

# حدود ریاضیاتی بر نظریات فیزیک

## بررسی مسئله اندازه گیری و ناتمامیت گودل

امیر حسین ابراهیم نژاد

۱۹ خرداد ۱۴۰۲

### فهرست مطالب

#### ۱ مقدمه

۱	مقدمه	۱
۲	چگونه میدانیم؟	۲
۱.۲	معرفت های ابتدایی	۱
۲.۲	تجربه گرایی	۲

۱ مکانیک کوانتومی، نظریه ای که در ابتدای قرن گذشته با پیش بینی های بسیار دقیق خود، جایگاه خود را به عنوان دقیق ترین نظریه بشر، در رابطه با طبیعت بدست آورد. با این حال پس از گذشت صد سال از آغاز مکانیک کوانتومی، این نظریه همچنان راز آلود باقی مانده است. همانطور که در ادامه خواهیم پرداخت به صورت کلی میتوان تمام رازگونی مکانیک کوانتومی را در مسئله اندازه گیری خلاصه کرد؛ هرچقدر که تجسم دوگانگی ذره و موج و برهمنهی و غیره و غیره برای شهود انسان چالش برانگیز باشد، ساختار کلی آنها علیت را زیر سوال نمیبیند. بدین ترتیب میتوان اینگونه پنداشت که چالش مکانیک کوانتومی تا قبل از مسئله اندازه گیری، تنها برای شهودی نبودن مسئله میباشد.

در این پژوهش، مسئله اندازه گیری را از منظر جدیدی بررسی خواهیم کرد. سعی ما بر این خواهد بود تا اندازه گیری را نه بخاطر ضعف در مدل سازی و نه بخاطر وجود مشاهده گر. بلکه به عنوان یک ویژگی طبیعی که در جهان وجود خواهد داشت بررسی کنیم. ابتدا کمی از فلسفه های گذشته و دلیل موفقیت آنها در توصیف طبیعت به صورت فیزیک کلاسیک خواهیم گفت. سپس به مکانیک کوانتومی و شگفتی های بوجود آمده از طرف آن خواهیم پرداخت. و در نهایت دو قضیه مهم در ریاضیات و منطق قرن گذشته را -قضیه گودل و نظریه محاسبه- بررسی خواهیم کرد؛ در ادامه سعی در توصیف شرایط حاکم در طبیعت با توجه به این قضایا خواهیم کرد. در آخرین فصل نیز به ارائه چند مسئله برای پیشبرد این دیدگاه خواهیم پرداخت.

#### ۲ چگونه میدانیم؟

##### ۱.۲ معرفت های ابتدایی

بررسی طبیعت از دوران های بسیار کهن، یکی از علایق بشریت به شمار می رفت. بشر آگاه، دیگر مانند موجودات دیگر درگیر چالش ها و خطر های روزمره قرار نمیگیرد، و در نهایت نمیتواند مانع ذهن خود در طرح پرسش های بنیادین بشود.

روش های متعددی برای بررسی طبیعت در طی این سال ها بوجود آمده و از میان رفته است. حال آنکه از سرایش اشعار و خدایان تا سیستم های فوق پیچیده مهندسی امروز با این حال در جایی میان خدایان یونان و شتابدهنده های ذرات بنیادی بشر به نتیجه ای مهم دست یافت. طرح سوالات در قالب آزمایش!

استدلال بسیار ساده ای پشت این نتیجه قرار داشت. چگونه میتوان دانست؟ برای آنکه باور خود را دانش بپنداریم، مهم است که چند صفت را برای آن قائل شویم. ابتدا باور ما باید صحیح باشد. در رابطه با صحت میتوان بحث های زیادی داشت اما بیایید فرض کنیم میتوانیم به هر گزاره که به باور ما تبدیل شده است یک ارزش صحیح یا اشتباه قرار دهیم. حال بدیهیست که باور هایی که ارزش صحیح دارند را به عنوان دانش بپذیریم.

اما اگر من به طور تصادفی تعداد زیادی حدس در رابطه با موضوعات

### ۳ مکانیک کوانتومی و علیت

حدود ساعت سه صبح بود که نتایج نهایی محاسباتم پیش رویم بود. عمیقاً جا خورده بودم و چنان تشویش داشتم که خوابم نمیبرد. خانه را ترک کردم و به آرامی در تاریکی راه رفتم. روی صخره ای مشرف به دریا در کنج جزیره رفتم. منتظر ماندم که خورشید برآید. ورنه هاینبرگ

مکانیک کوانتومی در قرن گذشته در نزدیکی زمانی که کلون، فیزیکدان بزرگ، فیزیک را کامل میدانست پا به عرصه گذاشت. شگفتی های طبیعت بعد از یافتن قوانین کلاسیک حرکت، جاذبه، اپتیک و الکتروینامیک. چهره جدیدی به خود گرفته بودند. نکته حائز اهمیت در رابطه با فیزیک کوانتومی مسئله اندازه گیری در آن است به طور کلی میتوان یک پروسه کوانتومی را به سه بخش تقسیم بندی کرد.

#### ۱.۳ آماده سازی

ابتدا باید در نظر گرفت که در مکانیک کوانتومی سیستم ها تحت یک تابع مختلط ریاضیاتی به نام تابع-موج شناخته میشوند. بدین صورت که تمام اطلاعاتی که در رابطه با سیستم وجود دارد به نحوی درون این تابع ذخیره شده است. مرحله اول یک پروسه کوانتومی را میتوان آماده سازی دانست. مرحله ای که تحت آن ما یک سیستم کوانتومی را به حالت اولیه مورد علاقه خود در میآوریم. البته لازم به ذکر است که برای یک پروسه طبیعی نیز میتوان مرحله آماده سازی را به صورت مرحله قبل از تحول در نظر گرفت. بدین ترتیب ما با یک تابع موج اولیه سیستم کوانتومی خود را توصیف میکنیم.

$$|\psi_0\rangle \quad (۲)$$

مختلف بزنم. احتمالاً چندتایی از آنها درست از آب در بیایند. پس این سوال مطرح میشود: آیا من در رابطه با حدس های درست خود دانش داشتم؟ جواب ما منفی است. هنگامی که از دانش حرف میزنیم لازم داریم تا برای داشتن آن باور و البته برای درست دانستن آن باور دلیل بیاوریم و دلیل داشتن آن باور را توجیه کنیم. بدین ترتیب بخش حیاتی از دانش وجود توجیه میباشد.

#### ۲.۲ تجربه گرایی

در علم توجیه درستی یک نظریه عموماً به کمک تجربه انجام میشود. بدین صورت که ما یک نظریه فیزیکی را در شرایط گوناگون استفاده میکنیم و یک دسته از نتایج آن نظریه که تنها اگر آن نظریه درست نباشد بوجود خواهد آمد را دریافت میکنیم. در ادامه با آزمایش کردن در آن شرایط خاص یا در جایی که آن نتایج ممکن از دیده بشوند از صحت نظریه داده شده مطمئن میشویم. نظریه های متفاوت فیزیکی در قرن های گذشته به همین طریق بررسی، رد یا پذیرفته شده اند. ساختار آزمایشات فیزیکی پیچیده تر از گذشته شده اما یکی از عناصر مهم فلسفی که پیشفرض تمام این آزمایشات بوده است به شرح زیر است.

اگر شرایط اولیه در آزمایش را به دقت تنظیم کنیم، برای هر تعداد بار میتوانیم نتیجه مشابه بگیریم.

بسیار خوش شانس بوده ایم که هنگامی که علوم ما تازه پا به عرصه حضور گذاشته اند، طبیعت با مهربانی این پیشفرض ما را برایمان مهیا کرده بود. چراکه در ادامه این پژوهش خواهیم دید که چگونه این پیشفرض اشتباه میباشد. در فلسفه طبیعی کلاسیک، فیزیک کلاسیک و حتی در جهان بینی ماقبل قرن گذشته قطعیت حرف اول را میزد. اگر برای شما یک سیستم فیزیکی را در حالتی که هست و اندرکنش هایی که دیده توصیف میکردم، شما به راحتی میتوانید تمام اندرکنش هایی که گفته ام را وارونه کنید و حالت اولیه سیستم را بدست بیاورید. این را علیت میگوییم، و در ادامه به آن بیشتر خواهیم پرداخت.

#### ۳.۲ قالب ریاضیاتی فیزیک

علاوه بر علوم طبیعی ریاضیات نیز از دوران کهن توجه انسان را به خود جلب کرده بود. بررسی موجودات انتزاعی که در سیستم های ریاضیاتی مدل میشوند، حل معادلات و روابط مختلف بین اعداد و موجودات هندسی، بر خلاف ظاهر آشفته طبیعت، آراسته و منسجم تر به نظر می رسد. با این حال اگر به پیشفرض مهم آزمایش که در بخش قبل به آن پرداختیم دقت کنید، دور از انتظار نخواهد بود که سعی کنیم تا تکرارشدگی آزمایش را با کمک ریاضیات توصیف کنیم. بدین صورت که

$$\hat{H}f = Y \quad (۱)$$

یک معادله کوچک که میتواند هر چیزی را توضیح دهد. در این معادله ما گفته ایم موجودی به نام  $f$  که خصوصیتی دارد تحت یک پروسه  $\hat{H}$  به موجود نهایی  $Y$  تبدیل میشود. نمیخواهم بگویم که تمام فیزیک به همین یک معادله میرسد، اما بخش بزرگی از فیزیک بررسی همین معادلاتی است که به عنوان معادلات دیفرانسیل شناخته میشوند. البته که هر کدام معانی خود را در پی دارند و با تغییر هر یک از این سه موجود ممکن از به معادله ای جدید دست پیدا کنید که شاید معنایی حقیقی در رابطه با آزمایشی خاص داشته باشد.

پس میتوان گفت تصویر برای فیزیک کلاسیک این چنین بود:

- آزمایشات در صورت داشتن شرایط اولیه یکسان همواره جواب نهایی یکسان در پی خواهند داشت که به نشانه صحت یا عدم صحت حدس اولیه ما خواهد بود.
- میتوان از ریاضیات برای توصیف وقایع طبیعت استفاده کرد.