فلسفهٔ علم، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
سال ششم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، ۱۲۹ – ۱۶۱

تلقی واقع‌گرایانه از مکانیک کوانتومی

سعید معصومی*

چکیده

در این مقاله با بررسی مواضعی که در آنها به نظر می رسد مکانیک کوانتومی با آموزه واقع گرایی در تعارض باشد، نشان خواهیم داد که با اتخاذ موضع واقع گرایانه ای که اکنون بیشتر فلاسفه علم در مورد مفهوم واقع گرایی علمی دارند می توان تلقی واقع گرایانه از مکانیک کوانتومی داشت. با توجه به ادبیات علمی و فلسفی در مورد مکانیک کوانتومی می توان سه نوع واقع گرایی علمی را از هم باز شناسی کرد و بر اساس این تمایز نشان داده خواهد شد که آنچه به عنوان تعارض میان واقع گرایی و مکانیک کوانتومی شناخته می شود بر اساس تعاریف دوم و سوم واقع گرایی است.

کلمات کلیدی: واقع گرایی علمی، مکانیک کوانتومی، نظریه های علمی، مشاهده پذیر، مقدار.

۱. مقدمه

در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، فیزیک کلاسیک با دو اشکال مهم روبرو شد که یکی کشف اتر و دیگری تابش جسم سیاه بود. تلاش برای حل مشکل اول منجر به ظهور نظریه نسبیت خاص گردید و مشکل دوم نهایتاً با نظریه مکانیک کوانتومی پاسخ داده شد. هم نظریه نسبیت و هم مکانیک کوانتومی مفروضات بنیادین فیزیک کلاسیک را با چالش جدی مواجه ساختند. مفاهیم زمان و مکان (فضا) در نسبیت تعاریف تازه ای یافتند. زمان و مکان دیگر اموری مستقل و مجزا در نظر گرفته نمی شدند. با این حال، اگر چه نظریه نسبیت در مفاهیم زمان و مکان تجدید نظر نمود، ولی دیگر مفاهیم و مبانی اساسی فیزیک

* استادیار پژوهشکده مطالعات بنیادین علم و فناوری دانشگاه شهید بهشتی، s_masoumi@sbu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲

کلاسیک را؛ یعنی موجبیت، واقعیت اشیای فیزیکی و استقلال مقادیر کمیات قابل اندازه گیری اشیای فیزیکی را همچنان پذیرفت. به این جهت می توان گفت فیزیک کلاسیک با نظریه نسبیت تلائم بیشتری داشت تا مکانیک کوانتومی.

در واقع مکانیک کوانتومی منجر به بازبینی در تمام این مفاهیم شد. به عبارت دیگر، مکانیک کوانتومی انقلابی بنیادین در مفروضات فیزیک کلاسیک به وجود آورد که مجادلات و منازعات فلسفی مهمی از آن ناشی شده است و کماکان ادامه دارد. یکی از آموزه های فلسفی مهم که ادعا شده است که مکانیک کوانتومی با آن دچار مشکل است آموزه واقع گرایی است.

ادعای محوری این مقاله این است که حداقل سه نوع یا سه قرائت از آموزه واقع گرایی علمی وجود دارد و مکانیک کوانتومی تنها با دو نوع از این آموزه ناسازگار است (یا می تواند باشد چون در تعریف دوم ناسازگاری بستگی دارد به اینکه مکانیک کوانتومی بتواند عناصر واقعیت را نشان دهد) و قرائت دیگر واقع گرایی با مکانیک کوانتومی به طور کلی سازگار است، البته به استثنای تعبیر خاصی از مکانیک کوانتومی که عمل خلق هویات را به شعور نسبت می دهد.

با توجه به این قرائت اول یا تعریف اول از واقع گرایی علمی (که البته خود اقسام مختلفی دارد)، که به نظر می رسد اکنون تلقی غالب فلاسفه علم از واقع گرایی علمی این نوع از واقع گرایی علمی است[1]، رویکرد های واقع گرایانه و ضد واقع گرایانه به مکانیک کوانتومی خواهیم داشت. به عبارت دیگر، بر اساس این قرائت، ضد واقع گرایانه دانستن مکانیک کوانتومی معنا ندارد (البته همانطور که ذکر شد به استثنای تعبیری از آن که شعور را در واقعیت بخشیدن به کمیات دخیل می داند که به نظر نمی رسد این تعبیر چندان موجهی باشد) بلکه این موضع فلسفی در مورد مکانیک کوانتومی است که واقع گرایانه یا ضدواقع گرایانه تلقی می شود و از این منظر، تمایزی میان مکانیک کوانتومی و مکانیک نیوتنی وجود ندارد؛ یعنی، هم می توان نسبت به مکانیک کوانتومی ضد واقع گرا بود و هم نسبت به مکانیک نیوتنی و همچنین می توان نسبت به هر دو نظریه واقع گرا بود.

در ابتدا لازم است که پرسشی اساسی را در مورد این سه تعریف پاسخ دهیم: چرا این سه نوع تعریف به عنوان تعاریف واقع گرایی در نظر گرفته شده اند؟ در پاسخ باید گفت، در واقع این سه نوع تعریف از واقع گرایی علمی، بر اساس ادبیات فلسفی به طور کلی و

ادبیات فلسفی و علمی مکانیک کوانتومی به طور اخص، بیان شده اند که هنگام تعریف هر یک از آنها خاستگاه هر یک از تعاریف بیان خواهد شد.

در بخش نخست مقاله، دو نوع از مفهوم واقع گرایی توضیح داده می شود. سپس در بخش دوم به طور مختصر مفروضات اساسی فیزیک کلاسیک بیان می شود و سازگاری فیزیک کلاسیک با آموزه واقع گرایی روشن می گردد. در بخش سوم صورت بندی و تعبیر در مکانیک کوانتومی مختصراً توضیح داده می شود و نهایتاً در بخش چهارم به مشکلات واقع گرایی با مکانیک کوانتومی بالاخص تعبیر استاندارد آن پرداخته و نظرات برخی از بزرگان و بنیانگذاران مکانیک کوانتومی در این ارتباط مورد بررسی قرار می گیرد. بخش پنجم هم نتیجه گیری بحث خواهد بود.

۲. واقع گرایی علمی

به طور کلی می توان گفت واقع گرایی دیدگاهی است که در آن اعتقاد بر این است که هویات این جهان مستقل از ما وجود داشته و کسب معرفت از آنها امکان پذیر است. در همین رابطه استیون فرنچ(Steven French) می گوید:« اینکه چگونه می توان واقع گرایی علمی را مشخص کرد، خود محل مناقشه است و بنابراین همین مطلب در مورد آنچیزی برقرار است که به عنوان شکل ارزشمند ضد واقع گرایانه تلقی می شود . اما اگر بخواهیم به طور کلی سخن بگوییم واقع گرایی علمی می پذیرد که واقعیتی مستقل از ذهن آنجا در خارج وجود دارد که ما می توانیم از چنین واقعیتی آگاهی داشته باشیم و اینکه علم بهترین شکل چنین آگاهی ای را فرآهم می آورد».(French, 2014: 1)

واقع گرایی علمی نوع اول را می توان به صورت زیر تعریف کرد:

تعریف ۱: *واقع گرایی علمی اذعان به این امر است که هویات مندرج در نظریات علمی مستقل از ذهن وجود داشته و گزاره های بیان کننده نظریه ها صدق و کذب پذیرند و نیز نظریه های علمی بالغ و موفق تقریباً صادق هستند.*

واقع گرایی علم نوع دوم را به صورت زیر تعریف می کنیم:

تعریف ۲: *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.

اگر شرط زیر را به این تعریف اضافه کنیم نظریه علاوه بر واقع گرایانه بودن از نوع دوم، موجبیتی هم خواهد بود:

اگر عنصری از واقعیت فیزیکی، همتایی در نظریه فیزیکی داشته باشد، آنگاه می توان، در شرایطی، با قطعیت (یعنی، احتمال برابر ۱) مقدار آن کمیت را پیش بینی کرد.

و واقع گرایی علمی نوع سوم را نیز به طریق زیر بیان می کنیم:

تعریف ۳. نظریه ای واقع گرایانه است که در آن شروط زیر برقرار باشد:

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.

این نوع از واقع گرایی قسم دیگری هم دارد و آن اینکه به جای گزاره (۳) از گزاره $(3')$ که به قرار زیر است استفاده کنیم:

$3'$- با تغییر تنظیم قطعه ای از ابزاری دردور دست نمی توان مقدار دقیق مشاهده پذیری مشخص را به مقدار دقیق دیگری تبدیل کرد[۲].

تفاوت (۳) و $(3')$ این است که اولی را می توان ملهم از قضیه کوچن-اشپکر دانست و بعدی را ملهم از قضیه بل. یک مساله مهم در اینجا سنجش نسبت میان این تعاریف است. برای قرار گیری در موقعیت بهتر برای مقایسه دو نظریه باید ابتدا قدری در مورد این دو نوع واقع گرایی و الزامات آنها توضیحاتی ارئه کنیم.

۱.۲ نوع اول از واقع گرایی

در تعریف اول از واقع گرایی علمی سه جنبه اساسی مد نظر است که در ادبیات فلسفه علمی معاصر آنها را به ترتیب با عناوین ۱- جنبه مابعدالطبیعی(metaphysical) ۲- جنبه معناشناختی(semantical) و ۳- جنبه معرفت شناختی (epistemological) واقع گرایی می

شناسند. سیلوس(Psillos) در کتاب خود با عنوان «واقع گرایی علمی: چگونـه علـم در پـی حقیقـت مـی رود»(Scientific Realism: How Science tracks truth) ایـن سـه جنبـه را بـه صورت زیر بیان می کند:

« ۱- نظرگاه متافیزیکی مبین آن است که جهان دارای ساختار معین و طبیعی مسـتقل از ذهن است.

۲- دیدگاه معناشناختی نظریه های علمی را در شکل ظاهری آن، به عنوان توصیفاتی که در حیطه مورد نظر، یعنی حوزه مشاهده پذیرها (observables) و مشـاهده ناپـذیرها (non-observables) دارای ارزش صدق هستند، در نظر می گیرد. بنابراین نظریه های علمی قابـل صدق و کذب اند.

احکام نظری (theoretical assertions) به اظهاراتی در مورد رفتار مشاهده پذیرها، قابل تحویل نیستند، همچنین آنها صرفاً ابزاری برای برقراری ارتباط میان مشاهده پذیر هـا نمـی باشند. عبارت نظری که در نظریه ها یافت می شوند دارای مرجـع واقعـی عرفـی هسـتند. بنابراین اگر نظریه های علمی صادق باشند، هویات مشاهده ناپذیری که آنهـا در نظـر مـی گیرند (فرض می کنند) ، جهان را اشغال کرده اند.

۳- موضع معرفتی، نظریه های علمی بالغ و موفق در پیش بینی را، دارای تأیید خوب و به طور تقریبی در مورد جهان صادق می داند، بنابراین هویات مفروض ایـن نظریـه هـا یـا هویاتی که خیلی شبیه به آنها هستند، واقعاً در طبیعت وجود دارد» (Psillos, 1999: xvii.)

لازم به ذکر است این گونه نیست که تمام مدافعان آموزه واقع گرایـی علمـی بـا تلقـی نخست، به هر سه مولفه واقع گرایی علمی اعتقاد و باور داشته باشند، بلکـه ممکـن اسـت، برخی صرفاً به یک یا دو مولفه آن معتقد بوده و مابقی را رد کنند. به عنوان مثال، می تـوان صرفاً به مولفه اول واقع گرایی علمی باور داشت و دو مولفه بعدی را انکار نمـود. در ایـن صورت مدافع این موضع واقع گرای شی ای (entity realist) نامیده می شود. توجه به نکته فوق دارای اهمیت است؛ زیرا برخی از فیلسوفان و دانشمندانی که آنها را ضد واقع گرا می نامند، در حقیقت صرفاً بعضی از مولفه های واقع گرایی را انکار می کنند. بـه همـین دلیـل آنها را تنها از جهاتی می توان ضد واقع گرا نامید، ولی از جهات دیگر واقع گرا هستند.

البته به نظر می رسد اذعان به مولفه اول واقع گرایی علمی؛ یعنی فرض وجـود اشـیای مستقل از ذهن یا چیزی که به لحاظ هستی شناختی شأن شیء را دارا باشد، مانند ساختاری

که برای برخی فیلسوفان از جهت هستی شناسی مبنایی تر از شیء است، بـرای واقـع گـرا دانستن شخص ضروری است.

کارل پوپر (Karl Popper) واقع گرایی را به صورت زیر تعریف می کند:

«موضوع محوری در اینجا واقع گرایی است. یعنی اذعان به واقعیت جهان فیزیکی که ما در آن زندگی می کنیم، این واقعیت که این جهان مسـتقل از مـا وجـود دارد و بـر اسـاس بهترین فرضیه های ما پیش از اینکه زندگی وجود داشته باشد موجود بوده و اینکه می دانیم جهان فیزیکی علیرغم گذشت مدت زمان بسیار از نابودی ما موجود خواهد بود» (Popper, 1982: 2).

ملاحظه می کنید که پوپر در عبارات فوق واقع گرایی را صرفاً بر اساس مولفـه هسـتی شناختی آن تعریف نموده است. با این حال ما در این مقاله وقتی از لفظ واقع گرایـی نـوع اول بدون پسوند استفاده می کنیم، منظورمان اذعان به هر سه مولفه آن است.

تعریف دیگری از واقع گرایی علمی وجود دارد که متعلق به ون فراسـن(van Fraassen) است وی معتقد است که صدق نقش مهمی در مفهوم واقع گرایی علمـی بـازی مـی کنـد، همچنین هر ارائه ای از این آموزه فلسفی، باید روشن کننده معنـای پـذیرش (acceptance) نظریه علمی باشد (van Fraassen, 1980: 8).

بر این اساس، تعریف وی از واقع گرایی علمی، بیانگر آن است کـه هـدف علـم ارائـه داستانی لفظاً صادق از جهان است (این بخش از تعریـف نمایـانگر نقـش صـدق اسـت) ، همچنین معنای پذیرش یک نظریه علمی باور به صدق آن نظریه است (قسمت اخیر معنای پذیرش را در واقع گرایی علمی روشن می سازد). تعریف واقع گرایی علمی که ون فراسن در کتاب تصویر علمی (Scientific Image) آورده به صورت زیـر اسـت: «هـدف علـم در نظریه های خود ارائه تصویری است لفظاً صادق از آنچه جهان مانند آن اسـت، و پـذیرش نظریه علمی، شامل این باور است که آن [داستان] صادق است.» (ibid.).

ملاحظه می کنید که با تعریف ون فراسن واقع گرایی صرفاً مربوط است به باور فـردی که به یک نظریه علمی باور دارد؛ یعنی نظریه به خودی خود، نه واقع گرایانه است و نه ضد واقع گرایانه؛ به عبارت دیگر، با این تعریف، نظریه های واقع گرایانه و ضـد واقـع گرایانـه نخواهیم داشت، بلکه صرفاً این افراد هستند که واقع گرا یا ضد واقع گـرا هسـتند. در ایـن صورت فردی می تواد به نظریه مکانیک کوانتومی و تعبیر استاندارد آن باور داشته باشد (که

صادق است) و بنابراین واقع گرا باشد. بنابراین، این تعریف هم در زمره تعاریف نوع اول واقع گرایی قرار می گیرد.

با توجه به تعریف نوع اول از واقع گرایی علمی دو نکته واجد اهمیت است:

نکته اول در مورد عبارات نظری است. با توجه به این تعریف، ملاحظه می گردد که در آن به وجود مرجع عرفی(putatively referring) برای عبارات نظری یا به اصطلاح (البته نادرست) عبارات مشاهده ناپذیر تصریح شده است. توضیح اینکه به طور کلی دو نوع از مفاهیم و یا عبارات وجود دارد: نخست عبارات غیرنظری و دوم عبارات نظری. عبارات غیرنظری عباراتی هستند راجع به اشیایی که قابل مشاهده هستند. مانند درخت و لیوان و اسب. دسته دیگری از عبارات یا مفاهیم وجود دارند که در مورد اشیا یا هویاتی هستند که قابل مشاهده نیستند؛ مانند الکترون و پروتن و نوترون. البته در اینکه آیا این تقسیم بندی، تقسیم بندی قاطع و کاملاً مشخص و قابل قبولی است یا نه اختلافات و نزاع های فراوانی میان فیلسوفان علم وجود داشته است، ولی به نظر می رسد که وجود مرز قاطع میان این دو دسته از مفاهیم چندان قابل دفاع نباشد. با این حال، می توان در حوزه هایی پذیرفت که اشیایی مشاهده پذیر و یا مشاهده ناپذیرند. مثلاً لیوان یک امر مشاهده پذیر است و الکترون مشاهده ناپذیر. البته ممکن است برخی مولکول ها وجود داشته باشند که در حالت مرزی قرار داشته باشند و نتوان آنها را دقیقاً به یکی از این دو دسته متعلق دانست، ولی این بدان معنی نیست که مشاهده پذیر بودن هیچ هویتی را نمی توان معین کرد.

پرسش اصلی در اینجا این است: چه چیزی باعث می شود تا ما به وجود مرجع واقعی برای عبارات یا مفاهیم نظری باور داشته باشیم، اگر نتوانیم علی الاصول آنها را مشاهده کنیم. این پرسش به این جهت مهم است که تجربه گرایان تنها به وجود هویات مشاهده پذیر تعهد معرفتی دارند و صرفاً گزاره های علمی ای را که در مورد آنها هستند صادق می دانند. وجود مرجع واقعی برای عبارات نظری از مواضع مهم مورد مناقشه واقع گرایان نوع اول و ضد واقع گرایان نوع اول است. ضد واقع گرایان نوع اول به وجود مرجع واقعی برای عبارات نظری قائل نیستند، بلکه بنا بر مشرب فلسفی خود، آنها را قابل تحویل به جملات مشاهدتی یا ابزار مناسبی جهت تلخیص داده ها یا ساخته و پرداخته جامعه علمی و یا واجد کفایت تجربی می دانند. اما واقع گرایان به وجود واقعی و مستقل از ذهن برای عبارات نظری قایلند (البته باید توجه داشت که قبول مرجع واقعی یا رد آن به جنبه

مابعدالطبیعی واقع گرایی علمی مربوط می شود). در این مورد هر سه نوع از واقـع گرایـی اشتراک دارند و به وجود مستقل از ذهن هویات فوق اذعان دارند.

نکته دوم موضوع صدق است. باید توجه داشت که مفهوم صدق هم جنبه معناشـناختی دارد و هم جنبه معرفت شناختی. جنبه معناشناختی آن مربوط می شود به مؤلفه دوم از واقع گرایی علمی؛ یعنی اینکه گزاره های علمی دارای ارزش صدق و کذب هسـتند، بنـا بـراین گزاره هایی اخباری اند که یا صادق اند و یا کاذب و جنبه معرفت شناختی آن هـم مربـوط می شود به مؤلفه سوم واقع گرایی علمی؛ یعنی این مطلب که نظریـه هـای علمـی بـالغ و موفق به طور تقریبی صادق هستند.

نکته مهم در مورد تعریف صدق این است که در تعریف نوع اول از واقع گرایی پاسـخ به این پرسش که آیا گزاره ای معین صادق است یا نه با نظریه های علمی معین می شود. به عبارت دیگر، ما گزاره های علمی را صادق یا به طور تقریبی صـادق مـی دانـیم و ایـن فرض، در واقع به این معنی است که صدق را نظریه های علمی معین مـی کننـد. ولـی در تعاریف دوم و سوم نظریه هایی که شروط تعاریف را برآورده نکنند واقع گرایانـه نیسـتند؛ یعنی واقعیت مستقل از ذهن را نشان نمی دهند و بنابراین مطابق با واقعیت مستقل از ذهـن هم نخواهند بود؛ یعنی، صادق نخواهند بود. این تمایز مهم تعریف نوع اول و تعاریف نـوع دوم و سوم است.

۲.۲ نوع دوم از واقع گرایی علمی

این نوع از واقع گرایی را با مقاله EPR و موضع نویسندگان مقاله در مورد واقعیت، توضیح می دهیم. انیشتین (Einstein) به علت خصلت احتمالاتی مکانیک کوانتومی نظر مساعدی به این نظریه نداشت. از این رو در حاشیه پنجمین کنفرانس سولوی که در ۱۹۲۷ برگزار شـد، با ارائه تعدادی آزمایشی ذهنی، در پی اثبات قابل نقض بودن روابط عدم قطعیت هایزنبرگ بود، البته وی موفق به این امر نشد، این مباحثات در کنگره ششم سولوی در ۱۹۳۰ هم ادامه یافت. این بار هم انیشتین کامیاب نشد و بور در دفاع از مکانیک کوانتومی و تعبیر استاندارد آن موفق بود، با وجود این، انیشتین باز هم قانع نشد، امـا بعـدها راهبـرد خـود را از یـافتن تناقض در مکانیک کوانتومی به نشان دادن نـاقص بـودن آن تغییـر داد و در ایـن راسـتا در ۱۹۳٤ مقاله معروف EPR را همراه با دو تن دیگر؛ یعنی پودولسکی (Podolsky) و روزن (Rosen) نوشت (گلشنی، ۱۳۸۵، ص ۱۷۸ و ۱۷۹).

در این مقاله نویسندگان «گاهی از کامل بودن نظریه سخن می گویند و گـاهی از کامـل بودن توصیف حاصل از نظریه در مورد واقعیت فیزیکی، یاد می کنند. [در واقـع مـی تـوان گفت:] آنها اولی را به عنوان کوته نوشتی برای دومی بکار می برنـد.»(Hughes,1989:158) همچنین آنها معتقدند که هر معنایی که به عبارت «کامل» بدهیم باید دارای ایـن شـرط لازم باشد که « هر عنصری از واقعیت فیزیکی باید همتایی در نظریه فیزیکی داشته باشد» (EPR, 1934). فرض مقاله این است که نظریه فیزیکی باید بـاز نمـایی واقعیـت فیزیکـی باشـد و مفاهیم فیزیکی ای که نظریه با آنها کار می کند به گونه ای لحاظ می شـوند کـه متنـاظر بـا واقعیت عینی هستند (Hughes, 1989, p. 158).

رابطه ای که آنها بین واقعیت فیزیکی و بازنمایی ریاضـی نظریـه ارائـه مـی دهنـد، بـه صورت زیر است:

در مدلی که از ریاضیات نظریه بدست می آید، تنها برخی عناصر، خصوصیات واقعیت فیزیکی را نشان می دهند (ibid). به عبارت دیگر، برخی مفاهیم موجود در نظریه نمایاننده عنصری از واقعیت فیزیکی نیستند. اکنون پرسش اساسی این است: در چه صورتی مفهومی در نظریه بازنمایی عنصری از واقعیت فیزیکی است؟ پاسخ نویسندگان مقاله همـان چیـزی است که از آن با عنوان معیار واقعیت EPR یاد می شود:«اگـر بـدون هـر گونـه اخـلال در سیستمی، بتوانیم با قطعیت، (یعنی با احتمال برابر با واحد) مقـدار یـک کمیـت فیزیکـی را پیش بینی کنیم در آن صورت عنصری از واقعیت فیزیکی متنـاظر بـا ایـن کمیـت فیزیکـی وجود دارد» (EPR, 1934).

آنها در این مقاله از دو مقدمه استفاده می کنند. ابتدا اینکه اگر مکانیک کوانتـومی کامـل باشد در آن صورت کمیات ناسازگار[۳] نمی تواننـد دارای مقـادیر واقعـی همزمـان باشـند و دیگری اینکه اگر مکانیک کوانتـومی کامـل باشـد در آن صـورت کمیـات ناسـازگار علـی الخصوص مکان و اندازه حرکت، دارای مقادیر واقعی همزمان هستند (Fine , 2013).

ملاحظه می شود که این دو مقدمه آشکارا ناسازگارند. بنابراین از این مقدمات نتیجه می شود که مکانیک کوانتومی ناکامل است. البته هر دوی این مقدمات باید توجیـه شـوند کـه نویسندگان مقاله این کار را انجام می دهند. ولی توجیه مقدمه دوم که اصل کاری است کـه در مقاله ERP صورت گرفته مناقشه انگیز شده و مدافعان مکتب کپنهاگی آن را نمی پذیرند (ibid).

باید توجه داشت که اگر ما موضع افرادی چون بور را که ضد موضع نویسندگان مقاله EPR است اتخاذ کنیم، به نظر می رسد با مقدمه اول مشکل چندانی نداشته باشیم. چون حتی اگر معیاری را که به عنوان شرط لازم برای کامل بودن در مقاله آمده بپذیریم، به سادگی می توانیم فرض کنیم هر مفهومی که در نظریه وجود ندارد، عنصری از واقعیت نیست و از طرف دیگر صورت بندی مکانیک کوانتومی نشان می دهد که مشاهده پذیرهای ناسازگار دارای مقادیر همزمان نیستند. نکته اینجا است که دو گزاره زیر از تعریف دوم واقع گرایی حاصل می شود و نویسندگان مقاله معتقد هستند که می توان مقدم گزاره (ب) را محقق کرد.

الف) اگر مکانیک کوانتومی کامل باشد، آنگاه مشاهده پذیرهای ناسازگار که نمی توانند به طور همزمان خوش تعریف باشند، به طور هم زمان وجود ندارند.

ب) اگر بتوانیم مقدار مشاهده پذیرهای ناسازگار را با احتمال ۱ و بدون هر گونه اختلالی، به طور همزمان، پیش بینی کنیم، آنگاه واقعیت همزمان دارند ولی مکانیک کوانتومی نمی تواند به طور همزمان وجود آنها را بپذیرد، پس نظریه ای که نمی تواند به عنصری از واقعیت را در خود جای دهد کامل نیست.

می توان گزاره های (الف) و (ب) بر اساس تعریف دو از واقع گرایی بدست آورد. برای روشن شدن استدلال تعریف دوم از واقع گرایی را به صورت مقدمات یک استدلال می نویسیم.

مقدمه ۱) اگر بدون هر گونه اخلالی در یک سیستم، بتوانیم با قطعیت (احتمال برابر ۱) مقدار کمیت فیزیکی f_A را پیش بینی کنیم، آنگاه عنصری چون A از واقعیت متناظر این کمیت وجود دارد.

مقدمه ۲) اگر A عنصری از واقعیت فیزیکی باشد که مستقل از ذهن است، آنگاه باید همتایی چون f_A در نظریه فیزیکی داشته باشد.

مقدمه ۳) در نظریه واقع گرایانه گزاره های نظریه قابل صدق و کذب هستند[۴].

مقدمه (۱) را معمولا «معیار واقعیت EPR» می نامند (Fine, 2013) که اگر بر قرار باشد می توانیم مطمئن شویم که عنصری از واقعیت دارای متناظری در نظریه است. مقدمه (۲) شرط کامل بودن نظریه را می دهد. در واقع،به راحتی می توان ملاحظه نمود که مقدمات (۱) و (۲) گزاره های (الف) و (ب) را نتیجه می دهند.

در تعریف دوم از واقع گرایی علمی دو نکته زیر حائز اهمیت است:

۱) کامل بودن ارتباط نزدیکی با صدق دارد. در واقع، می توان گفت نظریه کامل، نظریه ای است که صادق باشد به این معنی که در نظریه ای که کامل است جهان ممکنی که نظریه توصیف می کند با جهان واقعی و بالفعل مطابقت دارد و هر عنصر از جهان واقعی همتایی در نظریه دارد.
۲) نکته بعدی در مورد وجود عبارات نظری است. عبارات نظری عضو مجموعه ای از عبارات در نظریه فیزیکی است که از آن با عنوان «همتای عنصر واقعیت در نظریه» یاد می شود. عنصری از واقعیت که متناظر عبارات نظری است همان مرجع عبارات نظری خواهد بود.

۳.۲ واقع گرایی نوع سوم

این واقع گرایی بر اساس مفهوم متغیرهای نهان بیان شده است. در بیان این تعریف، ، مفهومی از واقع گرایی علمی در نظر گرفته شده است که مراد فیلسوفان و دانشمندان از آموزه واقع گرایی علمی است که در بیان دو قضیه مهم عدم امکان متغیرهای نهان (no go theorems) در مکانیک کوانتومی آمده است[۵].

خصلت احتمالاتی پیش بینی های مکانیک کوانتومی، بر خلاف موجبیتی بودن مکانیک کلاسیک و برخی مشکلات مفهومی، برخی از دانشمندان را بر آن داشت وجود متغیرهایی را درنظر بگیرند که با فرض آنها بتوان پیش بینی های دقیق انجام داد. اگر چنین امری ممکن باشد، احتمالات در مکانیک کوانتومی همچون احتمالات در مکانیک آماری (statistical mechanics) کلاسیک ناشی از جهل (ignorance) خواهد بود و احتمالات عینی منتفی خواهد شد.

از جمله دانشمندانی که راهبرد فوق را دنبال می کردند آلبرت انیشتین بود. «انیشتین اظهار می داشت مکانیک کوانتومی تقریباً وضعیتی مشابه با مکانیک آماری در چارچوب مکانیک کلاسیک، خواهد یافت» (Sheldon , 2006) .

متغیرهای یاد شده را متغیرهای نهان (hidden variable) می نامند. به طور کلی دو رده از نظریه های متغیر نهان وجود دارد: نظریه های متغیر نهان غیر زمینه ای (non-contextual) و نظریه های متغیر نهان زمینه ای(contextual). در نظریه های غیر زمینه ای، حالت کامل یک سیستم، مقدار یک مشاهده پذیر یا کمیت فیزیکی را، که متناظر است با مقدار ویژه عملگری هرمیتی در فضای هیلبرت، که با روشی مقبول برای اندازه گیری آن حاصل می

شود، معین می کند بدون توجه به اینکه چه مشاهده پذیرها یی به طـور هـم زمـان انـدازه گیری می شوند یا اینکه حالت کلی سیستم و ابزار اندازه گیری چه چیزی می توانـد باشـد (Shimony,2009). در نظریه های زمینه ای مقدار بدست آمده برای یک کمیت فیزیکی به اینکه چه کمیاتی با هم اندازه گیری می شوند و اینکه حالت کامل ابزار اندازه گیری چیست بستگی دارد. مثال نوع نخست نظریه ها، نظریه های متغیر نهان کوچن– اشپکر است و مثال دوم نظریه بوهمی است(ibid).

اما قضایایی در مکانیک کوانتومی به اثبات رسیده که نشان می داد اگر مکانیک کوانتومی صادق باشد به نظر می سد که ارائه نظریه متغیرهای نهان امکان پذیر نباشد. اولـین گونـه از قضایای عدم امکان را فون نویمان در ۱۹۳۲ در کتاب خـود کـه اسـاس ریاضـی مکانیـک کوانتومی را بنا نهاد، یعنی «مبانی ریاضیاتی مکانیک کوانتومی» ارائه کرد وی ادعا کرد که به طور ریاضیاتی اثبات کرده که نمی توان پارامترهای نهانی تعریف کرد که ملاحظات آمـاری آنسامبل همگن (homogeneous ensemble) صرفاً متوسطی از تمام حالات واقعی ای باشد که این آنسامبل از آنها ترکیب یافته باشـند (Von Neumann , 1932: 324). امـا جـان بـل (Bell) نشان داد که« اثبات صوری فون نویمان نتیجه غیر صوری او را توجیـه نمـی کنـد» (Bell, 1966).

اما قضیه کوچن – اشپکر با مفروضات دیگری آغاز می کند. این قضیه، تناقضی میان دو گزاره، که ظاهراً برای واقع گرایان و معتقدان به نظریه متغیرهای نهان قابل قبولند، و مکانیک کوانتومی برقرار می کند. بنابراین به لحاظ منطقی یکی از این دو باید انکار شود تا تناقض از میان برود. اولین گزاره به صورت زیر است:

«(VD)[۶] تمام مشاهده پذیرهایی که برای سیستمی از مکانیک کوانتومی تعریف شده اند، دارای مقادیر معین در تمام زمان ها هستند.» (Held , 2006)

این گزاره ای است که به نظر می رسد قـائلان بـه وجـود متغیرهـای نهـان بایـد آن را بپذیرند. گزاره دومی که در قضیه کوچن– اشپکر از آن استفاده شده به این قرار است:

« (NC)[۷] اگر سیستم مکانیک کوانتومی دارای خاصـیتی (مقـدار یـک مشـاهده پـذیر) باشد، آنگاه آن سیستم این خاصیت را مستقل از هر زمینه ای از اندازه گیری واجـد اسـت. یعنی مستقل از اینکه چطور آن مقدار نهایتاً اندازه گیری می شود.» (ibid)

این گزاره نیز در بادی نظر، چنین می نماید که دارای محتوای واقع گرایانه قابـل قبـولی در مورد اندازه گیری فیزیکی باشد، که از خواص اساسی علم است. به ایـن آمـوزه، آمـوزه

استقلال زمینه ای می گویند. ملاحظه می شود که در تعریف سوم ارائه شده عینا از ایـن دو گزاره استفاده کرده ایم.

قضیه کوچن- اشپکر تناقضی میان مکانیک کوانتومی و VD+NC برقرار می کنـد. پـس قبول مکانیک کوانتومی ما را به انکار یکی از دو گزاره؛ یعنی NC یا VD وادار می سازد. به نظر می رسد که ارائه تعبیر واقع گرایانه از مکانیک کوانتومی مبتنی بر دوگزاره فوق، با توجه به این قضیه با چالش جدی مواجه است. بنابراین برای حل تناقض و حفظ واقع گرایی باید تعریف سوم را به نحوی تغییر داد و قرائتی جدید از آموزه واقع گرایی ارائه کرد؛ مـثلاً VD را برای واقع گرایی شرط لازم ندانیم.

قضیه معروف بعدی عدم امکان، قضیه بل است که «نامی است بر مجموعه ای از نتـایج که همگی نشان دهنده عدم امکان ارائه تعبیـری واقـع گرایانـه و موضـعی بـرای مکانیـک کوانتومی هستند»(Shimony,2009). در این قضـیه بـا فـرض مکانیـک کوانتـومی، وجـود متغیرهای نهان، موضعیت و واقع گرایی به نامساوی هـایی مـی رسـیم کـه در تجربـه ایـن نامساوی ها نقض شده اند، بنابراین تجربه ارائه بیانی از مکانیک کوانتومی را که متعهـد بـه این سه فرض باشد، رد می کند. در مقاله ۱۹٦٤ بل، واقع گرایی، با اضافه کردن حالتی کامل (Complete State) به حالت کوانتومی بیان می شود(Bell, 1964). این حالـت نتـایج انـدازه گیری را در سیستم معین می کند (Shimony, 2009) و موضعیت (locality) شرطی اسـت که روی سیستم های مرکب گذاشته می شود که دارای اجزائی هستند که به طور فضایی از هم جدا هستند. (ibid)

در ارائه این تعریف هر دوی این قضایا مد نظر بوده اند و به این دلیل دو قسم از ایـن تعریف را ارائه کردیم که یکی ملهم از قضیه کوچن- اشپکر است و دیگری ملهم از قضـیه بل است. اما به دلیل اینکه وجه ممیزه مهم این تعریف شرط دوم آن اسـت کـه در هـر دو قسم این تعریف وجود دارد این اقسام ذیل تعریف سوم قرار گرفته اند.

۳. مقایسه میان تعاریف واقع گرایی

با ملاحظه موارد فوق ملاحظه می شود که کامل بـودن را مـی تـوان معـادل صـادق بـودن دانست و تقریبا صادق را هم با تقریبا کامل بودن مرادف گرفت کـه ربـط مولفـه معرفـت شناختی تعریف اول را با مفهوم کامل بودن نشان می دهد. همچنین شروط دوم و سوم (که خود دو قسم داشت) از تعریف سوم به نوعی نمایاننده مفهوم صدق است.

در عین حال، مقدمه دوم تعریف دوم(در تعریفی از آن که به صورت مقدمات استدلال بیان شد، بخش (۱-۲))، به نوعی مبین مولفه متافیزیکی تعریف اول است و باز شرط دوم از تعریف سوم را می توان مرتبط با این دو دانست.

مقدمه سوم تعریف دوم و شرط اول از تعریف سوم هم آشکارا متناظر مولفه معناشناختی تعریف اول است.

اما با این حال این سه تعریف موارد افتراق مهمی دارند. از جمله موارد زیر:

۱- همان طور که گفته شد صدق در تعریف اول از واقع گرایی با نظریه های علمی معین می شود ولی در تعاریف دوم و سوم برای واقع گرا بودن شرایطی وجود دارد که یک نظریه باید برآورده کند؛ به عبارت دیگر، شرایطی وجود دارد تا بتوان نظریه های را صادق یا تقریبا صادق دانست.

۲- بنا بر تعریف اول نظریه به خودی خود، واقع گرایانه یا ضد واقع گرایانه نیست بلکه این موضع فلسفی در مورد نظریه است که واقع گرایانه یا ضد واقع گرایانه است. اما بنا بر تعریف دوم و سوم نظریه می تواند واقع گرایانه باشد یا ضدواقع گرایانه و همانطور که در ادامه خواهیم دید مکانیک نیوتنی نظریه ای واقع گرایانه است در صورتی که مکانیک کوانتومی نظریه ای ضد واقع گرایانه است.

۳- بر اساس تعریف اول به لحاظ واقع گرایانه بودن یا نبودن هیچ تفاوتی میان تعابیر[۸] مختلف نظریه وجود ندارد (به استثنای تعابیری که در آن شعور آدمی را در واقعیت بخشی به هویات عالم دخیل می دانند که چندان تعابیر موجهی نیستند)، ولی در نگاه دوم و سوم تعابیر مختلف می توانند واقع گرایانه و ضد واقع گرایانه شوند.

٤- در دیدگاه اول و دوم لزومی ندارد که کمیات فیزیکی همواره و در تمام زمانها دراری مقدار باشند در حالیکه این امر در نگاه سوم لازمه واقع گرایانه بودن خود نظریه است.

برای روشن شدن تمایز سه تعریف، که بر چیستی نظریه علمی و تعبیر آن متکی است، باید کمی این مفاهیم را توضیح دهیم.

۴. صورت بندی و تعبیر

پرسش اساسی این بخش این است که صورت بندی و تعبیر چیست؟ پاسخ به این پرسش نیازمند آن است که ابتدا روشن کنیم که نظریه علمی چیست؟ در فلسفه علم معاصر، سه دیدگاه در این مورد وجود دارد، ۱- دیدگاه نحوی، ۲-دیدگاه معنا شناختی و ۳- دیدگاه عملگرایانه (Grønfeldt Winther, 2015) که رویکرد سوم اخیرا در ادبیات فلسفی ظهور پیدا کرده است.

در رویکرد نحوی که به لحاظ تاریخی مقدم بر رویکرد معناشناختی است و اکنون جریانی مغلوب است(و به آن دیدگاه متداول نیز می گویند نامی که پاتنم (Putnam) به آن داد) نظریه ای چون T، مجموعه ای از گزاره ها (قضایا) در یک زبان ویژه است. مجموعه عبارات این زبان به دو بخش؛ یعنی دو زیر مجموعه از عبارات تقسیم می گردد:

۱- مجموعه عبارات مشاهدتی و ۲- مجموعه عبارات نظری. اهمیت تجربی هر نظریه (empirical import) در نتایج مشاهدتی آن است و مجموعه مشاهدتی نظریه، واجد معنای تجربی یا شناختی (cognitive) نظریه است.

در این رهیافت، مجموعه گزاره های نظریه از مجموعه اصول موضوع استخراج می گردد. به بیان دقیق تر، نظریه T مجموعه ای از گزاره ها در یک زبان، چون L است که تحت استلزام منطقی بسته باشد (Enderton, 2001: 155) و زیر مجموعه ای از نظریه T که بتوان از آن، با استلزام منطقی، کل نظریه را (تمام گزاره های آن را) استخراج کرد، اصول موضوع (axioms) آن نظریه است. عبارات نظری با «قواعد تناظر» (correspondence rules) تعبیر مشاهدتی جزئی(partial) می یابند که به این ترتیب واژگان (vocabulary) نظری به واژگان مشاهدتی مربوط می شود. (معصومی، ۱۳۹٤).

رویکرد نحوی اشکالات مهمی داشت از جمله اینکه بازسازی نظریه بر اساس آن بسیار غیر عملی بود و تمایز مشاهدتی و غیر مشاهدتی چندان خوش تعریف نیست، توضیحی که این دیدگاه در مورد مدلها و نقش آنها در علم می دهد رضایت بخش نیست و... از این رو دیدگاه دوم در مورد نظریه های علمی مطرح گردید؛ یعنی دیدگاه معناشناختی که اکنون رویکرد غالب است. در این دیدگاه، سوپیز (Suppes) با الهام از تعریفی که تارسکی در ۱۹۳۵ از مفهوم مدل ارائه کرد، دیدگاهی نوین در فلسفه علم را پایه گذاری کرد. البته به همراه افرادی دیگری همچون بث(Beth) و ساپی(Suppe) . سوپیز متذکر می گردد که می توان همان مفهومی را که تارسکی برای مدل عنوان کرد، برای مدل ها در علم نیز بکار برد (همان).

با بیان نقل قول های متعددی از علوم که به منظور نشان دادن اهمیت مـدلها و فراوانـی استفاده آنها در علم است، تا تأییدی باشد بر رویکرد مأخوذ خود. در رویکردی که وی پایه ریزی کرد، نظریه های علمی با رده ای از مدلها برابرند، این قرائت ون فراسن اسـت (van Fraassen, 1991: 7) و یا بارده ای از مدلها ارائه می گردند که قرائت متعلق به داکوستا (da Costa) و فرنچ (French) است. در تعریف رویکرد نظریهٔ مدلی (model – theoretic) نظریه ها داکوستا و فرنچ عنوان می کنند که: نظریه ها «به صورت توصیفی از مجموعه ای از مدلها به معنی ساختارهای رابطه ای ارائه می گردند که در آن تمام گزاره ها در یک صورت بندی زبانی ویژه از نظریه، خواص صادقی در مورد این ساختار بیان می کنند، وقتی که ساختار به عنوان تعبیری یا «تحقق ممکنی» (possible realization) از نظریه عمل می کنـد (Suppes, 1957). در این صورت ما اعلام می کنیم که اصل موضوع سازی یک نظریه به کار بردن این روشهای نظریه مدلی است» (da Costa, French, 2003, p.25). در این مقاله تحلیـل مـا بـر اساس دو دیدگاه اول خواهد بود[۹].

صورت بندی ریاضی و تعبیر این ساختار را می توان اجزای اساسی نظریه فیزیکـی در رویکرد نحوی دانست. اینکه تعبیر چیست و علی الخصوص معنای تعبیر مکانیک کوانتومی را چگونه می توان معین نمود امری مناقشه انگیز اسـت (Jammer, 1974: 9) . بایـد توجـه داشت که نمی توان بدون هیچ گونه اشاره ای در مـورد جهـان فیزیکـی، سـاختار ریاضـی نظریه را معرفی نمود. بنابراین به نظر می رسد ما ناچار به استفاده از یک تعبیر حـداقلی در معرفی نظریه هستیم(Isham, 2001: 79-80). با این حال، در دیـدگاه نحـوی، تمـام تعـابیر مختلف از نظریه که صورت بندی یکسانی دارند دار ای کفایت تجربی یکسـان هسـتند در غیر این صورت ما با دو نظریه مواجهیم. در این نگاه، وظیفه تعبیر بر عهده «قواعد تنـاظر» است. این قواعد یک وظیفه دیگر هم دارند و آن تحویل (reduction) است مانند کاری کـه این قواعد در ارتباط دادن میان دمایی که بر اساس دماسنج قرائت می شود با متوسط انرژی جنبشی ذرات در مکانیک آماری انجام می دهند (Grønfeldt Winther, 2015).

اما در دیدگاه معنا شناختی، تعبیر خود مدلی از نظریه است و در واقع تعـابیر مختلـف، مدل های مختلف نظریه اند. ون فراسن، که یکی از مدافعان دیدگاه معناشناختی است، تعبیر را بسیار مشابه معرفی متغیرهای نهان می داند؛ به عبارت دیگر، تنها تفاوت این دو، در نظـر وی، این است که متغیرهای نهان ممکن است به یک رشته نتایج تجربی غیر از نتایج تجربی حاصل از نظریه بیانجامد که در این صورت دیگر نمی توان آن را تعبیـر نظریـه دانسـت[۱۰] (Van Fraassen, 1991: 243).

در واقع، ون فراسن تعبیر را برابر آنچیزی می داند که نظریه در مورد جهان مـی گویـد؛ یعنی جهان ممکنی را که نظریه تمام اجزای آن را توصیف می کند (چه مشاهده پـذیر چـه مشاهده ناپذیر) می توان تعبیر نظریه نامید؛ یعنی مدلی که جهان را به طور کامـل بازنمـایی می کند.

پرسش اصلی در اینجا این است: سه تعریف فوق از واقع گرایی علمی، چه نسبتی با دو دیدگاه نحوی و معناشناختی دارند؟ آیا نمی توان در دیـدگاه نحـوی بـه نـوع اول از واقـع گرایی علمی قائل شد، پاسخ این است که به نظر می رسد، در بیشتر موارد مشـکلی وجـود نداشته باشد مگر در مواردی همچون تعبیری که فون نویمان برای مشکل اندازه گیری[۱۱] در مکانیک کوانتومی عنوان می کرد و در آن شعور را دخیل می کرد. البتـه ایـن تعبیـر چنـدان دقیق نیست و اگر بخواهیم بیان دقیقی از تعبیر فون نویمان بدهیم باید از قاعده تعبیـر فـون نویمان استفاده کنیم(در ادامه بیان شده است.) در این صورت به نظر نمی رسـد کـه تلقـی مبتنی بر دیدگاه نحوی از مکانیک کوانتومی با تعریف نوع اول واقع گرایی علمـی تعـارض داشته باشد؛ یعنی می توان یک نظریه را از منظر نحوی به صورت واقع گرایانه یا ضد واقع گرایانه تلقی کرد.

به همین نحو دیدگاه معناشناختی با تعریف اول از واقع گرایـی علمـی کـاملا سـازگار است. بر اساس دیدگاه معناشناختی هم می توان نظریه را واقع گرایانه یا ضد واقـع گرایانـه دانست.

اما در مورد واقع گرایی های نوع دوم و سوم وضع کـاملا متفـاوت اسـت. در ایـن دو تعریف، چه موضع نحوی در مورد نظریه های علمی اتخاذ شود چه موضـع معناشـناختی، صرفا آن تعابیری از نظریه قابل قبول می شوند که شروط این تعابیر را برآورده کنند. به این ترتیب ما تعابیر واقع گرایانه و تعابیر ضد واقع گرایانه از علم خواهیم داشـت. ایـن مطلـب وقتی روشن تر می شود که توجه کنیم در واقع، تعریف دوم برگرفته از نوعی تعبیـر اسـت که به آن واقع گرایی اینشتین می گویند(ibid: 241).

باید توجه داشت که تفاوتی بین رویکرد نحوی و رویکرد معنا شناختی در اینجا وجـود دارد و آن این است که اگر در در رویکرد معناشناختی، مدلی از مدلهای نظریه شروط ایـن دو تعریف را برآورده نسازد، نظریه ما با واقع گرایی علمی دچار مشکل خواهد شد، چـون نظریه یا رده ای از مدلها است یا با آن نشان داده می شود که در هر صورت وجود مدلی که شروط واقع گرایانه را برآورده نمی سازد ما را دچار مشکل می سازد. اما در رویکرد نحوی،

اگر قواعد تناظر با شروط دو تریف واقع گرایی تعارضی نداشته باشند، امکان اینکه تعبیری واقع گرایانه از نظریه داشته باشیم وجود دارد در عین حال امکان وجود تعابیر ضد واقع گرایانه هم هست؛ یعنی این دو تعبیر به طور هم زمان می تواند برای یک نظریه علمی برقرار باشد.

نکته مهمی که در اینجا وجود دارد و به پرسش اصلی مقاله مربوط است این است که چرا به نظر می رسد که مکانیک کوانتومی و واقع گرایی دچار تعارض هستند و به عنوان مثال، چرا این مسأله در مورد مکانیک نیوتنی چندان مطرح نمی شود. بررسی نسبت فیزیک کلاسیک(به ویژه مکانیک نیوتنی) و مکانیک کوانتومی با سه نوع واقع گرایی علمی روشن خواهد کرد که اصولا چرا در مورد واقع گرایی علمی، معمولا، در مورد مکانیک کوانتومی نگرانی وجود دارد. برای اینکار ابتدا باید قدری در مورد فیزیک کلاسیک و مکانیک کوانتومی توضیحاتی ارائه دهیم.

۵. فیزیک کلاسیک

در تعبیر غالب فیزیک کلاسیک(مکانیک نیوتنی و الکترومغناطیس ماکسول)، شیء مادی دارای خواصی است که متعلق به خود است و مستقل از ناظر یا ابزار اندازه گیری است. در واقع چون در فیزیک کلاسیک زمان و مکان مطلق در نظر گرفته می شوند، هر شیء مادی دارای مکان، زمان، و سرعت مطلق است که این خواص نسبت به چارچوب مرجع جهانی (که چارچوبی مرجح است)، اندازه گیری می شوند. این چارچوب را در قرن نوزدهم چارچوب مرجع اتر(ether) می نامیدند.

مفهوم کمیت و خاصیت فیزیکی سیستم، با مفهوم فضایی چون S از حالات سیستم ارائه می شود که در هر زمان مفروض عضوی از S به این سیستم اسناد داده می شود.(Isham, 2001: 69) درک این مفهوم موجب اتخاذ موضع فلسفی مناسب در مورد نظریه های فیزیکی می گردد. باید توجه داشت که مفهوم حالت هم در فیزیک کلاسیک و هم در مکانیک کوانتومی بسیار مهم است. در فیزیک کلاسیک فرض بر این است که شرایط زیر برآورده می شود:

« s_1 – تعیین حالت در هر زمان، برای مشخص کردن مقادیر تمام کمیات فیزیکی متعلق به آن سیستم در آن زمان کفایت می کند.

s_2 – حالت در هر زمان ، t_2 به طور یکتا، با هر حالت در زمان پیشین معین می شـود. اصل علیت این است که چگونه موجبیت اکید راه خود را در فیزیک باز می کند»(ibid: 69-70)

در اینجا شرط سومی هم وجود دارد که آیشام به آن اشاره نکرده و آن این است که

s_3 –کمیات فیزیکی، در تمام زمانها، دارای مقدار معین هستند.

این شرط اخیر همان شرطی است که در واقع گرایی نوع سوم جزو شروط واقع گرایی نظریه های علمی بود، به این ترتیب، فیزیک کلاسیک کاملاً بـا ایـن نـوع از واقـع گرایـی، همانند دو نوع دیگر از واقع گرایی، سازگار است.

اما علاوه بر شروط فوق حالت نقش دیگری هم دارد. در واقع، «برای انواع بسـیاری از سیستم ها(به عنوان مثال، ذرات نقطه ای نیوتنی، میدان الکترو مغناطیسی کلاسیک) حالت s در زمانی چون t_1 نه تنها حالت را در زمان بعدی $t_2 > t_1$ معلوم می سازد بلکه حالت را در هر زمان پیشین چون $t_0 < t_1$ هم معین می کند؛ یعنی، این حالت کـه بـه s در بـازه زمـانی $t_0 - t_1$ تحول می یابد»(ibid: 70).

شرط اول فوق به علاوه شرط سوم این امر را محقق می کند کـه هـر کمیـت فیزیکـی مقداری دارد که با حالت معین می شود(به این ترتیب، شـرط واقـع گرایـی نـوع سـوم را برآورده می کند). «استلزام ریاضیاتی شرط اول این است که بـه ازای هـر کمیـت فیزیکـی چون A در یک سیستم (به عنوان مثال سرعت این ذرات، مکان یکی از آنها ، انرژی کـل) تابعی چون $f_A : S \longrightarrow \square$ متناظر است به طوریکه مقداری است که A دارد اگر حالت s باشد.

شرط دوم مستلزم وجود خـانواده ای دو پـارامتری از نگاشـت هـای دینـامیکی چـون $T_{t_2 t_1} : S \longrightarrow S$ است به طوریکه اگر حالت سیستم در زمـان t_1 ، $s \in S$ باشـد، آنگـاه حالت در زمانی (بعدی) چون t_2، $T_{t_2 t_1}(s)$ خواهد بود. نگاشت $T_{t_2 t_1}$ آشکارا شرایط زیر را برآورده می کند:

۱- به ازای هر t که $t \in \square$ $T_{t_2 t_1} = id$

۲- اگر $t_1 \le t_2 \le t_3$ آنگاه $T_{t_3 t_2} T_{t_2 t_1} = T_{t_3 t_1}$ «(ibid: 70)

در اینجا سوال مهمی مطرح می شود که در مکانیـک نیـوتنی و در مکانیـک کوانتـومی پاسخ های متفاوتی به آن داده می شود:

«اگر در زمان $t = t_1$ کمیت فیزیکی A دارای مقدار a باشد، مقدار آن در زمان بعدی $t = t_2$ چه خواهد بود؟ این پرسش را تنها هنگامی می توان پاسخ داد که حالتی که در آن A دارای مقدار a است یکتا باشد؛ یعنی، $f_A^{-1}(\{a\}) = \{s\}$. در این حالت مقدار A در زمان t_2 دقیقاً $f_A(T_{t_2 t_1}(s))$ است. در حالت کلی زیر مجموعه $f_A^{-1}(\{a\})$ از S بیش از یک عنصر دارد در این حالت چیزی بیش از این نمی توان گفت»(ibid: 70-71). حالت اول حالتی است که در فیزیک کلاسیک با آن مواجه هستیم و حالت بعدی آن چیزی است که در مکانیک کوانتومی رخ می دهد.

همچنین باید تاکید کنیم که در فیزیک کلاسیک فرض بر این است که عمل اندازه گیری تداخلی در کمیت اندازه گیری شده ایجاد نمی کند. (و یا علی الاصول تداخلی ایجاد نمی کند و تداخلات ایجاد شده ناشی از فرآیند اندازه گیری، قابل تقلیل است و میزان آنها را می توان محاسبه نمود). و این یعنی، اندازه گیری تنها آن چیزی را که در واقعیت است (با تقریب بسیار خوبی) به ما می نمایاند.

به علاوه، در فیزیک کلاسیک اشیای بزرگ از اشیای مادی خرد تشکیل شده اند که رفتار آنها را می توان کاملاً بر اساس رفتار اشیای مادی خرد معین کرد؛ به عبارت دیگر، دیدگاه اتمیستی و تحویل گرایانه بر آن حاکم است. یعنی کل بر اساس اجزا، به طور کامل معین می گردد[۱۲].

مطالب فوق را می توان این گونه خلاصه کرد: «پیوستگی و علیت و امکان بیان تغییر به وسیله حرکت در زمان و فضا» (جینز، ۱۳۸۱، ص ۱۵۰) عناصر اصلی فلسفه ماده گرایانه و موجبیتی بود که سازنده مبانی تعبیر رایج از فیزیک کلاسیک است. ملاحظه خواهیم کرد که تمام این مفروضات در مکانیک کوانتومی با چالش مواجه خواهد شد. بنابراین روشن است که فیزیک کلاسیک با تلقی عموم ما از دنیای اطراف در تلائم و سازگاری است.

اکنون ببینیم که نسبت پرسش اصلی مقاله با فیزیک کلاسیک چیست؟ در مورد نوع اول از واقع گرایی علمی، به سادگی ملاحظه می شود که می توان در مورد فیزیک کلاسیک موضعی واقع گرایانه گرفت یا اینکه موضعی ضد واقع گرایانه گرفت؛ به این معنی که اگر هویات فیزیک کلاسیک را مستقل از ذهن بدانیم، فیزیک کلاسیک را تقریبا صادق بدانیم و گزاره های فیزیک کلاسیک را صدق و کذب پذیر تلقی کنیم، نسبت به فیزیک کلاسیک واقع گرای علمی، از نوع اول، هستیم اما اگر هریک از این مولفه ها را نپذیریم، به نوعی ضد واقع گرایی، از نوع اول، پایبندیم.

اما در مورد نوع دوم و سوم واقع گرایی، ملاحظه می شود که شروط s_1 و s_2 به همراه توضیحاتی که در آغاز این بخش داده شد، تمام شرایط این تعاریف را برآورده می سازد؛ یعنی مقادیر کمیت های فیزیکی، که مستقل از ذهن هستند، با معین بودن حالت سیستم مشخص هستند و مقادیر یکتایی دارند و مقادیر این کمیات در زمانهای بعدی هم به طور یکتا مشخص است. بنابراین بر اساس این تعریف فیزیک کلاسیک نظریه ای (یا به تعبیر دقیق تر واجد نظریه هایی) است که واقع گرایانه است. البته فرض اساسی هم این است که هر عنصر واقعیت همتایی در نظریه دارد؛ زیرا با توجه به اینکه اصولا پیش بینی ها در فیزیک کلاسیک موجبیتی است؛ یعنی با احتمال یک است، موردی پیدا نمی شود که به توان مشاهده پذیر هایی را با قطعیت پیش بینی کرد ولی نظریه نتواند امکان وجود آنها را به طور هم زمان منتفی بداند؛ حالتی که بنا به ادعای نویسندگان مقاله EPR در مورد مکانیک کوانتومی پیش می آید.

۶. مکانیک کوانتومی

٦-١. مقدمه

در صورت بندی مکانیک کوانتومی دو مقصود مهم همواره مد نظر است: «۱- تعیین مجموعه مقادیر ممکن کمیت فیزیکی (مشاهده پذیر) که مقادیر آن حقیقی است، 2- بدست آوردن احتمال نتایج اندازه گیری کمیت فیزیکی.» (Redhead, 1984: 4)

در راستای تحقق اهداف فوق دو مفهوم اساسی مورد نیاز است: ۱- مفهوم حالت (state) و دیگری مفهوم مشاهده پذیر (observable) است. حالت یک سیستم در واقع معین کننده احتمالات حاصل از اندازه گیری است و می توان آن را بسته ای از توابع احتمال دانست. حالت در مکانیک کوانتومی با بردار های یک فضای هیلبرت (hilbert space)، نشان داده می شود و مشاهده پذیرها با عملگرهای هرمیتی (hermitian operators) مشخص می شوند که روی فضای هیلبرتی تعریف شده اند که اعضای آن نماینده بردارهای حالت سیستم هستند. پس متناظر با هر سیستم کوانتومی فضای هیلبرتی تعریف می شود که مشاهده پذیرهای سیستم، عملگرهای این فضای هیلبرت است و بردارهای فضای هیلبرت، حالات سیستم را معین می کند[۱۳].

٦-۲. مکانیک کوانتومی و واقع گرایی

در اینجا به بررسی نسبت مکانیک کوانتومی و پرسش اصلی این مقاله مـی پـردازیم؛ یعنـی اینکه چه نسبتی بین تعاریفی که از واقعیت دادیم و مکانیک کوانتومی برقرار است؟

به نظر می رسد چالش اساسی مکانیک کوانتومی بـا تعریـف دوم و علـی الخصـوص تعریف سوم از واقع گرایی علمی باشد؛ از این رو، ما مواردی را در مکانیک کوانتومی، کـه به نظر می رسد واقع گرایی علمی با تعریف دوم و سوم با آنها ناسازگار است، عنوان مـی کنیم و در هر مورد نسبت آن را با سه تعریفی که از واقع گرایی علمـی دادیـم عنـوان مـی کنیم.

این موارد شامل ۱- وجود مشاهده پذیرهای ناسازگار، ۲- مسأله انـدازه گیـری و ۳- قضایای عدم امکان (یعنی قضایای Bell و کوچن اشپکر) است. مورد سوم در تعریف واقع گرایی نوع سوم بررسی شد. بنابراین موارد (۱) و (۲) را در اینجا بررسی می کنیم.

٦-۲-۱. وجود مشاهده پذیرهای ناسازگار

با استفاده از قوانین حاکم بر عملگرها در فضای هیلبرت می توان نشـان داد، هـر گـاه Ω, Λ دو عملگر هرمیتی بوده و دارای خاصیت زیر باشند:

$$[\Omega, \Lambda] = i\Gamma$$

(دراینجا $[\Omega, \Lambda] = \Omega\Lambda - \Lambda\Omega$ است که به آن جابجا گر (commutator) می گویند) رابطه زیر برقرار است:

$$(\Delta\Omega)^2(\Delta\Lambda)^2 \geq \frac{1}{4} < \psi \,|\, [\hat{\Omega}, \hat{\Lambda}]_+ \,|\, \psi >^2 + \frac{1}{4} < \psi \,|\, \Gamma \,|\, \psi >^2 \quad (*)$$

معروف ترین مشاهده پذیرهای ناسـازگار مشـاهده پـذیرهای مکـان و انـدازه حرکـت هستند. البته اندازه حرکت باید با مولفه مکانی، که با آن مقایسه می شود، هم جهـت باشـد. اگر Ω و Λ به ترتیب X و P باشند در آن صورت داریم:

$$[X, P] = ih$$

که در این صورت رابطه عدم قطعیت به صورت زیر در می آید:

$$(\Delta X)(\Delta P) \geq h/2$$

این اولین رابطه عدم قطعیتی است که هایزنبرگ آن را در سال ۱۹۲۷ با استفاده از نظریه تبدیل دیراک- یـوردن (Dirac- Jordan Transformation Theory) بدسـت آورد (گلشـنی، ۱۳۸۵، ص ۲۳۳).

باید توجه داشت که اگر در روابط عدم قطعیت یکی از دو کمیت ΔX و یا ΔPبرابر صفر شوند(که به این معنی است که مقدار کمیتی که عدم قطعیت آن صفر شده به طور دقیق و با احتمال برابر ۱ بدست آمده است) عدم قطعیت کمیت دیگر برای ارضای نامساوی باید برابر بی نهایت باشد؛ یعنی مقداری به کمیت دیگر نمی توان اسناد کرد و به طور دقیق تر باید گفت کمیت دوم خوش تعریف نیست.

دو نتیجه مهم از این رابطه استنباط می شود. یکی طرد موجبیت (determinism) (که مربوط به بحث ما نیست) و دیگری عدم امکان اسناد واقعیت فیزیکی همزمان، بر اساس تعریف سوم از واقع گرایی علمی، به کمیاتی است که دارای عملگرهای ناسازگار هستند. همین طور اگر طریقی پیدا کنیم که با احتمال ۱ مقادیر مشاهده پذیر های ناسازگار را پیش بینی کنیم، چون در مکانیک کوانتومی این دو مشاهده پذیر به طور همزمان قابل تعریف نیستند، بر اساس واقع گرایی نوع دوم هم مکانیک کوانتومی واقع گرایانه نیست.

بنابراین، به نظر می رسد که واقع گرایی های نوع دوم و سوم، با وجود مشاهده پذیر های ناسازگار در مکانیک کوانتومی در تعارض باشد. به این معنی که این کمیات را نمی توان عنصری از واقعیت دانست یا این کمیات در هر زمانی دارای مقدار نیستند. زیرا مشاهده پذیر های ناسازگار، به طور هم زمان خوش تعریف نیستند و اگر یکی از آنها در نظریه خوش تعریف باشد دیگری تعریف شده نیست و این یعنی اگر فرض کنیم هر دو عنصری از واقعیت باشند، هر دو به طور هم زمان، در نظریه تعریف شده نیستند و این معیار واقعیت؛ یعنی مقدمه (۱) تعریف دوم را نقض می کند. اما اگر فرض کنیم که هر آنچه مکانیک کوانتومی می گوید عنصری از واقعیت است، نوع دوم واقع گرایی با وجود مشاهده پذیرهای ناسازگار در تعارض قرار نمی گیرد، ولی باز نوع سوم واقع گرایی در این مسأله؛ یعنی وجود مشاهده پذیرهای ناسازگار با مکانیک کوانتومی در تعارض خواهد بود.

اما به سادگی می توان دید واقع گرایی از نوع اول، با وجود مشاهده پذیرهای همزمان ناسازگار نیست؛ زیرا می توان این مشاهده پذیرها را اولاً مستقل از ذهن دانست؛ ثانیاً احکام مکانیک کوانتومی در مورد آنها را تقریبا صادق دانست؛ یعنی اینکه مکانیک کوانتومی می گوید اگر« عدم قطعیت یکی از دو کمیت فیزیکی ناسازگار صفر شده و به طور دقیق و با احتمال برابر ۱ بدست آمده است کمیت دیگر دارای عدم قطعیت بی نهایت است و مقداری خوش تعریف ندارد» صادق یا تقریبا صادق است؛ و ثالثاً گزاره هایی که این احکام را بیان می کنند قابل صدق و کذب هستند. بنابراین نظریه به خودی خود نه واقع گرایانه

است نه ضد واقع گرایانه، بلکه این موضع فلسفی نسبت به نظریه است که واقع گرایانه یا ضد واقع گرایانه می شود.

ممکن است گفته شود هیچ ناسازگاری ای در مورد تعاریف دوم و سوم وجود ندارد؛ زیرا مکانیک کوانتومی تنها آنچه را ما می توانیم بدانیم می گوید ولی در واقعیت اینها همواره دارای مقادیر معین هستند و به این ترتیب، تناقضی وجود ندارد. اما مشکل اینجا است قضایای عدم امکان، که پیش از این به آنها اشاره کردیم، امکان چنین امری را رد می کنند.

۶-۲-۲. مشکل اندازه گیری

تحول دینامیکی برای آزمایش اشترن-گرلاخ را می توان بر اساس مکانیک کوانتومی با معادله شرودینگر و تابع موج زیر بیان کرد.

$$\psi_0 \equiv (\alpha\psi_+ + \beta\psi_-)\phi_0 \xrightarrow[t\to+\infty]{} \psi_{out} = \alpha\psi_+\phi_{up} + \beta\psi_-\phi_{down}$$

اما بر اساس صورت بندی مکانیک کوانتومی و کاهش تابع حالت که فون نویمان آن را به طور مفصل در کتاب بنیان های ریاضی مکانیک کوانتومی[۱۴] توضیح داده، تابع حالت مربوط به دستگاه با کاهش حالت تابع سیستم مرکب بدست می آید و به صورت $\psi = \alpha\psi_+ + \beta\psi_-$ خواهد بود، همچنین تابع حالت الکترون برابر $\phi = \alpha\phi_{up} + \beta\phi_{down}$ می شود. بنابراین، در هر دوی این موارد ما با تابعی به شکل $\alpha\psi_1 + \beta\psi_2$ (یا شکل کلی تر آن $\sum c_i\psi_i$) مواجهیم که به آن حالت ترکیبی (Superposition) می گویند که ترکیبی از بردارهای ویژه عملگری است که اندازه گیری می شود. اما واقعاً اینکه حالت دستگاه در $\alpha\phi_{up} + \beta\phi_{down}$ است، به چه معناست؟

همه می دانیم که با مراجعه به دستگاه همواره حالتی معین را مشاهده خواهیم نمود. یعنی دستگاه یا اسپین را بالا نشان می دهد یا پایین. اما مکانیک کوانتومی می گوید قبل از مشاهده دستگاه نه اسپین پایین را نشان می دهد نه بالا را و این عمل مشاهده است که منجر به تقلیل تابع موج می شود و اسپین یا بالا می گردد یا پایین. یعنی عمل مشاهده هم وضعیت دستگاه را معین می کند و هم اسپین الکترون را.

پس مشاهده ما، دو خصوصیت از دو شیء را معین می کند، و به نظر می رسد که فرض وضعیت حالت ترکیبی برای دستگاه و همچنین برای اسپین الکترون در واقعیت بر خلاف شهود ما است که در دنیای اشیایی با ابعادی بسیار بزرگ تر از ابعاد اتم شکل گرفته

است. بنابراین به نظر می رسد که این مشاهده است که هم خصوصیت مورد نظر را واقعیت می بخشد و هم آن را برای ما مشخص می سازد.

اگر در مکانیک کوانتومی عمل مشاهده را به صورتی تعبیرکنیم که ناظر در واقعیت بخشیدن به اشیای کوانتومی نقش داشته باشد در این صورت آشکارا این نوع تعبیر از مکانیک کوانتومی با هر سه نوع تعریف از واقع گرایی در تعارض است. اما می توان انواع تعابیری واقع گرایانه از مکانیک کوانتومی داشت از جمله قرائتی از تعبیر کپنهاگی ارائه کرد که با واقع گرایی نوع اول سازگار باشد[۱۵].

برای روشن شدن مطلب، مواضع بور و هایزنبرگ را در تعریف اندازه گیری در نظر بگیرید. این مواضع مشخص کننده جهت گیری های آنها است. تعریفی که بور از اندازه گیری ارائه می دهد به نوعی متافیزیکی است و تعریفی که هایزنبرگ از اندازه گیری بیان می کند، کاملاً پوزیتیویستی است. تعریف بور از اندازه گیری به صورت زیر است:

«اگر کمیتی چون Q در سیستم S و در زمان t اندازه گیری شود، آنگاه Q دارای مقدار ویژه ای در S و در زمان t است» (Krips, 2007).

در صورتی که هایزنبرگ تعریف زیر را ارائه می دهد:

«بی معنی خواهد بود که به Q مقداری چون q برای سیستم S و در زمان t اسناد کنیم، مگر آنکه Q اندازه گیری شود و مقدار q را در t داشته باشد» (ibid).

می توان گفت، در نظر هایزنبرگ کمیتی چون Q صرفاً وقتی با معنا است که بتوان آن را اندازه گیری کرد یعنی وی تعریف پذیری (definability) را بر اساس قابلیت امکان اندازه گیری (measurability) بنیان می نهد و اولی را به دومی تحویل می کند. یعنی برای او تمام مفاهیمی که در فیزیک کلاسیک برای توصیف سیستم های مکانیکی به کار می روند، می توانند به طور همانند برای فرآیند اتمی نیز به طور دقیق تعریف گردند... چون تعریف مفهوم به معنای توصیف روشی است برای اندازه گیری کمیتی که مفهوم یاد شده به آن ارجاع می دهد» (Jammer, 1974: 68).

به نظر می رسد که بیان هایزنبرگ نشان دهنده این باشد که در این تلقی، اسناد واقعیت به اشیا در حالتی که اندازه گیری صورت نیافته باشد، معنی محصلی ندارد و به این معنی کمیات اتمی به اندازه گیری بستگی دارند. اگر اندازه گیری را به ناظر و به طور مشخص ذهن انسانی وابسته کنیم آشکار است که مولفه متافیزیکی نوع اول از تعریف واقع گرایی

دچار مشکل می شود و نوع دوم و سوم از واقع گرایی علمی هم آشکارا بـا ایـن تلقـی در تعارض است.

در نگرش فوق، روابط عدم قطعیت صرفاً برای اندازه گیری همزمان کمیـات (مشـاهده پذیرهای) ناسازگار محدودیت ایجاد می کنند ولی هر یک از این کمیات به تنهایی به طـور دقیق قابل اندازه گیری هستند. پس اگر کمیات فیزیکی را بر اسـاس روابـط عـدم قطعیـت تعریف کنیم، مشکلی وجود نخواهـد داشـت (ibid). بـه عبـارت دیگـر، هرگـاه مـا مکـان الکترونی را به طور دقیق تعریف کنیم (یعنی اندازه گیری کنیم) دیگر نمی توانیم برای ایـن الکترون اندازه حرکت خوش تعریف داشته باشیم. در اینجا می توان گفت الکتـرون انـدازه حرکت ندارد و این نظری است که فون نویمان نیز به نوعی به آن معتقد است. لازم به ذکر است که در اینجا به دلیل اینکه عمل اندازه گیری در مشخص شدن (و به تعبیری واقعیـت یافتن) کمیات فیزیکی دخالت می کند، ما به نوعی، در اسناد واقعیت فیزیکی به این کمیات با مشکل مواجه می شویم، ولی به طور مفهومی صرف اینکـه دو کمیـت ناسـازگار باشـند نظریه را با واقع گرایی نوع اول در تعارض قرار نمی دهد(همانطور که در زیر بخش پیشین گفته شد).

اما بر خلاف هایزنبرگ، بور این نوع تحویل تعریف پـذیری بـه قابلیـت امکـان انـدازه گیری را غیر قابل قبول می داند. در واقع برای بور بر خلاف نظر فیلسـوفانی نظیـر کـوهن (Kuhn) و فایرآبنـد (Feyerabend) مفـاهیم در نظریـه هـای متـوالی قابـل قیـاس انـد (Commensurable) و معنای آنها تغییر نمی کند (Faye, 2007) می توان گفت بور به نـوعی رابطه گرایی نهان (hidden relationalism) معتقد بود و این به معنی کلاسیک و نیـوتنی آن مد نظر وی بوده است (Krips, 2007)؛ یعنی در حوزه اتمی روابط میان اشیای اتمی که بور قائل به وجود آنها بود طوری است که منجر به برقراری روابط عدم قطعیت می شود که می توان آنها را مبین مکملیت (complementation) میان خواص سینماتیک (Kinematic) مثل مکان و زمان و خواص دینامیک (dynamic) مثل انرژی و اندازه حرکت دانست. باید توجه داشت که بور معتقد به تعریف عملیاتی (operatinally) مفاهیم کلاسیک نبـود و همچنـین هرگز از تحویل تابع موج یا تقلیل بسته موج سخنی نگفت چون وی اساساً تابع موج را به عنوان امری واقعی در نظر نمی گرفت بلکـه صـورت بنـدی مکانیـک کوانتـومی را صـرفاً نمایشی نمادین لحاظ می کرد (Faye , 2007).

بور معتقد بود که تعریف سالم یا به عبارت دیگر، تعریف خوش تعریف (well – define) از کمیات ناسازگار با روابط عدم قطعیت محدود می شود و« عدم قطعیت متقابلی که همواره مقادیر این کمیات را تحت تأثیر قرار می دهد اساساً نتیجه ای است از دقت متقابلی که همواره مقادیر این کمیات را تحت تأثیر قرار می دهد. اساساً نتیجه ای از دقت محدودی است که با آن تغییرات در انرژی و اندازه حرکت می توانند تعریف شوند (نه اینکه اندازه گیری شوند)» (Jammer, 1974: 69).

بور قائل به واقعی بودن، تقلیل تابع موج نبود. این اصلی است که فون نویمان آن را ابداع کرد برای بیرون آمدن از تناقضی که حاصل قاعده تعبیری وی و وجود حالات ترکیبی در فرآیند اندازه گیری است. اما ببینیم که تقلیل تابع موج چه مشکلی در واقع گرایی ایجاد می کند. برای این منظور مثال زیر را در نظر بگیرید.

ذره منفرد آزادی را که در یک بعد حرکت می کند به عنوان سیستم در نظر بگیرید. اکنون برای آن مشاهده پذیر انرژی را در نظر بگیرید. از حل معادله شرودینگر، برای ذره آزاد، جوابهای حالت سیستم $|\psi_+\rangle = |E,+\rangle = |\, p = (2mE)^{1/2}\rangle$ و $|\psi_-\rangle = |E,-\rangle = |\, p = -(2mE)^{1/2}\rangle$ ، به دست می آید(Shankar, 194: 151-152). جواب اول به این معنی است که ذره ما با اندازه حرکت p به سمت راست در حرکت است و جواب دوم به این معنی است که ذره ما با همان اندازه حرکت p به سمت چپ در حرکت است. تا اینجا هیچ مشکلی نداریم و وضعیت در مکانیک کلاسیک هم وجود دارد پس اگر حالت ذره یکی از این دو حالت باشد تعارضی با شهود و تجربه معمول ما ندارد و مشابه وضعیت کلاسیک است.

اما با خاصیت خطی بودن جوابها می توان نشان داد که اگر $|\psi_+\rangle$ و $|\psi_-\rangle$ جواب های معادله شرودینگر یک سیستم باشند در آن صورت ترکیب خطی آنها هم جواب معادله خواهد بود. یعنی وضعیتهایی با حالت زیر هم به عنوان جواب قابل قبول سیستم وجود دارد که کاملاً با وضعیت کلاسیک و شهود و تجربه معمول ما متفاوت است.

$$\alpha, \beta \neq 0 \;;$$

$$|\psi\rangle = \alpha\,|E,+\rangle + \beta\,|E,-\rangle = \alpha\,|\, p = (2mE)^{1/2}\rangle + \beta\,|\, p = -(2mE)^{1/2}\rangle$$

اگر حالت سیستم به صورت فوق باشد در واقع ما عبارت درستی برای بیان آن نداریم و به مسامحه می توان گفت ذره با اندازه حرکت $p = (2mE)^{1/2}$ به سمت راست و چپ در حرکت است. اما مسأله اینجا است که ما در اندازه گیری، حالت ذره را در حالت ترکیبی

فوق به دست نمی آوریم، بلکه همواره یا ذره را در حال حرکت به سمت راست با اندازه حرکت p می یابیم یا در حال حرکت به سمت چپ با اندازه حرکت p. در این حالت پرسش اصلی این است که عمل مشاهده و اندازه گیری چگونه حالت ذره را معین می کند؟

تعبیر استاندارد[۱۶] این پرسش را بر اساس قاعده تعبیر فون نویمان پاسخ می دهد. قاعده تعبیر فون نویمان می گوید که مشاهده پذیری چون B مقداری چون b اسناد می شود اگر و تنها اگر سیستم اندازه گیری شده در حالت ویژه ای از مشاهده پذیر فوق قرار داشته باشد (Van Fraassen, 1991: 274).

بر اساس این تعبیر، در پایان فرآیند اندازه گیری گذاری غیرعلی (acausal) از حالت ترکیبی به یکی از حالات ویژه مشاهده پذیر رخ می دهد. لازم به ذکر است که بنا بر تعبیر یاد شده این انتقال غیرعلی کاملاً تصادفی است. مثلاً اگر تابع حالت سیستمی را با $\sum c_i\psi_i$ نشان دهیم در آن صورت احتمال اینکه به حالت ویژه ψ_k تقلیل یابد، برابر $|c|^2$ است و این احتمال عینی (objective) است، نه ذهنی (subjective) و ناشی از جهل. مسأله مهم این است که عمل مشاهده یا اندازه گیری چگونه منجر به چنین گذاری می شود و چه نوع تفاوتی میان بر همکنش اندازه گیری و دیگر بر هم کنش ها وجود دارد که این عمل را قادر به تقلیل می کند.

بروز مشکل فوق به علت خصوصیت خطی دینامیک حاکم بر مکانیک کوانتومی و قاعده تعبیر فون نویمان است: « از آنجایی که دینامیک مکانیک کوانتومی که با معادله مستقل از زمان شرودینگر در مورد حرکت توصیف می شود خطی است، فوراً از این مطلب، اصل تعبیر رسمی نتیجه می شود که می گوید پس از اندازه گیری میان دو سیستم مکانیک کوانتومی که یکی را می توان اندازه گیری ای که یک سیستم روی سیستم دیگر انجام می دهد، تعبیر کرد، حالت سیستم مرکب، حالت ویژه ای از مشاهده پذیری که در برهمکنش اندازه گیری شده نیست و حالت ویژه مشاهده پذیر نمایشگر هم که به عنوان نشانگر عمل می کند، نیست. بنابراین بر اساس تعبیر رسمی مشاهده پذیر اندازه گیری شده و قرائتی که از نشانگر حاصل شده بعد از برهمکنش مناسب که قرائت های نشانگر را با مقادیر مشاهده پذیرهای اندازه گیری شده در تضایف قرار داده، دارای مقادیر معین نیستند. این مشکل اندازه‌گیری مکانیک کوانتومی است» (Bub, 1997: 2)

با توجه به قاعده فون نویمان، شما صرفاً وقتی می توانید قرائتی از مشاهده پذیری معین، داشته باشید که بردار حالت مشاهده پذیر یکی از بردارهای ویژه آن باشد. اما

همانطور که گفته شده خصوصیت خطی معادله شرودینگر منجر می شود بـه بـروز حالـت های ترکیبی که بردار ویژه ای از مشاهده پذیر نیستند. در چنین حالتی بر اساس قاعده تعبیر فون نویمان مشاهده پذیر دارای مقدار نیست، پس اگر چنین است ما در عمل چگونه برای کمیات مقدار مشاهده می کنیم؟ برای حل این تناقض است که فون نویمان قاعده تصویر را معرفی می کند. اما به نظر می رسد راه حل وی که با اضافه کردن اصـلی اسـت کـه صـرفاً برای رفع تناقض است راه حلی خلق الساعه (ad hoc) است و اگـر نـاظر را در ایـن عمـل دخیل کنیم با آموزه واقع گرایی در تعارض قرار می گیرد، از این رو، بسیاری از تعابیر کـه رویکرد واقع گرایانه دارند این اصل را رد می کنند.

۷. نتیجه‌گیری

اما ببینیم که پرسش اصلی مقاله در اینجا چگونه پاسخ می یابد. در مورد واقـع گرایـی نـوع اول به نظر می رسد که اگر ما اندازه گیری را به ذهن انسانی نسبت ندهیم، هـر سـه مولفـه واقع گرایی می توانند با مکانیک کوانتومی در تلائم باشند حتی با وجود مسأله اندازه گیری می توان نسبت به مکانیک کوانتومی واقع گرای نوع اول بود. یعنی می تـوان (۱) هویـات نظریه را مستقل از ذهن دانست، (۲) خود نظریه را تقریبا صادق دانست و (۳) گزاره هـای نظریه را قابل صدق و کذب تلقی کرد. در واقع در تعبیر کپنهاگی هم دیدگاه واقع گرایانه از نوع اول داشت[۱۷].

اما مطلب در مورد واقع گرایی های نوع دوم و سوم متفاوت است. در مورد واقع گرایی نوع دوم اگر عنصری در واقعیت(یعنی کمیتی باشد که بدون اخلال در سیستمک با احتمال ۱ پیش بینی شود) وجود داشته باشد که ما در نظریه دخیل نکرده باشیم نظریه تصویرصادق یا تقریبا صادقی از جهان نداده ایم. باید توجه داشت با اینکـه مفهـوم تقریبـا صـادق دارای مشکلاتی است اما با فرض اینکه ما مفهوم قابل قبولی از تقریبا صادق ارائه دهیم، اگر نظریه ای برای تعدادی از عناصر واقعیت نتواند همتاّهای ارائه دهد به طـوری کـه مفهـوم صـدق تقریبی را نتوان بر آن اعمال کرد، این نظریه واقع گرایانه نخواهد بود. تفاوت آن با تعریـف اول این است که ما در تعریف اول از پیش نظریه را صادق یـا تقریبـا صـادق مـی دانـیم و بنابراین نظریه همواره این معیار را برآورده می کند. پس به این ترتیب، اگر کسانی ادعا کنند که مکانیک کوانتومی قادر نیست به تعداد قابل توجهی از عناصر واقعیت همتا نسبت دهـد آنان مکانیک کوانتومی را واقع گرایانه نخواهند نامید. اما تعریف سوم بیشترین تعارض را با

مکانیک کوانتومی دارد و آشکار است که چون ما نمی توانیم همواره ودر همه زمان ها به تمام کمیات آن مقدار نسبت دهیم، بر اساس این تعریف، مکانیک کوانتومی غیر واقع گرایانه خواهد بود.

از مجموع مطالبی که عنوان شد می توان بر اساس قرائت قاطبه فلاسفه علم از واقع گرایی، نسبت به مکانیک کوانتومی، حتی با تعبیر کپنهاگی، موضع واقع گرایانه داشت.

پی‌نوشت‌ها

۱–به عنوان مثال به(Ladyman, 2000: 158)، (Psillos, 1999: xvii) و (Boyd, Gasper, 1991: 1991) و یا مدخل استنفورد در مورد واقع گرایی مراجعه کنید.

۲– این تعریف از (Readhead,1989: 82) ملهم شده است.

۳– در ادامه مقاله،تعریف کمیات ناسازگار در مکانیک کوانتومی ارائه خواهد شد.

٤– اگر مقدمه زیر را به این تعریف اضافه کنیم نظریه موجبیتی هم خواهد بود:

مقدمه ٤) اگر عنصری از واقعیت فیزیکی چون A ، همتایی چون f_A در نظریه فیزیکی داشته باشد، آنگاه می توان، در شرایطی، با قطعیت (یعنی، احتمال برابر ۱) مقدار آن کمیت را پیش بینی کرد.

۵– یعنی قضایایی در اثبات عدم امکان وجود متغیرهای نهان برای مکانیک کوانتومی است.

٦ – مخفف value definiteness است.

۷ – مخفف non contextually است.

۸– در بخش (۳)مفهوم تعبیر روشن خواهد شد.

۹– برخی این دو دیدگاه را رضایت بخش ندانسته اند و رویکرد سومی معرفی کرده اند به نام دیگاه عملگرایانه. به طور کلی، در دیدگاه عملگرایانه یک رشته فرضها در مورد نظریه علمی وجود دارد که به نظر می رسد در آنها دیدگاه های نحوی و معناشناختی اشتراک دارند: با تقریب زیاد می توان گفت نظریه باید: صریح، ریاضیاتی، مجرد، نظام مند، به آسانی فردی شونده (individualizable)، متمایز از داده ها و آزمایش ها و به میزان بالایی تبیین کننده و پیش بینی کننده باشد (Grønfeldt Winther, 2015). در این نگاه ساختار نظریه های علمی متفاوت از دو نگاه پیشین، دارای انواع برنهاده ها است از جمله اینکه محدودیت دارد و نمی تواند مبنای استواری برای آن نوع عمل پیش بینی کنندگی و تبیین کنندگی باشد که مدافعان دیدگاه نحوی و دیدگاه معنا شناختی از آن انتظار دارند. در این رویکرد علم تکثر گرایانه است هم در مولفه های درونی (جنبه های ریاضیاتی، استعاره ها ، تشابه ها، ...) و

هم درمولفه های بیرونی (مکانیکی بودن، تاریخی بودن، مدل های ریاضی و...) و نیز جنبه های غیر صوری دارد و...(ibid)

۱۰ – در اینجا ما با نظریه ای جدید مواجهیم.

۱۱ – در ادامه مشکل اندازه گیری توضح داده می شود.

۱۲– شومر (Schommer) دو خصوصیت را برای مکانیک نیوتنی (که در واقع قسمت اصلی فیزیک کلاسیک است و سایر بخش های فیزیک کلاسیک با توجه به مبانی آن تبیین می شوند) اساسی می داند:

«۱– عناصر جهان که در فضای مطلق و زمان مطلق در حرکتند، کوچک، جامد، و اشیای تباهی ناپذیر اند که همواره دارای جرم و شکل ثابت هستند. ...

۲) مکانیک نیوتنی رابطه تنگاتنگی با موجبیت دقیق دارد؛ یعنی مسیر آینده شیء در حال حرکت را (مثلاً یک سیاره را) می توان به طور کامل پیش بینی و گذشته آن را کاملاً آشکار کرد، مشروط بر اینکه حالت کنونی آن با تمام جزئیات معلوم باشد.

از دیدگاه نیوتن، تصویر واقعیت با تصور زیر ارائه می گردد: در آغاز، خدا اشیای مادی را آفرید؛ آنها و معادلات حرکت را آفرید. سپس، کل جهان در حرکت قرار گرفت و آن حرکت از آن هنگام ادامه داشته است، مثل یک ماشین، معادلات حرکت بر آن حاکم بوده است» (Schommers, 1989: 3). در اینجا شرط (۲) متناظر است با S_2 است که فوقا به آن اشاره کردیم.

۱۳– (برای ملاحظه بحث جامع و به لحاظ ریاضی دقیق به مکانیک کوانتومی در فضای هیلبرت (Quantum Mechanics in Hilbert Space) نوشته Eduard Prugovercki مراجعه کنید).

14 –Mathematical Foundations of Quantum Mechanics

۱۵ – همچنین باید توجه داشت که صرف وجود حالت ترکیبی، به خودی خود با واقع گرایی در تعارض قرار نمی گیرد، بلکه وارد کردن اصل تقلیل تابع موج ، که نوعی اصل تعبیری است، ما را با نوعی واقع گرایی دچار مشکل می کند.

۱۶ – این تعبیر را می توان همان تعبیر کپنهاگی که ذکر کردیم دانست البته باید توجه داشت که تعبیر کپنهاگی تعبیری واحد و کاملاً منسجمی نیست، ولی می توان مشترکاتی برای آن در نظر گرفت که آن را از دیگر تعابیر جدا می کند.

۱۷– تعبیر بور تاییدی برای این مطلب است و صرف در نظر گرفتن قاعده تعبیر فون نویمان برای واقع گرایی نوع اول مشکلی ایجاد نمی کند. البته باید توجه داشت بر اساس نقل قولی که از هایزنبرگ ذکر شد اگر عمل اندازه گیری را به ناظر و ذهن انسانی اسناد کنیم و مقدار یافتن را مقوم واقعیت مستقل بدانیم، این تلقی با واقع گرایی نوع اول و البته واقع

گرایی نوع دوم و سوم دچار مشکل می شوند. این مطلب در مورد نظری که فـون نویمـان در مورد تقلیل تابع موج داشت و آن را به شعور اسناد می داد نیز بر قرار است. ولی به نظـر نمی رسد اینها تعابیر صورت بندی شده و دقیقی باشند.

منابع

جینز، جیمز هاپود،« فیزیک و فلسفه،انتشارات علمی و فرهنگی»، ترجمه علی قلی بیـانی، تهـران: انتشـارات علمی فرهنگی، ۱۳۸۱.

شانکار، رامامورتی،« اصول مکانیک کوانتومی»، ترجمه حسین صالحی، تهران: دانش نگار، ۱۳۸۷.

گلشنی، مهدی، «تحلیلی از دیدگاههای فلسفی فیزیکدانان معاصر»، تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۸۵.

معصومی، سعید، «چیستی نظریه های علمی :رویکردهای نحوی و معناشناختی»، فلسفهٔ علم، پژوهشگاه علـوم انسانی و مطالعات فرهنگی، سال پنجم، شمارهٔ اول، ۱۳۹٤.

Bell, J.S. (1964) "On the Einstein-Podolsky-Rosen paradox," *Physics*, 1: 195–200.

Bell, J.S. (1966) "On the problem of hidden variables in quantum mechanics," Reviews of Modern.

Physics, 38: 447–452.

Bub, J. (1997) Interpreting the Quantum world, (Cambridge: Cambridge University Press).

Boyd, R. Gasper, P. and Trout, J. D. (eds.) (1991) The Philosophy of Science, Cambridge, MA : The MIT Press.

d'Espagnat, B. (ed.) (1976) Conceptual Foundations of Quantum Mechanics, 2nd edn. (Reading, Mass.: Benjamin).

Einstein, A, Podolsky, B. and Rosen N. (1935) Phys. Rew. 47.

Faye, J. (2008) Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics, http://plato.stanford.edu/entries/qm-copenhagen/.

Fine, A. (2009) The Einstein-Podolsky-Rosen Argument in Quantum Theory, http://plato.stanford.edu/entries/qt-epr/.

French, S.(2014) The Structure of the World Metaphysics and Representation, (Oxford: Oxford University Press).

Goldstein,S.(2006)BohmianMechanics,http://plato.stanford.edu/entries/qm-bohm/.

Held, C. (2006) The Kochen-Specker Theorem, http://plato.stanford.edu/entries/kochen-specker/.

Hughes, R. I. G. (1989), *The Structure and Interpretation of Quantum Mechanics* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press).

Isham, C. (2001) Lectures on Quantum Theory Mathematical and Structural Foundations, (Imperial College, London).

Jammer, M. (1974) The Philosophy of Quantum Merchanics, (New York :John Wiley & Sons).

Krips, H. (2007) Measurement in Quantum Theory, http://plato.stanford.edu/entries/qt-measurement/

Ladyman, James (2002). *UNDERSTANDING PHILOSOPHY OF SCIENCE*, London and New York: Routledge.

Popper, K. (1982) Quantum Theory and Schism in Physics, (London: Unwin Hyman Ltd).

Prugovecki, E. (1981) Quantum Mechanics in Hilbert Space, (New York and London: Academic Press).

Psillos, S. (1999) Scientific Realism : How Science Tracks Truth,(London and New York: Routledge).

Redhead, M. (1987) *Incompleteness, Non-Locality, and Realism*, (Oxford: Oxford University Press).

Schommers, M. (ed.) (1989) Quantum Theory and Picture of Reality, (Berlin Heidelberg: Springer-Verlag).

Shimony, A. (2009) Bell's Theorem http://plato.stanford.edu/entries/bell-theorem/.

Van Fraassen, B.C. (1980) Scientific Image, (Oxford: Oxford University Press).

—— (1991) Quantum Mechanics: an Empiricist View, (Oxford: Oxford University Press).

von Neumann, J. (1955), *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics* (German edn. 1932) (Princeton: Princeton University Press).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی