



  
جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس

**دوره دکتری فیزیک ذرات**

گروه علوم پایه

مصوب چهارصد و هشتاد و یکمین جلسه شورای گسترش آموزش عالی

مورخ ۱۳۸۲/۲/۲۷

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



برنامه آموزشی دوره دکتری فیزیک ذرات

کمیته تخصصی:

گرایش:

کد رشته:

گروه: علوم پایه

رشته: فیزیک ذرات

دوره: دکتری

شورای گسترش آموزش عالی در چهارصد و هشتاد و یکمین جلسه مورخ ۱۳۸۲/۲/۲۷ براساس طرح دوره دکتری رشته فیزیک ذرات که توسط گروه علوم پایه تهیه شده و به تأیید رسیده است، برنامه آموزشی این دوره را در سه فصل (مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس) به شرح پیوست تصویب کرده و مقرر می‌دارد:

ماده (۱) برنامه آموزشی دوره دکتری فیزیک ذرات از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند، لازم‌الاجرا است.  
الف: دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت علوم، تحقیقات و فناوری اداره می‌شوند.

ب: مؤسساتی که با اجازه رسمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و براساس قوانین تأسیس می‌شوند و بنا بر این تابع مصوبات شورای گسترش آموزش عالی می‌باشند.  
ج: مؤسسات آموزش عالی دیگر که مطابق قوانین خاص تشکیل می‌شوند و باید تابع ضوابط دانشگاهی جمهوری اسلامی ایران باشند.

ماده (۲) این برنامه از تاریخ ۱۳۸۲/۲/۲۷ برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می‌شوند لازم‌الاجرا است.

ماده (۳) مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس دوره دکتری فیزیک ذرات در سه فصل مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس برای اجرا به معاونت آموزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ابلاغ می‌شود.

رأی صادره چهارصد و هشتاد و یکمین جلسه شورای گسترش آموزش عالی  
مورخ ۱۳۸۲/۲/۲۷  
در خصوص برنامه آموزشی دکتری فیزیک ذرات

- (۱) برنامه آموزشی دوره دکتری فیزیک ذرات که از طرف گروه علوم پایه پیشنهاد شده بود، با اکثریت آراء به تصویب رسید.  
(۲) این برنامه از تاریخ تصویب قابل اجرا است.

رأی صادره چهارصد و هشتاد و یکمین جلسه شورای گسترش آموزش عالی  
مورخ ۱۳۸۲/۲/۲۷ در مورد برنامه آموزشی دوره دکتری فیزیک ذرات صحیح  
است و به مورد اجرا گذاشته شود.

دکتر مصطفی معین  
وزیر علوم، تحقیقات و فناوری



رونوشت: به معاونت محترم آموزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
خواهشمند است به واحدهای مجری ابلاغ فرمائید.

دکتر حسن خالقی  
دبیر شورای گسترش آموزش عالی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## فصل اول

مشخصات کلی دوره دکترای فیزیک ذرات

### مقدمه

توازن در توانایی های علمی کشور امری است که بدون آن، قدرت علمی ما نمی تواند به مرحله پویایی و زایش جدی به معنای مشارکت در علم جهانی برسد .

در برخی از رشته های علمی عدم دستیابی به چنین پویایی و مشارکت در تولید علم اثرات دراز مدت سوء فرهنگی، صنعتی و مهمتر از آن استراتژیک خواهد داشت و می تواند به شدت جایگاه شایسته کشور را در جهان به خطر اندازد. چنین رشته هایی یا در میان رشته ها و فعالیت های متعارف علمی جای دارند و یا رشته های جدیدی هستند که به عنوان شاخه های جوان از رشته های متعارف جدا گردیده اند . کمبود هایی از هر دو نوع به شدت در کشور به چشم می خورد . از میان رشته های متعارف فیزیک رشته فیزیک ذرات به ویژه جنبه های تجربی و پدیده شناختی آن علیرغم نقش مهمی که در جهان دارد، در ایران مهجور مانده است و متخصصینی در این زمینه نداریم و فعالیتی شایسته صورت نمی گیرد .

از آنجایی که فیزیک ذرات با مرزهای شناخت ماده سر و کار دارد همواره برای دانشجویان برجسته کشور جذاب بوده است ، اما به دلیل زمینه ضعیف آن در ایران، علاقمندان علائق خود را در خارج از کشور دنبال کرده اند.

از سویی تقویت این زمینه و پرداختن به فیزیک ذرات تجربی تنها در چارچوب همکاری های بین المللی امکان پذیر است و از سوی دیگر همکاری با پروژه های علمی جهانی امکان به کارگیری روش های تکنولوژیک نوین را فراهم می سازد . معمولاً استفاده از روش های تکنولوژیک ابداعی در مراکز علمی جهانی با مشکلات قانونی روبرو نمی باشد و در نتیجه همکاری با آنها عامل مهمی در استقلال تکنولوژی خواهد بود و بالعکس عدم حضور ایران در پروژه های بین المللی موجب انزوای فرهنگی، علمی و حتی تکنولوژیک کشور است . با توجه به این موارد لزوم تربیت نیروی کار آمد انسانی که در سطحی جهانی بتواند در پروژه های بین المللی فیزیک ذرات و به تبع آن شتابدهنده ها شرکت جوید، اجتناب ناپذیر است . دوره آموزشی که پیشنهاد می شود به منظور تربیت چنین نیروی انسانی است .



## ۱- تعریف و هدف

دوره دکترای فیزیک ذرات بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی در این رشته است که به اعطای درجه دکترای فیزیک منتهی می شود. این دوره از مجموعه ای از فعالیت های 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 های نظری، آزمایشگاهی و پدیده شناسی احاطه یافته و با تسلطی که بر یک یا چند موضوع فیزیک ذرات پیدا می کند، می توانند در نو آوری و گسترش مرزهای این دانش در چارچوب فعالیتهای ملی و بین المللی و رفع نیازهای علمی جامعه نقش مهمی 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 می گردد. در این مرحله دانشجو باید حداقل ۱۲ واحد درسی از جدول شماره ۱ را با تصویب کمیته علمی\* ذیربط بگذراند . همچنین دانشجو باید در دوره دکترا هر نیمسال در سمینار هفتگی تخصصی به ارزش ۱ واحد آموزشی ثبت نام و شرکت نماید.

ب - مرحله پژوهشی : این مرحله بطور رسمی پس از قبولی دانشجو در امتحان جامع شروع می شود و با تدوین رساله دکترا و دفاع از آن پایان می پذیرد . امتحان جامع زیر نظر کمیته علمی دوره انجام می گیرد و مشتمل بر دانشی است که دانشجو به تشخیص کمیته علمی باید بر آن احاطه داشته باشد. 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 شورایعالی برنامه ریزی - تعیین می شوند، انجام می گیرد . فعالیتهای پژوهشی دانشجو (یا بخشی از آن) در این مرحله می تواند در چارچوب پروژه هایی باشد که در آزمایشگاههای بین المللی فیزیک ذرات مانند CERN و DESY انجام می گیرد . لذا دانشجو می تواند به اقتضای نوع پروژه خود و تشخیص استاد راهنما در این آزمایشگاهها، کار پژوهشی انجام دهد .

\* کمیته علمی از پنج نفر فیزیکدان معتبر به پیشنهاد رئیس پژوهشکده فیزیک و حکم ریاست پژوهشگاه تشکیل می شود.

## نحوه آزمون ورودی

آزمون ورودی دوره دکترای فیزیک ذرات از دروس پایه دوره کارشناسی ارشد فیزیک در زمینه های مکانیک کوانتومی، الکترودینامیک و مکانیک آماری بعمل می آید. این امتحان تخصصی بصورت کتبی برگزار می شود و در صورت تشخیص کمیته علمی دوره با امتحان شفاهی و مصاحبه تکمیل می شود. پذیرش نهایی با رای کمیته علمی است. کلیه دارندگان دانشنامه کارشناسی ارشد در کلیه رشته های علوم و فنی و مهندسی می توانند در این آزمون شرکت نمایند.



## فصل دوم

### برنامه و سر فصل دروس

فهرست دروس دوره دکترای فیزیک ذرات در جدول شماره ۱ آمده است. در صورتی که گروههای مجری پروژه دکترای فیزیک ذرات مایل باشند دروسی به این فهرست اضافه کنند باید مشخصات آنها را به کمیته فیزیک شورابعالی برنامه ریزی ارسال نمایند.



جدول ۱- دروس دوره دکترای فیزیک ذرات و شتابگرها

کد درس	نام درس	تعداد		ساعت
		واحد	جمع	
۱۱	نظریه میدانهای کوانتومی ۱	۴	۶۴	۶۴
۱۲	نظریه میدانهای کوانتومی ۲	۴	۶۴	۶۴
۱۳	ذرات بنیادی پیشرفته ۱	۴	۶۴	۶۴
۱۴	ذرات بنیادی پیشرفته ۲	۴	۶۴	۶۴
۱۵	مباحث ویژه در ذرات بنیادی	۴	۶۴	۶۴
۱۶	نسبیت عام ۱	۴	۶۴	۶۴
۱۷	نسبیت عام ۲	۴	۶۴	۶۴
۱۸	کیهانشناسی ۱	۴	۶۴	۶۴
۱۹	کیهانشناسی ۲	۴	۶۴	۶۴
۲۰	پدیده شناسی مدل استاندارد و مدلهای وراثتی آن	۴	۶۴	۶۴
۲۱	فیزیک هسته ای انرژی های بالا	۴	۶۴	۶۴
۲۲	ابر تقارن	۴	۶۴	۶۴
۲۳	فیزیک آشکار سازها	۴	۶۴	۶۴
۲۴	اپتیک الکترو مغناطیسی	۴	۶۴	۶۴
۲۵	فیزیک شتابگرها مقدماتی	۴	۶۴	۶۴
۲۶	تولید امواج با فرکانسهای رادیویی (RF) و تقویت آن	۴	۶۴	۶۴
۲۷	فیزیک شتابگرهای پیشرفته ۱	۴	۶۴	۶۴
۲۸	فیزیک شتابگرهای پیشرفته ۲	۴	۶۴	۶۴





نظریه میدانهای کوانتومی ۱ و ۲

تعداد واحد هریک : ۴

نوع واحد: نظری

کوانتومی کردن میدان های اسکالر، الکترومغناطیسی، دیراک و برداری با جرم غیر صفر، ارزش های انتظاری در خلاء و انتشارگرها، اندرکنش های میدان کوانتومی، ماتریس  $S$  و مقطع موثر برخورد، فرمالیزم اندرکنشی دیراک ( یا فرمالیزم LSZ )، دیاگرامهای فاینمن و نمونه هایی از اندرکنشهای میدان های کوانتومی، توابع گرین، نمونه هایی از اندرکنش های میدان های کوانتومی، رینورمالیزاسیون، الکترودینامیک کوانتومی (QED)، اثر کامپتون، نابودی جفت، تصحیحات تابشی، مساله مادون 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 گروه رینورمالیزاسیون، نابهنجاریها، میدان های پیمانه ای جرم دار ، شکست خودبخود تقارن و مکانیزم هیگز .



کدهای ۱۳ و ۱۴

## ذرات بنیادی پیشرفته ۱ و ۲

تعداد واحد هر یک : ۴

نوع واحد : نظری

تقارن های ذرات بنیادی، تقارن های هندسی و تقارن های  $C$  و  $P$  و  $T$  و کاربردها و نقض آنها، قضیه  $CPT$ ، تقارن 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 چهار چوب تقارن های پیمانه ای ابرتقارن، مساله تک قطبی های مغناطیسی و موجودات توپولوژیک.

کد ۱۵



### مباحث ویژه در ذرات بنیادی

تعداد واحد: ۴

نوع واحد: نظری

به انتخاب استاد مطالبی از مسائل مطرح روز

کدهای ۱۶ و ۱۷



## نسبیت عام ۱ و ۲

تعداد واحد هر یک: ۴

نوع واحد: نظری

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 فراینوتونی. کیهانشناسی نسبیت عامی، ساختار ستاره ها و فروریختگی گرانشی، سیاهچاله ها و تکینه های نسبیت عامی، فرمولبندی میدان های کلاسیک در فضای ریمانی، گرانش و نظریه میدانها، پیشرفتهای اخیر.



### کیهان شناسی ۱ و ۲

تعداد واحد هر یک: ۴

نوع واحد: نظری

کیهانشناسی رصدی، کهکشانیها و انواع آنها، چشمه های رادیویی و کوازارها، مجموعه ها و ابر مجموعه های کهکشانی، اصل کیهانشناختی، متریک رابرتسون - واکر، اندازه گیری فواصل جهانی، قانون هابل، ناهمسانگردی جریان هابلی، توزیع ماده در فواصل نزدیک، شمارش کهکشانیها و کوازارها، ساخت بزرگ مقیاس جهان، نسبیت عام و کیهانشناسی، معادلات میدان نسبیت عام در کیهانشناسی، مدل های کیهانشناسی و مدل های کیهانشناسی با جمله  $\Lambda$ ، مدل های فریدمانی، مدل استاندارد و مشکلات بنیادی آن، نظریه حالت پایدار. فرضیه اعداد بزرگ، تکوین کهکشانیها، جرم جینز در جهان در حال انبساط، رشد ساختارها در دوران پس از ترکیب. نظریه های جدید تکوین کهکشانیها، بقایای انفجار بزرگ، جهان آغازین و ترمودینامیک آن، نوترینوهای اولیه، نسبت تعداد نوترینوها به پروتونها، سنتز هلیوم و هسته های دیگر، اشعه زمینی کیهاننی، کیهانشناسی و ذرات بنیادی، نظریه های وحدت بزرگ و اهمیت آن ها در کیهانشناسی، مدل تورمی جهان آغازین و حل مشکلات بنیادی مدل استاندارد، افت و خیز چگالی در جهان تورمی و مساله ساخت بزرگ - مقیاس عالم، تحولات جدید.

کد ۲۰



### پدیده شناسی مدل استاندارد

تعداد واحد: ۴

نوع واحد: نظری

پارامترهای مدل استاندارد و اندازه گیری آنها - عناصر ماتریس کوباپاشی ماسکاو و نحوه اندازه گیری آنها. تعیین دقیق پارامترهای مدل استاندارد. علائم هیگز و نحوه مشاهده آنها علائم نظریه های ابر متقارن و نحوه مشاهده آنها. استخراج پارامترها از داده های آزمایشگاهی



کد ۲۱

### فیزیک هسته ای انرژی های بالا

تعداد واحد: ۴

نوع واحد : نظری

ساختار کُرارکی نوکلئونها - آزمایشهای با مومفتوم جانبی بالا- اسپین نوکلئونها ماده هسته ای - پلاسهای کُرارک و گلئون - باریون های غیر عادی (Exotri) نظریهٔ راگونها تک دستی



کد ۲۲

### ابر تقارن

تعداد واحد: ۴

نوع واحد: نظری

نمایشهای جبر ابر تقارن - ابر میدانها (اسکالر و برداری) - برهم کنشهای ناوردای پیمانانه ای - شکست خودبخود تقارن - انتشارگر ابر تقارن - قواعد فاینمن برای ابر گرافها - Realization غیر خطی - فرمهای دیفرانسیلی در ابر فضا - پیچش و انحنا در ابر فضا - اتحادهای بیانکی - تبدیلات ابر پیمانانه ای - چند تایی ابر گرانش - ابر میدانهای کایرال و برداری در فضای خمیده - پدیده شناسی مدل استاندارد ابر متقارن.





## آشکار سازهای ذرات

تعداد واحد: ۴

نوع واحد: نظری

مقدمه، اهداف آشکارسازهای ذرات، اثرات متقابل ذره باردار و ماده، اثرات کوهرننت در ذرات باردار، اثرات متقابل الکترونو ذره با ماده ، کالریمتری الکترومغناطیسی، اسپکترومتر افتراق طول موج، اسپکترومتر افتراق انرژی ، آمار و محاسبات، تحلیل داده ها ، بررسی داده های تحلیلی.

---

Recommended Books:

K. Kleinknecht, Detectors for particale Radiaion, C. U. P. 1990

R.K. Book & A. Vasilescu, The particle Detector Brief book, Springer 1998



## اپتیک الکترومغناطیسی

تعداد واحد: ۴

نوع واحد: نظری

ذرات باردار در میدان های الکترومغناطیسی ، هدایت کننده و متمرکز کننده باریکه، معادلات حرکت ذرات باردار و حل آن، اجزای تشکیل دهنده خطوط حامل (Transfer Lines) ، دینامیک خطی باریکه سیستم های خطی حامل باریکه، فرمول بندی ماتریسی برای دینامیک خطی باریکه، متمرکز کننده در دو قطبی ها ، فضای فاز و باریکه های ذرات ، تابع بتاترون، سیستم های پراکنده کننده، سیستم های متمرکزکننده تناوبی ، ساختار FODO، حرکت بتاترون در ساختارهای تناوبی ، دینامیک باریکه در ساختارهای تناوبی بسته ، تابع پراکندگی تناوبی، ساختار تناوبی در شتابدهنده های حلقه ای اغتشاش در دینامیک باریکه، دو قطبی ها ، چهار قطبی ها، تئوری تشدید، اثرات کروماتیکی در شتابدهنده های حلقه ای .

---

### References:

Helmut Wiedemann, Particle Accelerator Physics, Basic Principle and Beam Dynamics p-75 to p- 262



کد ۲۵

## فیزیک شتابگرها مقدماتی

تعداد واحد: ۴

نوع واحد: نظری

یاد آوری مقدماتی از اثر میدان الکتریکی و مغناطیسی بر ذرات، دینامیک حرکت تک ذره در میدان و پتیک الکترومغناطیسی ذرات، شتابگر الکترواستاتیک، شتابگر القایی خطی، بتاترون، کاواک تشدید گروه موجبر، دینامیک فاز، شتابگر خطی فرکانس رادیویی، سیکلو ترون و سینکروترون، مختصری درباره کاربردهای شتابگرها.

- 1) Principles of Charged Particle Acceleration, Stanley Humphries, jr. John Wiley and Sons 1999.
- 2) Accelerator Physics, S. Y. Lee World Scientific Publishing 1999.

تولید امواج در فرکانس های رادیویی (RF) و تقویت آن



تعداد واحد : ۴

نوع واحد : نظری

۱- مقدمه ای بر سیستم های RF و خطوط انتقال آن

- سیستم های RF در ارتباطات بدون سیم
- یادآوری معادلات ماکسول در خطوط انتقال
- انواع خطوط انتقال در RF
- بررسی خطوط انتقال واقعی
- آنالیز چارت اسمیت

۲- مقدمه ای بر آنالیز خطی RF

۳- تئوری و طراحی ترانسفورمر امپدانس

۴- تئوری و طراحی فیلتر پایین گذر RF

- تشدید کننده ها
- تلفات در فیلترها
- تنظیم فرکانس
- بررسی مایکرواستریپ در فیلتر پائین گذر

۵- بررسی ساختار کوپلینگ RF

- ساختار کوپلینگ
- دایرکشنال کوپلر
- طراحی فیلتر میان گذر کوپل

۶- تئوری و طراحی تقویت کننده RF

- تئوری فیزیکی تقویت کننده
- تکنیک های طراحی خطی برای تقویت کننده های RF
- پایداری در تقویت کننده ها
- خصوصیات غیر خطی در تقویت کننده ها
- طراحی تقویت کننده های توان بالا
- مدل خطی و غیر خطی برای تقویت کننده
- نویز در تقویت کننده



#### ۷- تئوری و طراحی نوسان ساز RF

- کلاس بندی نوسان سازها
- آنالیز وضعیت نوسان سازها
- تشدید کننده ها
- طراحی فیدبک و مقاومت منفی
- ۸- ساختار RF در شتابدهنده ها

---

#### References:

- 1- Microwave Engineering By David. M. Pozar  
John wiley & Sons, 2nd edition ( August 1997)
- 2- Design of RF and Microwave Amplifiers and Oscillators.  
Pieter. D. Abrie , Artech Honse, 2000

کدهای ۲۷ و ۲۸



فیزیک شتابگرها (پیشرفته ۱ و ۲)

تعداد واحد هر یک : ۴

نوع واحد: نظری

مقدمه ای بر فیزیک مقدماتی، مقدمه ای بر مکانیک هامیلتون، تشدید غیر خطی و تئوری اختلال، کو پلینگ بتاترون و اثرات آن بر روی تابش، کرو ماتسیتی و معادلات حرکت، شکاف دینامیکی (Dynamic aperture) ساختارهای باامپدانس پایین، دینامیک طولی باریکه های غیر بانچی، میرایی لاندای برای باریکه های غیر خطی، بار گذاری و Lnminosity، دینامیک باریکه - باریکه (Beam-Beam)، Beamstrahlung و اغتشاش، اثرات منفرد و جمعی touschek، مگنتهای سوپر هادی در شتابگرها، پلاریزاسیون باریکه های الکترون و پروتون، Ion Trapping and clearing، سرمایهش الکترون، متدهای پیشرفته برای بررسی حرکت و مسیر ذره