



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

برنامه درسی

دوره: دکتری

رشته: فیزیک

گرایش: اتمی و مولکولی

گروه: علوم پایه

کمیته: تخصصی فیزیک



مصوبه جلسه شماره ۲۵۴ مورخ ۱۳۷۱/۱۲/۰۹

شورای عالی برنامه ریزی آموزشی



جمهوری اسلامی ایران
وزارت فرهنگ و آموزش عالی
شورای عالی برنامه ریزی

مشخصات کلی ، برنامه و سرفصل دروس

دوره دکترای فیزیک

کمیته تخصصی فیزیک

گروه علوم پایه



مصوب دویست و پنجاه و چهارمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی

مورخ ۱۳۷۱/۱۲/۹

بسم الله الرحمن الرحيم

برنامه آموزشی

دوره دکترای فیزیک

کمیته تخصصی: ۰۲۰۰۰

شاخه: ۰۰۰۰۰

کد رشته: ۳۲۲۰۲



گروه: علوم پایه ۳۰۰۰

رشته: فیزیک ۰۰۴۰۰

دوره: دکترا ۰۰۰۰۲

شورای عالی برنامه ریزی در دوپست و چهل و چهارمین جلسه مورخ ۱۳۷۱/۱۲/۹
براساس طرح دوره دکترای فیزیک که توسط کمیته تخصص فیزیک گروه علوم پایه شورای
عالی برنامه ریزی تهیه شده و به نائید این گروه رسیده است، برنامه آموزشی این دوره را
درسه فصل (مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس) بشرح پیوست تصویب کرد و مقرر
میدارد:

ماده ۱) برنامه آموزشی دوره دکترای فیزیک از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و موسسات
آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند لازم الاجرا است .
الف: دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت فرهنگ و آموزش عالی اداره می شوند .
ب : مؤساتی که با اجازه رسمی وزارت فرهنگ و آموزش عالی و براساس قوانین ، تاسیس می شوند
و بنابر این تابع مصوبات شورای عالی برنامه ریزی میباشد .
ج: مؤسسات آموزش عالی دیگر که مطابق قوانین خاص تشکیل می شوند و باید تابع ضوابط
دانشگاهی جمهوری اسلامی ایران باشند .

ماده ۲) از تاریخ ۷۱/۱۲/۹ کلیه دوره های آموزشی و برنامه های مشابه مؤسسات در زمینه دکترای
فیزیک در همه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی مذکور در ماده ۱ منسوخ می شوند و
دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی یادشده مطابق مقررات می توانند این دوره را دایر و

برنامه جدید را اجرا نمایند.

ماده ۳) مشخصات کلی و برنامه درسی و سرفصل دروس دوره: دکترای فیزیک
درسه فصل جهت اجرا به وزارت فرهنگ و آموزش عالی ابلاغ می شود.
رای صادره دویست و چهل و چهارمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ ۱۳۷۱/۱۲/۲۹

درمورد برنامه آموزشی دوره دکترای فیزیک

۱) برنامه آموزشی دوره دکترای فیزیک
که از طرف گروه علوم پایه پیشنهاد شده بود
با اکثریت آراء بتصویب رسید.
۲) برنامه آموزشی دوره دکترای فیزیک
از تاریخ تصویب قابل اجرا است.

رای صادره دویست و چهل و چهارمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ
درمورد برنامه آموزشی دوره دکترای فیزیک صحیح است، بمورد اجرا گذاشته شود.

دکتر مصطفی معین
وزیر فرهنگ و آموزش عالی

مورد تأیید است: دکتر مهدی گلشنی

سرپرست گروه علوم پایه

رونوشت: به معاونت آموزشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی جهت اجرا ابلاغ می شود.

سید محسن کاظم نائینی
دبیر شورای عالی برنامه ریزی



بسم الله الرحمن الرحيم

فصل اول

مشخصات کلی دوره دکترای فیزیک

با توجه به تجارب حاصل از اجرای دوره کارشناسی ارشد فیزیک و با عنایت به مشی کلی شورای عالی انقلاب فرهنگی در خصوص تاسیس دوره‌های دکترای علوم در چارچوب آیین نامه مربوط، کمیته تخصصی فیزیک گروه علوم پایه شورای عالی برنامه‌ریزی، برنامه دوره دکترای فیزیک را به شرح ذیل تهیه و تدوین نموده تا پس از تایید گروه علوم پایه برای تصویب به شورای عالی انقلاب فرهنگی پیشنهاد گردد.

۱- تعریف و هدف

دوره دکترای فیزیک بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی در این رشته است که به اعطای درجه دکترای فیزیک منتهی می‌شود. این دوره از مجموعه‌ای از فعالیتهای آموزشی و پژوهشی تشکیل شده است. از اهداف مهم این دوره علاوه بر تامین اعضای هیات علمی دانشگاهها، تربیت افرادی است که بر روشهای پیشرفته پژوهش احاطه یافته و با تسلطی که بر یک یا چند موضوع فیزیکی پیدا می‌کنند می‌توانند در نوآوری و گسترش مرزهای دانش فیزیک و رفع نیازهای علمی جامعه نقشی را ایفا نمایند.

۲- نظام دوره



این دوره شامل دو مرحله آموزشی و پژوهشی است.

الف - مرحله آموزشی: این مرحله پس از پذیرفته شدن داوطلب در امتحان ورودی آغاز می‌گردد و با گذراندن امتحان جامع پایان می‌پذیرد. در این مرحله دانشجو باید حداقل ۱۲ واحد درسی از جدول شماره ۲ را با تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی ذیربط بگذراند. همچنین دانشجو باید در دوره دکترای ۲ واحد سمینار (به صورت سه سمینار ۱ واحدی) را نیز بگذراند.



تبصره ۱ - در مواردی که استاد راهنما ضروری بداند دانشجوی باید یک الی چهار درس اضافی را نیز که در ارتباط با کار پژوهشی وی است با موفقیت بگذراند.

تبصره ۲ - دانشجو باید توانایی خود را در استفاده از متون تخصصی فیزیک از طریق گذراندن امتحانهای کتبی و شفاهی نشان دهد .

ب - مرحله پژوهشی : این مرحله بطور رسمی پس از قبولی دانشجو در امتحان جامع شروع می‌شود و با تدوین رساله دکترا و دفاع از آن پایان می‌پذیرد . امتحان جامع زیر نظر کمیته تحصیلات تکمیلی گروه یا دانشکده فیزیک انجام می‌گیرد و مشتمل بر دروسی است که دانشجو در مرحله آموزشی داشته است. دانشجو پس از گذراندن امتحان جامع ، باید جهت ادامه تحصیل در مرحله پژوهشی ثبت نام کند و به پژوهش در زمینه مورد نظر خود و تنظیم و تدوین رساله دکترا بپردازد . این فعالیت با هدایت استاد راهنمای رساله و زیر نظر کمیته اساتید مشاور ، که طبق آیین نامه دوره دکترا - مصوب شورایی عالی - برنامه‌ریزی - تعیین می‌شوند ، انجام گیرد.

تبصره ۱- حداقل واحدهای رساله ۲۰ است و در شرایط استثنایی ، با تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی ذیربط تا حد ۲۴ قابل افزایش است .

تبصره ۲ - دانشجو باید نتیجه فعالیت‌های پژوهشی‌اش را هر شش ماه یکبار به اطلاع کمیته اساتید مشاور برساند.

تبصره ۳ - اگر پیشرفت کار دانشجو ، بنا به تشخیص کمیته اساتید مشاور ، در حد مطلوب نباشد با تصویب کمیته مزبور برای شش ماه به او فرصت داده می‌شود و در صورت عدم پیشرفت در شش ماه بعدی وی از ادامه تحصیل محروم می‌شود.

تبصره ۴ - پس از آماده شدن رساله و اعلام آمادگی دانشجو و تایید استاد راهنما ، دفاع از رساله صورت خواهد گرفت . هیات داوران طبق مصوبه شورایی عالی برنامه‌ریزی تشکیل می‌شود و دانشجو طی جلسه‌ای در حضور اعضای این هیات از کار خود دفاع می‌کند . از نتایج کار تحقیقاتی دانشجو در رساله دکتری برای خویش باید حداقل یک مقاله توسط یکی از مجلات بین المللی مورد تایید وزارت فرهنگ و آموزش عالی جهت انتشار پذیرفته شده باشد.

۳- نحوه آزمون ورودی

آزمون ورودی دوره دکترای فیزیک از دروس پایه دوره کارشناسی ارشد فیزیک در زمینه‌های مکانیک کوانتومی، الکترواستاتیک و مکانیک آماری بعمل می‌آید. این امتحان تخصصی بصورت کتبی برگزار می‌شود و در صورت تشخیص کمیته تحصیلات تکمیلی گروه یا دانشکده فیزیک با امتحان شفاهی و مصاحبه تکمیل می‌شود. کلیه دارندگان دانشنامه کارشناسی ارشد در رشته‌های علوم پایه و فنی و مهندسی می‌توانند در این آزمون شرکت نمایند.

تبصره ۱ - دانشجویان نیمسال آخر کارشناسی ارشد در رشته‌های مذکور می‌توانند در آزمون ورودی شرکت کنند، لیکن ثبت نام آنها منوط به ارائه دانشنامه کارشناسی ارشد است.

تذکر مهم: در دوران تحصیل دوره دکترای فیزیک، دانشجو موظف به رعایت کلیه آیین نامه هـ و مقررات دوره دکترای وزارت فرهنگ و آموزش عالی است.



فصل دوم

برنامه و سرفصل دروس

الف - دروس پیش نیاز دوره

دروسی که دانشجو قبل از ورود به دوره دکترا باید آنها را گذرانده باشد و یا به تشخیص کمیته تحمیلات تکمیلی گروه یا دانشکده فیزیک به آنها مسلط باشد در جدول شماره ۱ آمده است .

ب - دروس دوره دکترای فیزیک

فهرست دروس دوره دکترای فیزیک در جدول شماره ۲ آمده است . در صورتی که گروههای مجری دوره - دکترای فیزیک مایل باشند دروسی به این فهرست اضافه کنند باید مشخصات آنها را به کمیته فیزیک شورایعالی برنامه ریزی ارسال نمایند . این دروس پس از تایید کمیته مزبور به جدول شماره ۲ اضافه خواهد شد .



جدول ۱ - دروس پیش نیاز دوره دکترا

پیش‌نیاز یا همزمان	ساعت			تعداد واحد	نام درس	کد درس
	عملی	نظری	جمع			
-	-	۵۱	۵۱	۳	مکانیک کوانتومی پیشرفته ۱	۰۱
۰۱	-	۵۱	۵۱	۳	مکانیک کوانتومی پیشرفته ۲	۰۲
-	-	۵۱	۵۱	۲	مکانیک آماری پیشرفته ۱	۰۳





جدول ۲- دروس دوره دکترا

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت		پیش نیاز یا همزمان
			جمع نظری	عملی	
۱۱	مباحث پیشرفته در نظریه گروهها	۳	۵۱	۵۱	-
۱۲	هندسه - توپولوژی ۱	۳	۵۱	۵۱	-
۱۳	هندسه - توپولوژی ۲	۳	۵۱	۵۱	۱۲
۱۴	مباحث ویژه در ریاضی- فیزیک	۳	۵۱	۵۱	-
۱۵	مکانیک کوانتومی نسبیتی	۳	۵۱	۵۱	-
۱۶	نظریه میدانهای کوانتومی ۱	۳	۵۱	۵۱	-
۱۷	نظریه میدانهای کوانتومی ۲	۳	۵۱	۵۱	۱۶
۱۸	فیزیک پدیدههای بحرانی	۳	۵۱	۵۱	-
۱۹	مکانیک آماری ۲	۳	۵۱	۵۱	۵۳
۲۰	ذرات بنیادی پیشرفته ۱	۳	۵۱	۵۱	۱۶
۲۱	ذرات بنیادی پیشرفته ۲	۳	۵۱	۵۱	۲۰
۲۲	مباحث ویژه در ذرات بنیادی	۳	۵۱	۵۱	-
۲۳	مبانی نظری مکانیک کوانتومی	۳	۵۱	۵۱	-
۲۴	مبانی فلسفی مکانیک کوانتومی	۳	۵۱	۵۱	-
۲۵	مباحث ویژه در فیزیک	۳	۵۱	۵۱	-
۲۶	اختر فیزیک پیشرفته ۱	۳	۵۱	۵۱	-
۲۷	اختر فیزیک پیشرفته ۲	۳	۵۱	۵۱	۲۶
۲۸	نسبیت عام ۱	۳	۵۱	۵۱	-
۲۹	نسبیت عام ۲	۳	۵۱	۵۱	۲۸
۳۰	کیهانشناسی ۱	۳	۵۱	۵۱	-
۳۱	کیهانشناسی ۲	۳	۵۱	۵۱	۳۰
۳۲	فیزیک ماده چگال ۱	۳	۵۱	۵۱	-
۳۳	فیزیک ماده چگال ۲	۳	۵۱	۵۱	۳۲
۳۴	فیزیک دستگاههای چند ذره‌ای ۱	۳	۵۱	۵۱	-
۳۵	فیزیک دستگاههای چند ذره‌ای ۲	۳	۵۱	۵۱	۳۴

ادامه جدول ۲

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت		
			جمع	نظری	عملی
۳۶	مباحث پیشرفته در ابررسانایی و ابر شارگی	۳	۵۱	۵۱	-
۳۷	مباحث پیشرفته در مغناطیس	۳	۵۱	۵۱	-
۳۸	فیزیک بلورهای مایع	۳	۵۱	۵۱	-
۳۹	مباحث پیشرفته در فیزیک هسته‌ای	۳	۵۱	۵۱	-
۴۰	مباحث پیشرفته در فیزیک هسته‌ای	۳	۵۱	۵۱	۳۹



فصل سوم

سرفصل دروس و منابع



دروس تخصصی دوره دکترای فیزیک

مکانیک آماری ۲ (پیشنیاز : مکانیک آماری ۱)

مقدمه‌ای بر پدیده‌های بحرانی و گذارهای فاز ، گروه باز بهنجارش ، مدل آیزینگ و تعمیم‌های آن ، گازها و مایعات متراکم ، مقدمه‌ای بر مایعات کوانتومی ، بسط خوشه‌ای (Cluster Expansion) ، کاربردهای نظریه میدان در مکانیک آماری - روش‌های مونت کارلو



هندسه - توپولوژی ۱

- ۱- مروری بر مفاهیم اساسی شامل گروه ، حلقه ، مدول ، جبر ، فضای برداری ، کاتگوری .
- ۲- توپولوژی : شامل تعاریف مقدماتی ، همگرایی ، همبندی ، فشردگی ، فضای متریک ، فضاهای باناخ و هیلبرت ، گروه‌های اساسی ، هموتوبی .
- ۳- حساب دیفرانسیل در فضای باناخ شامل : مبانی حساب دیفرانسیل ، حساب تغییرات ، فضاهای تابع ضمنی و تابع وارون ، معادلات دیفرانسیل .
- ۴- مانیفولدهای دیفرانسیل پذیر با بعد با پایان شامل : کاتگوری مانیفولدهای هموار ، نگاشت‌های هموار ، میدان‌های برداری ، تانسورها ، کلاف‌های بار (Fibre bundles) ، کلاف مماس و کلاف دوآل آن ، (Tangent bundle & its dual) ، فضاهای کلاف اصلی ، میدانهای تانسوری و فرمهای دیفرانسیل ، مشتق لی و دیفرانسیل گیری خارجی ، گروههای تبدیلات موضعی ، زیر مانیفولدهای انتگرال ، قضیه فروبینیوس ، گروه‌های لی ، جبر لی ، نگاشت \exp ، نمایش گروه و جبر لی ، فرمول مورر-کارتان .
- ۵- انتگرال گیری روی مانیفولدها شامل : جهت پذیری ، انتگرال گیری از n - فرمی ها در فضای R^n ، افزار واحدو خواص انتگرال ، قضیه استوکس ، همولوژی و کوهمولوژی مانیفولدها ، اعداد بتسی ، لم پوانکاره ، قضیه درام و قضیه دو آلیته پوانکاره ، مشخصه اوبلر - پوانکاره .
- ۶- ساختارهای سمپلکتیک و سیستم‌های هامیلتونی در بعد با پایان

هندسه - توپولوژی ۲ (پیشنیاز : هندسه - توپولوژی ۱)

۱- مانیفلدهای ریمانی و کیلری شامل : تعاریف اساسی ، التماق های خطی ، مشتق همورد ، فرم های التماق ، تاب و انحناء ، التماق ریمانی ، فرم اساسی نوع دوم ، اپراتورهای دیفرانسیل ، دیورژانس و لاپلاسیان ، ژئودزیک ها ، طول قوس ، معادلات اویلر ، انتگرال انرژی ، نگاشت ، مختصات نرمال ، ژئودزیک های فضاها ریمانی خاص ، مانیفلدهای تقریبا " مختلط و مانیفلدهای کیلری .

۲- التماق ها در فضاها کلاف اصلی شامل : یک فرمهای التماق ، قضایای وجودی ، مشتق همورد ، کلاف های وابسته ، انتقال موازی ، انحناء ، اتحادهای بیانکی (Bianchi) ، التماق های خطی ، گروه هولونومی ، تقلیل ، کلاس های مشخصه ، قضیه گاوس - بونه و اعداد چرن ، قضیه شاخص اتیا - سینگر .

۳- مانیفلدهایی با بعد بی پایان شامل : تعاریف و خواص بنیادی ، نگاشت های دیفرانسیل پذیر ، بردارهای مماس ، میدان های برداری و میدان های تانسوری ، زیرمانیفلدها ، ایمرسیون ، ایمبدینگ ، سابمرسیون ، شار میدان برداری ، فرم های دیفرانسیل .

۴- ساختارهای سمپلکتیک و سیستم های هامیلتونی بینهایت بعدی شامل : فرمهای سمپلکتیک کانونی ، تبدیلات سمپلکتیک ، میدان های برداری هامیلتونی ، مانیفلدهای ریمانی بینهایت بعدی .

۵- تئوری درجه شامل : تعریف درجه و درجه موضعی در حالت مانیفلدهای با پایان ، خواص و کاربردهای آن .

۶- تعاریف و قضایای اساسی درباره نظریه مدرس .



مباحث پیشرفته در ریاضی - فیزیک

مباحث ویژه در ریاضی فیزیک به انتخاب مدرس .

مباحث ویژه در نظریه میدان

توابع مولد گرافهای فاینمن - کنش موثر - باز بهنجارش نظریه یانگ - میلز ، گروه باز بهنجارش و رفتار مجانبی ، نظریه میدان در دمای غیر صفر ، یا مباحث دیگر به انتخاب مدرس .

مباحث پیشرفته در نظریه گروه ها

گروه های با پایان ، نمایش گروه های با پایان ، گروه های لی ، جبر لی ، جبرای نیمه ساده ، ریشه ها ، وزنه ها ، ضرب نمایش ها ، جبرهای آفین و نمایش های آن ، مشخصه جبرهای آفین ، گروه های کوانتومی .

ذرات بنیادی پیشرفته ۱ و ۲

تقارن های ذرات بنیادی ، تقارن های هندسی و تقارن های C و P و T و کاربردها و نقش آنها ، قضیه CPT ، تقارن های داخلی $SU(2)$ و $SU(3)$ ، مدل کوآرک و طعم و رنگ ، تقارن های پیمانه ای ، شکست خودبخود تقارن ، مدل استاندارد برای اندرکنش های ضعیف و الکترومغناطیسی ، دینامیک رنگی کوانتومی (QCD) و کاربردهای آن در توضیح پراکندگی ها و واپاشی ها ، نظریه وحدت بزرگ در چهارچوب تقارن های پیمانه ای ، ابرتقارن ، مساله تک قطبی های مغناطیسی و موجودات توپولوژیک .



نظریه میدانهای کوانتومی ۱ و ۲

کوانتومی کردن میدان های اسکالر ، الکترومغناطیسی ، دیراک و برداری باجرم غیر صفر ، ارزش های انتظاری در خلاء و پروپاگیتورها ، اندرکنش های میدان کوانتومی ، ماتریس S و مقطع موثر برخورد ، فرمالیزم اندرکنشی دیراک (یا فرمالیزم LSZ) ، دیاگرامهای فاینمن و نمونه هایی از اندرکنش های میدان های کوانتومی ، توابع گرین ، نمونه هایی از اندرکنش های میدان های کوانتومی ، رینورمالیزاسیون ،

الکترو دینامیک کوانتومی (QED) ، اثر کامپتون ، نابودی جفت ، تصحیحات تابشی ، مساله مادن قرمز ، کوانتومی کردن با استفاده از روش انتگرال مسیری ، سیستم های مقید ، میدانهای غیر آبلی پیمانه ای ، مدل واینبرگ - سلام ، میدانهای کوانتومی رنگی ، رینورمالیزاسیون و گسسته رینورمالیزاسیون ، ناهنجاریها ، میدان های پیمانه ای جرم دار ، شکست خودبخود تقارن و مکانیزم هیگز .



فیزیک ماده چگال ۱ و ۲

دستگاه بس ذره ای الکترونها و پروتونها ، دستگاه مولکولهای هیدروژن ، حالت فلزی جامد هیدروژن ، فلزات معمولی ، مایع فرمی الکترونی ، هدایت الکتریکی و گرمایی فلزات ، فرایندهای پراکندگی در فلزات ، فلزات در حضور میدان مغناطیسی ، تراوایی مغناطیسی و اثر دی هاس ون آلفن ، آشسار کوانتومی در هدایت الکتریکی ، جذب صوت در فلزات ، روش های محاسبه طیف الکترونی در فلزات ، روش شبه پتانسیل ، غیر فلزات ، بلورهای مولکولی ، خواص مغناطیسی جامدات ، مکانیسم پلاریزاسیون اسپینی ، خواص مغناطیسی آلیاژهای رقیق ، تقارن شکسته ، ابرشارها ، پیوستگی آدیاباتیک و بازهنجارش ، جامدات کوانتومی ، جامدات غیر هارمونیک ، گروه بازهنجارش ، نتایج دقیق در مسئله کاندو ، گذارهای فازی در دستگاههای دو بعدی ، جایگزیدگی ، نظریه نرده ای برای جایگزیدگی ، اثر کوانتومی هال ، نظریه لقلین برای مایع تراکم ناپذیر کوانتومی ، ابررسانائی ، نظریه BCS ، ابررساناهای گرم .

فیزیک دستگاههای چند ذره ای (۱)

کوانتنتش دوم ، توابع گرین در دمای صفر ، قضیه دیک ، نمودارهای فاینمن ، نظریه واکنش خطی ، توابع گرین در دماهای غیر صفر ، توابع گرین ماتسوبا را ، فرمول کوبو برای هدایت الکتریکی ، تبدیلیهای کانونیک ، قطری کردن هامیلتونی های مربعی ، الگوهای دقیقاً " حل شدنی ، الگوی بوزونهای مستقل ، الگوی تومونوگا .

فیزیک دستگاه‌های چند ذره‌ای (۲)

گاز الکترونی ، انرژی تبادلی و همبستگی ، حد چگالیهای زیاد ، شبکه دیگتر ، فرمولبندی توابع
دی الکترونیک ، روش STLS ، قواعد جمع ، برانگیختگیهای تکی ، چند تایی و جمعی ، نوسانات
پلازما ، نظریه تابعی چگالی ، الگوی هابارد ، مایع هلیوم ، خواص حالت پایه و طیف برانگیختگیهای
هلیوم^۴ ، مایع هلیوم^۳ ، نظریه لاندائو درباره مایعات فرمی ، ابرشاره هلیوم^۳ ، توابع موج
هسته بوزونی و توابع موج هسته فرمیونی ، روشهای استاکستیک ، روش مونته کارلو ، مقایسه تکنیکهای
چند ذره‌ای .



نظریه ابررسانائی و ابرشارگی

نظریه BCS (حالت زمینه ، خواص ترمودینامیکی و الکترو دینامیکی ابررساناها) ، روش میدان
خودسازگار ، معادلات بوگولیووف ، معادلات پدیده شناختی لاندائو-گینزبرگ ، تحلیل میکروسکوپی
معادلات لاندائو-گینزبرگ ، ابررسانائی گرم (بررسی خواص تجربی و نظری از نقطه نظر فیزیکی
پدیده شناختی و میکروسکوپی) ، ابرشارگی هلیوم^۳ و^۴ .

مباحث پیشرفته در مغناطیس

پذیرفتاری مغناطیسی ، نظریه افت و خیز ، اتلاف ، هامیلتونی مغناطیسی ، پذیرفتاری ایستائسی
دستگاههای بدون اندرکنش و با اندرکنش ، پذیرفتاری دینامیکی دستگاههای با اندرکنش ضعیف
و اندرکنش قوی ، ناخالصیهای مغناطیسی ، اثر کندو (Kondo) ، برهم کنش RKKY ،
شیشه‌های اسپینی (Spin Glasses) .

فیزیک بلورهای مایع

شاره های ناهمسانگرد (Anisotropic) ، نظم گسترده بلند و کوتاه در نماتیک ها ،

وایچش (distorsion) استاتیکی در تک بلورنماتیک ، نقایس و بافتها در نماتیک ها ،
خواص دینامیکی نماتیک ها ، کلستریک ها (Cholesterics) ، اسمکتیکها .



مبانی نظری مکانیک کوانتومی

مروری بر فرمالیزم ریاضی مکانیک کوانتومی ، فرمالیزم ماتریس چگالی ، آزمایش EPR ، جدایش
ناپذیری کوانتومی ، متغیرهای نهائی ، قضیه فون نویمان ، مساله پس بینی (Retrodiction)
تئوریهای اندازه گیری ، غیر موضعی و نامساویهای بل ، پارادوکس کوشن - اسپکر ، منطق کوانتومی .

مبانی فلسفی مکانیک کوانتومی

تعابیر نیمه کلاسیک ، روابط عدم قطعیت ، مکلیت ، مناقشات بور - اینشتین ، استدلال EPR و نتایج
فلسفی آن ، متغیرهای نهائی و اشکالات آنها ، کارهای بل ، منطق کوانتومی ، تعابیر آماری مکانیک
کوانتومی ، مساله اندازه گیری .

نسبیت عام ۱ و ۲

مبانی فیزیکی ، مبانی ریاضی (آنالیز تانسوری ، هندسه دیفرانسیل ، هندسه ریمانی) ، نظریه گرانش
اینشتین ، متریک شوارتس شیلد و گسترش کروسکالی آن ، متریک کر ، آزمونهای تجربی نظریه نسبیت
عام ، تقریب فرانیهوتونی ، کیهانشناسی نسبیت عامی ، ساختار ستاره ها و فروریختگی ، گرانشی ،
سیاهچاله ها و تکنیهای نسبیت عامی ، فرمولبندی میدانهای کلاسیک در فضای ریمانی ، گرانش
و نظریه میدانها ، گرانش در ابعاد کمتر از ۴ ، پیشرفتهای اخیر .

کیهان شناسی ۱ و ۲

کیهانشناسی رصدی ، کهکشانها و انواع آنها ، چشمه های رادیوئی و کوازارها ، مجموعه ها و ابر

مجموعه‌های کهکشانی، اصل کیهانشناختی، متریک-رابرتسون، واکر، اندازه‌گیری فواصل جهان‌سی، قانون هابل، ناهمسانگردی جریان هابلی، توزیع ماده در فواصل نزدیک، شمارش کهکشانها و کوازارها، ساخت بزرگ مقیاس جهان.

نسبیت عام و کیهانشناسی، معادلات میدان نسبت عام در کیهانشناسی، مدل‌های کیهانشناسی و مدل‌های کیهانشناسی با جمله Λ ، مدل‌های فریدمانی، مدل استاندارد و مشکلات بنیادی آن، نظریه حالت پایدار، فرضیه اعداد بزرگ، تکوین کهکشانها، جرم جینز در جهان در حال انبساط، رشد ساختارها در دوران پس از ترکیب، نظریه های جدید تکوین کهکشانها، بقایای انفجار بزرگ، جهان آغازین و ترمودینامیک آن، نوترینوهای اولیه، نسبت تعداد نوترونها به پروتونها، سنتز هلیوم و هسته های دیگر، اشعه زمینی کیهانی، کیهانشناسی و ذرات بنیادی، نظریه های وحدت بزرگ و اهمیت آنها در کیهانشناسی، مدل تورمی جهان آغازین و حل مشکلات بنیادی مدل استاندارد، افق و خیز چگالی در جهان تورمی و مساله ساخت بزرگ-مقیاس عالم، تحولات جدید.



اختر فیزیک پیشرفته ۱ و ۲

۱- مبانی مشاهده‌ای: جمعیت های ستاره‌ای، فاصله ستارگان، نمودار HR

۲- فیزیک درون ستارگان:

- کدورت (Opacity) و انتقال حرارت

- تعادل هیدروستاتیک

- تولید انرژی هسته‌ای (جوش هسته‌ای)

۳- جو ستارگان

۴- پلی تروپ ها و مدل‌های همولوگ

د تحول ستارگان:

- دوران پیش-رشته اصلی (Pre-Main Sequence)

- رشته اصلی

- شاخه گولها

- شاخه افقی

۶- اختر فیزیک نوترینوئی

۷- تحول ستارگان در سیستم های دوتائی

- مدل روشن

- سیستم های منفصل ، نیمه منفصل ، متصل

- دوتائی های کسوفی و طیفی



مباحث پیشرفته در فیزیک هسته‌ای ۱

خواص عمومی هسته ها : هسته ها و حالات هسته‌ای ؛ اندازه هسته ؛ شکل هسته ؛ انرژی پیوندی هسته ؛

حالات ایزو بار و آثار کولنی ؛ اسلوب های واپاشی هسته‌ای .

حرکت مستقل ذرات : گاز فرمی بدون اندرکنش ؛ چاههای پتانسیل با تقارن کروی ؛ چاههای پتانسیل

برای ذرات با اسپین $\frac{1}{2}$ ؛ شواهد برای ساختار لایه‌ای هسته ؛ مدل لایه‌ای با کوپلاژ ز ر ؛ پتانسیل

اپتیکی ؛ مدل نیلسون (چاه پتانسیل اصلاح شده) .

زوجهای نوکلئونی مستقل : حالات دوکلئونی ضد متقارن ؛ گاز فرمی اندرکنش دار ؛ اندرکنش دلتسای

اصلاح شده ؛ تئوری هارتری-فاک برای هسته‌های متناهی ؛ هارتری-فاک و پتانسیلهای باز آرایشی ؛

مدل لایه‌ای و جفت شدگی : جفت شدگی و نیروی جفت شدگی ؛ لایه‌های بسته و تحریک ذره - حفره .

مدلی های مجموعه‌ای : تغییر شکل ؛ فرقه متقارن ؛ ارتعاشات ؛ هسته‌های بیضوی ؛ کوپلاژ بیسن

اسلوب های مجموعه‌ای .

مباحث پیشرفته در فیزیک هسته‌ای ۲

مبانی واکنشهای هسته‌ای : واکنش ها ؛ کانال های الاستیک (دامنه پراکندگی ، فرمول برایت - ویگنر) ،
رزناس ؛ رفتار آستانه‌ای واکنش ها ؛ توصیف کانالهای جفت شده (ماتریس S) ؛ مسئله پراکندگی
دو کانالی (واکنش مبادله بار) .

مکانیسم واکنش ساده : تقریب ها در انرژی های بالا ؛ تقریب چند پراشی گلوبر ؛ تصویر شمائی مکانیسم
واکنش های هسته‌ای ؛ واکنش های مستقیم ؛ رزناس ؛ هسته مرکب .

اندركنش الكترو مغناطیسی : بسط های چند قطبی ؛ کوانتیزاسیون تابش الكترو مغناطیسی ؛ احتمالات
تابش گاما ، وضعیت تجربی ؛ واکنشهای هسته‌ای فوتونی ؛ سایر فرایندهای الكترو مغناطیسی
و اندازه گیری ها .

مکانیک کوانتومی نسبیتی

معادله موج نسبیتی برای ذره با اسپین صفر ؛ معادله موج برای ذره با اسپین $\frac{1}{2}$ ؛ خواص اسپینورهای
دیراک ؛ ذرات دیراکی در میدان خارجی ؛ نظریه حفره ؛ معادله ویل (Weyl) ؛ معادلات موج برای
ذرات با اسپین اختیاری ؛ پایائی لورنتسی و اصول تقارن نسبیتی .

فیزیک پدیده‌های بحرانی

مروری بر ترمودینامیک ؛ گذار فاز در ترمودینامیک ؛ انواع گذار فاز و نقاط بحرانی در ترمودینامیک ،
مروری بر مکانیک آماری ؛ گذار فاز و نقاط بحرانی در مکانیک آماری ؛ تئوری لاندائو - گینزبورگ ؛ تغییر
مقیاس و گروه باز بهنجارش ؛ حل اختلالی سیستم ها در نقطه بحرانی به روش بسط ϵ ؛ سیستم‌های
نمونه .

