The Quarterly Journal of
Zehn
Vol.23/Issu.92/Winter.2022

Physicists' Attitudes toward Physical Reality and the Emergence of Structural Realism in the Philosophy of Science

Sasan Mozhdeh Shafagh *

Seyyed Hedayat Sajadi**

Abstract

Introduction: Structural realism is one of the influential views in the contemporary philosophy of science that has been welcomed by many realist philosophers of science. John Worrall systematically introduced this view, and others have developed it. The aim of this study is the investigation the relationship between the formation of the structural realism view and the diverse views of physicists regarding how reality is represented in scientific theories. In addition, it addresses the question of how John Worrall's structuralism developed from physicists' views on physical reality and the representation of reality in scientific theories.

Method of Study: The method of this article is conceptual analysis. In this article, we first deal with some cases of the history of physics and quote the opinions of some famous physicists about the realism or antirealism of scientific theories. In examining their comments, we will show how the two different approaches to scientific theories have been and how they have moved together.

Findings: It can be considered that, contrary to the ordinary view, which in many cases is assumed that philosophical theories emerge from controversy among philosophers, in this case, it can be seen that John Worrall's theory of structural realism is rooted in philosophical

* MA of of Philosophy of Science, Amirkabir University, Tehran, Iran.
E-mail: Sasan.m016@gmail.com
**Assistant Professor at "The Physics Education Department" in Farhangian University, Tehran, Iran. (Corresponding Author).
E-mail: hedayatsajadi@gmail.com
Received date: 2022.01.09 Accepted date: 2022.07.04

controversies among physicists. Through the comments of Henri Poincaré, John Worrall reached a solid and well-considered view of the realism of scientific theories, with which one can even answer some of the problems expressed in antirealism about scientific theories, especially the argument that Larry Laudan has made so clear and orderly, and even beyond that, we can absorb some antirealistic views in structuralism. The two famous arguments that he tries to incorporate into his theory are the «No-miracle argument» and «Pessimistic meta-induction», which we will partially address in this article. He chooses the path between the two views to introduce his structuralist view which, in his opinion, is well compatible with both of these arguments, and as a result, he wants to show that it is possible to remain realistic about scientific theories, in this sense that we can still maintain the claim that scientific theories inform about reality and show us the reality of the world, but in terms of structure. In summary, we will reach the following conclusions from the review of the opinions of some well-known physicists in the history of physics, as well as a more detailed review of the opinions of Henri Poincaré and John Worrall.

Conclusion: Contrary to the common view, which is considered in many cases, philosophical theories arise from disputes among philosophers, John Worrall's theory of structural realism is rooted in philosophical disputes among physicists; in the sense that the emergence of structural realism arose from a historical context, and had roots in the thoughts of some physicists, including Maxwell, Hertz, Boltzmann. The thoughts of these prominent physicists progressed step by step and led to the emergence of an implicit attitude about structuralism, which was more clearly expressed in Henri Poincaré, and then John Worrall, inspired by these ideas and especially influenced by the view Poincaré introduced his structural realism more coherently and showed that the continuity that we need in the changes and instability of scientific theories to achieve scientific realism must be found at the level of structures. By introducing structural realism, he reconciled two important arguments that did not seem to be easily compatible with each other, emphasizing continuity in the structure of scientific theories rather than continuity in content, and showed that there is continuity in the great body of science.

Keywords: Structuralism, Structural Realism, Poincaré, Worrall.

نشریه علمی ذهن
دوره بیست‌وسوم، شماره ۹۲، زمستان ۱۴۰۱

نگرش فیزیک‌دانان درباره واقع‌نمایی نظریه‌های علمی و پیدایش واقع‌گرایی ساختاری در فلسفه علم

ساسان مژده شفق*
سیدهدایت سجادی**

چکیده

واقع‌گرایی ساختاری به شکل سامان‌یافته توسط جان ورال معرفی شده و دیگران آن را گسترش داده‌اند. هدف از این پژوهش بررسی نسبت میان شکل‌گیری دیدگاه واقع‌گرایی ساختاری و دیدگاه‌های پراکنده فیزیک‌دانان درباره واقع‌نمایی نظریه‌های علمی است و به این پرسش می‌پردازد که چگونه ساختارگرایی جان ورال بر زمینه‌ای از دیدگاه‌های فیزیک‌دانان درباره واقعیت فیزیکی و واقع‌نمایی نظریه‌های علمی شکل گرفته است؟ پس از بررسی دیدگاه جان ورال و نیز آرای شماری از فیزیک‌دانان برجسته درباره واقع‌نمابودن نظریه‌های علمی و شرح دو رویکرد مهم در تقابل میان آنها نشان داده شده است که جان ورال از خلال رویکرد ساختارگرایانه هانری پوانکاره که به شکل روشن‌تری سامان‌یافته بود، به نظریه واقع‌گرایی ساختاری‌اش دست یافت و نخستین کسی بود که جوهره اندیشه پوانکاره را دریافت و سپس آن را به شکلی فنی‌تر و فلسفی‌تر پرورش داد؛ همچنین بر خلاف دیدگاه معمول که در بسیاری موارد پنداشته می‌شود نظریه‌های فلسفی از مناقشات میان فیلسوفان سر بر می‌آورند، می‌توان به‌روشنی دید که نظریه واقع‌گرایی ساختاری جان ورال ریشه در مناقشات فلسفی فیزیک‌دانان دارد.

واژگان کلیدی: ساختارگرایی، واقع‌گرایی، هانری پوانکاره، جان ورال، ناواقع‌گرایی.

---

* کارشناسی ارشد فلسفه علم دانشگاه امیرکبیر. sasan.m016@gmail.com

** استادیار فلسفه علم و فناوری، گروه آموزش فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران (نویسنده مسئول). hedayatsajadi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۹ تاریخ تأیید: ۱۴۰۱/۰۴/۱۳

مقدمه

جان وورال (John Worrall) در مقاله پرآوازه سال ۱۹۸۹ با عنوان «آیا واقع‌گرایی ساختاری، بهترین [رویکرد در میان] دو جهان است؟» (Structural Realism: The Best of Both Worlds?)، دیدگاهی را معرفی می‌کند که به زعم خودش قرار است بهترین رویکرد در میانه دو جهان باشد؛ دیدگاهی که می‌توان از آن با نام واقع‌گرایی ساختاری نام برد. وورال در برابر دو استدلال مهم «معجزه‌نبودن» (No-miracle argument) و «فرااستقرای بدبینانه» (Pessimistic meta-induction) دیدگاه ساختارگرایانه خود را معرفی می‌کند که به زعم خودش به‌خوبی با هر دوی این استدلال‌ها سازگار است و درنتیجه می‌خواهد نشان دهد که می‌توان نسبت به نظریه‌های علمی واقع‌گرا ماند؛ بدین مفهوم که همچنان می‌توانیم بر سر این ادعا بمانیم که نظریه‌های علمی خبر از واقعیت می‌دهند و واقعِ جهان را به ما می‌نمایانند. شاید این گفته وورال درباره نظریه‌های علمی به‌خوبی نمایانگر دیدگاه ساختارگرایی او باشد: «در تغییر از نظریه فرنل به نظریه ماکسول عنصری مهم در کار است که تداوم می‌یابد و این عنصر فراتر از مسئله ساده انتقال محتوای تجربی به نظریه جدید است» (Worrall, 1989, p.117). او می‌خواهد نشان دهد با تکیه بر کدام بخش از نظریه‌های علمیِ متحول‌شونده می‌توان واقع‌گرایی را حفظ کرد که آن بخش همانا محتوای تجربی نظریه‌ها نیست، بلکه چیزی است که او ساختار می‌نامد. پرسش کلی این است که دیدگاه موسوم به «واقع‌گرایی ساختاری» جان وورال چه نسبتی با مناقشه‌های فیزیک‌دانان درباره واقع‌نمایی نظریه‌های علمی دارد؟

هدف از این پژوهش بررسی نسبت میان شکل‌گیری نظریه واقع‌گرایی ساختاری و دیدگاه‌های پراکنده برخی فیزیک‌دانان درباره واقع‌نمایی نظریه‌های علمی است و به این

پرسش می‌پردازد که چگونه ساختارگرایی جان وال بر زمینه‌ای از دیدگاه‌های فیزیک‌دانان درباره واقعیت فیزیکی و واقع‌نمایی* نظریه‌های علمی شکل گرفته است؟ برای پاسخ به این پرسش در گام نخست پس از بیان مبانی نظری موضوع واقع‌نمایی نظریه‌های فیزیک از منظر فلاسفه علم، به بررسی دیدگاه جان وال پرداخته و سپس ضمن ارجاع به گفته‌ها و نوشته‌های برخی فیزیک‌دانان برجسته و نیز بهره‌گیری از شاهدمثال‌هایی در تاریخ فیزیک، به بررسی دیدگاه‌های متفاوت این فیزیک‌دانان در باب واقعیت فیزیکی پرداخته و درنهایت اثرگذاری آن تقابل‌ها را بر پیدایش واقع‌گرایی ساختاری در فلسفه علم بررسی می‌کنیم.

الف) واقع‌نمایی نظریه‌های فیزیک: زمینه تاریخی

در میانه قرن هفدهم و در پی اختراع میکروسکوپ، امیدها برای دفاع و تأیید تصویری از فلسفه مکانیکی قوت گرفته بود؛ تا جایی که چارلتن (Charleton) که از نویسندگان روزگار اختراع میکروسکوپ بود، گفته بود «بی‌گمان پیشینیان ما که ابزارهای بصری (Optical Instruments) نداشته‌اند، فرضیه اتمی را با شک و تردید می‌پذیرفتند» (Van Fraassen, 2006, p.282). این بدان معناست که فرضیه اتمی که تصویری شیءگرایانه از جهان پیش می‌نهاده، برای آنها پذیرفتنی و معقول می‌نموده است؛ به گونه‌ای که حتی امیدوار بوده‌اند به‌زودی هر آنچه آن نظریه شرح داده است، ببینند. از همین روست که رابرت هوک (Robert Hooke) در وصف میکروسکوپ این‌چنین گفته است:

> دور نیست که به یاری این ابزار، ظرافت ترکیب اجسام و ساختارِ بندبند اجسام و بافت‌های گوناگون مواد اجسام و نیز اسباب و شیوه حرکت‌های درونی در اجسام و همه نمودهای به‌دست‌آمدنیِ دیگر از اشیا را به بهترین نحو دریابیم؛ یعنی

* در بخش دوم مقاله مفهومی از واقع‌نمایی علمی به مثابه گونه‌ای بازنمایی واقعیت «Representation of Reality» آمده است که در این مقاله مد نظر است.

هر آنچه پیروان باستانی ارسطو در دو واژه عام و بیهوده به نامِ ماده و صورت (Matter and Form) گنجانده بودند (Hooke, 1665. P.4)

همچنین هنری پاور (Henry Power) که هم‌روزگار هوک بوده است، در پیش‌گفتار کتاب **فلسفه تجربی** (Experimental Philosophy) به سال ۱٦٦٤ چنین گفته بود: «... می‌توان امید داشت که به‌زودی جریان‌های مغناطیسیِ (Magnetic Effluviums) سنگ آهن‌ربا (Lodestone) و ذره‌های نور خورشید (the Solary Atoms of Light) را ببینیم...»* (ر.ک: Van Fraassen, 2006, p.282)؛ اما همه آنچه ایشان امید داشتند به‌زودی ببینند، دیده نشد.

ون فراسن در مقاله «ساختار: سایه آن و جوهر» (Structure: Its Shadow and Substance) کمابیش به دو رویکرد متفاوت در تاریخ فیزیک معاصر اشاره می‌کند: یکی «شیءانگاری» (Reification) و دیگری «ساختارگرایی» (Structuralism). با مثالی از فیزیک درباره نظریه ماکسول می‌توان این دو رویکرد را به‌خوبی معرفی کرد. شایان ذکر است هر دوی این رویکردها واقع‌گرایانه‌اند و از موجوداتی بحث می‌کنند که از پایه و اساس نمی‌شود آنها را مشاهده نمود.** پرسش راهگشا این است که اگر معادله‌های ماکسول محتوایی خبری دارند، خبر از چه چیزی می‌دهند؟ اگر دیدگاه‌های

* ون فراسن در مقاله خود به این کتاب ارجاع داده است و برای اطمینان، نسخه کتاب هنری پاور را یافتیم و بخش نام‌برده را دیدیم. خوانش بیشتر پیش‌گفتار پاور خواننده را در درک بهتر نگرش غالب در آن روزگار یاری می‌دهد؛ هرچند پیش‌گفتار نسخه‌ای که از وی یافتیم، خطی بود و نگارشی خوانا نداشت و از این رو میسر نشد که شرح بیشتری از آن بیاوریم.

** البته باید توجه داشت که این بحث‌ها اختصاصی به فیزیک معاصر ندارد و حتی در فیزیک کلاسیک نیز از چیزهایی مثل نیروهایی که اجسام به یکدیگر وارد می‌کنند، نام می‌برند که نمی‌شود آنها را مشاهده نمود و در آنجا نیز می‌توان این رویکردها را درباره آن موجودات اتخاذ کرد.

ابزارگرایانه در فلسفه علم را که نظریه‌های علمی را صرفاً همچون ابزارهای محاسباتی تلقی می‌کنند و حاوی خبری از جهان واقع نمی‌دانند، کنار بگذاریم، در پاسخ به آن پرسش، کمابیش با دو رویکرد روبروییم. بر پایه رویکرد نخست، معادله‌ها ما را از میدان الکترومغناطیسی مطلع می‌کنند و میدان الکترومغناطیسی خودش چیزی است نه شکل (Shape) یا صورتِ (Form) چیز دیگری.* به بیان مرمین «میدان‌ها در فضای تهی، واقعیتی فیزیکی دارند» (Mermin, 1998, p.753). اگر این دیدگاه را بپذیریم، کارها آسان می‌شود؛ هیچ چیز پیچیده‌ای در کار نیست؛ نظریه‌های علمی آنچه را در جهان هست، به ما نشان می‌دهند و هر گاه نظریه‌ای نو به میان آید، نگرش هستی‌شناختی ما نیز دگرگون می‌شود و سامانی از جهان را درک می‌کنیم که پیش‌تر، از آن آگاه نبودیم. ون فراسن این رویکرد را «شیءانگاری» می‌نامد (Van Fraassen, 2006). اما رویکرد دوم که کم‌ادعاتر به نظر می‌رسد، بر آن است که معادله‌های ماکسول تنها صورت و ساختار را نشان می‌دهند؛ یعنی معادله‌ها ساختار چیزی را نشان می‌دهند که چیستی خود آن چیز بر ما پوشیده است. البته شاید آن چیزِ ناشناخته، ویژگی‌های دیگری نیز داشته باشد؛ اما نظریه از آنها چیزی نمی‌گوید. بر پایه این دیدگاه علم تنها چارچوب ساختاری طبیعت را به ما نشان می‌دهد و کاری با ویژگی‌های غیر ساختاری ندارد. ون فراسن این رویکرد را این گونه با مثال تعریف می‌کند: «میدان، در اصل، چیزی انتزاعی است –از حیث ریاضیاتی مثلاً تابعی است که مقادیری را به نقاطی در فضا اختصاص می‌دهد– که البته می‌توان بر هر آنچه این ساختار را می‌پذیرد، نام میدان نهاد، اگر چیزی در کار باشد» (Ibid, p.279).

* منظور آن است که میدان‌های الکترومغناطیسی، خود، هویتی فیزیکی‌اند و این طور نیست که بتوان آنها را به اتر یا هر چیز دیگری ربط داد و گفت که مثلاً صورت یا شکل آن چیز هستند و از خود هویتی فیزیکی ندارند.

به نظر پاتنم نیز بسیاری از تغییر نظریه‌های علمی در تاریخ نشان می‌دهند که دانشمندان می‌کوشند تا آنجا که ممکن است، سازوکارهای نظریه پیشین را نگاه دارند یا نشان دهند سازوکارهای نظریه پیشین، موارد محدودشده‌ای از سازوکارهای نظریه جدیدند (Putnam, 1978). اما به نظر نمی‌رسد این خوش‌بینی‌ها همواره درست باشند؛ زیرا ما گسست‌هایی را در روند پیشروی علم می‌بینیم. لری لاودن (Larry Laudan) از هویت‌هایی نظری همچون فلوژیستون و اتر نام می‌برد و می‌گوید نظریه‌هایی که به شرح آن چیزها می‌پرداختند، روزگاری نظریه‌هایی کامیاب به شمار می‌آمدند و امروزه به‌کلی رد شده‌اند (Laudan, 1982).

لاودن در پاسخ به این ادعا که سازوکارهای فیزیک کلاسیک، موارد محدودشده‌ای از سازوکارهای فیزیک نسبیتی‌اند، می‌گوید درست است که برخی قوانین فیزیک کلاسیک، مواردی محدود از قوانین فیزیک نسبیتی‌اند، «قوانین و ادعاهای کلی دیگری نیز در نظریه کلاسیک وجود دارند که ممکن نیست مواردی محدود از مکانیک جدید باشند –همچون ادعاها درباره چگالی و ساختار اتر یا قوانین عام درباره برهم‌کنش میان اتر و ماده یا الگوها درباره جزئیات فشرده‌شدن اتر. ... ممکن نیست چنین سازوکارهایی در نظریه جایگزین‌شده نسبیت خاص پدیدار شوند؛ [زیرا] آن نظریه وجود محیط اتری را رد می‌کند و از سازوکارهای دیگری که یک‌سره با اتر فرق دارند، در کارکردهای تبیینی بهره می‌برد» (Laudan, 1982, pp.237–238).

ب) واقع‌گرایی ساختاری: نظریه جان ورال

ورال به چه دلیل در پی شرح و پیش‌نهادن ساختارگراییِ سروسامان‌یافته خود است؟ او می‌خواهد مشکلاتی که بر سر راه پذیرفتن واقع‌گرایی قرار دارند، بردارد. البته برخی کوشیده‌اند این مشکلات را نادیده بگیرند؛ چنان‌که بوید می‌گوید:

در پیشروی تاریخی علوم پاگرفته (Mature Sciences) غالباً و پیاپی در باب پدیده‌های دیده‌شدنی و دیده‌ناشدنی به صدق نزدیک‌تر می‌شویم؛ به گونه‌ای که نظریه‌های بعدی معمولاً بر شناخت (قابل دیدن و نظریِ) ساخته‌شده از نظریه‌های پیشین استوارند (Boyd, 1984, p.45).

ورال نیز همگام با لاودن چنین می‌گوید:

همان گونه که بارها گفته‌ام و واقع‌گرایان نیز می‌پذیرند، مفهوم تقریبِ موجودی نظری به دیگری یا این ادعا که سازوکاری علّی، موردی محدودشده از سازوکاری دیگر است، بسیار گنگ و مبهم و بسیار منعطف است. به نظر من تنها رأی روشن‌بینانه این است که اتر جامد کشسان *فرنل* کاملاً در علم بعدی‌اش [یعنی در نظریه *ماکسول*] از میان رفته است (Worrall, 1989, p.116).

همچنین ورال می‌گوید نظریه اینشتین نظریه‌ای گسترش‌یافته از پسِ نظریه نیوتن نیست، بلکه این دو نظریه منطقاً ناسازگارند (Logically Inconsistent)؛ یعنی «اگر نظریه اینشتین درست باشد، آن‌گاه نظریه نیوتن نادرست است» (Ibid, p.104). چنین گسستی را امروزه تقریباً همه واقع‌گرایان پذیرفته‌اند؛ به بیان دیگر امروز تقریباً هیچ کس حتی علوم کامیاب و پاگرفته را در سطح نظری، انباشتی (Cumulative) نمی‌داند، بلکه دست کم نشانی از بازسازی (Modification) و بازبینی (Revision) در هر علمی دیده می‌شود و به همین دلیل ادعا شده است ما دلیلی نداریم باور کنیم نظریه‌های پذیرفته‌شده کنونی درست‌اند؛ اما ورال در پی آن است با نام‌بردن از شماری رویکردهای ناواقع‌گرایانه، رویکرد واقع‌گرایانه‌ای را پیشنهاد کند که از تیغ نقد آنها در امان است و از پس نقدهای آنها برمی‌آید. در ادامه دیدگاه ورال با تفصیل بیشتری بررسی می‌شود.

۱. نگاه جان ورال به دو جهان و جست‌وجوی راه میانه

جان ورال (John Worrall) در پاسخ این پرسش که «آیا واقع‌گرایی ساختاری، بهترین

[رویکرد در میان] دو جهان است»، دیدگاه ساختارگرایانه‌ای را معرفی می‌کند که به زعم خودش بهترین رویکرد است؛ اما مقصود ورال از دو جهان چیست؟ ورال در چکیده مقاله‌اش می‌گوید منظورش از دو جهان، دو استدلال اصلی یعنی استدلال «معجزه‌نبودن»- استدلال واقع‌گرایان به سود واقع‌نمابودن نظریه‌های علمی- و استدلال «فرااستقرای بدبینانه» -استدلال ناواقع‌گرایانه علیه آن- است (Ibid, p.99).

چکیده استدلال واقع‌گرایان مبنی بر «معجزه نبودن» این چنین است:

> نظریه‌های کنونی ما در علم، از دید تجربی به اندازه‌ای کامیاب‌اند که ممکن نیست به معجزه در این راه افتاده باشند، بلکه باید به نحوی با طرح و نقشه (Blueprint)* جهان منطبق باشند» (Ibid)

و چکیده استدلال ناواقع‌گرایان بر پایه «فرااستقرای بدبینانه» این چنین است: «... نظریه‌هایی بسیار کامیاب در کار بوده‌اند که روزگاری پذیرش همگانی یافته بودند، اما هم‌اکنون نظریه‌هایی نادرست به شمار می‌آیند (Ibid).

اگر بخواهیم مثالی در تاریخ علم به سود این استدلال بیاوریم، نمونه‌ای در نورشناسی (Optics) کارگشاست. اگر تاریخ علم جدید را بررسی کنیم، درمی‌یابیم که نظریه‌ها درباره چیستی نور از اساس تغییر کرده‌اند. این نظریه که پرتو نور از ذره‌های مادیِ ریز ساخته شده است، در قرن هجدهم پذیرش همگانی یافت؛ زیرا برخی پدیده‌های تجربی همچون بازتاب (Reflection)، شکست نور (Refraction) و پاشندگی در منشور (Prismatic Dispersion) با آن قابل تبیین بود. اما این نظریه کنار رفت و نظریه دیگری آمد که می‌گفت نور از ماده ساخته نشده است، بلکه نور همان حرکات

---

* در واژه‌نامه **کمبریج** «blueprint» این گونه معنا شده است: «تصویر نقشه نخستین ساختمان یا ابزار» و واژه‌نامه **کالینز** نیز یکی از معانی آن را این گونه برشمرده است: «نقشه یا دسته‌ای از طرح‌های پیشنهادی برای نشان دادن کارکردی که [از چیزی] انتظار می‌رود».

موجی است که از اجسام درخشان ساطع می‌شود و در فضایی فراگیر که همانا «اترِ تابنده» (luminiferous aether) باشد جابه‌جا می‌گردد. روشن است که نظریه دوم پیامد نظریه ذره‌ای نور نبوده است؛ حتی نمی‌توان آن را پیامد اصلاحات نظریه ذره‌ای نور هم دانست. سپس نظریه الکترومغناطیس ماکسول جایگزین نظریه موجی فرنل شد. ماکسول کوشید میدان الکترومغناطیسی را درون محیط واسطه‌ای که مکانیکی است، توضیح دهد؛ اما در این راه کامیاب نبود و همگان پذیرفتند که میدان الکترومغناطیسی خودش مبنا (Primitive) است. سپس دوباره تغییراتی بنیادی در شرح ساختار نور رخ داد و به جای آنکه نور را نوسان‌هایی گذرنده از محیطی کشسان (Elastic Medium) در نظر بگیرند، آن را شماری تغییرات موج‌گونه در میدان الکترومغناطیسی غیر جسمانی پنداشتند. مطمئناً این دو نظریه کاملاً با یکدیگر فرق داشتند. سپس با پذیرش نظریه فوتون، دوباره نور به موجوداتی گسسته بدل شد که این بار از مکانیک جدیدتری بیرون می‌آمدند (Ibid).

جان وِرال (John Worral) تصویر فلسفی گویاتری درباره نظریه‌ها و آنچه از محتوای آنها دیده می‌شود، پیش نهاده است. او می‌گوید هم‌اکنون نظریه‌های فیزیکیِ پذیرفته‌شده، ساختار خمیده فضا و زمان (Space-time) و ذرات بنیادین (Fundamental Particles) و انواعی از نیروها را مفروض می‌گیرند؛ اما آنچه می‌توان بر پایه دیده‌شده‌ها به طور حتم دریافت، نهایتاً واقعیت‌هایی درباره حرکات اجسام دیده‌شدنی و درشت‌نمود (Macroscopic) و آثار به‌وجودآمده در اتاقک‌های ابر (Cloud Chambers) است که در وضعیت‌های ویژه آزمایشگاهی پیدا می‌شوند (Ibid, p.100). پس محتوای نظریه‌های پایه‌ای در فیزیک، اغلب فراتر از چیزهایی می‌روند که مشاهده شده است. در چنین وضعی چگونه باید محتوای فراتر از مشاهده (Observation-Transcendent) را

در نظریه‌های پذیرفته‌شده کنونی ارزیابی کرد؟ کسانی که گرایش به شیءانگاری در نظریه‌ها دارند، محتوایی از نظریه را که فراتر از مشاهده است، می‌پذیرند.

بخش فراتر از مشاهده، آن‌چنان‌که وِن می‌گوید، می‌خواهد «... واقعیتِ نهفته در "پس پشتِ" پدیده‌های مشاهده‌پذیر را توصیف کند؛ برای نمونه نظریه‌ها سرراست می‌گویند که فضا و زمان در حضور ماده، خمیده است یا اینکه الکترون‌ها و نوترون‌ها و دیگر ریزذره‌ها وجود دارند و کارهای جالب گوناگونی می‌کنند» (Ibid). اما درباره اینکه گرایش بیشتر مردم چیست و چرا چنین باوری دارند، وِن می‌گوید: «... بیشتر ما بی‌درنگ نتیجه می‌گیریم که کامیابی شگرف تجربی آن نظریه‌ها، نشان‌دهنده درستی این فرض است که توصیف واقعیت بنیادین [در نظریه‌ها] توصیفی دقیق است؛ حال چه از پایه و اساس دقیق و چه تقریباً دقیق (Approximately Accurate)» (Ibid).

۲. برخی رویکردهای ناواقع‌گرایانه مورد توجه ورال

برخی ناواقع‌گرایان بر این باورند که واژه‌های نظری پیشنهادشده (Theoretical Term) همچون الکترون یا نیروی ضعیف (weak force) و مانند اینها را نباید حتی اشاره‌کننده به هویت‌هایی واقعی (Real Entities) دانست، بلکه باید آنها را نام‌هایی ساختگی (Fictional Names) به شمار آورد که برای سامان‌بخشی به قوانین تجربیِ ما در دستگاه جای گرفته‌اند (Ibid).

چنان‌که ویلارد وِن اورمن کواین می‌گوید:

> اشیای فیزیکی از نظر مفهومی میانجی‌های دم‌دستی‌اند که آنها را به درون [دستگاه] آورده‌ایم نه اینکه از راه تجربه به دست آمده باشند، بلکه تنها مفروضاتی فروناکاستنی‌اند که از حیث شناخت‌شناختی (Epistemologically) به خدایان هومر می‌مانند (Quine, 1951, p.41).

اگر نقدهای امثال لاودن بر واقع‌نمابودن نظریه‌های علمی در باب هویت‌های نظری

درست باشد، ناواقع‌گرایی این‌چنینی کولین نیز نامعقول نمی‌نماید، پس رویکردی که ردال پیش خواهد گرفت، باید از پس این نقدها برآید یا دست کم به طریقی با آنها سازش کند؛ از سوی دیگر ون فراسن نسخه جدیدتری از ناواقع‌گرایی را پیش نهاده که می‌گوید واژه‌های نظری ظاهراً به هویت‌هایی واقعی اشاره می‌کنند؛ ولی دلیلی ندارد که گمان کنیم حتی بهترین نظریه‌های علمی ما درست یا حتی تقریباً درست‌اند و هدف علم هم تولید نظریه‌های درست‌نما نیست، بلکه نظریه را تنها هنگامی باید پذیرفت که کفایت تجربی دارد (Empirically Adequate)؛ بدین معنا که «پدیده‌ها را در خود حفظ کند» (Worrall, 1989, p.100/ ر.ک: Van Fraassen, 1980).

به بیان سیلوس تنها و تنها نظریه‌ای کفایت تجربی دارد که همه پیامدهای قابل دیدن در آن نظریه درست باشند. ون فراسن که پیرو دیدگاه معناشناختی درباره نظریه‌ها (Semantic View of Theories) است پیش‌نیازهای تحقق کفایت تجربی را بر پایه اصطلاحات نظریه مدل (Model-Theoretic) معرفی می‌کند و می‌گوید برای آنکه کفایت تجربی محقق شده باشد، باید ساختار نمودها (Appearances) در یکی از الگوهای نظریه جاسازی شده باشد، یعنی ساختار نمودها باید هم‌ریخت (Isomorphic) با زیرساختاری تجربی در الگوی فلان نظریه باشد؛ آن‌چنان‌که سیلوس می‌گوید با این شیوه بیان، دیگر نیازی هم نیست به جداسازیِ دوگانه میان مشاهدتی و نظری پایبند باشیم. بر پایه تجربه‌گرایی برساختی (Constructive Empiricism) که فلسفه مورد نظر ون فراسن است، کفایت تجربی جایگزین «درستیِ» (Truth) نظریه می‌شود که هدف علم را رسیدن به آن پنداشته‌اند (Psillos, 2007, p.76/ ر.ک: Van Fraassen, 1980).

این دو رویکرد به‌ویژه رویکرد ون فراسن را به آن دلیل به کوتاهی شرح دادیم که ردال در استدلال خود که در ادامه خواهد آمد، می‌کوشد از فروافتادن به ناواقع‌گرایی

برساختی وان فراسن بپرهیزد.

۳. نظریه‌های تقریبا درست و نقد وِرال بر این رویکرد

همان طور که پیش‌تر اشاره شد، برخی واقع‌گرایان در برابر استدلال دومی که وِرال در پی سازش با آن است، از درستیِ تقریبی نظریه‌ها سخن گفته‌اند. وِرال بر این باور است که اگر بخواهیم «درستی تقریبی نظریه‌ها» را به دقت تحلیل کنیم، با دردسرهای بزرگ و شناخته‌شده‌ای روبه‌رو می‌شویم و هر ترفندی که در تشریح این اندیشه به کار بسته شده –همچون ترفند «حقیقت‌نمایی فزاینده» (Increasing Verisimilitude) که پاپر پیشنهاد کرده است– ایرادهایی داشته‌اند (Worrall, 1989, p.104).

وِرال بر آن است که گرچه «درستی تقریبی نظریه‌ها» در سطح امور شهودی، مفهومی کاراست؛ ولی در شرح واقع‌نمابودن نظریه‌های علمی نباید به آن مفهوم ساده دلخوش بود و نیاز به بررسی دقیق‌تری است. وِرال می‌گوید: «درستی تقریبی نظریه‌ها» که واقع‌گرا به آن نیاز دارد، باید از نوع انتقالی (Transitive) باشد؛ یعنی واقع‌گرا باید بر آن باشد که این درستی تقریبی، نظریه از پسِ نظریه، انتقال می‌یابد و به نظریه تازه می‌رسد؛ اما چنین انتقالی چگونه در زیروزبرشدن نظریه‌های علمی (Radical Theory-Change) در تاریخ علم، همچنان ثابت می‌ماند؟ به باور وِرال همه آنچه گفته شد، نشان می‌دهد ما در اینجا با مفهومی گنگ و مبهم روبه‌روییم. وِرال می‌گوید ادعای واقع‌گرا که می‌گوید ما دلایلی داریم برای اینکه باور کنیم نظریه‌های کنونی ما تقریباً درست‌اند، تنها هنگامی پذیرفتنی است که بخردانه بتوان گفت مثلا نظریه نیوتن تقریبی از نظریه اینشتین است و نیز به وجهی کلان بتوان گفت پیشرفت علمِ پاگرفته و کامیاب، از اساس انباشتی (Essentially Cumulative) بوده است؛ به این معنا که نظریه‌های کناررفته (Deposed Theories) و نه فقط نتیجه‌های تجربی موفق آنها همچنان به گونه‌ای

اصلاح‌شده (Modified Form) حتی پس از انقلاب‌های علمی نیز باقی مانده‌اند (Ibid, p.105). اما چنین نیست و نظریه‌ها در علم معمولاً زیر و زبر شده‌اند؛ پس واقع‌گرایان باید راه چاره‌ای برای بهبود رویکرد خویش بیابند.

بدین ترتیب دورل از مفهوم «درستی تقریبی نظریه‌ها» به مفهوم «پیشرفت علمی اساساً انباشتی» می‌رسد؛ اما او با اینکه بر مفهوم «درستی تقریبی»، خُرده‌هایی می‌گیرد تا نشان دهد استدلال‌های قدیمی به سود واقع‌گرایی، ایرادهایی دارند و چندان روشن نیستند، این مسئله را پی می‌جوید که «پیشرفت اساساً انباشتی در علم» بر چه چیزی بنا می‌شوند و از این راه سرنخ‌هایی به دست می‌آورد تا به مقصود خود برسد. درواقع او در پی آن است نشان دهد ما در کجای علم انباشت داریم؛ از همین رو می‌گوید: «اگر بتوان این ادعا را اثبات کرد که پیشرفت علوم جاافتاده و پاگرفته، از اساس انباشتی بوده است، واقع‌گرا دست کم استدلالی برای دفاع از ادعای خود دارد» (Ibid, p.106).

٤. ناهمخوان‌بودن نظریه‌های نو و پیشین در سطح نظری

اگر واقع‌گرا همچنان بر «درستی تقریبی نظریه‌ها» به لحاظ تجربی پافشاری کند، باید نشان دهد پیش‌بینی‌های تجربی در نظریه‌های گذشته و نظریه‌های تازه‌تر در مواردی همپوشانی دارند تا از این راه بگوید نظریه تازه‌تر، یک گام در جهت پیش‌بینی‌کردن به پیش رفته است؛ اما در اینجا ناواقع‌گرا می‌تواند بگوید همپوشانی در پیش‌بینی‌های تجربی، نشان‌دهنده «درستی تقریبی» نیست؛ بلکه واقع‌گرا به اقتضای رویکردش، فارغ از همپوشانی در پیش‌بینی‌های تجربی باید در لایه نظری (Theoretical level) همپوشانی بیابد تا از این راه «درستی تقریبی نظریه‌ها» در طول یکدیگر را نشان دهد؛ ولی آن‌چنان‌که دورل می‌گوید، «نظریه‌های گذشته و نظریه‌های تازه‌تر، در سطح نظری، سخت با یکدیگر ناهمخوان‌اند» (Ibid, p.107)؛ همچنین احتمالاً این گونه است که

اگر با دلایلی خوب به این باور رسیده باشیم که نظریه «الف» تقریباً درست است، آن‌گاه اگر دلایلی خوب داشته باشیم که نظریه «ب» که پس از نظریه الف آمده، با نظریه الف ناهمخوان است، به این نتیجه خواهیم رسید که نظریه ب نادرست است. پس واقع‌گرا در وضعیتی دشوار قرار گرفته است؛ زیرا باید بگوید اکنون دلایلی خوب برای اثبات این ادعا داریم که نظریه‌ای را که او پیش‌تر به دلایلی خوب، تقریباً درست دانسته بود، اکنون نادرست از آب درآمده است (Ibid)؛ درنتیجه استدلال‌هایی به این شکل به سود واقع‌گرایی نیستند. همان گونه که پیش‌تر گفته شد، اگر به تاریخ نورشناسی جدید بنگریم، نظریه‌ها درباره چیستی نور چندین بار از اساس تغییر کرده‌اند و به قول لاودن سخت با یکدیگر ناهمخوان بوده‌اند؛ پس به نظر نمی‌رسد «درستی تقریبی نظریه‌ها» را باید از حیث نظری پی گرفت.

چنان‌که لاودن می‌گوید ما در سطح محتوای تجربیِ دستگاه‌مندشده (Systematized) نیز می‌توانیم گسترشی اساساً انباشتی و ثابت را بیابیم؛ مثلاً در نظریه‌های نورشناسی، نظریه‌های جدید، محتوای تجربی نظریه‌های قدیم را در بر گرفتند و پوشش دادند یا اینکه به نظر می‌رسد نظریه اینشتین نظریه‌ای است گسترش‌یافته‌تر از نظریه نیوتن و آن را اصلاح کرده است. به بیان لاودن درست است که در سطح تجربی، اگر ریزنگری کنیم و سخت‌گیرانه نظر کنیم، پیامدها در باب حرکت در این دو نظریه با یکدیگر سازگار نیستند؛ ولی در مواردی بسیار فراوان –که در آنها سرعت‌ها تا اندازه‌ای پایین‌تر از سرعت نور است– پیش‌بینی‌های هر دو نظریه گرچه همچنان متفاوت‌اند، در سطح بررسی و مشاهده ما غیر قابل تشخیص و قابل چشم‌پوشی‌اند (Ibid, p.109). اما اگر چنین انباشتی در سطح تجربی نظریه‌ها در کار باشد، آیا پشتیبان دیدگاه واقع‌گرایان خواهد بود؟

۵. انباشت در سطح تجربی نظریه‌ها

دراک می‌گوید نظریه نیوتن افزون بر قوانین حرکت و اصل گرانش جهانی که با معادله‌های ریاضی بیان می‌شوند، چیزهای دیگری هم دارد؛ معادله‌های نام‌برده در دل مجموعه‌ای از مفروضات نظریِ بسیار عام تفسیر شده‌اند؛ مفروضاتی از این دست که: فضا بی‌کران است؛ زمان مطلق است به حیثی که دو رویدادی که همزمان در نظر کسی رخ می‌دهد، برای هر بیننده دیگری نیز همزمان رخ خواهد داد؛ جرم لَخت (Inertial Mass) هر جسمی ثابت است. همچنین نظریه اینشتین با چنین مفروضاتی تفسیر شده است: فضا کران‌مند است –گرچه مرزی ندارد؛ زمان به آن معنا که در نظریه نیوتن می‌گویند، مطلق نیست؛ با افزایش سرعت‌های اجسام، بر جرم آنها افزوده می‌شود. پس چنان‌که پیداست، این دو نظریه در مفروضات خود با یکدیگر ناسازگارند. پس اگر در سطح تجربی نظریه‌ها انباشت رخ دهد، در سطح مفروضات نظری، تحولی بنیادی در کار باشد و نظریه‌های جدید با نظریه‌های پیش از خود ناسازگار باشند، واقع‌گرایان به چه دستاوردی در دفاع از دیدگاه خود رسیده است؟ او می‌گوید این همان ادعایی است که در چارچوب «استقرای بدبینانه» (Pessimistic Induction) بیان کرده‌اند که گرچه آن را استدلال روش‌شناختی جدیدی می‌دانند، به بیان دراک، پوانکاره آن را پیش از همه به‌وضوح بیان کرده است (Ibid). پس این پرسش پیش می‌آید که چگونه باید نظریه‌های کنونی خود را «تقریباً» یا «از اساس» درست بیابیم؛ در حالی که ظاهراً استدلالی تاریخی–استقرایی وجود دارد که نشان می‌دهد احتمالاً نظریه‌های علمی به لحاظ هستی‌شناختی نادرست‌اند؟

اگر گام‌های استدلال نام‌برده درست باشند، در بهترین نظریه‌های علمی خود نیز نباید در پی چیزی فراتر از پیامدهای تجربی مستقیم نظریه باشیم؛ زیرا انباشت فقط در

سطح تجربی رخ داده است؛ نیز پذیرش درست‌بودن یا درستی تقریبی ادعاهای نظری، کاری بخردانه نیست. ظاهراً با پذیرش چنین پیامدی به سوی پذیرش ناواقع‌گرایی عمل‌گرایانه (Pragmatic) یا ناواقع‌گرایی برساختی (Constructive) وان فن خواهیم رفت (Ibid, p.110). در این صورت به حیث انباشتی یا شبه‌انباشتی در پیشرفت علم – که واقع‌گرا برای دفاع از رویکرد خود در پی آن است– دست یافته‌ایم، ولی با ازدست‌رفتن کامل قوت برهان واقع‌گرایان (Ibid)؛ حال آنکه لاودن در پی آن بود که از آن استدلال به سود رویکرد ساختارگرایانه خود بهره ببرد.

٦. ساختارها، فراروی از مفروضات نظری

پرسش مهم پیشِ روی واقع‌گرایان این است که در دگرگونی‌هایی نظری در تاریخ علم، چه چیزی باقی می‌ماند و تداوم می‌یابد؟ لاودن می‌گوید: «در تغییر از نظریه فرنل به نظریه ماکسول عنصری مهم در کار است که تداوم می‌یابد و این عنصر فراتر از مسئله ساده انتقال محتوای تجربی به نظریه جدید است» (Ibid, p.117). چنین تداومی به قوت انتقال کامل محتوای نظری یا انتقال سازوکارهای نظری پیشین –حتی به نحو تقریبی– به نظریه بعدی نیست.

در اینجاست که لاودن پاسخ خود را پس از مقدمه‌چینی این گونه پیش می‌نهد: «در تغییر نظریه‌ها تداوم یا انباشت وجود دارد؛ اما تداوم صورت (Form) یا ساختار (Structure) نه تداوم محتوا (Content)» (Ibid). لاودن در برداشت خود متأثر از پوانکاره است که انتقال از نظریه فرنل به نظریه ماکسول را مثال آورده است تا از گونه‌ای واقع‌گرایی ساختاری عام دفاع کند که کاملاً از ابزارگرایی ناواقع‌گرایانه‌ای که به وی نسبت می‌دهند، متمایز است.

به نظر لاودن چنین رویکردی تنها راه امیدوارکننده‌ای است که با آن می‌توان هر دو

جهان یعنی دو استدلال مشهور واقع‌گرایان و ناواقع‌گرایان را پذیرفت و با آنها همراه شد. پس به نظر درست می‌رسد که ﻓﻨﻞ در تشخیص چیستی نور به خطا افتاده بود؛ اما معجزه رخ نداده که نظریه او در پیش‌بینی‌های تجربی کامیاب بوده است؛ زیرا نظریه او، به ساختار درستی در توصیف نور دست یافته است (Ibid).

همچنین می‌توان در برابر استدلال مشهور ناواقع‌گرایان گفت نظریه ﻓﻨﻞ به وجهی تداوم یافته است؛ چنان‌که ﭘﻮﺍﻧﮑﺎﺭﻩ می‌گوید، «معادلات دیفرانسیل همیشه درست‌اند و یکپارچگی آنها به همان شیوه باقی می‌ماند» (Poincare´, 1905, p.161).

اما در پاسخ به این پرسش که این معادله‌ها نشان‌دهنده چه چیزی‌اند، می‌توانیم نقطه اتکای نظریه‌ها برای شکل‌گیری واقع‌گرایی ساختارگرایانه را بشناسیم: «معادله‌ها روابط را بیان می‌کنند و اگر معادله‌های درست می‌مانند، به این دلیل است که واقعیت روابط، باقی می‌ماند. ... روابط درست در میان اشیای واقعی، تنها واقعیتی است که می‌توانیم به آن دست بیابیم» (Ibid).

ﻭﺍﻝ نیز برداشت روشن‌تر خود را متأثر از ﭘﻮﺍﻧﮑﺎﺭﻩ این گونه بیان می‌کند: «پس اگر فقط معادله‌های ریاضی را فارغ از پدیده‌ها در نظر بگیریم، همانا تداومی کامل میان نظریه‌های ﻓﻨﻞ و ﻣﺎﮐﺴﻮﻝ وجود دارد» (Worrall, 1989, p.119).

البته این گفته به آن معنا نیست که معادله‌ها در نظریه‌های ﻓﻨﻞ و ﻣﺎﮐﺴﻮﻝ دقیقاً مانند یکدیگرند، بلکه منظور این است که اگر در پی آن‌ایم که تداوم و دقیق‌ترشدن نظریه‌ها یکی پس از دیگری سخن بگوییم، باید به سطح ساختارها نظر کنیم؛ زیرا ساختارها در این تغییرات علمی محفوظ مانده و تداوم می‌یابند.

پس از نظر واقع‌گرایی ساختاری در کنار کامیابی تجربی علم، «ساختار جهان (احتمالاً) شبیه به آن چیزی است که در مکانیک کوانتوم بیان می‌شود» (Ibid, p.123).

نیازی نیست که ماهیت حالت کوانتومی را درک کنیم و نباید آن را به نحو کلاسیک دریابیم. بنا نیست نظریه‌های علمی به نحوی درست شوند که فرضیه‌های متافیزیکی مورد نظر ما را در خود داشته باشند و مهم هم نیست که آن فرضیه‌ها تا چه اندازه پا گرفته‌اند و در گذشته چگونه و چه میزان طرفدار داشته‌اند و اثبات شده‌اند. آنچه برای واقع‌گرای ساختاری مهم است، تداوم ساختارهاست و به‌راحتی از محتوای نظریه‌ها که با تغییرات علمی، دگرگون می‌شوند، دست برمی‌دارد. حال که دیدگاه ساختارگرایانه جان ودرال شرح داده شد، پرسش این است که زمینه شکل‌گیری این دیدگاه چیست؟ در ادامه به بررسی این موضوع خواهیم پرداخت که چگونه نظریه ودرال بر بستری از مناقشات فلسفی در باب واقع‌نمایی نظریه‌های فیزیکی میان برخی فیزیک‌دانان شکل گرفته است. در این راستا به شباهت نظر برخی فیزیک‌دانان برجسته و همراهی ایشان، ولو به صورت تلویحی، با رویکرد ودرال استناد می‌شود.

ج) فیزیک‌دانان و واقع‌نمایی نظریه‌های علمی

اکنون در اینجا با توجه به زمینه تاریخی و نظری در باب مناقشات واقع‌نمایی به دیدگاه برخی فیزیک‌دانان معاصر در چارچوب دو رویکرد -شیءانگاری و ساختارگرایی- خواهیم پرداخت.

۱. رویکرد سرسختانه پلانک

برخی فیزیک‌دانان برجسته‌ای که اندیشه‌های فلسفی خویش را بازگو کرده‌اند، رویکردهایی را برگزیده‌اند که معمولاً به یکی از آن دو دیدگاه نامبرده گرایش داشته است؛ برای نمونه ماکس پلانک (Max Planck) از کسانی بود که سرسختانه در سوی رویکرد نخست، یعنی «شیءانگاری» ایستاده بود. او در سخنرانی خود در ۹ دسامبر ۱۹۰۸ در میان دانشجویان دانشکده علوم طبیعی دانشگاه لایدن (Leiden) بر دیدگاه

نوآیینانی همچو ماکسول (Maxwell) و بولتزمن (Boltzmann) و هرتز (Hertz) و مهم‌تر از همه ارنست ماخ (Ernst Mach) که هدف اصلی سخنرانی‌اش بود، این گونه تاخت:

> هنگامی که استادان بزرگ پژوهش‌های دقیق، اندیشه‌های خود را پیشکشِ علم می‌کردند، یعنی آن‌گاه که نیکولاس کپرنیک (Nicolaus Copernicus)، مرکزنشین‌بودن زمین در جهان را رد کرد و آن‌گاه که یوهانس کپلر (Johannes Kepler) قوانینی را که سپس‌تر آن قوانین را به نام وی کردند، معرفی کرد و آن‌گاه که آیزک نیوتن (Isaac Newton) گرانش عمومی را کشف کرد و آن‌گاه که هم‌میهن بزرگ شما کریستین هویگنس (Christian Huygens) نظریه موجی نور را پیش نهاد و آن‌گاه که مایکل فارادی (Michael Faraday) بنیادهای الکترودینامیک را ساخت، ... بی‌گمان این مردان، در عزم خود برای نبرد با دیدگاه‌های سنتی و مراجع برجسته، دیدگاه اقتصادی [ماخ] را در نظر نداشتند. چنین نبود... بلکه ایشان به واقعیتِ تصویری که از جهان پیش می‌نهادند، باوری پولادین داشتند (Planck, 1909 /1992, p.131).

۲. نگرش اقتصادی ماخ به علم

منظور پلانک از دیدگاه اقتصادی چه بود؟ فیزیک‌دان و فیلسوف علم اتریشی، ارنست ماخ وجود فضا و زمان مطلق نیوتنی را به آن دلیل که مشاهده نمی‌شد، رد کرد. او گفت: «علم، اقتصادی‌اندیشیدن است» و هدفش دسته‌بندی نمودها (Appearances) به شیوه‌ای دستگاه‌مند (Systematic) و کوتاه است. به نظر ماخ نیازی نیست که علم چیزهایی را که دیده نمی‌شوند، مفروض بگیرد تا بشود رفتار پدیده‌ها را تبیین کرد. به همین دلیل ماخ اتم‌گرایی (Atomism) را هم کنار گذاشت؛ زیرا او بر این باور بود که بررسی پیوسته پدیده‌ها، اتم‌گرایی را تأیید نمی‌کند؛ از همین رو ماخ از فیزیک پدیدارگرایانه (Phenomenological Physics) دفاع می‌کرد و مدعی بود هر کوششی برای فراتررفتن از واقعیت‌های حسی (Sensory Facts)، کوششی در گرایش به

متافیزیک خواهد بود (ر.ک: Psillos, 2007, pp.146-147). ماخ هر گونه فراروی از نمودها را کار بی‌جای فیلسوفانه می‌دانست و چنین گفته است: «به هر روی فیزیک‌دانان نباید "ورای نمودها" را بجویند. ... امیدوارم فیزیک‌دانان قرن بیستم نگذارند که پژوهش‌هایشان با سرک‌کشیدن‌های بی‌جا[ی فیلسوفان] آشفته و پریشان گردد» (Mach, 1910, pp.124–125).

پلانک در مورد پیشینیان خود، سخنی بیهوده نمی‌گفت و همان طور که پیش‌تر اشاره شد، به راستی گذشتگان به واقعی‌بودن تصویری که علم از جهان پیش می‌نهاده است، باوری راسخ داشتند. اکنون روشن است که پلانک از چه چیزی سخن به میان آورده است. آن‌چنان‌که وردل شرح داده است، در گرایش به شیءگرایی در نظریه‌های علمی باید توصیف واقعیت بنیادین را از پایه و اساس دقیق یا دست کم تقریباً دقیق دانست؛ اما پلانک در برابر چه کسانی چنین دیدگاهی را ابراز کرده بود؟ او بر کسانی تاخت که سخن‌گفتن از ورای نمودها را نادرست می‌دانستند؛ یعنی کسانی که مدعی بودند باید کمترین گرایش متافیزیکی را در بیان نظریه‌های علمی پذیرفت. برای آشنایی بیشتر با فلسفه‌ای که پلانک آن را ناروا می‌شمرد و در میان دانشمندان برجسته هم‌روزگارش به محبوبیت رسیده بود، با استناد به گفته‌های برخی از آن دانشمندان، رویکرد نام‌برده را بررسی می‌کنیم.

۳. رویکرد مبهم و مشوّش ماکسول

نخستین کسی که دیدگاه مایل به ساختارگرایی او را بررسی می‌کنیم، جیمز کلارک ماکسول (James Clerk Maxwell) است. او در بیان دیدگاه‌های خود چندان صریح نیست و به‌سادگی نمی‌توان او را گراینده به یکی از دو رویکرد نام‌برده دانست. وِن فراسن آشفتگی ماکسول در این باره را این چنین توصیف می‌کند: «... او در پی بنیادی

است که پشتوانه باور به واقعیت اتر و امواج الکترومغناطیسی در اتر را فراهم آورد؛ اما گاهی از دستیابی به هر نظریه مکانیکی ناب در باب هویت آنها نومید می‌شود» (Van Fraassen, 2006, p.277). شاید این آشفتگی به این دلیل بوده که در روزگار او چندان به‌صراحت سخن از جداسازی این رویکردها در میان نبوده است و چنین تفکیکی به بحث‌های فلسفه علم امروزی باز می‌گردد؛ برای نمونه پلانک نیز عبارت «تصویری که از جهان پیش می‌نهادند» را در سخنرانی خود به کار برده است؛ حال اینکه مبدع عبارت «تصویر جهان» را هرتز دانسته‌اند که رویکردی متفاوت از رویکرد پلانک داشته است (ر.ک: Blackmore, 1992). این امر تا حدی بیانگر عدم وضوح این مرزبندی‌ها در آن دوران بوده است؛ بدین معنا که گرچه کشاکش میان این دو رویکرد در آن روزگار وجود داشته، مرز آن چندان روشن و پیدا نبوده و گاه از جوانبی با هم در می‌آمیخته است. با این همه، ابهام سخن ماکسول گاه کنار می‌رود و به نظر می‌رسد دیدگاه او کمابیش به ساختارگرایی نزدیک می‌شود:

> همانندانگاریِ بخردانه و هوشمندانه[ی معادله‌های انتقال گرمای فوریه و معادله‌های میدان الکتریسیته ساکن با یکدیگر] به پیشرفت چشمگیر فیزیک یاری رسانده است. برای پرهیز از طرح فرضیه‌های ناسنجیده و خام باید سرشت همانندانگاری‌های این‌چنینی را نیک بررسی کنیم. ما نباید از همانندی جزئیِ برخی روابط در پدیده‌های گرما و الکتریسیته نتیجه بگیریم که همانندیِ راستینی میان علل این پدیده‌ها وجود دارد. این همانندی، همانندی میان روابط است نه همانندی میان چیزهایی که به هم مرتبط شده‌اند (Maxwell, 1881, pp.51–52).

در اینجا ماکسول با صراحت بیشتری از همانندی روابط نام می‌برد که مشخصه رویکردهای ساختارگرایانه است. پس گویا ماکسول کمابیش و دست کم به گونه‌ای مبهم، چنین نگرش‌هایی را دریافته بود و می‌توان وی را بیشتر گراینده به ساختارگرایی

دانست. اما دانشمند دیگری که دیدگاه وی درباره ساختارگرایی صراحت بیشتری می‌یابد، هرتز است که در اینجا رویکرد او را بررسی می‌کنیم.

٤. رویکرد روشن و تأثیرگذار هرتز

در نوشته‌های هاینریش رودلف هرتز (Heinrich Rudolf Hertz) گرایشی روشن‌تر به ساختارگرایی را می‌توان یافت. ون فراسن درباره وی چنین می‌گوید: «... تأکید بر بازنمایی‌ها و بسنده‌کردن به واقعیت‌های تجربی که یگانه لنگرگاه ما [در علم]اند، از هرتز آغاز می‌شود؛ به گونه‌ای که می‌توان حالِ پلانک را خوب درک کرد که جهان بازنمایی‌شده را پایمالِ دلبستگی به نظریه برمی‌شمرد» (Van Fraassen, 2006, p.277). با اینکه ون فراسن کمابیش می‌کوشد هرتز را به نگرش مورد نظر خود نزدیک کند، نظر به گفته‌های هرتز نیز برداشت او را تأیید می‌کنند. هرتز در کتاب **امواج الکتریکی** (Electric Waves) به‌روشنی می‌گوید که ما نباید به تصویر راستین علم زیان برسانیم و علم را آن گونه که خود می‌خواهیم، تفسیر کنیم: «داشتن دقت علمی نیازمند آن است که هرگز پیکر ساده و بی‌پیرایه [علم را] که طبیعت نشانمان داده، با جامه‌ای که ما بر تنش می‌کنیم، اشتباه نگیریم» (Hertz, 1962, p.28). او همچنین در کتاب دیگرش **بنیادهای مکانیک** (The Principles of Mechanics) این چنین می‌گوید:

> ما برای خود، تصاویر یا نمادهایی درونی از اشیای بیرونی می‌سازیم و به گونه‌ای آنها را می‌سازیم که نتایج ضروریِ تصاویر ذهنی، همواره تصاویر نتایج ضروریِ سرشته‌شده در اشیایی‌اند که تصویر کرده‌ایم. برای برآورده‌شدن این پیش‌نیاز باید انطباقی ویژه میان طبیعت و ذهن ما ایجاد شود. ما به تجربه آموخته‌ایم که آن پیش‌نیاز برآورده می‌شود؛ پس چنان انطباقی [میان طبیعت و ذهن] به‌راستی وجود دارد. ... تصاویری که ما در اینجا از آنها سخن می‌گوییم، مفاهیمی از اشیا هستند که با خود اشیا از جهتی مهم مطابقت دارند، یعنی در برآورده‌کردن پیش‌نیاز بالا و برای هدفی که داریم، نیازی نیست آن مفاهیم از همه جهات دیگر با اشیا مطابقت داشته باشند» (Idem, 1894, pp.1–2).

۵. بولتزمن و طرد جهان پشتِ نمودها

لودویگ ادوارد بولتزمن (Ludwig Boltzmann) نیز رویکردی یک‌سره متفاوت از رویکرد پلانک نسبت به وظیفه علم و آنچه باید فراهم کند، اتخاذ کرده بود. بولتزمن در سخنرانی خود در ۱۸۹۹ دیدگاه فلسفی خویش را این گونه بیان کرده است:

> ما از چگونگی به‌دست‌آمدن تصویری سودمند از جهان نمودها آگاهیم. [اما] اینکه کدام علتِ راستین در کار است که جهان نمودها [همواره] آن گونه کار می‌کند که می‌بینیم و اینکه چه چیزی در پس پشتِ جهان نمودها پنهان است و آن را به پیش می‌راند، موضوعاتی‌اند که ما آنها را درخور بررسی در علم طبیعی نمی‌دانیم» (Boltzmann, 1905a, p.252).

هنگامی که گفته پلانک در آغاز مقاله را که درباره فیزیک‌دانان پیشین می‌گفت «... ایشان به واقعیت تصویری که از جهان پیش می‌نهادند، باوری پولادین داشتند»، با گفته‌ای که از بولتزمن آورده‌ایم بسنجیم، تفاوت دو رویکرد به‌خوبی روشن می‌شود. بولتزمن پیش‌نهادن تصویری علمی را از آنچه فراتر از نمودها وجود دارد، وظیفه علم نمی‌داند؛ ولی پلانک چنین دیدگاهی را سخت نکوهش می‌کند و بر این باور است که فیزیک‌دان باید از واقعیت پسِ پشتِ جهان نمودها نیز تصویری پیش بنهد.

د) واقع‌گرایی ساختاری: از پوانکاره تا جان ورال

از مقایسه دیدگاه فیزیک‌دانان نام‌برده درمی‌یابیم که تقابلی آشکار و مناقشه‌آمیز در باب واقع‌نمایی نظریه‌های فیزیکی، قابل صورت‌بندی است و همین زمینه‌ای را برای ارائه راه حلی فراهم می‌آورد که این راه حل برخاسته از منافشات انتزاعی فلاسفه نیست؛ بلکه از دیدگاه‌های فلسفی پراکنده فیزیک‌دانان سر برآورده است. درواقع نشان داده می‌شود که سیر مواجهه فیزیک‌دانان با مسئله واقع‌نمایی نظریه‌های فیزیکی همچون طیفی است که در یک سر طیف، رویکرد شیءانگاری پلانک است. بولتزمن در تقابلی آشکار با پلانک،

شناخت واقعیت پس‌زمینه رخدادها را از دایره علم کنار می‌گذارد و در دیدگاه ماکسول نیز که در میانه این طیف است، این موضع، مشوش و مبهم می‌شود، گرچه به نظر می‌رسد تمایل او بیشتر به ساختارگرایی است؛ اما در دیدگاه هرتز گرایش روشن‌تری به ساختارگرایی دیده می‌شود.

اکنون به بررسی پرسش دوم این پژوهش مبنی بر اثرپذیری جان دیوئی از پوانکاره خواهیم پرداخت. درواقع ادعا می‌شود که پوانکاره حلقه واسطه میان دیدگاه‌های پراکنده فیزیک‌دانانِ پیش از خود و دیدگاه ساختارگرایی جان دیوئی است. پس در گام نخست نسبت میان دیدگاه پوانکاره با فیزیک‌دانان پیش از خود بررسی می‌شود. پوانکاره به بیانی ادبی و از حیث بلاغی گیرا بیان می‌کند:

> سرشت گذرای نظریه‌های علمی، مردم جهان‌دیده را شگفت‌زده می‌کند. روز کوتاه کامیابیِ نظریه‌ها به پایان می‌رسد و آدمی می‌بیند که نظریه‌ها یکی پس از دیگری رها می‌شوند. او می‌بیند که ویرانه‌ای بر ویرانه دیگر فرو می‌ریزد و پیش‌بینی می‌کند که نظریه‌های امروزی نیز در کوتاه زمانی از پای درخواهند آمد و به این نتیجه می‌رسد که نظریه‌ها یک‌سره یاوه‌اند و این وضع را ورشکستگی علم می‌نامد (Poincare´, 1905/1952, p.160).

پوانکاره برای رهایی از این ورشکستگی علمی، دیدگاه ساختارگرایانه خود را درباره معادله‌های ماکسول به‌وضوح نمایان می‌کند. آن گونه که استاین نشان می‌دهد، خود ماکسول می‌کوشید وجود الگوهایی را که از معادله‌های او در مکانیک برمی‌آمدند؛ اثبات کند؛ از این رو پشتیبانی از نظریه اتر کوششی پایدار برای پیش‌نهادن چنان الگوهایی با بنیادهای ملموس مکانیکی بود (Stein, 1989). اما هنگامی که نظریه ماکسول خوب به بار نشست و کامل شد، او از پیگیری الگوهای نخستین اتر دست شست؛ ولی آن‌چنان‌که دن فاسن گفته است، ماکسول باز هم می‌کوشید نظریه خود را

ذیل دینامیک گسترش‌یافته لاگرانژ جای دهد تا از این راه ارتباط نظریه با سازوکارهای مکانیکی که البته ساختار درونی‌شان خوب مشخص نشده بود، برقرار بماند (Van Fraassen, 2006, p.278). با این همه فیزیک‌دان نامدار فرانسوی، هانری پوانکاره (Henri Poincaré) از خواسته‌ای که ماکسول در پی آن بود، دست کشید و اندیشه مبتنی بر برهم‌کنش ماده و اتر را کاملاً رها کرد؛ به باور او بررسی چنین ارتباطی، موضوعی درخور بررسی در فیزیک نیست؛ پس در مورد نظریه الکترومغناطیس کلاسیک، «نظریه ماکسول [فقط همان] معادله‌های ماکسول است» (Ibid). پوانکاره با سخنی روشن‌تر از فیزیک‌دانان دیگر که شباهتی با گفته هرتز دارد، این چنین نخستین طرح روشن از ساختارگرایی علمی را در می‌افکند:

> ما تصاویری را جایگزین اشیایی واقعی می‌کنیم که طبیعت، آنها را جاودانه از چشمان ما پنهان کرده است. روابط ثابت میان آن اشیای واقعی [که از چشم ما پنهان‌اند]، تنها واقعیتی است که می‌توان به آن دست یافت، مشروط به اینکه همین روابط، در میان آن اشیا، موجود باشند؛ همچنان‌که ما ناگزیر آن روابط را در میان تصاویر خود جای داده‌ایم. پس اگر روابط برای ما شناخته‌شده باشند، دیگر چه باک داریم که تصویری جایگزین تصویری دیگر شود؟» (Poincare´, 1905, p.161).

اما منظور از روابط شناخته‌شده چیست؟ او در همان کتاب، مقصود خود را با مثال روشن می‌کند: «اینکه پدیده‌ای رفت‌وبرگشتی –مثلاً نوسان الکتریکی– به‌راستی برخاسته از جنبش اتمی معینی است که مانند آونگ رفتار می‌کند، ... نه قطعی است و نه ضروری؛ اما میان نوسان الکتریکی و حرکت آونگ و همه پدیده‌های رفت‌وبرگشتی، رابطه‌ای همسان وجود دارد که با واقعیت بنیادی منطبق است» (Ibid, 1905, p.161).

درباره اصل پایستگی انرژی می‌گوید اگر بکوشیم به عام‌ترین وجهی از آن اصل سخن بگوییم: «... چیزی برای گفتن [درباره آن اصل] باقی نمی‌ماند، مگر اینکه

چیزی وجود دارد که ثابت است...» (Ibid, p.132).

اما این رابطه همسان که پوانکاره از آن نام می‌برد چیست؟ «... آن بخش است که در همه مشترک است: ... روابطی بین اشیایی خاص که هر کس بر آن اشیا نامی می‌نهد» (Ibid, p.162).

چنین دیدگاهی در آغاز، واکنش‌برانگیز به نظر می‌آید؛ آن هم درست هنگامی که نظریه‌پردازی در باب اتر و کیفیات آن را که به گونه‌ای نومیدکننده گریزان و دور از دسترس بوده است، کنار گذاشته‌اند تا به نظریه بهتری برای تصویرکردن جهان دست یابند. با این همه، آن‌چنان‌که ون فراسن اشاره می‌کند، تکرار معادله‌های مهم در جاهای مختلف را پشتیبان این رویکرد برشمرده‌اند (Van Fraassen, 2006, p.280). این همسانی تا به آنجاست که اغلب، فرایند تازه را مشابه با فرایند پیشین توصیف می‌کنند که فقط معادله‌ها پس و پیش و بازتعریف شده‌اند؛ مثلاً انتشار گرما (Heat Diffusion) و انتشار گاز (Gas Diffusion) فرایندهایی مشابه‌اند؛ اما نهایتاً «... معادله‌ها ویژگی‌های متمایز را حذف می‌کنند» (Ibid) و آنچه می‌ماند تنها روابط و معادله‌ها هستند و به تعبیری که پیش‌تر اشاره شد، «نظریه ماکسول [فقط همان] معادله‌های ماکسول است».

در گام دوم، این تأملات پوانکاره مورد توجه جان دیویی قرار گرفت و با نگاه ویژه‌ای که به فلسفه و رویکرد ساختارگرایانه وی داشت، توانست ساختارگرایی در فلسفه علم را بپرورد و انسجام درخوری به آن ببخشد. دیویی که در پی آن بود میان دو استدلال نیرومند که هر یک به گرایشی در فلسفه علم تعلق داشتند، سازشی ایجاد کند و رویکردی را معرفی نماید که عناصر نیرومند هر دو استدلال را در خود داشته باشد و سرانجام دیدگاهی معقول و پذیرفتنی برای دفاع از واقع‌گرایی حاصل شود. اساساً پرسش اصلی در مقاله دیویی این است که آیا راهی معقول (Reasonable) خواهیم یافت

تا بهترین حالت در میانه این دو جهان باشد؟ یعنی آیا رویکردی پیدا خواهد شد که از قوت هر دو استدلال به سود خود بهره ببرد؟ به بیان دیگر آیا رهیافتی داریم که پاسخگوی هر دو استدلال باشد؟ ودال درست در همین جا که در پی یافتن راهی است که هم دگرگونی‌های تاریخی نظریه‌های علمی را بپذیرد و هم نگرشی واقع‌گرایانه (Realist Attitude) به نظریه‌های پذیرفته‌شده کنونی فیزیک و دیگر علوم داشته باشد (Worrall, 1989, p.99) از کشاکش تاریخی میان دانشمندان فیزیک که در گفته‌های خود، سامان خوب فلسفی نداشتند، بهره می‌برد و رویکردی را که پوانکاره به میان آورده بود، برای دست‌یافتن به بهترین حالت در میان دو جهان اتخاذ می‌کند. ودال خود به این اثرپذیری این گونه اذعان می‌کند: «نشان خواهم داد که چنین راهی وجود دارد و آن راه، واقع‌گرایی ساختاری است؛ همان دیدگاهی که پوانکاره برگرفت و من در اینجا با دقت آن را شرح می‌کنم و از آن دفاع خواهم کرد» (Ibid). بنابراین از نظر ودال با آنکه به نظر می‌رسد این دو استدلال خرسندکننده در برابر و مخالف یکدیگرند، یعنی یکی به سود واقع‌گرایی و دیگری به زیان واقع‌گرایی است، می‌توان دیدگاه واقع‌گرایانه خرسندکننده‌ای یافت که هر دوی این استدلال‌ها را در خود جذب کند و آن دیدگاه، همان رویکردی است که ودال در پی بازیابی آن است (Ibid, p.101).

درواقع پوانکاره و ودال در مواردی گام‌هایی کمابیش مشابه در مسیر بناکردن ساختارگرایی برداشته‌اند. هر دوی آنها استدلال فرااستقرای بدبینانه را استدلالی جدی و درخور یافته‌اند و می‌کوشند به آن پاسخ دهند تا به واقع‌گرایی در علم پایبند باشند؛ اما ودال از حیث فلسفی، بیانی روشن‌تر و دقیق‌تر دارد و ساختارگرایی خود را در پاسخ به دو جهان (دو استدلال مهم)، به شیوه‌ای که در مقاله شرح دادیم، بنا می‌کند و از همین روست که وی را مبدع ساختارگرایی در فلسفه علم دانسته‌اند.

نتیجه

در این مقاله پس از بررسی دیدگاه جان ودال و نیز آرای شماری از فیزیک‌دانان برجسته در باب واقع‌نمابودن نظریه‌های علمی و شرح دو رویکرد مهم در تقابل میان آنها نشان داده شد جان ودال از خلال رویکرد ساختارگرایانه هانری پوانکاره که به شکل روشن‌تری سامان‌یافته‌تر شده بود، به نظریه واقع‌گرایی ساختاری‌اش دست یافت و نخستین کسی بود که جوهره اندیشه پوانکاره را دریافت و سپس آن را به شکلی فنی‌تر و فلسفی‌تر پرورش داد. از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که بر خلاف دیدگاه معمول که در بسیاری موارد پنداشته می‌شود نظریه‌های فلسفی از مناقشات میان فیلسوفان سربرمی‌آورند، نظریه واقع‌گرایی ساختاری جان ودال ریشه در مناقشات فلسفی میان فیزیک‌دانان دارد؛ به این مفهوم که پیدایش واقع‌گرایی ساختاری برآمده از یک زمینه تاریخی و ریشه در اندیشه‌های برخی فیزیک‌دانان از جمله ماکسول، هرتز، بولتزمن و پوانکاره داشته است. اندیشه‌های این فیزیک‌دانان برجسته، گام به گام پیش رفت و به پیدایش نگرشی ضمنی و پوشیده در باب ساختارگرایی منجر شد که این نگرش در هانری پوانکاره وضوح بیشتری یافت و سپس جان ودال با الهام‌گرفتن از این اندیشه‌ها و دریافت آموزه‌های کلیدی آنها به‌ویژه متأثر از دیدگاه پوانکاره واقع‌گرایی ساختاری خود را به گونه‌ای منسجم‌تر معرفی کرد و نشان داد تداومی را که در تغییرات و بی‌ثباتی نظریه‌های علمی برای دستیابی به واقع‌گرایی علمی نیاز داریم، باید در سطح ساختارها جست‌وجو کرد. او با معرفی واقع‌گرایی ساختاری دو استدلال مهمی را که به نظر نمی‌رسید به‌سادگی با یکدیگر سازگار شوند، با تأکید بر تداوم در ساختار نظریه‌های علمی و نه تداوم در محتوا، آشتی داد و نشان داد پیوستگی در پیکره بزرگ علم وجود دارد. به طور کلی اندیشه مرکزی این شاخه از واقع‌گرایی آن است که می‌توان از

واقع‌نمابودن علم درباره جهان دفاع کرد، به شرط آنکه استمرار ساختارها در تغییر نظریه‌های علمی را دریابیم و در باب آنها واقع‌گرا باشیم. پس از دهه ۱۹۷۰ ساختارگرایی مورد توجه بسیاری از فیلسوفان علم قرار گرفت و حتی در مورد علوم دیگری به جز فیزیک نیز گسترش یافت.

منابع و مآخذ

1. Blackmore, J.; **Ernst Mach—Deeper Look**: Boston Studies in the Philosophy of Science; Academic Publishers, 1992.
2. Boltzmann, L.; "Theories as Representations" in **Philosophy of Science,** A. Danto and S. Morgenbesser (eds.); New York: Meridian Books, pp.245–52, 1960.
3. Boyd, R.; "The Current Status of Scientific Realism"; in **Scientific Realism**, J. Leplin (ed.); University of California Press, pp.41-82, 1984.
4. Hertz, H.; **Electric Waves**; Translated by D. E. Jones, New York: Dover, 1962.
5. Hertz, H.; **The Principles of Mechanics**; Translated by D. E. Jones and J. T. Walley; New York: Dover, 1899.
6. Hooke, R.;. **Micrographia**: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses, with observations and inquiries thereupon' Printed by Jo. Martyn and Ja. Allestry (to the Royal Society), 1665.
7. Laudan, L.; "A Confutation of Convergent Realism", Philosophy of Science; 48 (1), 1981.
8. Mach, E.; "Sensory Elements and Scientific Concepts", **Boston studies in the philosophy of science**, pp.118–126, 1992.
9. Maxwell, J. C.; **Elementary Treatise on Electricity**; Oxford: Oxford University Press, 1888.
10. Mermin, N. D.; "What Is Quantum Mechanics Trying to Tell Us?", **American Journal of Physics**; 66, 1998, pp.753–67.
11. Planck, M.; **Die Einheit des physikalischen**

Weltbildes; Leopzig: Verlag von S, Hirzel, 1909.
12. pp.62–75, Section 4 translated in Blackmore.
13. Poincare´, H.; **Science and Hypothesis**; The Walter Scott Publishing co, 1905.
14. Psillos, S.; **Philosophy of science AZ**; Edinburgh University Press, 2007.
15. Putnam, H.; **Meaning and the Moral Sciences**; RKP, 1978.
16. Quine, W. V.; "Two dogmas of empiricism"; **The philosophical review**; 60, (1), 1951, pp.20-43.
17. Stein, H.; "Yes, But ...—Some Skeptical Remarks on Realism and Anti-Realism", **Dialectica**; 43, 1989, pp.47–65.
18. Van Fraassen, B. C.; **The Scientific Image**; Oxford, 1980.
19. Van Fraassen, B. C.; "Structure: Its shadow and substance", **The British Journal for the Philosophy of Science**; 57 (2), 2006, pp.275-307.
20. Worrall, J.; "Structural Realism: The Best of Both Worlds?"; **Dialectica**; 43, 1989, pp.99–124.