



تحليل مسائل مکانیک کوانتومی

دیوید مک‌ماهون

ترجمة

سینا ملوانی، بهمن سلطانی



Quantum Mechanics Demystified

David McMahon

McGraw - Hill, 2006

تحلیل مسائل مکانیک کوانتومی

تألیف دیوید مک‌ماهون

ترجمه سینا ملوانی، بهمن سلطانی

ویراسته نیلوفر مهدوی
حروفچین و صفحه‌آرا: مینا مهرایی فرد
نسخه‌پرداز: احمد مبین‌جامه
طراح جلد: حسین راست‌منش
ناظر چاپ: خشایار نصیری‌منش
مرکز نشر دانشگاهی
چاپ اول ۱۳۸۹
تعداد ۱۰۰۰
لیتوگرافی: وسعه
چاپ و صحافی: سامان
۹۶۰۰ تومان

نشانی فروشگاه مرکزی: خیابان انقلاب، روبه‌روی سینما سپیده، پاساژ خیری، تلفن: ۶۶۴۰۸۸۹۱، ۶۶۴۱۰۶۸۶

فروش اینترنتی: www.bookiup.ir

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاهی محفوظ است
فهرست‌نویسی پیش از انتشار کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه: مک‌ماهون، دیوید ام. McMahon, David (David M.)

عنوان و نام پدیدآور: تحلیل مسائل مکانیک کوانتومی / نویسنده: دیوید مک‌ماهون؛ ترجمه سینا ملوانی، بهمن سلطانی.

مشخصات نشر: تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۹.

مشخصات ظاهری: هفت، ۴۳۷ ص.: مصور، جدول، نمودار.

فروست: مرکز نشر دانشگاهی: ۱۳۸۷. فیزیک: ۱۵۰.

شابک: 978-964-01-1387-5

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

یادداشت: عنوان اصلی: Quantum mechanics demystified, c2006.

یادداشت: این کتاب در سال ۱۳۸۹ با عنوان «مکانیک کوانتومی» توسط دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات منتشر شده است.

عنوان دیگر: مکانیک کوانتومی.

موضوع: کوانتوم

شناسه افزوده: سینا، ۱۳۳۱-

، مترجم

شناسه افزوده: سلطانی، بهمن، ۱۳۲۲-

، مترجم

شناسه افزوده: مرکز نشر دانشگاهی

رده‌بندی کنگره: م ۳۷۴ م ۷ ۹۸۳۱ الف ۱۲ / ۱۲ QC

رده‌بندی دیویی: ۵۳۰/۱۲

شماره کتابشناسی ملی: ۲۱۶۲۷۲۱

فهرست

صفحه	عنوان
نه	یادداشت مترجمان
۱	پیشگفتار
۳	۱. مرور تحولات تاریخی
۳	تابش جسم سیاه و فرمول پلانک
۸	اثر فوتوالکتریک
۹	نظریه بور درباره اتم
۱۲	فرضیه دوپروی
۱۳	آزمون پایان فصل
۱۴	۲. ایده‌های اساسی
۱۴	معادله شرودینگر
۱۹	حل معادله شرودینگر
۲۵	تعبیر احتمالاتی و بهنجارش

۳۷	بسط تابع موج و یافتن ضرایب بسط
۴۷	فاز تابع موج
۴۸	عملگرها در مکانیک کوانتومی
۵۷	تکانه و اصل عدم قطعیت
۶۲	پایستگی احتمال
۶۶	آزمون پایان فصل
۶۸	۳. معادله مستقل از زمان شرودینگر
۶۹	ذره آزاد
۷۷	حالاتهای مقید و پراکندگی یک بعدی
۹۲	پارسته
۱۰۱	قضیه اهرنفتست
۱۰۲	آزمون پایان فصل
۱۰۴	۴. آشنایی با فضای حالت
۱۰۴	تعاریف اصلی
۱۰۵	تعاریف فضای هیلبرت
۱۱۶	آزمون پایان فصل
۱۱۷	۵. ساختار ریاضیاتی مکانیک کوانتومی ۱
۱۱۷	فضاهای برداری خطی
۱۳۱	بردارهای پایه
۱۳۳	بسط بردار برحسب یک پایه
۱۳۳	مجموعه‌های راست‌هنگار و روش گرام-اشمیت
۱۳۴	جبر پراها و کت‌ها
۱۳۷	به‌دست آوردن ضرایب بسط در نمایش پراها و کت‌ها
۱۳۹	آزمون پایان فصل

۱۴۱	۶. ساختار ریاضیاتی مکانیک کوانتومی ۲
۱۴۳	نمایش عملگر
۱۶۶	همیوگ هرmitی عملگر
۱۸۴	جابه‌جاگر
۱۹۱	آزمون پایان فصل
۱۹۳	۷. ساختار ریاضیاتی مکانیک کوانتومی ۳
۱۹۳	تغییر پایه و تبدیلهای یکانی
۲۰۶	رابطه تعمیم‌یافته عدم قطعیت
۲۰۹	عملگرهای تصویر
۲۱۵	توابع عملگرها
۲۱۶	تعمیم به فضاهاى پیوسته
۲۲۵	آزمون پایان فصل
۲۲۷	۸. مبانی مکانیک کوانتومی
۲۲۷	اصل موضوعهای مکانیک کوانتومی
۲۳۲	تجزیه طیفی
۲۳۵	رابطه کامل بودن (تمامیت)
۲۴۴	تعیین کامل حالت به کمک m k j (مجموعه کامل مشاهدپذیرهای جابه‌جاشونده) ۲۴۴
۲۴۵	تصویر هایزنبرگ در مقایسه با تصویر شرودینگر
۲۴۶	توصیف دستگاههای مرکب در مکانیک کوانتومی
۲۴۷	نمایش ماتریسی ضرب تانسوری
۲۴۸	ضرب تانسوری بردارهای حالت
۲۵۱	عملگر چگالی
۲۵۴	عملگر چگالی برای حالت کاملاً آمیخته
۲۶۴	مقدمه مختصری بر بردار بلوخ
۲۶۷	آزمون پایان فصل

۲۶۹	۹. نوسانگر هماهنگ
۲۶۹	حل نوسانگر هماهنگ در نمایش مکان
۲۷۹	روش عملگری برای نوسانگر هماهنگ
۲۸۱	حالت‌های شماره نوسانگر هماهنگ
۲۸۵	مکملی برکارکرد عملگرهای بالابر و پایین‌بر
۲۸۷	آزمون پایان فصل
۲۸۸	۱۰. تکان زوایه‌ای
۲۸۹	روابط جابه‌جایی تکان زوایه‌ای
۲۹۱	روابط عدم قطعیت برای تکان زوایه‌ای
۲۹۲	تکان زوایه‌ای تعمیم‌یافته و عملگرهای نردبانی
۳۰۳	نمایش‌های ماتریسی تکان زوایه‌ای
۳۱۸	نمایش مختصاتی تکان زوایه‌ای مداری و هماهنگ‌های کروی
۳۲۸	آزمون پایان فصل
۳۳۰	۱۱. دستگاه‌های با اسپین $\frac{1}{2}$
۳۳۱	آزمایش اشترن-گرلاخ
۳۳۳	حالت‌های پایه برای دستگاه‌های با اسپین $\frac{1}{2}$
۳۳۵	به‌کارگیری عملگرهای نردبانی در ساختن S_x و S_y
۳۴۵	تبدیلات یکانی برای دستگاه‌های با اسپین $\frac{1}{2}$
۳۴۸	نمایش ضرب خارجی عملگرهای اسپین
۳۵۰	ماتریس‌های باؤلی
۳۵۶	تحول زمانی حالت‌هایی با اسپین $\frac{1}{2}$
۳۶۸	عملگر چگالی برای دستگاه‌های با اسپین $\frac{1}{2}$
۳۷۰	آزمون پایان فصل
۳۷۳	۱۲. مکانیک کوانتومی در سه بعد
۳۷۴	چاه مربعی دوبعدی

۳۸۴	کلیاتی درباره اتم هیدروژن
۳۹۸	آزمون پایان فصل
۴۰۰	آزمون نهایی
۴۰۶	پاسخ آزمونهای پایان فصل و آزمون نهایی
۴۳۰	مراجع
۴۳۱	نمایند

www.ketab.ir

بسم الله الرحمن الرحيم

یادداشت مترجمان

کتابی که در دست دارید برای ورود به حوزه مطالعه مکانیک کوانتومی مدخل مناسبی است. مطالب آن بسیار ساده و روشن نوشته شده است، و برای تفهیم و تحکیم ایده‌های اساسی این موضوع کافی است. ما هم تلاش کرده‌ایم در جریان ترجمه با اصلاحاتی، که ضروری به نظر می‌رسند، خواننده را به ادامه مسیری که در پیش گرفته ترغیب کنیم. سعی کرده‌ایم با تغییراتی که در این ترجمه اعمال شده حتی المقدور نارساییهای کتاب را رفع کنیم. روابط اساسی و محاسباتی را که ناقص یا نادرست بوده‌اند اصلاح و در مواردی بازنویسی کرده‌ایم. فرضیهایی را که برای حل مسائل ضرورت داشته‌اند به‌وضوح مطرح کرده‌ایم، و بعضی از استنتاجها و استدلالها را هم روش‌تر و محکم‌تر بیان کرده‌ایم. در بعضی جاها فرمول یا شکلی اضافه شده است، و شکلهایی که دقت کافی نداشته‌اند از نو ترسیم شده‌اند. امیدواریم با این اضافات و تغییرات، کتاب را برای خواننده فارسی زبان مطلوب‌تر کرده باشیم.

پیشگفتار

مکانیک کوانتومی، به علت ماهیتش، شدیداً ریاضیاتی (و بنابراین فوق‌العاده انتزاعی) است و به همین خاطر در میان زمینه‌های مختلف فیزیک برای یادگیری جزو دشوارترین زمینه‌هاست. در این کتاب هدفمان این بوده است که با ذکر مثالهای روشن و نشان دادن نحوه کار در مکانیک کوانتومی به کنار زدن پرده ابهام از این موضوع کمک کنیم. این کتاب را به سه بخش اصلی تقسیم کرده‌ایم.

پس از مرور مختصری بر تحولات تاریخی، مقدمات نظریه کوانتومی را از دیدگاه مکانیک موجی بررسی کرده‌ایم. به این منظور از تابع موج، تعبیر احتمالاتی، عملگرها، و معادله شرودینگر صحبت کرده‌ایم. بعد به مسائل ساده‌ای از پراکندگی یک‌بعدی و حالت‌های مقید پرداخته‌ایم.

در بخش دوم، مبانی ریاضیاتی لازم برای کار کردن با مکانیک کوانتومی را از دیدگاه تازه‌تری بررسی کرده‌ایم. عناصر لازمی از مکانیک ماتریسی و جبر خطی را مرور کرده‌ایم و مثلاً مطالبی درباره یافتن ویژه‌مقدارها و ویژه‌بردارها، محاسبه رد ماتریس، و تعیین هرستی یا یکانی بودن ماتریسها آورده‌ایم. سپس نمادگذاری دیراک و فضا‌های هیلبرت را توصیف کرده‌ایم و، بعد از اینها، اصول مکانیک کوانتومی را صورت‌بندی کرده با آوردن مثالهایی آنها را نمایش داده‌ایم. در فصلهایی که به این مباحث اختصاص داده شده است، تلاش کرده‌ایم تا با ارائه مثالهای حل‌شده فراوان، از مکانیک کوانتومی "رفع ابهام" کنیم.

بخش آخر کتاب را به نمونه‌هایی از مبانی ریاضیاتی نظریه کوانتومی اختصاص داده‌ایم و سه مورد مهم را، که معمولاً در یک دوره یک ترمی تدریس می‌شوند، مطرح کرده‌ایم: نوسانگر هماهنگ،

تکانه زاویه‌ای و اسپین، و آشنایی با فیزیک اتم هیدروژن. موضوعات دیگری مانند عملگر چگالی، بردار بلوخ، و سیستمهای با دو حالت را هم با استفاده از مثال تا حدودی بررسی کرده‌ایم. متأسفانه، به خاطر صفحات زیادی که حل کامل نمونه‌های مسائل مکانیک کوانتومی نیاز داشته است، نتوانسته‌ایم خیلی از مطالب این نظریه را در کتابی با این حجم بگنجانیم. بنابراین امیدواریم که بتوانیم جلد دومی برای ارائه مباحث پیشرفته‌ای از نظریه کوانتومی نانبسیته آماده کنیم و به موضوعاتی مانند پراکندگی، ذرات یکسان، جمع تکانه‌های زاویه‌ای، اتمهای با Z بالاتر، و تقریب WKB بپردازیم.

هیچ راهی نیست که بشود از ریاضیات لازم برای یاد گرفتن مکانیک کوانتومی فرار کرد. باید حساب دیفرانسیل و انتگرال بدانید، بتوانید معادلات دیفرانسیل معمولی و جزئی را حل کنید، با ماتریسها یا جبر خطی آشنا باشید، و دستکم از اصول کار کردن با اعداد و بردارهای مختلط آگاه باشید. کمی اطلاع از مکانی احتمالات هم می‌تواند به درد بخورد. با آنکه اینها پیشنیازهای ریاضیاتی خیلی زیادی است، اما امیدواریم که این کتاب برای آنهایی که دوست دارند مطالب را خودشان بخوانند یا کسانی که مثلاً شیمی، علوم کامپیوتر، یا مهندسی خوانده‌اند و مشتاق‌اند که تا حدی مکانیک کوانتومی بدانند، در "بهرام‌زدایی" از این موضوع مفید واقع بشود.