

٢٠٨٤٤٩٠

شاد

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مباحثی انتخابی در فیزیک مدرن

به کوشش

سعید نائیبه

و همکاری جمعی از محققان و دانشجویان

سرشناسه	: نائیه، سعید، ۱۳۶۳-، گردآورنده
عنوان و نام پدیدآور	: مباحثی انتخابی در فیزیک مدرن/ به کوشش سعید نائیه و همکاری جمعی از محققان و دانشجویان.
مشخصات نشر	: قم: آثار نفیس، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۲۴۵ ص.
شابک	: 978-600-796463-7
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: فیزیک
موضوع	: Physics
رده بندی کنگره	: Q۵۳۱/۲
رده بندی دیویی	: ۵۳۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۰۴۵۶۷۷



نام کتاب: مباحث انتخابی در فیزیک مدرن
 مترجم: سعید نائیه و همکاری جمعی از محققان و دانشجویان

چاپ اول: ۱۳۹۸

ناشر: انتشارات آثار نفیس

ISBN- 978-600-7964-63-7

شابک:

تیراژ: ۵۰۰ جلد

قیمت: ۴۰۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای مؤلف/ ناشر محفوظ می باشد.

- آدرس پستی: قم - انتشارات آثار نفیس - صندوق پستی ۳۷۱۶۵/۱۶۵
 - انتشارات: ۰۲۵۳۳۲۸۰۴۶۳۴ مدیر مسئول: ۰۹۱۲۵۵۲۴۰۰۷
- فروشگاه اینترنتی: www.Shopnafis114.ir - www.Shopnafis114.com

تقدیم به

**آنان که بی دریغ و چشم داشت در زندگی مرا
همراهی کردند و مورد لطف خود قرار دادند...**

پیشگفتار

توسعه علمی فیزیک مدرن که از ابتدای قرن بیستم متولد شد، مبنای فناوری‌های بسیاری شد که نام بردن از همه آنها ممکن نیست. مجموعه پیش رو، مباحثی انتخابی از فیزیک مدرن را شامل می‌شود که شامل گردآوری، ترجمه و تألیف است.

نظریه کوانتومی، یکی از دو نظریه مهم فیزیکی بود که در ابتدای قرن بیستم شکل گرفت. در فصل اول تاریخچه‌ای مختصر از مکانیک کوانتومی گردآوری شده است؛ از تولد آن توسط کارهای پلانک تا آنچه که تحت عنوان تعبیر کپنهاگی نامیده می‌شود. در فصل دوم به یکی از بحث‌برانگیزترین مباحث مطرح در مکانیک کوانتومی یعنی اصل عدم قطعیت در قالب آزمایش دوشکاف یانگ پرداخته می‌شود که به این منظور یکی از بخش‌های کتاب معلم بزرگ فیزیک، ریچارد فاینمن ترجمه شده است.

دستاوردهای مکانیک کوانتومی به رغم بحث‌های فکری فراوان، آنقدر زیاد است

که پرداختن به آن در یک مجموعه کوچک نمی‌گنجد، اما آنچه که امروزه بسیار حائز اهمیت شده است کاربرد مفاهیم مکانیک کوانتومی در بحث محاسبات رایانه‌ای است و طراحی آنچه که با عنوان رایانه‌های کوانتومی شناخته می‌شود. تحولات این حوزه تا آنجا پیش رفته است که به عنوان یک حوزه رقابتی بین شرکت‌های بزرگ رایانه‌ای با رویکرد اقتصادی و امنیتی مطرح می‌باشد. در فصل سوم به معرفی رایانه‌های کوانتومی پرداخته می‌شود و تفاوت‌های آن با رایانه‌های کلاسیک، مزایا و چالش‌های پیش روی آنها مورد مطالعه قرار می‌گیرد. هم‌چنین انواع رایانه‌های کوانتومی معرفی شده و آخرین دستاورد شرکت گوگل که مدعی رسیدن به برتری کوانتومی و نظرات پیرامون آن در سال ۲۰۱۹ میلادی است، بررسی خواهد شد.

تلاش دانشمندان در دو دهه اول قرن بیستم برای شناخت ساختار ماده، شکی در مدل هسته‌ای اتم باقی نگذاشت و نظریه مهم ارائه شده دیگر در ابتدای قرن بیستم یعنی نسبیت خاص و دستاورد مهم آن یعنی هم‌ارزی جرم-انرژی محققان را به این موضوع رهنمون کرد که محتوای انرژی بسیار زیادی در اتم و به خصوص در هسته آن وجود دارد. این محتوای انرژی هم می‌تواند برای مقاصد مفید (در قالب تولید انرژی) و هم مقاصد مضر (بمب اتمی) برای بشر به کار گرفته شود. در فصل چهارم، به بررسی اجمالی ساختار هسته و نیروی هسته‌ای و راکتورهای هسته‌ای و در فصل پنجم به معرفی راکتوری که در طبیعت فعال بوده است، پرداخته می‌شود. نگاهی به حادثه معروف چرنوبیل که در آن، هسته راکتور نیروگاه چرنوبیل منفجر شده و علل آن به عنوان یک حادثه بسیار مخرب که آثار آن تا به امروز وجود دارد، موضوع فصل پنجم خواهد بود.

از جمله حوزه‌هایی که با توسعه فناوری در قرن بیستم توسعه روزافزونی پیدا کرد، رصد عالم و کیهان‌شناسی بود. ابزارهای مشاهده عالم در گستره‌های طول‌موجی مختلف، دید بشر نسبت به شناخت عالم را بسیار گسترش داد. در

فصل ششم در مورد رصد عالم از ابتدا تا به امروز صحبت می‌شود و در مورد برخی رصدخانه‌ها و تلسکوپ‌ها که در طول موج‌های مختلف (مرئی و نامرئی) مطالبی بیان می‌شود. به رصد مستقیم سیاه‌چاله توسط رادیو تلسکوپ‌های بزرگ جهان در سال ۲۰۱۹ میلادی اشاره خواهد شد. هم‌چنین در مورد تلسکوپ جیمز وب که یکی از پیشرفته‌ترین تلسکوپ‌های فضایی است و قرار است در سال ۲۰۲۱ میلادی به فضا پرتاب شود سخن به میان خواهد آمد.

در فصل هشتم در مورد اجزای مختلف مشاهده در عالم (ستارگان، کهکشان‌ها و ...) مطالبی گفته می‌شود و در فصل نهم در مورد انبساط عالم که علم کیهان‌شناسی را در اوایل قرن بیستم دارای گستره‌ای بسیار وسیع کرد و موجب دستاوردهای نظری و تجربی بسیاری گردید مباحثی به اجمال بیان خواهد شد. توسعه مباحث نظری پیرامون نجوم و کیهان‌شناسی با ارائه نظریه موفق نسبیت عام، در مورد نیروی حاکم بر اجزای بزرگ مقیاس کیهان یعنی گرانش، توسط اینشتین صورت گرفت. نظریه نسبیت عام، نظریه توصیف کننده برهم‌کنش گرانشی، علاوه بر زیبایی ریاضیاتی و نظری، در بسیاری از آزمون‌های مشاهداتی نیز موفق بوده است. نیروی گرانش با به‌کارگیری هندسه ریمانی به صورت خمش فضا-زمان توصیف می‌گردد. این خمش توسط ماده و انرژی ایجاد می‌گردد. این نظریه مبتنی بر اصول و فرض‌هایی است. یکی از فرض‌ها این است که در این نظریه، پیچش فضا-زمان در نظر گرفته نمی‌شود. با این حال، در نظر گرفتن پیچش فضا-زمان و هندسه‌های ناریمانی نیز یکی از جنبه‌هایی است که از زمان تولد نظریه نسبیت عام مورد توجه قرار گرفته است.

در فصل دهم به نظریه‌های گرانشی از پیش از نیوتن تا پس از اینشتین پرداخته می‌شود. نظریه نسبیت عام و ویژگی‌های آن مورد بررسی قرار گرفته و برخی نظریه‌های ناریمانی نیز اشاره خواهد شد. در پایان، در مورد مدل‌های اصلاح شده گرانش که تعمیمی از نظریه نسبیت عام و نظریه‌های ناریمانی هستند

توضیحاتی ارائه خواهد شد.

در این مجموعه تلاش شده است تا مباحث به زبانی ساده بیان شده و حتی الامکان از بیان روابط پیچیده خودداری شود. البته گاهی روابطی نیز بیان می شود که هدف آن آشنایی کلی خواننده با مطلب است و نیازی نیست که وی خود را با جزئیات روابط درگیر کند.

شاید کسی این ایراد را وارد کند که بخش های مختلف (فیزیک کوانتومی، فیزیک هسته ای و کیهان شناسی) چندان به هم مرتبط نیستند. در پاسخ باید گفت که پرداختن به همه موضوعات مختلف در حوزه های بی شمار علم و فناوری های جدید در یک مجموعه کوچک ممکن نیست. در واقع، کتاب پیش رو مجموعه یک فعالیت علمی گروهی توسط نگارنده و تعدادی از محققان و دانشجویان است که در یک برهه زمانی هفت ماهه صورت گرفته است. موضوعات دیگری از قبیل کاربرد امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی در پزشکی، انواع میکروسکوپ ها، فیزیک ذرات بنیادی و ... مورد مطالعه گروهی قرار گرفت که تدوین و ارائه همگی آنها، مجموعه ای چند جلدی خواهد شد که امیدوارم انتشار آنها در آینده ای نزدیک انجام شود. ضمن اینکه حوزه های نام برده، حوزه های جذابی هستند که کانون توجه بسیاری از دانشجویان و علاقمندان علم و فناوری می باشند.

باید در اینجا از دانشجویان عزیزم که در تولید محتوای این کتاب مرا همراهی کردند نام ببرم. از

خانم عطیه انگاشته برای انجام مطالعات و گردآوری مطالب فصل اول،
خانم محدثه محبوبی سنگچویی برای ترجمه درسنامه فاینمن و تهیه فصل دوم،
خانم زهرا کلهر برای انجام مطالعه و گردآوری مطالب فصل های چهارم و پنجم،
خانم مهسا میکائیلی باغی برای مطالعه و گردآوری مطالب فصل های ششم و هفتم و هشتم،

و آقای داود حاجی تقی طهرانی برای مطالعه و کمک در تکمیل فصل نهم، کمال تشکر را دارم. هم‌چنین از خانم‌ها فاطمه محمدی، راحیل منصوری، فاطمه زهرا رمضانی، محدثه محبوبی سنگجویی، سمیه نوروزی، معصومه فیضیان و نفیسه آسیایی‌فر بابت همکاری در غلط‌گیری و تصحیح متن کتاب قدردانی می‌نمایم. تمامی اسامی نام‌برده، دانشجویان بنده در مقطع کارشناسی رشته فیزیک مهندسی می‌باشند که افتخار همراهی با آنان را داشتم. هم‌چنین از خانم دکتر منا عارف‌پور بابت بازبینی نهایی متن کتاب و ارائه نکات مفید و ارزشمند در بهبود آن سپاس‌گزارم.

انگیزه اصلی برای گردآوری مجموعه پیش رو، همکاری بنده در میز تخصصی علوم و فناوری‌های کوانتومی بوده است. این گروه شامل بیش از چهل نفر از محققان و پژوهش‌گران نخبه این مرزوبوم است که به همت استاد و برادر عزیزم، دکتر سید نصیب الله دوستی مطلق در پژوهشگاه آما، فناوری دفاعی و پدافند غیرعامل در دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی ایجاد شده است. فعالیت‌های این اندیشکده، چه به لحاظ علمی و چه به لحاظ اجرایی و مدیریتی توسط اعضای گروه صورت می‌گیرد. جا دارد از همه عزیزان این گروه، به‌خصوص آقایان دکتر سید نصیب الله دوستی مطلق، مهندس سید سجاد حریره، دکتر کاوه پسندیده و مهندس محمد کریمی که در تهیه و تحلیل محتوای متن پیش رو بنده را یاری کردند، کمال تشکر را داشته باشم. امیدوارم که این کتاب برای دوست‌داران علم و فناوری مفید وثمرثمر بوده و برای انجام کارهای هدف‌مند گروهی، انگیزه‌بخش باشد.

سعید نائیه

عضو میز تخصصی علوم و فناوری‌های کوانتومی
دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی

فهرست مطالب

پیشگفتار

آ

فهرست مطالب

ج

۱ تاریخچه مکانیک کوانتومی

۳

۱-۱ پیش درآمد ۳

۱-۲ تولد مکانیک کوانتومی ۴

۱-۳ اینشتین و کوانتوم نور ۹

۱-۴ مدل‌های اتمی ۱۰

۱-۵ نظر دوبروی ۱۵

۱-۶ مکانیک ماتریسی هایزنبرگ ۱۸

۱-۷ اسپین الکترون ۲۰

۲۴	۸-۱ شاهکار شرودینگر
۲۸	۹-۱ اصل عدم قطعیت
۳۰	۱۰-۱ تفسیر کپنهاگی
۳۳	۱۱-۱ دستاوردها

۲ در کلاس درس فاینمن

۳۵	۱-۲ مکانیک اتمی
۳۷	۲-۲ آزمایش با گلوله‌ها
۴۰	۳-۲ آزمایش با امواج
۴۲	۴-۲ آزمایش با الکترون‌ها
۴۵	۵-۲ تداخل امواج الکترونی
۴۸	۶-۲ مشاهده الکترون‌ها
۵۵	۷-۲ اصول اولیه مکانیک کوانتومی
۵۸	۸-۲ اصل عدم قطعیت

۳ محاسبات کوانتومی

۶۱	۱-۳ مقدمه
۶۳	۲-۳ اهمیت محاسبات کوانتومی
۶۴	۳-۳ رایانه‌های کوانتومی
۶۸	۴-۳ چالش‌های ساخت رایانه‌های کوانتومی
۶۹	۱-۴-۳ وجود نوفه در کیوبیت‌ها
۷۰	۲-۴-۳ نیاز به تصحیح خطای کوانتومی
۷۰	۳-۴-۳ بارگذاری حجم بالای داده به شکل کارآمد
۷۱	۴-۴-۳ چالش طراحی الگوریتم‌ها
۷۱	۵-۴-۳ نیازمندی به بسته‌های نرم‌افزاری جدید

- ۳-۴-۶ قابل مشاهده نبودن حالت‌های میانی ۷۱
- ۳-۵ اهمیت رایانه‌های کوانتومی ۷۲
- ۳-۶ تهدیدها ۷۵
- ۳-۷ انواع شیوه‌های محاسبات کوانتومی ۷۶
- ۳-۷-۱ مدل‌های مداری (بر پایه گیت) ۷۶
- ۳-۷-۲ مدل آنیلینگ بر پایه محاسبات کوانتومی بی‌دررو ۷۸
- ۳-۷-۳ مدل‌های مبتنی بر اندازه‌گیری ۸۰
- ۳-۸ انواع رایانه‌های کوانتومی (قدرت پردازش و کاربردها) ... ۸۲
- ۳-۸-۱ آنیلینگ کوانتومی ۸۲
- ۳-۸-۲ شبیه‌سازی کوانتومی ۸۵
- ۳-۸-۳ محاسبات کوانتومی جهان‌شمول ۸۶
- ۳-۹ برتری کوانتومی ۸۸
- ۳-۹-۱ ادعای برتری کوانتومی توسط شرکت گوگل ... ۸۹

۴ فیزیک هسته‌ای

- ۴-۱ اجزای هسته ۹۵
- ۴-۲ جرم و انرژی بستگی هسته ۹۶
- ۴-۳ نیروی هسته‌ای ۹۸
- ۴-۴ واپاشی پرتوزا ۹۹
- ۴-۴-۱ واپاشی آلفا ۹۹
- ۴-۴-۲ واپاشی بتا ۱۰۰
- ۴-۴-۳ واپاشی گاما ۱۰۱
- ۴-۵ پرتوزایی طبیعی ۱۰۲
- ۴-۶ شکافت هسته‌ای ۱۰۳
- ۴-۷ راکتور هسته‌ای طبیعی ۱۱۲

۱۱۷	۵ در جرنویل چه گذشت؟
۱۱۸	۱-۵ جزییات حادثه
۱۲۱	۲-۵ آثار و تلفات
۱۲۲	۳-۵ قرنطینه

۱۲۷	۶ رصد عالم
۱۲۸	۱-۶ رصد در گستره نور مرئی
۱۳۱	۲-۶ رصد در گستره فروسرخ
۱۳۴	۱-۲-۶ تلسکوپ جیمز وب
۱۳۸	۳-۶ رصد در گستره امواج رادیویی
۱۳۹	۴-۶ رصد در گستره فرابنفش
۱۴۱	۵-۶ رصد در گستره پرتو ایکس
۱۴۲	۶-۶ رصد در گستره پرتو گاما

۱۴۵	۷ اجزای کیهان
۱۴۵	۱-۷ ستارگان
۱۴۷	۱-۱-۷ زندگی یک ستاره
۱۴۹	۲-۱-۷ ابرنواختر
۱۵۰	۳-۱-۷ ستاره‌های نوترونی و تپاخترها
۱۵۳	۴-۱-۷ سیاه‌چاله
۱۵۵	۲-۷ کهکشان‌ها
۱۵۶	۱-۲-۷ کهکشان‌های مارپیچی
۱۵۸	۲-۲-۷ کهکشان‌های بیضوی
۱۵۹	۳-۲-۷ کهکشان راه شیری
۱۶۱	۳-۷ گروه‌ها و خوشه‌های کهکشانی

۸ جهان بزرگ مقیاس ۱۶۵

- ۱-۸ انبساط عالم ۱۶۵.....
- ۲-۸ گذشته عالم ۱۶۸.....
- ۳-۸ ماده تاریک ۱۷۳.....

۹ تاریخچه گرانش ۱۷۷

- ۱-۹ تاریخچه ۱۷۷.....
- ۲-۹ هندسه ۱۸۰.....
- ۳-۹ نسبیت عام اینشتین ۱۸۳.....
- ۴-۹ فضا-زمان ۱۸۷.....
- ۵-۹ بردارهای چهاربُعدی: چاربردار ۱۸۹.....
- ۶-۹ فضا-زمان نسبیت خاص ۱۹۰.....
- ۷-۹ ویژگی‌های نظریه نسبیت عام ۱۹۲.....
- ۱-۷-۹ هموستار ۱۹۶.....
- ۲-۷-۹ انتقال موازی و مشتق هموردا ۱۹۸.....
- ۳-۷-۹ هموستار لوی-چی ویتا ۲۰۳.....
- ۴-۷-۹ معادله ژئودزیک ۲۰۴.....
- ۵-۷-۹ تانسورهای خمش ریمان و ریچی ۲۰۵.....
- ۶-۷-۹ شرط سازگاری با متریک ۲۰۶.....
- ۷-۷-۹ معادلات میدان اینشتین ۲۰۷.....
- ۸-۷-۹ معادلات میدان از اصل وردشی ۲۰۸.....
- ۸-۹ نظریه‌های گرانشی ناریمانی ۲۱۱.....
- ۹-۹ نظریه‌های گرانشی دربرگیرنده پیچش ۲۱۳.....
- ۱-۹-۹ نظریه اینشتین-کارتان ۲۱۳.....
- ۱۰-۹ نظریه دورموازی معادل نسبیت عام ۲۱۴.....

۹-۱۱	کیهان‌شناسی نسبیت عام و مسائل مطرح در آن	۲۱۷
۹-۱۲	نظریه‌های تصحیح شده	۲۲۰
۹-۱۳	آینده	۲۲۲