Journal of Explorations in Philosophy and Religion
Volume 3. Issue 2. Autumn and Winter 2024. Pages 65 to 83.

Research Paper

Quantum Entanglement: A Challenge to Physicalism

Seyed Mohsen Hashemi*[1], Seyyed Mohammad Ali Dibaji[2]

[1] Master's degree, Philosophy of Religion, Farabi Campus, University of Tehran
[2] Associate Professor, Department of Philosophy and Islamic Theology, Farabi Campus, Faculty of Theology, University of Tehran

10.22080/jre.2025.28087.1226

Received:
November 22, 2024
Accepted:
January 6, 2025
Available online:
February 15, 2025

Keywords:
Quantum entanglement, Quantum superposition, Physicalism, Locality principle, Quantum

Abstract

What is quantum entanglement and what implications does it have for our understanding of physicalism, particularly in the context of the nature of reality and the relationship of particles to each other? How does the phenomenon of quantum entanglement challenge traditional notions of causality and locality in physical theories? Can quantum entanglement be reconciled with a materialist view of the world, or does this require a paradigm shift in our understanding of consciousness and reality? Physicalism, the philosophical position that the physical world is the only reality, has long been the dominant view in philosophy. However, recent discoveries in quantum mechanics, particularly the phenomenon of entanglement, challenge the physicalist interpretation of existence. This article uses a descriptive-analytical approach to answer the above questions and concludes that quantum entanglement provides implications such as quantum nonlocality, quantum teleportation, holism, correlation, and quantum consciousness that provide a serious critique and challenge to physicalism. Quantum entanglement, characterized by nonlocal correlations between particles, challenges fundamental assumptions of physicalism, particularly its reliance on the principles of locality and determinism, and physical certainty and predictability. We also argue, by examining the role of the observer in quantum measurement, that the act of observation not only affects the state of entangled systems but also raises profound questions about the nature of reality and consciousness. In this paper, physicalism is critiqued through the lens of quantum entanglement, a phenomenon that fundamentally challenges our classical intuitions about reality.

*Corresponding Author: Seyed Mohsen Hashemi
Address: Farabi Campus, University of Tehran
Email: hashemi.mohsen.s@ut.ac.ir
Tel: 09123519673

Volume 3. Issue 2. Autumn and Winter 2024. Pages 65 to 83.

Extended Abstract

1. Introduction

Quantum entanglement is a phenomenon in which two or more particles are linked together in such a way that their quantum states cannot be described independently. These particles are completely correlated, even at great distances, and measuring the state of one of them instantly determines the state of the other. This phenomenon contradicts the principle of locality in physics, which states that objects are only affected by objects close to them. Also, the theory of special relativity limits the speed of effects to the speed of light. While classical physics emphasizes the existence of independent particles, in the quantum world, particles can be superposed and their properties depend on each other.

2. Methods

By employing the analytical-descriptive method, the article aims to provide a comprehensive understanding of the quantum entanglement problem and its philosophical significance. This approach not only clarifies complex ideas but also invites readers to critically engage with the challenges that quantum mechanics poses to established philosophical doctrines.

3. Results

The theory of quantum entanglement challenges the limitations of physicalism and suggests a need to rethink the relationship between the physical and non-physical aspects of reality. It suggests that the physical world is not an independent system, but rather an open, relational system that is influenced by non-physical entities. To better understand reality, a multidisciplinary and comprehensive approach is needed that includes both physical and non-physical perspectives. By embracing the complexities of entanglement, we may discover new insights into the nature of reality and our place in it. It leads us to rethink our understanding of reality and our relationship to the world around us.

Funding

There is no funding support

Authors' contribution

The authors of this article are Seyyed Mohsen Hashemi and Seyyed Mohammad Ali Dibaji.

Conflict of interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

I would like to express my gratitude to all the teachers who helped me write this article.

References

Yin, Juan; Cao, Yuan; Yong, Hai-Lin; Ren, Ji-Gang; Liang, Hao; Liao, Sheng-Kai; Zhou, Fei; Liu, Chang; Wu, Yu-Ping; Pan, Ge-Sheng; Li, Li; Liu, Nai-Le; Zhang, Qiang; Peng, Cheng-Zhi; Pan, Jian-Wei (2013). "Bounding the speed of 'spooky action at a distance". Physical Review Letters. 110 (26): 260407.

Einstein A, Podolsky B, Rosen N; Podolsky; Rosen (1935). "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?". Phys. Rev. 47 (10): 777–780.

Bancal, Jean-Daniel; Pironio, Stefano; Acin, Antonio; Liang, Yeong-Cherng; Scarani, Valerio; Gisin, Nicolas (2012). "Quantum nonlocality based on finite-speed causal influences leads to superluminal signaling". Nature Physics. 8 (867): 867–870.

Thomas Vidick; Stephanie Wehner (2011). "More Non-locality with less Entanglement". Physical Review A. 83 (5): 052310.

Churchland, P. M. (1981). Eliminative Materialism and the Propositional Attitudes. Journal of Philosophy, 68(2), 67-90.

Oppenheim, P., & Putnam, H. (1958). Unity of Science as a Working Hypothesis. Minnesota Studies in the Philosophy of Science, 2, 3-36.

Davidson, D. (1970). Mental Events. Experience and Theory, 79-101.

Jackson, F. (1982). Epiphenomenalism. Journal of Philosophy, 79(2), 150-155.

S Kochen and E P Specker, The problem of hidden variables in quantum mechanics, Journal of Mathematics and Mechanics 17 (1967), 59–87.

Aspect, Alain; Dalibard, Jean; Roger, Gérard (1982-12-20). "Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time- Varying Analyzers". Physical Review Letters. 49 (25): 1804–1807.

Furuta, Aya (2012), "One Thing Is Certain: Heisenberg's Uncertainty Principle Is Not Dead", Scientific American.

V. P. Belavkin (1989). "A new wave equation for a continuous non-demolition measurement". Physics Letters A. 140 (7–8): 355–358.

Heisenberg, W. (1930), Physikalische Prinzipien der Quantentheorie, Leipzig: Hirzel English translation The Physical Principles of Quantum Theory. Chicago: University of Chicago Press, 1930.

V. P. Belavkin (1992). "Quantum continual measurements and a posteriori collapse on CCR". Communications in Mathematical Physics. 146 (3): 611–635.

Boschi, D.; Branca, S.; De Martini, F.; Hardy, L.; Popescu, S. (9 February 1998). "Experimental Realization of Teleporting an Unknown Pure Quantum State via Dual Classical and Einstein-Podolsky-Rosen

Volume 3. Issue 2. Autumn and Winter 2024. Pages 65 to 83.

Channels". Physical Review Letters. 80 (6): 1121–1125.

Bouwmeester, Dik; Pan, Jian-Wei; Mattle, Klaus; Eibl, Manfred; Weinfurter, Harald; Zeilinger, Anton (1 December 1997). "Experimental quantum teleportation". Nature. 390 (6660): 575–579.

Seevnick, M.P. (2004), "Holism, physical theories and quantum mechanics", Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, 35 (4): 693.

Bruza, P.D., Fell, L., Hoyte, P., Dehdashti, S., Obeid, A., Gibson, A., and Moreira, C., 2023, “Contextuality and context-sensitivity in probabilistic models of cognition,” Cognitive Psychology, 140: 101529.

دوره ۳. شماره ۲. پاییز و زمستان ۱۴۰۳. صفحات ۶۵ تا ۸۳.

علمی

مساله درهمتنیدگی کوانتومی؛ چالشی برای فیزکالیسم

سید محسن هاشمی[1*]، سید محمد علی دیباجی[2]

[1] کارشناسی ارشد، فلسفه دین، پردیس فارابی دانشگاه تهران
[2] دانشیار، فلسفه اسلامی، پردیس فارابی دانشگاه تهران

10.22080/jre.2025.28087.1226

تاریخ دریافت:
۲ آذر ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش:
۱۷ دی ۱۴۰۳
تاریخ انتشار:
۲۷ بهمن ۱۴۰۳

کلیدواژه ها:
درهمتنیدگی کوانتومی، برهم نهی کوانتومی، فیزیکالیسم، اصل موضعیت، کوانتوم

چکیده

درهمتنیدگی کوانتومی چیست و چه تأثیراتی بر فهم ما از فیزیکالیسم دارد، به ویژه در زمینه ماهیت واقعیت و ارتباط ذرات با یکدیگر؟ پدیده درهمتنیدگی کوانتومی چگونه مفاهیم سنتی علیت و موضعیت را در نظریه‌های فیزیکی به چالش می‌کشد؟ آیا درهمتنیدگی کوانتومی را می‌توان با دیدگاه ماتریالیستی از جهان تطبیق داد، یا این امر مستلزم تغییر پارادایم در درک ما از آگاهی و واقعیت است؟ فیزیکالیسم، این موضع فلسفی که جهان فیزیکی تنها واقعیت است، از دیرباز دیدگاه غالب در فلسفه بوده است. با این حال، اکتشافات اخیر در مکانیک کوانتومی، به‌ویژه پدیده درهم تنیدگی، تفسیر فیزیکالیستی از هستی را به چالش می‌کشد. این مقاله به روش توصیفی-تحلیلی در پاسخ به سوالات بالا به این مطلب رسیده است که درهمتنیدگی کوانتومی، پیامدهایی از قبیل ناموضعیت کوانتومی، دورنوردی کوانتومی، کل گرایی، همبستگی و آگاهی کوانتومی را فراهم می‌کند که نقد جدی و چالش مهمی را علیه فیزکالیسم ارائه می‌کند. درهمتنیدگی کوانتومی، که با همبستگی‌های ناموضعیت بین ذرات مشخص می‌شود، مفروضات بنیادی فیزیکالیسم، به‌ویژه اتکای آن به اصل موضعیت و جبرگرایی و قطعیتِ فیزیکی و پیش بینی پذیری را به چالش می‌کشد. همچنین با بررسی نقش ناظر در اندازه‌گیری کوانتومی، استدلال می‌کنیم که عمل مشاهده نه تنها بر وضعیت سیستم‌های درهم‌تنیده تأثیر می‌گذارد، بلکه سؤالات عمیقی در مورد ماهیت واقعیت و آگاهی ایجاد می‌کند. در این مقاله فیزیکالیسم از دریچه درهمتنیدگی کوانتومی مورد نقد قرار می‌گیرد، پدیده‌ای که اساساً شهود کلاسیک ما در مورد واقعیت را به چالش می‌کشد.

* **نویسنده مسئول:** سید محسن هاشمی
آدرس: پردیس فارابی دانشگاه تهران
ایمیل: hashemi.mohsen.s@ut.ac.ir
تلفن: ۰۹۱۲۳۵۱۹۶۷۳

۱ مقدمه

درهمتنیدگی کوانتومی پدیده‌ای است که زمانی اتفاق می‌افتد که دو یا چند ذره، به گونه‌ای به هم متصل شوند که حالت‌های کوانتومی آنها را نمی‌توان به طور مستقل توصیف کرد، بلکه بدون توجه به فاصله بین آنها حتی اگر با فواصل زیادی به اندازه سال نوری از هم جدا شوند، یا حتی به طور فرضی در طرف دیگری از جهان قرار بگیرند، کاملا همبستگی دارند.

این بدان معناست که اندازه‌گیری یک ذره فورا وضعیت ذره دیگر را نشان می‌دهد، صرف نظر از اینکه چقدر از هم فاصله دارند. این پدیده منطقی به نظر نمی‌رسد چرا که *اصل موضعیت*[1] را نقض می‌کند. اصل موضعیت در فیزیک می‌گوید هر شی تنها تحت تاثیر اشیایی قرار می‌گیرد که به‌طور بلافَصْل در محدوده اطراف آن قرار دارند. نظریه *نسبیت خاص*[2]، سرعت چنین اثرگذاری‌هایی را به سرعت نور محدود می‌کند.

ماهیت درهمتنیدگی کوانتومی ضد شهودی است، زیرا برخلاف درک کلاسیک ما از فیزیک است. طبق فیزیک کلاسیک، ذرات مستقل از یکدیگر وجود دارند و خواص آنها را می‌توان بدون تأثیر بر یکدیگر اندازه‌گیری کرد. با این حال، در دنیای کوانتومی، ذرات می‌توانند برهم نهی داشته باشند؛ به این معنی که می‌توانند حالت‌های بالقوه فیزیکی متعددی داشته باشند به طوری که مقادیر کمی یا کیفی خاصی، تا زمانی که اندازه‌گیری مشاهده‌ای انجام نشود، نامشخص باقی می‌مانند.

درهمتنیدگی کوانتومی پیامدهای عمیقی برای ماهیت واقعیت دارد. به عنوان مثال، درهمتنیدگی کوانتومی نشان می‌دهد که اطلاعات یک موجود فیزیکی ملموس نیست، بلکه یک مفهوم انتزاعی است که به طور تنگاتنگی با حالت کوانتومی ذرات مرتبط است. علاوه بر این، درهمتنیدگی کوانتومی نشان می‌دهد که اطلاعات می‌توانند سریعتر از نور منتقل شوند، که به شدت نظریه نسبیت را که تاکنون کاملا تأیید شده است و بیش از یک قرن پیش توسط آلبرت اینشتین برای ما توصیف شده است، به چالش بکشد.

این نشان می‌دهد که واقعیت تا زمانی که مشاهده نشود تعیین نمی‌شود و این تعارض جدی با بنیان‌های فیزکالیسم دارد. درهمتنیدگی همچنین نشان می‌دهد که ممکن است متغیرها یا ابعاد پنهانی وجود داشته باشند که بر رفتار سیستم‌های کوانتومی حاکم باشند به طوری که استاندارد فیزیکی را به چالش بکشند.

در خصوص این موضوع تا کنون مقاله‌ای به زبان فارسی کار نشده است، اما در میان فیلسوفان غربی مقالات مشابهی کار شده است که به نظر می‌رسد نیاز به توسعه و بررسی جوانب دیگر این مساله دارد.

اهمیت و نوآوری این پژوهش در ارتباط میان رشته‌ای آن و به چالش کشیدن نظریه‌های کلاسیک و سنتی از ماهیت واقعیت و تاکید بر جنبه‌های ناپیدای هستی را نمایان‌تر می‌کند. به بیان دیگر درهمتنیدگی کوانتومی، شهود کلاسیک در مورد نحوه تعامل اجسام را به چالش می‌کشد. در فیزیک کلاسیک، اشیاء موجودیت‌های مستقلی در نظر گرفته می‌شوند که از طریق فعل و انفعالات محلی برهم کنش می‌کنند؛ به این معنی که تغییرات در یک شی نمی‌تواند فوراً روی شی دیگر در فاصله تأثیر بگذارد. با این حال، ذرات درهم تنیده همبستگی‌هایی را نشان می‌دهند که از جدایی فضایی فراتر می‌روند و منجر به چیزی می‌شوند که اینشتین آن را «*عمل شبح‌آمیز در فاصله*[3]» نامید. این پدیده سؤالات اساسی در مورد ماهیت واقعیت ایجاد می‌کند: آیا ذرات واقعاً موجودات مستقلی هستند یا اساساً به روش‌هایی که ما هنوز درک

[1]- Principle of locality.
[2]- Special Relativity(SR).
[3]- Spooky action at a distance.

نکرده ایم به هم مرتبط هستند؟ این نظریه، متافیزیکِ سنتیِ جدایی و فردیت در جهان را به چالش می‌کشد.

همبستگی آنی بین ذرات درهم تنیده، شکلی از ناموضعیت کوانتومی[1] را نشان می‌دهد که با درک کلاسیک علیت - یعنی علت باید در زمان و مکان مقدم بر اثر باشد - در تضاد است. این امر پرسش‌های فلسفی را در مورد ساختار زمان و اینکه آیا مفاهیم متعارف ما از علت و معلول باید بازتعریف شوند، افزایش می‌دهد. همچنین این نظریه به بحث در مورد جبرگرایی و اراده آزاد توسعه پیدا می‌کند؛ زیرا درهمتنیدگی به جهانی اشاره می‌کند که در آن رویدادها ممکن است به شیوه‌ای خطی یا قابل پیش بینی آشکار نشوند.

درهمتنیدگی همچنین سوالاتی را در مورد نقش ناظر در قلمرو کوانتومی ایجاد می‌کند. به نظر می‌رسد که عمل اندازه‌گیری بر وضعیت یک سیستم درهم‌تنیده تأثیر می‌گذارد و منجر به بحث‌هایی در مورد اینکه آیا آگاهی در شکل‌دهی واقعیت نقشی دارد یا خیر؟ این تلاقی بین مکانیک کوانتومی و آگاهی، کاوش‌های فلسفی را به ماهیت آگاهی و رابطه آن با جهان فیزیکی دعوت می‌کند.

پیامدهای فلسفی درهمتنیدگی کوانتومی فراتر از فیزیک است تا به پرسش‌های وجودی در مورد جهان و جایگاه ما در آن بپردازد. همانطور که ما با این ایده‌های پیچیده دست و پنجه نرم می‌کنیم، مجبور هستیم که معنای وجود در جهانی را که در آن ارتباطات می‌تواند از مرزهای متعارف فراتر رود، بازنگری کنیم. این کاوش تفکر عمیق‌تر را در مورد اسرار موجود در هسته و درک ما از آنچه واقعیت را تشکیل می‌دهد تشویق می‌کند.

به طور خلاصه، درهمتنیدگی کوانتومی به عنوان کاتالیزوری برای پرسش‌های فلسفی عمل می‌کند و ما را بر آن می‌دارد تا باورهای بنیادی خود در مورد واقعیت[2]، علیت[3] و خود هستی را دوباره ارزیابی کنیم. مفاهیم آن، پارادایم‌های ایجاد شده را به چالش می‌کشد و ما را تشویق می‌کند تا درک ظریف‌تری از جهان داشته باشیم؛ درکی که شبکه پیچیده روابطی را تایید می‌کند که همه چیز را به هم متصل می‌کند.

۲ درهمتنیدگی کوانتومی

درهمتنیدگی کوانتومی[4] یا درهم‌تافتگی کوانتومی، یک خاصیت کوانتومی است که دو ذرّه مختلف را به هم مرتبط می‌کند، به طوری که اگر یکی را اندازه‌گیری کنید، به‌طور خودکار و فوراً از وضعیت دیگری هم مطلع می‌شوید - مهم نیست چقدر از هم فاصله دارند.

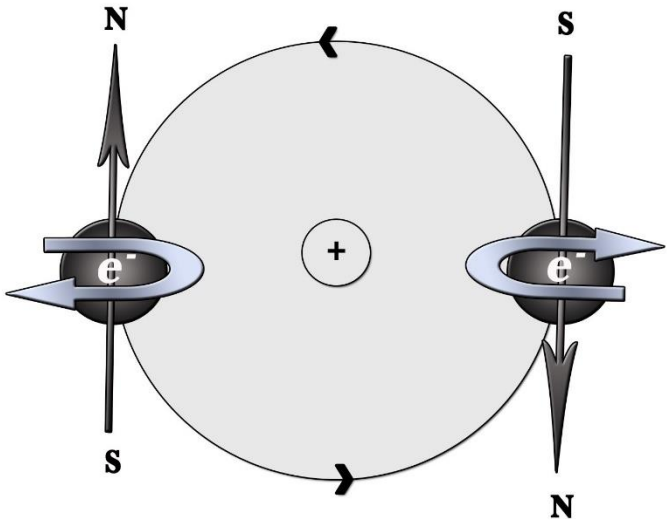
درهمتنیدگی هنگامی رخ می‌دهد که گروهی از ذرات تولید شده، برهم کنش می‌کنند یا در مجاورت فضایی (مکانی) قرار می‌گیرند، به گونه‌ای که حالت کوانتومی هیچ ذرّه درون گروه را نتوان به‌طور مستقل از حالت سایر ذرّات توصیف نمود. این حالت وقتی که ذرّات در فاصله زیاد از یکدیگر قرار داشته باشند نیز رخ می‌دهد. موضوع درهمتنیدگی کوانتومی در قلب ناهم‌خوانی بین فیزیک کلاسیک و کوانتومی قرار دارد: درهمتنیدگی یکی از ویژگی‌های اصلی مکانیک کوانتومی است که مکانیک کلاسیک فاقد آن می‌باشد. (ژیزا، ۱۳۹۹، ۶۶)

در مواردی، اندازه‌گیری‌های خواص فیزیکی چون *مکان*[5]، *تکانه*[6]، *اسپین*[7] و *قطبش*[8]، روی ذرّات درهم‌تنیده کاملاً با هم همبستگی دارند. به عنوان مثال، اگر یک جفت از ذرّات درهم‌تنیده تولیدشوند، چنان‌که اسپین کل آن‌ها صفر باشد و یکی از آن‌ها

[1]- Quantum nonlocality.
[2]- Reality.
[3]- Causality.
[4]- Quantum Entanglement.

۵- Position.
۶- Momentum.
۷- Spin.
۸- Polarization.

اسپین بالا(Up) حول محور اول داشته باشد، آنگاه اگر اسپین ذرّه دیگر را روی همان محور اندازه بگیریم، پایین(Down) خواهد بود. (نمودار ۱)



نمودار ۱

چنین پدیده‌هایی موضوع مقاله ۱۹۳۵ میلادی بودند که توسط *آلبرت اینشتین*[1]، *بوریس پودولسکی*[2] و *ناتان روزن*[3] نوشته شد. همچنین این پدیده‌ها موضوع مقالات متعددی بود که مدت کوتاهی پس از آن توسط *اروین شرودینگر*[4] نوشته شدند و به توصیف چیزی پرداخت که بعدها به پارادوکس EPR معروف شد.

۳ پارادوکس EPR[5]

پارادوکس اینشتین-پودولسکی-روزن (EPR) یک آزمایش فکری است که توسط آلبرت اینشتین، بوریس پودولسکی و ناتان روزن در سال ۱۹۳۵ پیشنهاد شد و اصول مکانیک کوانتومی را به چالش کشید. در این سال، اینشتین، پودولسکی و روزن در مقاله‌ای تحت عنوان «آیا توصیفِ مکانیک کوانتومی از واقعیت فیزیکی را می‌توان کامل دانست؟» که بعدها به مقاله EPR معروف شد، نتیجه گرفتند که این توصیف کامل نیست. با توجه به اینکه نمی‌توان به سادگی ادعا کرد که هیچ نظریه علمی تصویر کاملی از همه پدیدارها ارائه می‌دهد، این پرسش پیش می‌آید که پس تاکید بر این امر در مکانیک کوانتومی به چه معناست؟[6] (منصوری، ۱۳۸۵)

این پارادوکس یک مفهوم اساسی در تاریخ مکانیک کوانتومی است و تأثیر قابل توجهی بر درک ما از ماهیت واقعیت داشته است. پارادوکس EPR مبتنی بر ایده «*درهم تنیدگی*» است، که در آن دو یا چند ذره به گونه‌ای به هم متصل می‌شوند که بدون توجه به فاصله بین آنها، خواص آنها با هم مرتبط می‌شود. این پارادوکس بیان می‌کند که اگر دو ذره در هم تنیده شوند و حالت یک ذره اندازه‌گیری شود، بدون توجه به فاصله بین آنها، وضعیت ذره دیگر

1- Albert Einstein.
2- Boris Podolsky.
3- Nathan Rosen.
4- Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger.
5- Einstein–Podolsky–Rosen paradox.
6- Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?

فوراً مشخص می‌شود. در اینجا یک توضیح ساده از پارادوکس EPR آورده شده است:

۱. دو ذره A و B را تصور کنید که به گونه‌ای در هم تنیده شده‌اند که خواص آنها (مثلاً اسپین، تکانه یا انرژی) با هم مرتبط است.

۲. فرض کنید ذره A اندازه‌گیری می‌شود و حالت آن به عنوان مثال "spin up" تعیین می‌شود.

۳. با توجه به مکانیک کوانتومی، وضعیت ذره B بدون در نظر گرفتن فاصله بین ذرات – هر چه قدر هم که طولانی باشد - فوراً به عنوان "spin down" تعیین می‌شود.

۴. این پارادوکس به این دلیل به وجود می‌آید که به نظر می‌رسد عمل اندازه‌گیری ذره A فوراً بر وضعیت ذره B تأثیر می‌گذارد، حتی اگر آنها با فواصل زیادی از هم جدا شوند.

اینشتین و دیگران، چنین رفتاری را غیرممکن برشمرده و آن را در تضاد با دیدگاه واقعیت‌گرایانه (رئالیسم) موضعی، نسبت به علیت دانسته - اینشتین از آن به عنوان «*کنش شبح وار از راه دور*» یاد می‌کرد - و از این رو استدلال می‌کردند که لزوماً باید فرمول‌بندی پذیرفته‌شده در مکانیک کوانتومی ناقص باشد.

با این حال، بعدها، پیش‌بینی‌های ضدشهودی مکانیک کوانتومی، در آزمایش‌هایی که قطبش یا اسپین ذرات درهم‌تنیده در موقعیت‌های جدا از هم اندازه‌گیری شدند، تأیید شده (Juan et al.,2013)

با توجه به توضیحات فوق روشن شد که اصل درهمتنیدگی کوانتومی دارای تفاسیر مختلفی از قبیل *تفسیرکپنهاگی*[1] و تفسیر دنیاهای چندگانه[2] و... می‌باشد، لکن بر اساس برخی از این تفاسیر، اثر یک اندازه‌گیری، به‌طور آنی ظهور پیدا می‌کند.

یکی از ویژگی‌های تعیین کننده درهمتنیدگی کوانتومی، ناموضعیت آن است، یعنی ذرات درهم تنیده از طریق هیچ وسیله فیزیکی مانند امواج الکترومغناطیسی که مثلا واسطه کمیت فیزیکی هستند که ما آن را به عنوان نور درک می‌کنیم، با یکدیگر ارتباط برقرار نمی‌کنند. در عوض، به نظر می‌رسد که آنها به گونه‌ای به هم مرتبط هستند که فراتر از مکان و زمان است.

۴ پیامدهای درهمتنیدگی کوانتومی

درهمتنیدگی کوانتومی سنگ بنای مکانیک کوانتومی است و نشان می‌دهد که چگونه ذرات می‌توانند به روش‌هایی به هم متصل شوند به طوری که درک

[1]- تفسیر کپنهاگی (Copenhagen interpretation)، تعبیر استاندارد مکانیک کوانتومی است که توسط "نیلز بوهر" و "ورنر هایزنبرگ"، هنگامی که آن‌ها در حدود سال ۱۹۲۷ در کپنهاگ همکاری داشتند، فرمول‌بندی شد. بر اساس تفسیر کُپنهاگی از مکانیک کوانتومی، حالت دو ذره جفت شده تا زمان مشاهده نامعین باقی می‌ماند. با انجام اندازه‌گیری یکی از کمیت‌های جفت شده ذره اول معین می‌شود، این امر موجب می‌شود بی‌درنگ مقدار متناظر در ذره دوم مشخص گردد. به عبارت دیگر اگر دو سیستم یک بار با هم اندرکنش داشته و سپس از هم جدا شوند، اندازه‌گیری روی یکی از آن‌ها تأثیری آنی در حالت دیگری ایجاد می‌کند، حتی اگر این دو ذره خیلی از هم دور شده باشند. به‌طور مثال با مشخص شدن اینکه اسپین یکی از ذرات بالا است، اسپین ذره دوم بی‌درنگ به حالت پایین می‌رود. ارتباط دو ذره توسط این پدیده تا امروز در فواصل چند ده متر (در آزمایشگاه) تا صدها کیلومتر آزموده شده است.

[2]- تفسیر دنیاهای چندگانه (Many-worlds interpretation) یکی از تفسیرهای مکانیک کوانتومی است. این تفسیر را به این نام‌ها نیز می‌خوانند: فرمول‌بندی حالت نسبی، نظریه تابع موج جهانی و دنیاهای موازی. تفسیر دنیاهای چندگانه در سال ۱۹۲۶ میلادی و زمانی مطرح شد که اروین شرودینگر نشان داد که از منظر ریاضیات، دنیای زیر اتمی دارای تصویری است که تار و مبهم دیده می‌شود. تفسیر دنیاهای چندگانه، فروکاهی تابع موج را نمی‌پذیرد و این فروکاهیِ ظاهری را با سازوکار واهمدوسی کوانتومی توضیح می‌دهد. برخی می‌گویند که با این تفسیر همه پارادوکس‌های مکانیک کوانتومی، از جمله پارادوکس EPR حل می‌شوند، زیرا هرکدام از نتیجه‌های ممکن برای یک رویداد در «جهان جداگانه‌ای» رخ می‌دهد. به زبان دیگر، شمار بسیار زیادی (شاید بی‌نهایت) جهان وجود دارد و هرآنچه می‌توانست در دنیای ما رخ دهد (و رخ نداده است) در جهان (های) دیگری رخ داده است.

کلاسیک ما از واقعیت را به چالش بکشد. وقتی دو یا چند ذره در هم تنیده می‌شوند، بدون توجه به فاصله‌ای که آنها را از هم جدا می‌کند، وضعیت یک ذره مستقیماً با حالت ذره دیگر مرتبط است. این پدیده نه تنها برای فیزیک، بلکه برای درک فلسفی ما از هستی، علیت، آگاهی و ماهیت واقعیت نیز پیامدهای عمیقی دارد. همانطور که شواهد تجربی همچنان در حال افزایش است، درهمتنیدگی ما را مجبور می‌کند تا اصول اساسی حاکم بر جهان را بازنگری کنیم. برخی از مهمترین پیامدهای درهمتنیدگی کوانتومی عبارتند از: ***ناموضعیت***[1]، ***دورنوردی کوانتومی***[2]، ***کل گرایی***[3]، ***همبستگی‌های کوانتومی***[4]، ***آگاهی کوانتومی***[5].

۵ ناموضعیت کوانتومی[6]

در فیزیک کلاسیک، *اصل موضعیت* ادعا می‌کند که یک شی فقط مستقیماً تحت تأثیر محیط اطراف خود قرار می‌گیرد. بنابراین، اطلاعات نمی‌توانند سریعتر از سرعت نور حرکت کنند. با این حال، ناموضعیت کوانتومی این مفهوم را به چالش می‌کشد، و نشان می‌دهد که ذرات درهم تنیده می‌توانند فوراً حالات یکدیگر را بشناسند. به بیان ساده‌تر ناموضعیت کوانتومی به معنای وجود ارتباطات عِلّی فوق نوری بین ذرات کوانتومی درهم تنیده است. (مال‌میر، منصوری، ۱۳۹۵) به عنوان مثال، اگر دو ذره در هم تنیده شوند و یکی اندازه‌گیری شود، فوراً نتیجه وضعیت ذره دیگر را مشخص می‌کند، هر چند این دو ذره چند سال نوری از هم فاصله داشته باشند. این همبستگی آنی به شکلی از ارتباط اشاره دارد که از محدودیت‌های کلاسیک فراتر می‌رود و منجر به چیزی می‌شود که اغلب از آن به عنوان «عمل شبح وار در فاصله» یاد می‌شود. (Bancal et al., 2012)

امروزه، نظریه کوانتوم با ناموضِعیتی که در قلب آن قرار دارد به خوبی توسعه یافته و کاملاً با آزمایش‌ها مورد تایید قرار گرفته است. شاید در آن روزها سوال این بود که: «آیا همبستگی‌های ناموضِع که توسط نظریه کوانتومی پیش‌بینی می‌گردد واقعاً وجود دارند؟»، اما امروزه هیچ فیزیک‌دانی بر این موضوع شک ندارد. امروزه مشکل این است که چگونه این را با نظریه نسبیت ادغام نموده و حدود ناموضِعیت را درک نماییم.

در واقع فیزیک کوانتومی و نظریه نسبیت دو بنیاد اصلی فیزیک نوین می‌باشند، ولی این بنیادها بر پایه‌هایی استوارند که کاملاً با یکدیگر در تضادند. فیزیک کوانتوم ذاتاً تصادفی است در حالی که نظریه نسبیت عمیقاً تعیّنی می‌باشد. فیزیک کوانتومی وجود همبستگی‌هایی را پیش‌بینی می‌نماید که توسط متغیرهای موضِعی قابل توصیف نمی‌باشند، در حالی که همه چیز در نظریه نسبیت اساساً موضِعی است.

ناموضعیت کوانتومی و *درهمتنیدگی کوانتومی* مفاهیمی نزدیک به هم در مکانیک کوانتومی هستند، اما به جنبه‌های مختلف رفتار سیستم‌های کوانتومی اشاره دارند. در واقع یک حالت دو بخشی کوانتومی، برای ایجاد ناموضعیت باید درهم تنیده شود، اما حالت‌های در هم تنیده‌ای وجود دارند که چنین ناموضعیتی را ایجاد نمی‌کنند. (Vidick and others,2011) به بیان دیگر *ناموضعیت کوانتومی* گاهی اوقات معادل درهمتنیدگی است و گاهی اینگونه نیست. *درهمتنیدگی کوانتومی* را فقط می‌توان در چارچوب مکانیک کوانتومی تعریف و ارائه کرد؛ یعنی یک ویژگی وابسته به مدل است. در مقابل، *ناموضعیت کوانتومی* مستقل از مدل فیزیکی مورد استفاده، برای توصیف بکار می‌رود.

۶ دورنوردی کوانتومی

دورنوردی کوانتومی فرآیندی در مکانیک کوانتومی است که امکان انتقال حالت‌های کوانتومی

[1]- Non-locality.
[2]- Quantum teleportation.
[3]- Holism.
[4]- Quantum Correlations.
[5]- Quantum Consciousness.
[6]- Quantum nonlocality.

(کوبیت[1]) از یک مکان به مکان دیگر را بدون حرکت فیزیکی خود ذرات فراهم می‌کند. نحوه عملکرد این فرآیند به این صورت است که حالت کوانتومی اولیه در محل فرستنده از بین می‌رود و در محل گیرنده با استفاده از ذرات درهم تنیده و اطلاعات کلاسیک بازسازی می‌شود. (Boschi,1998)

از ویژگی‌های دورنوردی کوانتومی این است که هیچ ذره فیزیکی منتقل نمی‌شود. فقط حالت کوانتومی منتقل می‌شود؛ به این صورت که حالت یک ذره از یک طرف از بین می‌رود و از طرف دیگر دریافت می‌شود. این فرآیند به ذرات درهم تنیده متکی است، جایی که اندازه‌گیری یکی بدون در نظر گرفتن فاصله، فوراً بر دیگری تأثیر می‌گذارد. (Bouwmeester,1997)

البته باید توجه داشت که اگر چه انتقال حالات ذرات بدون جابجایی فیزیکی صورت می‌گیرد اما این یک فرآیند آنی نیست بلکه در بستر فیزیکی منتقل می‌شود؛ به این معنا که سرعت انتقال کوانتومی نمی‌تواند از سرعت نور تجاوز کند. در واقع حالت درهم تنیده امکان همبستگی‌هایی را فراهم می‌کند که آنی به نظر می‌رسند، اما انتقال اطلاعات واقعی به محدودیت‌های کلاسیک محدود می‌شود.

به طور خلاصه، انتقال از راه دور کوانتومی نشان دهنده یک رویکرد انقلابی برای انتقال اطلاعات است که از خواص منحصر به فرد مکانیک کوانتومی، به ویژه درهمتنیدگی استفاده می‌کند. این ویژگی به شدت با روش‌های ارتباطی کلاسیک که بر حمل و نقل فیزیکی و رمزگذاری سنتی داده‌ها متکی هستند، متفاوت است.

۷ کل گرایی

کل‌نگری یا کل‌گرایی یک مفهوم فلسفی است که بر اهمیت درک سیستم‌ها به عنوان کل‌های یکپارچه و نه صرفاً مجموع اجزای جداگانه آنها تأکید می‌کند. این دیدگاه نشان می‌دهد که ویژگی‌ها و رفتارهای یک سیستم را نمی‌توان با تجزیه و تحلیل اجزای آن به صورت مجزا به طور کامل درک کرد. کل گرایی اغلب در مقابل تقلیل گرایی قرار می‌گیرد که به دنبال توضیح پدیده‌های پیچیده با تجزیه آنها به بخش‌های ساده تر و اساسی تر است. (Seevnick,2004,693)

کل گرایی معتقد است که سیستم‌ها - به ویژه موجودات زنده - را باید بر حسب کلیت‌های متقابل آنها در نظر گرفت، زیرا این کل‌ها ویژگی‌هایی بیشتر از مجموع اجزای خود نشان می‌دهند. این ایده ریشه در این باور دارد که موجودیت‌ها دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند که تنها زمانی پدیدار می‌شوند که به عنوان بخشی از یک سیستم بزرگتر در نظر گرفته شوند.

از ویژگی‌های سیستم کل گرایی این است که ویژگی‌های نوظهور را برجسته می‌کند؛ ویژگی‌های یک سیستم که از تعامل اجزای آن ناشی می‌شود اما در هیچ بخش به تنهایی وجود ندارد. همچنین کل نگری بر پیوستگی اجزای درون یک سیستم تاکید می‌کند، و نشان می‌دهد که تغییرات در یک قسمت می‌تواند کل سیستم را تحت تاثیر قرار دهد. به علاوه اینکه برای درک کامل یک پدیده، باید زمینه آن را در سیستم بزرگتری که در آن ساکن است در نظر گرفت.

کل گرایی در زمینه درهمتنیدگی کوانتومی به این ایده اشاره دارد که سیستم‌های کوانتومی باید به عنوان کل‌های به هم پیوسته درک شوند، جایی که ویژگی‌ها و رفتارهای اجزای منفرد را نمی‌توان به طور کامل به صورت جداگانه درک کرد. این دیدگاه تأکید می‌کند که ذرات درهم تنیده همبستگی‌هایی را نشان می‌دهند که صرفاً نتیجه ویژگی‌های فردی آنها نیست، بلکه از حالت جمعی آنها ناشی می‌شود. ماهیت کل نگر سیستم‌های کوانتومی پیامدهای مهمی برای درک ما از واقعیت، اندازه‌گیری و اصول بنیادی فیزیک دارد.

[1]- Qubits.

سیستم‌های کوانتومی عدم تفکیک پذیری را نشان می‌دهند، به این معنی که حالت یک ذره را نمی‌توان مستقل از حالت ذره درهم تنیده دیگر توصیف کرد. این در تضاد با سیستم‌های کلاسیک است، که در آن اجزاء معمولاً می‌توانند به طور جداگانه تجزیه و تحلیل شوند. در مکانیک کوانتومی، وضعیت کل سیستم، ویژگی‌های اجزای آن را تعیین می‌کند، و نمای کلی را برجسته می‌کند که در آن کل بزرگ‌تر از مجموع اجزای آن است.

۸ همبستگی‌های کوانتومی

همبستگی‌های کوانتومی به وابستگی‌های آماری اشاره دارد که بین سیستم‌های کوانتومی به دلیل حالت‌های درهم‌تنیده آنها ایجاد می‌شود. این همبستگی‌ها منجر به نتایجی می‌شود که با فیزیک کلاسیک قابل توضیح نیستند و شهود ما را در مورد تفکیک پذیری و محلی بودن به چالش می‌کشند. هنگامی که اندازه‌گیری‌ها روی یک قسمت از یک سیستم درهم‌تنیده انجام می‌شود، بدون در نظر گرفتن فاصله‌ای که آنها را از هم جدا می‌کند، می‌توانند فوراً روی وضعیت قسمت دیگر تأثیر بگذارند. این پدیده برای درک مکانیک کوانتومی موضوعی محوری است و پیامدهای مهمی بر آن مترتب است.

همبستگی‌های کوانتومی شهود کلاسیک ما در مورد استقلال[1] و موضعیت[2] را به چالش می‌کشد. همبستگی بر این اساس است که ذرات می‌توانند اساساً به روش‌هایی به هم مرتبط شوند که فیزیک کلاسیک نمی‌تواند توضیح دهد. به بیان دیگر در فیزیک کلاسیک، عموماً اجسام را موجوداتی مستقل می‌دانیم. به عنوان مثال، اگر دو ذره با یکدیگر برهمکنش نداشته باشند، فرض می‌کنیم که خواص و رفتار آنها جدا از هم هستند و می‌توانند به طور مستقل تجزیه و تحلیل شوند. مکانیک کوانتومی این ایده را معرفی می‌کند که ذرات می‌توانند در هم تنیده شوند، به این معنی که حالات آنها حتی زمانی که از هم دور هستند به یکدیگر وابسته هستند. این منجر به همبستگی‌هایی در نتایج اندازه‌گیری می‌شود که با منطق کلاسیک قابل توضیح نیستند. همچنین در فیزیک کلاسیک، اگر یک ذره را اندازه بگیرید، نباید روی حالت ذره دیگر تأثیر بگذارد، مگر اینکه برهمکنش مستقیمی بین آنها وجود داشته باشد. این مفهوم استقلال برای مکانیک کلاسیک بنیادی است. همبستگی‌های کوانتومی نشان می‌دهد که ذرات درهم تنیده به این اصل پایبند نیستند. اندازه‌گیری یک ذره بدون در نظر گرفتن فاصله بین آنها می‌تواند فوراً بر وضعیت ذره دیگر تأثیر بگذارد و سطح عمیقی از پیوستگی را نشان می‌دهد.

۹ آگاهی کوانتومی

اساسا بحث آگاهی کوانتومی یک پیامد کلیدی برای درهمتنیدگی کوانتومی محسوب نمی‌بشود، بلکه این یک الگویی است که رویکرد جدیدی را برای تبیین مساله دشوار آگاهی ارائه می‌دهد. همانطور که در فیزیک کوانتوم، ذرات تشکیل دهنده به تنهایی بیانگر ویژگی آنها نیستند، پس فعل و انفعلات مغزی نیز به تنهایی در تبیین آگاهی در انسان کفایت نمی‌کند. در واقع آگاهی کوانتومی که گاهی به آن ذهن کوانتومی نیز گفته می‌شود، چارچوبی نظری است که نشان می‌دهد فرآیندهای کوانتومی نقش اساسی در ماهیت آگاهی دارند. این ایده در تقابل با نوروبیولوژی است که معمولاً عملکرد مغز را کاملاً کلاسیک و فیزیکی تبیین می‌کند. آگاهی کوانتومی فرض می‌کند که آگاهی از پدیده‌های کوانتومی که در مغز رخ می‌دهد ناشی می‌شود. این دیدگاه، نظریه‌های کلاسیک در مورد مغز و آگاهی را به عنوان یک سیستم کاملاً قطعی به چالش می‌کشد و عناصر نامعین ذاتی دیگری را معرفی می‌کند. (Bruza ,2023)

[1]- Independence.

[2]- Locality.

۱۰ مواجه فیزیک کوانتوم و فیزیکالیسم

دنیایی را تصور کنید که در آن هر چیزی که وجود دارد را بتوان با قوانین فیزیک توضیح داد. دنیایی که در آن می‌توان رقص پیچیده اتم‌ها و مولکول ها، ارتعاشات امواج الکترومغناطیسی و چرخش باشکوه کهکشان‌ها را به مجموعه‌ای از معادلات ریاضی تقلیل داد. این جهان فیزیکالیسم است، یک موضع فلسفی که مدعی است جهان فیزیکی تنها واقعیت بنیادی است؛ از کوچکترین ذرات زیراتمی گرفته تا گستره وسیع کیهان! فیزیکالیسم بر این باور است که هر چیزی که وجود دارد را می‌توان بر حسب موجودیت‌های فیزیکی تبیین کرد. به بیان دیگر فیزیکالیسم معتقد است «همه چیز فیزیکی است»؛ به این معنی که «هیچ چیز فراتر از قلمرو فیزیکی» وجود ندارد. (Poland,1994,10)

فیزیکالیسم را می‌توان به عنوان شکلی از *یگانه‌انگاری*[۱] دانست که ادعا می‌کند فقط یک جوهر یا واقعیت اساسی وجود دارد. در مورد فیزیکالیسم، آن جوهر، جهان فیزیکی است. این بدان معنی است که فیزیکالیسم وجود موجودات غیر فیزیکی و موجودات ماوراء طبیعی را رد می‌کند و در عوض ادعا می‌کند که هر چیزی که وجود دارد را می‌توان بر اساس قوانین و اصول فیزیکی توضیح داد.

فیزیکالیسم اغلب با رویکرد تقلیل گرایانه همراه است، که بیان می‌کند که سیستم‌های پیچیده را می‌توان به بخش‌های تشکیل دهنده آنها تجزیه کرد و بر حسب ویژگی‌ها و فرآیندهای فیزیکی آنها توضیح داد. این رویکرد به تبیین طیف وسیعی از پدیده‌ها، از رفتار اتم‌ها و مولکول‌ها گرفته تا عملکرد موجودات زنده پرداخته است. در واقع فیزیکالیسم ایده‌ای است که بر تبیین مبتنی بر شواهد تجربی و پدیده‌های قابل مشاهده تأکید دارد. (Kim,2005,6)

همانطور که بیان شد فیزیکالیسم یک موضع فلسفی است که ادعا می‌کند جهان فیزیکی، تنها واقعیت اساسی است. با این حال، فیزیکالیسم یک مفهوم یکپارچه نیست و فیلسوفان مختلف اَشکال مختلفی از فیزیکالیسم را توسعه داده‌اند که در مفروضات، مفاهیم و دامنه آنها تفاوت‌هایی به چشم می‌خورد. از جمله انواع فیزیکالیسم می‌توان به ماتریالیسم، *یگانه‌انگاری خنثی*[۲]، *فیزیکالیسم حذفی*[۳]، *فیزیکالیسم تقلیلی*[۴]، *فیزیکالیسم غیر تقلیلی*[۵] و *پدیدارگرایی*[۶] اشاره کرد.

نقد و بررسی هر یک از این اقسامِ فیزیکالیسم خارج از موضوعِ این نوشتار است و نقدهایی که مبتنی بر نظریه درهمتنیدگی کوانتومی بر فیزکالیسم مطرح می‌شود، ناظر به چارچوب و اصول و مبنای کلی فیزیکالیسم است و به طور ویژه ناظر به یک قسم خاصی از فیزیکالیسم نیست.

---

[1]- Monism.

[۲]- یگانه‌انگاری خنثی (Neutral monism) یک اصطلاح جامع الشمول برای دسته‌ای از نظریات فیزکالیستی در فلسفه ذهن است. این نظریات دوگانگی ذهن و ماده را رد نموده و بر این باور هستند که ماهیت اساسی واقعیت نه ذهنی است و نه فیزیکی؛ به عبارت دیگر «خنثی» است. (Edward,1998,816)

[۳]- فیزیکالیسم حذفگرا (Eliminative Physicalism) معتقد است مفاهیم روانشناختی مانند باورها و خواسته‌ها با موجودات یا فرآیندهای واقعی در مغز مطابقت ندارند و باید از ذهن ما حذف شوند. اینها معتقد به رویکردی صرفاً عصب‌شناسی برای درک فرآیندهای ذهنی هستند. (Churchland, 1981, 67-90)

[۴]- فیزیکالیسم تقلیلی (Reductive Physicalism) نوعی فیزیکالیسم است که معتقد است سیستم های پیچیده را می توان به اجزای تشکیل دهنده آنها تقلیل داد و بر حسب ویژگی‌ها و فرآیندهای فیزیکیشان آنها را تبیین کرد. (Oppenheim & Putnam, 1958, 3-36)

[۵] - فیزیکالیسم غیر تقلیلی (Non-Reductive Physicalism) نوعی از فیزیکالیسم است که معتقد است سیستم های پیچیده را نمی توان به اجزای تشکیل دهنده آنها تقلیل داد و بر حسب ویژگی‌ها و فرآیندهای فیزیکی آنها تبیین کرد. (Davidson, 1970,79-101)

[۶]- همایندگرایی، پدیدارباوری، یا شبه پدیدارگرایی (Epiphenomenalism) نوعی فیزیکالیسم است که معتقد است ذهن محصول فرعی فرآیندهای فیزیکی در مغز است، اما هیچ اثر علّی ندارد. (Jackson, 1982,150-155)

۱۱ چالش‌های درهمتنیدگی کوانتومی بر فیزیکالیسم

۱۱٫۱ ناموضعیت کوانتومی و محدویت‌های فیزیکالیسم

همانطور که سابقا بیان شد ناموضعیت کوانتومی به پدیده‌ای اطلاق می‌شود که در آن دو یا چند ذره به گونه‌ای «درهم» می‌شوند که بدون توجه به فاصله بین آن‌ها، خواص آن‌ها به هم مرتبط می‌شود. این بدان معنی است که اگر برای یک ذره اتفاقی بیفتد، فوراً روی ذره دیگر تأثیر می‌گذارد، حتی اگر آنها با فواصل زیادی مانند میلیاردها کیلومتر از هم جدا شوند. این اثر سریعتر از سرعت نور اتفاق می‌افتد، که تصورات کلاسیک ما از فضا و زمان را به چالش می‌کشد. ناموضعیت به عنوان یکی از جنبه‌های اساسی مکانیک کوانتومی، شاخه‌ای از فیزیک است که رفتار ذرات را در سطح اتمی و زیر اتمی توصیف می‌کند. این جنبه بارها به صورت تجربی تایید شده است و یکی از ویژگی‌های کلیدی سیستم‌های کوانتومی است. (Aspect and others,1982, 1804-1807)

حال بر این اساس، جریان فیزیکالیسم مدعی است فرآیندهای فیزیکی تنها ابزار علیت هستند و حال آنکه ناموضعیت کوانتومی نشان می‌دهد که ممکن است علل غیر فیزیکی وجود داشته باشد. همچنین ناموضعیت کوانتومی نشان می‌دهد که ویژگی‌های یک سیستم صرفاً توسط بخش‌های جداگانه آن تعیین نمی‌شود، بلکه در عوض یک ویژگی نوظهور نیز در این مساله دخیل است. بنابراین این نظریه به روشنی دیدگاه تقلیل گرایانه را که معتقد است سیستم‌های پیچیده را می‌توان با تجزیه و تحلیل اجزای تشکیل دهنده آنها به طور کامل درک کرد به چالش می‌کشد.

به بیان دیگر درهمتنیدگی کوانتومی نشان می‌دهد که ذرات می‌توانند همبستگی‌هایی را نشان دهند که فراتر از جدایی فضایی است، و نشان می‌دهد که می‌توان اطلاعات را فوراً بین ذرات در هم تنیده به اشتراک گذاشت و مفاهیم کلاسیک محل و علیت را به چالش کشید.

۱۱٫۲ عدم قطعیت کوانتومی

مساله عدم قطعیت کوانتومی مبتنی بر این نظریه است که رفتار سیستم‌های کوانتومی پیش بینی پذیر نیستند و این چالش مهمی را برای فیزیکالیسم، به ویژه در اَشکال تقلیلی آن، ایجاد می‌کند. برخلاف فیزیک کلاسیک که معتقد به جبرگرایی به معنای پیش بینی دقیق حالت‌های آینده بود، مکانیک کوانتومی تصادفی ذاتی را نشان می‌دهد که نمی‌توان آن را با هیچ‌یک از قوانین فیزیکی زیربنایی توضیح داد.

مکانیک کوانتومی براساس اصولی عمل می‌کند که اجازه می‌دهد نتایجی به دست آید که اساسا احتمالاتی هستند نه قطعی. برای مثال، هنگام اندازه‌گیری یک ذره کوانتومی، نتیجه از پیش تعیین شده نیست؛ بلکه با یک توزیع احتمال توصیف می‌شود. این عدم قطعیت به این معنی است که حتی با دانش کامل از وضعیت یک سیستم، نمی‌توان نتایج خاصی را با قطعیت پیش بینی کرد. (Kochen& Specker,1967)

فیزیکالیسم کلاسیک بر اصول جبرگرایانه تکیه می‌کند، که در آن هر رویداد به شکلی قابل پیش بینی با رویدادهای قبلی پیوند علّی دارد. عدم جبر کوانتومی این چارچوب را با پیشنهاد این که در سطح کوانتومی، رویدادها می‌توانند بدون دلایل خاص یا نتایج قابل پیش بینی رخ دهند، به چالش می‌کشد. این تغییر اساسی، مفروضات جبرگرایانه مرکزی بسیاری از نظریه‌های فیزیکالیستی را تضعیف می‌کند.

۱۱٫۳ نقش مشاهده گر در درهمتنیدگی کوانتومی

از آنجا که جهان در حالت درهم تنیده قرار دارد، نمی‌توان به طور کلی یک حالت تعریف شده واقعی را به هر یک از بخش‌های آن نسبت داد. مشکل این

نیست که ما حالت‌های این بخش‌ها را نمی‌دانیم، بلکه آن‌ها تعریف نشده اند، که حداقل براساس تئوری وجود ندارند. با این حال ما جهان را همیشه با مشاهده اجزای آن می‌شناسیم. ما به جز بخش‌هایی که مشاهده می‌کنیم، نمی‌توانیم چیزی در مورد آن بدانیم. و وقتی آن‌ها را مشاهده کردیم، باور داریم که می‌دانیم واقعا چگونه هستند. چرا می‌گوییم که ما وضعیت واقعی آن‌ها را می‌دانیم، در حالی که طبق نظریه کوانتوم چنین حالتی حتی وجود ندارد؟

پاسخ فیزیک کوانتوم اساسا نسبی است؛ به این معنا که واقعیت مشاهده شده همیشه نسبت به مشاهده گرها متفاوت است. موجوداتی که در واقع در جهان وجود دارند، یک حالت واحد ندارند که به طور مطلق و همواره تعریف شده باشد، یعنی برای همه ناظران یک سان باشد. این نظریه یک حالت واحد را به آن‌ها نسبت نمی‌دهد، بلکه حالت‌های زیادی را به آن‌ها نسبت می‌دهد؛ زیرا حالت واقعی یک موجود، همیشه نسبت به حالت موجود دیگر سنجیده می‌شود. (Belavkin,1989,355-358)

اگر A، B و C سه موجود باشند، حالت A نسبت به حالت B به طور کلی با حالت A نسبت به حالت C متفاوت است. نتیجه می‌گیریم که B و C هر کدام واقعیت خود را دارند. بنابراین بازنمایی‌های جهان همه ناظران باید همیشه متفاوت باشد. پس چگونه می‌توانیم بر سر همان واقعیتی که همه ما مشاهده می‌کنیم به توافق برسیم؟

در نظریه کوانتومی، عمل مشاهده نقش مهمی در تعیین وضعیت یک سیستم، به ویژه در زمینه ذرات درهم تنیده دارد. این اثر نشان می‌دهد که اندازه‌گیری یک سیستم کوانتومی می‌تواند حالت آن را تغییر دهد. بنابراین مشاهده و به تعبیر درست تر مشاهده گر نقش مفعلانه ندارد، بلکه به طور فعال بر نتیجه رویدادهای کوانتومی تأثیر می‌گذارد. (Belavkin,1992,630)

نقش ناظر در مکانیک کوانتومی منجر به تفسیرهای مختلفی در مورد آگاهی و واقعیت شده است. برخی از تفاسیر نشان می‌دهد که هوشیاری برای فروپاشی تابع موج ضروری است، در حالی که برخی دیگر استدلال می‌کنند که هر گونه تعامل با یک دستگاه اندازه‌گیری برای تعریف یک مشاهده کافی است. این موضوع بحث‌هایی را برانگیخته است که آیا ناظران باید موجوداتی آگاه باشند یا هر گونه تعاملی واجد شرایط مشاهده است.

آزمایش‌های اخیر نشان داده‌اند که چگونه ناظران می‌توانند بر حالت‌های درهم تنیده تأثیر بگذارند. به عنوان نمونه، تحقیقات سناریوهایی را ارائه داده‌اند که در آن ناظران انسانی قادرند در آزمایش‌های درهمتنیدگی شرکت کنند و این امر به چالش کشیدن دیدگاه‌های سنتی درباره اندازه‌گیری و مشاهده در مکانیک کوانتومی منجر می‌شود. همچنین، این موضوع پیامدهای مفهوم فیزیکالیسم را که به واقعیت عینی و مستقل از ناظر اشاره دارد، به چالش می‌کشد.

بسیار اتفاق افتاده است که اصل عدم قطعیت با اثر مشاهده‌گر حتی توسط بنیانگذار آن یعنی ورنر کارل هایزنبرگ اشتباه شده است. (Aya,2012) این اصل در شکل استاندارد خود بیان می‌کند که اندازه‌گیری مکان و تکانه در یک لحظه مشخص، تا حدی می‌تواند دقت داشته باشد که با افزایش دقت اندازه‌گیری یکی از این کمیت‌ها، دقت اندازه‌گیری کمیت دیگر کاهش می‌یابد. (Heisenberg,1930)

یک بیان دیگر از اصل عدم قطعیت که بیشتر با اثر مشاهده‌گر هم‌خوانی دارد، مسئولیت کلیه آشفتگی‌هایی که مشاهده‌گر بر روی سامانه و خطای نتیجه‌شده می‌گذارد را بر عهده می‌گیرد، هرچند این بیان رایج‌ترین تعبیر عدم قطعیت نخواهد بود. (Belavkin,1992,620)

۱۱،۴ مساله دشوار آگاهی و درهمتنیدگی کوانتومی

نظریه‌های آگاهی کوانتومی نشان می‌دهند که آگاهی ممکن است صرفاً محصول فرآیندهای فیزیکی در مغز نباشد، بلکه جنبه‌ای اساسی از جهان است که شبیه به فضا، زمان و ماده است. این نظریه‌ها این نگرش فیزیکالیستی را مورد چالش قرار می‌دهد که آگاهی را می‌تواند تنها با توضیحات فیزیکی تبیین کرد.

درهمتنیدگی کوانتومی این نتیجه را به همراه دارد که آگاهی ممکن است محدود به مکان‌های خاص یا قابل تقلیل به اجزای منفرد نباشد در نتیجه این یک چالش جدی را برای فیزیکالیسم ایجاد می‌کند که آگاهی را به فعالیت تک تک نورون‌ها یا مناطق مغز تقلیل می‌دهند.

۱۲ جمع بندی و نتیجه گیری

نظریه درهمتنیدگی کوانتومی، محدودیت‌های فیزیکالیسم را به عنوان چارچوبی جامع برای درک واقعیت آشکار کرده است. ماهیت ناموضعیت و غیر قطعیِ درهم تنیدگی، ایده یک سیستم بسته و فیزیکی را به چالش می‌کشد و نیاز به ارزیابی مجدد رابطه بین جنبه‌های فیزیکی و غیر فیزیکی واقعیت دارد. با بررسی نقش ناظر در درهمتنیدگی و پیامدهای عدم جبر کوانتومی، می‌توان این نتیجه را مورد ملاحظه قرار داد که جهان فیزیکی یک سیستم مستقل نیست، بلکه یک سیستم باز و رابطه‌ای است که تحت تأثیر موجودات غیر فیزیکی است. مطالعه ما نشان می‌دهد که برای درک ماهیت واقعیت، رویکردی ظریف‌تر و چند رشته‌ای مورد نیاز است، رویکردی که دیدگاه‌های فیزیکی و غیر فیزیکی را در بر می‌گیرد. با پذیرش پیچیدگی‌ها و اسرار درهم تنیدگی، ممکن است بینش‌های جدیدی را در مورد ماهیت اساسی واقعیت و جایگاه خود در آن کشف کنیم. در نهایت، پیامدهای نظریه درهمتنیدگی کوانتومی ما را به این مسیر رهنمون می‌سازد تا در درک خود از واقعیت و رابطه خود با دنیای اطرافمان تجدید نظر کنیم. همانطور که ما به کشف رازهای درهمتنیدگی ادامه می‌دهیم، ممکن است متوجه شویم که مرزهای بین فیزیکی و غیر فیزیکی سیال‌تر و به هم پیوسته‌تر از آن چیزی است که ما تصور می‌کردیم.

مطالعه نظریه درهمتنیدگی کوانتومی فرصتی منحصر به فرد برای به چالش کشیدن مفروضات ما در مورد ماهیت واقعیت و کشف دیدگاه‌های جدید در مورد تجربه انسانی ارائه می‌دهد. با پذیرش پیچیدگی‌های درهم تنیدگی، ممکن است بینش‌های جدیدی در مورد ماهیت بنیادی واقعیت و جایگاه خود در آن کشف کنیم. پیامدهای نظریه درهمتنیدگی ما را به بازنگری در رابطه بین جنبه‌های فیزیکی و غیر فیزیکی واقعیت و کشف رویکردهای جدید برای درک تجربه انسانی دعوت می‌کند.

منابع

ژیزا، نیکلا(۱۳۹۹)، *شانس کوانتومی، ناموضِعیت، تلپورتیشن و سایر شگفتی‌های کوانتوم*، چاپ اول، مترجم: وحید یزدانیان، تهران، راز نهان.

منصوری، علیرضا (۱۳۸۵)، تحلیل فلسفی منطقی برهان EPR، *ذهن*، زمستان ۱۳۸۵ - شماره ۲۸ (از ۱۰۷ تا ۱۴۲).

مال‌میر، سجاد و منصوری، علیرضا (۱۳۹۵)، آیا مدل تکیونی تبیین خوبی برای پدیدهٔ ناموضعیت کوانتومی است؟، فلسفه علم، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، دوفصلنامه علمی-پژوهشی، سال ششم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، ۱۰۳-۱۲۳.

Poland, Jeffrey (1994), Physicalism: The Philosophical Foundations, 1st edition, New York, Oxford University Press.

Kim, J. (2005). Physicalism, or something near enough. Princeton University Press.

Craig, Edward. (1998). Routledge Encyclopedia of Philosophy. Routledge.

Yin, Juan; Cao, Yuan; Yong, Hai-Lin; Ren, Ji-Gang; Liang, Hao; Liao, Sheng-Kai; Zhou, Fei; Liu, Chang; Wu, Yu-Ping; Pan, Ge-Sheng; Li, Li; Liu, Nai-Le; Zhang, Qiang; Peng, Cheng-Zhi; Pan, Jian-Wei (2013). "Bounding the speed of 'spooky action at a distance". Physical Review Letters. 110 (26): 260407.

Einstein A, Podolsky B, Rosen N; Podolsky; Rosen (1935). "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?". Phys. Rev. 47 (10): 777–780.

Bancal, Jean-Daniel; Pironio, Stefano; Acin, Antonio; Liang, Yeong-Cherng; Scarani, Valerio; Gisin, Nicolas (2012). "Quantum nonlocality based on finite-speed causal influences leads to superluminal signaling". Nature Physics. 8 (867): 867–870.

Thomas Vidick; Stephanie Wehner (2011). "More Non-locality with less Entanglement". Physical Review A. 83 (5): 052310.

Churchland, P. M. (1981). Eliminative Materialism and the Propositional Attitudes. Journal of Philosophy, 68(2), 67-90.

Oppenheim, P., & Putnam, H. (1958). Unity of Science as a Working Hypothesis. Minnesota Studies in the Philosophy of Science, 2, 3-36.

Davidson, D. (1970). Mental Events. Experience and Theory, 79-101.

Jackson, F. (1982). Epiphenomenalism. Journal of Philosophy, 79(2), 150-155.

S Kochen and E P Specker, The problem of hidden variables in quantum mechanics, Journal of Mathematics and Mechanics 17 (1967), 59–87.

Aspect, Alain; Dalibard, Jean; Roger, Gérard (1982-12-20). "Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time- Varying Analyzers". Physical Review Letters. 49 (25): 1804–1807.

Furuta, Aya (2012), "One Thing Is Certain: Heisenberg's Uncertainty Principle Is Not Dead", Scientific American.

V. P. Belavkin (1989). "A new wave equation for a continuous non-demolition measurement". Physics Letters A. 140 (7–8): 355–358.

Heisenberg, W. (1930), Physikalische Prinzipien der Quantentheorie, Leipzig: Hirzel English translation The Physical Principles of Quantum Theory. Chicago: University of Chicago Press, 1930.

V. P. Belavkin (1992). "Quantum continual measurements and a posteriori collapse on CCR". Communications

in Mathematical Physics. 146 (3): 611–635.

Boschi, D.; Branca, S.; De Martini, F.; Hardy, L.; Popescu, S. (9 February 1998). "Experimental Realization of Teleporting an Unknown Pure Quantum State via Dual Classical and Einstein-Podolsky-Rosen Channels". Physical Review Letters. 80 (6): 1121–1125.

Bouwmeester, Dik; Pan, Jian-Wei; Mattle, Klaus; Eibl, Manfred; Weinfurter, Harald; Zeilinger, Anton (1 December 1997). "Experimental quantum teleportation". Nature. 390 (6660): 575–579.

Seevnick, M.P. (2004), "Holism, physical theories and quantum mechanics", Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, 35 (4): 693.

Bruza, P.D., Fell, L., Hoyte, P., Dehdashti, S., Obeid, A., Gibson, A., and Moreira, C., 2023, “Contextuality and context-sensitivity in probabilistic models of cognition,” Cognitive Psychology, 140: 101529.