

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی

www.ketab.ir

برنار دسپانیا

ترجمه (همراه با توضیح و افزوده):

دکتر سید مجید صابری فتحی

عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

Espagnat, Bernard d', 1921-2015

اسپانیا، برنار د، ۱۹۲۱-۲۰۱۵م.

سرشناسه:

مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی / برنار د اسپانیا [برنار د اسپانیا]؛ ترجمه (همراه با توضیح و افزوده) سیدمجید صابری فتحی؛ ویراستار علمی کورش جاویدان؛ ویراستار ادبی هانیه اسدیپور فعال مشهد.

عنوان و نام پدیدآور:

مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۰.

مشخصات نشر:

۴۰۴ ص.، مصور

مشخصات ظاهری:

انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۷۸۹.

فروست:

ISBN: 978-964-386-482-8

شابک:

فیفا.

وضعیت فهرست نویسی:

Conceptual foundations of quantum mechanics, " بخش اعظم کتاب حاضر ترجمه کتاب " 2nd. ed, c1999. تالیف برنار د اسپانیا است.

یادداشت:

کتابنامه: ص. [۳۹۷] - ۴۰۰؛ نمایه.

یادداشت:

Quantum theory

کوانتوم

موضوع:

Physical measurements

انداز گیری های فیزیکی

موضوع:

Physics -- Philosophy

فیزیک -- فلسفه

موضوع:

صابری فتحی، سید مجید، ۱۳۴۸ - مترجم.

شناسه افزوده:

جاویدان، کورش، ۱۳۴۴ - ویراستار.

شناسه افزوده:

دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.

شناسه افزوده:

QC۱۷۴/۱۲

رده بندی کنگره:

۵۳۰/۱۲

رده بندی دیویی:

۷۶۱۶۸۱۸

شماره کتابشناسی ملی:

مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی



انتشارات
۷۸۹

پدیدآورنده: برنار دسپانیا

ترجمه: دکتر سید مجید صابری فتحی

(با توضیح و افزوده)

ویراستار علمی: دکتر کورش جاویدان

ویراستار ادبی: هانیه اسدیپور فعال مشهد

مشخصات: وزیری، ۲۰۰ نسخه، چاپ اول، تابستان ۱۴۰۰

چاپ و صحافی: چاپخانه دقت

بها: ۹۰۰/۰۰۰ ریال

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس

تلفن: ۳۸۸۳۳۷۲۷ - ۳۸۸۰۲۶۶۶ (۰۵۱)

مؤسسه کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت،

شماره ۲۳۸، تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹ - ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)

مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲

تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir

فهرست مطالب

۹.....	مقدمه مترجم.....
۱۵.....	مقدمه چاپ مجلد ویراست دوم.....
۱۹.....	مقدمه ویراست دوم.....
۴۳.....	مقدمه.....

بخش اول: عناصر مکانیک کوانتومی

(۴۵ - ۱۱۰)

۴۹.....	فصل ۱ آغاز.....
۴۹.....	۱-۱ تابش جسم سیاه*
۵۲.....	۲-۱ پدیده فوتوالکتریک*
۵۴.....	۳-۱ اثر کامپتون*
۵۵.....	۴-۱ ساختار اتم*
۵۹.....	۵-۱ معادله شرودینگر.....
۶۱.....	۶-۱ سرعت فاز و سرعت گروه.....

۶۳.....	فصل ۲ موج و ذره.....
۶۳.....	۱-۲ خصوصیات موج و ذره*
۶۹.....	۲-۲ تحول زمانی.....
۷۰.....	۳-۲ اصل تطابق.....
۷۱.....	۴-۲ نیاز به یک فرمالیزم کلی برای مکانیک کوانتومی.....

۷۳.....	فصل ۳ قواعد مکانیک کوانتومی.....
۷۳.....	۱-۳ سیستم و آنسامبل.....
۷۵.....	۲-۳ قواعد مکانیک کوانتومی.....
۸۵.....	۱-۲-۳ اندازه گیری اصولی*

۸۷.....	فصل ۴ تفسیرها.....
۸۷.....	۱-۴ در توصیف آنسامبل ها توسط کت ها.....

۸۸	فرض Q	۲-۴
۹۰	قضیه ون نیومن	۱۰-۲-۴
۹۱	ناتعین گرایی	۳-۴
۹۲	تفاوت آمار کلاسیکی با آمار کوانتومی	۱-۳-۴
۹۶	ملاحظات دیگر	۴-۴
۹۶	فرمول بندی نسبیتی	۱-۴-۴
۹۷	تشخیص ناپذیری	۲-۴-۴
۹۷	کوانتش دوم	۳-۴-۴

۱۰۱	فصل ۵ فرمالیزم جایگزین	
۱۰۱	قاعده مقدار میانگین	۱-۵
۱۰۲	تابع مشخصه در نظریه احتمالات کلاسیک	۱-۱-۵
۱۰۵	تابع مشخصه در کوانتوم	۲-۱-۵
۱۰۷	تصویر هایزنبرگ برای تحول زمانی	۲-۵

بخش دوم: ماتریس چگال و آمیختگی

(۱۱۱ - ۱۶۰)

۱۱۳	فصل ۶ فرمالیزم ماتریس چگالی	
۱۱۳	ماتریس چگالی	۱-۶
۱۱۴	برخی خواص ریاضی ماتریس چگالی	۲-۶
۱۱۶	حالت ناب و حالت آمیخته	۳-۶
۱۱۶	حالت ناب	۱-۳-۶
۱۱۷	حالت آمیخته	۲-۳-۶
۱۲۰	وابستگی زمانی ماتریس چگالی	۴-۶
۱۲۰	فرمالیزم جایگزین برای قواعد مکانیک کوانتومی	۵-۶
۱۲۲	آمیختگی تعریف شده به وسیله یک و چند ماتریس چگالی یکسان	۶-۶
۱۲۵	گزاره ای برای هم بستگی	۷-۶
۱۳۰	هم بستگی به زبان ساده	۱-۷-۶

۱۳۳	فصل ۷ آمیختگی	
۱۳۳	عملگرها و مشاهده پذیرها	۱-۷
۱۳۴	قواعد ابرانتخاب	۱-۱-۷
۱۳۷	ماتریس چگالی قابل اندازه گیری	۲-۱-۷

۱۳۷	آمیختگی سره و ناسره.....	۲-۷
۱۴۲	همگنی آنسامبل.....	۳-۷
۱۴۵	قضیه گل فان، نیامارک و سگال.....	۴-۷
۱۴۵	جبر C^*	۱-۴-۷
۱۴۶	حالت.....	۲-۴-۷
۱۴۷	نمایش و نمایش کاهش ناپذیر.....	۳-۴-۷
۱۵۰	مشاهده پذیر دارای مقداری روی سیستم است.....	۵-۷
۱۵۴	آنسامبل های کوانتومی و متغیرهای مکمل.....	۶-۷
۱۵۶	کمیت های مکمل در فیزیک کلاسیک.....	۱-۶-۷
۱۵۷	آماده سازی و آزمون.....	۷-۷
۱۵۹	تمرین های بخش دوم.....	

بخش سوم: جداناپذیری کوانتومی

(۱۶۱ - ۲۶۲)

۱۶۳	مسئله اینشتین، بودولسکی و روزن (EPR).....	فصل ۸
۱۶۳	مسئله EPR.....	۱-۸
۱۶۵	جنبه رسمی جداناپذیری حالت های کوانتومی.....	۲-۸
۱۶۹	جنبه مفهومی جداناپذیری حالت های کوانتومی.....	۳-۸
۱۶۹	اصل واقعیت.....	۱-۳-۸
۱۷۱	اصل جداناپذیری، سیستم های منزوی.....	۲-۳-۸
۱۷۲	ا. مثال از فیزیک کلاسیک.....	۳-۳-۸
۱۷۴	ب. مثال از فیزیک کوانتومی.....	۴-۳-۸
۱۷۸	ج. مثال در مورد کانون.....	۵-۳-۸
۱۸۰	جنبه نسبیتی جداناپذیری حالت های کوانتومی.....	۴-۸

۱۸۷	نگاه های مختلف به مسئله جداناپذیری.....	فصل ۹
۱۸۷	عینی بودن یا عینی نبودن بردار حالت.....	۱-۹
۱۸۸	نسخه واقع گرا از عینی بودن بردار حالت.....	۲-۹
۱۸۹	نسخه بوهر از عینی نبودن بردار حالت.....	۳-۹
۱۹۱	تبدیلات لورنتس و ناموضعیته.....	۴-۹

۱۹۳	سیستم های منفرد، آنسامبل و حالت.....	فصل ۱۰
۱۹۳	مکانیک کوانتومی سیستم های منفرد.....	۱-۱۰

مقدمه مترجم*

فهم مکانیک کوانتومی و انقلاب‌هایی که در علم انجام داد موضوعی است که مورد علاقه بشر امروزی و به‌خصوص متخصصان سایر علوم غیر از فیزیک است. مسلماً یکی از وظایف فیزیک‌دانان، پاسخ دادن به این نیاز است. البته در این زمینه کتب زیادی به‌خصوص به زبان انگلیسی نوشته شده‌اند که خواننده فارسی‌زبان با محدودیت در استفاده از آن‌ها مواجه است. یکی از راه‌هایی که می‌توان این نیاز را برطرف کرد، تألیف یا ترجمه کتبی به زبان فارسی در این موضوع است. با توجه به اینکه تاکنون در گروه‌های فیزیک توجه زیادی به فلسفه فیزیک نشده و این امر تا حد زیادی مغفول مانده است، همچنین به دلیل عدم آشنایی برخی مترجم‌ها با فلسفه یا فیزیک، مفاهیم فلسفی مکانیک کوانتومی به درستی به خواننده منتقل نمی‌شوند. راقم این سطور، از حدود یک دهه پیش طرحی را برای معرفی مفاهیم بنیادی و فلسفی نظریه کوانتومی در سه سطح مخاطب عام، متخصصان فیزیک و متخصصان سایر رشته‌ها (در قالب مباحث میان رشته‌ای) آغاز کرده است. در این مدت مطالعات و پژوهش‌های زیادی انجام داده است که حاصل آن‌ها در زمینه نشر کتاب به شرح زیر است:

- درمورد مخاطب خاص فیزیک، کتاب حاضر، مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی، ارائه شده است. در این کتاب با استفاده از فرمالیسم‌های گوناگون مکانیک کوانتومی قواعد فلسفی آن استخراج می‌شود.

- در ارتباط با موضوعات میان رشته‌ای نیز، کتاب علّیت و فیزیک کتابی در زمینه اصل علّیت در فیزیک و فلسفه اسلامی که توسط انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد به چاپ رسیده است.

- درمورد مخاطب عام، ترجمه کتاب راز جهان کوانتومی انجام شد که به متن آن حدود ۹۰ مدخل توسط مترجمان در توضیح مفاهیم فیزیکی و فلسفی اضافه شد. این کتاب توسط انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد به چاپ رسیده است.

در پاسخ به این پرسش که «مکانیک کوانتومی چیست؟»، باید بیان فاینمن^۱ را ذکر کرد که مکانیک کوانتومی نظریه‌ای است که رفتار ذرات (اتم‌ها) و امواج (فوتون‌ها) را توضیح می‌دهد که جهان از آن‌ها تشکیل شده است. درواقع، مکانیک کوانتومی دارای سه جنبه گوناگون است: پیش‌بینی‌ها، فرمالیسم‌ها و تعبیر آن. خواننده آشنا با مکانیک کوانتومی می‌داند که مکانیک کوانتومی دارای یک فرمالیسم منحصره‌فرد همچون فرمالیسم مکانیک موجی، فرمالیسم ماتریس چگالی و غیره نیست. همچنین درمورد تعبیر مکانیک کوانتومی، تاکنون حدود ۱۴ تعبیر یا ره‌یافت‌های بسیار متفاوت، مانند تعبیرهای بوهر، چندجهانی، متغیرهای پنهان و غیره ارائه شده است. پیش‌بینی‌های مکانیک کوانتومی بدون ابهام هستند و با تجربه توافقی دارند؛ اما فرمالیسم و تعبیر آن متغیر و مناقشه‌آمیز هستند.

امروزه درمورد مکانیک کوانتومی کتب زیادی ترجمه یا نوشته شده‌اند. این کتب معمولاً مکانیک کوانتومی استاندارد، درسی یا در مواردی محدود، فرمالیسم ماتریس چگالی مورد استفاده در گرایش اطلاعات کوانتومی را بیان می‌کنند که هدف آن‌ها بیان مکانیک کوانتومی و کاربردهای آن است و به

چالش‌های مفهومی آن اشاره‌ای ندارند. البته کتاب‌های زیادی به زبان‌های دیگر غیر از فارسی در این زمینه موجود است. بنابراین، یکی از نیازهای جامعه فیزیک کتابی است که مفاهیم بنیادی و مبانی نظری مکانیک کوانتومی را همراه با فرمالیزم‌های آن توضیح دهد.

از جمله کتب بالارزش و معروف در دنیا که مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی را به طور عمیق، همراه با نقد و با طعم فلسفی بررسی می‌کند، می‌توان از کتاب *مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی*^۱ نوشته برنارد دسپانیایا، فیزیک‌دان فیلسوف شهیر فرانسوی، نام برد که توسط راقم این سطور چندین مرتبه در دانشگاه فردوسی مشهد برای دانشجویان دوره کارشناسی‌ارشد گرایش‌های اطلاعات کوانتومی و فیزیک ذرات بنیادی تدریس شده است. با توجه به اینکه در زمینه مبانی مفهومی مکانیک کوانتومی نسبت به شاخه‌های دیگر فیزیک بسیار کم کار شده است و بالطبع، دانشجویان هم آگاهی کمتری نسبت به این موضوع دارند و همچنین با توجه به تجربه تدریس این‌جانب، ترجمه کتاب دسپانیایا را برآورده‌کننده نیاز دانشجویان و علاقه‌مندان به این موضوع ندانستم؛ چراکه بسیاری از نکاتی که دسپانیایا مفروض داشته است برای خواننده آشنا نیست. با در نظر گرفتن نیاز مخاطب و ارزش کتاب دسپانیایا، طرح این کتاب به صورت ترجمه و تألیف است و تفکیک بین این دو بخش توسط تغییر قلم متن انجام شده است. لازم به ذکر است که فصل‌های کتاب منطبق بر کتاب دسپانیاست، اما بخش‌ها با توجه به افزوده‌های تألیفی ممکن است جابه‌جا شده باشند.

جامعه هدف کتاب *مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی* عموم علاقه‌مندان به مفاهیم و چالش‌های نظریه کوانتوم هستند که با این نظریه برخورد مکانیک کوانتومی ۱ دوره کارشناسی فیزیک آشنا هستند. همچنین از آن می‌توان به عنوان یک کتاب درسی برای دروس «مبانی نظری مکانیک کوانتومی» یا «فلسفه مکانیک کوانتومی» در دوره تحصیلات تکمیلی هم استفاده کرد. در نگارش این کتاب سعی شده است که امکان مطالعه و یادگیری متن به صورت خودخوان و همچنین بدون نیاز به استاد وجود داشته باشد تا بدین طریق امکان ترویج فلسفه کوانتوم در جامعه فیزیک تسهیل شود.

درمورد متن

با توجه به محدودیت‌های زبانی و غامض بودن متن‌های «علمی فلسفی»؛ در این کتاب، اصل زیر همواره در نظر گرفته شده است: انتقال مفهوم به ساده‌ترین وجه ممکن به خواننده. از این رو، در ترجمه، تألیف، معادل‌یابی و واژه‌گزینی وسواس و دقت خاصی وجود داشته است که شاید ذکر برخی از آن‌ها به تنویر افکار خواننده کمک کند. هرچند نمونه‌ها زیاد هستند و ذکر همه آن‌ها ضروری نیست، اما ذکر پاره‌ای از آن‌ها برای نشان دادن تعمد نگارنده در استفاده از واژه‌ها در ترجمه و تألیف این کتاب کفایت می‌کند. هرچند باید اذعان کرد که با وجود ویرایش‌ها و بازخوانی‌های مکرر، ممکن است در متن اشتباهاتی باقی مانده باشد که تذکر آن‌ها توسط خوانندگان و همکاران محترم موجب سپاس خواهد بود.

واژه‌گزینی: در واژه‌گزینی سعی شده است انتخاب واژه‌ها به گونه‌ای باشد که به دور از ایجاد ابهام و

^۱ Bernard d'Espagnat, *Conceptual Foundations of Quantum Mechanics*, 2nd Ed., Perseus Books Publishing, Reading, Massachusetts, 1999.

نگرانی در خواننده، خوانش متن را برای او راحت نماید. از این رو، سعی شده است برای هر واژه کتاب یک مفهوم خاص در نظر گرفته شود. برای مثال، واژه «سیستم» در سیستم فیزیکی استفاده شده است و معادل‌های آن مانند سامانه، نظام، دستگاه و غیره به کار برده نشده است؛ زیرا واژه‌هایی مانند سامانه و نظام برای علوم دیگر مانند علوم اجتماعی، مدیریت یا نظامی مناسب هستند و برای مقصود مورد نظر ما در فیزیک مناسب نیستند. اما واژه «دستگاه» نیز در فیزیک بیشتر برای «دستگاه مختصات» یا «وسیله و ابزار» استفاده می‌شود. در این کتاب، در مثال مذکور واژه «سیستم» برای مفهوم فیزیکی حفظ و تعریف شده است (برای تعریف به بخش ۳-۱ رجوع کنید) و واژه «دستگاه» در مفهوم دستگاه مختصات و واژه «ابزار» برای وسیله آزمایش یا تجربه به کار برده شده است. از این رو، تفکیک واژه‌ها برای جلوگیری از سردرگمی خواننده انجام شده است.

مثال دیگر واژه «fact» (فکت) است که معمولاً برای آن در برخی از متون فارسی از واژه «واقعیت» استفاده می‌شود که به معنای «واقعیتی است که از نظر تجربی و حسی نمی‌توان آن را انکار کرد، مانند اینکه گفته شود «آتش می‌سوزاند»؛ برای اثبات آن کافی است که انگشت را در مقابل شعله آتش بگیرید». از طرف دیگر، در زبان فارسی «واقعیت» معادل (reality) هم هست و تفکیک «فکت» و «واقعیت» از هم، در این متن بسیار مهم است و عدم تفکیک آن ابهام‌زاست. به طور کلی، مفهوم «واقعیت» برای برخی معادل «هستی» است که به «واقعیت غیر فیزیکی» نیز اطلاق می‌شود.

معادل‌یابی: در معادل‌یابی همواره دو مشکل وجود دارد: مشکل نخست، یک واژه در زبان اصلی می‌تواند دارای چندین معنا در زبان ترجمه باشد و بالعکس؛ مشکل دیگر، استفاده متفاوت از یک واژه در علوم مختلف. معمولاً برداشت مفهومی خاص از اصطلاحی رایج در یک رشته علمی در همان علم معتبر است. در مورد اخیر، مشکل هنگامی به وجود می‌آید که متن میان رشته‌ای است.

در متن کتاب دسپانیا، او از یک واژه بارها در معانی متفاوت استفاده کرده است، برای مثال واژه «coherence» در فیزیک به معنای «همدوسی» است و در منطق و بیان خواص یک نظریه خاص به معنای «انسجام» نیز است. برای مثال گفته می‌شود: این نظریه دارای انسجام درونی نیست.

نکته دیگر اینکه برای برخی از واژه‌ها در زبان فارسی معادل‌های گوناگونی توسط مترجمان یا فرهنگ‌نویسان اختیار شده است، مانند «پوزیتیویسم» و «دترمینیسم». معادل‌یابی‌های انجام‌شده در موضوعات مختلف ممکن است مقصود صاحبان آثار مزبور را برآورده کند، اما در مفهوم فیزیکی آن و در کتاب حاضر مناسب نباشد، مانند استفاده از «موجیبت‌گرایی» یا «علیت‌گرایی» برای معادل فارسی «دترمینیسم» که در فلسفه استفاده می‌شود و گویا نیز است، اما برای خواننده‌ای با زمینه فکری فیزیکی بسیار غریب و ناآشناست، همچنین، مفهوم فیزیکی و علمی آن به طور دقیق تبیین نمی‌شود. در متون فیزیک برای معادل واژه «دترمینیسم» معمولاً از واژه‌هایی که مشتق از واژه «تعیین» هستند، استفاده می‌شود. از این رو، در این کتاب معادل «تعیین‌گرایی» انتخاب شده است در مورد واژه «پوزیتیویسم» در این کتاب، خود واژه انتخاب شده است، زیرا معادل‌هایی همانند «اثبات‌گرایی» یا «مثبت‌گرایی» در ذهن یک فیزیک‌دان معانی دیگری تداعی می‌کنند. این واژه‌ها نزد او یادآور «اثبات» به معنی «ثابت کردن» و «مثبت» علامت خاصی که متضاد آن «منفی» است می‌باشد. اما در ذهن یک فیلسوف «اثبات» بیشتر به مفهوم «ایجاب» است و متضاد آن «سلب کردن» است، همچنین «مثبت»

به مفهوم «موجب». از این رو، برخی معادل «ایجاب‌گرایی» را برای «پوزیتیویسم» استفاده کرده‌اند. در این کتاب واژه «پوزیتیویسم» حفظ شده است تا مفهومی که در فصل ۲۰ توضیح داده شده است، در ذهن خواننده با هر زمینه فکری به خوبی منتقل شود.

عبارت‌ها و یافت متن: در نظر نگارنده رساندن دقیق مفهوم بیشتر مهم بوده است تا ترجمه لفظ به لفظ، هرچند همواره در حفظ وفاداری در ترجمه کوشش شده است. هنگامی که ترجمه معیار باشد، ممکن است متن برای خواننده فارسی زبان نامفهوم شود. به عنوان مثال، واژه modify که برای آن در فارسی معمولاً از «تصحیح کردن» یا «اصلاح کردن» استفاده می‌شود و بیشتر تداعی کننده مفهوم «غلط‌گیری کردن» است، در زبان انگلیسی به معنای «ایجاد تغییرات کوچک یا جزئی در چیزی است، نوعاً به صورت بهتر کردن یا تعدیل کردن»^۱ است. برای مثال، از عبارت «اگر نظر بوه‌ر را بپذیریم، باید قواعد بالا را اصلاح کنیم» چه مفهومی در ذهن خواننده ایجاد می‌شود؟ آیا این عبارت، به این معنا نیست که قواعد بالا اشکال دارند و کاملاً صحیح نیستند؟ در واقع مقصود نویسنده، تغییر دادن و تعدیل است، حتی بهتر کردن هم نیست.

قالب متن: این کتاب به صورت «تألیف و ترجمه» آماده شده است. برای اینکه خواننده بتواند مطالب ترجمه شده را از مطالب تألیف شده جدا کند. اقداماتی مانند تغییر نوع «قلم» و یا گذاشتن «ستاره» بر روی عنوان بخش‌های تألیفی صورت گرفته است (بخش‌های تألیفی با قلم B Nazanin و ترجمه با قلم B zar آورده شده‌اند).

محتوای کتاب

در این کتاب، قواعد نظری و تعابیر مکانیک کوانتومی و مشکلات نظری که این تعابیر ایجاد می‌کنند بیان می‌شوند و مورد نقد قرار می‌گیرند. در متن حاضر، نگارنده علاوه بر مطالعه منابعی که در سپاهیا در متن کتاب خود به آن‌ها ارجاع داده، از منابع دیگر نیز استفاده کرده است. از طرف دیگر، نگارنده سعی داشته است بسیاری از مبانی نظری، فلسفی و ریاضی مکانیک کوانتومی را در هنگام بیان مفاهیم مربوط ذکر کند که برای خواننده آشنا با فیزیک در فهم مطلب کمک خوبی باشد.

موضوعات مطرح شده در کتاب به شرح زیر است:

در فصول اول و دوم به بیان مفاهیم ابتدایی و پدیده‌هایی که باعث شدند مکانیک کوانتومی به وجود آید، پرداخته شده است. در ادامه، در فصول ۳ و ۴ قواعد مکانیک کوانتومی که در فرمالیزم استاندارد آن، یعنی در کتب معمولی مکانیک کوانتومی مفروض هستند، بیان می‌شوند و برخی از ایرادات آن‌ها بررسی می‌شود. سپس، در فصل ۵ قواعد مقدار میانگین و فراوانی آماری به عنوان جایگزینی برای برخی از قواعد مطرح شده در فصل ۳ عنوان می‌شوند.

این قاعده که «بردار حالت» بیان‌کننده حالت سیستم است در موردی خاص که در آن آنسامبلی از سیستم‌های ناب وجود داشته باشد، قابل استفاده است و هنگامی که آنسامبلی از سیستم‌های آمیخته وجود داشته باشد، آنگاه نیاز به استفاده از فرمالیزم جدید ماتریس چگالی خواهد بود که در فصول ۶ و

1. "to make partial or minor changes to (something), typically so as to improve it or to make it less extreme". (Oxford Dictionary Lexico).

۷ مورد مطالعه قرار می‌گیرد. بحث «جداناپذیری» و «واقعیت» مباحث مهمی هستند که در مقاله مشهور EPR^۱ با مطرح کردن آن‌ها مکانیک کوانتومی به چالش کشیده و عنوان شد که مکانیک کوانتومی کامل نیست؛ فصول ۸ و ۹ به این مهم پرداخته‌اند. با توجه به اینکه مکانیک کوانتومی نظریه‌ای آماری است و پیش‌بینی‌های آن برای انسامبلی از سیستم‌ها صدق می‌کند، در فصل ۱۰ به بررسی این پرسش پرداخته شده است که آیا می‌توان این نظریه را برای سیستم‌های منفرد به کار برد؟

در فصل ۱۱ فرمالیزم متغیرهای پنهان مطالعه می‌شود و برخی از نقدهای وارد بر آن مطرح می‌شوند. بیان قواعد مکانیک کوانتومی از دیدگاه منطق و حساب گزاره‌ها موضوعی است که در فصل ۱۲ مطالعه می‌شود. فصل ۱۳ به بررسی مسئلهٔ پس‌بینی در مکانیک کوانتومی اختصاص داده شده است. در این فصل به بررسی این مسئله خواهیم پرداخت که آیا با دانستن حال سیستم می‌توان گذشتهٔ آن را تعیین کرد؟

در فصول ۱۴ تا ۱۸ مسئلهٔ اندازه‌گیری در مکانیک کوانتومی بررسی می‌شود و نظریه‌های مختلفی در اندازه‌گیری، مانند نظریه‌های اندازه‌گیری ایدئال، نایدئال، کلاسیک و نظریهٔ ابزار ماکروسکوپی مورد نقد و مطالعه قرار می‌گیرند. فصول ۱۹ تا ۲۳ به نقد و بررسی نظریه‌های واقعیت، پوزیتیویسم، بوهر، هایزنبرگ، ویگنر و تعبیر چندجهانی می‌پردازند و در دو فصل انتهایی، خلاصهٔ مطالب و نگرش کلی از مفاهیم ارائه می‌شود. به خصوص در فصل آخر، دسپانیا خود را مقداری از قالب علمی رها کرده و دیدگاه‌های خود را بیان کرده است.

سخنی با همکاران

با توجه به آشکار شدن برخی از اثرات فرهنگی و اجتماعی بشرفتهای علمی در یک‌صد سال گذشته مجدداً فلسفهٔ علم، به خصوص فلسفهٔ فیزیک و فلسفهٔ ریستیکشناسی، در سالیان اخیر مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. در خصوص اهمیت فلسفهٔ علم می‌توان به عنوان نمونه، مقالهٔ جمعی از دانشمندان برجستهٔ رشته‌های مختلف دانشگاه‌های اروپا و آمریکا را مطالعه کرد. این مقاله در یکی از معتبرترین مجلات علمی جهان (مجلهٔ *آکادمی ملی علوم آمریکا*) به چاپ رسیده است.^۲ در این مقاله، دلایل زیر برای نیاز علم به فلسفه ذکر می‌شوند: ا. واضح کردن مفاهیم علمی، ب. نقد فرضیه‌ها، روش‌ها، فرمالیزم‌ها، مفاهیم و نظریات علمی، ج. ایجاد گفت‌وگو میان علوم مختلف و د. ایجاد گفت‌وگو میان علوم و جامعه. ارجاعات متعدد به مقالهٔ مزبور نشان‌دهندهٔ درک این نیاز در جامعهٔ علمی دنیاست.

بنابراین، راقم این سطور امیدوار است همکاران محترم در گروه‌های فیزیک با درک عمیقی که از فیزیک دارند در زمینهٔ «فلسفهٔ فیزیک» مطالعه و پژوهش نمایند تا این خلأ در کشور توسط افرادی که تصوّر درستی از «فیزیک» ندارند، پر نشود. خلاصهٔ کلام اینکه فیزیک کلاسیک، کوانتوم و نسبیت را نمی‌توان از طریق کتب فلسفهٔ علم درک کرد، بلکه آن‌ها را باید در آزمایشگاه‌های فیزیک و همچنین با

1. A. Einstein, B. Podolsky And N. Rosen, Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? *Phys. Rev.*, 47, 1935, p.777

2. Lucie Laplanea, b, 1, Paolo Mantovanic, 1, Ralph Adolphsd, Hasok Change, Alberto Mantovanif, g, Margaret McFall Ngaih, Carlo Rovellii, Elliott Soberj, and Thomas Pradeu; Why science needs philosophy, *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 116(10), 3948-3952, doi/10.1073/pnas.

حل معادلات شرودینگر، میدان اینشتین و غیره فهمید و سپس با مطالعه فلسفه علم به فهم فلسفی آن اقدام کرد.

تشکر و قدردانی

لازم است تشکر و امتنان خود را از همکار ارجمند جناب آقای دکتر جاویدان، ویراستار علمی کتاب، و همچنین مدیران و کارشناسان محترم دانشگاه فردوسی مشهد که چاپ کتاب را میسر ساختند ابرار دارم، به ویژه: مدیر محترم نشر آثار علمی دانشگاه فردوسی مشهد، آقای دکتر حسین صابری، و کارشناسان محترم نشر، آقایان فندهاری، نخعی و قاسمی و خانم امیرزاده و اعضای محترم کارگروه نشر دانشگاه فردوسی مشهد. همچنین صمیمانه سپاسگزار کلیه کسانی هستم که در فرایند آماده سازی و چاپ این کتاب همکاری کردند.

سید مجید صابری فتحی

گروه فیزیک و هسته پژوهشی مطالعات میان رشته‌ای هستی‌شناسانه

دانشگاه فردوسی مشهد

زمستان ۱۳۹۹

www.ketab.ir