Journal of Philosophical Investigations
Print ISSN: 2251-7960 Online ISSN: 2423-4419
Homepage: https://philosophy.tabrizu.ac.ir

A Supplement to Putnam's Quantum Logic

Ahmad Ebadi

Associate Professor, Department of Philosophy and Theology, University of Isfahan, Iran, E-mail: a.ebadi@theo.ui.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 23 November 2022
Received in revised from 27 December 2022
Accepted 29 April 2023
Published online 20 March 2024

Keywords:
three-valued logic, adoption logic, necessary truths, methodology of science, Kripke, Putnam.

ABSTRACT

To examine Putnam's views on the application of quantum logic is the aim of this paper. Hilary Putnam defends quantum logic in his works. According to him, classical logic cannot answer the problems arising in quantum mechanics. Therefore, we need to present a non-classical logic, namely quantum logic. Putnam argues three main reasons for the transition from classical logic to quantum: I. to be false some of the necessary truths of logic, II. have to change of logic, III. the pattern of three-valued logic. Putnam's views about this transition to quantum logic can be considered from several points: First, despite Putnam's criticism of classical logic, he defends quantum logic through the rules of classical logic. Second, it is a bulky claim to know of quantum logic as "true" logic. Third, the conclusions of the Cartesian product have changed in Putnam's analysis. Fourth, in his logic system, Putnam pays attention to "intuition".instead of relying on "axioms." Fifth, the middle value of truth is ineffective and erroneous in quantum logic. Despite these criticisms, many of them can be answered analytically.

Cite this article: Ebadi, A. (2024). A Supplement to Putnam's Quantum Logic. *Journal of Philosophical Investigations*, 18 (46), 130-149. http//doi.org/10.22034/JPIUT.2023.54209.3412

© The Author(s).
; . Publisher: University of Tabriz.
http//doi.org/10.22034/JPIUT.2023.54209.3412

Extended Abstract

Introduction

Classical physics began with Copernicus's heliocentric theory in the 16th century and later reached its peak of prosperity by people such as Galileo, Newton and Maxwell. The influence of classical physics among scientists reached such a point that at the end of the 19th century, it was thought that the physical principles governing the world were fully known and everything follows Newtonian mechanics and Maxwell's electromagnetic theory. This caused a kind of philosophical dogmatism in this period and the idea of the need to discover other fundamental laws in physics became very weak. At the beginning of the 20th century, following the development of technology and obtaining new and complex laboratory tools, scientists succeeded in conducting experiments that shook the foundations of classical physics, which resulted in the emergence of a new theory in the science of physics, which today is called the quantum theory. In addition to this transition and by examining the explanations presented in the quantum theory, important philosophical and logical questions also emerged that drew the attention of philosophers and logicians (in addition to physicists) to the quantum theory, among which we can mention the issue of causality, realism and anti-realism in science. Therefore, quantum logic is a logic that was created to support quantum physics to meet new scientific needs. Why classical logic was not responsive in this field and why it made philosophers and logicians think to invent a logic compatible with quantum, is an issue that will be mentioned in this paper. The philosopher whose logical opinions are examined in this article in the application of quantum logic instead of classical logic is Hilary Putnam. Putnam believes that if we look at the problems of the quantum domain with the perspective of classical logic, classical logic will face challenges and to solve these challenges, we are forced to establish a logic other than classical logic.

Putnam and Quantum Logic

Putnam is one of the philosophers who believes that quantum mechanics requires a revolution in our understanding of logic. Hilary Putnam wrote three important articles to realize the revolution he talks about, and in each of these three articles he explains the reasons for the transition from classical logic to quantum logic: 1. Putnam, in "Three-Valued Logic" (1957), is trying to show that in addition to the two values of truth and falsity, there is another value called Middle Value. 2. In "Is Logic Empirical?" (1970), Putnam claims that we live in a world with non-classical logic and proves for empirical reasons that some essential truths of classical logic are false. 3. "How to Think Quantum Logically?" (1974): In this work, Putnam seeks to prove the possibility of change of logic. These three cases, i.e., doubts about essential truths, the possibility and necessity of changing logic and the need for three-valued logic, are Putnam's main reasons for replacing quantum logic instead of classical logic.

Conclusion

Putnam's view on the incompatibility of quantum logic with classical logic is significant, and the problems he raises in applying classical logic in quantum space cannot be ignored. But, in this paper, while paying attention to the problems and limitations of Putnam's view, an attempt was made to reconstruct his view on quantum logic: First, some have criticized Putnam in his defense of the principles of quantum logic, he uses a conclusion that is invalid in quantum logic. But such a perception is not correct; Because Putnam's inference system happens to be used in the form of classical logic, and therefore, this inference system does not need to be valid in the quantum logic system. Second, Putnam's claim about quantum logic that it is universal is a big claim. If empirical considerations in quantum phenomena lead to revisions in parts of the belief network, this revision may create revisions in our understanding of logic. However, it is not possible to revise the logic based on empirical considerations but to justify this revision, explicit and clear philosophical components are needed. Third, Putnam has been criticized for changing the meaning of the Cartesian product, in the sense that he claimed $2\times2 \geq 5$. According to Putnam, if we have a two-membered set with only two possible values for each of the members, we will have four conjunction states according to the Cartesian product, but the result of all four states is false, which is a change in the meaning of the Cartesian product. Fourth, this claim that Putnam relies on "intuition" in his logic when he should have only paid attention to "axioms", is a false statement; Because Putnam's logic is based on algebraic devices, such as Hilbert space, and all arguments are explained in the form of these algebraic devices. Fifth, some claim that Putnam's middle truth value is ineffective and erroneous. This claim is true if the value of truth is considered "unknown", while Putnam believes that it has a middle value, a "known" value, called "neither true nor false".

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهش‌های فلسفی
شاپا چاپی: ۷۹۶۰-۲۲۵۱ شاپا الکترونیکی: ۴۴۱۹-۲۴۲۳
Homepage: https://philosophy.tabrizu.ac.ir

افزوده‌ای بر منطق کوانتومیِ پاتنم

احمد عبادی

دانشیار، گروه فلسفه و کلام، دانشگاه اصفهان، ایران. رایانامه: a.ebadi@theo.ui.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۲/۰۳

کلیدواژه‌ها:
منطق سه‌ارزشی، انتخاب منطق، صدق‌های ضروری، روش‌شناسیِ علم، پاتنم، کریپکی.

چکیده

هیلاری پاتنم در آثارش از منطق کوانتومی دفاع می‌کند و اعتقاد دارد با توجه به مسائل به‌وجودآمده در مکانیک کوانتوم، منطق کلاسیک توان پاسخگویی به این مسائل را ندارد. از این‌رو، نیازمند یک طرح منطقیِ غیرکلاسیک (کوانتومی) هستیم. پاتنم سه دلیل اصلی برای گذار از منطق کلاسیک به منطق کوانتومی را برمی‌شمارد: ۱. تردید در صدق‌های ضروریِ منطق، ۲. امکان تغییر منطق و ۳. طرح منطق سه‌ارزشی. دیدگاه‌های پاتنم دربارهٔ این گذار به منطق کوانتومی از چند جهت قابل نقد و بررسی است: ۱. پاتنم به‌رغم انتقاد از منطق کلاسیک، به‌وسیلهٔ قواعد این منطق، از منطق کوانتومی دفاع می‌کند. ۲. اطلاق منطقِ «درست» به منطق کوانتومی ادعای بزرگی است. ۳. نتایج ضرب دکارتی در تحلیل پاتنم تغییر کرده است. ۴. پاتنم در منطقش به‌جای تکیه بر «اصول موضوعه» به «شهود» توجه دارد. ۵. ارزش صدق میانه، در منطق کوانتومی، ارزشی بی‌فایده و خطاانگیز است. به‌رغم این انتقادات، ما معتقدیم با نگاهی تحلیلی، تکمیلی و انتقادی می‌توان به بخش زیادی از این اِشکالات پاسخ داد. هدف این نوشتار، بازسازی نقاط قوت و ضعف دیدگاه‌های پاتنم در کاربست منطق کوانتومی است.

استناد: عبادی، احمد. (۱۴۰۳). افزوده‌ای بر منطق کوانتومیِ پاتنم. *پژوهش‌های فلسفی*، ۱۸ (۴۶)، ۱۳۰-۱۴۹.
http//doi.org/10.22034/JPIUT.2023.54209.3412

ناشر: دانشگاه تبریز.

© نویسندگان.

مقدمه

فیزیک کلاسیک با نظریهٔ خورشیدمرکزیِ کپرنیک[۱] (۱۵۴۳-۱۴۷۳) در سدهٔ شانزدهم میلادی آغاز شد و بعداً توسط افرادی چون گالیله[۲] (۱۶۴۲-۱۵۶۴)، نیوتن[۳] (۱۷۲۷-۱۶۴۳) و ماکسول[۴] (۱۸۷۹-۱۸۳۱) به اوج شکوفایی خود رسید. نفوذ فیزیک کلاسیک در میان دانشمندان به‌حدی رسید که در اواخر قرن نوزدهم تصور می‌شد اصول فیزیکیِ حاکم بر جهان کاملاً شناخته شده است و همه چیز از مکانیک نیوتنی و نظریهٔ الکترومغناطیسِ ماکسول تبعیت می‌کند. این امر موجب نوعی جزم‌اندیشیِ فلسفی در این دوران شد و تصور نیاز به کشف قوانین بنیادین دیگری در فیزیک را بسیار کم‌رنگ ساخت؛ اما در اوایل سدهٔ بیستم و در پی توسعهٔ فناوری و دست‌یابی به ابزارهای جدید و پیچیدهٔ آزمایشگاهی، دانشمندان موفق به انجام آزمایش‌های شدند که بنیان فیزیک کلاسیک را به لرزه درآورد. برای مثال، یکی از نتایج ناشی از آزمایش‌هایی دقیق روی الکترون‌ها این بود که یک الکترون می‌تواند در آنِ واحد از دو شکاف متفاوت عبور کند و این به‌هیچ‌وجه با تعابیر فیزیک کلاسیک سازگاری نداشت. همچنین آزمایش‌ها نشان دادند که در حوزهٔ الکترون و دیگر ذرات زیراتمی، اندازه‌گیری‌ها هرگز نمی‌توانند دقیق باشند و مدام در معرض یک عدم قطعیتِ بنیادین هستند. چنین نتایجی باعث به‌وجود آمدنِ نظریهٔ جدیدی در علم فیزیک شد که امروزه آن را با نام «نظریهٔ کوانتومی»[۵] می‌شناسیم.

در ضمن این گذار و با بررسی تبیین‌های ارائه‌شده در نظریهٔ کوانتوم، پرسش‌های فلسفی و منطقیِ مهمی نیز پدید آمدند که علاوه بر فیزیک‌دانان، توجه فلسفه‌دانان و منطق‌دانان را به نظریهٔ کوانتوم جلب کرد که ازجمله می‌توان به مسألهٔ علیّت، واقع‌گرایی و ضدواقع‌گرایی در علم اشاره کرد. از این‌رو، منطق کوانتوم، منطقی است که برای پشتیبانیِ فیزیک کوانتوم به‌وجود آمد تا بتواند پاسخگوی نیازهای علمی جدید باشد؛ اما اینکه چرا منطق کلاسیک در این زمینه پاسخگو نبود و چرا فلسفه‌دانان و منطق‌دانان را به فکر واداشت تا منطقی سازگار با کوانتوم ابداع کنند، مسأله‌ای است که در این پژوهش به آن اشاره خواهد شد. فلسفه‌دانی که در این نوشتار، آرای منطقی‌اش در کاربست منطق کوانتومی به‌جای منطق کلاسیک مورد بررسی قرار می‌گیرد، هیلاری پاتنم[۶] (۲۰۱۶-۱۹۲۶) است. پاتنم اعتقاد دارد اگر با نگاه منطق کلاسیک به مسائل حوزهٔ کوانتومی بنگریم، منطق کلاسیک با چالش‌هایی مواجه خواهد شد و برای حل این چالش‌ها، ناچار به تأسیس منطقی غیر از منطق کلاسیک هستیم. در این نوشتار، سه دلیل اصلیِ پاتنم برای گذار از منطق کلاسیک به منطق کوانتومی را بیان می‌کنیم و در گام بعدی، ملاحظات و افزوده‌های تحلیلی، تکمیلی و انتقادیِ خود دربارهٔ این گذار را می‌آوریم تا از این طریق بتوانیم نقاط قوت و ضعف دیدگاه پاتنم در کاربست منطق کوانتومی را مورد سنجش و ارزیابی قرار دهیم.

---

[1] Nicolaus Copernicus

[2] Galileo Galilei

[3] Isaac Newton

[4] James Clerk Maxwell

[5] quantum theory

[6] Hilary Putnam

۱. پاتنم و کاربست منطق کوانتومی

پاتنم ازجمله فلسفه‌دانانی است که اعتقاد دارد مکانیک کوانتوم نیازمند وقوع یک انقلاب در درک ما نسبت به منطق است. وی برای تحقق انقلابی که از آن صحبت می‌کند، سه مقالهٔ مهم نگاشت و در هر یک از این سه مقاله دلایل گذار از منطق کلاسیک به منطق کوانتومی را شرح می‌دهد: ۱. «منطق سه‌ارزشی»[۱] (۱۹۵۷): پاتنم در این اثر در تلاش است نشان دهد علاوه بر دو ارزشِ صدق و کذب، ارزش دیگری نیز وجود دارد که «ارزش میانه»[۲] نام دارد. ۲. «آیا منطق تجربی است؟»[۳] (۱۹۷۰): در این مقاله پاتنم مدعی است که ما در جهانی با منطق غیرکلاسیک زندگی می‌کنیم و به دلایل تجربی اثبات می‌کند که برخی از صدق‌های ضروریِ منطق کلاسیک، کاذب هستند.[۴] ۳. «چگونه منطقاً کوانتومی بیندیشیم؟»[۵] (۱۹۷۴): پاتنم در این اثر به‌دنبال امکان اثبات «تغییر منطق» است. این سه مورد، یعنی تردید در صدق‌های ضروری، امکان و لزوم تغییر منطق و نیاز به منطق سه‌ارزشی، دلایل اصلیِ پاتنم برای جایگزینی منطق کوانتومی به‌جای منطق کلاسیک است.[۶]

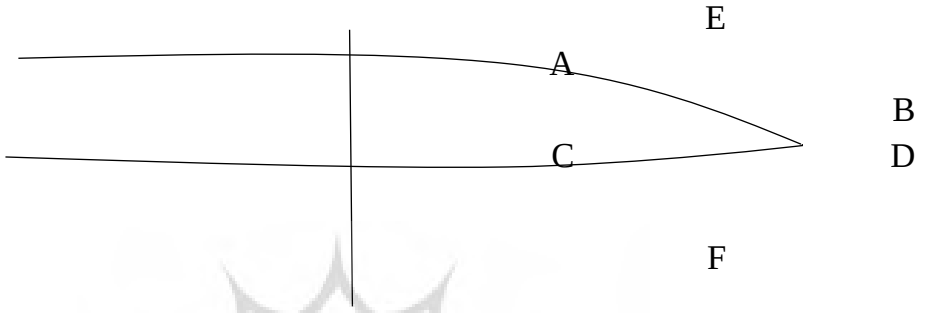
۱–۱. تردید در صدق‌های ضروری

پاتنم نقدهای خود به منطق اقلیدسی را از صدق‌هایی شروع می‌کند که در نگاه نخست، ضروری[۷] به‌نظر می‌رسیدند، اما بعداً کاذب[۸] بودنشان اثبات شد. او برای توضیح بیشترِ مسأله، این پرسش را مطرح می‌کند: آیا با دلایل تجربی[۹] می‌توان کاذب بودنِ برخی از صدق‌های ضروریِ منطق را نشان داد؟ پاسخ پاتنم به این پرسش مثبت است و معتقد است می‌تواند این موضوع را نشان دهد و منطق در این معنا یک علم طبیعی[۱۰] است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] three-Valued Logic
[2] middle value
[3] Is Logic Empirical?
[۴] این مقاله، بعداً در مُجلّد نخستِ مقالات فلسفیِ پاتنم با عنوان دیگری، «منطق مکانیک کوانتوم» تجدید چاپ شد:
"The Logic of Quantum Mechanics" *Philosophical Papers: Volume 1*, Mathematics, Matter and Method. Vol. 1. Cambridge University Press, 1975, 174-197.
[5] How to think quantum-logically?
[۶] البته پاتنم دلایل دیگری هم برای گذار از منطق کلاسیک به منطق غیرکلاسیک بیان می‌کند، اما تمرکز ما بر سه دلیل یادشده است. (برای آشنایی با سایر دلایل، نک: پاتنم، ۱۹۷۴).
[۷] necessary
[8] falsehood
[9] empirical reasons
[10] natural science

پاتنم برای اثبات ادعای خود بین خط ژئودزیک[۱] در هندسهٔ نااقلیدسی و خط مستقیم در هندسهٔ اقلیدسی مقایسه می‌کند.[۲] از نظر او، صفحهٔ فرضیِ زیر را در نظر بگیرید (شکل ۱): دو خط مستقیم AB و CD را در آن لحاظ کنید که از بی‌نهایت[۳] سمت چپ وارد صفحه شده‌اند. این دو خط در سمت چپ خطِ EF با فاصله‌ای ثابت از هم امتداد داشته، اما پس از عبور از خطِ EF شروع به نزدیک شدن به‌هم می‌کنند، به‌عبارتی، فاصلهٔ دو خط AB و CD ازهم کاهش می‌یابد، بدون آنکه حالت موجود در E یا F خمیدگی یا انحنا پیدا کنند.



شکل ۱.

آیا به نحو شهودی مشخص نیست که این یک تناقض[۴] است؟ اگر کسی اطلاعی دربارهٔ هندسهٔ نااقلیدسی، نظریهٔ نسبیت و... نداشت، برای او ادعای مطرح‌شده، در نقش شواهد شهودی برای نشان دادنِ تناقض، عدم امکان[۵] و بی‌معنایی[۶] کامل است. آیا ادعای فرض‌شده در خصوص خطوط مستقیم به‌مانند آن است تا سطحی را تصور کنیم که هم‌زمان هم سرخ و هم سبز باشد؟ یا آنکه هیچ متأهلی ازدواج نکرده است؟ آیا احساس شهودی تناقض در سه گزارهٔ زیر یکسان است؟

۱. شخصی ادعا می‌کند که AB و CD علی‌رغم رفتار غیرعادیِ آنها، هر دو خطی مستقیم هستند.

۲. شخصی ادعا می‌کند که یک برگ کاغذ دارد که رنگ هر دو طرفش هم قرمز و هم سبز است.

۳. شخصی ادعا می کند که برخی افراد از نظر قانونی متأهل هستند و با این وجود هنوز مجردند.

پاتنم اعتقاد دارد این سه گزاره در تناقض یکسان نیستند. به‌نظر او، طبق نظریهٔ نسبیت عام[۷]، ادعای ذکرشده در گزارهٔ (۱) ممکن است و نه ناممکن، در حالی‌که، گزاره‌های دوم و سوم ناممکن هستند (برگر، ۲۰۰۱، ۱۸۹). AB و CD می‌توانند هر دو به معنای دقیق

---

[1] geodesics

[۲] ژئودزیک‌ها خطوطی خمیده هستند که در واقع حکم کوتاه‌ترین مسیر بین دو نقطه را دارند. تصور چنین خطوطی در هندسهٔ اقلیدسی ممکن نبود، اما در هندسهٔ نااقلیدسی تصوری ناممکن نیست.

[3] infinity

[4] contradiction

[5] impossibility

[6] absurdity

[7] general relativity theory

مسیرهایی مستقیم باشند: یعنی، برای هیچ P، P' بر AB یا CD کوتاه‌ترین راه برای مسافرت از P به P' از طریق عدول نکردن از مسیر AB یا CD وجود دارد. اگر ما مایل به «کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه» به‌عنوان ویژگی معرّف خطوط مستقیم باشیم، AB و CD می‌توانند با وجود رفتار غیرعادی همچنان خطوط مستقیم باشند.

فرض کنید متوسط خمیدگیِ فضا، مطابق با نظریهٔ نسبیت عام صفر باشد یعنی شرایط فضای نااقلیدسی را بسیار به شرایط فضای اقلیدسی نزدیک کنیم. سپس دو ژئودزیک می‌توانند از «بی‌نهایت چپ» با فاصلهٔ به‌طور متوسط ثابت وارد شوند. باز فرض کنید این دو ژئودزیک مسیرهای دو پرتو نور باشد که در مسیر مخالف به خورشید نزدیک می‌شوند، به‌محض اینکه از EF عبور کنند وارد میدان گرانشیِ خورشید می‌شوند، سپس ژئودزیک‌ها مطابق الگوی شکل ۱ رفتار می‌کنند. اگر ما بخواهیم «کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه» را به‌عنوان ویژگی معرّف خطوط مستقیم در نظر بگیریم، در این صورت، علی‌رغم رفتار غیرعادیِ AB و CD هر دو جزء خطوط مستقیم به‌شمار می‌آیند. بنابراین، از نظر پاتنم با توجه به چنین شرایطی که در هندسهٔ نااقلیدسی اتفاق می‌افتد، آنچه دیروز و در هندسهٔ اقلیدسی به‌وضوح ناممکن پنداشته می‌شد، امروزه و در هندسهٔ نااقلیدسی ممکن خواهد بود. از این‌رو، همان‌گونه که هندسهٔ درست، هندسهٔ فضا–زمانِ نااقلیدسی است، پس باید گفت منطقِ درست[1] هم، منطق کوانتومی است (پاتنم، ۱۹۷۰، ۲۱۸–۲۱۶).

۱–۲. تغییر منطق

از نظر پاتنم، نمی‌توان با تکیه بر منطق کلاسیک، قوانین کوانتوم را شرح داد. در فیزیک کلاسیک، وضعیت یک سیستم S، متشکل از N ذراتِ $o_1, \ldots, o_n$ است که با داشتنِ 3N مختصات مکان و 3N مختصات تکانه معین می‌شود. هر تابع معقولِ[2] ریاضیاتی از این 6N کمیت، اندازهٔ فیزیکیِ ممکن $m(s)$ را ارائه می‌دهد. در فیزیک، ما با گزاره‌های فیزیکی مواجه هستیم، یک گزارهٔ فیزیکیِ پایه به شکل $m(s)= r$ نوشته می‌شود.[3] این گزاره در واقع می‌گوید اندازهٔ m در سیستم S' مقدار r را دارد.

انگارهٔ ریاضیاتیِ پایهٔ مکانیک کوانتوم از این قرار است: به هر سیستم فیزیکی مثل S، یک فضای بُرداری بی‌نهایت بُعدیِ $H(s)$ تخصیص داده می‌شود که به آن فضای هیلبرت (space H(s)) می‌گویند. هر زیرفضایی از فضای بُرداری معرّف یک گزارهٔ فیزیکی است. زیرفضای متناظر با گزارهٔ فیزیکیِ $m(s)= r$ زیرفضای یک‌بُعدیِ $V_{r'}$ است. منظور از V همان بُردار یا Vector است که نماد نمایش مقدار r در فضای هیلبرت است. به تعداد همهٔ rها که نمایندهٔ اندازهٔ یک کمیت مشخص هستند مثل مکان یا تکانه، با بُعدی منفرد از فضای $H(s)$ متناظر است، یعنی به‌ازای آن خط V_r در فضا موجود است. اگر در فضای هیلبرت بخواهیم از یک اندازهٔ فیزیکی مثل مکان یا همان $m_1(r)$ به کمیت فیزیکیِ دیگری مثل تکانه یا $m_2(r)$ جابه‌جا شویم، آن‌گاه مختصات جدید V'_r نسبت به مختصات قبلی در زاویه‌های مایل قرار می‌گیرد و بر آن منطبق نمی‌شود.

---

[1] true

[2] well-behaved

[3] منظور از پایه این است که در فضای بُرداریِ n بُعدی، هر مجموعه‌ای از n بُردارِ مستقلِ خطی تشکیل یک پایه می‌دهد.

برای تخصیص گزاره‌های فیزیکیِ پایه به زیرفضاهایی از فضای $H(s)$، دستورکاری وجود دارد. این نگاشت[1] می‌تواند توسط قواعدی که در ادامه آمده است به جمله‌های ترکیبی تبدیل شود:

۱. $S(p\ v\ q)$ = پیمایش[2] فضاهای $S(p)$و$S(q)$،

۲. $S(pq)$ = اشتراک[3] فضاهای $S(p)$ و $S(q)$،

۳. $S(-p)$ = متمم قائم[4] $S(p)$،

منظور از $S(p)$ فضایی است که با P متناظر است. پاتنم معتقد است این قواعد را به سورها نیز می‌توان بسط داد، سور وجودی[5] مانند ترکیب فصلی[6] و سور کلی[7] مانند ترکیب عطفی[8] عمل می‌کند. از نظر پاتنم، این قواعد با منطق کلاسیک یک تعارض دارد. این تعارض در چیست: فرض کنید ما تعدادی اندازه داریم و به‌طور دقیق‌تر، تعدادی اندازهٔ غیرتبهگن[9] داریم، که r_1، r_2، ...، r_n مقدارهای ممکنِ این اندازه‌ها هستند، به‌ازای همهٔ اندازه‌های خطوط بُرداریِ Vr_1، Vr_2، ...، Vr_n در فضای هیلبرت سیستم $H(s)$ وجود دارد که تمام فضای $H(s)$ را پیمایش می‌کند. با توجه به اینکه این Vr_iها کل فضای $H(s)$ را در بر می‌گیرد، پاتنم اعتقاد دارد جملهٔ زیر صادق است:

$$I)\ m(s)= r_1 \vee m(s) = r_2 \vee \dots\ m(s)= r_n$$

همان‌گونه که بیان شد جملهٔ $m(s)= r$ یک گزارهٔ فیزیکی است، در جملهٔ بالا در واقع گزاره‌های فیزیکیِ مختلف که حاوی مقادیر اندازه‌های سیستم s هستند را با یکدیگر در رابطهٔ فصلی قرار داده است. پاتنم جملهٔ بالا را همواره صادق می‌داند.

حال فرض کنیم کمیت دیگری نیز به‌نام 'm در سیستم داریم و گزارهٔ m(s) = r مقدار r را به کمیت m در سیستم s نسبت داده است و V'(r) بُردار معادل آن در فضای H(s) باشد، لازم به‌ذکر است که V'(r) منطبق بر هیچ‌کدام از n خط Vr_1، Vr_2، ...، Vr_nنیست. حال جملهٔ:

$$II)\ m'(s)= r\ .\ [m(s) = r_1 \vee \dots \vee m(s)= r_n]$$

به یاد داریم که بُردار معادل با گزارهٔ $m'(s)=r$ در فضای $V'(r)$ است، از نظر پاتنم گزارهٔ بالا به‌معنای اشتراکِ $V'(r)$با کل فضا است و پاتنم این عبارت را فقط $V'(r)$ می‌داند، بنابراین آن را هم‌ارزِ $m'(s)=r$ قرار می‌دهد.

---

[1] mapping

[2] span

[3] intersection

[4] ortho-complement

[5] existential quantifier

[6] disjunctive

[7] universal quantifier

[8] conjunctive

[9] non-degenerate

اگر بخواهیم قانون توزیع‌پذیری[1] را در عبارت بالا اعمال کنیم به ترکیب فصلیِ زیر می‌رسیم:

III) $[m'(s) = r.\ m(s) = r_1] \vee [m'(s) = r.\ m(s) = r_2] \vee \ldots \vee [m'(s) = r.\ m(s) = r_n]$

یکی از اساسی‌ترین مشکلات فیزیک کوانتوم با منطق کلاسیک همین جا است، اگر بخواهیم هر یک از این عبارات موجود در ترکیب فصلیِ بالا را ترسیم کنیم با زیرفضای صفربُعدی مواجه می‌شویم، یعنی چیزی شبیه به یک نقطه، که چنین چیزی در کوانتوم، جمله‌های همواره کاذب است. نکتهٔ قابل توجه این است که جملهٔ II صادق است اما به‌محض اینکه قانون توزیع‌پذیری بر آن اعمال می‌گردد یعنی جملهٔ III، کاذب می‌شود. بنابراین، دو گزارهٔ II و III که از نظر منطق کلاسیک هم‌ارزند، به زیرفضاهای متفاوتی از فضای $H(s)$ نگاشت می‌شوند و اینجاست که پاتنم می‌گوید: «یا نگاشت بی‌معناست و یا منطق‌مان را باید تغییر دهیم». پاتنم ترجیح می‌دهد منطق را تغییر دهد و آنچه بیان می‌کند این است که: «منطق را از روی فضای هیلبرت $H(s)$ بخوان» (پاتنم، ۱۹۷۴، ۶۰-۵۵). در قواعد منطق کلاسیکِ مبتنی بر جبر بُول[2]، توزیع‌پذیری صادق است اما در کوانتوم صادق نیست، در منطق کلاسیک اصل طرد شقّ ثالث[3] صادق است اما در کوانتوم صادق نیست. بنابراین وی چاره را در تغییر فضای جبریِ منطق خود می‌داند. برای مثال اصل برهم‌نهی[4]، لزوماً در فضای جبر خطی قابل تعریف است و اصلاً با جبر دودویی[5] قابل بیان نیست. بنابراین پاتنم پیشنهاد می‌کند در مکانیک کوانتوم می‌بایست منطق را مبتنی بر فضای هیلبرت که فضایی خطی است، بنا نهاد؛ زیرا جبر خطی این امکان را می‌دهد تا بتوان رفتارهای کوانتومی را مثل اصل برهم‌نهی تعریف کرد.

بنابر گفتهٔ پاتنم اگر بخواهیم منطق را بر اساس فضای هیلبرت برپا کنیم، برخی تعریف‌هایی که در ذهن ما جای گرفته است می‌بایست تغییر کند، مثل هم‌ارزی و یا استلزام. دو جمله هم‌ارز دانسته می‌شوند تنها در صورتی‌که هر دو در زیرفضای یکسانی از $H(s)$ نگاشت شوند و همین‌طور جملهٔ p_1 مستلزم جملهٔ p_2 است در صورتی‌که زیرفضای p_1 زیرفضایی از p_2 باشد (نک: پاتنم، ۱۹۷۴).

۱-۳. منطق سه‌ارزشی

همواره تعریف «صدق» با چارچوب‌های منطق کوانتومی مورد مناقشه بوده است. پاتنم جزء نخستین کسانی است که به‌تفصیل به چالش تعاریف معیار و استانداردِ «صدق» در حوزهٔ کوانتوم پرداخته است. وی با در نظر گرفتنِ گزاره‌ای به‌صورت «شیء b در زمان t موقعیت G را دارد»، بحث خود را آغاز می‌کند. خلاصهٔ بیان او چنین است که با توجه به مواردی مانند آزمایش دو شکاف، نمی‌توانیم ارزش صدق گزاره را تعیین کنیم. به‌دیگر سخن، هیچ‌گاه نخواهیم دانست آیا در جهان واقعی، شیء b در زمان t، موقعیت G را دارد یا خیر. این امر نه به‌سبب نقص دستگاه‌های آزمایشگاهی است و نه به‌علت محدودیت فهم بشر، بلکه طبیعت جهان چنین است که نمی‌توان ارزش صدق گزارهٔ بالا را که از این پس آن را با نماد G(b,t) نشان می‌دهیم، دریافت. در دیدگاه پاتنم، هیچ مجموعه‌ای از

[1] distributability
[2] Boolean algebra
[3] excluded middle
[4] superposition
[5] binary algebra

اشیای فرازبانی، جملهٔ بازِ «شیء b در زمان t، G را دارد»، را متعین نخواهد کرد. از طرفی هیچ مجموعه‌ای از اشیای فرازبانی، جملهٔ بازِ «چنین نیست که شیء b در زمان t، موقعیت G را دارد»، را نیز متعین نخواهد کرد. به‌عبارت دیگر، هیچ یک از گزاره‌های G(b,t) و ~G(b,t) را نمی‌توان مطابق با امر واقع در نظر گرفت

پاتنم برای برون‌رفت از این چالش، از طرح منطق سه‌ارزشیِ لوکاسیه‌ویچ[۱] (۱۹۵۶-۱۸۷۸) استفاده می‌کند.[۲] او با معرفی ارزش صدق سوم، که آن را ارزش صدق میانه می‌نامد، منطقی سه‌ارزشی را برای نظریهٔ کوانتوم طرح‌ریزی می‌کند. ارزش صدق سومِ پاتنم به صورت «نه صادق و نه کاذب»[۳] در نظر گرفته می‌شود، طرحی که پیش از او توسط هانس رایشنباخ[۴] (۱۸۹۱-۱۹۵۳) با نام غیرمعیّن[۵] ارائه شده بود، از این‌رو، این طرح به ارزش صدقِ رایشنباخ-پاتنم معروف شده است. در طرح رایشنباخ-پاتنم، استفاده از منطق کلاسیک، نتایج غیرقابل قبولی را در تبیین پدیده‌های کوانتومی به‌بار خواهد آورد. این نتایج غیرقابل قبول، قضایایی دربارهٔ پدیده‌های کوانتومی هستند که با قوانین فیزیکی در مورد اشیای قابل مشاهده تناقض دارند. رایشنباخ این‌گونه قضایا را «غیرمتعارف‌های علّی»[۶] می‌نامد. حال اگر به‌جای منطق دوارزشی از منطق سه‌ارزشی استفاده شود، غیرمتعارف‌های علّی پدید نمی‌آیند. بنابراین در طرح رایشنباخ-پاتنم گزاره‌های کوانتوم می‌توانند «صادق»، «کاذب» و «نه صادق و نه کاذب» باشند که به‌عنوان مثال گزارهٔ G(b,t) و ~G(b,t) ازجمله مواردی هستند که ارزش صدق میانه را می‌پذیرند (نک: رایشنباخ، ۱۹۴۴؛ پاتنم، ۱۹۵).

۲. ملاحظات و افزوده‌های تحلیلی، تکمیلی و انتقادی

دیدگاه پاتنم در زمینهٔ عدم سازگاری منطق کوانتومی با منطق کلاسیک قابل توجه است و مشکلاتی که در به‌کار بستنِ منطق کلاسیک در فضای کوانتومی مطرح می‌کند را نمی‌توان نادیده گرفت؛ اما اِشکالاتی بر نظام فکری پاتنم وارد شده که ما تلاش می‌کنیم از طریق برخی افزوده‌های تحلیلی، تکمیلی و انتقادی این اِشکالات را تا حدودی اصلاح نماییم.

۱-۲. دفاع کلاسیک از منطق کوانتومی

به‌نظر می‌رسد استدلال‌های پاتنم برای تأیید اصول منطق کوانتوم، به‌مانند گزارهٔ زیر است:

۱. یا منطق کوانتومی درست است یا منطق کلاسیک.

۲. منطق کلاسیک نادرست است.

۳. پس منطق کوانتومی درست است.

---

[1] Jan Lukasiewicz

[۲] لوکاسیه‌ویچ منطق سه‌ارزشی خود را با توجه به استدلالی از ارسطو طرح‌ریزی می‌کند. استدلالی که بر اساس آن فرد ملزم به پذیرش تقدیرگرایی (fatalism) خواهد بود، مگر آنکه بداند قضایای مربوط به آینده هنوز صادق یا کاذب نباشند (نک: جاسکوفسکی، ۱۹۳۴).

[3] neither true nor false

[4] Hans Reichenbach

[5] indeterminate

[6] causal anomalies

الگوی استنتاج پاتنم در قالب رفع تالی و به شکل زیر است:

$$\frac{\begin{array}{l} p \cup q \\ \sim q \end{array}}{p}$$

اِشکالی که به این استنتاج وارد می‌شود آن است که چنین شیوهٔ استنتاجی در منطق کوانتومی نامعتبر است. برای اثبات این ادعا این فرض را در نظر بگیرید:

p: الکترون اسپین[۱] بالا دارد.

q: الکترون اسپین افقی رو به چپ دارد.

در این‌صورت برهم‌نهیِ p و q یعنی p ∪ q کل فضای اسپینی را پوشش می‌دهد و بنابراین قطعاً درست است، اما ~q دالّ بر این است که اسپین افقی و رو به راست است و به سمت بالا نیست. با توجه به این رفع تالی که اعتبار آن در منطق کوانتومی شکسته شد، این‌گونه ادعا می‌شود که استدلال پاتنم در تأیید منطق کوانتومی بر مبنای استنتاجی است که خودِ منطق کوانتومی اعتبار آن را زیر سؤال می‌بَرَد (هیلن، ۱۹۷۰، ۸-۷).[۲]

اما به‌نظر می‌رسد این دستگاه استنتاجی‌ای که پاتنم از آن استفاده کرده اتفاقاً در چارچوب منطق کلاسیک مورد استفاده قرار گرفته و اصلاً قرار نیست این دستگاه استنتاجی در نظام منطق کوانتومی معتبر باشد. دستگاه صوری‌ای هم که برای آن ترسیم شده و قاعده‌ای که به‌کاربسته شده که رفع تالی است تاحدی گویای این مطلب است، عملگرِ «U» که نشان‌دهندهٔ اجتماع در نظریهٔ مجموعه‌ها است، عملگری است که در منطق کوانتومی معنادار نیست و با توجه به اینکه اجتماع دو زیرفضای بسته، دیگر یک زیر فضای بسته نیست، پس این عملگر در منطق کوانتوم برای ما کاربردی نخواهد داشت. البته بهتر بود به‌جای استفاده از عملگرِ اجتماع از عملگرِ انفصال یا «یای» (∨) منطقی استفاده می‌شد، چون قاعدهٔ رفع تالی قاعده‌ای در دستگاه منطق کلاسیک است و به‌لحاظ معنایی هم ما جدول درستی که برای «یای» منطقی ترسیم می‌کنیم، هیچ‌وقت برای اجتماع مجموعه‌ها به‌کار نمی‌بریم. پس با توجه به اینکه یکی از تمایزهای مهمِ دستگاه جبری‌ای که منطق کلاسیک مبتنی بر آن است و دستگاه جبری‌ای که منطق کوانتومی بر آن بنا شده است، بین «یای» منطق کلاسیک و «سوپریمم»[۳] منطق کوانتومی است که در واقع عملگرِ مربوط به آن «U» می‌باشد، بعید به‌نظر می‌رسد پاتنم در این استنتاج این تفاوت‌ها را در نظر نگرفته باشد.

۲-۲. درست خواندن منطقِ کوانتومی ادعای بزرگی است.

---

[1] spin

[۲] این اِشکال نخستین‌بار در گردهمایی دوسالانهٔ انجمنِ فلسفهٔ علم (Philosophy of Science Association) پیتسبِرگ (Pittsburgh) (۱۹۶۸) بر پاتنم وارد شد. پاتنم در این همایش، سخنرانیِ خود را با عنوان «چگونه منطقاً کوانتومی بیندیشیم؟» (How to Think Quantum-Logically?) ایراد نمود. او پس از اتمام سخنرانی‌اش، حاضران را دعوت به چالشی می‌کند که آیا استدلال‌هایش در تأیید اصول منطق کوانتومی سازگار بوده یا خیر. از میان مخاطبان، پاتریک هیلان (Patrick Heelan) (۲۰۱۵-۱۹۲۶) از دانشگاه فوردهام (Fordham University) این چالش را پذیرفت و سعی کرد دیدگاه پاتنم را از طریق آرای خودش ردّ کند.

[3] supremum

این که منطقِ درست، منطق کوانتومی باشد ادعای بزرگی است. اگر ملاحظات تجربیِ ما در پدیدارهای کوانتومی ممکن است منجر به بازنگری در قسمت‌هایی از شبکهٔ باورمان شود، این بازنگری در شبکهٔ باور ممکن است برخی بازنگری‌ها در فهم و درکی که نسبت به منطق داریم را موجب شود؛ اما صرفاً ملاحظات تجربی نمی‌تواند ما را به بازنگریِ منطق وادار نماید، مؤلفهٔ فلسفیِ صریح و روشنی نیاز است تا بتواند توجیه کند که بازنگریِ منطق ممکن است مطلوب باشد. از این‌رو، ما بایستی موضع خودمان را در برابر این پرسش مشخص کنیم که: آیا استنتاج منطقی پیشینی است و یا اینکه انتزاعی است از جهان تجربیِ پیرامون ما؟ اگر کسی بپذیرد که منطق کلاسیک انتزاعی از جهان پیرامون است، در واقع اذعان کرده که منطق تجربی است؛ اما فیزیک کوانتوم و اکتشافات در فیزیک ذرات دلیل موجهی برای تجربی دانستنِ منطق نیست (باچیاگالوپی، ۲۰۱۳، ۳).

۲-۳. تغییر در ضرب دکارتی

سول کریپکی[1] (۱۹۴۰ت) معتقد است اگر ما از پاتنم پیروی کنیم باید این نتیجه‌گیریِ غیرمعمول را بپذیریم که $2 \times 2 \geq 5$ (Kripke, 2016: 26-27).[2] چرا کریپکی چنین ادعایی دارد؟ همان‌طور که در بخشِ (۲-۲) بیان شد از نظر پاتنم اگر M مقدارهای ممکنِ $m_1, m_2, \ldots, m_n$ را داشته باشد آنگاه می‌دانیم که یکی از این Mها مقدارش برای M صادق است اما اینکه کدام‌یک، نمی‌دانیم. در واقع قانع‌کننده‌ترین جملهٔ منطقی که می‌توان در مورد M بیان کرد به این شرح است:

$$M = m_1 \vee M = m_2 \vee \cdots \vee M = m_n$$

قانع‌کننده‌ترین جملهٔ منطقی به ما نمی‌گوید کدام یک از این فصل‌ها صادق است. برای بیانی ساده‌تر به مثال زیر توجه کنید:

فرض کنیم دو کمیت (A وB) به ما داده شده است. هر کدام با دو مقدار ممکنِ ۱ و ۲ مقداردهی شده است. بنابراین مجموعهٔ {۱ و ۲} مجموعهٔ مقدارهای ممکنی است که به A و همچنین به B تعلق می‌گیرد. پاتنم می‌خواهد بگوید که:

1) $A = 1 \vee A = 2$
2) $B = 1 \vee B = 2$

هر دو صادق هستند. همچنین او می‌خواهد بگوید که:

1) $A = 1 \wedge B = 1$
2) $A = 1 \wedge B = 2$
3) $A = 2 \wedge B = 1$
4) $A = 2 \wedge B = 2$

همه کاذب هستند (نک: پاتنم، ۲۰۱۶، ۲۷-۲۴). دلیل این امر چنین است که ما به اینکه A یا B کدام‌یک از مقدارهای ممکن {۱و۲} را در اختیار دارند آگاهی نداریم.

---

[1] Saul Kripke

[2] نکات انتقادی کریپکی بر پاتنم برآمده از انگاره‌ای است که کریپکی در ۱۹۷۴ و در خلال یک سخنرانی در دانشگاه پیتسبرگ و سپس درسگفتارهایی در دانشگاه پرینستون مطرح کرده است. خودِ کریپکی تاکنون مقاله یا نوشته‌ای از محتوای این جلسات منتشر نکرده است. نقل‌قول‌هایی که در این بخش از او می‌آوریم همگی به نقل از منابعی است که گزارشی از سخنرانی پیتسبرگ یا درسگفتارهایی پرینستون ارائه کرده‌اند.

کریپکی موضعی مخالف پاتنم دارد. کریپکی اعتقاد دارد تعریف مرسومِ ریاضیاتی از ضرب این‌گونه است: فرض کنیم دو مجموعه با دو عضو داریم، کاردینالیتیِ[۱] حاصل‌ضرب آنها کاردینالیتیِ حاصل‌ضرب دکارتیِ[۲] دو مجموعه است... . جایی که x را از مجموعهٔ نخست و y را از مجموعهٔ دوم انتخاب می‌کنیم، در جایی که {a,b} و {c,d} دو مجموعهٔ دو عضوی ما هستند، بنابراین، x از {a,b} و y از {c,d} انتخاب می‌شود. حال می‌خواهیم بررسی کنیم که چه تعداد زوج مرتب وجود دارد. ریاضیدان کلاسیک می‌گوید چهار تا وجود دارد یعنی <a,c>, <a,d>, <b,c>, <c,d>...، اما می‌توانیم در هر نتیجه‌گیری‌ای که این جفت‌ها در آن هستند، مغالطه‌ای را ببینیم. به‌نظر می‌رسد اینکه کریپکی چهار جفت بودنِ تعداد زوج‌های مرتب را مغالطه می‌داند سخنی طعنه‌آمیز خطاب به پاتنم است (کریپکی، ۲۰۱۱، ۱۹۷).

کریپکی بیان می‌کند که پنجمین جفت <A,B>ای وجود دارد که دوکمیتی هستند که پاتنم به آنها اشاره کرده بود. به یاد بیاورید که پاتنم فکر نمی‌کند که اینها شبه‌عددهایی عجیب و غریب هستند. انگارهٔ او آن است که A یکی از دو عدد ۱ و ۲ بوده و B نیز یکی از عددهای ۱ و ۲ است. بنابراین، A قطعاً در مجموعهٔ نخست است یعنی [{a, b}={۱،۲}]؛ زیرا A برابر است با ۱ یا ۲ و B قطعاً در مجموعهٔ دوم است یعنی [{a,b}={۱،۲}] زیرا B برابر است با ۱ یا ۲. اگرچه ما هیچ‌کدام از آنها را اندازه نگرفته‌ایم. بنابراین، جفتِ <A,B> در حاصل‌ضرب دکارتیِ ما هست، اما اگر معیار مرسوم این‌همانیِ زوج‌های مرتب را انتخاب کنیم، مطمئناً نمی‌توان گفت که <A,B> برابر است با <۱،۱>؛ زیرا به این معنا است که A و B برابر است با ۱، که تناقض است (کذب ۱). همچنین A و B برابر است با <۱،۲> نیز اشتباه است؛ زیرا به این معنا است که A برابر است با ۱ و B برابر است با ۲ (کذب ۲) و به همین ترتیب A و B برابر با <۲،۱> و A و B برابر با <۲،۲> نیست... . بنابراین می‌توان گفت جفت پنجم مرتب که تاکنون مشاهده نشده در حاصل‌ضرب دکارتیِ این دو مجموعهٔ محدود وجود دارد. پس تا اینجا مشخص شد که به چه دلیل کریپکی معتقد است هرکس از پاتنم پیروی کند انگار که استنتاج $5 \geq 2 \times 2$ را می‌پذیرد (کریپکی، ۲۰۱۱، ۱۹۹–۱۹۸).

در تفسیر سخن کریپکی می‌توان گفت: «کریپکی این‌گونه استدلال می‌کند که اگر هیچ‌کدام از جفت‌های <1,1>, <1,2>, <2,1>, <2,2> ارزش‌های مشترکی را با A و B به‌دست ندهند، پس برای ارزش‌های مشترک لازم است که جفت دیگری در حاصل‌ضرب دکارتی وجود داشته باشد» (استیرز، ۲۰۱۶، ۲۸).

با توجه به آنچه از پاتنم و نقد کریپکی بیان شد، گفته‌های کریپکی خیلی قانع‌کننده به‌نظر نمی‌رسد؛ زیرا بیشتر شبیه مغالطه است تا استدلالی علیه ادعاهای پاتنم. خودِ کریپکی این را مطرح می‌کند که کاردینالیتیِ حاصل‌ضربِ دو مجموعه، کاردینالیتیِ حاصل‌ضرب دکارتیِ دو مجموعه است، پس یعنی تعداد اعضای ناشی از ضرب دکارتیِ دو مجموعهٔ دو عضوی، ضرورتاً ۴ جفت خواهد بود، اما با توجه به چنین مقدمه‌چینی، کمی بعدتر مدعیِ جفت پنجم می‌شود تا به‌نوعی بیان کند که پاتنم مهمل می‌گوید. اینکه پاتنم عطف این ۴ جفت ارزش را کاذب می‌داند، به این دلیل است که ما در هر لحظه بر مقدار ارزشی که به A یا B تعلق گرفته است آگاه نیستیم.

---

[۱] کاردینالیتی (cardinality) به‌معنای تعداد اعضا است. مفهومی که به‌نوعی بیانگر اندازهٔ یک مجموعه است.

[2] Cartesian product

بنابراین، گزارهٔ حاصل از عطف A و B را کاذب می‌داند و این دلیل بر این نیست که بگوییم کاردینالیتیِ حاصل‌ضربِ ما بیشتر از ۴ است و ما قائل به جفت پنجمی بشویم.

آیا در صورت فرضِ جفت پنجم، مقدار ارزشی که به A و به B تعلق می‌گیرد برای ما مشخص است؟ و مهم‌تر از آن اینکه آیا نتیجهٔ عطف آنها از نظر پاتنم دیگر کاذب نیست؟ در هر صورت فضای ادعای پاتنم با فضای استدلال کریپکی علیه پاتنم خیلی به یکدیگر نزدیک به‌نظر نمی‌رسد. یعنی اگر حتی به‌گفتهٔ کریپکی حاصل‌ضرب دکارتیِ دو مجموعهٔ دوعضوی، بیش از چهار باشد، بازهم مسلماً نتیجهٔ عطف آنها از نظر پاتنم کاذب خواهد بود؛ چون در هر لحظه مقدار ممکنی که A یا B به خود گرفته است بر ما معلوم نیست. بنابراین ارزش گزاره‌ها بر ما مشخص نیست.

۲-۴. عدم امکان انتخاب یک منطق

پاتنم بر این باور است که ما به طریقی تصمیم می‌گیریم که یک منطق را انتخاب/اتخاذ کنیم[1]؛ در حالی‌که اگر فکر کنیم منطق‌هایی وجود دارند که از بین آنهابه نحوی می‌توانیم دست به انتخاب بزنیم، منطق را بد فهمیده‌ایم. در اصل چیزی که وجود دارد، استدلال[2] است. حال نظام‌های صوریِ خاصی ممکن است بتوانند و یا نتوانند به‌حد کافی صورت‌هایی از استدلالِ درست را به‌دست آورند؛ اما بیرون از منطق هیچ موضع بی‌طرفانه‌ای[3] نمی‌تواند وجود داشته باشد که توسط آن تصمیم بگیریم چه منطقی را برگزینیم (کریپکی، ۲۰۱۶، ۳۰-۲۹).

اینک بپردازیم به اینکه منظور از «بیرون از منطق هیچ موضع بی‌طرفانه‌ای نمی‌تواند وجود داشته باشد که توسط آن تصمیم بگیریم چه منطقی را برگزینیم»، چیست؟ پاتنم در مقالهٔ «آیا منطق تجربی است؟»، مثالی از دو خط موازی و مستقیم می‌آورد که از یک‌جایی به بعد این خطوط به‌سمت یکدیگر همگرا می‌شوند، اما همچنان آن خطوط را موازی می‌دانیم و بعد این پرسش را مطرح می‌کند که «آیا شهوداً آشکار نیست که این امر تناقض است؟ اگر کسی چیزی دربارهٔ هندسهٔ نااقلیدسی، نسبیت و... نداند، آیا شواهد شهودی[4] مبنی بر اینکه این امر تناقض است، کمتر از شواهد شهودی خواهد بود که هیچ صفحه‌ای همزمان نمی‌تواند قرمز و سبز باشد؟ یا هیچ مجردی همزمان نمی‌تواند متأهل باشد؟» (نک: پاتنم، ۱۹۷۰).

باید گفت همان‌طور که دربارهٔ هندسهٔ نااقلیدسی، شهود را کنار می‌گذاریم و یک نظام اصل موضوعی[5] را همچون توصیفی فرضی از جهان فیزیکیِ واقعی برمی‌گیریم، در هر گسترهٔ دیگری نیز نمی‌توانیم بر شهود تکیه کنیم. زمانی که نظام رقیب[6] از اصول موضوعه وجود دارد، این واقعیت محض که نظام قدیمی به‌طور شهودی به‌عنوان تنها نظام قابل قبول، ما را تحت تأثیر قرار داده است، باید اهمیت

---

[1] adopt
[2] reasoning
[3] neutral
[4] intuitive evidence
[5] axiomatic system
[6] rival system

کمی دریافت کند. زمانی که هندسه‌های بدیل تحت بررسی‌اند، از هر ترجیح شهودیِ محض برای هندسهٔ اقلیدسی دوری می‌کنیم، به‌همین ترتیب هنگامی که منطق‌های بدیل تحت بررسی‌اند، از هر ترجیح شهودیِ محض برای نظام خاصی در منطق دست می‌کشیم (کریپکی، ۲۰۱۶، ۲۹).

حال بحثی که اینجا مطرح است منطبق بودنِ نقد کریپکی بر پاتنم است. آیا واقعاً پاتنم در استدلال‌هایی که برای منطق کوانتومی‌اش مطرح می‌کند تکیه بر شهود می‌کند؟ آیا پاتنم قائل به ترجیح شهودی است؟ نخست به یاد آوریم که شهود به چه معناست. اگر بگوییم شهود به معنای ادراکات و باورهایی است، که به‌صورت تجربی غیرقابل تأیید و به‌لحاظ عقلانی نیز غیرقابل توجیه‌اند، که بیشتر در زمینهٔ مباحث عرفانی به‌کار گرفته می‌شود، شاید بتوان این خرده را به پاتنم گرفت که به‌کار بردنِ واژهٔ شهود در بیان تناقضاتی که مطرح می‌کند، مناسب نیست.

البته به نظر واضح می‌آید که منظور پاتنم از شهود نه به معنایی است که آن را تعریف کردیم، بلکه او قصد دارد منطبق بر داده‌های حسی و تجربیِ ما از تناقضات سخن بگوید. پاتنم معتقد است ما حتی در ریاضیات نیز به‌نوعی با شهود سروکار داریم و اینکه در منطق از شهود استفاده کنیم، باعث نمی‌شود که ما به امر غیردقیق و ناصحیحی سوق پیدا کنیم. در هر صورت، اینکه کریپکی بیان می‌کند «همان‌طور که در مورد هندسهٔ نااقلیدسی شهود را کنار می‌گذاریم و یک نظام اصل موضوعی را همچون توصیفی فرضی از جهان فیزیکیِ واقعی برمی‌گیریم...»، اینکه آیا واقعاً قبل از اینکه اصول موضوعهٔ هندسهٔ نااقلیدسی ترتیب داده شود، هیچ‌گونه شهودی برای درک این فضای هندسی نبوده است و گویی به‌طور آنی این اصول موضوعه بر ذهن ریمان[1] (۱۸۶۶–۱۸۲۶) و سایر مبدعان این نوع هندسه وحی شده است، کمی دور از واقعیت است. آیا برای کشف منطق کوانتومی که ذاتاً منطقی فیزیکی است، می‌توان از شهود و همچنین یافته‌های تجربی و حسی استفاده نکرد؟

کریپکی معتقد است نظام‌های صوری[2]، منطق به‌حساب نمی‌آیند، بلکه نظام‌های صوری وظیفه‌شان این است که اصول درستِ استدلال را به‌طور صحیح نشان دهند، حال یا می‌توانند این اصول را نشان دهند و یا نمی‌توانند؛ اما ما هیچ نظام دیگری برای به‌کار بستنِ شهودی که کریپکی استدلال را از آن منظور می‌کند (یعنی استدلال مبتنی بر شهود) برای ارزیابی نظام‌های صوری نداریم. حال اگر فرض شود تغییر نظام‌های صوری مستلزم تغییر شیوه‌های استدلال باشد، آنگاه جایی برای بیرون ایستادن از استدلال که از آنجا بتوان تغییر را انجام داد، وجود ندارد. وی منطق‌های شبه‌نظامِ صوری را منطق نمی‌داند. در واقع کریپکی، استدلال را مرکزمحور می‌داند که نظام‌های صوری حول این مرکز می‌چرخند و معتقد است نظام‌های صوری نباید و یا نمی‌توانند منجر به تغییر مرکزیتِ محور یعنی شیوهٔ استدلال شوند، این یعنی شیوهٔ استدلال بر نظام صوری حاکم است؛ حال اگر قرار باشد استدلال تغییر کند، بیرون از استدلال دیگر جایی نیست که بخواهیم آنجا بایستیم و تغییرات استدلال را اعمال و نظاره کنیم (کریپکی، ۲۰۱۶، ۳۲–۲۹).

[1] Bernhard Riemann

[2] formal systems

در اینجا دیگر بار این سؤال را مطرح می‌کنیم که آیا نقدهای کریپکی برگفته‌های پاتنم منطبق است؟ آیا پاتنم در نظام منطق کوانتومیِ خود شهود را بر استدلال ترجیح داده است؟ آیا به‌جای استفاده از «اصول موضوعه» برای شکل‌گیریِ نظام منطقی‌اش از «شهود» استفاده کرده است؟ این‌طور به‌نظر نمی‌رسد که نظام کوانتومی‌ای که پاتنم از آن سخن می‌گوید نظامی مبتنی بر شهود باشد، طبق گفتهٔ خودِ پاتنم اینکه بگوییم نظامِ منطق کوانتومی، نظامی تجربی است و صدق و کذب گزاره‌های آن مبتنی بر آزمایش‌های تجربی است، سخنی قابل قبول است، اما اینکه بگوییم به‌طور کلی این نظام مبتنی بر شهود بنا شده باشد، قابل قبول نیست؛ چون این نظام دستگاه‌های جبریِ خاص خود، مانند فضای هیلبرتی و... را هم داراست و تمامی استدلال‌ها را در قالب این دستگاه‌های جبری شرح و بسط می‌دهد (برای تفصیل سخن، نک: فریدمن و پاتنم، ۱۹۷۸).

۲-۵. ارزشِ «میانه» بی‌فایده و خطاانگیز است.

پس از مقالهٔ ۱۹۵۷ پاتنم، فایرابند[1] (۱۹۹۴-۱۹۲۴) در سال ۱۹۵۸ و لِوی[2] (۱۹۳۰ت) در سال ۱۹۵۹ در مقالات جداگانه‌ای دیدگاه رایشنباخ-پاتنم را مورد انتقاد قرار دادند. آنها معتقد بودند، ارزش صدق میانه نمی‌تواند دربارهٔ گزاره‌های نظریهٔ کوانتوم نقش مؤثر و مفیدی ایفا کند. فایرابند در بیانی نه‌چندان مؤدبانه طرح منطق سه‌ارزشیِ رایشنباخ-پاتنم را چنین توصیف می‌کند: «این طرح، روشی فریب‌کارانه برای حفظ نظریه‌ای نادرست با استفاده از تکذیب قرینه‌های موجود در ردّ آن نظریه است» (فایرابند، ۱۹۵۸، ۵۰). فایرابند سعی دارد نشان دهد که منطق دوارزشی برای توصیف پدیده‌های کوانتومی کفایت می‌کند و در این منطق، قوانین فیزیک کوانتومی با سایر حوزه‌ها سازگار است. لِوی نیز در مقالهٔ خود استدلال می‌کند که نمی‌توان میان یک منطق دوارزشی که برای برخی از گزاره‌ها ارزش معلومی را تعیین نمی‌کند و یک منطق سه‌ارزشی، انتخاب معناداری داشت؛ زیرا ارزش نامعلومِ یک گزاره در منطق دوارزشی، همان صدق «نه صادق نه کاذب» در منطق سه‌ارزشیِ رایشنباخ-پاتنم است (لِوی، ۱۹۵۹، ۶۶-۶۵).

کارل لامبرت[3] (۱۹۲۸ت) اعتقاد دارد با ایجاد دستگاهی نظام‌مند می‌توان به تصحیح دیدگاه رایشنباخ-پاتنم پرداخت. لامبرت برای بیان دیدگاه خود در این زمینه، از طرح فراارزش‌گذاری‌هایِ[4] ون فراسن[5] (۱۹۴۱ت) استفاده می‌کند. به‌طور خلاصه ون فراسن بیان می‌کند یک فراارزش‌گذار به یک گزارهٔ مرکب که بعضی از مؤلفه‌های آن فاقد ارزش هستند، ارزشی را نسبت می‌دهد که تمام ارزش‌گذاری‌های کلاسیک به آن گزاره نسبت می‌دهند، به‌شرط آنکه چنین ارزش واحدی وجود داشته باشد و گرنه هیچ ارزشی را نسبت نمی‌دهد (نک: ون فراسن، ۱۹۶۶). به‌عنوان مثال، با وجود نامشخص بودنِ ارزش گزاره‌های p و ~p، به این دلیل که تمام

[1] Paul Feyerabend
2 Isaac Levi
[3] Karel Lambert
[4] super-valuations
[5] Bastiaan van Fraassen

ارزش‌گذاری‌های کلاسیک به گزارهٔ $p\vee\sim p$ ارزش صدق را نسبت می‌دهند، فراارزش‌گذاری نیز به $p\vee\sim p$ ارزش صدق را نسبت می‌دهد؛ اما از آنجا که $p\vee q$ در برخی ارزش‌گذاری‌های کلاسیک صادق و در برخی دیگر کاذب است، فراارزش‌گذاری به این گزاره هیچ ارزش صادقی نسبت نمی‌دهد.

لامبرت مطابق طرح فراارزش‌گذاری‌ها، ارزش گزارهٔ $G(b,t)$ را چنین بیان می‌کند:

۱. $G(b,t)$ صادق است، اگر b در زمان t موقعیت G را داشته باشد.

۲. $G(b,t)$ کاذب است، اگر b در زمان t، موقعیتی غیر از G را داشته باشد.

۳. $G(b,t)$ فاقد ارزش صدق است، اگر b خاصیتی داشته باشد که با داشتنِ موقعیت مشخص در زمان t ناسازگار باشد.

از آنجا که در نظریهٔ کوانتوم، b خاصیتی دارد که با داشتنِ موقعیت مشخص در زمان t ناسازگار است (مانند خاصیت تکانه[1] در مقابل مکان)، لامبرت گزارهٔ $G(b,t)$ در فراارزش‌گذاری را فاقد ارزش معرفی می‌کند؛ اما به‌دلیل آنکه در هر نوع ارزش‌گذاریِ کلاسیک، گزارهٔ $G(b,t)\vee\sim G(b,t)$ صادق ارزیابی می‌شود، این گزاره در فراارزش‌گذاری نیز صادق است. به دیگر سخن، آنچه در نظریهٔ کوانتومی امری مطابق با واقع تلقی می‌شود، گزاره‌ای به این صورت است: شیء b در زمان t موقعیت G را دارد یا چنین نیست که شیء b در زمان t موقعیت G را دارد. این در حالی است که یکایک اجزای این ترکیب فصلی از دیدگاه فراارزش‌گذاری‌ها، فاقد ارزش هستند. لامبرت تصریح می‌کند که خطای طرح رایشنباخ–پاتنم در اینجاست که آنها عبارتِ:

(a) گزارهٔ $G(b,t)\vee\sim G(b,t)$ صادق است.

را مستلزم عبارتِ:

(b) گزارهٔ $G(b,t)$ صادق است یا گزارهٔ $\sim G(b,t)$ صادق است،

می‌دانند. در صورتی که ممکن است $G(b,t)\vee\sim G(b,t)$ صادق باشد، اما هیچ‌یک از گزاره‌های $G(b,t)$ و $\sim G(b,t)$ صادق نباشند. این خطای طرح رایشنباخ–پاتنم باعث می‌شود که افرادی چون فایرایند و لِوی گمان کنند که ارزش «نه صادق و نه کاذب» ارزشی بی‌فایده و خطاانگیز است؛ زیرا عبارتِ b خود مستلزم آن است که ارزش صدقِ $G(b,t)$ نامعلوم تلقی شود، نه آنکه ارزش صدق سوم برای آن در نظر گرفته شود؛ اما با روشنگریِ لامبرت مشخص می‌شود که گزارهٔ a، مستلزم گزارهٔ b نیست. بنابراین می‌توان طرح فراارزش‌گذاری‌ها، $G(b,t)$ را فاقد ارزش دانست، اما $G(b,t)\vee\sim G(b,t)$ را صادق تلقی کرد. فاقد ارزش بودنِ $G(b,t)$ در فراارزش‌گذاری به این معناست که ممکن است $G(b,t)$ با واقعیت عینی مطابقت داشته باشد و در عین حال ممکن است با واقعیت عینی مطابقت نداشته باشد. مطابقت داشتنِ گزارهٔ $G(b,t)$ با واقعیت، امری است که با توجه به مفاد نظریهٔ کوانتومی (مانند عدم قطعیت در این حوزه) هیچ‌گاه برای ما مسلّم نخواهد شد.

گویا پاتنم خود متوجه این مطلب شده که عبارت a، مستلزم b نیست؛ زیرا برخلاف آنچه فایرابند و لِوی به او نسبت می‌دهند، تأکید می‌کند که منظورش از «ارزش صدق میانه»، ارزش «نامعلوم» نیست. بلکه گزارهٔ $G(b,t)$، ارزش صدقِ معلومی به‌نام «نه صادق و نه

[1] momentum

کاذب» دارد. این ارزش صدق، معادل همان «فاقد ارزش بودن» در فراارزش‌گذاریِ ون فراسن است که لامبرت آن را توضیح می‌دهد؛ اما اگر مقصود پاتنم از ارزش صدق میانه، ارزش صدقِ «نامعلوم» باشد، می‌توان انتقادات فایرابند و لِوی را وارد دانست؛ زیرا اگر بگوییم $G(b,t) \vee \sim G(b,t)$ «نامعلوم» است، ارزش صدق میانه، امری ذهنی است که با واقعیت عینی ارتباطی پیدا نمی‌کند و فقط راه فراری است تا این مشکل را به‌صورت مقطعی حل کند.

اگر چنین برداشتی از دیدگاه پاتنم داشته باشیم، گزارهٔ $G(b,t)$ را می‌توان همانند گزاره‌هایی چون «در سیارهٔ مریخ حیات وجود دارد»، دانست که ارزش کنونی آنها نامعلوم است، اما به‌درستی گزاره‌های تحقیق‌پذیر هستند و ارزش صدقی دارند که ما از آن بی‌اطلاع هستیم؛ اما نسبت دادنِ چنین مطلبی به پاتنم غیرمنصفانه است. چنانکه از مقالهٔ او بر می‌آید، پاتنم گزاره‌ای مانند $G(b,t)$ را حتی علی‌الاصول هم تحقیق‌پذیر نمی‌داند و ارزش صدق آن را نه «نامعلوم»، بلکه «نه صادق و نه کاذب» معرفی می‌کند. پس نمی‌توان ایرادات فایرابند و لِوی را وارد دانست (لامبرت، ۲۰۰۲، ۸۹-۸۳).

۳. نتیجه

در این نوشتار ضمن توجه به اِشکالات و نقاط ضعف دیدگاه پاتنم، تلاش شد دیدگاه او دربارهٔ منطق کوانتومی مورد بازسازی قرار گیرد:

۱. برخی بر پاتنم اِشکال کرده‌اند که در دفاعش از اصول منطق کوانتومی، از استنتاجی بهره می‌گیرد که در منطق کوانتومی نامعتبر است؛ اما چنین برداشتی درست نیست؛ زیرا دستگاه استنتاجیِ پاتنم اتفاقاً در قالب منطق کلاسیک مورد استفاده قرار گرفته و از این‌رو، نیاز نیست این دستگاه استنتاج در نظام منطق کوانتوم معتبر باشد.

۲. ادعای پاتنم در باب منطق کوانتومی مبنی بر درستیِ جهان‌شمولِ آن ادعای بزرگی است. اگر ملاحظات تجربی در پدیدارهای کوانتومی منجر به بازنگری در بخش‌هایی از شبکه باور شود، این بازنگری ممکن است در فهم و درکی که نسبت به منطق داریم بازنگری‌هایی ایجاد کند؛ اما به‌صرف ملاحظات تجربی نمی‌توان به بازنگری در منطق پرداخت، بلکه برای توجیه این بازنگری به مؤلفه‌های فلسفیِ صریح و روشنی نیاز است. لذا، در حوزهٔ منطق ابتدا باید مشخص شود که آیا استنتاج منطقی یک امر پیشینی است و یا انتزاعی از جهان پیرامون ما است. این، در حالی است که جهان کوانتومی یک جهان اتمی و زیراتمی است که با درک ما از جهان ماکروسکپی متفاوت است.

۳. بر پاتنم انتقاد شده که او معنای ضرب دکارتی را تغییر داده، به این معنا که گویی مدعیِ $5 \geq 2 \times 2$ است. طبق سخن پاتنم اگر ما یک مجموعهٔ دوعضوی داشته باشیم که برای هر کدام از اعضا فقط دو مقدار ممکن وجود داشته باشد، بنابر ضرب دکارتی چهار حالت عطف خواهیم داشت، اما نتیجهٔ هر چهار حالت را کاذب می‌داند که تغییری در معنای ضرب دکارتی است؛ اما باید گفت این اِشکال خیلی قانع‌کننده به‌نظر نمی‌رسد. اینکه پاتنم عطف این چهار جفت ارزش را «کاذب» می‌داند به این دلیل است که از ارزش واقعی‌ای که بر هر یک از دو عضو مجموعه تعلق می‌گیرد، آگاه نیستیم و ارزش گزاره‌ها بر ما مشخص

نیست و لذا اگر حاصل‌ضرب دکارتیِ دو مجموعهٔ دوعضوی، بیش از چهار باشد هم تفاوتی در کاذب بودنِ عضو جدید ایجاد نمی‌کند.

۴. اینکه پاتنم در منطقش بر «شهود» تکیه دارد، در صورتی‌که می‌بایست صرفاً بر «اصول موضوعه» توجه می‌داشت، سخنی نادرست است؛ زیرا منطقِ پاتنم مبتنی بر دستگاه‌های جبری، مانند فضای هیلبرتی است و همهٔ استدلال‌ها در قالب این دستگاه‌های جبری شرح و بسط داده می‌شوند.

۵. برخی مدعی‌اند ارزش صدق میانهٔ پاتنم، بی‌فایده و خطاانگیز است. این ادعا در صورتی درست است که ارزش صدق، «نامعلوم» تلقی شود، در حالی‌که پاتنم اعتقاد دارد ارزش میانه، ارزش «معلومی»، به‌نام «نه صادق نه کاذب» دارد.

References

Bacciagaluppi, G, (2013). Is Logic Empirical? in *Handbook of Quantum Logic*, Gabbay, Dov Engesser, K. Lehmann, D. (eds.), Elsevier.

Berger, A. (2011). Kripke on the Incoherency of Adopting a Logic", in *Saul Kripke*, Alen Berger (ed.), pp. 177-210, Cambridge University Press.

Feyerabend, P. (1958). Reichenbach's Interpretation of Quantum-Mechanics, *Philosophical Studies*, 9(4), 49-59.

Friedman, M. & Putnam, H. (1978). Quantum logic, conditional probability, and interference", *Dialectica*, No. 32, pp. 305-315.

Heelan, P. (1970). Quantum and Classical Logic: Their Respective Roles, *Synthese*, No. 21, pp. 2-33.

Jaskowski, S. (1934). On the rules of supposition in formal logic, *Studia Logica*, No. 1, pp. 1-32.

Levi, I, (1959). Putnam's Three Truth Values, *Philosophical Studies*, 10(5), 65-69.

Putnam, H. (2016). Is Logic Empirical? in *Boston Studies in the Philosophy of Science*, R. S. Cohen and M. Wartofsky (eds.), Vol. 5. Dordrecht: Reidel.

Putnam, H. (1974). How to think quantum-logically? *Synthese*, 29(1/4), 55–61.

Putnam, H. (1970). Is Logic Empirical? In: *Boston Studies in the Philosophy of Science*, R. S. Cohen and M. Wartofsky (eds.), Vol. 5. Reidel.

Putnam, H. (1957). Three-Valued Logic, *Philosophical Studies*, No. 8, pp. 73-80.

Reichenbach, H. (1944), *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*, University of California Press.

Stairs, A. (2016). Could Logic Be Empirical? The Putnam-Kripke Debate, in: *Logic and Algebraic Structures in Quantum Computing*, pp. 23-41, Cambridge University Press.

Van Fraassen, B. (1966). The Completeness of Free Logic, *Zeitschrift fur mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik*, No. 12, pp. 219–224.