

مقدمه‌ای بر مکانیک کوانتومی

تألیف

جان دیرک والکا

ترجمه

دکتر کریم قربانی

عضو هیأت علمی دانشگاه اراک



انتشارات دانشگاه اراک

سرشناسه	: والکا، جان درک، ۱۹۳۲-م.
عنوان و نام پدیدآور	: مقدمه‌ای بر مکانیک کوانتومی / تالیف جان دیرک والکا؛ ترجمه کریم قربانی.
مشخصات نشر	: اراک: دانشگاه اراک، انتشارات، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	: ۱۶۰ ص.: مصور، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۹۳۸۸۲-۷-۳
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: Introduction to quantum mechanics, 2021. عنوان اصلی.
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: کتابنامه: ص. [۱۵۳]-۱۵۴.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: کوانتوم Quantum theory
شناسه افزوده	: قربانی، کریم، ۱۳۵۵ - مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه اراک. انتشارات
رده‌بندی کنگره	: QC۱۷۴/۱۲
رده‌بندی دیویی	: ۵۳۰/۱۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۳۲۱۱۲۲
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیپا

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.

عنوان: مقدمه‌ای بر مکانیک کوانتومی

ترجمه: کریم قربانی

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲

شمارگان: ۲۰۰ نسخه

ناشر: انتشارات دانشگاه اراک

چاپ و صحافی: انتشارات دانشگاه اراک

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»

قیمت: ۲۰۰۰۰۰ ریال

اراک، میدان بسیج، بلوار کربلا، دانشگاه اراک، ساختمان کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد، طبقه دوم، اتاق شماره ۲، انتشارات دانشگاه اراک

پست الکترونیک: press@araku.ac.ir - تارنما: <https://press.araku.ac.ir>



فهرست

مقدمه مترجم

مقدمه مولف

فصل اول - انگیزه مکانیک کوانتومی ۱

۱-۱ اپتیک کلاسیکی ۱

۲-۱ توزیع پلانک ۲

۳-۱ فوتونها ۳

۴-۱ آزمایش دیویسون-گرم ۴

فصل دوم - بسته موج برای ذرات آزاد ۵

۱-۲ رابطه دوبروی ۵

۲-۲ معادله شرودینگر ۵

۳-۲ یک تفسیر فیزیکی ۷

۴-۲ حالت‌های مانا ۸

۵-۲ ویژه مقادیر و ویژه حالت‌ها ۱۰

۶-۲ جواب‌های عمومی ۱۲

فصل سوم - معادله شرودینگر با پتانسیل ۱۳

۱-۳ معادله شرودینگر ۱۳

۲-۳ ذره در یک جعبه ۱۵

۳-۳ شرایط مرزی ۱۷

۴-۳ نفوذ در سد پتانسیل ۱۷

۵-۳ حالت‌های مقید ۱۹

۶-۳ معادله شرودینگر در دو و سه بعد ۲۲

۲۳	 نظریه اختلال
۲۴	 ۱-۷-۳ نظریه اختلالی غیر واگن

۲۷	 فصل چهارم- پراکندگی
۲۷	 ۱-۴ موج تخت فرودی
۲۸	 ۲-۴ پراکندگی موج-s
۲۹	 ۳-۴ چاه پتانسیل مربعی در مختصات کروی
۳۰	 ۴-۴ شرایط مرزی پراکندگی
۳۱	 ۵-۴ سطح مقطع
۳۳	 ۶-۴ پراکندگی در انرژی بالا

۳۵	 فصل پنجم- آهنگ گذار
۳۵	 ۱-۵ یک مدل برای طرح مسئله
۳۷	 ۲-۵ قاعده طلایی
۴۱	 ۳-۵ چگالی حالت‌های نهایی
۴۲	 ۴-۵ شار ذرات فرودی
۴۲	 ۵-۵ خلاصه مطالب تا اینجا
۴۳	 ۶-۵ تقریب بورن
۴۵	 ۷-۵ اختلاط دو-حالتی

۴۹	 فصل ششم- الکترودینامیک کوانتومی
۵۰	 ۱-۶ هامیلتونی
۵۱	 ۲-۶ معادله شرودینگر
۵۲	 ۳-۶ یونیزه شدن در میدان الکتریکی نوسانی
۵۳	 ۴-۶ برهم‌کنش با میدان تابشی
۵۴	 ۵-۶ یونیزه کردن با فوتون
۵۵	 ۶-۶ بسط میدان الکترومغناطیسی بر حسب مدهای طبیعی
۵۸	 ۷-۶ کوانتش یک نوسانگر
۶۲	 ۸-۶ کوانتش میدان الکترومغناطیسی

۶۳	۹-۶ واپاشی تابشی
۶۴	۱۰-۶ تصویر شرودینگر
۶۴	۱۱-۶ لیزرها

۶۷	فصل هفتم - آمار کوانتومی
۶۷	۱-۷ بوزون‌ها
۶۹	۱-۱-۷ چگالش بوز
۷۰	۲-۷ فرمیون‌ها
۷۲	۳-۷ رابطه بین اسپین و آمار

۷۵	فصل هشتم - اندازه‌گیری‌های کوانتومی
۷۵	۱-۸ آزمایش اشترن-گرلاخ
۷۸	۲-۸ تقلیل پایه
۷۹	۳-۸ آزمایش دوم-واپاشی پایون

۸۳	فصل نهم - ساختار کلی مکانیک کوانتومی
۸۳	۱-۹ فضای هیلبرت
۸۴	۲-۹ شکل مولفه‌ای بردارهای حالت
۸۶	۳-۹ معادله شرودینگر
۸۶	۴-۹ عملگرهای هرمیتی
۸۷	۵-۹ روابط جابه‌جایی
۸۸	۶-۹ قضیه ارنفست
۸۹	۷-۹ دیگر تصویرها

۹۳	فصل دهم - اصول موضوع مکانیک کوانتومی
----	--------------------------------------

۹۵	فصل یازدهم - نسبیت
۹۵	۱-۱۱ نسبیت خاص

۹۶.....	۲-۱۱ میدان اسکالر جرم‌دار.....
۱۰۱.....	۳-۱۱ معادله دیراک.....
۱۰۶.....	۱-۳-۱۱ تقلیل به حد غیرنسبیتی.....
۱۰۷.....	۲-۳-۱۱ نظریه حفره دیراک.....
۱۰۸.....	۳-۳-۱۱ برهم‌کنش‌های الکترومغناطیسی.....
۱۱۰.....	۴-۱۱ انتگرال‌های مسیر.....
۱۱۳.....	فصل دوازدهم - مسائل.....
۱۴۷.....	ضمیمه آ- میدان الکترومغناطیسی برحسب مدهای طبیعی.....
۱۵۱.....	ضمیمه ب- نام‌های مهم در مکانیک کوانتومی - نظریه و کاربردها.....
۱۵۳.....	منابع.....
۱۵۵.....	نمایه.....
۱۵۹.....	واژه‌نامه.....

مقدمه مترجم

مکانیک کوانتومی یکی از مهیج‌ترین و کاربردی‌ترین درستاورد‌های بشر تاکنون بوده است. امروزه نظریه مکانیک کوانتوم به شکلی مستحکم از طریق آزمایش‌های تجربی دقیق و تکرارپذیر تثبیت شده است. گستره کاربردهای فیزیک کوانتومی تنها به پژوهش‌های بنیادی محدود نمی‌شود و می‌توان رد پای آن را در دیگر علوم و همچنین در عرصه تکنولوژی به وفور یافت. در واقع کشف فیزیک کوانتومی توانسته است بشر را به یک درک بهتر از جهان و خلقت آن سوق دهد و کاربردهای حیاتی آن در پزشکی و سلامت توانسته زندگی بهتری برای بشر به ارمغان آورد. توسعه انرژی‌های نو، روش‌های اندازه‌گیری دقیق، افق‌های روشنی از عملیاتی شدن کامپیوترهای کوانتومی، پیشرفت روزافزون در الکترونیک، ساخت میکروسکوپ‌های قدرتمند نمونه‌ای از دیگر کاربردهای فیزیک کوانتومی به شمار می‌آید.

تقریباً در تمام گرایش‌های فیزیک داشتن یک درک دقیق و کامل از مکانیک کوانتومی بسیار ضروری است. برای دانشجویانی که درس مکانیک کوانتومی را در حال سپری کردن هستند و یا این درس را گذرانده‌اند، همیشه دسترسی به یک کتاب مختصر و در عین حال کامل، برای مرور مفاهیم و ایجاد آمادگی برای حل مسائل، بسیار مورد نیاز به نظر می‌رسد. همچنین برای دانشجویان کارشناسی که خود را برای موضوعات کمی پیشرفته‌تر جهت شرکت در مسابقات و آزمون‌های بین‌المللی آماده می‌کنند کتاب حاضر مفید خواهد بود.

مترجم این اثر امیدوار است این کتاب بتواند بخشی از نیازهای دانشجویان درس مکانیک کوانتومی را برآورده کند و همچنین باعث خوشنودی خواهد بود اگر دانشجویان و خوانندگان عزیز نظرات و پیشنهادهای خود را به آدرس ایمیل karim1.ghorbani@gmail.com ارسال کنند. در اینجا لازم می‌دانم از حمایت‌های همسر صمیمانه قدرانی نمایم.

کریم قربانی

مقدمه مولف

نویسنده اخیراً کتابی با عنوان مقدمه‌ای بر الکتریسیته و مغناطیس منتشر کرده است. این کتاب بر اساس یک درس مقدماتی است که چند سال پیش در استنفورد تدریس می‌شد که بیش از ۴۰۰ دانشجو در آن ثبت نام کردند. تنها پیش نیاز برای این درس یک دانش ابتدایی از حساب و آشنایی با بردارها و قوانین نیوتن بود. این درس‌ها، گرچه نسبتاً مختصر است، اما با روشی شفاف و منطقی از قانون کولن شروع می‌کند و به معادلات ماکسول و نسبیت خاص می‌رسد.

کتاب دیگری که توسط مولف ارائه شده است گرچه قبلاً در یک دوره درسی ارائه نشده است، اما نویسنده چنین تصور کرده است که تهیه مجموعه‌ای از جزوه‌های درسی، با هدف کاربرد برای دانشجویان زبده مفید خواهد بود، بطوریکه بتوان به عنوان همزادی برای کتاب الکتریسیته و مغناطیس در نظر گرفت. این کتاب اکنون به عنوان مقدمه‌ای برای مکانیک کلاسیک منتشر شده است. هدف از این کتاب دوم ارائه مجموعه‌ای از جزوات واضح و مختصر است که مقدمه و کاربرد قوانین نیوتن تا اصل هامیلتون و مکانیک لاگرانژی سیستم‌های پیوسته را در بر می‌گیرد.

هر دو این کتاب‌ها با موضوع فیزیک کلاسیک برای یک چهارم اول دوره کارشناسی در نظر گرفته شده است. این کتاب‌ها برای دانشجویان علاقه‌مند که همزمان درس ریاضی عمومی را می‌گذرانند مفید خواهد بود. هر دو متن حاوی مجموعه گسترده‌ای از مسائل می‌باشند که برای تقویت دانشجویان در یادگیری مفاهیم مفید هستند. به عنوان بهبود آموزش و یادگیری، اکنون راه حل‌های این مسائل در یک مجموعه به عنوان کتاب کمکی منتشر شده است.

کتاب پیش رو می‌تواند فیزیک مقدماتی سال اول را با مجموعه‌ای از سخنرانی‌ها در معرفی مکانیک کوانتومی به عنوان نظریه بسیار موفق دنیای میکروسکوپی تکمیل کند. انگیزه معادله شرودینگر و توصیف آن ارائه می‌شود. چندین کاربرد مورد بررسی قرار می‌گیرد از جمله آهنگ پراکندگی و گذار. این کاربردها با اضافه کردن الکترودینامیک کوانتومی و آمار کوانتومی توسعه داده می‌شوند. اندازه‌گیری‌های کوانتومی مورد بحث قرار می‌گیرد. سپس این کتاب با آوردن خلاصه‌ای از اصول موضوعه‌های کوانتوم، به ارائه رسمی نظریه کوانتومی می‌پردازد. در یک فصل پایانی مقدمه‌ای مختصر به مکانیک کوانتومی نسبیتی ارائه می‌شود. یک مجموعه گسترده از مسائل برای بهبود و گسترش متن درسی در پایان اضافه شده است.

هدف از این سه کتاب ارائه یک مقدمه خوب و قابل درک برای یک دوره ساله، بر اصول فیزیک کلاسیک و کوانتومی است. امیدوارم استفاده از این کتاب برای دانشجویان و اساتید مفید باشد و توانسته باشم بخشی از لذتی که نوشتن این کتاب به همراه داشت را با خوانندگان به اشتراک بگذارم. مکانیک کوانتومی یک موضوع بسیار گسترده است و تاکنون تلاشی برای ارائه یک کتابشناسی کامل صورت نگرفته است. ارجاعات ارائه شده در متن فقط مستقیماً به بحث مورد نظر مربوط است. با این حال ذکر برخی از کتاب‌های خوب و موجود که نویسندگان این کتاب آن‌ها را بسیار مفید دانسته است، مهم است. این کتاب‌ها عبارتند از:

Wentzel (1949), Bjorlen and Drell (1964), Bjorken and Drell (1965), Schiff (1968), Itzykson and Zuber (1980), Landau and Lifshitz (1981), Shankar (1994), Merzbacher (1997), Gottfried and Yan (2004), Feynman and Hibbs (2010).

علاوه بر این، در ضمیمه ب برخی از نام‌های مهم در مکانیک کوانتومی، هم در نظریه و هم در کاربردهای آن فهرست می‌شود.

من می‌خواهم یک بار دیگر از سردبیرم، خانم لاکشمی نارایانان، برای کمک و حمایت ایشان در این

پروژه تشکر کنم. من همچنین از پائولو آمور به خاطر خواندن دست نوشته‌ها سپاسگزارم.

جان دیرک والکا

استاد ممتاز فیزیک، کالج ویلیام و مری