبهنجارش در فضای تکانه، بسط سری‌ها، گذار کاسترلیتس- تالس

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ● بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ● مطالعه موردی ● آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ●ارائه کلاسی ●و ...

منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA)

Goldenfeld, N. (2018). *Lectures on phase transitions and the renormalization group*. CRC Press.
Chaikin, P. M., and Lubensky, T. C. (2000). *Principles of Condensed Matter Physics*. Cambridge University Press.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک آماری و سامانه‌های پیچیده**				
نام درس (فارسی):	**موضوعات ویژه در ماده چگال**				
نام درس (انگلیسی):	**Special Topics in Condensed Matter**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ **پایه**			■ **نظری**
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ **اصلی و تخصصی**	☐ **نظری - عملی**
	۳	۰	۳	■ **اختیاری**	☐ **عملی / آزمایشگاهی**
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ **پروژه / پایان‌نامه / رساله** ☐ **جبرانی**	☐ **کارگاهی / عملیات میدانی** ☐ **کارورزی / کارآموزی**
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ■ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:**					

هدف درس: آشنایی با مباحث ویژه در فیزیک ماده چگال

مباحث / سرفصل‌ها:

طبق نظر استاد درس

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ● بازدید ○ پژوهش ● تمرین و تکرار ● مطالعه موردی ● آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ●ارائه کلاسی ●و ...

منابع درسی:

طبق نظر استاد درس

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز: