



Zehn

Home Page: zehn.iict.ac.ir

the Research Institute for Islamic Culture and Thought

ISSN: 1735-0743

An Ontological Approach to “Uncertainty Principle” Based on Sadraian Substantial Motion

Khadijeh Shakerin^{✉1} | Habibollah Razmi² |
Hamid Reza Shakerin³

1. Ph.D. Student of philosophy of physics of Baqir al-Olum University, Qom, Iran.

E-mail: kh.shakerin@gmail.com

2. Professor at “the Department of Physics” of Faculty of Basic Sciences in University of Qom, Qom, Iran.

E-mail: razmi@qom.ac.ir

3. Full Professor at “the logic of understanding religion Department” in Research Institute for Islamic Culture and Thought (IICT).

E-mail: Shakerinh@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 9 November 2024

Received in revised form 23 February 2025

Accepted 28 February 2025

Published online 21 March 2025

Keywords:

Quantum Theory, Uncertainty Principle, Non-Localizability, Sadraian Wisdom, Substantial Motion.

ABSTRACT

Quantum theory has been one of the most important theories in modern physics for the past century, and has been highly successful in terms of empirical confirmations and predictions, especially in the microscopic world. Alongside these successes, quantum physics has been deeply troubled by the philosophical challenges posed by its principles and assumptions. Among the most important of these is the Heisenberg uncertainty principle, to which many studies and theories have been devoted to various interpretations or related philosophical foundations. The present paper, after briefly discussing the various interpretations known about the uncertainty principle, seeks an ontological explanation of this principle based on Sadraian substantial motion. To do this, we've taken advantage of the non-localizability of quantum objects, which can be a causal link between quantum uncertainty at the surface of natural objects, on the one side, and the inherent change that this motion causes at its fundamental level.

Cite this article: Shakerin, K; Razmi, H; Shakerin, HR (2025). An Ontological Approach to “Uncertainty Principle” Based on Sadraian Substantial Motion, *Zehn*, 26 (1), 5-30.

<https://doi.org/10.22034/ZEHN.2025.2047830.2075>



©The Author(s). **Publisher:** Research Institute for Islamic Culture and Thought
DOI: <https://doi.org/10.22034/ZEHN.2025.2047830.2075>

Extended Abstract

Introduction: The extreme supporters of the Copenhagen interpretation of standard quantum theory consider uncertainty principle to be an ontological and inherent aspect of nature, accepting it without proof. Consequently, they refer to it as an intrinsic "principle". According to this view, uncertainty is not related to the limitations of human knowledge and tools. Although the concept of uncertainty is also encountered in classical physics, the difference lies in the fact that there, uncertainty pertains to measurement errors or the meaning of standard deviation and errors in statistical systems, which are not inherent. The ontological perspective on uncertainty has two significant philosophical implications:

1. It asserts that chance governs nature and denies causality.
2. It opposes and questions the existence of an external world independent of the act of observation (realism). According to the Copenhagen interpretation, reality is created through the act of observation.

These philosophical implications have led some physicists to adopt an alternative view in response to the Copenhagen perspective in order to justify the origin of uncertainty. In this context, two fundamental questions arose in the minds of scientists:

1. Can uncertainty have a philosophical expression?
2. How can the philosophical challenges posed by the Copenhagen interpretation, such as the denial of realism, be resolved?

What this article seeks to explore in a different way is the search for a new solution to address the philosophical challenges of quantum theory. Essentially, are the philosophical discussions considered a threat, or do they open a new path for science towards transformation and evolution? Can a philosophical foundation be imagined that, on one hand, considers uncertainty within the context of existence and reality (ontological perspective), and on the other hand, is compatible with causality and realism?

The present paper, after briefly discussing the various



interpretations known about the uncertainty principle, seeks an ontological explanation of this principle based on Sadraian substantial motion. This has been done by considering the non-localizability of quantum objects, which can be a causal link between quantum uncertainty at the surface of natural objects, on the one side, and the inherent change that this motion causes at its fundamental level

Methods: This is a library based research by considering international research works as books and articles on the foundations of quantum theory from one side and Islamic philosophical (especially those corresponding to Sadraian philosophy) notes and writings about substantial motion from other side. By a comprehensive, comparative, and conceptual analysis, it has been attempted to find out the main aim under consideration in this research work.

Findings: It has been found that one can use a new different approach to reinterpret and support the so-called uncertainty principle in the standard quantum theory based on a fundamental ontological consideration using the deep view of Mulla Sadra philosophy on the substantial motion of objects. This has been achieved by considering the substantial motion as the origin of the non-localizability of quantum objects which itself can be considered as the origin of the intrinsic uncertainty known in quantum physics.

Conclusion: Heisenberg's uncertainty principle, as one of the most important principles of standard quantum theory, has been used by some philosophers, philosophers of science, and even physicists to challenge certain deep and accepted philosophical foundations in classical physics. Notably, some prominent figures such as Einstein and Bohm have attempted to demonstrate the incompleteness of standard quantum theory or to propose alternative theories. They sought to accept the uncertainty principle as merely a measurement error, or as a relationship of indeterminacy rather than an inherent principle of nature, or as a statistical deviation, in order to preserve philosophical principles such as realism and causality. Two general approaches have been adopted regarding the uncertainty principle:

1. Acceptance of this principle while avoiding philosophical

discussions or setting aside important principles such as realism and causality (the combination of these two views constitutes the prevailing and standard perspective);

2. A critical viewpoint towards it, seeking to provide a better and more complete interpretation (often epistemological) of the standard theory or even to discover alternative theories.

This article attempts to provide a fundamental explanation for quantum uncertainty from a different and ontological perspective, utilizing the concept of substantial motion in Sadra's philosophy, which is based on realism and causality. This explanation is grounded in the inherent change and motion resulting from the substantial motion of objects, which can align with the non-localizability characteristic of quantum objects. The concept of non-localizability of quantum objects introduces and justifies the natural duality of wave-particle behavior, as well as the simultaneous indeterminacy of incompatible quantities such as position and momentum (Heisenberg's uncertainty).

Apart from the specialized and specific discussion related to the content of this article, more generally, this research can be considered as an example of introducing richness of Sadra's philosophy for the foundation and reinterpretation of modern natural theories and phenomena.





ذهن

سایت نشریه: zahn.iict.ac.ir

شاپای چاپی: ۱۷۳۵-۰۷۴۳

انتشارات پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی

نگاهی هستی‌شناسانه به «اصل عدم قطعیت»

براساس حرکت جوهری صدرایی

خدیدجه شاکرین^۱ | حبیب‌الله رزمی^۲ | حمیدرضا شاکرین^۳

kh.shakerin@gmail.com

razmi@qom.ac.ir

shakerinh@gmail.com

۱. دانشجوی دکتری فلسفه فیزیک، دانشگاه باقرالعلوم، قم، ایران.

۲. استاد تمام گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه قم، ایران.

۳. استاد تمام گروه علمی منطق فہم دین، پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی، قم، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۸/۱۹

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۱۲/۰۵

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۱۲/۱۰

تاریخ انتشار:

۱۴۰۴/۰۱/۰۱

واژگان کلیدی:

نظریه‌ی کوانتوم، اصل

عدم قطعیت،

غیرجایگزیدگی، حکمت

صدرایی، حرکت جوهری.

نظریه‌ی کوانتوم یکی از مهم‌ترین نظریات مطرح شده در فیزیک مدرن طی یک قرن گذشته بوده که به لحاظ تأییدات و پیش‌بینی‌های تجربی به‌خصوص در دنیای میکروسکوپی بسیار موفق عمل کرده است. در کنار این موفقیت‌ها با یکسری چالش‌های فلسفی ناشی از اصول و پیش‌فرض‌های خود درگیر بوده است. از مهم‌ترین این اصول، عدم قطعیت هایزنبرگ است که تا کنون پژوهش‌ها و نظریه‌پردازی‌های بسیاری راجع به تفسیرهای مختلف و یا مبانی فلسفی مربوط به آن اختصاص یافته‌اند. نوشتار حاضر، پس از بیان کوتاهی پیرامون تفسیرهای متفاوت از اصل عدم قطعیت، به دنبال توضیحی هستی‌شناسانه از این اصل هماهنگ با حرکت جوهری در فلسفه‌ی صدرایی می‌باشد. به نظر می‌رسد ویژگی غیرجایگزیدگی اشیاء کوانتومی می‌تواند به نحوی خلق‌هی وصل بین عدم قطعیت کوانتومی در سطح رویین اجسام طبیعی، و تغییر ذاتی ناشی از این حرکت در سطح بنیادین آنها باشد.

استناد: شاکرین، خدیجه؛ رزمی، حبیب‌الله؛ شاکرین، حمیدرضا (۱۴۰۴). نگاهی هستی‌شناسانه به «اصل عدم قطعیت» براساس حرکت

جوهری صدرایی، *ذهن*، ۲۶ (۱)، ۳۰-۳۵. <https://doi.org/10.22034/ZEHN.2025.2047830.2075>

ناشر: پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی

©نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22034/ZEHN.2025.2047830.2075>



مقدمه

از زمان ظهور فیزیک کوانتومی برپایه‌ی اصل عدم قطعیت، دانشمندان به دنبال یافتن توضیحی برای منشأ این اصل می‌باشند. هر شیء کوانتومی با تابع موجی توصیف می‌شود که مجذور اندازه‌ی آن، چگالی احتمال حضور ذره در ناحیه‌ی مفروض را بیان می‌کند. حال باید دید آیا صحبت از عدم قطعیت و احتمال بدین معنا است که نمی‌دانیم «واقعاً» چه اتفاقی می‌افتد؟ یا محدودیتی است بنیادی بر آنچه می‌توانیم بدانیم؟! که از ناپایداری ذاتی طبیعت فیزیکی ناشی می‌شود.

از همین رو، اظهارنظرهای متفاوتی در مورد چگونگی تفسیر عدم قطعیت صورت پذیرفته، رویکردهای مختلفی در مواجهه با عدم قطعیت و پذیرش «اصل» بودن یا نبودن آن اتخاذ شده است. ولی رایج‌ترین آن‌ها، تفسیری است از ورنر هایزنبرگ (Werner Karl Heisenberg) و نیلز بور (Niels Henrik David Bohr) رئیس بنیاد فیزیک نظری کپنهاگ، که به احترام وی، به تعبیر کپنهاگی شهرت یافته و مورد قبول اکثر فیزیک‌دانان واقع شده است.

به عقیده‌ی بنیان‌گذاران مکتب کپنهاگی جهانی ورای جهان تجارب با وجود ندارد و یا قابل دسترسی نیست. در نگاه آنان، نظریه‌ها چیزی جز ابزار محاسبه نیستند و تنها چیزهایی واقعی تلقی می‌شوند که نتیجه‌ی اندازه‌گیری یا مشاهده باشند (گلشنی، ۱۳۹۰، ص ۴۲). عدم قطعیت در تعبیر کپنهاگی به خود طبیعت منتسب می‌شود و ویژگی عینی طبیعت است، نه یک محدودیت برای معرفت بشری (Werner Heisenberg, Physics and Philosophy, p. 46-57 & Physics and Beyond. P. 71-81).

مطابق این دیدگاه نظریه‌های علمی، بازمودهای طبیعت تلقی می‌شوند هرچند این بازمودها، محدود و ناکامل‌اند. این محدودیت‌ها به ما کمک می‌کنند تا به یاد داشته باشیم که ساکنان قلمروی اتمی از نوعی هستند که با چیزهایی که در تجربه‌ی روزمره مشاهده می‌کنیم بسیار متفاوتند؛ ولی این بدان معنا نیست که آن‌ها از واقعیت کمتری برخوردارند. به جای این فرض که الکترون دارای مکان و سرعتی دقیق و معین باشد که برای ما ناشناخته است، باید گفت که الکترون، اساساً از آن نوع موجوداتی نیست که همواره دارای چنین خواصی باشد. عمل مشاهده، در اینجا عبارت است از بیرون کشیدن و برگزیدن یکی از امکان‌های فراوان از میان «توزیع احتمالاتی» موجود. از این دید، تأثیر مشاهده‌گر، برهم زدن یک مقدار دقیق قبلی - هرچند نامعلوم - نیست، بلکه عبارت است از به فعلیت واداشتن یکی از بالقوگی‌های متعدد موجود. فعالیت مشاهده‌گر، به صورت بخشی از سرگذشت و تاریخ رویداد اتمی درمی‌آید، ولی این یک تاریخ عینی است و حتی اتمی که به حال

خود رها شده و خود به خود متلاشی می‌گردد؛ نیز از تاریخ خاص خود برخوردار است. طبق این تفسیر عدم قطعیت ویژگی جهان است. هاینبرگ این را «بازگشت مفهوم بالقوگی» می‌نامد؛ البته نه بالقوگی به معنای ارسطویی یعنی «تلاش برای نیل به یک غایت در آینده»، بلکه به معنای دربردارندگی دامنه‌ای از امکان‌ها؛ بنابراین آینده صرفاً نامعلوم نیست، بلکه نامتعیین است و راه‌های بدیل پیش‌بینی‌ناپذیری فراروی آن است. بالقوگی و تصادف اموری عینی‌اند نه صرفاً پدیده‌هایی ذهنی (ایان باربور، ۱۳۹۲، ص ۳۹۱-۳۹۲).

روشن است که طرفداران افراطی مکتب کپنهاگی عدم قطعیت را مقوله‌ای هستی‌شناسانه و ذاتی طبیعت می‌دانند و آن را بدون اثبات می‌پذیرند. در نتیجه از آن به عنوان «اصل عدم قطعیت» تعبیر می‌کنند. طبق این دیدگاه، عدم قطعیت ارتباطی با محدودیت دانش و ابزار بشری ندارد. اگرچه در فیزیک کلاسیک نیز با مفهوم عدم قطعیت مواجه هستیم، اما تفاوت در این است که آنجا عدم قطعیت مربوط به خطای اندازه‌گیری یا به معنای انحراف معیار و خطا در سیستم‌های آماری است که آن خطا، ذاتی نیست.

نگاه هستی‌شناسانه به عدم قطعیت، دو پیامد مهم فلسفی در پی دارد:

- ۱) شانس را بر طبیعت حاکم می‌داند و علیت را انکار می‌کند.
 - ۲) با وجود جهان خارجی مستقل از عمل مشاهده (رنالیسم) مخالفت می‌کند و آن را زیر سؤال می‌برد. مطابق تعبیر کپنهاگی، واقعیت با عمل مشاهده خلق می‌شود.
- این پیامدهای فلسفی سبب شد برخی از فیزیک‌دانان در مقابل دیدگاه کپنهاگی به منظور توجیه عامل عدم قطعیت، نگاه دیگری اتخاذ کنند. در همین راستا، دو پرسش اساسی در ذهن دانشمندان شکل گرفت:

- ۱) آیا عدم قطعیت می‌تواند یک بیان فلسفی داشته باشد؟
- ۲) چالش‌های فلسفی ایجاد شده در مکتب کپنهاگی، همچون نفی رئالیسم، چگونه مرتفع می‌گردد؟

آنچه مقاله‌ی حاضر به شکل متفاوتی دنبال می‌کند، یافتن راه‌حل جدیدی جهت برطرف کردن چالش‌های فلسفی نظریه‌ی کوانتوم است. اساساً مباحث فلسفی صورت گرفته به عنوان تهدید تلقی می‌شود یا مسیر جدیدی به روی علم جهت تحول و تکامل می‌گشاید؟ آیا می‌توان یک بنای فلسفی تصور کرد که از طرفی عدم قطعیت را در متن هستی و واقعیت بداند (نگاه هستی‌شناختی)، و از سوی دیگر با علیت و رئالیسم سازگار باشد؟

الف) پیشینه عدم قطعیت

در قرن بیستم انقلابی در فیزیک کلاسیک رخ داد که منجر به ظهور و تکامل دو نظریه‌ی مهم بنیادی شد: نخست نظریه‌ی نسبیت، و دوم نظریه‌ی کوانتوم.

صورت‌بندی ریاضی مکانیک کوانتومی در سال‌های ۱۹۲۵-۱۹۲۷م با تلاش هایزنبرگ، شرودینگر (Schrodinger)، دیراک (Dirac) و بورن (Born) پایه‌ریزی شد. هایزنبرگ نظریه‌ی کوانتوم را به شکل مکانیک ماتریسی، و پس از آن شرودینگر همین نظریه را در قالب مکانیک موجی ارائه کرد. البته دیری نگذشت که ثابت شد هر دو قالب در حقیقت یکسان است؛ گرچه مکانیک موجی ابزار مفیدتری می‌نمود (گاسیوروویچ، ۱۳۸۶، ص ۱-۳۸).

در سال ۱۹۲۷م بور، هایزنبرگ و بورن برای آن تعبیری عرضه کردند که به تعبیر کپنهاگی (Copenhagen interpretation) موسوم گشت. نظریه‌ی کوانتوم بر مبنای دو اصل بسیار کلیدی، یعنی اصل عدم قطعیت (Uncertainty Principle) و دوگانگی موج-ذره (Wave-Particle Duality) بنا شد؛ در ادامه به توضیح بیشتری پیرامون این مفاهیم خواهیم پرداخت.

در فیزیک کلاسیک نیوتونی، با داشتن شرایط اولیه و نیروهای وارد بر سیستم، رفتار دقیق بعدی سیستم فیزیکی (مسیر یکتا) مشخص می‌شد. در آنجا، «موقعیت» ابتدایی‌ترین و بنیادی‌ترین مشخصه‌ی سیستم فیزیکی به حساب می‌آمد؛ چراکه با تعیین موقعیت، سایر مشخصات فیزیکی نظیر سرعت قابل محاسبه بود. به همین دلیل مکانیک کلاسیک را کاملاً موجبیتی (Deterministic) می‌دانستند. با پیدایش فیزیک کوانتومی پرسش‌های مهمی به ذهن می‌رسد؛ از جمله:

آیا در جهان فیزیکی با ابعاد ریز همچنان موجبیت برقرار می‌ماند؟

آیا مفاهیم کلاسیکی مانند مکان دقیق، تکانه‌ی دقیق و مسیر یکتای ذره در مقیاس میکروسکوپی (حوزه‌ی مکانیک کوانتومی) نیز دارای اعتبار است؟

آیا تحویل‌پذیری (Reductionism) در سیستم‌های کوانتومی برقرار می‌ماند؟

رویکرد فیزیک کوانتومی نسبت به وجود جهان خارج (مستقل از آزمایش و مشاهده) چگونه است؟

نتایج و مشاهدات فیزیک کوانتومی با مبانی فلسفی سازگاری دارد؟

برای یافتن پاسخ پرسش‌های بالا ابتدا لازم است با مفهوم جدید تابع موج در فیزیک کوانتومی آشنا شویم. در دنیای کوانتومی با سیستمی سروکار داریم که موجود است، کمیت فیزیکی دارد، آن را آزمایش می‌کنیم ولی موقعیت معین ندارد! در نتیجه عمل اندازه‌گیری بر روی سیستم‌های یکسان

میکروسکوپی، لزوماً به نتایج مشابه منجر نمی‌شود. با آزمایش‌های صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که در محدوده‌ی مکانیک کوانتومی، اشیاء (ذرات) کوانتومی حالت دوگانه دارند: گاهی موجی و در مواردی ذره‌ای عمل می‌کنند؛ به گونه‌ای که جمع این دو از نامشخص بودن حالت ذره (شیء) حکایت دارد. تمامی این حالات نامشخص با ابتکار و هوشمندی شرودینگر در موجودی به نام تابع موج نمود پیدا کرد. تابع موج حالت شیء کوانتومی^۱ را توصیف می‌کند. اگرچه تابع موج یک موجود فیزیکی خالص نیست، اما سه ویژگی اساسی دارد:

۱. از مقوله‌ی موج کلاسیکی (مثلاً ارتعاش هماهنگ و سینوسی ذرات) نیست؛
۲. شیء کوانتومی را جایگزیده نمی‌کند؛ یعنی موقعیت آن را به طور مشخص تعیین نمی‌کند؛
۳. اندازه‌ی آن به توان دو، چگالی احتمال را به دست می‌دهد (اصل موضوعی بورن^۲ (Born Postulate) در فیزیک کوانتومی).

لازم به تأکید است که رفتار موجی ذرات در دنیای کوانتومی، همچون حرکت نوسانی موج کلاسیکی نیست؛ بلکه به معنای پیروی حالت سیستم از معادله موج شرودینگر است. براساس این اصل، اندازه‌گیری هم‌زمان مکان و سرعت شیء کوانتومی با دقت دلخواه ممکن نیست. رابطه‌ی عدم قطعیت در شکل مشهور خود بیان می‌دارد که اگر تکانه‌ی شیء کوانتومی در یک راستای خاص با عدم قطعیت Δp مشخص شود، آن‌گاه نمی‌توان به طور هم‌زمان مکان آن را با دقتی بیش از $\Delta x \geq \frac{h}{4\Delta p}$ تعیین کرد؛ بنابراین همواره خواهیم داشت: $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4}$ اگر بخواهیم مکان این ذره را دقیقاً مشخص کنیم، لازم است تکانه‌ی نسبتاً بزرگی به آن بدهیم. درواقع

۱. از آنجا که در فیزیک کلاسیک با مکان دقیق سروکار داریم، صحبت از «ذره» می‌کنیم. اما در فیزیک کوانتومی تعیین مکان دقیق معنادار نیست، چراکه گاهی رفتار ذره‌ای و گاهی رفتار موجی مشاهده می‌شود؛ بنابراین به جای «ذره»، تعبیر «شیء کوانتومی» را به کار می‌بریم. این تعبیر در حقیقت به مفهوم اساسی «غیرجایگزیدگی» در فیزیک کوانتومی اشاره می‌کند.

۲. اصل موضوعی بورن یکی از اصول بنیادی در فیزیک کوانتومی است که ارتباط بین دنیای ریاضی این نظریه و آزمایش را برقرار می‌کند. به زبان ساده، این اصل به ما می‌گوید که چگونه می‌توانیم از اطلاعاتی که در معادلات فیزیک کوانتومی داریم، احتمال وقوع رویدادهای فیزیکی را محاسبه کنیم. اگرچه در علم فیزیک منظور از «اصل» گزاره‌ای است که بدون اثبات پذیرفته شده و پیش‌فرض قرار می‌گیرد، اما به جهت کاربرد روابط ریاضی در اصل موضوعی بورن از آن به قاعده‌ی بورن (Born Rule) نیز تعبیر می‌شود.

اندازه‌گیری موقعیت بدون مختل کردن سیستم (تغییر اندازه حرکت آن) ناممکن است. ازسوی دیگر، اگر سیستمی را با اندازه حرکت معلومی مشخص کنیم، طبق رابطه‌ی دوبروی $(p = \frac{h}{\lambda})$ با طول موجی در فضا گسترده خواهد شد که تعیین دقیق مکان را ناممکن می‌سازد؛ پس مفاهیم کلاسیکی مانند مکان دقیق، تکانه‌ی دقیق و مسیر یکتای ذره، در مقیاس میکروسکوپی جایگاهی نخواهند داشت.

تابع موج نمی‌تواند ذره‌ای را توصیف کند که در فضا کاملاً جایگزیده بوده و درعین حال اندازه حرکت دقیق و مشخصی داشته باشد؛ پس به‌طور خلاصه از آنجا که پدیده‌های کوانتومی را امواج توصیف می‌کنند، توانایی ما برای اندازه‌گیری هر دو متغیر مکمل (یا به‌عبارتی ناسازگار (Incompatible)) محدود می‌شود.

اگرچه اصل عدم قطعیت در شکل مشهور خود با کمیت‌های مکان و تکانه بیان می‌گردد، اما حقیقت آن است که این اصل در مورد هر دو متغیر مکمل فیزیکی دیگر نیز برقرار است؛ بنابراین طبق اصل عدم قطعیت، کمیت‌های ناسازگار به‌طور هم‌زمان، معین نیستند (عینیت ندارند). در نتیجه در نظریه‌ی کوانتوم به‌جای مقادیر دقیق و حتمی با احتمالات سروکار داریم.

ب) تعابیر عدم قطعیت

با ظهور مکانیک کوانتومی برپایه‌ی اصل عدم قطعیت، دو پرسش اساسی در ذهن دانشمندان شکل گرفت:

- ۱) آیا عدم قطعیت می‌تواند یک تبیین فلسفی داشته باشد؟
 - ۲) چالش‌های فلسفی ایجاد شده در مکتب کپنهاگی، همچون نفی علیت و رئالیسم چگونه مرتفع می‌شود؟
- به منظور پاسخ دادن به پرسش‌های اساسی ذکر شده، دو رویکرد کلی پیرامون مکانیک کوانتومی در بین فیزیک‌دانان شکل گرفت:

۱. تعبیر معرفت‌شناختی عدم قطعیت

رویکردهای انتقادی به مکتب کپنهاگی با نگاه معرفت‌شناسانه، چالش‌های فلسفی مترتب بر نظریه‌ی کوانتوم (تعارض با علیت و رئالیسم) را مرتفع می‌کنند و عدم قطعیت را ذاتی طبیعت نمی‌دانند. این دیدگاه‌ها در سه محور کلی خلاصه می‌شوند:

۱-۱. دیدگاه تجربی و مفهومی

شمار زیادی از فیزیک‌دانان عدم قطعیت را ناشی از محدودیتی اساسی به لحاظ تجربی می‌دانند. این محدودیت اساسی در روند مشاهده، عدم شناخت دقیق قلمروی درون‌اتمی را سبب می‌شود. این رویکرد دو روایت به شرح زیر دارد:

۱. روایتی که در مواضع اولیه‌ی بور و هایزنبرگ یافت شده است. فرض کنید بخواهیم یک الکترون را مشاهده کنیم، در این صورت باید آن را با یک باریکه‌ی نور بمباران کنیم. این عمل موجب می‌شود تا وضعیتی که درصدد مطالعه‌ی آن بودیم، مختل شود. این ایجاد اختلال در سیستم اجتناب‌ناپذیر است؛ زیرا دست‌کم باید تأثیر متقابلی بین «مشاهده‌گر» و شیء «مشاهده‌شده» صورت گیرد.

۲. روایتی که عدم قطعیت را به محدودیت‌های مفهومی نسبت می‌دهد. ما با انتخاب وضعیت‌های آزمایشی معین می‌کنیم که مثلاً یک الکترون کدام‌یک از شاخه‌های مفهومی (موج یا ذره، مکان دقیق یا سرعت دقیق) خود را بر ما آشکار سازد. ساختار جهان‌اتمی به نحوی است که ما باید از میان توصیف‌های علی یا توصیف‌های فضا-زمانی یکی را برگزینیم؛ اما نمی‌توانیم هر دو را در آن واحد داشته باشیم. این تفسیر، روشن نمی‌سازد که خود اتم متعین است یا نامتعین (باربور، ۱۳۹۲، ص ۳۹۰).

۱-۲. عدم قطعیت به مثابه جهل کنونی بشر

در این نگاه که اینشتین (Einstein)، پلانک (Planck) و بوهم (Bohm) از آن طرفداری می‌کردند، عدم قطعیت ناشی از نقص آگاهی فعلی ما درباره سیستم‌هایی است که از قوانین دقیق پیروی می‌کنند. نظریه‌ی فعلی کوانتوم سطح زیرین دارد و ناقص است. به عبارت دیگر، متغیرهای پنهانی (Hidden Variables) در سطح زیرین وجود دارند که سطح رویین را متأثر می‌سازند. در این نگاه سازوکارهای تفصیلی زیراتمی، اکیداً علی و موجبتی‌اند و روزی قوانین این مکانیزم‌ها کشف شده و پیش‌بینی دقیق ممکن خواهد شد.

این دیدگاه چندان مورد استقبال فیزیک‌دانان نیست. در نگاه ایشان تا زمانی فرارسد که کسی بتواند یک نظریه‌ی جایگزین آزمون‌پذیر پدید آورد، بهتر است نظریه‌ی احتمالاتی را که در دست داریم حفظ کرده و دیگر حسرت یقین‌های گذشته را نخوریم (باربور، ۱۳۹۲، ص ۳۸۹-۳۹۰). اینشتین از جمله فیزیک‌دانانی است که مکانیک کوانتومی را نقد می‌کرد؛ چراکه او علیت و

رنالیسم را قبول داشت و حاکمیت شانس را بر طبیعت نمی پذیرفت. وی در سال ۱۹۳۵م مقاله‌ای با عنوان «آیا توصیف مکانیک کوانتومی از واقعیت فیزیکی را می توان کامل دانست؟» منتشر کرد. روشن است که اینشتین کوانتوم را غلط نمی دانست، بلکه آن را ناقص می انگاشت. ازسوی دیگر، این نظریه را «توصیف گر» پدیده ها می پنداشت؛ چراکه مفهوم توصیف در نسبت با توضیح عمق کمتری دارد. توضیح به معنای روشن ساختن حقیقت است.

تلاش های اینشتین با لحاظ پیش فرض رنالیسم و موضعیت، منجر به ارائه ی قضیه ی EPR شد. طبق این قضیه، مکانیک کوانتومی استاندارد از دو حالت خارج نیست: یا در توصیف واقعیت فیزیکی کامل است و البته در تناقض با نسبیت خاص (اصل موضعیت (Locality Principle))^۱ قرار دارد؛ یا این که در توصیف واقعیت فیزیکی ناکامل است.

چند دهه پس از طرح قضیه ی EPR، بل موفق به معرفی یک نامساوی (Bell's Inequality) شد که باعث نزدیک تر شدن موضوع به مرحله ی آزمایش و بررسی بیشتر گردید. این نامساوی براساس شرط موضعیت، وجود متغیرهای نهانی و موجبیت به دست می آید. می توان با قرار دادن داده های تجربی در این نامساوی، صحت آن را بررسی کرد؛ در یک طرف رنالیسم موضعی اینشتین و در سمت دیگر مکانیک کوانتومی استاندارد سنجیده می شوند. براساس آزمایش های صورت گرفته، در مواردی این نامساوی نقض گردید و نتایج جالبی حاصل شد: اولاً طبیعت در جاهایی غیر موضعی عمل می کند (البته رد موضعیت لزوماً به معنی اثرات با سرعتی فوق سرعت نور نیست)؛ ثانیاً جهان طبیعت با مکانیک کوانتومی در تعارض نیست. بنابراین می توان نتیجه گرفت کوانتوم یک نظریه ی رنالیستی علی غیر موضعی است. این مطلب با قضیه ی بل (Bell's Theorem) عنوان شد (رزمی، ۱۳۹۰، ص ۸۶-۸۹).

۳-۱. دیدگاه آماری

این دیدگاه معتقد است که به هنگام اندازه گیری در سطح میکروسکوپی با سیستم آماری اندرکنش داریم و همین اندرکنش سبب ایجاد خطا می شود. در آزمایش های تجربی کوانتومی با اشعه کار

۱. موضعیت در نسبیت خاص به این معنا است که اگر دو پدیده در مخروط نوری به شکل فضاگونه از همدیگر متمایز باشند، تأثیری روی یکدیگر نخواهند داشت مگر با سرعتی فوق سرعت نور. به بیان دیگر، علت ها و معلول های بلافاصل آن ها در یک محل رخ می دهند و تأثیر آنی از دور وجود ندارد. نظریه ی نسبیت خاص یک نظریه ی رنالیستی موضعی است.

می‌کنیم. اشعه متشکل از تعداد بسیار بسیار زیادی از ذرات است و یک مجموعه‌ی آماری به‌شمار می‌رود. حتی اگر بتوانیم با تک‌ذره کار کنیم، چون حالات متعددی پیش رو داریم در نتیجه باز هم با سیستم آماری سروکار داریم. پس در هر صورت، خطای ایجاد شده مربوط به میانگین‌گیری روی اندازه‌ی کمیت‌ها و انحراف از معیار است. با نگاه آماری حتی می‌توان روابط عدم قطعیت را با محاسبات ریاضی به‌دست آورد و آن را از «اصل» بودن ساقط کرد. همچنین باید توجه داشت که در محاسبات آماری اگرچه همواره احتمال و انحراف از معیار و خطا ولو به مقدار جزئی وجود دارد، اما مقدار کمیت برای هر ذره به‌طور دقیق مشخص است. پس بر یک مجموعه‌ی آماری هم رنالیسم حاکم است، هم قطعیت. مجموعه آماری است؛ لذا خطای مربوط به تک‌ذرات صفر است اما به‌صورت میانگین عدم قطعیت و انحراف معیار وجود دارد.

برخی به‌جای اصل عدم قطعیت، عنوان «روابط عدم‌تعین» (Indeterminacy Relations) را به‌کار می‌برند (Ballentine, 1998, p. 223-225). این عنوان از تفاوت رویکردها ناشی می‌شود. تمام سخن در همین دو واژه‌ی «عدم قطعیت» و «عدم‌تعین» نهفته است. آنان اظهار می‌دارند که به‌جای عدم قطعیت، عدم‌تعین را به‌کار ببرید؛ همچنین به‌جای «اصل» از «روابط» استفاده کنید؛ چراکه این رابطه به‌طور کلی برای تمامی کمیت‌های به‌اصطلاح ناسازگار برقرار است. اندازه‌گیری دقیق و هم‌زمان کمیات ناسازگار ممکن نیست، زیرا اندازه‌گیری دقیق یکی سبب ایجاد خطا در مقدار دیگری می‌شود و برعکس.

بزرگانی که عنوان «روابط عدم‌تعین» را مطرح می‌کنند، درواقع اعتقاد دارند که ما نمی‌توانیم مقدار دقیق کمیت‌ها را تعیین کنیم، نه این‌که این کمیات واقعاً و ذاتاً نامتعین هستند؛ بلکه نوعاً ما با پرتو (یعنی سیستم آماری) کار می‌کنیم؛ پس همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد اگر «تعبیر آماری» از روابط عدم قطعیت و به‌عبارت صحیح‌تر عدم‌تعین را بپذیریم، نظریه‌ی کوانتوم با چالش بنیادین مواجه نخواهد بود.

۲. تعبیر هستی‌شناختی عدم قطعیت

همان‌طور که اشاره شد در تفسیر کپنهاگی، عدم قطعیت ذاتی طبیعت است و با پیشرفت علم و ابزارهای اندازه‌گیری هم قابل رفع نیست. در این دیدگاه واقعیت مشاهده‌گر آفریده است. از این تعبیر دو مفهوم برداشت می‌شود: انکار رنالیسم و نفی علیت. طرفداران افراطی این تعبیر بر این باورند که واقعیت در پی مشاهده، به یک‌باره و بدون این‌که

علتی در کار باشد پدید می‌آید. همچنین هر سیستم واقعی (شیء کوانتومی)، به‌عنوان مثال یک الکترون، نمی‌تواند به‌عنوان یک موجود مستقل از مشاهده در نظر گرفته شود؛ چراکه تا قبل از مشاهده‌ی الکترون یا عمل اندازه‌گیری، هیچ اطلاعاتی پیرامون ویژگی‌های آن در دسترس نمی‌باشد (رزمی، ۱۴۰۰، ص ۷۹-۸۱).

واضح است که در پدیدارشناسی حاصل از تفسیر کپنهاگی با نگاه حداکثری هایزنبرگ، ذات‌گرایی کاملاً نفی می‌شود. طبق این دیدگاه، فیزیک جدید با ریاضیات جدید طبیعت را توصیف نمی‌کند، بلکه بیانگر دانش مشاهده‌گر از طبیعت است.

ج) عدم قطعیت و غیر جایگزیدگی

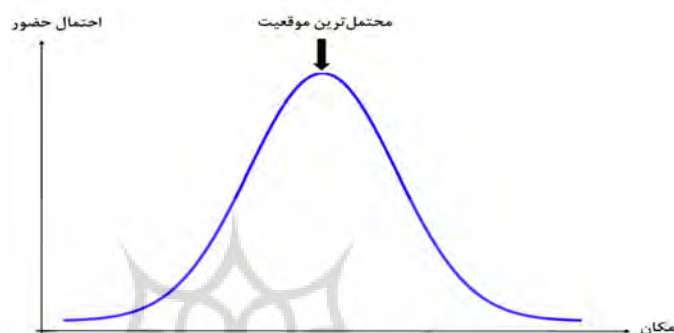
اشاره شد که یکی از دغدغه‌های اصلی فیزیک‌دانان یافتن جوابی برای این سؤال بود که شیء میکروسکوپی به‌صورت ذره‌ای یا موجی رفتار می‌کند. در همین راستا مفهوم دوگانگی موج-ذره مطرح گردید که قبلاً به آن پرداخته شد.

در اینجا می‌توان پرسید چرا فیزیک‌دانان به‌دنبال مفهوم موج یا ذره به‌معنای کلاسیکی آن در محدوده‌ی فیزیک کوانتومی هستند؟ به‌عبارت دیگر، شیء یا باید در فضا حالت نوسانی داشته باشد که به آن موج کلاسیکی می‌گویند؛ و یا با ابعاد معین در فضا جایگزیده باشد که آن را ذره می‌نامند! آیا نمی‌توان حالت دیگری را برای آن تصور نمود؟

در مقاله‌ی پیش رو پیشنهاد می‌شود رفتار شیء میکروسکوپی در مکانیک کوانتومی با تعبیر جدیدی توصیف شود و آن «عدم جایگزیدگی» است.^۱ شیء کوانتومی ذاتاً جایگزیده نیست. به‌بیان دیگر، در فضا گسترش ذاتی دارد و دائماً در حال جولان و جریان است؛ بر همین اساس نمی‌توان کمیت‌های مربوط به آن را به‌شکل دقیق اندازه گرفت، بلکه صحبت از احتمال‌ها به وسط می‌آید. در نتیجه تابع موجی که رفتار شیء کوانتومی را توصیف می‌کند، ماهیتاً با موج کلاسیکی تفاوت دارد؛ چراکه بیانگر ارتعاش ذره نمی‌باشد. از آنجا که دامنه‌ی احتمال حضور شیء میکروسکوپی در نقاط مختلف فضا متفاوت است، چگالی احتمال حضور آن را می‌توان با مجذور اندازه‌ی تابع موج محاسبه کرد. لازم به تأکید است که این احتمال از مقوله‌ی احتمال ناشی از

۱. حتی می‌توان گفت شیء ماکروسکوپی هم جایگزیده نیست (چراکه طبق اصل انطباق و قضیه‌ی اهرنفتست، فیزیک کوانتومی سطح زیرین فیزیک نیوتونی است)؛ اما طبق رابطه‌ی دوبروی غیرجایگزیدگی در فضای کلاسیک به قدری کوچک است که محسوس نمی‌باشد.

آماري بودن مسئله نمی‌باشد، بلکه به‌نوعی غیرجایگزیدگی ذاتی شیء کوانتومی را حکایت می‌کند. بنابراین، از آنجا که چگالی احتمال حضور هرگز برابر صفر نمی‌شود، گویی شیء میکروسکوپی در همه جا حضور دارد؛ اما حضور آن شدت و ضعف دارد (بسته به مقدار احتمال حضور).



به منظور توضیح بیشتر، به‌عنوان مثال تحولات ذره‌ی آزاد^۱ را بررسی می‌کنیم. اگر فرض کنیم شرایط اولیه به‌گونه‌ای باشد که در زمان $t = 0$ این ذره دقیقاً جایگزیده باشد، آن‌گاه خواهیم دید که جابه‌جاگر x_i در زمان‌های متفاوت صفر نخواهد شد:

$$[x_i(t), x_i(0)] = \left[\frac{p_i(0)t}{m}, x_i(0) \right] = -\frac{i\hbar t}{m} \quad (1-4)$$

با اعمال رابطه‌ی عدم قطعیت در این رابطه، به‌دست می‌آوریم:

$$\langle (\Delta x_i)^2 \rangle_t \langle (\Delta x_i)^2 \rangle_{t=0} \geq \frac{\hbar^2 t^2}{4m^2} \quad (2-4)$$

این نامساوی اقتضا می‌کند که حتی اگر در $t=0$ ذره‌ی آزاد دقیقاً جایگزیده شود، موقعیت آن با گذشت زمان نامتعیّن‌تر می‌گردد. این نتیجه‌ای است که حتی از مطالعه‌ی رفتار تحول زمانی بسته موج ذره‌ی آزاد نیز به‌دست می‌آید. بنابراین با فرض این‌که این ذره‌ی آزاد در لحظه اولیه جایگزیده در یک محدوده معین مکانی باشد، اما بدون هرگونه اندرکنش خارجی در لحظات بعد مدام گسترده شده و غیرجایگزیدگی ذاتی خودش را به نمایش می‌گذارد (Sakurai, 1994, ch 2, p. 85). غیرجایگزیدگی (Nonlocalizability) در فیزیک کوانتومی به این مطلب اشاره دارد که اشیاء

۱. ذره‌ی آزاد تحت تأثیر هیچ‌گونه پتانسیل، میدان یا نیروی خارجی قرار ندارد.

کوانتومی قبل از اندازه‌گیری، مکان مشخص و دقیقی ندارند. مفهوم غیرجایگزیدگی، از «ناموضعیّت» که با برهم‌کنش آنی ذرات کوانتومی درهم‌تنیده (Quantum Entanglement Particles)^۱ ارتباط دارد، متمایز است. با توجه به توضیح اصل موضعیّت که پیش‌تر به آن اشاره شد، روشن است که ناموضعیّت زمانی معنا دارد که دو شیء موجود باشند و به‌صورت فضاگونه مجزا باشند؛ درحالی‌که غیرجایگزیدگی خاصیتی ذاتی است که حتی برای تک‌شیء برقرار است. اگرچه تاکنون عامل غیرجایگزیدگی ناشناخته مانده، اما خود می‌تواند منشأ ناموضعیّت تلقی شود.

د) عدم قطعیت و حرکت جوهری

پیش‌تر اشاره شد که نظریه‌ی نوظهور کوانتوم توانست پاسخی برای مشاهدات حل نشده در فیزیک کلاسیک پیدا کند و افزون بر این، پیش‌بینی‌های علمی جدید و موفقیت‌آمیزی نیز ارائه دهد. اما در کنار این دستاوردهای تجربی، چالش‌های فلسفی جدیدی ایجاد کرد که فیزیک‌دانان در فیزیک کلاسیک با آن مواجه نبودند.^۲ لذا در رویارویی با این نظریه، دو راه برای آنان وجود داشت: (۱) از باورهای عمیق فلسفی خود دست می‌کشیدند و نظریه‌ی کوانتوم را تمام و کمال و با تمامی جوانب آن می‌پذیرفتند؛ چنان‌که مکتب کپنهاگی با پذیرش این رویکرد، قائل به نفی علیت و رئالیسم شد.

(۲) در پی تلاشی برای حل مشکلات فلسفی ایجاد شده برمی‌آمدند و نسبت به نظریه‌ی کوانتوم رویکردی انتقادی اتخاذ می‌کردند؛ زیرا مکانیک کوانتومی به‌لحاظ تجربی به‌خوبی پاسخ‌گو بود و نمی‌توانستند این نظریه را کنار بگذارند.

منتقدان با ناقص دانستن این نظریه‌ی جدید همچنان بر پذیرش رئالیسم اصرار ورزیده و توجیهاتی ارائه می‌دادند. پیش‌تر توضیح مختصری پیرامون این رویکرد کلی (معرفت‌شناسانه) در سه محور متفاوت بیان شد.

درجست‌وجوی راه‌حل جدیدی برای برطرف کردن چالش‌های فلسفی نظریه‌ی کوانتوم این

۱. وقتی دو ذره‌ی کوانتومی (یا بیشتر) درهم‌تنیده‌اند، به‌گونه‌ای باهم مرتبط هستند که حالت کوانتومی یکی از آن‌ها صرف‌نظر از فاصله‌ی بین آن‌ها، به‌طور مستقیم به حالت کوانتومی دیگری بستگی دارد. پس اگر روی یکی از این ذرات اندازه‌گیری صورت گیرد، بلافاصله و به‌طور آنی حالت ذره‌ی دیگر نیز مشخص می‌شود.

۲. اگرچه نمی‌توان ادعا کرد نظریه‌ی کوانتوم از ابتدای شکل‌گیری براساس نفی رئالیسم طراحی شده است، اما صحبت از احتمال‌ها و عدم قطعیت‌ها این پیامد فلسفی را به‌دنبال دارد.

پرسش برمی‌آید که اساساً مبانی فلسفی موجود تهدیدی برای این نظریه تلقی می‌شود یا می‌تواند مسیر جدیدی به روی علم جهت تحول و تکامل آن بگشاید؟ آیا می‌توان یک بنای فلسفی را تصور کرد که از طرفی عدم قطعیت را در متن هستی و واقعیت بپذیرد (نگاه هستی‌شناختی)، و از سوی دیگر با رئالیسم و علیت سازگار باشد؟

به نظر می‌رسد حکمت متعالیه‌ی صدرایی ظرفیت آن را دارد که از طریق حرکت جوهری بین نگاه هستی‌شناسانه‌ی عدم قطعیت و بنیادهای کلان فلسفی همچون رئالیسم و علیت وفاق و همسازی برقرار کند. برای بررسی این مسئله لازم است ابتدا به برخی مفاهیم و پیش‌انگاره‌های فلسفی بحث نیم‌نگاهی انداخته، سپس رابطه‌ی حرکت جوهری و تقریر هستی‌شناسانه‌ی عدم قطعیت را بازکاویم.

۱. مفهوم جوهر

جوهر ماهیتی است که تحقق و قوام آن در موضوع نیست. به تعبیر رایج اهل علم منطق و فیلسوفان (الجوهر ماهیة اذا وجدت فی الخارج، وجدّت لا فی موضوع مستغن عنها)؛ یعنی جوهر ماهیتی است که هرگاه در خارج تحقق پیدا کند وجودش قائم به چیزی که از آن بی‌نیاز باشد نیست. براساس این تعریف جوهر بر دوگونه است: (۱) قسمی که در هنگام وجود یافتن در هیچ موضوعی قرار نمی‌گیرد مانند هیولا یا ماده‌ی اولی؛ (۲) قسمی که هنگام تحقق یافتن در موضوعی قرار می‌گیرد که آن موضوع به این جوهر نیازمند است؛ مانند صورت که در ماده‌ی اولی تحقق می‌یابد و ماده برای فعلیت یافتنش به صورت نیازمند است. در مقابل جوهر، «عرض» قرار دارد که در تعریف آن گفته‌اند: (ماهیة اذا وجدت فی الخارج، وجدّت فی موضوع مستغن عنها). یعنی عرض آن چیزی است که اگر در خارج تحقق پیدا کند در موضوعی یافت می‌شود که آن موضوع در وجود خود نیازمند این عرض نیست؛ مانند اوصافی چون شیرینی، سفیدی و... که بدون موضوع امکان تحقق ندارند، ولی موضوع‌شان بدون آن‌ها امکان تحقق دارد (طباطبایی، ۱۳۹۰، ص ۱۵۳).

جواهر در دو بخش مادی و مجرد دسته‌بندی می‌شوند. نفس و عقل دو جوهر مجرد هستند. جواهر مادی عبارت‌اند از: هیولا، صورت، جسم. هیولا جوهری است که هیچ خاصیتی ندارد جز این‌که بالقوه سایر اشیا است. به بیان دیگر، جوهری است که هیچ فعلیتی ندارد. صورت، جوهر بالفعلی است که از هیچ جهت بالقوه نیست و منشأ آثار و خواص شیء است. روشن است که از ترکیب هیولا و صورت جسمیه، جسم به وجود می‌آید (عبودیت، ۱۳۸۴، ص ۱۸۰-۱۸۴).

۲. مفهوم جسم

چنان‌که از مطالب بالا روشن شد جسم مرکب از دو جوهر ماده و صورت است. جسم در فلسفه با دو عنوان جسم طبیعی و جسم تعلیمی معرفی می‌شود.

جسم طبیعی، جوهری است که در آن فرض ابعاد سه‌گانه یعنی طول و عرض و عمق امکان‌پذیر باشد؛ به‌گونه‌ای که این سه یکدیگر را قطع کنند و از تقاطع آنها سه زاویه قائمه به‌دست آید.

جسم تعلیمی کم متصلی است که پذیرای ابعاد سه‌گانه است و در نتیجه متعین است و بر جسم طبیعی عارض می‌شود (ابن‌سینا، ۱۳۹۲، ص ۴۳-۴۵).

بنابراین هر جسمی یک جنبه‌ی نامتعین دارد که همان جسم طبیعی است؛ و یک جنبه‌ی معلوم و متعین که همان جسم تعلیمی است. این دو وجه در واقع از هم جدا نیستند و تنها از جهت عقلی تحلیل متفاوتی دارند. اجسام موجود در طبیعت همگی مانند موم واحدی هستند که قادر است اشکال مختلفی به‌خود بگیرد. پس جسم طبیعی در عالم جسمانی یکی بیشتر نیست؛ اما جسم تعلیمی متکثر است که تفاوت‌شان از حیث ابهام و تعین است (صدرالمطالعهین، ۱۳۹۱م، ج ۴، ص ۱۰-۱۲).

درباره‌ی حقیقت جسم طبیعی دو دیدگاه وجود دارد:

- ۱) دیدگاه ذره‌گرا؛ جسم طبیعی را متشکل از مجموعه‌ای از ذرات تقسیم‌ناپذیر می‌داند.
- ۲) دیدگاه پیوسته‌گرا؛ این دیدگاه با نفی دیدگاه ذره‌گرا، معتقد است جسم طبیعی ساختاری پیوسته دارد. حال در این دیدگاه باید پرسید جسم طبیعی بسیط است یا مرکب؟ (حجتی، ۱۳۹۹، ص ۸-۱۰).

از نگاه ملاصدرا جسم طبیعی حاصل ترکیب اتحادی ماده و صورت است. او جسم طبیعی را یک وجود ممتد در زمان و مکان می‌داند که امتداد در جهات سه‌گانه ذاتی آن است (صدرالمطالعهین، ۱۳۹۱م، ج ۵، ص ۲۸۳-۲۸۶).

۲. اصالت وجود، لازمه حرکت در جوهر

اصالت وجود یکی از پایه‌های اصلی حکمت متعالیه است. بر این اساس، وجود، حقیقت عینی هر موجودی است. شارحان توضیح داده‌اند که از مواجهه با هر شیء خارجی دو مفهوم حاصل آمده و از یکدیگر تفکیک می‌شوند:

- ۱) مفهوم وجود، یعنی اصل و تحقق هستی.

(۲) مفهوم ماهیت، یعنی چیستی و چگونگی آن.

غالب فیلسوفان هر دو را اصل ندانسته، پس یکی از این دو حیث اصل است.

مراد از اصالت نیز آن است که کدام یک از این دو، واقعیت خارجی را تشکیل می‌دهد؟ (طباطبایی، ۱۳۹۰، ص ۱۸) و به تعبیری آنچه متن واقعیت را تشکیل می‌دهد و حقیقتاً در خارج تحقق دارد (نصیری محلاتی، ۱۳۹۳، ص ۲).

مفهوم اصالت وجود آن است که آنچه متن واقعیت را تشکیل می‌دهد و حقیقتاً در خارج تحقق می‌یابد، همان وجود است. اعتباری بودن ماهیت نیز به این معنا است که ماهیت، حد وجود و قالبی ذهنی است که از واقعیت خارجی و به تبع آن در ذهن منعکس می‌شود (مطهری، ۱۳۸۱، ص ۲۱۰).

۳. حرکت جوهری

حرکت در بیان فلسفی عبارت است از: تغییر تدریجی یا خروج تدریجی شیء از قوه به فعل؛ به عبارت دیگر حرکت، نحوه‌ای از وجود است که شیء به واسطه‌ی آن به تدریج از حالت قوه خارج شده و به فعلیت می‌رسد. تدریجی بودن آن به این معنا است که اجزایی که برای آن وجود فرض می‌شود در یک زمان واحد باهم جمع نمی‌شوند، بلکه در طول زمان به تدریج به وجود می‌آیند (مصباح یزدی، ۱۳۸۸، ص ۲۸۷).

پس هنگامی که گفته می‌شود جسمی دارای حرکت است به این معناست که ضرورتاً چیزی در آن به تدریج در حال عوض شدن است. آن چیزی از جسم که هنگام حرکت جسم پیوسته در حال عوض شدن است، «مسافت حرکت» نام دارد.

فیلسوفان پیش از صدرالمতالهین بر این باور بودند که فقط چهار مقوله‌ی عرضی کم، کیف، وضع و آین می‌توانند مسافت حرکت واقع شوند. به عقیده‌ی آنان هرگز جسم نمی‌تواند در ذات و جوهر خود حرکت کند، زیرا قوام هر حرکتی به موضوع آن است؛ لذا ذات ثابتی داریم که صفات و حالات آن تدریجاً دگرگون می‌شود. اگر بگوییم خود ذات هم ثباتی ندارد و همان‌گونه که صفات و اعراض آن دگرگون می‌شوند جوهر آن هم تحول می‌یابد، دیگر چیزی در دست نداریم تا این دگرگونی را به آن نسبت دهیم. اما صدرالمতالهین با دلایل متقنی ثابت کرد که مبدأ حرکت جوهر جسمانی است (صدرالمতالهین، ۱۹۸۱م، ج ۳، ص ۳۹-۴۰) و اساساً اگر حرکت در جوهر جسم واقع نشود، حرکت در اعراض آن توجیه معقولی نمی‌تواند داشته باشد. بنابراین جوهر هم می‌تواند مسافت حرکت واقع شود. پس به طور کلی حرکت در اعراض، پرتو و جلوه‌ی حرکت در جوهر است

(شیروانی، ۱۳۸۷، ص ۷۲).

معنای سخن فوق این است که ممکن است حرکتی در جسم پدید آید که به موجب آن، جوهر جسم، یعنی خود جسم، به تدریج و پیوسته عوض شود؛ به طوری که جسمی که در یک «آن» در حین حرکت می بینیم غیر از جسمی باشد که قبل یا بعد از این «آن» می بینیم. یعنی هرگاه در یکی از اعراض جسمی حرکتی مشاهده شود، آن جسم با همه‌ی متعلقاتش به تدریج در حال عوض شدن است و ممکن نیست در این حال خودش یا یکی از متعلقاتش ثابت باشد. بنابراین در هیچ جسمی در هیچ حالی ترکیبی از تغییر و ثبات وجود ندارد. به بیان دیگر، نمی توان پذیرفت که جنبه‌ای از شیء به تدریج تغییر کند و عوض شود و جنبه یا جنبه‌های دیگری از آن ثابت باقی بماند. ملاصدرا ثابت می کند هر جسمی در هر حالی حرکت جوهری دارد؛ بنابراین هیچ جسمی در هیچ حالی نه خودش و نه هیچ یک از صور و اعراضش بی حرکت نیستند؛ لذا همه چیز در جهان طبیعت لحظه به لحظه نو و تازه است (عبودیت، ۱۳۸۴، ص ۲۳۷-۲۵۵).

از دیدگاه صدرا چون حرکت به معنای تجدد و بی‌قراری است، فاعل مباشر حرکت نیز باید متجدد و بی‌قرار باشد؛ زیرا صدور متجدد از ثابت، محال است. این فاعل مباشر همان جوهر صوری جسم یا طبیعت آن است که ذاتاً سیال و ناآرام می باشد. از آن جا که ملاصدرا اصالت را به وجود می دهد نه ماهیت، حقیقت و عامل وحدت شخصی موجود را «وجود» آن می داند؛ چراکه اگر این عامل «ماهیت» باشد، با حرکت در جوهر وحدت شخصی جسم مخدوش می شود.

بنابر دیدگاه اصالت وجود، تنها وجود در عالم منشأ آثار است و مراتب مختلف هستی از ناحیه‌ی واجب الوجود (کمال مطلق و عین حقیقت هستی) افاضه می شود. بدین ترتیب هستی از ذات واجب الوجود (شدیدترین مرتبه‌ی وجود) تا ماده یا هیولا (پایین ترین و ضعیف ترین سطح ممکن وجود) تنزل یافته، یک نظام طولی مشکک از تجلیات و نمودهای واجب الوجود به منصفی ظهور درمی آید. البته لازمه‌ی وجود داشتن و تحقق، ثبات و قرار است که از ویژگی‌های موجود مجرد به شمار می رود. در پایین ترین درجه از عوالم هستی (عالم ماده) موجوداتی هستند که درواقع در مرز عدم بوده و به علت ضعف وجودی ثبات و قرار ندارند و متغیر بالذات هستند. همین ثبات در تغیر، عامل ارتباط این سطح و مرتبه از وجود به یک علت ثابت و مجرد (عقل آخر) است. علت هستی بخش، ذاتی را افاضه می کند که افاضه‌ی آن ملازم با نوع خاصی از امتداد (امتداد قوه، فعل و زمان) و بلکه عین امتداد است. بنابراین هم جوهر مادی و هم جوهر صوری ذاتاً متغیر و ناآرام است و عالم طبیعت ذاتاً متجدد می باشد (حجتی، ۱۴۰۰، ص ۱۷).

صدرالمتألهین ثابت کرد که حتی براساس اصول ارسطویی ماده و صورت نیز باید بپذیریم که جوهر عالم در حال حرکت دائم و مستمرند. یک لحظه ثبات و همسانی در جوهر عالم وجود ندارد و اعراض (یعنی نه مقوله‌ی دیگر) به تبع جوهرها در حرکت‌اند. از نظر ملاصدرا طبیعت مساوی است با حرکت، و حرکت مساوی است با حدوث و فنای مستمر و دائم و لاینقطع (مطهری، ۱۳۸۱، ص ۱۷۱).

۵. تجلی حرکت جوهری در دنیای کوانتومی

براساس اصل عدم قطعیت، شیء کوانتومی وضعیت متعین (Definite) ندارد. این عدم‌تعیین در مکان و سرعت جسم (شکل مشهور عدم قطعیت) وجود دارد. پس اشیاء کوانتومی باید غیرجایگزیده باشند، بدین معنا که تابع موج‌شان در عالم فراگیر باشد. اگرچه احتمال حضور شیء کوانتومی در مکان‌های مختلف یکسان نیست، اما در آن واحد در همه‌جای عالم احتمال حضور خواهد داشت.

در صورتی‌که غیرجایگزیدگی را ویژگی ذاتی شیء کوانتومی بدانیم، آن‌گاه عدم قطعیت به عنوان اصل اساسی و لازم، مقبول واقع می‌شود. اکنون سؤال اساسی این است که کدام حقیقت منجر به ظهور غیرجایگزیدگی در رفتار شیء کوانتومی می‌گردد؟ آیا صرفاً با نگاه فیزیکی می‌توان از این حقیقت پرده برداشت یا باید از مبانی و مفاهیم فلسفی بهره جست؟

چنان‌که براساس مبانی فلسفی و به لحاظ عقلی به این نتیجه برسیم که هیچ شیئی در عالم نمی‌تواند سکناى کامل داشته باشد و موجودیت در عالم طبیعت مساوی است با تغیر، آن‌گاه می‌توان ادعا کرد که هیچ شیئی در عالم جایگزیده‌ی محض نیست. به بیان دیگر، عدم تعین و غیرجایگزیدگی می‌تواند سازگار و هماهنگ با حرکت در جوهر که لحظه‌به‌لحظه منجر به تغیر در تمامی اعراض جسم می‌شود، تلقی شود. در این صورت چه‌بسا بتوان با ساخت مبانی هستی‌شناسانه، چالش‌های بنیادین مکانیک کوانتومی رایج را مرتفع کرد. اساساً چرا باید در جست‌وجوی فیزیکی با کمیت‌های متعین بود؟ بدین صورت بدون کنار گذاشتن صورت‌بندی رایج فیزیک کوانتومی، ممکن است تفسیر مقبول‌تری از آن ارائه کرد. مکانیک کوانتومی تاکنون کاملاً موفق بوده است؛ حتی مواردی که به نظر می‌آید چالش مکانیک کوانتومی شمرده شود، ظاهراً می‌تواند نقطه‌ی قوتی برای این نظریه باشد.

طبق این تعبیر، شیء نمی‌تواند از مابقی جهان مجزا باشد و در کل جهان گسترده است؛ اما اوج

حضور آن با بیشترین احتمال در مکانی است که مشاهده می‌شود. اگر حضور موجودی در طبیعت نمایان شود، یعنی سازوکاری بر آن حاکم باشد و تحولی داشته باشد، این حضور با کنش و واکنشی همراه می‌شود که منجر به عدم قطعیت می‌گردد؛ چراکه کنش صفر در حقیقت حکایت از نبودن دارد. به عبارت دیگر، بر جهان وحدتی حکمفرما است که در زمینه، پیوسته و مدام در حال دگرگونی است.

چه بسا در نگاه سطحی نگرانه بتوان مدعی جایگزیدگی شد، لیکن در نگرش دقیق و عمیق پذیرش آن چندان هموار نیست. اگر بپذیریم که جوهری جهان در تحرک دائمی است، سطحی‌ترین تجلی آن همان طبیعت است. این تحرک ممکن نیست صفر بشود، بلکه دامنه‌ی آن در سطح عالم کوچک و بزرگ می‌شود. این مفهوم در تلائم با عدم جایگزیدگی است و با نگاه کیفی، می‌تواند عدم قطعیت ذاتی را تبیین کند. در مکانیک کوانتومی، همین عدم قطعیت کمی‌شده و اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین نیازی به توجیه عدم قطعیت براساس سه رویکرد مطرح ذکر شده با نگاه معرفت‌شناسانه نخواهد بود؛ چراکه ذاتی بودن عدم قطعیت با عنایت به حرکت جوهری صدرایی بدون خدشه به اصل علیت و رئالیسم مقبول واقع می‌شود.

با ملاحظه‌ی توضیحات ارائه شده، روشن می‌شود که این تبیین با اصل عدم قطعیت در تعبیر کپنهاگی (دیدگاه هستی‌شناسانه) توافق دارد و عدم قطعیت را حقیقتی برآمده از واقع می‌داند؛ درعین حال علیت و رئالیسم را انکار نکرده و حاکمیت شانس را بر طبیعت نمی‌پذیرد. طبق این دیدگاه، عدم قطعیت نه تنها برای سیستم آماری، بلکه برای تک‌ذره نیز موجه و ضروری است. لازم به یادآوری است که مسیری که در نوشتار پیش رو برای توجیه فلسفی مفهوم غیرجایگزیدگی و در نتیجه عدم قطعیت دنبال شد، بهره‌گیری از مفهوم حرکت جوهری است. پرواضح است که رویکرد فلسفی صدرایی می‌تواند افقی نو و متفاوت از رویکردهای پیش‌تر اشاره شده، برای ما در تبیین عدم قطعیت ترسیم نماید.

نتیجه

اصل عدم قطعیت هایزنبرگ به عنوان یکی از مهم‌ترین اصول نظریه‌ی کوانتوم استاندارد مستمسک برخی از فلاسفه، فیلسوفان علم، و حتی فیزیک‌دانان برای خدشه وارد کردن به برخی اصول و مبانی فلسفی عمیق و پذیرفته شده در فیزیک کلاسیک قرار گرفت. البته برخی از بزرگان مشهور همچون

اینشتین (Einstein & Podolsky & Rosen, 1935) و بوهم^۱ سعی در اثبات ناکامل بودن نظریه‌ی استاندارد کوانتوم و یا ارائه‌ی نظریات جایگزین داشته‌اند. آنان کوشیدند اصل عدم قطعیت را در حد خطای اندازه‌گیری، یا یک رابطه‌ی عدم تعین نه یک اصل ذاتی طبیعت، یا یک انحراف از معیار آماری بپذیرند تا اصول فلسفی همچون رئالیسم و علیت را محفوظ نگاه دارند. به‌طور خلاصه چنین می‌توان گفت که در نگرش به اصل عدم قطعیت دو رویکرد کلی اتخاذ شده است:

(۱) پذیرش این اصل با پرهیز از پرداختن به مباحث فلسفی، یا کنار گذاشتن اصول مهمی چون رئالیسم و علیت (جمع این دو نظر، دیدگاه غالب و استاندارد موجود است)؛

(۲) داشتن دیدگاه انتقادی نسبت به آن و جست‌وجو جهت ارائه‌ی تفسیر بهتر و کامل‌تر (غالباً از نوع معرفت‌شناسانه) از نظریه‌ی استاندارد یا حتی کشف نظریات جایگزین.

در این مقاله سعی شده با نگاهی متفاوت و هستی‌شناسانه، با بهره‌گیری از مفهوم حرکت جوهری در حکمت صدرایی که رئالیسم و علیت اساس آن است، توضیحی بنیادین برای عدم قطعیت کوانتومی ارائه شود. این تبیین بر مبنای تغییر و حرکت ذاتی ناشی از حرکت جوهری اجسام است که می‌تواند در تلائم با ویژگی غیرجایگزیدگی ذوات کوانتومی باشد. مفهوم غیرجایگزیدگی اشیاء کوانتومی حالت طبیعی دوگانگی موج-ذره و همچنین عدم تعین هم‌زمان کمیات ناسازگاری چون مکان و سرعت (عدم قطعیت هایزنبرگ) را معرفی و توجیه می‌کند. شایان ذکر است که مقصود از تغییر ذاتی، صرف یک حرکت سریع نسبی در فیزیک نمی‌باشد. این گونه نیست که مثلاً الکترون (به‌عنوان یک شیء کوانتومی) چنان سریع حرکت می‌کند که اندازه‌گیری مکان دقیقش را ناممکن می‌سازد! از آنجا که اندازه‌گیری سرعت در فیزیک به ناظر (چارچوب) بستگی دارد، با استفاده از ابزار ریاضی حتی می‌توان حرکت سریع شیء را در چارچوب دیگری با مقدار صفر اندازه گرفت. بنابراین تغییر ذاتی گویای تحول (Time Evolution) ذاتی شیء می‌باشد، نه صرف سرعت و حرکت فیزیکی. با توجه به توضیح مفهوم غیرجایگزیدگی با رویکرد هستی‌شناسانه، پیشنهاد می‌شود به‌جای تعبیر «عدم قطعیت» که چالش‌های فلسفی را در پی دارد، واژه‌ی «تحول» به‌کار

1. Bohm, David (1952). A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables I, *Phys. Rev.* 85 (166).

Bohm, David (1952). A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables II, *Phys. Rev.* 85 (180).

رود.

فارغ از بحث تخصصی و خاص مربوط به محتوای این مقاله و به‌طور کلی‌تر، شاید بتوان این پژوهش را به‌عنوان یک نمونه در معرفی و غنای بالای حکمت صدرایی برای بنیان‌سازی و بازخوانی نظریات و پدیده‌های مدرن طبیعی به حساب آورد.



منابع و مأخذ

۱. ابن‌سینا، حسین‌بن عبدالله (۱۳۹۲). اشارات و تنبیهات، ترجمه حسن ملک‌شاهی، ج ۱، چاپ هشتم، تهران: انتشارات سروش.
۲. باریور، ایان (۱۳۹۲). دین و علم، ترجمه پیروز فطورچی، تهران: سازمان انتشارات پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی.
۳. حجتی، فرید؛ منفرد، مهدی؛ رزمی، حبیب‌الله (۱۳۹۹). «بررسی تطبیقی «اتصال جسم طبیعی» در فلسفه اسلامی با مفهوم «میدان» در فیزیک جدید»، آیین حکمت، ۴۵.
۴. حجتی، فرید؛ منفرد، مهدی؛ رزمی، حبیب‌الله (۱۴۰۰). «بررسی تطبیقی تحول جسم طبیعی در فلسفه ملاصدرا با تحول مستمر «ذرات» کوانتومی»، فصلنامه پژوهش‌های فلسفی کلامی، ۲۳ (۸۷)، ۳۱-۵۴.
۵. رزمی، حبیب‌الله (۱۳۹۰). قضیه بل، رئالیسم (غیر)موضعی، قم: انتشارات دانشگاه قم.
۶. رزمی، حبیب‌الله (۱۴۰۰). درسنامه مباحث مکانیک کوانتومی در فیزیک و فلسفه، تنظیم محمدعلی لطفی، قم: انتشارات دانشگاه باقرالعلوم علیه السلام.
۷. الشیرازی، سیدصدرالدین (صدرالمآلهین) (۱۹۸۱م). الحکمة المتعالیة فی الاسفار العقلیة الاربعة، ج ۳، الطبعة الثالثة، بیروت: دار احیاء التراث العربی.
۸. شیروانی، علی (۱۳۸۷). شرح مصطلحات فلسفی بداية الحکمة و نهاية الحکمة؛ چاپ اول، قم: بوستان کتاب.
۹. طباطبائی، محمدحسین (۱۳۹۰). نهاية الحکمة، ج ۱، قم: دفتر انتشارات اسلامی.
۱۰. عبودیت، عبدالرسول (۱۳۸۴). درآمدی بر فلسفه اسلامی، چاپ چهارم، قم: مرکز انتشارات مؤسسه آموزشی و پژوهشی امام خمینی (ع).
۱۱. گاسیوروویچ، استفان (۱۳۸۶). فیزیک کوانتومی، ترجمه جمیل آریایی، محمدرضا مطلوب، چاپ سوم، مشهد: انتشارات نما.
۱۲. گلشنی، مهدی (۱۳۹۰). تحلیلی از دیدگاه‌های فلسفی فیزیکدانان معاصر، تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.
۱۳. مصباح یزدی، محمدتقی (۱۳۸۸). آموزش فلسفه، ج ۲، چاپ هشتم، تهران: نشر بین‌الملل.

۱۴. مطهری، مرتضی (۱۳۸۱). مجموعه آثار، ج ۵، چاپ هشتم، قم: انتشارات صدرا.
۱۵. نصیری محلاتی، احمد؛ کهنسال، علیرضا؛ مسعودی، جهانگیر (۱۳۹۷). «نگرشی تطبیقی بر اندیشه اصالت وجود و نظریه مکانیک کوانتومی»؛ حکمت صدرایی، سال ششم، شماره دوم.

References

1. Ballentine, Leslie (1998). **Quantum Mechanics**, London: World scientific Publishing Company, Pte. Ltd.
2. Bohm, David (1952). A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables I, **Phys. Rev.** 85 (166).
3. Bohm, David (1952). A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables II, **Phys. Rev.** 85 (180).
4. Einstein, A. Podolsky, B. Rosen, N. (1935). "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?", **Phys. Rev.** 47 (777).
5. Heisenberg, Werner (1969). **Physics and Beyond**, (Translated from the German by Arnold J. Pomerans). World Perspectives Volume Forty-two, Planned and Edited by Ruth Nanda Anshen Digital Editor: Antwan. epubLibre.
6. Heisenberg, Werner (1985). **Physics and Philosophy**, New York: Harper & Row.
7. Sakurai, J. J. and Napolitano, J. (1994). **Modern Quantum Mechanics**, (2nd Ed), Page 85, Addison Wesley.
8. Sakurai, J. J. and Napolitano, J. (1994). **Modern Quantum Mechanics**, (2nd Ed), Page 85, Addison Wesley.