The Quarterly Journal of *Philosophical Investigations*
University of Tabriz-Iran
ISSN (print): 2251-7960 ISSN (online): 2423-4419
Journal Homepage: www.philosophy.Tabrizu.ac.ir
مجله علمی پژوهش‌های فلسفی دانشگاه تبریز

Vol. 14/ Issue: 30/ spring 2020

A View on Physical Reality

Saeed Masoumi
Assistant Professor at The Institute for Research in Science and Technology Studies, Shahid Beheshti University. Tehran-Iran
s_masoumi@sbu.ac.ir

Abstract

In this paper, some conditions of physical reality are presented. These conditions are, in particular, the conditions of the real physical quantities. The symmetry principles held about reference frames are essential in presenting the conditions. In the stance taken in this paper, gauge symmetry, the different descriptions of the same physical situation, represents what is real. Based on the conditions, the real physical quantities and the real physical descriptions are those that are independent of reference frames. In the rigorous mathematical term, one can say the real physical descriptions are those satisfied with the substantive general covariance requirement (in the Earman's term).

Keywords: physical reality, symmetry principles, gauge symmetry, the real descriptions, substantive general covariance.

Recived date: 2018.11.20 **Accepted date: 2019.1.13**

Introduction

Scientific realism is the view according to which scientific theories provide us with the descriptions that are true or approximately true. But the important thing is that we know exactly which of the things described in this world are "real things." In this vein, it is important to consider what are fundamentals, such that they provide the "fundamental basis" for other things of the world, in principle, and if there are fundamental things, how we can the analysis of the things of the world be done more fundamentally? That is to say, we want to know whether after going through some stages we come to the final fundamental things, and this division ends or continues indefinitely, or the relation of the fundamental affairs is a two-way dependence which can be regarded as a closed-loop (McKenzie, 2014) and (Tahko, 2018) there is a difference.

We can call "real things" in physical theories "physical reality"; now the above questions are about "physical reality." This article aims to determine one of the main characteristics of physical reality by turning to theories of contemporary physics.

In contemporary physics, one of the most important principles on the basis of which physical reality can be determined is the principle of symmetry. In fact, it is not an exaggeration to say that new physics is based on the principles of symmetry. These principles are used in both the major fields of modern physics, the field of quantum theories, and the field of relativity (although these principles are also present in previous theories, such as Galileo's symmetry in Newtonian mechanics). The principles of contemporary physics are symmetry principles.

In this paper, an attempt is made to state the conditions for physical reality and real physical state, or in general the condition of objectivity, which expresses the strong intuitions that exist in contemporary physics about physical reality and the real physical state, and in fact, it is based on symmetry principles. Also, according to the three definitions of scientific realism, stated in (Masoumi, 2017a), we will determine the relation of these conditions with the definitions.

In the second part, the problem arises from the various formulations, interpretations, and idealizations in physical theories for realizing things. We will show that what is the same in the formulations, interpretations and different idealizations are "the symmetry features of a theory". Thus, this problem does not arise in the case of "the symmetry features of a theory". In the third section, we will explain the gauge quantities, the gauge transformations, and the conditions of real physical quantities and real physical description. Explanations are also given about the general covariance and symmetry of a theory. In the fourth section, we look at the relationship between the concept of physical reality and the concept of absolute from Friedman's point of view. Finally, the sixth section summarizes and concludes.

The requirements of physical reality

Here we need to make an important distinction. This is the distinction between "physical quantity" and "physical description" expressed by field equations and equations of motion, which are, in fact, relationships between physical quantities. In changing frameworks or changing observers, both can change. For example, in Newtonian mechanics, when we go from an inertial frame to a rotational frame, the mass of a particle does not change as a physical quantity, but the acceleration changes, and is not equal in the two frames.

Based on what has been said, we can state the conditions for physical to be real, for physical quantity and the physical description, respectively as follows.

(Physical reality feature)

Physical reality is something that is independent of an observer; that is, it does not depend on a coordinate system.
Because we are dealing with space-time theories, space-time theories quantities (space-time fields, and material fields), and their descriptions, in this case, we can deal with the above statement in detail. Let's say more with the following principles.

Condition 1 (real quantity feature)

The real space-time context and physical quantity is the quantity that is independent of an observer; that is, it does not depend on a reference framework or coordinate system.

Condition 2 (real description feature)

The real description is the description of a physical condition that is independent of an observer; that is, the real description does not depend on a reference frame, calling mathematically by the concept of substantive general covariance.

The real thing as the absolute thing (the Friedman's division)

In this section, we examine the concept of absolute and the relation between this concept and the concept of physical reality, which seems to be closely related to it. In the literature of the philosophy of science, the most important field in which the concept of absolute is discussed in the field of space-time theories. One of the divisions that exist about the absolute is the division that Friedman (1983: 62-64) has made, seeming to be useful in clarifying the feature of being real as absolute. The division is based on what is in the literature (Friedman, 1983: 62).

Absolute versus relational

Friedman divides the main issue into two parts. The first part of the issue is about space-time theories. The question can be posed (taking into account a four-dimensional space-time) as to whether space-time theories, when presented by a four-dimensional object, have a domain in which physical events take place (substantivalism) or, in fact, this domain is nothing but a collection of physical events (relationalism).
The second part is whether space-time relations or properties, as defined in space-time theories, can be reduced to more fundamental relationships and properties (such as the causal relationship between material identities (relationalism) or, conversely, are defined independently of material relations and properties and have an independent existence (substantivalism)

Absolute versus relative

In this viewpoint, the elements of space-time structures are absolute that is not dependent on a coordinate system and can be defined independently of the coordinates; in the other words, they can be intrinsically defined on manifold.

Absolute versus dynamical

This is a distinction that Anderson-Friedman makes to show the difference between relativity theory and other theories such as Newtonian mechanics and special relativity (Friedman, 1983, Ch. 2), (Anderson, 1967). In this view, geometric objects are divided into two kinds: dynamic objects and absolute objects. Thus, the difference between theories such as the theory of general relativity and other theories such as special relativity or Newtonian theory is that the first kind lacks an absolute object, but in the second kind, there are absolute objects such as Minkowski metric of special relativity.

Conclusion

Given the above, it seems that the principles we have stated for "physical reality" and "real description" both satisfy our intuition that real things are independent of the observation of an observer, and it is also an important feature to be real in contemporary physics. We have tried to introduce the above intuitive concept in detail in the principles introduced. We also saw that in the second sense of the absolute concept in Friedman's view, "physical reality" and "real description" are absolute.

References

- Ladyman, J. (2002). *Understanding Philosophy of Science*, London, and New York: Routledge.
- Ladyman, J., and Ross, D., et al. (2007). *Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized*, Oxford: Oxford University Press.
- Maidens, A. (1998). Symmetry groups, absolute objects and action principles in general relativity. *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics*, 29, 245.
- Mandl, F. & Shaw, G. (2010). *Quantum Field Theory*, (2nd ed.), New York: Wiley.
- McKenzie, K. (2014). *Priority and Particle Physics: Ontic Structural Realism as a Fundamentality Thesis*, British Journal for the Philosophy of Science, 65: 353-80.
- Psillos, S. (1999). *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*, London, and New York: Routledge.

مجله علمی پژوهش‌های فلسفی دانشگاه تبریز
سال ۱٤/ شماره ۳۰/ بهار ۱۳۹۹

دیدگاهـــی در مورد واقعیت فیزیـــکی

سعید معصومی
استادیار پژوهشکده مطالعات بنیادین علم و فناوری دانشگاه شهید بهشتی
s_masoumi@sbu.ac.ir

چکیده

در این مقاله، کوشش می شود تا شروطی برای واقعیت فیزیکی ارائه گردد. این شروط، به طور خاص برای کمیات فیزیکی واقعی و توصیفات (فیزیکی) واقعی بیان می شود. اصل اساسی در ارائه این شروط، اصل تقارنی است که در مورد چارچوب های مرجع برقرار است. در موضعی که در این مقاله اتخاذ شده است، تقارن پیمانه ای مبین واقعی بودن است که این مفهوم خود به معنی توصیفات مختلف از یک وضعیت فیزیکی است. بر اساس این شروط، کمیات فیزیکی واقعی و توصیفات(فیزیکی) واقعی آنهایی هستند که مستقل از چارچوب های مرجع اند؛ به زبان ریاضی توصیفات واقعی، با مفهومی با عنوان هم ورداییِ عام جوهری ارمن (Earman) بیان می شود که در دیدگاه وی، هم ورداییِ عام جوهری متمایز کننده نظریه نسبیت عام از نظریه های دیگر، همچون نسبیت خاص و مکانیک نیوتنی است.

کلمات کلیدی: واقعیت فیزیکی، اصول تقارنی، تقارن پیمانه ای، توصیف واقعی، هم ورداییِ عام جوهری.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۵ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۸**

مقدمه

واقع گرایی علمی دیدگاهی است که بر اساس آن توصیفاتی که نظریه های علمی ارائه می دهند صادق اند یا تقریبا صادق هستند. همچنین در واقع گرایی علمی، باور براین است که جهان توصیف شده در نظریه های علمی، مستقل از ما وجود دارد . اما نکته مهم این است که ما دقیقا کدام یک از اموری را که در این جهان توصیف می شوند «امور واقعی» می دانیم و در این میان، کدام یک را بنیادین (fundamental)تلقی می کنیم؛ در اینکه اصولا «مبنای بنیادینی» برای اشیای موجود در جهان می توان در نظر گرفت و اگر اموری بنیادینی وجود دارند آیا تجزیه اشیای جهان به امور بنیادی تر به طور متناهی است؛ یعنی، در جایی به امور بنیادین نهایی می رسیم و این تقسیم یا تجزیه خاتمه می یابد یا تا بی نهایت ادامه می یابد، یا رابطه امور بنیادین بستگی دو طرفه ای است که می توان آن را همچون حلقه ای بسته تلقی کرد (McKenzie, 2014) و (Tahko, 2018) اختلاف وجود دارد.

مساله اختلافی دیگر، چیستی این امور بنیادین است؛ به این معنی که اموری که جهان را تشکیل می دهند چه چیزهایی هستند؟ آیا اشیا جهان را می سازند؟ آیا جهان از ویژگی ها تشکیل شده است؟ یا ترکیب این دو سازنده جهان است یا اینکه هیچ کدام قوام بخش جهان نیستند و این ساختارها هستند که مقوم جهان واقعی اند.

«امور واقعی» را در نظریه های فیزیکی می توانیم «واقعیت فیزیکی» بنامیم؛ اکنون پرسش های فوق در مورد «واقیت فیزکی» مطرح می شود. این مقاله، می کوشد یکی از مشخصه های اصلی واقعیت فیزیکی را، با عطف نظر به نظریه های فیزیک معاصر، معین سازد.

در فیزیکی معاصر، یکی از مهم ترین اصولی که می توان براساس آن واقعیت فیزیکی را معین نمود اصل (اصول) تقارن است. در واقع، اگر بگوییم که فیزیک جدید مبتنی است بر اصول تقارن سخن گزافی نیست. این اصول در هر دو حوزه اصلی فیزیک جدید؛ یعنی حوزه نظریه های کوانتومی و حوزه نظریه های نسبیتی به کار می رود (البته این اصول در نظریه های پیشین هم وجود دارند مثل تقارن گالیله ای در مکانیک نیوتنی) در واقع، شاید بتوان گفت مهمترین اصول فیزیک معاصر، اصول تقارنی است.

در این مقاله، کوشش می شود تا شروطی برای واقعیت فیزیکی و وضعیت فیزیکی واقعی یا به طور کلی شرط عینی بودن بیان شود که بیان کننده شهود قوی ای است که در فیزیک معاصر در مورد واقعیت فیزیکی و وضعیت فیزیکی واقعی وجود دارد و در واقع، مبتنی بر اصول تقارنی است. همچنین، با توجه به سه تعریف از واقع گرایی علمی(Masoumi, 2017a) ربط و نسبت این شروط را با این تعاریف معین خواهیم نمود. در بخش دوم، مشکلی که از صورت بندی ها، تعابیر و ایده آل سازی های مختلف در نظریه های فیزیکی برای واقعی دانستن امور به وجود می آید مطرح می شود. ملاحظه خواهد شد آنچه در صورت بندی ها، تعابیر وایده آل سازی های مختلف یکسان است «ویژگی تقارنی نظریه» است. به این ترتیب، این مشکل در مورد «ویژگی تقارنی نظریه» به وجود نمی آید. بخش سوم، به توضیح کمیات پیمانه ای، تبدیلات پیمانه ای و شروط کمیات واقعی فیزیکی و توصیف واقعی فیزیکی خواهیم پرداخت. توضیحاتی نیز در مورد هم وردایی عام و گروه تقارنی نظریه داده می شود. در بخش چهارم، نسبت مفهوم واقعیت فیزیکی و مفهوم مطلق از نگاه فریدمن می پردازیم و در بخش پنجم به بررسی نسبت شروط واقعی بودن که در بخش سوم بیان شده است با سه تعریف

از واقع گرایی علمی، که در(Masoumi, 2017) آمده می پردازیم و نهایتاً در بخش ششم جمع بندی و نتیجه گیری عنوان می شود.

صورت بندی، تعبیر و ایده آل سازی

مشکل مهمی که در مورد واقعیت فیزیکی وجود دارد این است که جهانی که در یک نظریه فیزیکی واحد توصیف می شود می تواند یکتا نباشد؛ زیرا، به عنوان مثال، تعابیر نظریه واحد می تواند متفاوت باشد(حداقل در بادی امر) و بنابر این توصیف جهان ها متفاوت خواهد بود و هر یک جهان متفاوتی را توصیف خواهند کرد. بنابراین، اینکه چه چیزی را باید واقعی در نظر گرفت، دچار ابهام می گردد؛ زیرا، جهان واقعی یکتا است؛ ولی نظریه های فیزیکی جهان را به روش های مختلف علی الظاهر ناسازگار توصیف می کنند. عدم یکتایی جهانی که یک نظریه فیزیکی واحد، مانند مکانیک نیوتنی، توصیف می کند می تواند ۱- به دلیل صورت بندی های مختلف یک نظریه معین باشد، ۲- نتیجه تعابیر مختلفی باشد که از یک صورت بندی مشخص، ارائه می گردد و ۳- از ایده آل سازی های مختلفی که فیزیک دانان در صورت بندی و تعبیر واحد از نظریه ای مشخص انجام می دهند ناشی شده باشد (Jones, 1991).

مثالی که می توان برای مورد (۱) بالا آورد مثال مکانیک نیوتنی است (ibid). در این نظریه، صورت بندی های مختلفی وجود دارد، به عنوان مثال، صورت بندی استانداردی که بر اساس قوانین سه گانه نیوتن است و در آن با ذرات مادی سر و کار داریم که بر یکدیگر نیروی گرانش وارد می آورند که از قانون گرانش عمومی نیوتن محاسبه می شود. معمولاً، در کتب مرجعی که به دانشجویان آموخته می شود ابتدا مسائل مکانیک نیوتنی با قوانین سه گانه نیوتن و قانون گرانش نیوتن حل می شود ولی در ادامه مباحث کمیات مختلفی تعریف می گردند که حل مسائل را تسهیل می سازد. به عنوان مثال، حرکت پرتابه بر اساس این قوانین با محاسبه نیرویی که جسم بزرگی چون زمین به یک ذره کوچک وارد می آورد معین می شود در صورتی که برای بسیاری از مسائل تعریف مفهومی چون پتانسیل گرانشی حل مسائل را آسانتر می سازد و جواب آنها با معرفی این مفهوم جدید معین می گردد. اما، همان طور که جونز اشاره می کند معرفی کمیات جدید، همچون پتانسیل گرانشی، تبعات هستی شناختی دارد. پرسش مهم این است که آیا معرفی مفهومی جدید، که به عنوان مثال، به دلیل سهولت در حل مسائل تعریف می گردد، به معنی وجود عنصری در واقعیت است؟

همچنین در مکانیک نیوتنی روشی داریم که در آن، بر اساس اصل کمترین کنش (the principle of least action) به معادلات نیوتنی می رسیم و نهایتاً، گونه ای از مکانیک نیوتنی وجود دارد که در آن نیروی گرانش همانند نسبیت عام خاصیت هندسی است(Friedman, 1983)، و در واقع با انحنای فضا-زمان بازنمایی می شود و نیرویی به نام گرانش، که مستقل از هندسه فضا-زمان، مبین برهمکنش اجرام باشد، وجود ندارد. در اینجا نیز، پرسشی که مطرح می گردد این است که یک واقع گرای علمی باید به کدامیک از عناصری که در این نسخه ها مطرح می شود به عنوان امور واقعی باور داشته باشد؟(Jones, 1991).

به همین ترتیب، حتی اگر صورت بندی های نظریه ای واحد باشد تعابیر مختلفی که نظریه می تواند داشته باشد موجب می شود که عناصر متفاوتی برای جهان منظور گردد (در واقع، همان طور که ون فراسن (۱۹۹۱: ۲۴۳) می گوید تعبیر یک نظریه جهان ممکنی است که آن نظریه توصیف می کند) و نهایتاً، حتی اگر صورت بندی ها یکسان باشد و تعبیر هم واحد باشد باز در ایده آل سازی ها مفروضاتی مطرح می شود که تبعات

هستی شناختی دارد مثل ویژگی تخت بودن مجانبی (asymptotically flatness) جواب شواتزشیلد (Schwarzschild) در نسبیت عام (Jones, 1991). در این موارد هم پرسش از جهان ممکنی که مطرح می گردد که مثلاً آیا باید به تعبیر کپنهاگی از مکانیک کوانتومی باور داشته باشیم یا به تعبیر چند جهانی؟ همچنین آیا باید به ایده آل سازی (الف) باور داشته باشیم و جهان را به صورتی که آن توصیف می کند بدانیم یا ایده آل سازی (ب) وضعیت جهان را به درستی مشخص می سازد؟

به نظر می رسد واقعیت فیزیکی باید چیزی باشد که از صورت بندی های مختلف، تعابیر متفاوت و ایده آل سازی های گوناگون مستقل باشد. این نوع از ویژگی ها را می توان در اصول تقارنی یافت، یعنی همان طور که از قول کاسیرر گفته شد اصول تقارن معین کننده واقعیت عینی خواهند بود. به عنوان مثال، تمام نسخه های مکانیک نیوتنی تحت تبدیلاتی که متعلق به گروه گالیله ای هستند ناوردا هستند و تمام تبدیلات مختصاتی که عضو این گروه هستند وضعیت فیزیکی را ناوردا نگاه می دارند؛ یعنی، تحت این تبدیلات، وضعیت فیزیکی یکسان باقی خواهد ماند. بنابراین، به نظر می رسد واقعیت فیزیکی باید امری باشد که تحت گروه تقارنی نظریه ناوردا بماند. این ویژگی، به صورتی است که در تمام موارد فوق صدق می کند به این معنی که مثلاً وضعیتهای فیزیکی نسخه های مختلف، تعابیر مختلف و ایده آل سازی های مختلف نباید تحت تبدیلات گالیله ای تغییر کند.

واقعیت فیزیکی و استقلال از چارچوب های مرجع

با مراجعه به ادبیات فیزیک، می توان ملاحظه نمود که آنچه فیزیکدانان به عنوان کمیات مشاهده پذیر از آن یاد می کنند کمیاتی هستند که ناوردای پیمانه ای هستند. به عنوان مثال، می توان به بیان زیر از رولی (Rovelli) اشاره کرد:

«کمیات فیزیکی در نسبیت عام که واجد درجات آزادی واقعی نظریه هستند تحت دیفئومورفیسم فعال (active diff) ناوردا هستند، بنابراین، عملگرهای خودالحاق (self- adjoint operators) متناظر با مشاهده پذیر ها (پیش بینی پذیر) در گرانش کوانتومی باید همبسته با کمیات ناوردای دیفئومورفیسم باشند»(Rovelli, 2004: 110) ، همچنین، به عنوان مثال های دیگر، می توان به (Carroll, 2004: 42)، (Padmanabhan, 2010: 81)، (Schwartz, 2014: 109-110)). مراجعه نمود.

در این بخش، کمیات پیمانه ای و تبدیلات پیمانه ای مورد بررسی قرار می گیرند و بر این اساس، اصولی برای «واقعیت فیزیکی» بیان می شود.

کمیات پیمانه ای

کمیات ناوردای پیمانه ای، کمیاتی هستند که تحت تبدیلات پیمانه ای ناوردا هستند. آشناترین تبدیل پیمانه ای، تبدیل پیمانه ای مربوط به نظریه الکترومغناطیس است، که البته باید توجه داشت که این تبدیلات پیمانه ای، تبدیلات فضا–زمانی نیستند(Kuhmann, 2012). در الکترومغناطیس، به جای دو کمیت میدان الکتریکی و میدان مغناطیس می توان از دو کمیت پتانسیل برداری $\vec{A}$ و پتانسیل اسکالر ϕ استفاده کرد و معادلات ماکسول را برای این دو کمیت به صورت زیر نوشت:

$$\vec{B}=\vec{\nabla}\times\vec{A} \quad \vec{E}=-\vec{\nabla}\phi-(\partial\vec{A})/\partial t ,$$

به این ترتیب، معادلات مکسول بر اساس این کمیات به صورت زیر خواهد بود .

$$\square\phi=-\partial/\partial t(\partial\phi/\partial t+\nabla\vec{}.\vec{A})=\rho \quad \square\vec{A}+\nabla\vec{}(\partial\phi/\partial t+\nabla\vec{}.\vec{A})=\vec{j} \quad ,$$

که در آن $\square$ نماد دالامبری است که برابر است با $\square:=\partial^2/[\![\partial t]\!]^2-\nabla\vec{}^2$ و $c=1$ در نظر گرفته شده است.

اکنون اگر کمیت های دیگری چون $\vec{A}'$ و ϕ' به صورت زیر تعریف گردد و به جای $\vec{A}$ و ϕ در معادلات فوق بکار رود آنگاه معادلات بدون تغییر می ماند.

$$\vec{A}'=\vec{A}-\nabla\vec{}f \qquad \phi'=\phi+\partial f/\partial t \quad ,$$

در واقع، با اینکه به لحاظ ریاضی این کمیات متفاوت هستند، آنچه با این کمیات در واقعیت خارجی متناظر است یک چیز است و همه اینها بازنمایی کننده یک وضعیت فیزیکی هستند. بنابراین، معقول است که آنها را بازنمایی کننده یک امر واقع بدانیم. در اینجا، می توان گفت آنچه واجد شأن هستی شناختی اصلی است خود این کمیات نیستند، بلکه کمیتی است که در برگیرنده همه آنها باشد که می توان آن را رده ای شامل همه آنها دانست. نکته ای که باید به آن توجه داشت این است که در روابط فوق که بیان رابطه میان کمیات پیمانه ای است تابع f هم در نشان دادن رابطه میان ϕ و ϕ' دخیل است و هم در بیان رابطه میان $\vec{A}$ و $\vec{A}'$. بنابراین، بهترین روش برای معرفی کمیت پیمانه ای معرف اینها، که وضعیت فیزیکی متناظر با این کمیات پیمانه ای را بازنمایی می کند، تعریف کمیتی جدید است که موجودی چهار بعدی است و دربرگیرنده هر دوی این کمیات است و می توان آن را به تنهایی بازنمایی کننده ϕ و $\vec{A}$ با هم دانست. این کمیت جدید را چاربردار پتانسیل الکترومغناطیسی می نامند و به صورت زیر تعریف می گردد.

$$A^\mu=(\phi,\vec{A})$$

اما، آیا باید این کمیت را به عنوان آنچه امر واقع را بازنمایی می کند در نظر بگیریم؟ پاسخ این پرسش نمی تواند مثبت باشد؛ زیرا، با توجه به اینکه A^μ و $[\![A^\mu]\!]$ یک وضعیت فیزیکی را بازنمایی می کنند و حداقل به طور ریاضی با یکدیگر مساوی نیستند، این دو نماینده خوبی برای بازنمایی واقعیت نیستند. آنچه نماینده خوبی برای بازنمایی واقعیت است، باید به گونه ای باشد که همه A^μ، $[\![A^\mu]\!]$ و... را در بربگیرد. به نظر می رسد رده هم ارزی شامل تمام آنها بهترین گزینه برای این امر باشد که به صورت زیر تعریف می گردد.

$$\{(A^\mu]=\{[\![A^\mu]\!]:[\![A^\mu]\!]=(\phi+\partial f/\partial t,\vec{A}-\nabla\vec{}f]$$

بنابراین، صرف اینکه کمیتی در معادلات ظاهر می شود به معنی این نیست که آن کمیت دقیقاً همتایی منحصر به فرد در واقعیت دارد و تناظری یک به یک میان آنها بر قرار است. به این ترتیب، می توان گفت کمیات پیمانه ای کمیاتی هستند که هر چند به لحاظ ریاضی متفاوت اند، اما به لحاظ فیزیکی کمیت واحدی تلقی می شوند. به عبارت دیگر، اگر کمیتی چون α و کمیت دیگری چون β کمیاتی باشند که تحت تبدیلی پیمانه ای به هم مربوط می شوند، آنگاه آنها کمیت واحدی را در جهان بازنمایی می کنند و همان طور که در مورد میدان A^μ گفته شد، می توان یک رده هم ارزی معرفی کرد که این رده هم ارزی متناظر باشد با عنصری از واقعیت که α و β هر یک به صورتی، به ظاهر، متفاوت آن را بازنمایی می کنند. این رده هم ارزی را رده پیمانه ای می نامیم. باید توجه داشت که بر اساس فیزیک، بین آن دسته از کمیات ریاضی که با تبدیلات پیمانه ای به هم مربوط می شوند، نمی توان تمایزی قائل شد. در این صورت، اگر هر یک از این کمیات ریاضی را معادل با وضعیتی از جهان تلقی کنیم با مشکل تعین ناقص(underdetermination) و

همین طور ناموجبیت مواجه خواهیم شد(Rickles, 2008: ch.3). به عنوان مثال، در برهان حفره (hole argument) این تلقی به ناموجبیت منجر خواهد شد (Earman and Norton, 1987). بنابراین، فرض عدم تمایز کمیاتی که عضو یک رده پیمانه ای هستند، تبیین بهتری برای نظریه های علمی فرآهم می آورد.

نکته دیگری، که در اینجا باید به آن توجه داشت این است، که آنچه کمیت ناوردای واقعی است، که ما آن را نماینده شیء فیزیکی واقعی می دانیم، باید کمیتی باشد که متعلق به وضعیت فیزیکی یکسانی باشد که با تبدیلات پیمانه ای توصیف می شود. این مطلب را می توان چنین توضیح دادکه برخی تبدیلات وجود دارند که ناوردا هستند (به معنی اینکه شکل معادلات تغییر نمی کند)، ولی آنها دو وضعیت فیزیکی متفاوت را توصیف می کنند؛ مانند تبدیل عام دیفئومورفیسم در نسبیت خاص که با اینکه شکل معادلات را ناوردا نگاه می دارد، وضعیت های فیزیکی را تغییر می دهد. یعنی، به عنوان مثال، هرگاه ⟨M ⟦,η⟧ _ab,ϕ⟩ مدلی از نسبیت خاص باشد که وضعیت فیزیکی A را توصیف می کند، آنگاه با اینکه ⟨M ⟦,h^* η⟧ _ab,h^* ϕ⟩ که در آن hϵDiff(M) هم مدلی از نسبیت خاص خواهد بود، این مدل به طور کلی همان وضعیت فیزکی A را توصیف نمی کند، مگر اینکه h عضو زیر گروه لورنتس از گروه تبدیلات دیفئومورفیسم باشد.

ویژگی تبدیلات پیمانه ای

پرسش اساسی که در این قسمت به آن می پردازیم این است که تبدیلاتی که کمیات متعلق به یک رده پیمانه ای را به هم مربوط می کنند باید چه ویژگی هایی داشته باشند؟ به نظر نگارنده یکی از بهترین را ه های یافتن پاسخ این پرسش مراجعه به تعریف واقع گرایی علمی است. شاید بتوان گفت در واقع گرایی علمی و اساساً در واقع گرایی اصلی ترین مولفه، وجود مستقل از ذهن داشتن امور است. بنابراین، اگر اموری باشند که وابسته به ذهن باشند و وجود داشتن آنها به اذهان بستگی داشته باشد نمی توان آنها را، به معنی اینکه وجود مستقل دارند، واقعی دانست. اگر در اینجا به جای ذهن از ناظر استفاده کنیم به نظر می رسد پذیرش این مطلب معقول باشد که اموری که تنها به دستگاه مختصات یا ناظری که آنها را اندازه گیری می کند بستگی دارند وجود مستقل ندارند؛ یعنی، شرط اینکه برای کمیتی وجود فیزیکی قائل باشیم این است که آن کمیت به ناظرهایی که آن را اندازه گیری می کنند بستگی نداشته باشد. این نوع کمیات را فیزیک دانان مشاهده پذیر می نامند که باید توجه داشت منظور آنها از مشاهده پذیر در این سیاق با مفهوم مشاهده پذیری که در سیاق فلسفه علم مطرح می شود تفاوت دارد. به واقع، این مفهوم معادل واقعی در فلسفه علم است.

به عنوان مثال مارک برگس می گوید «برهانی علیه متغیرهای دینامیکی که بر طبق عناصر گروه تبدیل می یابند این است که آنها یکتا نیستند. مشاهده پذیرها تنها می توانند با کمیات ناوردا توصیف شوند.» (Burgess, 2003: 172)، همچنین در جایی دیگر اظهار می دارد که «بکار بردن این تبدیلات در مورد کنش پیش از وردش نادرست است به دلیل اینکه این کنش کمیتی اسکالر است و تحت این تبدیلات ناوردا نمی ماند، بنابراین، این مساله به مثابه تغییری در فیزیک است.» (ibid: 156). همچنین هنو و تیتلبویم (Henneaux, Teitelboim, 1994: 3) می گویند:

«نظریه پیمانه ای را می توان به عنوان نظریه ای تصور کرد که در آن متغیرهای دینامیکی نسبت به چارچوب مرجعی مشخص می شوند که انتخابش، در هر لحظه، دلخواهانه است. متغیرهایی که به طور فیزیکی

با اهمیت هستند مستقل از چارچوب مرجع موضعی هستند. یک تبدیل متغیرها تغییری در چارچوب مرجع دلخواه القا می کند که تبدیل پیمانه ای نامیده می شود. در این صورت، متغیرهای فیزیکی ("مشاهده پذیرها") را ناوردای پیمانه ای می نامند.»

ملاحظه می شود که در این عبارات، متغیرهایی فیزیکی تلقی شده اند که ناوردای پیمانه ای هستند. در واقع، این تلقی معمول فیزیک جدید است در مورد آنچه فیزیکی است، یا به عبارت دیگر، آنچه واقعیت فیزیکی دارد. اما آیا می توان این معیار را برای واقعیت فیزیکی داشتن کمیات فیزیکی در تمام نظریه های فیزیکی معتبر دانست. به بیان دیگر، آیا در نظریه های دیگری همچون نسبیت خاص یا مکانیک نیوتنی معیار فوق قابل قبول است. برای پاسخ دادن به این پرسش لازم است بین دو مفهوم گروه تقارنی (symmetry group) و گروه تبدیلات مختصات و همچنین دو مفهوم هم وردایی(covariance) و ناوردایی((Friedman, 1983, ch.2 ،invariance)) تمایز قائل شویم.

در ادبیات مبانی فیزیک فضا- زمانی، این مطلب که هم وردایی عام معادلات نظریه های فیزیکی مختص هیچ نظریه خاصی نیست و تقریبا می توان گفت هر نظریه ای را می توان به این شکل نوشت، مقبولیت عام دارد. اما آیا این به معنی آن است که این قابلیت؛ یعنی، قابلیت صورت بندی نظریه ها به صورت مستقل از مختصات، به واقع، هیچ تمایزی ایجاد نمی کند؟ برای پاسخ به این پرسش به نظر می رسد تمایزی که ارمن (Earman)میان هم وردایی عام صوری (formal general covariance) و هم وردایی عام جوهری (substantive general covariance) می نهد بسیار مفید باشد(Earman, 2006a) . در تلقی ارمن، هم وردایی عام صوری برابر این شرط است که هرگاه <M , O_1 , . . . ,O_n > مدلی برای نظریه باشد آنگاه <M , h^* O_1 , . . . , ⟦ h^* O⟧ _n > نیز مدل نظریه خواهد بود که در آن h∈diff(M) (یعنی، h عضو گروه تبدیلات دیفئو مورفیسم روی خمینه است) ولی برای اینکه نظریه ای هم وردای عام جوهری باشد لازم است که علاوه بر شرط فوق این مطلب هم برقرارا باشد که دو مدل < M , O_1 , . . . ,O_n> و <M , h^* O_1 , . . . , ⟦ h^* O⟧ _n > متقارن پیمانه ای هم باشد؛ یعنی، این دو مدل وضعیت فیزیکی یکسانی را بازنمایی کنند.

تبدیلاتی که وضعیت فیزیکی را ناوردا نگاه می دارند گروهی تشکیل می دهند که آن را گروه تقارنی نظریه می نامند. به عنوان مثال، گروه تقارنی مکانیک نیوتنی، گروه گالیله ای، گروه تقارنی نظریه نسبیت خاص گروه لورنتس و گروه تقارنی نسبیت عام گروه تمام تبدیلات قابل قبول هستند (Friedman, 1983, ch.2).

بر این اساس، نظریه هایی که هم وردای عام جوهری نیستند تحت برخی تبدیلات، وضعیت فیزیکی در آنها حفظ نمی شود این تبدیلات، تبدیلاتی هستند که عضو گروه تقارنی نظریه نیستند. بنابراین، وضعیت فیزیکی صرفاً تحت تبدیلات متعلق به گروه تقارنی «ناوردا» می ماند و اگر این گروه تقارنی، شامل کل گروه تبدیلات قابل قبول باشد، مانند گروه تقارنی نسبیت عام، وضعیت فیزیکی، تحت تمام تبدیلات قابل قبول ناوردا می ماند.

نکته ای که در اینجا باید بر آن تاکید کرد، که در زیر بخش پیش هم به آن اشاره کردیم، این است که اگر چه در تمام نظریه های فضا-زمانی اگر معادلات به طور مناسبی نوشته شده باشد؛ یعنی، اگر به صورت مستقل از مختصات نوشته شود، در تمام دستگاه های مختصات به یک شکل خواهد بود، اما در همه نظریه ها این امر

به مفهوم تقارن نیست؛ یعنی، با اینکه معادلات در همه دستگاه ها به یک شکل هستند، آنها وضعیت فیزیکی یکسانی را بازنمایی نمی کنند. در واقع، همان طور که گفته شد، تنها نظریه هایی همچون نسبیت عام که بنا به گفته ارمن هم وردای عام جوهری هستند وضعیت فیزیکی یکسانی را نمایش می دهند. بر این اساس، هم وردایی عام معادلات، واجد اهمیت می گردد.

در واقع، در نظریه هایی که هم وردای عام جوهری نیستند کمیاتی وجود دارند که وابسته به دستگاه مختصات خواهند بود. به عنوان مثال، هر چند در مکانیک نیوتنی می توان معادلات نظریه را به صورتی نوشت که در تمام دستگاه های مختصات به شکل یکسان باشند؛ یعنی، مستقل از مختصات نوشته شوند، تنها در دستگاه هایی که تحت تبدیلات گالیه ای به هم مربوط هستند وضعیت فیزیکی یکسان است و کمیات فیزیکی نظریه، همچون شتاب، ناوردا باقی خواهند ماند. یعنی، اینکه کمیات فیزیکی (مشاهده پذیرها)، مستقل از مختصات هستند، بر بهترین نظریه فضا–زمانی کلاسیک ما (نسبیت عام) مبتنی است. بنابراین، این اندیشه که کمیات فیزیکی باید مستقل از مختصات باشند، که می توان آن را بیانی از مستقل از ناظر بودن کمیات فیزیکی دانست، اندیشه ای پیشینی نیست و صدق آن به طریق تجربی معین می گردد. به این ترتیب، می توان گفت که اگر جهان به جای اینکه منطبق بر توصیفی باشد که نسبیت عام ارائه می دهد (اگر فرض کنیم که این امر صادق صادق باشد) با توصیف مکانیک نیوتنی منطبق بود، آنگاه امور واقعی در دستگاه های لخت بیان می شدند و مستقل از چارچوب مرجع بودن یا مستقل از ناظر بودن نمی توانست شرط واقعی بودن باشد.

شروط واقعی بودن (فیزیکی)

پیش از بیان شروط واقعی بودن، باید تمایزی مهمی را بیان کنیم. این تمایز میان «کمیت فیزیکی» و «توصیف فیزیکی» است که با معادلات میدان و معادلات حرکت بیان می شوند، که در واقع، روابط میان کمیات فیزیکی هستند. در تغییر چارچوب های مرجع یا تغییر ناظرها هر دوی اینها می توانند تغییر کنند. به عنوان مثال، در مکانیک نیوتنی، هنگامی که از یک چارچوب لخت به چارچوب شتاب دار چرخشی می رویم جرم، به عنوان یک کمیت فیزیکی تغییری نمی کند، ولی شتاب تغییر می کند و دیگر شتاب در دو دستگاه برابر نخواهند بود.

با توجه به آنچه گفته شد، می توانیم شروط واقعی بودن امر فیزیکی را به ترتیب، برای کمیت فیزیکی وتوصیف فیزیکی به صورت زیر بیان کنیم.

(ویژگی واقعیت فیزیکی)

واقعیت فیزیکی، امری است که مستقل از ناظر است؛ یعنی، به چارچوب مرجع بستگی ندارد.

به دلیل اینکه ما در نظریه های فضا–زمانی، با زمینه فضا–زمانی، کمیات (میدان های فضا–زمانی و میدان های مادی) و توصیفات آنها سر و کار داریم، می توانیم عبارت فوق را، در این مورد، به شکل جزئی تر با اصول زیر بیان کنیم.

شرط۱ (ویژگی کمیت واقعی)

زمینه فضا– زمانی و کمیت فیزیکی واقعی، کمیتی است که مستقل از ناظر است؛ یعنی، به چارچوب مرجع بستگی ندارد.

شرط ۲ (ویژگی توصیف واقعی)

توصیف واقعی، توصیف یک وضعیت فیزیکی است که مستقل از ناظر است؛ یعنی، توصیف واقعی به چارچوب مرجع بستگی ندارد که این را به بیان ریاضی با مفهوم هم وردایی عام جوهری بیان می کنیم.

همان طور که در تعاریف واقع گرایی عنوان شده است، یکی از شروط اساسی واقعی بودن نظریه های علمی این است که اموری (اصیل) که در نظریه های علمی وجود دارد مستقل از ذهن باشند. در اصولی که ما برای ویژگی های «واقعیت فیزیکی» و «توصیف واقعی» بیان کردیم نیز مستقل از چارچوب های مرجع یا ناظرها بودن، به عنوان شرط واقعی بودن منظور گردیده است. اما، همان طور که دیدیم، این شرطی است که می توانست برقرار نباشد، هرگاه جهان مطابق با جهان ممکنی بود که مکانیک نیوتنی توصیف می کند. در این صورت، به عنوان مثال، شرطی که برای «توصیف واقعی» عنوان کردیم برقرار نمی شد؛ یعنی، واقعیت فیزیکی مستقل از چارچوب مرجع نمی بود. اکنون، این پرسش مطرح می گردد که آیا این به معنای آن است که واقعیت فیزیکی مستقل از ذهن نیست؟ پاسخ این پرسش منفی است. با اینکه در آن جهان، واقعیت فیزیکی به رده ای از دستگاه های مختصات بستگی دارد (رده ای که تحت تبدیلات گالیله ای ناوردا هستند؛ یعنی، تبدیلات بین آنها تشکیل گروهی می دهند به نام گروه گالیه ای)، اما، در تلقی واقع گرایانه از مکانیک نیوتنی، واقعیت فیزیکی، به ذهن ناظرهایی که این کمیات را اندازه گیری می کنند وابسته نیست . بنابراین، روشن است که مفهوم «مستقل از ذهن بودن» از مفهوم «مستقل از مختصات بودن» متمایز است.

امر واقعی به عنوان امر مطلق(تقسیم بندی فریدمن)

در این بخش، به بررسی مفهوم مطلق (absolute) و ربط و نسبت این مفهوم با مفهوم واقعیت فیزیکی می پردازیم که به نظر می رسد ارتباط تنگاتنگی با آن دارد. پرسشی که می توان در این باره مطرح کرد این است آیا هر امر واقعی امری مطلق است و بر عکس؟ اگر پاسخ این پرسش مثبت باشد نتیجه می گیریم که به جای بررسی و روشن کردن مفهوم واقعیت فیزیکی می توان به تحلیل مفهوم امر مطلق پرداخت که برخی از مصادیق آن مجموعه تمام مصادیق واقعیت فیزیکی خواهد بود. اگر پاسخ این پرسش منفی باشد دو پرسش مهم دیگر مطرح می شود یکی اینکه چه نوعی یا انواعی از واقعیات فیزیکی در زمره امور مطلق قرار نمی گیرند؟ و دوم اینکه آیا امور مطلقی هستند که واقعیات فیزیکی نباشند؟ به عبارت دیگر، آیا مجموعه مصادیق امور مطلق زیر مجموعه مصادیق واقعیات فیزیکی است و بر عکس یا اینکه این دو صرفا اشتراک دارند و هیچ یک زیر مجموعه دیگری نیست؟

در ادبیات فلسفه علمی، مهمترین حوزه ای که در آن مفهوم امر مطلق مطرح می گردد، حوزه فضا-زمان است. یکی از تقسیم بندی هایی که در مورد مطلق وجود دارد تقسیم بندی ای است که فریدمن (۱۹۸۳: ۶۲-۶۴) انجام داده است که به نظر می رسد در روشن کردن ویژگی واقعی بودن به عنوان امر مطلق مفید خواهد بود؛ زیرا، فریدمن این تقسیم بندی را بر اساس آنچه در ادبیات وجود داشته انجام داده است(Friedman, 1983: 62). بنابراین، تقسیم بندی او در اینجا بیان می گردد و روشن می شود که امر واقعی به کدام معنا از معانی مطلق، که در تقسیم بندی فریدمن آمده، مطلق است. او سه نوع مطلق را از هم متمایز می سازد. که به صورت زیر است.

مطلق در برابر رابطه ای (absolute- relational)

این در واقع، همان تقابل معروف در فلسفه فضا–زمان میان جوهر گرایی(substantivalism) و رابطه گرایی (relationalism) است. با توجه به نظریه های فضا زمانی، می توان پرسشی اساسی را مطرح نمودکه به شأن معرفت شناختی نظریه های فضا–زمانی مربوط می شود و در عین حال مربوط است به شأن هستی شناختی ساختار های فضا– زمانی؛ به این معنی که آیا نظریه های فضا–زمانی، ساختارهایی را بازنمایی می کنند که در واقع، قابل تحویل به خواص، روابط یا اموری مادی هستند (مثلا روابط علی میان امور مادی) یا اینکه این نظریه ها اموری را بازنمایی می کنند که مستقلا وجود دارند و قابل تحویل به امور فوق نیستند.

فریدمن پرسش اصلی فوق را به دو بخش تقسیم می کند. بخش اول پرسش از قلمرو (domain) نظریه های فضا–زمانی است. پرسش را می توان (با در نظر گرفتن تلقی فضا–زمانی چهار بعدی) چنین طرح کرد که آیا نظریه های فضا– زمانی که با خمینه ای چهار بعدی بازنمایی می شوند واجد قلمروی هستند که درآن رویدادهای فیزیکی جای می گیرند (جوهر گرایی) یا در واقع این قلمرو، چیزی نیست جز مجموعه ای از رویدادهای فیزیکی (رابطه گرایی).

بخش دوم پرسش اصلی را می توان چنین بیان کرد که روابط یا خواص فضا –زمانی که در قلمرو پیش گفته نظریه های فضا–زمانی تعریف می شوند، آیا قابل تحویل به روابط و خواصی مبنایی تر (مثل رابطه علیت میان هویات مادی) هستند(رابطه گرایی) یا به عکس، مستقل از روابط و خواص مادی تعریف می شوند و وجودی مستقل دارند (جوهر گرایی).

بر اساس این دو بخش از پرسش اصلی، دو نوع رابطه گرایی مطرح می گردد که فریدمن، رابطه گرایی بر اساس پرسش نخست را رابطه گرایی لایب نیتسی (Leibnizean relationalism) و رابطه گرایی بر اساس پرسش دوم را رابطه گرایی رایشنباخی (Reichenbachian relationalism) می نامد. بر این اساس، برای رابطه گرای لایب نیتسی اولیه گرفتن (primitive) روابط و خواص فضا–زمانی می تواند پذیرفته باشد، مشروط بر اینکه دامنه تعریف آنها از «مجموعه رویدادهای فیزیکی بالفعل تجاوز نکند». (Friedman, 1983:62-63)

اما در مقابل، آنچه برای رابطه گرای رایشنباخی اهمیت دارد نحوه و روش تعریف این روابط یا خواص است. برای او حتی پذیرش نقاطی از خمینه که هیچ ماده ای (اعم از نقاط مادی یا میدان) در آن وجود ندارد، امکان پذیر است. تنها شرط این پذیرش، همان طور که گفته شد طریقه مناسب تعریف آن است که مثال معروف آن تعریف بر اساس روابط علی است. (Friedman, 1983: 63)

در این میان، فریدمن به یک نوع مطلق گرایی کامل باور دارد که بر اساس آن تمام نقاط خمینه فضا–زمان که شامل نقاط خالی از ماده هم می شود وجود دارد و همین طور روابط و خواص فضا– زمانی اگر برای تبیین مفید واقع شوند موجود فرض خواهند شد و بر خلاف نظر رایشنباخ تعریف پذیری (definability) مورد توجه نخواهد بود (ibid).

مطلق در برابر نسبی (absolute- relative)

در این تلقی، عنصرهایی از ساختار فضا–زمانی مطلق اند که وابسته به دستگاه مختصات نباشند و به طور مستقل از مختصات یا ذاتی (intrinsic) در خمینه قابل تعریف باشند. مثالی که فریدمن در مورد این تمایز

می آورد از مکانیک نیوتنی است و دو نسخه آن که در یکی از آنها هم زمان مطلق است و هم فضا. این نسخه، در واقع، نسخه ای است که فضا–زمان آن، فضا–زمان نیوتنی است؛ نامی که استین (Stein)در مقاله (۱۹۶۷) بر این فضا– زمان نهاد .

درحالی که در نسخه دیگر، که فضا– زمان آن گالیله ای (Galilean space-time) نامیده می شود، تنها زمان مطلق است (و بر این اساس مفهوم «هم زمانی مطلق» نیز قابل تعریف خواهد بود)، ولی فضا مطلق نیست. بنابراین، با توجه به تلقی دوم از مفهوم مطلق، در فضا– زمان نیوتنی، زمان و فضا به صورت مستقل از مختصات یا به شکل ذاتی تعریف می گردند؛ یعنی، هم زمان مطلق است و هم فضا. اما در فضا–زمان گالیله ای تنها می توان زمان را به صورت مستقل از مختصات تعریف نمود؛ یعنی، تنها زمان مطلق است.

مطلق در برابر دینامیکی (absolute-dynamical)

این تمایزی است که اندرسون–فریدمن (Anderson-Friedman) برای نشان دادن تفاوت نظریه نسبیت و نظریه های دیگری چون مکانیک نیوتنی و نسبیت خاص آن را معرفی می کنند(Friedman, 1983, Ch. 2), (Anderson, 1967). در این دیدگاه، اشیای هندسی به دو نوع اشیای دینامیکی و اشیای مطلق تقسیم بندی می شوند. به این ترتیب، تمایز نظریه هایی چون نظریه نسبیت عام با نظریه های دیگری همچون نسبیت خاص یا مکانیک نیوتنی در این است که دسته اول نظریه ها فاقد شیء مطلق هستند، ولی در نظریه هایی از دسته دوم اشیای مطلق وجود دارد مانند متریک مینکوفسکی (Minkowski metric) نسبیت خاص.

با توجه به تعاریف فوق از مفهوم مطلق و اصولی که برای واقعیت فیزیکی و توصیف واقعی بیان گردید آشکار است که واقعیت فیزیکی و توصیف واقعی، صرفاً، به معنای دوم مطلق هستند. اما اگر بتوانیم چارچوب مرجع مرجحی را مشخص سازیم که کمیات واقعی و توصیفات واقعی صرفاً در آن بیان شوند، همانند چارچوب های لخت در مکانیک نیوتنی، هم واقعیت فیزیکی و هم توصیف واقعی وابسته به چارچوب بوده و به معنای دوم مطلق نخواهند بود و واقعیت فیزیکی ای خواهیم داشت که (به این معنا) نسبی است و مطلق نیست که در این صورت شروطی که در این مقاله، برای امر واقعی، بیان شده اند نادرست خواهند بود.

اما، امور واقعی، به معنی آنچه در تعاریف اول و سوم فریدمن آمده، می توانند غیر مطلق باشند؛ یعنی، نسبت به تعریف اول، هم امور واقعی فضا –زمانی می تواند واقع در قلمرو مجموعه ای از رویدادهای فیزیکی باشد و زمینه ای که اشیا و رویدادهای فیزیکی در آن جای می گیرند، که با خمینه بازنمایی می شود، وجود نداشته باشد و هم اینکه خواص و روابط امور واقعی فضا– زمانی، قابل تحویل به خواص و روابط مبنایی تر باشند. همچنین، نسبت به تعریف سوم، کمیات فیزیکی واقعی، که در اینجا منظور اشیای هندسی است، می توانند اشیای دینامیکی باشند و اشیای مطلق نباشند مانند اشیای هندسی ای که در نسبیت عام وجود دارند و به نظر فریدمن همه دینامیکی هستند؛ زیرا، نسبیت عام شیء هندسی مطلق ندارد.

سه تعریف از واقع گرایی و ویژگی امر واقعی

در مقاله (Masoumi, 2017) نگارنده سه تعریف را از واقع گرایی علمی معرفی کرده است. در این بخش، نسبت اصولی را که برای امور واقعی عنوان کردیم با این تعاریف بیان می کنیم. ملاحظه خواهیم نمود که بر اساس تعریف سوم از واقع گرایی به نظر می رسد که اصول گفته شده باید برقرار باشد. اما نکته مهم این

است که با توجه به تعریف اول واقع گرایی، که به نظر می رسد اکنون تعریف غالب در فلسفه علم باشد، برقرار بودن این اصول ضروری نیست و نظریه ای می تواند واقع گرایانه تلقی گردد و توصیفات آن توصیفات واقعی در نظر گرفته شود با این حال، شروط فوق را برآورده نسازد. اما، بر اساس بهترین نظریه فضا-زمانی کلاسیک ما، یعنی نسبیت عام، توصیفات واقعی باید چنین باشند و این یک امر پسینی است (a posteriori).

تعاریف واقع گرایی

تعریف اول واقع گرایی

واقع گرایی علمی دیدگاهی است که در آن اموری که با عبارات نظری و مشاهدتی اصیل در نظریه های علمی بازنمایی می شوند مستقل از ذهن وجود داشته و نظریه های علمی باید به طور لفظی معنی گردند به این صورت که گزاره های آن صدق و کذب پذیرند و نهایتاً اینکه نظریه های علمی بالغ و موفق تقریباً صادق اند. ((Masoumi, 2017a)، (Psillos, 1999: ;xvii)، (Chakravartty, 2017) .

در اینجا، منظور از هویات اصیل، هویاتی است که نظریه های علمی آنها را به عنوان بازنمایی کننده امور واقعی جهان منظور می دارند.

تعریف دوم واقع گرایی

تعریف دوم واقع گرایی را می توان به شکل زیر بیان کرد:

«نظریه ای را واقع گرایانه می نامیم که گزاره های آن قابل صدق و کذب هستند و در آن هر عنصری از واقعیت فیزیکی، که مستقل از ذهن است، همتایی در نظریه فیزیکی دارد. هنگامی که بتوانیم بدون هر گونه اخلال در سیستمی، با قطعیت، (یعنی با احتمال برابر با واحد) مقدار یک کمیت فیزیکی را پیش بینی کنیم در آن صورت عنصری از واقعیت فیزیکی متناظر با این کمیت فیزیکی وجود دارد.» (Masoumi, 2017a).

تعریف سوم واقع گرایی

تعریف سوم واقع گرایی تعریفی است که شروط زیر را برآورده سازد:

۱. گزاره های نظریه های علمی را باید به صورت لفظی (literal) در نظر گرفت به عبارت دیگر این گزاره ها قابل صدق و کذب اند.

۲. تمام مشاهده پذیرهایی که برای نظریه های علمی تعریف شده اند، مستقل از ذهن هستند و دارای مقادیر معین در تمام زمان ها هستند.

۳. اگر نظریه های علمی دارای کمیتی (مقدار یک مشاهده پذیر) باشد، آنگاه آن نظریه ها این کمیت را مستقل از هر زمینه ای از اندازه گیری واجد است. یعنی مستقل از اینکه چطور مقدار آن نهایتاً اندازه گیری می شود.» (Masoumi, 2017a).

مقایسه اصول(۱) و (۲) با تعاریف واقع گرایی

با توجه به تعاریف فوق روشن است که تعریف اول و دوم نه متناقض با ویژگی های عنوان شده برای «واقعیت فیزیکی» و «توصیف واقعی» است و نه آنها را نتیجه می دهد. به عبارت دیگر، بر اساس تعریف

نخست از واقع گرایی، هم «واقعیت فیزیکی» و وضعیت فیزیکی واقعی که با توصیف فیزیکی واقعی بازنمایی می شود، می تواند واجد این ویژگی ها باشد و هم نباشد. یعنی، هم این امکان وجود دارد که نظریه های علمی به ما نشان دهند که «واقعیت فیزیکی» و « وضعیت فیزیکی واقعی» را همه ناظرها به درستی بازنمایی می کنند و هم این امکان وجود دارد که «واقعیت فیزیکی» و « وضعیت فیزیکی واقعی» را تنها ناظرهای خاصی به درستی بازنمایی کنند (یعنی، در چارچوب های مرجع خاصی بازنمایی شوند) و با تغییر چارچوب مرجع یا ناظر «واقعیت فیزیکی» و «وضعیت فیزیکی واقعی» به درستی بارنمایی نشود. به عنوان مثال، در نسبیت عام معادلات به گونه ای است که ناظرهای مختلف وضعیت فیزیکی واقعی را توصیف می کنند وتمام چارچوب ها به این معنا هم ارز هستند، ولی در مکانیک نیوتنی چنین نیست. البته در هر دوی این نظریه ها کمیاتی هستند که مطابق اصل اول فوق ویژگی واقعی محسوب می شوند مانند جرم سکون در نسبیت و جرم در مکانیک نیوتنی همان طور که گفته شد.

اما، در تعریف سوم، مشخصه (۳) را می توان به عنوان اصلی در نظر گرفت که بخشی از معنای این عبارت است که کمیت فیزیکی کمیتی است که مستقل است از اینکه مقدار آن نهایتاً چگونه اندازه گیری می شود. بنابراین، به نظر می رسد که بر اساس این تعریف اگر کمیاتی به ناظرها وابسته باشند نمی توان آنها را کمیات واقعی در نظر گرفت. اگر کمیتی فیزیکی باید مستقل از چارچوب یا ناظر باشد به نظر می رسد که توصیفات فیزیکی هم باید مستقل از چارچوب های مرجع یا ناظرها باشد؛ زیرا، در غیر این صورت با نوعی عدم انسجام مواجهیم.

نتیجه گیری

با توجه به مطالب گفته شده به نظر می رسد که اصولی که برای «واقعیت فیزیکی» و «توصیف واقعی» بیان کردیم هم شهود ما را، مبنی بر مستقل بودن امور واقعی از مشاهده ناظر یا مشاهده گر، برآورده می سازد و هم ویژگی ای است که در فیزیک معاصر برای واقعی بودن امور لحاظ می شود. کوشش کردیم که مفهوم شهودی فوق را، در اصولی که عنوان کردیم به طور دقیق معرفی کنیم. همچنین ملاحظه کردیم که به معنی دوم از مفهوم مطلق در نگاه فریدمن، «واقعیت فیزیکی» و «توصیف واقعی» مطلق است.

این نکته را هم باید یادآوری کنیم که این اصول در واقع اصولی پسینی هستند و اگر نظریه های بعدی فیزیک به گونه ای بودند که در آنها کمیت فیزیکی ای وجود داشت که به عنوان امر واقعی تلقی می شد و به ناظر خاصی بستگی می داشت در آن صورت (شرط۱) بر قرار نمی شد، همچنین اگر، همانند مکانیک نیوتنی، در آن نظریه ها توصیفات واقعی، صرفاً در چارچوب های خاصی امکان پذیر می شدند، آنگاه (شرط۲) بر قرار نمی بود. البته باید توجه داشت که در این صورت، (حداقل) با تعریف اول از واقع گرایی، خود واقع گرایی علمی هم دچار مشکل خواهد بود و فرا استقرای بدبینانه شاهد جدیدی علیه آن خواهد داشت. به عبارت دیگر، این ادعای واقع گرایی که نظریه های علمی تقریباً صادق هستند، تضعیف می گردد؛ زیرا، این ویژگی نظریه های پیشین، یعنی، مستقل از مختصات بودن توصیفات و کمیات فیزیکی، صادق نخواهد بود و این خود شاهدی علیه واقع گرایی علمی است.

References

- Anderson, J. L. (1967). *Principles of Relativity Physics*. New York: Academic Press.
- Boyd, R. Gasper, P. and Trout, J. D. (Eds.) (1991). *The Philosophy of Science*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Burgess, M. (2002). *Classical Covariant Fields*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Callender, C., & Huggett, N. (2004). Introduction, in C. Callender, and N. Huggett (Eds.), *Physics meets philosophy at the Plank scale: Contemporary theories in quantum gravity*: 1–23, Cambridge: Cambridge University Press.
- Carroll, S. (2004). *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*, San Francisco: Addison Wesley.
- Chakravartty, A. (2017). *Scientific Realism* ,https://plato.stanford.edu/entries/scientific-realism.
- Earman, J. (1989). *World Enough and Space-Time*,The MIT Press, Cambridge, MA.
- Earman, J. (2006 a) *the implications of general covariance for the ontology and ideology of spacetime*, in D.Dieks (Ed.), *the Ontology of Spacetime*: 3- 24,Elsevier.
- Earman, J. (2006 b)*Two challenges to the requirement of substantive general Covariance*, Synthese, 148: 443- 63.
- French, S.(2014). *The Structure of the World Metaphysics and Representation*, Oxford: Oxford University Press.
- Friedman, M. (1983). *Foundations of Space-Time Theories: Relativistic Physics and Philosophy of Science*, Princeton University Press.
- Geroch, R. (1978). *Relativity from A to B,* Chicago: University of Chicago Press.
- Henneaux, M., & Teitelboim, C. (1992). *Quantization of gauge systems*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Isham, C. J. (1999). *Modern differential geometry for physicists*, World Scientific, Singapore.
- Jones, R. (1991). Realism About What?, *Philosophy of Science*, 58: 185–202.
- Kuhlmann, M. (2012). *Quantum Field Theory*, https://plato.stanford.edu/entries/quantum-field-theory/
- Ladyman, J. (2002). *Understanding Philosophy of Science*, London and New York: Routledge.
- Ladyman, J. and Ross, D., et al. (2007). *Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized,* Oxford: Oxford University Press.
- McKenzie, K. (2014). Priority and Particle Physics: Ontic Structural Realism as a Fundamentality Thesis, *British Journal for the Philosophy of Science*, 65: 353-80.
- Maidens, A. (1998). Symmetry groups, absolute objects and action principles in general relativity. Studies in the History and Philosophy of Modern Physics, 29, 245.
- Mandl, F. & Shaw, G. (2010). Quantum Field Theory, (2th ed.), New York: Wiley.
- Martin, C. A. (2002). Gauge Principles, Gauge Arguments and the Logic of Nature, Philosophy of Science, 69: 221–34.
- Masoumi, S. (2017a). A Realistic View toward Quantum Mechanics, Journal of Philosophy of Science, Volume 6, Issue 2 - Serial Number 12, Winter and Spring 2017, Page 125-155, http://philosophy.ihcs.ac.ir/article_2425_en.html.
- Masoumi, S. (2017b). Pessimistic meta- induction and structural realism, Journal of Philosophy of Science, Volume 7, Issue 14, Winter and Spring 2018, Page 133-156, http://philosophy.ihcs.ac.ir/article_3006_en.html.

- Masoumi, S. (2017). General covariance, Friedman and Earman's viewpoints, Volume 8, Issue 16, Winter and Spring 2019, Page 107-130, http://philosophy.ihcs.ac.ir/article_3802_en.html .
- Norton, J. D. (1993). *General covariance and the foundations of general relativity: Eight decades of dispute*, Reports on Progress in Physics, 56(7), 791–858.
- Penrose, R. (1968). *Structure of Space-Time*, in C. M. De Witt and J. A.Wheeler(Eds.), Battelle Rencontres, New York: W. A. Benjamin.
- Pitts, J. B. (2006). Absolute objects and counterexamples: Jones-Geroch dust, Torretti constant curvature, tetrad-spinor, and scalar density. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 37:347. gr-qc/0506102v4.
- Pooley, O. (2010). Substantive general covariance: Another decade of dispute, in M. Suárez, M. Dorato, and M. Rédei (Eds.), EPSA *Philosophical Issues in the Sciences: Launch of the European Philosophy of Science Association,* 2: 197–209. Dordrecht: Springer.
- Padmanabhan, T. (2010). *Gravitation Foundations and Frontiers*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Psillos, S. (1999). *Scientific Realism : How Science Tracks Truth*, London and New York: Routledge.
- Rickles, D. (2008*). Symmetry, Structure, and Spacetime*, Elsevier, London.
- Rovelli, C. (2004). Quantumspacetime: What do we know? in C. Callender, and N. Huggett (Eds.), *Physics meets philosophy at the Plank scale: Contemporary theories in quantum gravity:* 101–122, Cambridge: Cambridge University Press.
- Schwartz, M.D. (2014). *Quantum Field Theory and the Standard Model*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Sklar, L. (1976). *Space, Time, and Space-Time,* Berkeley: University of California Press.
- Stein, H. (1967) *Newtonian space-time*, The Texas Quarterly, 10: 174-200.
- Tahoka, T. (2018). *Fundamentality*, https:// plato.stanford.edu/entries/fundamentality.
- Van Fraassen, B.C. (1991). *Quantum Mechanics: an Empiricist View*, Oxford: Oxford University Press.