Journal Of Narrativestudies
E-ISSN: 2588-6231
Vol.8, No. 15
spring and summer 2024
Research Article

Received: 10/06/2023
Accepted: 29/08/2023

* Corresponding Author's E-mail: nikseresht@ut.ac.ir

The concept of "nature" in quantum physics; The new narrative of the encounter between man as "subject" and nature as "object"

Iraj Nikseresht*[1]

Abstract

This research aims to answer the question, to what extent can a real (objective) description of the world be achieved with quantum physics? I n other words, how did the concept of nature change in the subatomic world? It seems that the concept of the word "nature" has changed so much from the stories of the past that all of our relationships with nature must be grounded in new principles and redefined.

The situation in the macroscopic world (classical Newtonian physics) is quite clear. But the question is, how is our understanding of nature in the microscopic (subatomic) world? With the invention of quantum physics at the beginning of the 20th century, the situation changed completely. According to the Copenhagen interpretation of quantum physics, which was presented by Niels Bohr and Karl Werner Heisenberg, two of the founders of quantum physics, the natural sciences (physics) do more than describe and explain nature. In fact, the natural sciences are part of the confrontation between nature (object) and ourselves (subject). Therefore, our science is part of the

1. Associate Professor of History and philosophy of Science, Institute for the History of Science, University of Tehran, Tehran, Iran.
https://orcid.org/0000-0003-3256-4399

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY- NC) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Journal Of Narrativestudies
E-ISSN: 2588-6231
Vol.8, No. 15
spring and summer 2024
Research Article

human-nature interaction. We should also talk about the profound effect of technology on the relationship between man and nature.

When we in the age of quantum physics talk about the image of nature (object) from the point of view of the exact natural sciences, instead of "the image of nature", the topic of conversation is the image of "our relationship with nature", which describes them and "explains" them in mathematical language.

Keywords: nature, quantum physics, Classical physics, subject, object, Heisenberg.

1. Introduction

There are two views and approaches regarding the development, progress and developments of science; The so-called “cumulative or continuumist” vision, according to which scientific concepts and knowledge continually increase over time. Every scientist makes a change, however small, in the process of developing science. Another approach believes that there are real “scientific revolutions” in the history of science, comparable to revolutions in the history of philosophy and politics. In fact, scientific discoveries and developments do not constitute a continuity but a discontinuity in scientific concepts.

The current research was carried out with the aim of focusing on the history of the evolution of scientific concepts, here “nature” as “object”. Based on the fact that the formation of these particular historical concepts and their historical contexts are subject to discussion and can be studied with the help of certain philosophers and historians of science. For example, Gaston Bachelard called it “epistemological rupture”, Georges Canguilhem called it “formation of scientific concepts” (Canguilhem, 1955) and Thomas Samuel Kuhn called it “scientific revolution”. Also, according to Carl Werner Heisenberg and Niels Bohr, two of the founders of 20th century physics, the birth of quantum physics appears to be a fundamental revolution in the concepts which until then were based on the description of nature. According to Heisenberg, quantum physics was "a new foundation of natural science", which emphasized "a real break

Journal Of Narrativestudies
E-ISSN: 2588-6231
Vol.8, No. 15
spring and summer 2024
Research Article

in the structure of science, even a change in reality" (Heisenberg 1971).

Gaston Bachelard in his first epistemological works, notably on *Le Nouvel Esprit scientifique* (*The New Scientific Spirit*) and *La Philosophie du non* (*The Philosophy of No*), speaks of rupture and scientific and epistemological revolution of the 20th century. According to Bachelard, contemporary science takes us into a new world. If man thinks about science, he becomes a thinking man again (Bachelard, 1934).

2. Research Questions

This research intends to answer the following two questions:

2- How has the concept of "nature" been transformed in quantum physics?

Hypothesis: It seems that the concept of the word "nature" has changed so much compared to the narratives of the past that all our relationships with nature must be based on new principles and redefined. The new narrative of the encounter between man as a "subject" and nature as an "object".

3. Methodology

The current research is a theoretical study that was conducted using library research and descriptive-analytical method with a historical approach.

4. Description and results

Here, with the analytical descriptive method, we will discuss how and why the epistemic break in the age of quantum physics. We will show that in this era, instead of "the image of nature", the conversation is about the image of "our relationship with nature", which describes and "explains" them in mathematical language. The research data have been collected and analyzed philosophically and conceptually by the method of library and documentary study, based on the scientific and research works of the founders of quantum physics with the Copenhagen approach.

Journal Of Narrativestudies
E-ISSN:2588-6231
Vol.8, No. 15
spring and summer 2024
Research Article

In our time, when we talk about the image of nature from the point of view of exact natural sciences (here quantum physics), we are not talking about the image of nature at all, but contrary to classical physics and modern philosophy, especially the philosophy of Descartes, we speak of the image of our relationship to nature.

The division of the world into an objective flow in space and time on one side and the soul on the other side, in which a current is reflected, and, in Descartes' interpretation, the difference between an object continuous (body) and a thinking object (soul), is no longer the entry point for understanding modern natural sciences. But, on the contrary, in the field of vision of science there is, above all, a network of relationships between man and nature, according to which we are living beings, parts of nature, and these relationships make us human at the same time. subject of our reflection and our action.

What we have mentioned so far, we can no longer talk about the objectivity of objects and the particles that compose them, in fact, talking about the object "in itself" is futile because we cannot observe the object and the particles that compose it in a specific space and time and find knowledge. Therefore, we cannot consider these objects and their constituent particles as objects of science. The goal of research is therefore not to know the atom and its movement “in itself”. In other words, from the beginning, there is a dialogue between nature (object) and man (subject), of which science is a part. In other words, from the beginning, there is a dialogue between nature (object) and man (subject), of which science is a part. So that the common division of the world into object and spirit, outside world and inner world, physical world and spiritual world is no longer appropriate and leads to difficulties. In fact, the natural sciences are part of the confrontation between nature (object) and man (subject). In other words: “For the natural sciences, the object of research is no longer nature itself, but nature impose to human questions, and here again man is confronted with himself.

دوفصلنامهٔ روایت‌شناسی
سال ۸، شمـارهٔ ۱۵، بهار و تابستان ۱۴۰۳، صص ۴۸۷-۵۲۷
مقالهٔ پژوهشی

مفهوم «طبیعت» در فیزیک کوانتومی؛ روایت جدید از مواجههٔ انسان به‌عنوان «سوژه» با طبیعت به‌عنوان «اُبژه»

ایرج نیک‌سرشت*[۱]

(دریافت: ۱۴۰۲/۳/۲۴ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۷)

چکیده

این تحقیق در نظر دارد به این سؤال پاسخ دهد که با فیزیک کوانتومی تا چه اندازه می‌توان به توصیفی واقعی (اُبژکتیو) از جهان دست یافت؟ به تعبیر دیگر در دنیای زیراتمی، مفهوم طبیعت چگونه مورد تحول و دگرگونی قرار گرفته است؟ به‌نظر می‌رسد مفهوم واژهٔ «طبیعت» آن قدر نسبت به روایت‌های مربوط به گذشته دگرگون شده است که تمامی روابط ما با طبیعت باید بر اصول جدیدی بنیان نهاده شده و بازتعریف شود.

وضعیت در جهان ماکروسکوپی (فیزیک کلاسیک نیوتنی) کاملاً مشخص است. اما سؤال این است که درک ما از طبیعت در جهان میکروسکوپی (زیراتمی) چگونه است؟ فلسفهٔ طبیعی در دورهٔ کلاسیک مدرن عمدتاً با کپلر، گالیله، دکارت و نیوتن توسعه یافت، اما برای دکارت فلسفهٔ فیزیک براساس تفکیک شیء متفکر (سوژه) و شیء ممتد (اُبژه) گسترش یافت و دانش

---

۱. دانشیار تاریخ و فلسفهٔ علم، پژوهشکدهٔ تاریخ علم دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول).
* nikseresht@ut.ac.ir
https://orcid.org/0000-0003-3256-4399

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY - NC) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

فیزیک به شناخت «واقعیت» به‌معنی تام آن منحصر شد. از طرفی دیگر در این دوره علاقه به تبیین طبیعت به زبان ریاضی که منبعث از نگاه افلاطون به طبیعت بود، توسط گالیله احیا شد.

با بنانهاده شدن فیزیک کوانتومی در اوایل قرن بیستم، وضعیت کاملاً تغییر کرد. با تفسیر و روایت کپنهاگی از فیزیک کوانتومی که از سوی نیلس بوهر و کارل ورنر هایزنبرگ، دو تن از بنیان‌گذاران فیزیک کوانتومی، ارائه شد، علم طبیعی (فیزیک) فقط طبیعت را توصیف و تبیین نمی‌کند. درواقع علم طبیعی بخشی از تقابل میان طبیعت (ابژه) و خود ما (سوژه) است؛ یعنی علم فیزیک، طبیعت را آن‌گونه که در معرض تحقیق و اندازه‌گیری ما قرار می‌گیرد، توصیف و تبیین می‌کند. بنابراین، علم ما به‌عنوان جزئی از تعامل انسان و طبیعت است. همچنین باید از اثر عمیق تکنیک روی رابطهٔ انسان و طبیعت صحبت کرد.

واژه‌های کلیدی: فیزیک کوانتوم ، سوژه، اُبژه، طبیعت، هایزنبرگ، بوهر.

۱. مقدمه

امروزه، وقتی از فیزیک معاصر مخصوصاً فیزیک اتمی صحبت می‌شود، بلافاصله افکار عمومی متوجه سلاح‌های اتمی و کشتار جمعی می‌شود که تأثیرات بسیار زیادی در سیاست نیز دارد. سؤال این است که آیا جنبه‌های سیاسی فیزیک جدید از سایر جنبه‌های آن اهمیت بیشتری دارد؟

مسلم است که در اینجا باید در همان آغاز جانب احتیاط را رعایت کنیم. هیچ دلیلی وجود ندارد که گمان کنیم که فهم از جهان در علم امروزی، کم‌وبیش به‌طور مستقیم بر تحولات سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، هنر و ... امروز تأثیر گذاشته است یا می‌تواند بر آن تأثیری برجای بگذارد. هرچند که می‌توان این نکته را کاملاً پذیرفته‌شده دانست که دگرگونی در بنیان علوم جدید نشانی بر دگرگونی‌های ریشه‌دار در مبانی وجودی ماست که خود به‌یقین سبب پیدایی بازخوردهایی در همهٔ حوزه‌های زندگی ما می‌شود.

از این نظر این نکته حتی برای هنرمند هم اهمیت دارد که از خود سؤال کند؛ چه دگرگونی‌هایی در دهه‌های اخیر در فهم از طبیعت در علم به‌وجود آمده است.

درمورد توسعه، پیشرفت و تحولات علم دو دیدگاه و رویکرد وجود دارد؛ دیدگاه به اصطلاح «انباشتی یا پیوسته‌گرا»، که ادعا می‌کند مفاهیم و معرفت علمی در طول زمان افزایشیِ پیوسته دارد. هر دانشمند در روند گسترش علم تحولی به هر چند کوچک به‌وجود می‌آورد. رویکرد دیگر معتقد است در تاریخ علم «انقلاب‌های علمی» واقعی وجود دارد که قابل مقایسه با انقلاب در تاریخ فلسفه و سیاست هستند. درواقع کشفیات و تحولات علمی نه پیوستگی بلکه ناپیوستگی در مفاهیم علمی است.

تحقیق حاضر با رویکرد توجه به تـاریخ تحول مفاهیم علمی در اینجا «طبیعت» به‌عنوان «اُبژه» صورت گرفته است. بر این اساس که شکل‌گیری این مفاهیم خود تاریخ خاص و زمینه‌های تاریخی‌شان موضوع بحث است و می‌توان با تأسی از برخی فیلسوفان و مورخان علم موضوع را مورد بررسی قرار داد. برای مثال گاستون باشلار آن را «گسست معرفتی»، جورج کـانگیلم آن را «شکل‌گیری مفاهیم علمی» (Canguilhem,1955) و توماس کوهن آن را «انقلاب علمی» خوانده‌اند. همچنین از نظر کارل ورنر هایزنبرگ و نیلس بور، دو تن از بنیان‌گذاران فیزیک قرن بیستم، تولد فیزیک کوانتومی به‌عنوان یک انقلاب اساسی در مفاهیمی که تا آن زمان براساس توصیف طبیعت استوار بود، ظاهر می‌شود. به گفتهٔ هایزنبرگ، فیزیک کوانتومی «بنیان جدیدی در علم طبیعت» بود (Bohr, 1991) که بر «گسست واقعی در ساختار علم، حتی تغییری که در واقعیت ایجاد می‌شود» تأکید کرد (Heisenberg, 1971).

گاستون باشلار در آثار اولیهٔ اپیستمولوژیک و معرفت‌شناسی خود، به‌ویژه در *روح جدید علمی*[1] و *فلسفه نه*[2]، از گسست و انقلاب علمی و معرفتی قرن بیستم صحبت

می‌کند. به اعتقاد باشلار، علم معاصر ما را وارد دنیای جدیدی می‌کند. اگر انسان به علم فکر کند، خود را به‌عنوان یک انسان متفکر احیا می‌کند (Bachelard, 1934).

در این مقاله با روش توصیفی ـ تحلیلی بـه بررسـی چگـونگی و چرایـی گسسـت معرفتی در عصر فیزیک کوانتومی صحبت خواهیم کرد. نشـان خـواهیم داد کـه در ایـن عصر به جای «تصویر طبیعت»، گفت‌وگو از تصویر «رابطهٔ ما با طبیعـت» اسـت کـه بـه زبان ریاضی تشریح و آن‌ها را «توضیح» می‌دهـد. داده‌هـای پـژوهش بـه روش مطالعـهٔ کتابخانه‌ای و اسنادی، مبتنی بر آثار علمی و پژوهشی بنیان‌گذاران فیزیـک کوانتـومی بـا رویکرد کپنهاگی گردآوری و تحلیل فلسفی و مفهومی شده‌اند.

۲. پیشینهٔ تحقیق

در باب مفهوم طبیعت به‌عنوان موضوع شناسایی «اُبژه» و رابطهٔ آن با فاعل شناسا به‌عنوان «سوژه» و تاریخ شکل‌گیری آن، باید خود را به یونان باستان، قرون وسطی، رنسانس، عصر جدید ارجاع بدهیم و آثار بزرگان فلسفه و علم را در این خصوص واکاوی و مورد مطالعه قرار دهیم. اما در قرن بیستم با ظهور فیزیک کوانتومی و تفسیر (رویکرد) کپنهاگی، داستان شکل دیگری به خود گرفته است. فیلسوفانی مانند مارتین هایدگر و ارنست کاسیرر نیز مسئلهٔ سوژه واُبژه یکی از مسائل محوری اندیشهٔ آنان بوده است. در اینجا آنچه برای ما مهم است نگرش دانشمندان قرن بیستم است که طبیعت را همچون اسلاف خود قرار داده بودند. دقیقاً منظور ما بنیان‌گذاران فیزیک کوانتومی و تفسیر کپنهاگی آن است که به‌صورت جدی به رابطهٔ سوژه (فاعل شناسا) و اُبژه (طبیعت) در آثار مختلف خود پرداختند. همچنین آثار متنوعی به زبان‌های انگلیسی، فرانسوی، آلمانی و فارسی در تأیید و نقد رویکرد کپنهاگی فیزیک کوانتومی نوشته شده است. مهم‌ترین اثری که در رابطهٔ بین اُبژه و سوژه در رویکرد کپنهاگی نوشته شده،

کنفرانس مشهور کارل ورنر هایزنبرگ در سال ۱۹۴۹ میلادی تحت عنوان «فهم از طبیعت در فیزیک امروزی» است. این کنفرانس در قالب مجموعهٔ سه کنفرانس هایزنبرگ توسط انتشارات رووِلت، هامبورگ، در سال ۱۹۵۵ چاپ شد. این مجموعه در سال ۱۹۶۲ تحت عنوان*La nature dans la physique contemporaine* توسط انتشارات گلیمار در پاریش منتشر شد. همین اثر در سال ۲۰۰۰ میلادی توسط همین ناشر با مقدمهٔ مفصل کاترین شواله[۳]، فیلسوف علم و مورخ فرانسوی، تجدید چاپ شد. در این مقدمه خانم شواله به یکی از نتایج فلسفی فیزیک کوانتومی یعنی رابطهٔ طبیعت (اُبژه) و فاعل شناسا (سوژه) اشاره می‌کند و توضیح می‌دهد.

در زبان فارسی در ارتباط با نتایج فلسفی فیزیک کوانتومی، یکی از مهم‌ترین کتاب‌ها، کتاب *مبانی فلسفی مکانیک کوانتومی* اثر علیرضا منصوری در سال ۱۳۹۵ش است که «حاصل بسط و تکمیل پژوهش‌هایی است که مؤلف در رسالهٔ دکتری خود و پژوهش‌های دیگر» انجام داده است. فصل چهارم کتاب تحت عنوان «تعبیر کپنهاگی و استاندارد» است. در این فصل به یکی از مهم‌ترین نتایج تعبیر کپنهاگی یعنی رابطهٔ «سوژه» و «اُبژه» هیچ اشاره‌ای نشده است. کتاب *تحلیلی از دیدگاه‌های فلسفی فیزیک‌دانان معاصر* اثر مهدی گلشنی که در سال ۱۳۸۵ش منتشر شد، کتاب دیگری است دربارهٔ فلسفه فیزیک کوانتومی. در این کتاب نیز مؤلف دربارهٔ «تعبیر کپنهاگی» فیزیک کوانتومی صحبت می‌کند، ولی بحثی از رابطهٔ «سوژه» و «اُبژه» نکرده است. سید هدایت سجادی، نیز چندین مقاله دربارهٔ فلسفهٔ کوانتومی نوشته است. در این بین به سه مقالهٔ وی که مستقیماً به «تعبیر کپنهاگی» ارتباط دارد اشاره می‌شود. مقاله‌های «رهیافت‌های فلسفی هایزنبرگ در شکل‌گیری مکانیک کوانتومی با تعبیر کپنهاگی»، «مکملیت بور و رهیافت‌های فلسفی در شکل‌گیری آن» و «رهیافت وحدت‌گرایانه و

مکانیک کوانتوم استاندارد» که ارتباط مستقیم به «تعبیر کپنهاگی» دارد، هیچ اشاره‌ای به رابطهٔ «سوژه» و «اُبژه» نکرده است. سعید معصومی دیگر نویسنده دربارهٔ فلسفهٔ فیزیک کوانتومی به زبان فارسی است که چندین مقاله در این باره دارد که شاید مهم‌ترین آن‌ها مقالهٔ «تلقی واقع‌گرایانه از مکانیک کوانتومی» است که در این مقاله نیز به یکی از مهم‌ترین نتایج «تعبیر کپنهاگی» از فیزیک کوانتومی یعنی مفهوم طبیعیت به‌عنوان «اُبژه» و «سوژه» به‌عنوان فاعل شناسا بحثی ندارند.

پیش از آنکه به نگاه فیزیک‌دانان قرن بیستم به طبیعت به‌عنوان اُبژه و رابطهٔ آن با سوژه و تحولات مرتبط با آن بپردازیم، لازم است تاریخچهٔ مختصر از رابطهٔ بین سوژه (عالم یا دانشمند) و اُبژه (طبیعت) در تاریخ علم و فلسفه بپردازیم.

۳. تصویر «طبیعت»[۴] در دنیای پیش‌کوانتومی

۳ـ۱. یونان باستان و قرون وسطی

بررسی مآخذ موجود نشان می‌دهد که در آغاز قرن ششم قبل از میلاد، گروهی از متفکران، دانشمندان و فلاسفهٔ یونانی برای نخستین‌بار پژوهش‌های جدی و انتقادی دربارهٔ طبیعت و چیستی جهانی که در آن زندگی می‌کردند، آغاز کردند که مورخان علم و فلسفه از آنان به‌عنوان نخستین فیلسوفان و یا پیش‌سقراطیان نام برده‌اند (خراسانی، ۱۳۸۷). این طرح پرسش از طبیعت و تغییراتی که در آن مشاهده می‌شود تا به امروز سؤال و مسئلهٔ اصلی پژوهشگران در حوزهٔ علم و فلسفه است (Heisenberg, 1962, pp. 115-144.). براساس روایت‌های موجود نخستین فیلسوفان و دانشمندان به‌ویژه فیلسوفان طبیعت ایونیایی نه‌تنها پرسش‌های جدیدی مطرح کردند، بلکه پاسخ‌های جدید و جدی نیز به این پرسش‌ها دادند. درواقع، این فیلسوفان طبیعت، به طبیعت شخصیت و هویت جست‌وجوگرانه دادند. نظریهٔ طبیعی طالس این بود که در فرضیهٔ او

تبیین‌های طبیعی ـ علّی جایگزین عناصر و عوامل فراطبیعی و حوادث خارق العاده شد. کوتاه سخن آنکه طالس برای اولین بار تبیینی واحد و منسجم را از جهان طبیعت به دست داد و با تکیه بر تجربهٔ متعارف غیرمینوی از هر نوع تجسم تمثیلی چشم پوشید. او مشاهدات خود را در پدیده‌های عینی و ملموس جست‌وجو نمود و هر نوع عنصر عاطفی ـ وجودی و اساطیری را از معالهٔ خویش حذف کرد (ضیمران، ۱۳۸۴، صص.۸۷–۸۸).

به روایت افلاطون در رسالهٔ فیدون سقراط برای اولین‌بار علم طبیعت‌شناسی را بنیان می‌نهد. او از زبان سقراط می‌گوید:

> من در روزگار جوانی بسیار مشتاق بودم که علمی را که طبیعی نام دارد بیاموزم و بسی اهمیت می‌دادم به اینکه شخص علت هر چیز را بفهمد و بداند سبب زایش و مرگ و هستی آن چیست؟ و رنجی نبود که نبردم تا بدانم اولاً آیا راست است که گرما و سرما و ظهور نوعی فساد در این دو امر باعث تکوین جانوران می‌شود. ... و نیز می‌خواستم سبب فساد آن‌ها را دریابم و حتی کنکاوری خود تا به آسمان/ها و اعماق زمین بسط می‌دادم تا بدانم کلیهٔ عوارض و آثار طبیعت از جه روی می دهد (Platon, 1991, p.96a).

بدین ترتیب لفظ «فوسیس» برای نخستین‌بار توسط پیش‌سقراطیان مطرح و با سقراط در یک چارچوب فلسفی دقیق تحت عنوان «فلسفهٔ طبیعی» شکل می‌گیرید.

افلاطون در رسالهٔ *تیمائوس* با طرح پرسش از چیستی «طبیعت» تلاش می‌کند پاسخی روشن به فیلسوفان نخستین داده و روایت خود را از مواجهه با طبیعت ارائه دهد. وی با اعتقاد به دو قلمرو متمایز از هم، یعنی دنیای محسوس و دنیای معقول، موضعی نقادانه نسبت به روایت پیش‌سقراطیان را از مشاهدهٔ طبیعت اتخاذ می‌کند(Platon, 1995, 27d-28a).[۵] افلاطون توصیفی خیالی و ظنّی از دنیای محسوس ارائه داده، برعکس از دنیای معقول که دنیای صورت‌های معقول، غیرجسمانی، ابدی، و

لایتغیّر است، ارائه می‌دهد. بنابراین، افلاطون در تبیین طبیعت، به فعل و به‌مثابهٔ ساختهٔ صانعِ دمیورگی[۶] و عقلی بازگرداند که از آشوب اولیه‌ای را که سرشار از مادهٔ بی‌شکل است جهان منظم مطابق طرحی معقول به نظم آورد، درواقع آفرینش او از هیچ و نیستی همان‌گونه که در داستان‌های نظریه‌های ادیان الهی می‌بینیم نیست. افلاطون در رسالهٔ *تیمائوس*، همچنین، به دنبال یافتن ماده‌المواد است (Platon, 1995, p.48b) و با پذیرفتن چهار عنصر آب، آتش، خاک و هوا که امپدکلس معرفی کرده بود به آنان ساختار هندسی داده و با کمک ریاضیات ساختار جهان و حرکت‌های آن را توضیح می‌دهد. اما برخلاف امپدکلس، افلاطون این چهار عنصر را مادهٔ اولیه یا اصول اولیهٔ جهان نمی‌داند، بلکه دو مثلث قائم‌الزاویهٔ متساوی‌الساقین و مثلث قائم‌الزاویه‌ای که یک ضلع زاویهٔ قائمه دو برابر ضلع دیگر آن است، ماده‌المواد (عنصر عناصر) ساختار جهان معرفی می‌کند (Platon, 1995, 53c).

در مکتب ارسطو و سپس نزد مفسران و شارحان ارسطو، دانش‌های فلسفی به دو دستهٔ اصلی تقسیم می‌شود: نظری و عملی. فلسفهٔ نظری نیز خود به فیزیک (شناخت طبیعت)، ریاضیات و متافیزیک تقسیم می‌شود. «در فلسفهٔ ارسطو همیشه و بیش از هر چیز بازگشت به واقعیت و رویکرد به پدیده‌های عینی جهان پیرامونی و موجودات محسوس به چشم می‌خورد. شعار همیشگی او "پرستاری پدیده‌ها"[۷] است» (خراسانی، ۱۳۸۵، ص۴۱).

ارسطو طبیعت را برعکس افلاطون «میل درونی به حرکت»[۸] تعریف می‌کند. طبیعیات درواقع با اجسام طبیعی به‌طور کلی، و با طبیعت مشترکِ همهٔ اجسامی سروکار دارد که در خودشان منبع حرکت و سکون را دارند. اجسام طبیعی نه‌تنها اجسام زنده را دربر می‌گیرد، بلکه عناصر و اجزای غیرآلی را نیز شامل می‌شود. حتی چیزهای

مصنوعی نیز، تا آنجا که مادهٔ آن‌ها اجسام طبیعی‌اند، حرکت طبیعی دارند. ارسطو نتیجه می‌گیرد:

> پس تعریف طبیعت این بود که گفتیم. اشیایی دارای طبیعتند که چنین مبدأیی[۹] در خود دارند. همهٔ این اشیا جواهرند، زیرا این‌ها همه، موضوع‌اند و طبیعت هم همیشه به موضوع نیاز دارد تا در آن جای داشته باشد. اینکه گفته می‌شود همه چیز براساس طبیعت است، هم دربارهٔ اشیا و هم صفات ذاتی آن‌ها به‌کار برده می‌شود. مانند خاصیت آتش که حرکت به سوی بالاست. این خاصیت نه طبیعت است و نه دارای طبیعت، بلکه طبیعی (بالطبع) یا موافق طبیعت (جریان طبیعی) است (Aristote, 192b, 32-35)[۱۰].

اغلب مطالعات طبیعت در قرون وسطی شرح و بررسی طبیعیات ارسطوست. لذا فیلسوفان طبیعی بحث خود را با تعریف ارسطو از حرکت و تغیّر (کینِسیس[۱۱]) آغاز می‌کنند. در این بین ابن‌سینا نیز به طبعیت از ارسطو، که طبیعت را مبدأ اول برای حرکت و سکون جسم می‌داند، تعریفی که از طبیعت می‌دهد در ارتباط با حرکت و سکون است. او در *دانشنامهٔ علایی* طبیعت را به‌عنوان نیرویی یا قوه‌ای درونی در عناصر و اجسام درنظر می گیرد که موجب حرکت آن‌ها می‌شود. ابن سینا می‌نویسد: «صورت عنصر یک طبیعت است که ورا بفعل دانند و بحس نبینند» (ابن‌سینا، ۱۳۸۳، ص ۵۳). و در کتاب *فن سماع* طبیعی «طبیعت مبدأ هر امر ذاتی است در چیزها خواه حرکت باشد خواه سکون» (ابن‌سینا، ۱۳۶۰، ص ۴۱). در این صورت از نظر ابن‌سینا طبیعت آب مثلاً آن چیزی است که به علت آن آب است و شیء دیگری نیست.

در دورهٔ اوج قرون وسطی، به‌ویژه در سدهٔ سیزدهم، تصورات دربارهٔ طبیعت (فوسیس) تحت تأثیر اندیشه‌ها و آثار ارسطو و شارحان و فیلسوفان مسلمان و همچنین آموزه‌های نجوم بطلمیوسی بود. جهان بسته و متناهی ارسطویی ـ بطلمیوسی به نحوی

ذومراتب به عالم آسمانی و علام تحت‌القمر تقسیم می‌شود. درواقع عالم به دو بخش فوق‌القمر و تحت‌القمر تقسیم می‌شود. عالم فوق‌القمر، عالم یک‌نواخت، مستدیر، افلاک فناناپذیر، بسیط، عدم کون و فساد و عالم تحت‌القمر، عالم شدن، کون، فساد و دگرگونی و کلاً حرکت اشیا به سوی حیّز طبیعی‌شان و مستقیم‌الخط و متناهی اجسام است. در سده‌های میانه به‌ویژه از اواسط سدهٔ سیزدهم به بعد «تاریخچهٔ مفهوم طبیعت (فوسیس) عمدتاً با تاریخچهٔ مفهوم ارسطویی از طبیعت یکی می‌شود. این مفهوم از این پس، نقشی بارور در مباحثات دربارهٔ دخالت خدا در نظم طبیعت مخلوق، تمایز میان طبیعت و ماورای طبیعت، تعریف اقانیم الهی و نیز در بحث کلامی در باب وجود دو طبیعت در شخص واحد مسیح است» (ریتر، ۱۹۹۳، ص. ۲۲۱).

۳ـ۲. دوران نوزایی و عصر جدید تا قرن بیستم

در دورانی که علوم جدید به‌وسیلهٔ کپلر، گالیله و نیوتن در قرن هفدهم پایه‌گذاری شد، تصویری که از طبیعت ارائه می‌شد هنوز یک تصویر قرون وسطی از طبیعت بود. دانشمندان بر این باور بودند که طبیعت، آفریدهٔ خداوند است و به نظر آن‌ها تحقیقاتی که انجام می‌شود درواقع دربارهٔ جهان مادی‌ای است که مستقل از وجود خداوند است. هایزنبرگ در بخشی از سخنرانی سال ۱۹۴۹ دربارهٔ «مفهوم طبیعت در فیزیک معاصر»، شاهدی از سخنان کپلر را که در کتاب او به نام *هماهنگی آسمانی*[۱۲] نوشته شده است نقل می‌کند:

> ای خداوند، من از تو که خالق ما هستی سپاسگزارم، که به من اجازه دادی که به زیبایی طبیعتی که به دست تو خلق شده است بنگرم. آن شکوهی را که با دستانت ساخته بودی، تو را تحسین می‌کنم. آری، اکنون من کاری که احساس می‌کردم وظیفهٔ من است، به پایان رساندم. تو با استعدادی که به من عطا کردی سعی کردم

شکوه و جلال تو را به همهٔ انسان‌ها تا آنجایی که توانایی من اجازه می‌دهد، نشان دهم. آن شکوه کارهایت را، بر آن مردمی آشکار کردم، که روزی این دلایل را خواهند خواند (Heisenberg, 2000, p.120).[۱۳]

اما ده‌ها سال بعد از کپلر نظر انسان دربارهٔ طبیعت به‌کلی تغییر کرد. به‌همان اندازه‌ای که دانشمندان به جزئیات پدیده‌های طبیعی می‌پرداختند، درمی‌یافتند که درعمل می‌توان، مانند کاری که گالیله آغاز کرده بود، رویدادهای طبیعی منفرد بدون ارتباط با سایر پدیده‌ها و مستقل از انسان به زبان ریاضی را تشریح کرد و آن‌ها را «توضیح» داد. همچنین تصوری که انسان نیز از طبیعت خود دارد دگرگون می‌شود. دیگر آن نگرش‌های مذهبی رنسانس فروکش می‌کند. درواقع پس از رنسانس انسان شروع به کشف طبیعت می‌کند و به خود اجازه می‌دهد تا به طبیعت بنگرد و روایت جدیدی از مواجههٔ خود با طبیعت ارائه دهد. ضمن کشف قوانین آن، از آن لذت هم ببرد و دانشمندان به این نتیجه می‌رسند که فرد باید از نظم و وحدت پیروی کند، و این وحدت باید بر عقل یا بر حجّیّت مبتنی باشد. درنتیجه می‌توان گفت انقلاب علمی که با گالیله آغاز می‌شود، با تفکیک دنیای اُبژه از دنیای سوژه به‌وجود آمده بود، به انسان اجازه داد به طبیعت نگاه مالکانه داشته باشد. از طرف دیگر «گالیله با ایجاد نوعی علم فیزیکی ـ ریاضی[۱۴] قادر به پیش‌بینی پدیده‌ها باشد. از طریق آزمایش نشان می‌دهد که ریاضیات، با مثلّثات و دوایر و اشکال هندسی‌اش، یگانه زبان قادر به کشف رمز کتاب طبیعت است». براساس این روش و زبان، «پیشرفت‌های ریاضی پابه‌پای پیشرفت‌های فیزیک صورت می‌گیرد و همین امر فیلسوف را بر آن می‌دارد که مسئلهٔ رابطهٔ بین ذهن و طبیعت را به شیوه‌ای نو مطرح کند، یعنی رابطهٔ بین ذهن، که پدیدآورندهٔ ریاضیات

است و طبیعت، که ذهن آن را از طریق ریاضیات تفسیر می‌کند» (بریه، ۱۳۸۵، صص. ۱۲-۱۳).

رنه دکارت، نخستین فیلسوف بزرگ دورهٔ جدید است که در نیمهٔ دوم قرن هفدهم زندگی می‌کرد. مهم‌ترین آرای او در راه پیش‌برد علم و شناخت طبیعت را می‌توان در *گفتار پیرامون روش* و *تأملات فلسفهٔ اولی* پی‌گیری کرد. او با شک و استدلال منطقی در تلاش است تا بنیانی استوار بر نظامی فلسفی کاملاً جدید و آنگونه که او می‌اندیشد، بیابد.

دکارت نخست به ریاضیات کاربردی روی آورد و آثاری دربارهٔ نجوم، موسیقی و نور نگاشت و در ۱۶۱۹م تحقیقاتی دربارهٔ افزایش سرعت در سقوط اجسام، فشار مایع در ته ظرف و چندبُعدی، قوانین انکسار نور و ... پرداخت. تحقیقات او در این زمان مانند کپلر و گالیله متوجه تبیین و تشریح طبیعت و قوانین آن به زبان ریاضی است، ولی بعداً اندیشهٔ او روی به جانب ریاضیات عام[۱۵] می‌رود، اما این ریاضیات دیگر روش نیست، تنها کاربرد روش در بسیط‌ترین چیزهاست (همان، ص. ۷۱)، که شامل تمام موضوعات معرفت بشری می‌شود. دکارت که با علوم طبیعی و به‌ویژه ریاضیات آغاز کرده بود، در جست‌وجوی شناختی یقینی بود که به درجهٔ یقینی بودن ریاضیات برسد. احتمالاً این انگیزهٔ اصلی دکارت در آغاز جست‌وجوی فلسفی او بود. در همین ارتباط در تأمل اول، تأملات در فلسفهٔ اولی می‌نویسد:

> به همین جهت شاید ناروا استنتاج نکرده باشیم اگر بگوییم که طبیعیات، هیئت، پزشکی و تمام علوم دیگری که از اشیای مرکب بحث می‌کند، کاملاً تردیدآمیز و غیریقینی است، اما حساب، هندسه و علوم دیگری از این سنخ که تنها از امور بسیط و بسیار کلی بحث می‌کند، بی‌آنکه چندان زحمتی به خود بدهیم که آیا این امور در طبیعت وجود دارد یا وجود ندارد، متضمن امری قطعی و تردیدناپذیر

است. زیرا خواه من بیدار باشم و خواه خفته، دو به‌علاوهٔ سه، همواره پنج خواهد بود و مربع هیچ‌گاه بیش از چهار پهلو نخواهد داشت و محال است حقایقی به این پایه از وضوح در مظان خطا و تردید باشد (دکارت، ۱۳۶۱، ص. ۳۹).

از آنجا که دکارت علم را فقط به معلوماتی اطلاق می‌کند که کاملاً مبرهن و یقینی باشد و جای شک و شبهه نسبت به آن‌ها در ذهن باقی نباشد، ریاضیات را نمونهٔ کامل علم می‌داند و معتقد است که برای کشف مجهولات باید به همان راهی که ریاضی‌دانان پیش می‌روند، کار کرد. علم، از نظر دکارت، جز حاصلِ عقل چیزی نیست، پس همچنان که عقل انسان یکی است. علم هم یکی بیش نیست؛ یعنی علوم مختلف همه به هم مربوط و از سنخ واحدند و شخص عالم باید جامع همه باشد و می‌تواند باشد.

دکارت کوشید تا بر بنیاد شک و تفکر منطقی، آن‌چنان‌که خود عقیده دارد، بنیادی استوار بر نظامی فلسفی بیابد. او در این راه هم، انکشاف را چنان بنیادی نمی‌داند و حتی به این کار هم راضی نیست تا آنچه را از راه حواس ادراک می‌کنیم بی‌چون‌وچرا بپذیرد. به‌همین سبب با روش شک آغاز می‌کند. او به آنچه حواس به ما خبر می‌دهد شک می‌کند، او به نتایج تفکر منطقی هم شک می‌کند و سرانجام به جملهٔ مشهور خود، یعنی «فکر می‌کنم، پس هستم» می‌رسد. دکارت در تأملات ششم توضیح می‌دهد، صفات امتداد و فکر، مانع‌الجمع هستند، یعنی شیء ممتد، شیء غیراندیشمند و شیء اندیشنده، شیء غیرممتد است (دکارت، ۱۳۶۱، تأملات ششم). وی همچنین در اصول فلسفهٔ خود نوشته است که «نفس جوهری به‌کلی متمایز از بدن است» (دکارت، ۱۳۷۶، ص. ۲۳۱). درواقع هر جوهری یک صفت اصلی دارد که مقوِّم ماهیت و ذات آن است. بنابراین، امتداد در طول، عرض و عمق، مقوِّم ماهیت جوهر جسمانی است و فکر، مقوِّم

ماهیت جوهر اندیشنده است. منوچهر صانعی دره‌بیدی در تحلیل قضیهٔ کوگیتو[۱۶] می‌نویسد:

> اگر قضیهٔ کوگیتو سرفصل مباحث مختلف فلسفه جدید است ... روح قضیهٔ کوگیتو عبارت است از استقلال در تفکر. دکارت می‌خواهد با تجربهٔ شخصی خود به یقین علمی برسد. رهایی از بند اندیشهٔ تقلیدی (متکی بر حجیت) قرون وسطی مستلزم استقلال در تفکر است. این استقلال فقط از این طریق تأمین می‌شود که فیلسوف خود یا خویشتن خویش را چنان اثبات کند که بدون تکیه بر واقعیت‌های مادی و جسمانی بتواند تحقق داشته باشد (صانعی دره‌بیدی، ۱۳۷۶، ص. ۸۳).

وی به نقل از هایدگر می‌افزاید: «هایدگر در جلد چهارم کتابی در شرح فلسفهٔ نیچه نوشته می‌گوید: «در قضیهٔ *کوگیتو* سوژه و اُبژه مقابل هم قرار می‌گیرند. سوژه در اصل لاتینی به معنی زیربنا و بنیاد و اساس هستی است. از زمان دکارت به بعد، من متفکر تبدیل به موضوع می‌شود و این آغاز اومانیز جدید است» (همان، ص. ۸۴). امیل بریه درمورد نقش *کوگیتو* در نظام فلسفی دکارت که میان نفس و بدن (دوآلیسم کارتزین) تمایز قائل است تأکید می‌کند و می‌نویسد: «فیزیک دکارت تماماً مبتنی بر آن است» (بریه، ۱۳۸۵، ص. ۸۸). هایزنبرگ در کتاب *فیزیک و فلسفه* از تأثیر دوگانه‌انگاری دکارت در تاریخ تفکر بشریت بعد از خود می‌گوید و تأکید می‌کند اینشتین بعد از سه قرن به‌خاطر متأثر بودن از این تفکر به مخالفت با برداشت کپنهاگی از فیزیک کوانتومی پرداخت (Heisenberg, 1971, p. 90).

لاک، برکلی و هیوم سه فیلسوف تجربی مذهبی هستند که تلقی و روایت دیگری از مواجههٔ انسان با طبیعت بیان داشتند. آنان معتقد بودند، برعکس دکارت، شناخت طبیعت از تجربه و حس ریشه می‌گیرد و آغاز می‌شود. لاک معتقد است که سرچشمهٔ همهٔ معانی ما تجربه است که در دو شکل «احساس» یا «ادراک حسی»[۱۷] خود را نشان

می‌دهد. در این دیدگاه عباراتی مانند «آنچه هست هست» یا «ممکن نیست که یک چیز هم باشد و هم نباشد» معنی ندارد. از اینجاست که لاک اصل مشهور «هیچ چیز در عقل نیست که پیش از آن در حس نبوده باشد»[۱۸] را بیان می کند. بارکلی معتقد است، آنچه ما از اشیای بیرونی می‌دانیم چیزی نیست جز همان معانی یا تصورات که ما از آن‌ها در اندیشه داریم. درواقع نزد وی «وجود همان ادراک شدن یا ادراک کردن است» (خراسانی، ۱۳۷۶، ص ۱۶۰).

ترکیب نظریهٔ لاک و برکلی از یک سو و دکارت از سوی دیگر در فلسفهٔ کانت، بنیانگذار انقلاب کپرنیکی، تجلی پیدا می‌کند. کانت این سؤال را مطرح می‌کند آیا همهٔ معرفت ما از تجربه ناشی می‌شود؟ برای پاسخ به این سؤال کانت یک آنالوژی با فیزیک گالیله و نیوتن برقرار می‌کند. به‌زعم کانت، بخشی از معرفت ما از طبیعت خارج از تجربه است و بخشی دیگر از منابع دیگر سرچشمه می‌گیرد. درنتیجه او میان شناخت «تجربی» و شناخت «ماتقدّم» تمایز قائل شد. درنهایت مکان، زمان و علیّت صور مقدم بر تجربهٔ شهودند و شرط لازم و کافی برای ساختن احکام تألیفی و مقدم بر تجربه هستند. به عقیدهٔ کانت تنها رشته‌هایی از شناخت نظری که تاکنون در نتیجهٔ فعالیت عقل توانسته‌اند به نتایج یقینی و بی‌تناقض برسند ریاضیات و فیزیک است : «ریاضیات و فیزیک دو شناخت نظری عقلانی هستند موضوع‌هایشان را به نحوی پیشین تعیین می‌کنند: اولی کاملاً ناب، و دومی دست‌کم تا اندازه‌ای ناب است. اما در این صورت نیز هماهنگ با معیاری دیگر از سرچشمه‌های شناخت، غیر از معیار عقل، هستند» (همان، ص ۲۳۶).[۱۹]

۴. سرآغاز نظریهٔ کوانتومی

تولد فیزیک جدید به بیش از صد سال پیش برمی‌گردد. ماکس پلانک که در سال ۱۸۹۵ تحقیقات خود را در زمینهٔ تشعشع جسم سیاه (جسمی که تمام فرکانس‌ها را جذب می‌کند) شروع کرده بود. در تابستان ۱۹۰۰، وی به کمک نتایج سایر آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق دیگر فیزیک‌دانان در برلین که روی طیف تابش گرما انجام داده بودند، به نتایج جدیدی دست یافت. در تاریخ ۱۴ دسامبر ۱۹۰۰ میلادی این فیزیک‌دان آلمانی، فرضیهٔ کوانتومی خود را در قالب مقاله‌ای تحت عنوان «دربارهٔ قانون توزیع انرژی در طیف نرمال» معرفی کرد. این کشف سال بعد در مجلهٔ *سال‌نمای فیزیک* منتشر شد. (Planck, 1901)[۲۰] پلانک در تحقیقات خود به این نتیجه رسیده بود که انرژی نیز مانند ماده، از اجزای کوچک تشکیل شده است. این اجزاء یا «بسته‌های کوچک» برای ماده به‌نام جزء لایتجزا یا و در اینجا «کوانتوم» نامیده می‌شود. طبیعی بود که این کشف جدید که با علم زمان و در چارچوب سنتی و کلاسیک فیزیک (فیزیک نیوتنی و الکتریسته و مغناطیس) نمی‌توانست بگنجد، مخالفانی داشت. تا اینکه بعد از ۵ سال، گام اساسی در تأیید کشف پلانک برداشته شد. آلبرت اینشتین، در سال ۱۹۰۵ میلادی، در پدیدهٔ موسوم به فوتوالکتریک، یعنی صدور الکترون از فلزات تحت تابش نور، در آزمایش‌ها نشان داد که انرژی گسیل‌شده به شدت نور تابشی به فلز بستگی ندارد، بلکه تنها به فرکانس آن بستگی دارد. این مطلب را نمی‌شد براساس نظریهٔ سنتی تابش توجیه کرد. اینشتین توانست آزمایش خود را با کمک کشف پلانک که نور به‌وسیلهٔ کوانتای انرژی است در فضا منتشر می‌شود توجیه کند (Heisenberg, 1971, p. 11) .

براساس کشف پلانک تابش نیز مانند ماده که از اجزای تجزیه‌ناپذیری ترکیب شده است. وی فرض کرد صدور پرتو از ماده، مانند جریان آب از لوله نیست، بلکه شبیه

گلوله‌هایی است که از مسلسل خارج می‌شوند. پلانک هر یک از این مقادیر منفرد انرژی را کوانتوم نامید. به عبارت ریاضی، می‌توان انرژی یک جسم را به‌صورت زیر نشان داد.

$$E = nh\upsilon$$
$$E = 0, h\upsilon, 2h\upsilon, 3h\upsilon, \ldots.$$

υ بسامد (فرکانس)، $h=6.610^{-27}_{cgs}$ ثابت جهانی مشهور به ثابت پلانک و n عدد کوانتومی هستند.

در آغاز پلانک به اهمیت کشف جدید خود واقف نبود. هر چند ورنر هایزنبرگ در فصل دو کتاب *فیزیک و فلسفه* به نقل از فرزند وی می‌نویسد که در تابستان سال ۱۹۰۰ پدرش در هنگام پیاده‌روی در جنگلی در نزدیکی برلین با وی دربارهٔ کشفیات جدید خود سخن می‌گفته و بر این باور بوده است که احتمالاً این کشف، کشفی است بسیار مهم که تنها با کشفیات نیوتن می‌توان مقایسه کرد. در همین‌جا هایزنبرگ تأکید می‌کند که پلانک باید متوجه شده باشد که کشف جدیدش، تبیین ما از طبیعت را دگرگون خواهد کرد. در همین رابطه فرانکو سلری در کتاب مشهور خود به‌نام *مناظرهٔ بزرگ تئوری کوانتومی* می‌نویسد: «موفقیت‌های تئوری کوانتومی آن‌قدر زیاد، مشخص و دقیق بوده است که می‌توانیم با قاطعیت بگوییم با هیچ تئوری علمی قابل مقایسه نیست». همین نویسنده در جایی دیگر از کتاب خود اصل عدم قطعیت هایزنبرگ و اصل مکملیت بوهر را به‌عنوان بنیان و اساس ریاضی تئوری کوانتوم معرفی کرده است و می‌افزاید: «بیشترین پیشرفت این تئوری طی ۲۷ سال اولیهٔ قرن بیستم یعنی از سال ۱۹۰۰ (کشف پلانک) تا سال ۱۹۲۷ با معرفی اصل عدم قطعیت از سوی هایزنبرگ و اصل مکملیت بوهر صورت گرفته است» (Seller, 1986, p. 15).

در مکانیک کلاسیک (مکانیک نیوتنی) کاربرد مباحث احتمال امری بیگانه نیست، ولی در فیزیک کلاسیک قوانین اساسی، مانند قوانین نیوتن، معادلات لاگرانژ، معادلات هامیلتون، قوانین الکتریسیته و مغناطیس و ... جبری هستند و تحلیل آماری صرفاً یک وسیلهٔ عملی برای کار کردن با دستگاه‌های بسیار پیچیده است. با این حال به نظر هایزنبرگ و بوهر نگرش احتمالاتی در فیزیک کوانتومی یک نگرش بنیادی است که نتیجهٔ بلافاصله آن طرد جبرگرایی است. اما چگونه؟

در فیزیک کلاسیک معادله‌های حرکت یک دستگاه را با نیروهای مفروض می‌توان حل کرد تا مکان و اندازهٔ حرکت دقیق ذره در زمان‌های مختلف به‌دست آید. به‌عبارت دیگر کافی است مکان و اندازهٔ حرکت دقیق ذره را در لحظه‌ای مانند $t = 0$ بدانیم، (شرایط اولیه) تا حرکت آن را در آینده بتوانیم دقیقاً پیش‌بینی کنیم. این مکانیک در دنیای ماکروسکوپی، مانند اخترشناسی، با موفقیت بسیار به‌کار رفته است؛ حرکت آتی اجسام را برحسب حرکت اولیهٔ آن‌ها پیش‌گویی می‌کنند. ولی باید توجه کرد که در جریان انجام مشاهده‌ها، مشاهده‌گر با دستگاه برهم‌کنش دارد. برای مثال در فیزیک، حرکت ماه را با ارسال علائمی به طرف آن و بازگشت علائم ارسالی اندازه‌گیری می‌کنیم. علائم ارسالی بعد از برخورد به ماه در حرکت آن آشفتگی ایجاد می‌کند، ولی به‌علت جرم بسیار بزرگ ماه می‌توان از این آشفتگی چشم‌پوشی کرد. همچنین در اندازه‌های کوچک‌تر مانند یک آزمایش ماکروسکوپی در روی زمین که بسیار خوب طرح‌ریزی شده است، چنین آشفتگی‌ها معمولاً کوچک بوده یا دست‌کم قابل کنترل هستند و با کمک محاسبه‌های مناسب می‌توان آن‌ها را از پیش به‌دقت حساب کرد. و یا در حالت بسیار بد متخصصان فیزیک کلاسیک اشکال را به وسایل اندازه‌گیری مرتبط می‌دانستند و می‌گفتند با وسایل دقیق‌تر می‌توان به‌طور طبیعی فرض کرد که در قلمرو

ماکروسکوپی مکان و اندازهٔ حرکت یک ذره، مثل الکترون را می‌توان به‌کمک روش مشابهی از طریق مشاهده دقیقاً تعیین کرد.[۲۱]

درواقع در اینجا این سؤال مطرح می‌شود که آیا می‌توان به‌کمک یک آزمایش واقعی، مکان و اندازهٔ حرکت ماده یا تابش را در فیزیک میکروسکوپیک (ابعاد بسیار کوچک) در یک لحظه تعیین کرد؟ جواب نظریهٔ کوانتومی چنین است: نه دقیق‌تر از مقداری که اصل عدم قطعیت هایزنبرگ جایز می‌شمارد. این اصل که به اصل موجبیت نیز مشهور است، دو قسمت دارد؛ قسمت اول به اندازه‌گیری هم‌زمان مکان و اندازهٔ حرکت مربوط است و می‌گوید که آزمایش نمی‌تواند مقدار دقیق مؤلفهٔ اندازهٔ حرکت ذره، مثلا P_x و نیز مقدار دقیق مختصهٔ مربوط آن یعنی x، را به‌طور هم‌زمان تعیین کند. درعوض دقت اندازه‌گیری ما ذاتاً توسط خود فرایند اندازه‌گیری محدود می‌شود، به‌طوری‌که:

$$\Delta x \,.\, \Delta P_x \geq \hbar/2$$

P_x اندازهٔ حرکت با عدم قطعیت ΔP_x ، و در همان زمان مکان x با عدم قطعیت Δx معلوم است. در اینجا $\hbar \cong h/2\pi$ ، h ثابت جهانی پلانک است.

باید توجه کرد که اصل عدم قطعیت به بهبود وسایل و درنتیجه به تعیین هم‌زمان بهتری از x و P_x هیچ ربطی ندارد. بلکه این اصل بیان می‌دارد که حتی با وسایل ایدئال نمی‌توان اصولاً به دقتی بهتر از $\Delta x.\ \Delta P_x \geq \hbar/2$ دست یافت. همچنین توجه کنید که در اینجا حاصل‌ضرب عدم قطعیت‌ها دخالت دارد، به‌طوری‌که، مثلاً، برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری خود از P_x هر چه آزمایش را بیشتر اصلاح کنیم، به همان نسبت توانایی ما در تعیین دقیق x کم می‌شود. اگر P_x دقیقاً معلوم باشد، دربارهٔ x هیچ چیز نمی‌دانیم (یعنی اگر $\Delta P_x = 0$, $\Delta x = \infty$). لذا در اندازه‌گیری هم‌زمان دو کمیت x و P_x،

برای دقتی که با آن می‌توان x یا P_x را اندازه گرفت محدودیت وجود ندارد، بلکه محدویت به حاصل‌ضرب $\Delta x. \Delta P_x$ مربوط است.[۲۲]

از ژانویهٔ ۱۹۲۵ تا ژانویهٔ ۱۹۲۸ دانشمندان جوان دیگری مباحث مهم علمی بزرگی را مطرح کردند که بر غنا و توسعهٔ بیشتر فیزیک کوانتومی تأثیر شگرفی گذاشت، ازجمله می‌توان به ولفگانگ پائولی و اصل طرد را اشاره کرد که اساس توصیف جدول مندلیف شد. ورنر هایزنبرگ مکانیک ماتریسی فیزیک کوانتومی را پیشنهاد کرد. لوئی دوبروی و اروین شرودینگر فرم جدیدی برای مکانیک کوانتومی معرفی کردند. در این فرم حالت‌های مکانیک کوانتومی توسط توابع موج که جواب معادلهٔ شرودینگر بودند، توصیف می‌شدند. گر چه به‌صورت ظاهری مکانیک ماتریسی و مکانیک موجی با هم تفاوت داشتند ولی اثبات شد که این دو درحقیقت یک مطلب را بیان می‌کنند و به یکدیگر مربوط هستند. همچنین مشخص شد که ذرات در ابعاد میکروسکوپیک از آمار جدیدی به‌نام آمار فرمی دیراک پیروی می‌کنند که با آمار بوز ـ اینشتین یکی نیست. هایزنبرگ اصل عدم قطعیت خود را در سال ۱۹۲۷ معرفی کرد. پل دیراک اساس نظریهٔ میدان کوانتومی را که توصیف‌کنندهٔ میدان الکترومغناطیس بود پیشنهاد داد. بور نیز اصل مکملیت خود را که جنبهٔ فلسفی داشت معرفی کرد.

آنچه در تحولات فیزیک قرن بیستم برای ما، در اینجا، اهمیت دارد، کشف ماکس پلانک و اصل عدم قطعیت هایزنبرگ است. این اصل علاوه بر اینکه در تحول و پیشرفت علم و فناوری تأثیر بسزایی گذاشت، یک سری سؤالات جدی در حوزهٔ فیزیک کلاسیک که بیش از سه قرن بر فیزیک و تفکر انسان مدرن حاکم بود ایجاد کرده است. به‌همین دلیل فیزیک‌دانان مجبور شدند بعضاً از حوزهٔ علم دقیق علمی ـ تخصصی خود خارج شده تا به حل این مشکلات علمی ـ فلسفی پرداخته یا بهتر

بگوییم پاسخ لازم بدهند. برخی از این سؤالات در حوزه‌های اندیشه، معرفت‌شناسی و فلسفی بود.

تفسیر هایزنبرگ و بوهر از رابطهٔ عدم قطعیت[۲۳]، که به «تعبیر کپنهاگی» مشهور شد، این بود که هم‌زمان نمی‌توان اندازهٔ حرکت (سرعت) و مختصات (مکان) یک سیستم کوانتومی را دقیق مشخص کرد. دقت در هر یک از پارامترها، دقت در دیگر پارامترها را کم‌تر خواهد کرد. وی می‌گوید مکان یک الکترون را می‌توان با تاباندن نور روی آن و مشاهدهٔ نور پراکنده‌شدهٔ میکروسکوپ مشاهده کرد. براساس قوانین موجود نور، هر چه طول موج نور تابانده کم‌تر باشد، تعیین مکان آن دقیق‌تر خواهد بود. در این حالت بر اثر پدیدهٔ کامپتون تغییر بیشتری در اندازهٔ حرکت الکترون خواهیم داشت. تا اینجای بحث در عمل و اندازه‌گیری بود، یعنی برای هایزنبرگ یک کمیت فیزیکی زمانی معنی پیدا می‌کند که بتوانیم روش معینی برای اندازه‌گیری مقدار آن مشخص کنیم. اما هایزنبرگ خیلی زود به نتایج فلسفی فیزیک کوانتومی پی برد که متضمن طرد علّیت و تفسیر و تعبیر جدید از طبیعت به‌عنوان اُبژهٔ مورد بررسی فیزیک‌دانان در این فرمول‌بندی جدید است.

درواقع از نظر بوهر و هایزنبرگ، دو تن از بنیان‌گذاران فیزیک کوانتومی، تولد فیزیک کوانتومی دربرداشت و تحلیل ما از طبیعت یک انقلاب ریشه‌ای و اساسی ایجاد کرده است. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت فیزیک جدید پرتو تازه‌ای بر مسائل فلسفی تابانده است. انقلاب کوانتومی قرن بیستم همچنین باعث شد که فلاسفهٔ بزرگ این قرن نظیر هایدگر، کوجو، کاسیرر، راشینباخ، میرسون، باشلار، کارناپ و .... فیزیک کوانتومی را به‌عنوان موضوع مهم در سیستم فلسفی خود قرار دهند. به‌نظر می‌آید به‌علت

پیچیدگی و فنی بودن این فیزیک آنان نتوانستند خود را با تحولات علمی جدید اوایل قرن بیستم منطبق سازند.

در اینجا آنچه برای ما اهمیت دارد دیدگاه و تحلیل هایزنبرگ از فیزیک کوانتومی است. اولین اثر مورد نظر ما در این تحقیق کتاب *طبیعت در فیزیک معاصر*[۲۴] است که مجموع سه سخنرانی هایزنبرگ در سال‌های ۱۹۴۹، ۱۹۵۲ و ۱۹۵۳ انجام شده است. هایزنبرگ در سخنرانی اول به تحول ایجادشده در مفهوم «طبیعت» در فیزک معاصر (فیزیک کوانتومی) می‌پردازد. همچنین فصل پنجم کتاب *فیزیک و فلسفه* تحت عنوان «سیر تفکر فلسفی از دکارت تاکنون با نگاه به وضع جدید در نظریّهٔ کوانتومی» است.

۵. روایت‌های مختلف از فهم طبیعت در قرن بیستم براساس فیزیک کوانتومی

با شکل‌گیری فیزیک کوانتومی روایت‌های مختلفی از مواجههٔ انسان با طبیعت ارائه شد که مهم‌ترین روایت، در بهار سال ۱۹۲۷ تعبیر ثابتی از نظریهٔ کوانتومی به‌دست آمده بود که به «روایت کپنهاگی»[۲۵] موسوم شد. راویان اصلی این روایت کارل ورنر هایزنبرگ و نیلس بوهر بودند. با این حال آزمون قطعی این روایت در پاییز سال ۱۹۲۷ در کنفرانس سلوی در بروکسل انجام شد (Heisenberg, 1971, p. 32).

روایت کپنهاگی از نظریهٔ کوانتومی، به اعتقاد هایزنبرگ (ibid, chap. III)، با یک پارادوکس متولد می‌شود. تمام تجربیات فیزیکی چه در ابعادی که زندگی روزمرهٔ ما و چه در دنیای زیراتمی[۲۶] می‌بایست با فیزیک کلاسیک تبیین شود. هایزنبرگ برای نشان دادن این پارادوکس یک تجربهٔ فیزیکی را در فیزیک کلاسیک و فیزیک کوانتومی مقایسه می‌کند. به این ترتیب که وقتی ما می‌خواهیم حرکت یک سیاره را در منظومهٔ شمسی بررسی کنیم براساس مکانیک نیوتنی می‌توانیم مکان، زمان و سرعت آن را دقیق اندازه بگیریم و حرکت آیندهٔ سیاره را پیش‌گویی کنیم. اما در

فیزیک کوانتومی مسئله به این سادگی نیست. ما نمی‌توانیم به‌طور دقیق مکان و اندازهٔ حرکت یک الکترون را در یک اتاقک ابر اندازه بگیریم و درنتیجه نمی‌توانیم حرکت آن را پیش‌بینی کنیم. بدیهی است در این مثال می‌بایست خطاهای دستگاه اندازه‌گیری، خطاهای آزمایش و نتایج اصل عدم قطعیت را هم درنظر بگیریم. در این شرایط تابع احتمال تنها راه‌حل برای نمایش وضعیت ذره خواهد بود. این تابع احتمال ترکیبی از دو عنصر متفاوت است، یعنی تا حدودی یک واقعیت است و تا حدودی هم میزان شناخت ما از واقعیت است. به همین دلیل تابع احتمال وضعیت الکترون را بیان می‌کند. در این شرایط وقتی تابع احتمال برای مقادیر اولیهٔ مختصات و سرعت در زمان اولیه مشخص باشد، می‌توان تابع احتمال یافتن یک الکترون، یا وضعیت یک الکترون، را در زمان‌های بعدی در اتاق ابر پیش‌بینی کرد. درواقع تابع احتمال نمایانگر وقایع و حوادث در زمان نیست، بلکه «گرایش به وقوع و یا امکان وقوع حوادث و درنتیجه شناخت ما از رویدادهاست» (ibid, p. 38). در اینجا نمی‌توان با برهان ریاضی به تفصیل توضیح داد. فرض کنید هدف ما یافتن مکان الکترون (ذره) در زمان‌های مختلف است. براساس مکانیک کوانتومی، تابع احتمال در زمان t_2 بستگی به تابع احتمال در زمان t_1 دارد. اکنون فرض کنید ذره (الکترون) در زمان t_1 به واقع در جایی مشخص است، هر چند دقیق نمی‌دانیم کجاست. ما سرعت ذره را هم نمی‌دانیم، اما اگر ذره در t_1 در جایی باشد، در زمان t_2 در جایی دیگر است. طبق نظریهٔ لاپلاس، نظریهٔ کلاسیک احتمال، می‌توان مکان ذره را در زمان t_2 دقیق مشخص کرد. اما در فیزیک کوانتومی و براساس اصل عدم قطعیت هایزنبرگ داستان فرق می‌کند. فرض اینکه ذره در زمان t_2 در ذره به‌واقع در جایی باشد غلط است.

در برابر روایت کپنهاگی روایت‌های دیگری نیز مطرح شد. برخی فیزیک‌دانان که به واقعیت خارج از ذهن اصالت قائل بودند برای خارج شدن از این تناقض تلاش‌هایی را انجام دادند که می‌توان آنان را به سه دستهٔ کلی تقسیم کرد (ibid, chap. VIII): ۱. نخستین گروه به دنبال آن نبودند که فیزیک کوانتومی را با توجه به نتایج تجربی آن تغییر دهند، بلکه می‌خواستند فلسفه و تفسیر کپنهاگی آن را تغییر دهند تا تشابه روشن‌تری با فیزیک کلاسیک بیابند؛ ۲. دومین گروه معتقدند که تعبیر کپنهاگی تا زمانی که با نتایج تجربی سازگار باشد خوب است. لذا در برخی موارد انتقاداتی به فیزیک کوانتومی و تفسیر کوانتومی داشتند، لذا در مقالات خود سعی کردند در برخی موارد فیزیک کوانتومی را تغییر دهند؛ ۳. سومین گروه که مهم‌ترین گروه مخالفان روایت کوانتومی کپنهاگی به‌ویژه با نتایج فلسفی آن بودند. مقالات اینشتین، فون لائو[۲۷]، شرودینگر، و مقاله موسوم به مقالهٔ EPR[۲۸] به این گروه تعلق داشتند. با شروع دههٔ ۱۹۵۰، چندین تفسیر رئالیستی جایگزین، که هدفشان حل مسئلهٔ اندازه‌گیری بود، مطرح شد. در اینجا فقط به اصلی‌ترین آن‌ها اشاره می‌کنیم، یعنی مکانیک بوهمی، نظریهٔ کاهش خود به خود، تفسیرهای چندجهانی[۲۹] و چند ذهنی[۳۰]، و تفاسیر مُدال.[۳۱]

۶. فهم از طبیعت در فیزیک کوانتومی: تأملی دربارهٔ دیدگاه‌های فلسفی هایزنبرگ[۳۲]

هایزنبرگ، زمانی که ماکس پلانک نظریهٔ کوانتمی خود را معرفی کرده بود، در سال ۱۹۰۱ در آلمان متولد شد. در سال ۱۹۲۳ تحصیلات خود را زیر نظر آرنولد سومرفلد[۳۳] و ماکس بورن[۳۴] در مونیخ به پایان رساند. سپس به دعوت نیلس بوهر به کپنهاگ رفت. از سال ۱۹۲۷ به بعد کرسی استادی را در دانشگاه‌های برلین، لایپزیک و گوتینگن رسید. در همین دوران، تحول و تغییر اساسی در علم فیزیک و به‌طور کلی در علوم

طبیعی، و نیز نگرش فلسفی ما نسبت به طبیعت به‌عنوان اُبژه[۳۵]، انسان به‌عنوان سوژه[۳۶] و زبان پدید آورد.

مجموعه آثار هایزنبرگ را می‌توان در کل به دو دسته تقسیم کرد. دستهٔ اول شامل مقالات و کتب علمی و تخصصی است که در تولد و گسترش فیزیک کوانتومی نقش بسیار مهم داشته است. دستهٔ دوم مربوط به مقالات و کتب غیرتخصصی فیزیک است که شامل تأملات تاریخی، فلسفی، فرهنگی، سیاسی و اجتماعی است. وی در پیش‌گفتار کتاب *جزء و کل* تأکید می‌کند که علم محصول و فرآوردهٔ انسان به‌عنوان سوژه است که معمولاً به آن توجه نمی‌شود. وی متذکر می‌شود با تأکید به این نکته امید است که فاصله و جدایی که میان علم و هنر افتاده است، کاهش پیدا کند. هایزنبرگ در همین جا می‌افزاید پایهٔ علم بر آزمایش است و نتایج علمی از راه گفت‌وگو در جامعهٔ علمی و بین دانشمندان دربارهٔ نحوهٔ مواجهه با طبیعت و استفاده از ابزارها در شناخت طبیعت به ثمر می‌رسد (Heisenberg, 1971, pp. 10-11). هایدگر، فیلسوف قرن بیستم آلمانی، در یکی از نوشته‌های خود در ارتباط با شیوهٔ تفکر و راز موفقیت هایزنبرگ در گسترش و توسعهٔ فیزیک به‌ویژه فیزیک کوانتوم اشاره و تأکید می‌کند که هایزنبرگ کاملاً فیلسوفانه می‌اندیشد و بدین وسیله است که می‌تواند در طرح پرسش از طبیعت موفق باشد و راه‌ها و پاسخ‌های جدیدی به آن پرسش‌ها بیابد (Krell, 1978, p. 283).[۳۷]

همان‌طور که گفته شد بوهر و هایزنبرگ خیلی زود به این نتیجه رسیدند که مفاهیمی مانند مکان، زمان، علیت، ساختار ماده و ... را که از زمان نیوتن اساس فیزیک کلاسیک بودند و به محدودیت‌هایی در تفسیر و تبیین پدیده‌های میکروسکوپی منجر می‌شده‌اند باید کنار گذاشت. لذا بر آن شدند تفسیر خود را از وضعیت جدیدی که فیزیک کوانتومی ایجاد کرده است در پاییز سال ۱۹۲۷ در کنفرانس سولوی در بروکسل

معرفی کنند. این تفسیر بعداً به «تعبیر کپنهاگی» یا «تعبیر سنتی» از فیزیک کوانتومی موسوم شد.

هایزنبرگ کسی است که خیلی مشخص و دقیق از فلسفهٔ یونان باستان از فلاسفهٔ پیش‌سقراطیان، از هراکلیت، از دموکریت، از فیاغورس، از افلاطون، از ارسطو و ... سخن می‌گوید. کسی که از سال ۱۹۱۹ در سن ۱۸ سالگی شروع به خواندن این فلاسفه می‌کند تا اینکه از حدود سال ۱۹۴۸ تا ۱۹۵۰ فلسفهٔ یونان برای او به یک چشمهٔ راه‌حل برای رفع مشکلات فیزیک‌دانان برای توصیف و تشریح طبیعت تبدیل می‌شود. درواقع این بازگشت به فلسفهٔ یونان برای هایزنبرگ یک برگشت ساده یا فرار از مشکلات جدید در حوزهٔ علم و فلسفه نبوده، بلکه یک بازگشت به سرچشمهٔ فلسفه و علم است. شاید فلسفهٔ یونان برای هایزنبرگ وسیله و مرجعی می‌شود تا با آن بتوان فلسفهٔ مدرن از زمان دکارت تا کانت و ... تا عصر حاضر که فیزیک کلاسیک (فیزیک نیوتنی) را مبنای اندیشهٔ فلسفی خود قرار داده بودند، نقد کرده و عدم توانایی آن‌ها را در تفسیر پدیده‌های میکروفیزیکی به اثبات برساند و شاید بازگشت هایزنبرگ به فلسفهٔ یونان را بتوان نقادی وی از مدرنیته[۳۸] نامید. برای هایزنبرگ در مقدمهٔ کتاب *فیزیک و فلسفه* با اشاره به تحولاتی که در اوایل قرن بیستم در فیزیک به وقوع پیوسته به صراحت اعلام می‌کند تغییرات و دگرگونی‌هایی که از فهم ما از واقعیت توسط فیزیک کوانتومی ایجاد شده است نمی‌تواند ادامهٔ تحولات علم در گذشته که توسط نیوتن، گاوس، ماکسول و ... ایجاد شده است باشد. به نظر می‌رسد که در اینجا یک شکست واقعی فیزیک کلاسیک و یک گسست واقعی در ساختار علم و نحوهٔ نگرش ما به طبیعت به‌عنوان اُبژه باشد (Heisenberg, 1971, p.12).

برای هایزنبرگ مسئله این است با فیزیک کوانتومی تا چه اندازه می‌توان به توصیفی ابژکتیو[۳۹] از جهان دست یافت؟ وضعیت در جهان ماکروسکپی (فیزیک کلاسیک نیوتنی) کاملاً مشخص است. اما سؤال این است که درک ما از طبیعت در جهان میکروسکوپی (جهان اتمی) چگونه است؟ فلسفهٔ علم طبیعی در دورهٔ کلاسیک مدرن توسط دکارت توسعه یافت. برای دکارت فلسفهٔ فیزیک براساس تقابل و یا تفکیک یا تقسیم شیء متفکر[۴۰] (سوژه) و شیء ممتد[۴۱] (ابژه) گسترش یافت و فیزیک خود را مشغول شناخت «واقعیت» به‌معنی تام آن کرد. از طرفی دیگر در این دوره علاقه به تبیین طبیعیت به زبان ریاضی که منبعث از نگاه افلاطون به طبیعت بود توسط گالیله احیا شد. درواقع علاقه به ترکیب معرفت تجربی با ریاضیات، تأثیر زیادی در گسترش و تثبیت جدایی «عین» و «ذهن» داشت. لازم است تأکید شود که این تفکیک در طول چند قرن ادامه پیدا کرد. البته واقعیتی که دکارت از تفکیک براساس شیء ممتد (عین) در صدد تبیین آن است، یک «واقعیت مابعدالطبیعی»[۴۲] است که یک نوع واقع‌گرایی جزمی[۴۳] محسوب می‌شود.

اما با کشف فیزیک کوانتومی در اوایل قرن بیستم وضعیت کاملاً تغییر کرد. با تفسیر کپنهاگی از فیزیک کوانتومی، علم طبیعی (فیزیک) فقط طبیعت را توضیف و تبیین نمی‌کند. درواقع علم طبیعی بخشی از تقابل میان طبیعت (اُبژه) و خود ماست (سوژه). یعنی علم فیزیک، طبیعت را آن‌گونه که در معرض تحقیق و اندازه‌گیری ما قرار می‌گیرد، توصیف می‌کند.

از نظر هایزنبرگ، براساس فیزیک کوانتومی، علم ما از طبیعت به‌صورت علم «تام» و «قطعی»[۴۴] نیست، بلکه به کیفیت و چگونگی رابطهٔ ما با طبیعت و زبانی که استفاده می‌کنیم، بستگی دارد. درواقع، «علم» خود را بین انسان و طبیعت قرار داده و علم ما نه

یک علم «عینی و واقعی» و نه یک علم «ذهنی»[۴۵] است. «علم» ما بین «اُبژه» از یک سو و «سوژه» از سوی دیگر قرار دارد. بدیهی است که مسئلهٔ رابطهٔ زبان و واقعیت در فیزیک جدید نیز جایگاه ویژه‌ای دارد.

در اینجا باید از تأثیر متقابل علم و فناوری نیز صحبت به میان آوریم که در درک ما از طبعیت تأثیر قابل‌توجهی داشته است. تأثیرپذیری انسان و فرهنگ از فناوری یکی از جدی‌ترین مسائلی است که فیلسوفان فناوری به آن پرداخته‌اند. همچنین باید متذکر شد مسئلهٔ رابطهٔ علم و فناوری نیز یکی از مباحث مهم در دو یا سه قرن اخیر برای مورخان و فیلسوفان علم و فناوری بوده است.

دن آیدی[۴۶] از معدود فیلسوفان فناوری است که معتقد است: «تکنولوژی (فناوری)، به معنای مهم و معینی، هم از نظر وجودی (اُنتولوژیک) هم از نظر تاریخی بر علم تقدم دارد» (آیدی، ۱۳۶۸، ص ۲۲۱)، این مسئله از دیدگاه هایزنبرگ طور دیگری مطرحی می‌شود. اما مسئله رابطهٔ بین علم و فناوری طی دو قرن اخیر فرق کرده، فناوری در طی این مدت هم نقطهٔ شروع و هم نتیجه علوم طبیعی بوده است. در اواخر قرن هجدهم و قرن نوزدهم، فناوری نتیجه‌ای از علم است. درواقع می‌توان گفت در طی این مدت پیشرفت و توسعهٔ فناوری متکی بر کشف قوانین مکانیکی طبیعت بود. در نیمهٔ دوم قرن نوزدهم تغییر اساسی در ماهیت فناوری رخ داد که نتیجهٔ پیشرفت در علم الکترونیک بود. در این حالت می‌توان مدعی بود رابطهٔ فناوری در این دوره کاملاً با صنایع دستی دوران قدیم دگرگون شد. چون نیروهای طبیعی را نمی‌شد از تجربهٔ مستقیم و بی‌واسطه برای انسان از طبیعت شناخت (Heisenberg, 2000, p. 129). در اینجا می‌توان از فناوری اتمی هم سخن به میان آورد. درواقع در این فناوری هم هدف بهره‌برداری از نیروهای طبیعی است که از دنیای تجربهٔ روزانهٔ ما امکان‌پذیر نیست. البته شاید روزی

بتواند همانند مکانیک و الکتروتکنیک که امروزه مردم با آن سروکار دارند عادی و جزئی از زندگی روزمرهٔ مردم شود.

آنچه برای هایزنبرگ اهمیت دارد، نقش فناوری در رابطهٔ انسان با طبیعت است. اولاً فناوری موجب رابطهٔ انسان با طبیعت می‌شود. دوم اینکه فناوری در محیط انسان و نحوهٔ زندگی انسان به میزان زیادی دگرگونی ایجاد می‌کند. سوم اینکه فناوری به انسان در فهم طبیعت کمک می‌کند. در این بین ادعای علم چیست؟ دسترسی و فهم تمام کیهان و معرفت علمی در اینجا جایگاه ویژه‌ای دارد، اما چگونه؟ بدون فناوری ممکن نیست به این هدف رسید. همانطور که علم سؤالات زیادی را در برابر انسان قرار می‌دهد. وظیفهٔ ما را درک و فهم طبیعت بیشتر می‌کند. لذا هر پیشرفتی در فناوری، هر چند کوچک، به انسان در دو بُعد فهم انسان از طبیعت و گسترش قدرت مادی انسان بر طبیعت قاعدتاً کمک می‌کند. در حالی که این وابستگی اغلب چندان مشخص و آگاهانه نیست. به تعبیر دیگر در اینجا شعار «دانایی توانایی است» اعتبار خودش را از دست داده است، بنابراین در این شرایط فناوری چندان محصول کوشش آگاه انسان نیست تا برای بسط دامنهٔ قدرت مادی انسان ظاهر شود، در چنین شرایطی فناوری محصول تلاش آگاهانهٔ انسان برای بسط قدرت خود برای احاطه بر طبیعت نیست، بنابراین، این یک فرایند بیولوژیکی است که طبیعتاً خارج از کنترل انسان است، زیرا «حتی اگر انسان بتواند آنچه را که می‌خواهد انجام دهد، امّا نمی‌تواند آنچه را که می‌خواهد، بخواهد» (Heisenberg, 2000, p. 132).

۸ . نتیجه

وقتی که ما در این عصر، دربارهٔ تصویر طبیعت از نظر علوم طبیعی دقیق (در اینجا فیزیک کوانتومی) صحبت می‌کنیم، اصلاً دربارهٔ تصویر طبیعت صحبت نمی‌شود، بلکه

برخلاف فیزیک کلاسیک و فلسفهٔ دوران مدرن، به‌ویژه فلسفهٔ دکارت، دربارهٔ تصویر رابطهٔ ما با طبیعت صحبت می‌شود. تقسیم‌بندی جهان به یک جریان عینی در فضا و زمان در یک طرف و در طرف دیگر روح که در آن این جریان منعکس می‌شود و به‌تعبیر دکارت فرق بین شئ ممتد و شئ متفکر، دیگر نقطهٔ ورودی فهم علوم طبیعی مدرن نیست. بلکه برعکس در میدان دید علم، قبلاً از هر چیز شبکهٔ روابط بین انسان و طبیعت قرار دارد که ما موجودات زنده، قسمت‌هایی از طبیعت هستیم و این روابط ما انسان‌ها را در عین حال موضوع تفکر و عمل ما می‌کند. آنچه تاکنون مطرح کردیم دیگر نمی‌توان از عینیت اشیا و ذرات تشکیل‌دهندهٔ آن‌ها صحبت کرد، درواقع صحبت از شیء «فی‌نفسه» کاری عبث و بیهوده است به این دلیل که نمی‌توانیم شیء و ذرات تشکیل‌دهندهٔ آن را در فضا و زمان مشخص مشاهده و معرفت پیدا کنیم. درنتیجه نمی‌توانیم این اشیا و ذرات تشکیل‌دهندهٔ آن‌ها را موضوع علم بدانیم. بنابراین هدف پژوهش دیگر شناخت از اتم و از حرکت «فی نفسه» آن نیست. به بیان دیگر، از همان آغاز گفت‌وگو (دیالوگ) بین طبیعت و انسان است که علم بخشی از آن است، به‌طوری که دیگر آن تقسیم متداول جهان به عین و ذهن، دنیای بیرون و دنیای درون، دنیای جسم و دنیای روح دیگر مناسب نیست و به دشواری‌هایی می‌انجامد. درواقع علوم طبیعی بخشی از تقابل طبیعت (شیء) و انسان (موضوع) است. به عبارت دیگر، «برای علوم طبیعی نیز، موضوع تحقیق دیگر به خودی خود، طبیعت نیست، بلکه طبیعتی است که در معرض پرسش انسان است و در اینجا هم انسان دوباره رودررو با خود است»(Heisenberg, 2000, p. 137).[۴۷]

پی‌نوشت‌ها

1. *Le Nouvel Esprit scientifique*

2. *La Philosophie du non : essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*

3. Catherine Chevalley

۴. یونانی: φύσις؛ لاتینی: natura؛ فرانسوی :nature؛ انگلیسی؛ nature؛ ایتالیایی: natura؛ آلمانی: Natur

5. « Il faut établir tout d'abord les divisions que voici : Qu'est-ce qui « est » toujours, et qui n'a point de devenir ? Qu'est-ce qui devient toujours, mais qui n'« est »jamais ? L'un de toute évidence, saisissable par l'intellect accompagné de raisonnement, « est » toujours de façon identique ; l'autre, au contraire, qui fait l'objet de l'opinion accompagnée de sensation irraisonnée, nait et meurt, mais il n'est réellement jamais».

6. Demiurge

7. *Tithénai ta phainomena*

8. «la nature est un certain principe, à savoir une cause du fait d'être mu et d'être en repos pour ce à quoi elle appartient immédiatement par soi et non par accident».

۹. حرکت و سکون

10. «Nous avons donc dit ce qu'est la nature ; et possède un tel principe. Et toutes ces choses sont étance, car toujours la nature est un certain sujet et réside dans un sujet. Toutes ces choses sont conformes à la nature, ainsi que ce qui leur appartient en soi, par exemple au feu le transport vers le haut, car cela n'est pas nature, ni ne possède de nature, mais existe par nature et conformément à la nature» .

11. kinesis

12. Kosmische Harmoni

۱۳. به نقل از هایزنبرگ در (Heisenberg, 2000. p. 120)

14. Physio-mathématique

15. mathesis universalis, *Mathémqtique universelle*

۱۶. Cogito, Ergo Sun: فکر می‌کنم، پس هستم.

17. sensation

18. Nihil est in intellectu quod non prius fuerit in sensu

۱۹. کانت، انتقاد عتقل ناب، دیباچهٔ یک، BX، ترجمه از خراسانی، ۱۳۷۶، ص ۲۳۶,

۲۰. برای مطالعهٔ این مقاله به زبان فرانسه می‌توان به منبع زیر مراجعه کرد:

Sources et évolution de la physique quantique, "A propos de la loi de distribution de l'énergie dans le spectre normal", Masson, 1995, pp : 20-27.

۲۱. این وضعیت در هنگام تولد نظریهٔ نسبیت هم وجود داشت. به‌طوری‌که فیزیک‌دانان از هم‌زمانی دو رویداد جداگانه صحبت می‌کردند، بدون آنکه چگونگی احراز هم‌زمانی را از لحاظ فیزیکی مطرح کنند. درحقیقت اینشتین نشان داد که هم‌زمانی، آن‌طور که قبلاً فرض شده بود، به‌هیچ‌وجه یک مفهوم مطلق نیست، بلکه دو رویداد جداگانه که برای یک مشاهده‌گر هم‌زمان هستند، برای مشاهده‌گر دیگری که نسبت به اولی حرکت می‌کند در زمان‌های مختلف روی می‌دهند. لذا هم‌زمانی یک مفهوم نسبی است.

۲۲. برای اطلاعات بیشتر به کتاب Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science اثر هایزنبرگ فصل اول و کتاب تخصصی فیزیک کوانتمی ازجمله رابرت آیزبرگ و رابرت رزنیک، *فیزیک کوانتمی : اتم‌ها، مولکول‌ها، جامدات، هسته‌ها و ذرات بنیادی* ۱۳۶۲ مراجعه شود.

۲۳. این اصل در واقع مقالهٔ کوتاهی است تحت عنوان über den anchaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik (The Physical Content of Quantum Kinematics and Mechanics) که در بهار سال ۱۹۲۷ میلادی توسط کارل ورنر هایزنبرگ به مجلهٔ *Zeitschrift für Physik* داده شد. این مقاله همچنین در کنگرهٔ سولوی ۱۹۲۷ ارائه شد.

24. Heisenberg, W., *La nature dans la physique contemporaine*, Gallimard 1962, réédition en 2000 chez Gallimard, coll. « Folio Essais ».

25.Copenhagian Interpretation

26. Subatomic

27. Max Theodor Felix von Laue

28. Einstein, Podolsky, and Rosen

29. many-worlds interpretation

30. Many-minds interpretation

31. Modal interpretations

۳۲. در اینجا قصد ندارم به همهٔ موارد نتایج فلسفی فیزیک کوانتمی و تغییر کپنهاگی فیزیک کوانتمی بپردازم. هدف فقط بیان تفسیر جدید از طبیعت به‌عنوان اُبژه در فیزیک کوانتمی از نگاه کارل ورنر هایزنبرگ، به‌عنوان یکی از بنیانگذارن فیزیک کوانتمی و تفسیر موسوم به کپنهاگی است.

33. Arnold Sommerfeld
34. Max Born
35. object
36. subject
37. "The present leaders of atomic physics, Niels Bohr and Heisenberg, think in a thoroughly philosophical way, and only therefore create new ways of posing questions and, above all, hold out in the questionable", Martin Heidegger, "Modern Science, metaphysics and mathematics".
38. a-modernité
39. objective
40. res Cogitans
41. res extensa
42. Metaphysical Realism
43. Dogmatic realism
44. absolu
45.Subjective
46. Don Ihde
47. «Pour les sciences de la nature également, le sujet de la recherche n'est donc plus la nature en soi, mais la nature livrée à l'interrogation humaine et dans cette mesure l'homme, de nouveau, ne rencontre ici que lui-même».

منابع

ابن‌سینا (۱۳۸۳). *دانشنامهٔ علائی*. با مقدمه و حواشی و تصحیح س.م. مشکوه. همدان: انجمن آثار و مفاخر فرهنگی و دانشگاه بوعلی سینا.

ابن‌سینا (۱۳۶۰). *فن سماع طبیعی*. ترجمهٔ م.ع. فروغی. تهران: امیرکبیر.

آیدی، د. (۱۳۶۸). تقدم وجودی و تاریخی تکنولوژی بر علم. *فرهنگ*، ۴ و ۵، ۲۲۱ـ۲۵۰.

آیزبرگ، ر.، و رزنیک، ر. (۱۳۶۲)، *فیزیک کوانتمی: اتم‌ها، مولکول‌ها، جامدات، هسته‌ها و ذرات* بنیادی. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

بریه، ا. (۱۳۸۵). *تاریخ فلسفه، قرن هفدهم*. ترجمهٔ ا. سعادت. تهران: هرمس.

بوهر، ن. (۱۳۷۳). *فیزیک اتمی و شناخت بشری*. ترجمهٔ ح. نجفی‌زاده. تهران: سروش.

دکارت، ر. (۱۳۶۱). *تأملات در فلسفهٔ اولی* . ترجمهٔ ا. احمدی. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

دکارت، ر. (۱۳۷۶). *اصول فلسفه*. ترجمه و مقدمه م. صانعی دره بیدی. تهران: انتشارات بین‌المللی المهدی.

ریتر، س.، گروندر، ک.، و گابریل، گ. (۱۹۹۳). *فرهنگ‌نامهٔ تاریخی مفاهیم فلسفه، جلد دوم گزینه‌ای از مفاهیم در مابعدالطبیعه*. ترجمهٔ ز. بهفر، پ. خانبانی، م. ناصر. ویراستاری س.م.ر. حسینی بهشتی. تهران: سمت.

خراسانی، ش. (۱۳۸۵). مقدمه بر ترجمهٔ *متافیزیک ارسطو (مابعدالطبیعه)*. تهران: حکمت.

خراسانی ش. (۱۳۹۳). *از برونو تا کانت*. تهران: انتشارات علمی و فرهنگی.

سجادی س. (۱۳۹۱). رهیافت وحدت گرایانه و مکانیک کوانتوم استاندارد، فلسفهٔ علم، ۱ (۳)، ۴۷ـ۶۸.

سجادی، س. (۱۴۰۰)، رهیافت‌های فلسفی هایزنبرگ در شکل‌گیری مکانیک کوانتومی با تعبیر کپنهاگی. *پژوهش‌های فلسفی*، *۳۷*، ۱۰۰ـ۱۳۰.

سجادی، س. (۱۴۰۱). مکملیت بور و رهیافت‌های فلسفی در شکل‌گیری آن. *متافیزیک*، ۳۳، ۱۰۹ـ۱۲۴.

صانعی دره‌بیدی، م. (۱۳۷۶). *فلسفهٔ دکارت، شامل یک مقدمهٔ تحلیلی و ترجمهٔ سه رساله: ۱- قواعد هدایت ذهن، ۲- اصول فلسفه، ۳- انفعالات نفس*. تهران: انتشارات بین‌المللی الهدی.

ضیمران، م.، (۱۳۸۴). *گذار از جهان اسطوره به فلسفه*. تهران: هرمس.

کرباسی‌زاده، ا.، گلشنی، م.، و سجادی، س. (۱۳۹۱). رهیافت وحدت‌گرایانه و مکانیک کوانتومی استاندارد. *فلسفهٔ علم*، *۱*، ۴۷ـ۶۸.

گلشنی، م. (۱۳۶۹). *تحلیلی از دیدگاه‌های فلسفی فیزیک‌دانان معاصر*. تهران: امیرکبیر.

معصومی، س. (۱۳۹۵). تلقی واقع‌گرایانه از مکانیک کوانتومی. *فلسفهٔ علم*، ۲ (۱۲)، ۱۲۵ـ۱۵۵.

منصوری، ع.، و سرکرده‌ای، م. (۱۳۷۹). در جست‌وجوی رئالیسم علمی در مکانیک کوانتومی. *پژوهش‌های فلسفی ـ کلامی*، ۳، ۱۱۰ـ۱۲۹.

منصوری، ع. (۱۳۹۰). مسئلهٔ اندازه‌گیری در مبانی فلسفی مکانیک کوانتوم. *فلسفهٔ علم*، *۱*، ۱۳۷ـ۱۶۰.

منصوری، ع.، گلشنی، م.، و کرباسی‌زاده، ا. (۱۳۹۰). اشیای کوانتومی: تعبیر سیگما برای مسئلهٔ اندازه‌گیری در مکانیک کوانتوم. *متافیزیک دانشگاه اصفهان*، *۱۱*، ۸۹ـ۱۱۲.

منصوری، ع. (۱۳۹۵). *مبانی فلسفی مکانیک کوانتوم. تهران: نشر نی.*

References

Aristote (2014). *La physique*. traductions, introductions, notes par Pierre Pellegrin, Paris: Éditions Flammarion.

Bachelard, G. (1934). *le Nouvel Esprit scientifique*. Paris: PUF.

Bachelard, G. (1938). La Formation de l'esprit scientifique. *Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris: Vrin.

Bachelard, G. (1940). *La Philosophie du non : essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*. Paris: PUF.

Bohr, N. (1991). *Physique atomique et connaissance humaine*. Paris: Gallimard.

Bohr, N. (1994). *Atomic Physics and Human Knowledge*. translated by H. Najafizadeh. Tehran: Soroush. (in Persian)

Bréhier, É. (2006). *History of Philosophy, 17th century*. translated by I. Saadat. Tehran: Hermes Publications. (in Persian)

Canguilhem, G. (1955). *La Formation du concept de réflexe aux XVII^e^ et XVIII^e^ siècles*. Paris: PUF.

Canguilhem, G. (1986). *Études d'histoire et de philosophie des sciences concernant les vivants et la vie* (1968) 7^e^ rééd. Paris: Vrin.

Descartes, R. (1982). *In Meditations on First Philosophy*. translated by A. Ahmadi. Tehran: University Publishing Center. (in Persian)

Descartes, R. (1997). *Principles of Philosophy*. translation and introduction by M. Saneyi Dara Bedi. Tehran : Al-Mahdi International Publications. (in Persian)

Dhimran, M. (2005). *Transition from the world of myth to philosophy*. Tehran: Hermes, Iran. (in Persian)

Escoubès, B., & Leite-Lopes, J. (1995). *Sources et évolution de la physique quantique*. Paris: Masson.

Golshani, M. (1990). *An Analysis of the Philosophical Views of Contemporary Physicists*. Tehran: Amirkabir Publications, Iran. (in Persian)

Heidegger, M. (1978). *Basic Writings*, Ed. par Routledge and Kegan Paul.

Heidegger, M. (1978). Modern Science, metaphysics and mathematics". in David Farrell Krell, Ed. *Martin Heidegger: Basic Writings*, Routledge and Kegan Paul, .

Heisenberg, K. W. (1971). *La partie et le tout, le monde de la physique atomique*. Paris: Flammarion.

Heisenberg, K. W. (1971). *Physique et philosophie, la science moderne en révolution*. Paris: Albin Michel.

Heisenberg, K. W. (1990). *Les principes physiques de la théorie des quanta*. Paris: J. Gabay.

Heisenberg, K. W. (1998). *Philosophie. Le manuscrit de 1942*. Introduction et traduction de Catherine Chevalley, Paris: Seuil.

Heisenberg, K.W. (2000). *La nature dans la physique contemporaine*. Avec Introduction de Catherine Chevalley, Paris: Gallimard.

Ibn Sina (1981) **.***Physics (Natural philosophy)*. translated by Mohammad Ali Foroughi, Tehran **:** Amir Kabir Publishing House. (in Persian)

Ibn Sina (2004) **.***Danishnama "The Book of Scientific Knowledge"*. ed., Translation, introduction and commentary by S. M. Mashkwah. Hamedan: Association of Cultural honors and Bu-Ali Sina University.

Ihde, D. (1981). The existential and historical Priority of technology over science. translated by Shapour Etemad, *Farhang*, 4 and 5, Tehran. (in Persian)

Kepler, J. (1952). *The Harmony of the World*. tr. Charles Glenn Wallis. Chicago: Encyclopedia Britannica.

Kepler, J. (1980). in *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*. Ed. Stanley Sadie. 20 vol. London: Macmillan Publishers.

Khorasani, S. (2006). *Introduction to the Translation of Aristotle's Metaphysics*. Tehran: Hekmat Publications. (in Persian)

Khorasani, S. (2014). *From Bruno to Kant*. Tehran: Scientific and Cultural Publications, (in Persian)

Krell, D. F. (1978). *Martin Heidegger: Basic Writings*. Routledge and Kegan Paul.

Mansouri, A. (2011). Measurement problem in the philosophical foundations of quantum mechanics, *Scientific Research Magazine Philosophy of Science*, *1*, 89-112 (in Persian)

Mansouri, A. (2016). *Philosophical Foundations of Quantum Mechanics*. Tehran: Ney Publishing, Iran. (in Persian)

Mansouri, A., & Sarkordei, M. R. (2000). In Search of Scientific Realism in Quantum Mechanics, *Philosophical-Theological Researches, 3*, 110-129. (in Persian)

Mansouri, A., Golshani, M., & Karbasizadeh, A. H. (2011). Quantum Objects: Sigma Interpretation for Measurement Problem, *Isfahan University Metaphysical Scientific Research Magazine*, *11*, 89-112. (in Persian)

Masoumi, S. (2016). Realistic interpretation of quantum mechanics, *Philosophy of Science, 2*, 125-155 (12 in a row (in Persian)

Omnès, R. A. (1995). *New interpretation of quantum mechanics and its consequences in epistemology*. Found Phys.

Planck, M. (1901). Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum. *Annalen der Physik*, vol.4.

Platon (1991). *Phédon, traductions, introductions, notes* par Monique Dixsaut. Paris: Flammarion.

Platon (1995). *Timée* (*Timaus*), *traductions, introductions, notes* par Luc Brisson. Paris: Garnier-Flammarion.

Plotnitsky, A., & Khrennikov, A. (2015). *Reality Without Realism: On the Ontological and Epistemological Architecture of Quantum Mechanics*. Found Phys.

Ritter, J., Grunder, K., & Gabriel, G. (2012). *Historical dictionary of concepts of philosophy, second volume, a selection of books on metaphysics*. translated by Behfar, Z., Khanbani, P., Nasser, M., edited by Hosseini Beheshti, S. M. R. Tehran: Samt Publications. (in Persian)

Sajjadi, S. H. (2021). Heisenberg's Philosophical Approaches in the Development of Quantum Mechanics with the Copenhagen Interpretation, *Philosophical Research*, 37.

Sajjadi, S. H. (2022). Philosophical Approaches in the Development of Bohr's Complementarity, *Metaphysics*, 14th year of spring and summer, number 33. Tehran, Iran. (in Persian)

Sajjadi, S. H., Golshani , M., Karbasizadeh, A. E. (2012). Unificationist Approach and Standard Quantum Mechanics, *Philosophy of Science, 1* (series 3). Tehran, Iran. (in Persian)

Saneyi Dere Bedi, M. (1997). *Descartes' philosophy, including an analytical introduction and translation of three treatises: 1- The rules of guiding the mind, 2- The principles of philosophy, 3- The passiveness of the soul*. Tehran: Al-Hadi International Publications. (in Persian)