

«علیت» در فیزیک جدید

علی حقی

دانشکده الهیات، دانشگاه فردوسی

چکیده

علیت، مفهومی بس مهم در مابعدالطبیعه است. در اثبات این مدعا یادآوری می‌کنیم فیلسوفان از دیرباز، کثیری از قواعد و استدلالهای خود را بر آن استوار کرده‌اند. نقّادی هیوم از علّیت این رأی را در میان آورد که این رکنِ رکن فلسفه، نه آن‌چنان که فیلسوفان می‌پنداشتند، بی‌خلل و استوار است. کانت: آتش این نقّادی را تیزتر کرد و نقّادی هیوم از علّیت را به کل مابعدالطبیعه تسری داد. حاصل نقّادی کانت، فتوای او به افلاس مابعدالطبیعه بود. لکن متعاطیان مابعدالطبیعه، از این نقّادیه‌ها نهراسیدند و از اعتقاد راسخ خود به علّیت دست نکشیدند. در قرن بیستم، پاره‌ای اکتشافات در علم فیزیک - خاصه در فیزیک هسته‌ای و مکانیک کوانتومی - از نو در این اعتقاد راسخ به علّیت رخنه افکند و فیلسوفان را به کندوکاو دوباره در آن برانگیخت. از فیلسوفان که بگذریم، خود فیزیک‌دانان نیز از رهگذر این کندوکاوها، به دو دسته هواداران و مخالفان علّیت تقسیم شدند. حجم انبوهی از مکتوبات فلسفی، در قرن بیستم، موقوف تحلیل علّیت در علم و پیآمدهای فلسفی آن شده‌است، و توان گفت که علّیت، چندی است از برج عاج مابعدالطبیعه به زیر آمده و روی به حسیض حاصل خیز تجربه آورده است. مقاله‌ای که پیش روی خواننده است شرح و توضیح مختصری است در باب علّیت در فیزیک قرن بیستم و پیآمدهای فلسفی آن.

کلید واژه‌ها: علّیت، جبرانگاری (دترمینیسم)، اصالت ماده، بیش مکانیکی، ایده آلیسم فیزیکی، اصل عدم قطعیت، احتمال، تضاد، عدم موجیت علی، جهان‌باز.

تبیین علّیت در علم جدید - خاصه در فیزیک قرن بیستم - خواه ناخواه ما را به گذشته می‌برد. اگر به گذشته - دست کم به دوتا سه قرن قبل - بازگردیم و سیر تطوّر علم فیزیک را از آن زمان تاکنون بررسی کنیم خواهیم دید که فیزیک قرن بیستم واکنشی بود به فیزیک کلاسیک - که بنیان‌گذاران آن دانشمندان بزرگی چون گالیله و نیوتن بودند. لذا لختی تأمل در فیزیک کلاسیک - که به دست نیوتن صورت بندی نهایی شد - به این سبب لازم است که فضای عمومی بحث از رهگذر این مطالعه تاریخی روشن شود.

سراسحاق نیوتن، انقلاب در نگرش علمی و اتحاد بین ریاضیات و آزمایش گری را که، گالیله پیشاهنگ آن بود، به سرانجام رسانید. او طبیعت را همچون ماشینی قانونمند می‌دانست و از این رو نظام فکری او به «ماشین جهانی نیوتنی» نامبردار شد. قوانین حرکت و گرانش نیوتن، به همه چیز، از کوچکترین ذره در آزمایشگاه گرفته تا دورترین سیاره، قابل اطلاق بود این تصویر از طبیعت، به سان تصویر رایج در قرون وسطی، هنوز حاکی از نظم و نظامی یگانه و هماهنگ بود؛ ولی این بار، بیشتر ترکیبی از نیروها و جرمها بود تا سلسله مراتبی از غایات. سنتز شکوهمند او، به حق مورد ستایش بود و کمال قوانین ریاضی‌اش تأثیر ژرفی بر معاصران نیوتن می‌گذارد و در مجموع، جهان را به صورت ماشینی پیچیده می‌نمایاند که از قوانین لایتغیری پیروی می‌کند که هر جزئی دقیقاً پیش‌بینی‌پذیر است. این مبنای فلسفه‌های جبرانگاران^(۱) و اصالت ماده^(۲) بود که نسل بعد پرورده کرد؛

نظریه گرانش نیوتن، قانونی جهانی بود که کل ساختار فیزیکی عالم را تبیین کرد و پدیده‌های زمینی و آسمانی را که در سنتز ارسطویی از یکدیگر گسسته بودند، با هم یکی کرد. همچنین او به گسستی که بین واقعیت فیزیکی و اخترشناسی، مبتنی بر ریاضی به وجود آمده بود - گسستی که از خصایص علم قرون وسطایی بود -

پایان داد. کوپرنیک با در پیچیدن به نظام بطلمی‌سوسی این هجوم را آغاز کرده بود، لکن توفیق به پایان بردن آن فقط نصیب اصول^(۱) شد که عالمی را به تصویر کشید که در آن فیزیک و اخترشناسی به جای آن که با هم بستیزند یکدیگر را تبیین و تکمیل کردند. خورشید و سیارگان همراهش نظامی خودکفا را تشکیل داده‌اند که حرکات آن از راه هم‌کنش متقابل اجزاء تشکیل دهنده‌اش، تعین پذیرفته است... این باور که نیوتن یک‌بار و برای همیشه ساز و کار بنیادی عالم را تبیین کرده است - باوری که از قرن هجدهم درست تا قرن بیستم چیره بود - با خوش‌بینی سده‌های هجدهم و نوزدهم - با این باور که انسان با اعمال خودش توانسته است همه پدیده‌های طبیعی را تبیین کند و وضع خودش را بر روی زمین بهبود بخشد - نیک موافق افتاده بود (آلن جی. ار. اسمیت، ۱۳۷۷، صص ۱-۱۵۰)

این گونه نگرش به عالم، پیامدهای دینی مهمی داشت. خود نیوتن بر آن بود که ماشین جهان، یا جهان ماشین وار، اثر صنع آفریدگاری حکیم است و نمایاننده قصد و عنایات اوست. نخستین نسل از پیروانش، به وجود خدا به مثابه نیرویی پویا و همیشه حاضر در عالم - که آن را فعالانه برحسب قوانینش به جریان انداخته است - باور داشتند اما، سازوکار واقعی جهان نیوتنی توانست به آسانی با خدایی که صرفاً به عنوان «محرک نخستین» عمل کرده بود، خدایی که از وی خواسته نشد بعد از آفرینش نخستینش در عالم هیچ کار اضافی بکند؛ خدایی که به جای او قوانین طبیعی رشته همه عملکردهای بعدی عالم را به دست گرفتند، سازگار افتد. این نگرش موجبیت‌گرایانه^(۲) به رشد خداگرایی طبیعی^(۳) مدد کرد. ادوین آرشوربرت، همه این مباحث را چنین خلاصه می‌کند:

... لکن حضور شخصیت عظیم و سیطره کسی همچون نیوتن

۱- مراد کتاب پرآوازه نیوتن، اصول ریاضی فلسفه طبیعی است.

2. Deferministic.

3. Deism.

درپس جهان بینی جدید، برای سیر بعدی فکر، آثار پر دامنه‌ای داشت. در این جهان بینی، آدمی ناظر حقیر و میهمان ناخوانده‌ای است بر سر سفره این نظام عظیم ریاضی که با حرکات منظم و موزون خود، براساس اصول مکانیکی، عالم طبیعت را تعیین می‌بخشد. آن دنیای ذوقی و روایی و مجلل که دانتو و میلتن در آن می‌زیستند و برای پرواز خیال آدمی در عرصه زمان و مکان مرزی نمی‌شناخت، پاک از میان رفته است. مکان، اینک خطه هندسه است و زمان، توالی اعداد. جهانی که پیش از این مردم به زعم خود در آن می‌زیستند، جهانی که سرشار از زنگ و بانگ و عطر و عشق و جمال و سرور بود، جهانی که هر ذره‌اش بر نظم و غایت و هنرمندی خالق شهادت می‌داد... اینک جهانی است سخت و سرد و ساکت و مرده و بی‌رنگ؛ جهان کمیت جهان حرکاتی که نظمی مکانیکی دارند و تن به محاسبه ریاضی می‌دهند (ادوین آرتور برت، ۱۳۶۹، صص ۶-۲۳۵).

یکی دو نسلی که از پی نیوتن آمدند او را تا حد پرستش ستایش می‌کردند. لاپلاس نوشت: نیوتن نه تنها بزرگترین نابغه‌ای است که بشریت به خود دیده است، بلکه خوشبخت‌ترین نابغه هم هست، زیرا فقط یک جهان وجود دارد و این بحث خوش در تاریخ فقط نصیب یک تن می‌تواند شد که بیانگر قوانین آن باشد. خود لاپلاس، تحلیل ریاضی مکانیک حرکت سیارات را دنبال گرفت و ثابت کرد که اختلالات ناشی از جاذبه متقابل سیارات که نیوتن فکر می‌کرد اگر خداوند برای تصحیح آنها دخالت نکند، متراکم خواهند شد^(۱). خودبه‌خود در دراز مدت بی‌اثر خواهد شد و از بین خواهد رفت.

۱- لایب نیتز، درست در همین‌جا، بر نیوتن خرده گرفت که «خدای نیوتن مکانیسین و آن هم مکانیسینی کم تجربه است، زیرا او ماشین ساخته است که فقط می‌تواند با تعمیر و مرمت‌های مکرر بعدی به کار خود ادامه دهد.» برای تفصیل بیشتر رک. استیس، والتر ترنس، دین و نگرش نوین، ترجمه احمد رضا جلیلی، انتشارات حکمت، ج اول، تهران، ۱۳۷۷.

لاپلاس، جبرانگاری مستتر در این نظر را که واقعیت همانا «ماده متحرک» است، به روشنی تنسیق کرد. قوانین مکانیک، که حاکم بر حرکت همه اشیاء، از خردترین ذره تا بزرگترین ستاره، انگاشته می شد، علی الاصول پیش‌بینی مسیر هر ذره را با توجه به نیروهای عامل بر آن ممکن می ساخت؛

بنابراین باید حالت کنونی جهان را معلول حالت سابق آن و علت لاحق در نظر آوریم. اگر فرضاً به کسی، برای یک لحظه، علم و عقل مطلق بدهند که بتواند تمامی نیروهای طبیعت زنده و جاندار را در کار در آورده و نیز موقعیت عناصر تشکیل دهنده آنها را دریابد، و نیز با این شرط که احاطه کافی بر تحلیل این معلومات داشته باشد، می تواند بر همین مبنا، حرکت بزرگترین اجرام تا خردترین اتمهای جهان را آنآ دریابد و از نظر او هیچ چیز نامعلوم نخواهد بود و آینده و گذشته برای او چون حال خواهد بود. (Jonathan Powers, 1982, P.138)

به موجب همین نگرش بود که، لاپلاس، هنگامی که ناپلئون از جایگاه خدا در نظامش از او پرسید، محکم پاسخ داد: «نیازی به آن فرضیه ندارم». (Derek Stanesby, 1988, P.102)

دانش تجربی در این حد توقف نکرد و تحت ارشاد فرضیه‌هایی گره‌گشای و بی‌پروا تر نسبت به شرع، بینش مکانیکی را مجال فراخ‌ترین بخشید؛ تا بدان جا که اعقاب نیوتن توانستند جمیع اختلالاتی را که وی ذاتی نظام عالم می‌پنداشت، و آنها را در جهان به خود وانهاده در فرونی می‌دید، تفسیری مکانیکی کنند. لاپلاس بزرگ، کار حذف دخالت گزاف اراده باری در نظام عالم را به درجه اعلا رساند و به زعم خود مبرهن ساخت که آن اختلالات ادواری و بقاعداند و خود محکوم قوانینی دائمی اند که نمی‌گذارد از حد معینی فراتر روند و لذا عالم، ذاتاً واجد ثبات

۱ - *I have no need of this hypothesis*، این گفته، پژواک اعتماد و اطمینان قرن نوزدهم به تبیین

علمی است و مقرون به این اعتقاد است که علم سرانجام همه رازها را خواهد گشود.

است. به گفته برت:

در همین اوان که پیشرفتهای علوم مکانیکی، خداوند را از تصرف در عالم منع می‌کرد و آدمیان به حیرت و تردید افتاده بودند که دیگر چنین ماشین خودکار و دائم‌الحرکتی چه نیازی به مُحدثی غیرمادی دارد، هیوم هم در رسید و از طریق دیگری، به مفاهیم قدرت و علّیت حمله برد و اذهان صاحبان معرفت آن عصر را به شبهه افکند و گفت: که معلوم نیست احتیاج به علّت اولی (چنان‌که قبلاً تصوّر می‌شد) جزو احکام ضروری عقل باشد و کانت هم با کاوشهای موشکافانه خود، خدا را به‌طور کلی از عرصه معرفت بیرون راند. خلاصه، دستان توانای اندیشه‌ورزان هم رتبه نیوتن، جامه دیانت را از تن علم نیوتنی به در آورد. لکن سایر عناصر و آراء مابعدطبیعی وی، به درآمده از پوسته دین، سرسختی کردند و سرفراز و بی‌پروا در عرصه فکر ماندند و به آیندگان رسیدند. آیندگان نیز که گمان می‌کردند این آراء مبتنی بر فتوحات محصل علمی بزرگمردی است که برای اولین بار آسمانهای فراخ را خاضع حکومت مکانیک ریاضی کرده، بی‌هیچ نقد و تحقیقی آنها را برگرفتند... و خدا را هم از همه جا بیرون کردند و تنها جایی که به او دادند نظم معقول و موجود در اشیا بود؛ نظمی که خود به واقعیت دیگری قابل تحویل نبود و اگر آن را به کل کیهان نسبت می‌دادند هیوم شکاک گریبانشان را رها نمی‌کرد و اگر به حوزه روابط اخلاقی می‌بردندش، کانت، ویرانگر سنگ‌دل ادله کهن سال اثبات صانع، به هر تدبیری می‌کوشید تا ریشه آن را بزند. نظریه نیوتن، نظریه‌ای نغز و ارجمند و واسطه العقد دو دوره تاریخی بود؛ دوره فلسفه دینی که قائل به دخالت اعجاز‌آمیز مشیت باری در عالم بود و دوره بعدی که می‌کوشید تا خداوند را با نظم و آهنگ معقول موجود در جهان یکسان بگیرد. در دوره نیوتن، خداوند همچنان واجد مشیت بود، لکن قدرت قاهر و اعجازگر او

فقط مصروف این می شد که نظم ریاضی و دقیق عالم را حفظ کند - که اگر نمی کرد جمال و معقولیت نظام جهانی زایل می گردید - عموم اندیشه ورزان آن روزگار، که خواه ناخواه خداشناسی شان انسان مآبانه بود، خوب می فهمیدند که چنان خداشناسیهایی، عاری از اعتبار دینی است. اینان، که حظّ وافری از علم یا فلسفه عصر خویش داشتند، می دیدند که خدا به طور کامل به پشت پرده رفته است و تنها کاری که برای دانشمندان مانده است این است که تنها قدم باقی مانده را بردارند و همه هستی را مکانیکی کنند. در عرصه هستی، چیزی که مکانیکی نشده بود ارواح آدمیان بود که هنوز از امر مدرک دکارت نشانی داشت و بی هیچ نظم و سامانی در میان اتهامهای جرم دار و شناور در جوف ابخره اثیری در فضا و زمان، پخش و پراکنده بود. دیگر نمی شد که اینها را نیز به صورت آثار و اجزاء مکانیکی ساعت خود سامان بخش کیهان در نیاورند... هم روزگاران جهان دیده تر نیوتن، یعنی هابز و لاک مواد خام لازم برای این کار را فراهم آورده بودند. روش اینان این بود که کل را بر حسب ساده ترین اجزای آن تبیین کنند و ریاضی بودن این اجزای بسیط را شرط نکنند. کافی بود این بسایط را از چارچوب کلامی خویش - که اینک غریب و نامأنوس می نمود - به در آورند تا بتوانند نظریه جدید را که عالم را عمیقاً ماشین می انگاشت، به خوبی جای بگیرند (ادوین آرشور برت، ۱۳۶۹، صص ۷-۲۹۶).

فیزیک تا قرن نوزدهم (یعنی تا سال ۱۸۹۰)، عبارت بود از پرداخت و پرورده ساختن مکانیک نیوتنی، همراه با معرفی انواع تازه ای از طرحهای مفهومی (نظیر نظریه برقائوسی و نظریه جنبشی گازها) که مفروضات و مقبولات اساسی شان هنوز و همچنان فیزیک کلاسیک بود. فیزیک قرن نوزدهمی جبری بود، چه علی الاصول و نظراً این امر را دانشمندان آن روزگار ممکن می دانستند که اوضاع آینده همه سیستمهایش را از روی وضع کنونی شان محاسبه کنند. از سوی دیگر،

اصالت تحویلی^(۱) بود، چه به نظر می‌آمد که همه قوانین - اگر نگوئیم از مکانیک ذرات - دست کم از قوانین حاکم بر چند نوع از ذرات و میدانها، قابل اشتقاق است. ایده آل این بود که هر چیز را در کل جهان، به کلی تا حد تحولات کمی محض و رساندن آنها به چند چیز که خود آنها تحوّل کیفی نمی‌یابند، تحویل کنند. فیزیک قرن نوزدهمی، در معرفت‌شناسی، **نظرگاه اصالت واقعی خامی**^(۲) داشت. یعنی نظریه‌های علمی را المثناى واقعی و حقیقی و عینی جهان، چنان که هست، و مستقل از روند شناختن آن، می‌پنداشت. و چنین تصوّر می‌شد که می‌توان عین معلوم (ابژه) را از ذهن عالم (سوژه)، یعنی یک بیننده برکنار خارجی و مشاهده‌گری بی‌اراده، جدا کرد.

بین سالهای ۱۸۹۰ تا ۱۹۰۰، چند کشف انجام شد که شباهت به آنچه تا آن هنگام کشف شده بود نداشت؛ الکترونها، اشعه ایکس و رادیواکتیویته. اینها پدیده‌های جدیدی بودند، ولی گویی در چارچوب مقولات تحلیلی کلاسیک هم می‌گنجیدند. اینها عرصه‌های پژوهشی تازه‌ای را گشودند، هر چند در ابتدا تجدیدنظر در مقبولات و مفروضات پیشین را ایجاب نمی‌کردند. بعد، بین سالهای ۱۹۰۰ و ۱۹۱۰، چند آزمایش حیرت‌انگیز به عمل آمد که مفهومش را فقط با زبان غیر کلاسیک می‌شد بیان کرد و مضمونش این بود که انرژی تکه‌تکه است. پلانک ثابت کرد که طیف تشعّع یک جسم گداخته فقط به این شرط قابل توجیه است که قبول کنیم اتمها با هر مقدار انرژی نمی‌توانند اهتزاز کنند، بلکه فقط می‌توانند با مقادیر منفصل معینی اهتزاز کنند. در سال ۱۹۱۳ بور مدل اتمی معروفش را پیش نهاد. در مدل اتمی او هسته‌ای سنگین وجود داشت که در اطراف آن الکترونها می‌گردند و در این گردش، فقط از مدارهایی که انرژی تکه‌تکه یا کوانتایی دارند، می‌گذرند. مدل بور یک خصیصه دارد که به شیوه کلاسیک به کلی توضیح‌ناپذیر است؛ یعنی این انگارش که فقط انرژی ناپیوسته وجود دارد و مدارهایی که چنین

انرژی دارند، ثابتند. اینشتین نیز نشان داد که اثر فوتوالکتریک^(۱) فقط به شرطی قابل توجیه است که گسیل نور - که همواره موجی انگاشته می‌شد - به صورت کوانتوم یا «بسته‌های» انرژی تصوّر شود. کامپتون ثابت کرد که چنین کوانتوم نوری «مقدار حرکت» دارد و خیلی شبیه به ذره عمل می‌کند. دوبروی می‌گفت اگر امواج نور می‌توانند مانند ذرات عمل کنند، شاید ذراتی چون الکترون نیز بتوانند مانند موج رفتار کنند. شرودینگر نیز معادله‌ای پیدا کرد که به چنین امواجی می‌خورد و انگاره موجی^(۲) را برای ساده‌ترین مورد که اتم هیدروژن باشد محاسبه کرد.

از خصایص بارز فیزیک جدید، فقدان تصوّر پذیری است. تمایل به تصوّر اجزای تشکیل دهنده اتم، به هیأتی شبیه با چیزهایی که قابل ادراک حسی هستند، باید ترک شود. سازه اتم نه فقط برای مشاهده مستقیم غیر قابل حصول و بر وفق کیفیات حسی غیر قابل بیان است، بلکه حتی برفوق مقولات زمان و مکان و علّیت هم نمی‌توانیم آنها را تخیل کنیم. به نظر می‌رسد که حوزه بسیار ریزها، از واقعیتی به کلی متفاوت با حوزه تجربه روزمره برخوردار است و مفاهیم متعارف ما قابل اطلاق به آن نیست. ما می‌توانیم با معادلات ریاضی آنچه را که در آزمایشها رخ می‌دهد، توصیف کنیم، ولی نمی‌توانیم صفات مانوس را به باشندگان جهان اتم نسبت دهیم. دوگانگی موج - ذره^(۳)، یکی از بسیار نمونه‌های مشکلاتی است که در راه ساختن یک مدل یگانی از رویدادهای حوزه مادون خرد، روی می‌نماید.

پی‌بردن به مدخلیت مشاهده‌گر، در هنگام کسب معرفت، یکی از ویژگیهای فیزیک اتمی است. در فیزیک کلاسیک، امکان رسم خط قاطع بین علم معلوم و ذهن عالم وجود داشت. انسان، ناظری بود که یک جهان مستقل خارجی را توصیف میکرد. ولی واقعیت جدید این است که جست‌وجوی حقیقت را تعدیل

۱- هینریش هرتز، فیزیک دان آلمانی، دریافت که هرگاه نور با طول موج بسیار کوتاه بر صفحه‌ای فلزی بتابد، بارهای الکتریکی از سطح آن گسیل می‌شوند. چون در این عمل، هم نور و هم الکتریسته دخالت داشتند، این پدیده را اثر فوتوالکتریک نامیدند.

می‌کند و داننده بر دانسته اثر می‌گذارد و دانش نظر نیست بلکه عمل هم هست. نقش مشاهده‌گر، در نسبیت هم خیلی مهم است. از عهد گالیله تا سراسر قرن نوزدهم، «کیفیات اولیه» جرم، طول و سرعت را خواص عینی جهانی مستقل از داننده می‌انگاشتند، ولی در نسبیت معلوم شد که همین خواص، که تصوّر می‌کردند جزو سرشت خود اعیان است، بستگی به رابطه یا نسبت عین و مشاهده‌گر دارد. داده‌ها بر طبق دستگاه سنجش، که از آن‌جا به یک شیء نگریسته می‌شود، فرق می‌کنند و علم از هم‌نواپی بین طبیعت و ما بر می‌خیزد؛ ما دسترسی به اشیاء، چنان که جدا از پژوهش ما یعنی فی‌نفسه هستند، نداریم. هیچ جدا انگاری صریحی بین ذهن عالم و عین معلوم، ممکن نیست. به گفته هنسون، نه تنها همه داده‌ها گران‌بار از نظریه‌اند، بلکه همه خواص هم منوط به مشاهده‌گرند.

این برداشت‌ها در فیزیک، بعضی از پژوهندگان را بر آن داشته است که بگویند فیزیک جدید از ایده‌آلیسم متافیزیکی حمایت می‌کند، یا حتی از برداشت روحانی از جهان. در این زمینه سه نوع بحث مطرح شده است: نخست این که نقش جدید مشاهده‌گر را به معنای تفوّق آنچه ذهنی است بر آنچه مادی است گرفته‌اند. مثلاً گفته‌اند: مکان هیچ واقعیت عینی جز نظم یا آرایش اشیائی که ما در آن ادراک می‌کنیم ندارد و زمان، هیچ وجود مستقلی جدا از نظم رویدادهایی که با کمک آن رویدادها آن (زمان) را می‌فهمیم ندارد. به همین ترتیب می‌گویند پدیده‌های اتمی بستگی به ذهن عالم دارد (جالب توجه است که یادآور شویم لنین و بعضی دیگر از مارکسیست‌ها، با شنیدن چنین تعبیر و تفسیرهای ایده‌آلیستی، سالها نسبیت و نیز نظریه کوانتوم را به عنوان «نظریه‌های ارتجاعی» نامقبول که با ماتریالیسم دیالکتیک ناسازگار است، پس زده بودند). (ایان بار بور، ۱۳۶۲ ص، ۳۲۲). در پاسخ به این ادّعا می‌توان گفت «مداخلیت یا درگیر شدن مشاهده‌گر» ناظر به روندهای مشاهده است نه حالات ذهنی. ابزارهای اندازه‌گیری و ردیابی است که بر اندازه‌گیریهای حاصله اثر می‌گذارد، نه مشاهده‌گر به عنوان یک موجود انسانی.

ادّعی دوم این است که دیگر اکنون مادّه غیر جوهری^(۱) و غیر جسمانی است. استحکام و پایداری ظاهری ماده یک وقتی ضامن واقعیت داشتنش بود. ولی اینک می‌دانیم که اتمها از فضاهاى خالی به اضافه امواج احتمالات تشکیل یافته‌اند. جرم که دیگر نابودی پذیر نیست، در نظریه نسبیت، جلوه موقت انرژی غیرمادّی است. همه انواع مادّه را می‌توان با تبدیل به انرژی، مادّه زدایی کرد (نظیر همان چیزی که در واکنش بمب اتمی رخ می‌دهد).

در پاسخ این ادّعا باید ابهام و دوپهلوی بودن اصطلاح غیرمادّی را یادآور شویم. شک نیست که اتم بسیاری از خواصی را که سابقاً به مادّه نسبت داده می‌شد ندارد و زمان، نقشی اساسی‌تر از آنچه در چشم قدما داشت، در آن ایفا می‌کند. ولی اصطلاح «غیرمادّی» فحواهای گمراه‌کننده‌ای دارد و «ذهنی» و «روحانی» هم معنی می‌دهد. ولی باید بدانیم زیبایی و وحدت خداوند را از مقوله امواج دوبروی شمردن، بهتر از مادّی و عینی دانستن آنها نیست. انرژی میدانهای الکتریک، تشعشع و امواج احتمال، همان قدر فیزیکی‌اند که اتمهای گوی بلیاردی؛ همه اینها همواره به مشاهدات تجربی ارتباط دارند.

سومین ادّعا این است که ویژگی ریاضیاتی فیزیک جدید نشان می‌دهد که واقعیت اساساً ذهنی است. مثلاً جینز می‌گوید: «نظریه‌ها، صورتهای تفکر محضند و نمی‌توانند به هیچ معنایی که بتوان آنها را «مادّی» نامید تحقق یابند». (همان، ص ۳۲۴). در پاسخ می‌توان گفت درست است که در علم نماد اندیشی امری بس انتزاعی است، ولی بسیار گمراه‌کننده است اگر از فیزیک، به عنوان «ریاضیات محض» نام ببرند، چه اصول موضوع اولیه، دلبخواه نیستند و همواره آزمون تجربه در کار است. حتی اگر مشاهدات به طرز خیلی غیر مستقیم و دورادور با معادله‌های ریاضی نظریه مربوط باشند.

غرض از نقل اقوال پیش‌گفته این است که اگر حاصل و برآیند فیزیک نیوتنی ارائه جهانی ثابت و پایدار و مقرون به دترمینسمی قاهر و قوی بود و در این

دترمینیسیم به راه افراط رفت - ایده آلیسم فیزیکی قرن بیستم تفریط آن گرایش بود که با ارجاع و اشارت به مفاهیمی چون «ماده زدایی از ماده» و «احتمالات» به روحانی بودن جهان فتوا دادند و آن دترمینیسیم سفت و سخت نیوتنی - که جا را بر خدا تنگ کرده بود - به این سبک و سیاق نفی شد تا از نو خداوند جایگاه حقیقی خودش را در عالم به دست آورد. با این تحلیل آشکار می شود که کوشش در جهت بنای یک متافیزیک ایده آلیسم بر فیزیک جدید همان قدر مشکوک است که بنای فیزیک ماتریالیسم بر فیزیک کلاسیک. و نظریه ها اگر چه کنایی و انتزاعی اند نمایانگر ماهیت طبیعتند.

آراء فیزیک دانان بزرگ و فیلسوفان علم قرن بیستم درباره علیت ماکس پلانک

یکی از معماهای قدیم بشریت این است که چگونه می توان استقلال اراده انسان را با این واقعیت که ما جزئی از جهان هستیم و برآن جهان، قوانین محکم و لایتغیر طبیعی حکم فرمایی دارد، هماهنگ ساخت؟ در پاسخ به این سؤال دو دسته با هم نزاع دارند؛ یک دسته توجهش به این قضیه صرفاً از لحاظ پیشرفت و ترقی علم و معرفت است و در آن چنین تصوّر می شود که اعتقاد قطعی به اصل علیت برای پژوهشهای علمی، حتی در آن جا که مربوط به قضایای روحی نیز می شود، همچون اصل موضوعی ضرورت دارد. نتیجه منطقی این طرز تفکر آن است که نمی توان فعالیت بشری را، به هر صورت که در نظر گرفته شود، از تحت سیطره قانون علیت خارج دانست. دسته دیگر برآنند که اعتقاد به قانون آهنین علیت، توهین بی دلیلی به عالم انسانی است و آزادی اراده، عالی ترین صفت و خصلت انسان است و به همین جهت باید حیات روحی را از تصرف این قانون خارج بدانیم. و چون دامنه این اختلاف به شالوده هایی که پژوهش علمی بر آن قرار گرفته، کشیده شده است، لاجرم من به نام یک نفر عالم فیزیک در قضیه دخالت می کنم.

ما در تجربه روزمره خود می گوئیم که هر چه در برابر چشم ما اتفاق می افتد،

معلول چیز دیگر است. ولی اگر با حادثه‌ای رویاروی شویم که نتوانیم آن را وابسته علّت یا رشته علّتهای مأنوس بدانیم، چه خواهیم کرد؟ آیا ممکن است فلان حادثه مطلقاً از پیش خود اتفاق افتاده باشد و هیچ رابطه‌ی علّی معلولی با حادثه‌ی دیگر نداشته باشد؟ پیداست پاسخ این سؤال منفی است. ولی اگر پاسخ مثبت بدهیم باید در این قبیل موارد از معجزه و کرامت و جادوگری سخن برانیم. مثلاً ممکن است پیش خود بیندیشیم که فردا صبح خورشید به جای مشرق از مغرب سر بر آورد. یا مثلاً می‌توانیم چنین تصوّر کنیم که آبشار نیاگارا از پایین به بالا جریان پیدا کند. در عین حال باید متذکّر شویم فرقی هست میان این نوع عدم امکان با عدم امکان منطقی. مثلاً هرگز امکان ندارد که مربعی مستدیر را تصور کنیم و هرگز برای ما تصور بزرگتر بودن جزء از کل خود امکان ندارد. این نوع عدم امکان وابسته و چسبیده به ماهیت خود فکر انسان است. لذا صحت و حقانیت قانون علّیت برای جهان واقعیات، مسأله‌ای است که نباید با استدلال مجرّد درباره‌ی آن قضاوت کرد.

ماکس پلانک رئالیست است و واقعیت عالم خارجی را قبول دارد. اصل علّیت را نیز می‌پذیرد و در تأیید آن قول کانت را می‌آورد که علّیت یکی از مقولات ذهن است. کانت می‌گوید علّیت یکی از صور پیش از تجربه است که فهم انسان به وسیله‌ی آن تجربه‌های خویش را تحت انتظام در می‌آورد. ولی تفاوتی که قول وی با رأی کانت دارد این است که، علم توأم با قبول عالم خارجی، این اصل مفهومی مستقل از ادراکات حسی را می‌پذیرد. ولی هنگام تطبیق این اصل با نمودهای طبیعی، علم نخست به تحقیق آن می‌پردازد که آیا قانون علّیت، درباره‌ی حوادث مختلف طبیعی این جهان و در مورد اعمال روحی انسان کاربرد دارد یا نه؟ و اگر دارد تا چه حد پیش می‌رود. علم درست به همان اصلی استناد می‌کند که کانت نظریه‌ی معرفت خود را از همان جا آغاز کرده بود. تفاوت در این است که قانون علّیت در هر حالت معتبر است ولی در علم، از طریق پژوهش تجربی، به چارچوب تهی مفهوم علّیت، معنای علمی و ارزشی (اخلاقی) می‌دهیم.

وی در خصوص فیزیک نسبیتی و فرضیه‌ی کوانتوم می‌گوید: درست است که این دو نظریه به تازگی پریشانیهایی را پدید آورده است، ولی هنوز کسی نمی‌تواند

بگوید که این فرضیه چه تأثیری در صورت بندی قانون علیت خواهد داشت. ظاهراً لزوم تغییراتی احساس می شود ولی من مانند بسیاری از علمای فیزیک عقیده دارم که در پایان کار، فرضیه کوانتوم با معادلاتی نمایانده خواهد شد که قانون علیت را به صورت دقیقتر و صحیحتری نمایش دهد (ماکس پلانک، ۱۳۵۴، فصل چهارم و پنجم، ماکس پلانک، ۱۳۵۹، فصل دوم).

اینشتین

اصل علیت عمومی، اصلی بود که اینشتین از ابتدا رعایت آن را ضروری می شمرد و در واقع از محدود مواردی بود که او از مکانیک نیوتنی قبول داشت در این خصوص می گوید:

... اما حتی مقام نیوتن اهمیتی بیش از آن دارد که نبوغش گواهی می دهد، زیرا سرنوشت او را در نقطه عطفی در تاریخ اندیشه آدمی قرار داده است. برای آن که این نکته به روشنی تمام دیده شود، باید دانست که پیش از نیوتن، هیچ دستگاه جامعی از علیت فیزیکی وجود نداشت که به طریقی بتواند جنبه های ژرفتر دنیای تجربی را بنمایاند (آلبرت اینشتین، ۱۳۷۷، ص ۲۲۹).

و در جای دیگر می گوید:

... روش دوبروی - شرودینگر، ناگزیر، از موضعی بودن ذرات و از قوانین اکیداً علیتی دست می شوید. اما چه کسی را امروزه یارای آن است که بگوید مسأله قانون علیت و قانون دیفرانسیلی، این فرضهای نهایی نگرش نیوتنی به طبیعت، باید به قطع و یقین کنار گذاشته شود؟ (همان، ص ۲۳۷).

وی در نامه ای که به مناسبت دویستمین سالگرد وفات نیوتن به منشی انجمن سلطنتی انگلیس نوشت، اظهار داشت؛

این تنها در نظریه کوانتوم است که روش دیفرانسیلی نیوتن کفایت نمی کند و در واقع علیت اکید معتبر نیست. اما هنوز حرف آخر

زده نشده است. امید است که روح نیوتن به ما این قدرت را ببخشد که وحدت بین واقعیت فیزیکی و عمیقترین خاصه تعلیمات نیوتن، یعنی علیت اکید را دوباره برقرار کنیم (مهدی گلشنی، ۱۳۶۹، ص ۱۲۶).

او در مقاله‌ای که درباره نسبت عام نوشت یاد آور شد که در ابتدا برایش پذیرش برخی از نتایج نسبت عام قابل قبول نبود؛ چون آنها را با علیت ناسازگار می‌دید. اما پس از دو سال کار طاقت‌فرسا، به این نتیجه رسید که توهّمش بی‌پایه بوده است و تناقضی در کار نیست. و آنگاه به نشر نظریه نسبت عام پرداخت. بعد از پیدایش نظریه کوانتوم و ارائه تعبیر آماری آن توسط بورن، که حاکی از طرد اصل علیت و عدم سیطره دترمینیسم در دنیای اتمی بود، اینشتین بنای مخالفت با این نظریه را گذاشت. حرف او این بود که قوانین اساسی فیزیک قطعی اند نه آماری و متوسل شدن به قوانین آماری یا به این دلیل است که با تعداد زیادی ذرات سروکار داریم و یا آن که از قوانین قطعی علی خبر نداریم. او در نامه‌ای به جیمز فرانک نوشت:

من در بدترین اوضاع و احوال، می‌توانم قبول کنم که خداوند جهان را بدون قوانین قطعی - یعنی کاملاً نامنظم - آفریده باشد. اما این که قوانین آماری مشخصی حاکم باشند که خداوند را مجبور کنند سرنوشت هر حادثه‌ای را با تاس - اندازی معین کند، برایم کاملاً غیر قابل قبول است (همان، ص ۱۲۸).

معدودی از فیزیک دانان، از جمله اینشتین، پلانک و بعد دوبروی، بر آن بودند که عدم قطعیت در مکانیک کوانتوم، مربوط به جهل فعلی ماست. اینان معتقد بودند که مکانیسمهای تفصیلی دون اتمی وجود دارد که اکیداً علی و جبری‌اند؛ روزی قوانین این مکانیسمها یافته خواهد شد و پیش‌بینی دقیق ممکن خواهد گشت. او می‌نویسد:

موفقیت اولیه نظریه کوانتوم نمی‌تواند مرا به تصادفی بودن محض و همانندی حرکات جهان اتمی، به تاس نرد معتقد و متقاعد

گرداند... اعتقاد راسخ من این است که سرانجام بشر می‌تواند به نظریه‌ای دست یابد که در آن مصادیق عینی‌ای که بر اثر وجود قوانین بایکدیگر ارتباط یافته‌اند، احتمالات نباشند، بلکه امر واقع و قابل ادراک باشند (ایان باربور، ۱۳۶۲، ص ۳۳۵).

اینشتین در معرفت‌شناسی رئالیست بود و اعتقاد داشت که مفاهیم فیزیک باید ناظر و راجع به اشیایی باشند که قطع نظر از ذهن عالم، وجود واقعی داشته باشند. و مطمئن بود که طبیعت از قوانین دقیقی پیروی می‌کند و به تعبیر خود او «من نمی‌توانم قبول کنم که خداوند تاس می‌اندازد».

نیلس بور

نقطه مقابل اینشتین، بور بود که به نفی کامل دترمینیسم فتواداد. وی حتی قبل از ظهور مکانیک کوانتومی اعتبار دترمینیسم را مورد تردید قرار داد؛ هر تغییر حالت اتم - که در آن اتم از یک حالت ایستاده به حالت ایستاده دیگر می‌رود - باید آن را فرآیندی واحد به حساب آوریم که بیش از این قابل تشریح نیست. در این جا، آن قدر از توصیف علی دوریم که می‌توان گفت هر اتم در یک حالت ایستاده، مختار است به هر حالت ایستاده دیگر برود (مهدی گلشنی، ۱۳۶۹، ص ۷۹). وی در خطابه‌ای که در سال ۱۹۲۵ در کنگره ریاضی دانان اسکندینیایی ایراد کرد، گفت: پیشرفت فیزیک، امکان توصیف علی منسجمی از پدیده‌های اتمی را رد کرده است. از این رو در یکی از مقالات خود می‌گوید:

... مکانیک کوانتومی که براساس صورت‌گرایی ریاضی

منسجمی بنا شده است، هر شیوه اندازه‌گیری را... خود به خود در بر دارد. دیدگاه فلسفه طبیعی اساساً ناتوان است تا پدیده‌هایی را منطقاً تصور کند که در مکانیک کوانتومی بدانها برخورد می‌کنیم. برهم‌کنش میان شیء و ابزارهای اندازه‌گیری - که خود نتیجه مستقیم وجود کوانتوم‌کنش است - و به سبب آن که امکان مهار واکنش شیء بر

دستگاه اندازه‌گیری وجود ندارد، ضرورت اعراض قطعی از آرمان علیت و تجدید نظر بنیانی در نحوه برخورد ما با مسئله واقعیت فیزیکی را ایجاب می‌کند (نیلز بور، ۱۳۷۳، ص ۹۵).

شرودینگر

تردید درباب علیت، از شاخه‌ای از مطالعات بشری برخاسته است که کمتر انتظار آن را داشتیم که از آن جا برخیزد، یعنی از علم دقیق و صحیح فیزیک. بنیان این شکاکیت، تغییر دیدگاهی است که ناچار بوده‌ایم به آن تن در دهیم. ما این مطلب را آموخته‌ایم که در هر فرآیند فیزیکی و شیمیایی، انتقال از اوضاع و احوال نسبتاً منظم گروه‌های اتمها و مولکولها، به اوضاع و احوال بی‌نظم‌تر صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، انتقالی است از نظم به بی‌نظمی، درست بدان صورت که گویی هر عضو از گروه کمابیش به راه خود می‌رود، بی‌آن که نقشه‌ای داشته باشد یا از قانون معینی پیروی کند. قوانین صحیح، به نظر ما، «قوانین آماری» است. در هر نمود توده‌ای از اتمها و مولکولها، هر چه شماره افرادی که در نمود همکاری دارند بیشتر باشد، این گونه قوانین آشکارتر جلوه‌گر می‌شوند. قوانین آماری در آن زمان بهتر تجلّی می‌کنند که رفتار هر یک از وجودهای فردی به صورت قطعی معین و محدود نشده باشد، بلکه تنها وابسته به شانس و تصادف باشد. در فیزیک چنان تصوّر می‌شود که به‌طور مداوم انتقال از نظم به بی‌نظمی صورت می‌گیرد. اگر یک حالت ابتدایی، که ممکن است علت نامیده شود، مستلزم حالت بعدی باشد، که ممکن است معلول آن نامیده شود، این حالت دومی - بنابر آنچه فیزیک مولکولی به ما می‌آموزد - پیوسته نابسامان‌تر یا دارای نظم کمتری است. از این گذشته، این حالت دوم حالتی است که با درجه احتمال بسیار شگفت‌انگیزی می‌توان آن را پیش‌بینی کرد. البته به شرط آن که این مطلب را پذیرفته باشیم که رفتار یک مولکول واحد مطلقاً نابسامان و پیرو تصادف است. بدین ترتیب است که با این معما روبه‌رو می‌شویم که از لحاظ فیزیک‌دان تصادف ریشه در علیت دارد. برای توضیح این مطلب که چگونه بازی تصادف محض ممکن است به نتایجی قابل پیش‌گویی منجر

شود، مثالی می‌زنیم. کتابخانه عظیمی را در نظر بگیرید که هر روز هزاران نفر به آن مراجعه می‌کنند و همه کتابهایی را که با نظم صحیح بر روی رفها چیده شده‌است، تنها به خاطر کنجکاو و تربیت بدی که دارند و مخالف با نظم و ترتیبند، کتابی را از جای خود بر می‌دارند و پس از تماشای آن به خود زحمت نمی‌دهند که آن را سرجایش بگذارند، بلکه در هر جا از قفسه‌ها که جاشد آن را قرار می‌دهند و پی کار خود می‌روند. نتیجه کلی این وضع، انتقال یک جهت از نظم به بی‌نظمی است ولی چیزی که مایه تعجب است این است که این فرآیند تابع قوانین معینی است، مخصوصاً اگر این را هم فرض کرده باشیم که همان‌گونه که کتابها اتفاقی بر روی رفها گذاشته می‌شوند، از روی آنها هم اتفاقی و بی‌پرووی از هیچ قاعده‌ای برداشته می‌شوند. اکنون اوضاع و احوال را یک هفته پس از این هجوم وحشیانه مورد پژوهش قرار می‌دهیم. اگر چنان فرض کنیم که مثلاً در روز ورود آن مردمان بی‌نظم و قاعده، بر یکی از رفهای کتابخانه، هشتاد جلد از آثار گوتته به نظم خاصی چیده بوده است و اکنون ببینیم که تنها شصت جلد از آنها بر جای خود باقی است و مابقی این جا و آن جا پراکنده‌اند، می‌توانیم انتظار داشته باشیم که در هفته دوم حدود پانزده جلد و در هفته سوم حدود یازده جلد از جای خود به این سو و آن سو برده خواهد شد و قس علی هذا. در این جا با قانونی کلی روبه‌رو هستیم که از توده‌ای از حوادث بی‌نظم و آشفته برخاسته است. شماره‌ها جلد‌ها، به تعبیر ریاضی دانان، به قانون تصاعد هندسی، کاهش یافته است. در این جا کاری که می‌توانیم انجام دهیم، پیش‌گویی احتمالات است و آنچه واقعاً اتفاق می‌افتد به شانس و تصادف باز بسته است. وقتی سروکار ما با اعداد کوچکی همچون هشتاد جلد کتاب کتابخانه است این مطلب قابل قبول است که تعداد کتابهایی که عملاً و واقعاً در هر مرحله بر جای خود باقی می‌ماند، به صورت جالب توجهی، از تعداد مورد انتظار بنابر «قانون» انحراف دارد. ولی اگر به جای هشتاد جلد، هشتاد هزار کتاب - در کتابخانه‌ای مشتمل بر چند میلیون کتاب - جابه‌جا شود، انحراف اتفاقی، کسر بسیار کوچکتري از شماره کل کتابهای پیش‌گویی شده خواهد شد. در مورد بیلونها اتم، که در هر فرآیند فیزیکی و شیمیایی وارد می‌شوند، پیش‌گوییهای آماری محض با همان

درجه از صحت مورد تأیید واقع می شود که عملاً در قوانین طبیعی به نظر می رسد. ولی البته، با صحت مطلب، موافق نمی افتد. مثال دیگر، در شرکت های بیمه که برای حوادثی مانند تصادف، مرگ، آتش سوزی، دزدی که وابسته به هزاران شانس و تصادفند - بیمه می شویم. ولی برای شرکت بیمه اهمیت ندارد که کدام یک از ساختمان های بیمه شده در ظرف سال آینده خواهد سوخت، یا کدام شخص بیمه شده دچار تصادف خواهد شد. چیزی که برای آن اهمیت دارد این است که بداند چند درصد از بیمه شده ها با یکی از این حوادث روبه رو خواهد شد که شرکت بیمه ناچار باید آن را تلافی کند. این چند درصد را، با ملاحظه آمارهای سال گذشته، می توان پیش بینی کرد. بنابراین با وجود آن که امکانی برای پیش گویی سرنوشت هیچ یک از بیمه شدگان وجود ندارد، شرکت می تواند با اطمینان خاطر، در مقابل حق بیمه ای نسبتاً جزئی، زیانها را جبران کند و خسارتهایی را که مضرب بسیار بزرگی از حق بیمه پرداختی سالیانه است، بپردازد.

این همان مفاد قانون دوم ترمودینامیک موسوم به قانون آنتروپی است. و به اعتقاد ما این قانون بر همه فرایندهای فیزیکی و شیمیایی حکومت می کند؛ حتی اگر این فرایندها نتیجه پیچیده ترین نمودها باشد. ملحض نظر ما این است که ترازنامه کلی بی نظمی در طبیعت، پیوسته رو به افزایش است. ممکن است در دستگاه مادی معینی، حرکت روبه درجه بالاتری از نظم باشد ولی این در صورتی ممکن است که در دستگاه های دیگر جبران شود. مثلاً گرمای ذخیره شده در خورشید، به صورت متساوی به سراسر جهان توزیع نمی شود و تمایل آن به طرف پراکنده شدن است. کسر بسیار کوچکی از این حرارت به ما می رسد و مایه بقای زندگی بر روی زمین است. خورشید دست و دل باز، به دور از حزم و دیوانه وار، نور و حرارت خویش را خرج می کند و اندکی از آن به زمین می رسد و اشکال گوناگون و تو بر توی حیات و حرکت را بر روی زمین - که غالباً نماینده سیمای افزایش نظم هستند - ممکن می سازد (اروین شرودینگر، ۱۳۴۸، فصل دوم، «قانون شانس یا تصادف» (مسأله علیت در علم جدید).

هایزنبرگ

تاکنون آرای تنی چند از فیزیک دانان بزرگ قرن بیستم را به اختصار درباره علیت آورده‌ام. لکن نظر هایزنبرگ درخصوص علیت و تشریح اصل عدم قطعیت او و بحث از پیامدهای آن برای اصل علیت، تفصیلی در خور می‌طلبد. مناقشات عینی که درخصوص نظریه وی شده، حجم زیادی از مکتوبات فلسفی را در قرن بیستم به خود اختصاص داده‌است. در این بخش نخست اصل عدم قطعیت را به زبانی ساده توضیح می‌دهیم، سپس به تفسیر و تعبیرهایی که از آن شده‌است اشارت خواهیم کرد و سرانجام معانی گونه‌گون عدم تعین و تفکیک دو معنی از علیت - علیت علمی و علیت فلسفی - را تشریح خواهیم کرد.

اصل عدم قطعیت

برطبق مکانیک کلاسیک، من اگر موضع یک ذره و سرعت آن را بدانم - برپایه قوانین حرکت نیوتن - می‌توانم مسیر آن را مشخص کنم؛ یعنی بگویم درگذشته کجا بوده و در آینده به کجا خواهد رفت. به تعبیر دیگر، تا پیش از طرح اصل عدم قطعیت، ما چنین فکر می‌کردیم که می‌توانیم هر خاصیت فیزیکی را با هر صحتی که می‌خواهیم اندازه‌گیری کنیم و برای رسیدن به هر درجه مطلوبی از صحت اندازه‌گیری، فقط کافی است که وسیله دقیقتری ابداع کنیم. ولی مکانیک موجی نشان داده است که حتی در آزمایشهای فکری و با وسایل اندازه‌گیری ایده‌آل هم، محدودیتهایی در صحت اندازه‌گیری وجود دارد. برای تشریح این مطلب، مثال زیر روشن‌گر است؛

ما چگونه می‌توانیم مواضع و سرعت اتومبیلی را که در طول جاده‌ای به آهستگی حرکت می‌کند، اندازه‌گیری کنیم؟ در لحظه‌ای معین، قسمت جلوه اتومبیل را با کشیدن خطی بر روی زمین نشانه‌گذاری می‌کنیم و در همان لحظه ساعتی زمان سنج را به کار می‌اندازیم. سپس تا آخر مسیر مورد نظر می‌رانیم و در لحظه‌ای که

قسمت جلو ماشین مقابل نشانه دیگری که روی زمین جای گرفته است، رسید، ساعت را متوقف می‌کنیم. سپس مسافت میان دو نشانه را اندازه می‌گیریم و از تقسیم مسافت پیموده شده بر زمان سپری شده، سرعت متوسط اتومبیل را به دست می‌آوریم...

پس می‌دانیم در لحظه‌ای که اتومبیل به نشانه دوم رسید در فاصله معینی از نقطه شروع حرکت بوده و با سرعت متوسط معینی مسیر خود را پیموده است. اگر اعمال مذکور را در فاصله‌های کوتاه‌تری تکرار کنیم می‌توانیم به سرعت لحظه‌ای در هر نقطه از مسیر نیز دست یابیم. اما در واقع، این اطلاعات را چگونه به دست آورده‌ایم؟ برای تعیین موضع اتومبیل نخست نور خورشید پس از برخورد با قسمت جلو اتومبیل به چشم ما رسیده و به این وسیله، ما توانسته‌ایم ببینیم که چه وقت اتومبیل در مقابل نشانه قرار گرفته است. بدیهی است که برای به دست آوردن سرعت متوسط، باید دوبار موضع قسمت جلوی اتومبیل را معین کنیم.

اکنون فرض کنید که بخواهیم به جای نوری با طول موج مرئی، از امواج رادیویی برای این کار استفاده کنیم. یک موج رادیویی با فرکانس 1000 Khz موجی معمولی است که برای ارسال پیامهای رادیویی به کار می‌رود و طول موج آن 300 متر است. با تابش این طول موج که بسیار بزرگتر از ابعاد یک اتومبیل است، ممکن نیست با هر صحتی جای اتومبیل را معین کرد. موج مذکور در همه جهتها از اتومبیل باز می‌تابد (پراکنده شدن) واژه مناسب‌تری است). در اطراف هر دستگاهی نیز که در ابعاد انسانی است و برای تشخیص جهت موج به کار می‌بریم، می‌پیچد. برای مکان‌یابی درست یک جسم، باید طول موجی که به کار می‌بریم قابل مقایسه یا کوچکتر از ابعاد جسم باشد. طول موجهایی که در رادار مورد استفاده قرار می‌گیرند، در حدود 1 cm تا 3 cm هستند. به همین سبب از

دستگاه رادار می‌توان به جای نور خورشید استفاده کرد. اما حتی رادار هم عدم قطعیت‌هایی به بزرگی چند سانتی‌متر در اندازه‌گیری مکان به جایی خواهد گذاشت. با امواج نور مرئی، که طول موج آنها کمتر از $10^{-6}m$ است، می‌توانیم دستگاه‌هایی طراحی کنیم که مکان اتومبیل را با صحتی در حدود چند هزارم میلی‌متر معین کند.

اکنون جاده و اتومبیل را کنار می‌گذاریم و الکترونی را که از میان یک لامپ تخلیه می‌گذرد، در نظر می‌گیریم. سعی ما بر این است که موضع و سرعت الکترون را اندازه‌گیری کنیم. اما باید تغییراتی در روش اندازه‌گیری خود به عمل آوریم. الکترون به قدری کوچک است که ما نمی‌توانیم جای آن را با استفاده از نور مرئی معین کنیم. (طول موج نور مرئی، با آن که کوچک است ولی هنوز 10^4 بار بزرگتر از قطر یک اتم است). برای مکان‌یابی یک الکترون در ناحیه‌ای به اندازه یک اتم (از یک سرتاسر دیگر حدود $10^{-10}m$) باید از باریکه نوری استفاده کنیم که طول موج آن در حدود $10^{-10}m$ یا حتی کوتاه‌تر از آن باشد. اما فوتونی با چنین طول موج کوتاه λ (و فرکانس زیاد f) اندازه حرکت (h/λ) و انرژی (hf) فوق‌العاده زیادی دارد... می‌دانیم که چنین فوتونی هنگامی که به وسیله الکترون پراکنده می‌شود، لگد سختی به آن می‌زند، در نتیجه، تندی الکترون، تغییر بسیار زیاد، در جهتی جدید و نامعلوم خواهد کرد (این مسأله جدیدی است، مسأله‌ای که به هنگام بحث درباره اندازه‌گیری موضع اتومبیل، حتی درباره آن فکر هم نمی‌کردیم!) از این‌رو، وقتی که مافوتون پراکنده نشده را دریافت می‌کنیم، می‌توانیم از جهتی که دارد نتیجه بگیریم که الکترون کجا بوده است و در این صورت «مکان»^(۱) الکترون

۱- تعبیر «مکان»، در این گونه موارد، با تسامح به کار می‌رود. این که به یک نقطه نزدیک هسته اتم اشاره کنیم و بگوییم: «الکترون این جاست» غیر ممکن است. تنها چیزی که می‌توانیم بگوییم این است که «انرژی

را یافته‌ایم. اما در این فرآیند تندی الکترون را (هم از نظر بزرگی و هم از نظر جهت) تغییر داده‌ایم. روشنتر بگوییم: هر چه جای الکترون را با صحت بیشتری معین کنیم (با استفاده از طول موج کوتاهتر) تندی آن با صحت کمتری معلوم می‌شود. ما می‌توانیم با فوتونهای کم انرژی تر، آشفتگی الکترون را کمتر کنیم، ولی چون نور به صورت کوانتومهای hf انرژی وجود دارد، فوتونهای کم انرژی تر طول موجهای بزرگتری خواهند داشت و بنابراین، عدم قطعیت بیشتری در موضع الکترون حاصل می‌شود. خلاصه آن که ما نمی‌توانیم هم مکان و هم تندی یک الکترون را با صحت نامحدود اندازه‌گیری کنیم. هایزنبرگ اصل عدم قطعیت را طی فرمول ساده‌ای بیان کرد. هرگاه ΔX عدم قطعیت در مکان و ΔP عدم قطعیت در اندازه حرکت باشد، در این صورت، حاصل ضرب دو عدد قطعیت باید برابر، یا بزرگتر از ثابت پلانک بخش بر 2π باشد:

$$\Delta X \Delta P \geq \frac{h}{2\pi}$$

(هولتون، راذرفورد، واتسون، ۱۳۷۱، ج ۵، صص

۱۳۰-۱۲۷).

فیزیک‌دان دیگری بر آن است که اصل عدم قطعیت اعجاب‌آور نیست و حتی نشانه‌هایی از آن در تجربه‌های زندگی روزمره هم دیده می‌شود؛ هایزنبرگ پس از ارائه مکانیک ماتریسی،^(۱) به مسأله توصیف وضع ذره پرداخت. چگونه ممکن است معین کرد که ذره کجاست؟ پاسخ واضح چنین است؛ به آن نگاه کن. بسیار خوب، فرض کنیم میکروسکپی وجود داشته باشد که با آن بتوان الکترون را دید. باید نوری یا نوعی تشعشع مناسب بر آن بتابانیم تا آن را ببینیم. اما الکترون

الکترون در این ناحیه از فضای گرداگرد هسته پراکنده است.» ر.ک. جان گریبن، ۱۳۷۴، ص ۱۸۰.

۱- هایزنبرگ چون برای کارکردن با عددهایش از ابزاری ریاضی به نام «ماتریس» استفاده می‌کرد، دستگاه او «مکانیک ماتریسی» نامیده شد.

به قدری کوچک است که اگر فقط یک فوتون نور به آن بخورد آن را به حرکت در می آورد و وضعیتش را عوض می کند. درست با همان عملی که می خواهیم موضع آن را مشخص کنیم، موضع آن را تغییر می دهیم. این پدیده ای است که در زندگی روزمره هم دیده می شود. وقتی که ما فشار هوای لاستیک تویی اتومبیل را با درجه اندازه می گیریم موجب می شویم که اندکی هوا از لاستیک خارج شود و با عمل اندازه گیری فشار هوا، فشار را کمی تغییر می دهیم. همچنین وقتی که دماسنج دما را اندکی تغییر می دهد. شمارنده (کنتور) برای اندازه گرفتن جریان برق، برای حرکت دادن عقربه خود بر روی صفحه، مختصری برق مصرف می کند و چنین است در هر اندازه گیری و از هر نوع.

در اندازه گیریهای معمولی، تغییر در مورد اندازه گیری آن قدر ناچیز است که می توان از آن چشم پوشید. ولی وقتی که به الکترون می رسیم وضع کاملاً فرق می کند. در این جا، وسیله اندازه گیری قابل استفاده ای که از الکترون کوچکتر باشد، وجود ندارد. در نتیجه، به ناچار اثر اندازه گیری ما بر چیزی که اندازه گرفته می شود نه تنها ناچیز نیست بلکه بسیار هم چیز است. ممکن است ما الکترون را از حرکت باز داریم و وضع آن را در لحظه معینی مشخص کنیم. اما در این صورت نمی توانیم بدانیم که حرکت آن چگونه یا سرعت آن چند بوده است. از سوی دیگر می توانیم بدانیم که حرکت آن چگونه یا سرعت آن چند بوده است. از سوی دیگر می توانیم سرعت آن را در لحظه معینی اندازه بگیریم، اما نمی توانیم وضع آن را در آن لحظه تثبیت کنیم.

... محاسبه دقیق هر دو با هم، و در یک آن، میسر نیست (ایزاک

آسیموف، ۱۳۶۱، ص ۱-۴۹۰).

پیآمدهای اصل عدم قطعیت

پیآمدهای بسیار از اصل عدم قطعیت استخراج شده است، هم توسط هایزنبرگ و هم توسط دیگران. از برخی از این پیآمدها نمی توان به عنوان پیآمدهایی معتبر و ارزشمند دفاع کرد. پاره‌ای دیگر از اینها بد تعبیر شده‌اند و بنابراین لازم است به بیان دیگری تقریر شوند. ضمناً پاره‌ای از آنها بسیار حائز اهمیتند. خود هایزنبرگ سه پیامد زیر را از اصل عدم قطعیتش استخراج کرده است.

یکم، اصل عدم قطعیت، به نفی موجبیت منتهی می شود. چون نظراً تعیین وضع و سرعت الکترون یا ذره‌ای، در لحظه معینی از زمان ناممکن است نمی توانیم وضع و سرعت یک ذره را در لحظه با وضع و سرعت ذره در لحظه دیگر، به شیوه‌ای متعین و قطعی ربط دهیم. بنابراین، هیچ موجبیتی در سطح میکروسکوپی یا زیراتمی وجود ندارد.

دوم، اصل عدم قطعیت به نفی علیت مؤدّی می شود. در پدیده‌های زیر اتمی فقط تعبیری آماری امکان پذیر است... از این رو اصل علیت در سطح زیر اتمی کاربرد ندارد. علم، دیگر با زنجیره‌های علی و معلولی یقین آور سروکار ندارد، بلکه سروکار آن با احتمالات آماری است.

سوم، تفکیک سنتی بین فاعل شناسایی و موضوع شناسایی در دانش علمی، تمایز بین مشاهده گر و مشاهده شده، باید به سبب اصل عدم قطعیت از درجه اعتبار ساقط شود. خود آن آزمایشهایی که برای پی بردن به سرشت واقعیت انجام می دهیم، متضمن تخطی از آن واقعیت است (نیکلاس کاپالدی، ۱۳۷۷، ص ۳۴۶).

تعبیر و تفسیرهای دیگر اصل عدم قطعیت

آیا عدم قطعیت نتیجه عدم تعین در طبیعت است یا صرفاً اقرار به جهل بشر

است؟ آیا به این معنی است که قوانین دقیقی در جهان اتم حاکم نیست یا فقط هنوز ما به کشف آن قوانین نایل نیامده ایم. به عبارت دیگر، عدم قطعیت، ذاتاً عینی است یا ذهنی؟ به این گونه پرسشها سه پاسخ داده اند؛

۱- عدم قطعیت مربوط به جهل فعلی بشری است. یعنی در بن این سخن این اعتقاد نهفته است که قوانین دقیقی وجود دارد که در آینده کشف خواهد شد.

۲- عدم قطعیت منسوب است به محدودیتهای درونی تجربی یا مفهومی.

۳- عدم قطعیت به عدم تعین درخود طبیعت منتسب است. اینک تفصیل

مطلب؛

۱- عدم قطعیت به عنوان زاده جهل بشر (انیشتین و بوم).
 بعضی از عدم قطعیهای ما ممکن است بازتاب معرفت نداشتن ما به سیستمهایی باشد که قوانین دقیق دارند. عدم قطعیت درباره وضع هوا چه بسا چیزی جز اقرار به جهل بشر در زمینه هواشناسی نیست. شخص نمی تواند به ضرس قاطع شیر یا خط آمدن سکه ای را از پیش گوید؛ ولی شاید اگر به اندازه کافی درباره فشار پرتاب سکه و میزان مقاومت هوا و نظایر آن بداند بتواند پیش بینی کند. در این صورت، عدم قطعیت کلاً ذهنی است و نمایانگر عدم تکافوی اطلاعات است. و از نظر عینی، سیستم مورد نظر جبری است. در این جا احتمال، اصلاً معرفت شناختی است، نه وجود شناختی، یعنی به میزان فقدان معرفت ما مربوط می شود نه به چیزی در طبیعت...

۲- عدم قطعیت به عنوان محدودیتهای تجربی و مفهومی.
 بسیاری از فیزیک دانان بر این عقیده اند که عدم قطعیت، محصول جهل موقت ما نیست، بلکه ناشی از محدودیت بنیادین معرفت بشری است که همواره ما را از دانستن این که رویدادهای قلمرو اتم جبری و متعینند یا نه، باز می دارد. نخستین روایت از این نظر، مدعی است که این دشواری، دشواری تجربی است؛ عدم قطعیت با آغاز و در طی روند مشاهده، رخ می نماید...

دومین روایت از این نظر، عدم قطعیت را به محدودیت‌های مفهومی گریزناپذیر ما نسبت می‌دهد. در این جا، انسان به عنوان اندیشنده و داننده - و نه آزماینده - منشأ مشکل است. این نظر بر آن است که مفاهیم تعبیرگر از تجربه متعارف روز مره اخذ شده سپس برای تنسيق مدل‌های نظری جهان اتم به کار رفته است...

۳- عدم قطعیت به عنوان عدم تعین در خود طبیعت (هایزنبرگ). از آراء و اقوال سه گانه‌ای که مطرح شد نظر اول این عقیده اساسی را ابراز می‌کرد که طبیعت از قوانین جبرانگاران پیروی می‌کند و هرگونه عدم قطعیتی را به جهل موقت و فعلی بشری نسبت می‌داد. نظر دوم عدم قطعیت را به محدودیت‌های گریزناپذیر تجربی یا مفهومی‌ای نسبت می‌داد که همواره ما را از شناخت آنچه فی الواقع اتم هست باز می‌دارد. نظر سوم می‌هم هست که مورد تأیید بسیاری از فیزیک دانان است و می‌گوید عدم تعین یک خصیصه عینی از طبیعت است و نه ناشی از محدودیت دانش بشری... مارگناتو بر آن است که «عدم قطعیت در نقص اندازه گیریهای ما نهفته نیست و نه در قدرت دانایی بشر، بلکه منشأش در خود طبیعت است.» (ایان بار بور، ۱۳۶۲، صص ۹-۳۳۴).

ارزیابی نهایی و انتقادی

ابتدا لازم است یادآوری کنیم وقتی از «عدم تعین» یا «عدم قطعیت» در فیزیک سخن به میان می‌آید، سه معنی از آن به ذهن متبادر می‌شود و اگر به آراء فیزیک دانان و فیلسوفان علم هم نظر کنیم می‌بینیم آن را به یکی از این سه معنی به کار برده‌اند. ماکس یامر^(۱)، این سه معنی را بدین وجه از یکدیگر تفکیک می‌کند؛ مفهوم «عدم تعین»^(۲) که غالباً از روی تسامح «عدم تیقن»^(۳)

نیز نامیده می‌شود، در فیزیک به‌طور گسترده به کار می‌رود و اهمیت خاصی برای فیزیک کوانتوم دارد. لیکن این مفهوم، بندرت به‌طور صریح و دقیق تعریف شده‌است، اگر اصلاً و اساساً تعریف شده باشد. در نتیجه، این مفهوم دست کم به سه معنی متفاوت که در عین حال مرتبط با یکدیگرند- به کار رفته است و آنها را می‌توانیم به وجه بین و بارز از یکدیگر تفکیک کنیم؛

- ۱- عدم تعین ممکن است بر قسمی رفتار «غیر علی»^(۴) [تصادفی، محتمل، ناموجبیت گروانه] فرآیندهای فیزیکی دلالت‌کند. این گونه رفتار، معمولاً در ساحت پدیده‌های خرد وجود دارد و لذا به موجب این رأی، اصل علیت جزاً یا کلاً نقض می‌شود؛
- ۲- عدم قطعیت ممکن است دلالت بر قسمی رفتار «پیش‌بینی‌ناپذیر»^(۵) داشته باشد، بدون آن که لزوماً متضمّن نفی علیت مابعد طبیعی باشد؛
- ۳- ممکن است دلالت بر قسمی محدودیت ذاتی یا «عدم دقت»^(۶) شیوه‌های سنجش داشته باشد.

(Max Jammer, 1973, PP. 586-587).

مطلب دیگر، که یادآوری آن لازم است این است که، معانی فلسفی و علمی علیّت از یکدیگر منفک هستند. التباس این دو معنی از علیّت، موجب اشتباهات بسیار می‌شود و در این قبیل بحثها باید سخت به هوش باشیم که علیّت علمی و فلسفی را با یکدیگر خلط نکنیم. علیّت فلسفی نه مأخوذ از تجربه است و نه با تجربه سروکاری دارد و بنابراین، با تجربه نقض نمی‌شود. فیلسوف احکام خود را با نظر به وجود - مطلق وجود - صادر می‌کند. لذا هیچ تجربه‌ای نه مؤید احکام فلسفی است نه مبطل آن. ما نمی‌توانیم با رجوع به عالم خارج بگویم مصادیق عینی و

3. Uncertainty.

4. Acausal.

5. Unpredictable.

6. Imprecision.

خارجی الف، ب و ج مؤید علّیتند؛ تعیین مصداق در فلسفه ناممکن است علّیت فلسفی با برهان - که مقدمات آن کلی، ضروری و دائمی اند - اثبات می شود نه با روشهای تجربی. از اینرو، اگر با مراجعه به جهان خارج ملاحظه کردیم حوادث با هم اختلاف آماری دارند این مبطل علّیت نیست. این حداکثر علّیت علمی را نقض می کند. چرا؟ زیرا در فلسفه می گوئیم علّت موجد معلول است. یعنی به طور کلی می گوئیم اگر علت - علت تامّه - موجود شود معلول آن بالضرورة موجود خواهد شد. ولی می دانیم که در عالم ماده و طبیعت نمی توانیم به ضرس قاطع بگوئیم یک رشته حوادث وجود دارند که همیشه به طور قطع نتایجی را به دنبال می آورند. اصل علّیت تکرارپذیری را القا می کند. یعنی مشعر است به این که درصدی از مواد، مقدمه واقع می شوند برای پاره ای از نتایج. لذا علت هر جا تکرار شود، معلول هم تکرار می شود. وقتی این نبود در عالم خارج، علّت تکرار نمی شود، معلول هم تکرار نمی شود. مثلاً ما هر وقت آزمایش بکنیم هیچ دو آزمایشی مثل هم نخواهد بود. گویی هر آزمایشی و هر حادثه ای منحصر به فرد است و این، اعتقاد ما را به علّیت در عالم مادی مقداری سست می کند. احتمال درست معنی اش همین است که وقتی می گوئیم علّیت - یعنی آنجا که با تکرار اوضاع و احوال مشابه - نتایج مشابه می گیریم، در احتمال می گوئیم با تکرار شرایط و اوضاع و احوال مشابه، نتایج غیر مشابه می گیریم. دقت می ورزیم در به وجود آوردن علل مشابه، اما نتایج مشابه حاصل نمی شود. هر جا این طور شد با احتمالات سروکار داریم مثلاً اگر تاس بیندازیم و انتظار داشته باشیم با تکرار اوضاع و احوال مشابه، معلول مشابه رخ می دهد - مثلاً تاس بر وجهی فرود آید که شش خال دارد - خواهیم دید که حتی اگر دقت کنیم اوضاع و احوال مشابه را تکرار کنیم نتایج مشابه نخواهیم گرفت. یعنی تاس یک بار بر یک پهلوی و بار دیگر بر پهلوی دیگر و بار سوم بر پهلوی سوم و... فرود می آید. گویی در عالم خارج، تا وقتی ما دقت نمی کنیم همه چیز دقیق است. ولی اگر دقت کنیم و دست به تجربه بزنیم دقت عالم خارج از بین می رود. کسانی که قائل به Probablism شده اند، همین عدم دقت را دیده اند که چنین قولی را اظهار داشته اند خلاصه بحث این است که علّیت فلسفی از تجربه گرفته نشده است که با

تجربه نقض شود، به خلاف علّیت طبیعی مادی که ابتدا از تجربه‌های خام غیر دقیق گرفته می‌شود ولی بعد با تجربه‌های دقیق‌تر و پخته‌تر معلوم می‌شود که آن اصل خیلی درست نبوده است و عالم خارج دقیق به نظر نمی‌رسد.

پوپر

پوپر بحث تعین و عدم تعین را در کتاب شناخت عینی؛ رویکردی تکاملی^(۱) در فصلی زیر عنوان «درباره ابرها و ساعتها» [Of clouds and clocks] آورده است. پوپر می‌گوید ما می‌توانیم جهان را در ذهن خودمان به دو صورت متصور کنیم. یک تصویر این است که جهان مثل ساعتی دقیق و مضبوط و منظم و سازمان داده شده کار می‌کند و هیچ تخلفی - جدای از برنامه‌ای که دارد - از آن سر نمی‌زند. تصویر دیگر از جهان این است که جهان همچون ابر است که دامنه‌ها و کرانه‌های نامتعین دارد؛ یک قطعه ابر بی‌نظم و قاعده و پراکنده که ما نمی‌توانیم تشخیص دهیم که حدود این ابر تا کجاست و از کجا به بعد این ابر تمام می‌شود. از نظر پوپر، ماحصل انقلاب نیوتنی جهانی Deterministic بود؛ یعنی جهانی که مثل ساعت کار می‌کرد و گذشته آن متضمن همه امکانات آینده‌اش بود و به عبارت دیگر، به اندازه‌ای که گذشته جهان اجازه می‌داد، راه پیش پای آینده آن باز بود. این خلاصه طرز نگرشی است که پوپر آن را «اصالت تعین فیزیکی»^(۲) می‌نامد. برطبق این رأی، همه ابرها ساعتند، حتی ابرترین ابرها. نقطه مقابل این رأی، Openuniverse^(۳) است که مراد از آن این است که جهان امکانات تعین نیافته زیادی پیش روی دارد. گذشته جهان متضمن همه امکانات آینده جهان نیست. راه جهان در آینده، پیشاپیش از گذشته متعین نشده است. پوپر این نگرش را از رهاوردهای نظریه کوانتوم و فیزیک جدید می‌داند که با طلوع آن اصالت تعین فیزیک رسمی و

1. Objective knowledge; An Evoluticnary Approach.

2. Physical determinism.

۳- تلمیح به کتابی از پوپر زیر عنوان The open universe: An Argument for inde terminism

کلاسیک، برافتاد. پوپر، به تأسی از چارلز ساندروز پرس می‌گوید:

ما حق داریم چنین حدس بزنیم که سستی یا نقصی در همه ساعتها وجود دارد و این خود اجازه می‌دهد که عنصری از تصادف و اتفاق [درکار و بار جهان] نقش داشته باشد. بدین‌گونه پرس چنان حدس می‌زند که جهان تنها به توسط قوانین حتمی نیوتنی اداره نمی‌شود، بلکه در عین حال در زیر فرمان قوانین تصادف و اتفاق یابی نظم‌ی است؛ قوانین آماری احتمال. بدین‌سان جهان به صورت مجموعه‌ای ترکیب شده از ابرها و ساعتها در می‌آید که در آن، بهترین ساعت، در ساختار مولکولی خود، تا درجه‌ای ابر بودن خود را نشان می‌دهد. تا آن‌جا که من خبر دارم، پرس نخستین فیزیک‌دان و فیلسوف پس از نیوتن بود که بدین وجه جرأت اظهار این نظر را پیدا کرد که تا حدی همه ساعتها ابرند، یا به عبارت دیگر، تنها ابر وجود دارد، ولی ابرهایی با درجات گوناگون ابر بودن (Karl R. Popper, 1972, PP212-13).

پوپر در جای دیگر، از نفی موجبیت، در ارتباط با نظریه جهانهای سه‌گانه، سخن می‌گوید. او در کتاب *جهان‌باز؛ برهانی در تأیید عدم موجبیت*، در فصلی زیر عنوان «نفی موجبیت کافی نیست»، در ابتدای بحث می‌گوید: موضوع این مقاله آزادی انسان است. مراد او از آزادی انسان، آزادی در مقام آفرینش آثار هنری یا ابداع نظریه‌های تبیین‌گر علمی است. اما از آزادی اخلاقی - که به جای خود مهم و گرانمایه است - سخنی به میان نمی‌آورد، زیرا معتقد است اگر بحث، به تحقیق درباره آزادی در مقام آفرینش آثار هنری و نیز آزادی در مقام ارزیابی دلایل و براهینی که له یا علیه گزاره‌های راجع به امور واقع یا نظریه‌های علمی اقامه می‌شوند، محدود و مقید باقی بماند، آنگاه به جرأت می‌توان گفت که اگر ما از این نوع آزادی بهره‌مند شویم می‌توانیم از آزادی در مقام آفرینش، آزادی در مقام خردورزی و آزادی در مقام انتخاب در عرصه‌های اخلاقی نیز برخوردار گردیم و از قابلیت قبول مسئولیتی که ملازم آن‌گونه خلاقیتها و انتخابهاست، هم حظی بیابیم.

حال آن که اگر ما دست کم از آزادی در مقام خردورزی یا بحث درباره موضوعات راجع به امور واقع محروم باشیم، بعید به نظر می‌رسد که بتوانیم از هیچ‌گونه آزادی اخلاقی نصیب یابیم.

پوپر بر آن است که نفی موجبیت به تنهایی نمی‌تواند برای آزادی انسان مکان و منزلتی فراهم سازد. علاوه بر مفهوم «عدم موجبیت» دست کم به یک «روزنه علی»^(۱) محتاجیم - که آن چنان که خواهیم گفت جهان (۱) را به سوی جهان (۲) باز کند و نیز به همان سان به «روزنه علی» دیگری نیاز داریم که جهان (۲) را به سوی جهان (۳) بگشاید و برعکس.

جهان‌های ۱، ۲، ۳

منظور من از جهان (۱) همان است که معمولاً جهان فیزیکی نامیده شده است. یعنی جهان سنگها، و درختان و میدانها و نیروهای فیزیکی. جهان شیمی و زیست‌شناسی نیز در همین جهان است. جهان (۲) جهان ذهن و روان است. جهان (۲)، جهان احساس بیم و امید، قوای معطوف به کنش و تمامی انواع تجربیات ذهنی است - اعم از تجربیات خودآگاه و ناخودآگاه - منظور از جهان (۳)، جهان فرآورده‌های ذهن انسان است؛ کتابها، مجله‌ها و کتابخانه‌ها به جهان (۳) - و از حیث دیگر - به جهان (۱) تعلق دارند. به عبارت دیگر، تمامی اجسام فیزیکی انضمامی نظیر سنگها، درختان، حیوانات و بدن آدمیان به جهان (۱) تعلق دارند و تمام حالات روانی - خواه خودآگاه باشند یا ناخودآگاه - به جهان (۲) تعلق دارند. اما چیزهای انتزاعی نظیر مسائل، نظریه‌ها و براهین - ولو آن که نادرست باشند - به جهان (۳) تعلق دارند. جهان فیزیکی مقدم بر جهان حسیات حیوانی است. و ظهور جهان (۳)، ملازم ظهور و تکامل زبان ویژه و منحصر به فرد انسان بوده است. جهان معرفت بشری که در قالب زبان صورت‌بندی شده است، مهمترین صفت ممیزه جهان (۳) است. فرقی چشمگیر است میان آن که فقط فکری را بیندیشیم یا آن که

آن فکر را در قالب زبان (یا به نحو مکتوب یا چاپ شده) صورت بندی کنیم. مادام که یک فکر فقط در اندیشه ما باشد، نمی تواند به طور عینی مورد نقد واقع شود، بلکه جزئی از خوشتن ما به شمار می آید. برای آن که فکری نقدپذیر گردد می باید در قالب زبان انسان صورت بندی شود و به یک «عین» متعلق به جهان (۳) تبدیل گردد.

فلسفه های وحدت گرای مبتنی بر نفی ماده، یا پایدارگرایی، فلسفه هایی هستند که موجودیت جهان (۱) را انکار می کنند و فقط نفس تجربیات - یعنی فقط جهان (۲) - را به عنوان امر موجود می پذیرند. نقطه مقابل آن، فلسفه های وحدت گرای مبتنی بر اصالت ماده یا اصالت فیزیک یا رفتارگرایی فلسفی است که بنابر آن فقط جهان (۱) وجود دارد. اکثریت مردم ثنویت گرا هستند. یعنی به تبع عقل متعارف، فقط به موجودیت جهان اول معتقدند، اما برای بیشتر مردم پذیرفتن جهان (۳) کار آسانی نیست.

موجیّت و عدم موجیّت در فیزیک

عنوان این مقاله عبارت است که «نفی موجیّت کافی نیست»، یعنی برای تأمین آزادی انسان کافی نیست. اما من هنوز درباره جبرگرایی کلاسیک (یا جبرگرایی فیزیکی یا جبرگرایی مربوط به جهان (۱)) و نیز از دیدگاه غیر جبرگرایانه مقابل آن، طراحی ارائه نداده ام. به علاوه هنوز نگفته ام چرا این هر دو دیدگاه را در بحث آزادی انسان نارسا می دانم. جبرگرایی کلاسیک یا جبرگرایی جهان (۱) عقیده کهن است که لاپلاس آن را براساس مکانیک نیوتنی به صریحترین وجه بیان کرده است. تز لاپلاس درخصوص جبرگرایی را می توان به این صورت تقریر کرد.

فرض کنید ما مقدار دقیق جرم و نیز موقعیت مکانی و سرعت تمام اجزای مادی جهان را در یک لحظه معین از زمان، در اختیار داشته باشیم. در این صورت، علی الاصول می توانیم با کمک مکانیک نیوتنی تمام رویدادهای گذشته و آینده را محاسبه کنیم. این محاسبه، تمام حرکات فیزیکی آدمیان و از این رو تمام واژه های ملفوظ یا مکتوب، تمام اشعار و تمام موسیقیهایی را که در آینده نگاشته خواهد

شد، در بر خواهد گرفت. این محاسبه را می‌توان با یک ماشین هم انجام داد. فقط کافی است آن ماشین را با قوانین حرکت نیوتن و نیز شرایط اولیه برنامه‌ریزی کنیم. این ماشین می‌تواند مانند یک قطعه سنگ ناشنوا و از تمامی مسائل آهنگ‌سازی بی‌خبر باشد، ولی با این همه قادر خواهد بود تمام نتهای موسیقی را که آهنگ‌سازی مفروض - در گذشته یا آینده نگاشته یا می‌نگرد - پیش‌بینی کند. لاپلاس از عقیده اصلی خود مبنی بر آن که جهان (۱) به بند علیت بسته و مجبور است، نتایج درستی استنتاج کرد اگر دیدگاه لاپلاس را بپذیریم دیگر نباید بگوییم که با وجود این، از آزادی و خلاقیت جبلی انسانی برخورداریم (همان‌طور که بسیاری از فیلسوفان می‌گویند).

به هر جهت، پس از آن که ماکسول کوشید به مدد مدل مکانیکی اِتر، الکتريسته و مغناطیس را به مکانیک نیوتنی تحویل کند و در این کار ناکام ماند، جبرگرایی لاپلاسی مورد تعدیل واقع شد. با شکست این تلاشها، تزی که جهان (۱) مکانیک نیوتنی را بسته می‌دانست، فرو پاشید. این جهان، به روی بخش الکترومغناطیس جهان (۱) باز شد. به رغم این مسأله، مثلاً اینشتین، جبرگرا باقی ماند. وی تقریباً تا پایان عمرش معتقد بود که می‌توان مکانیک، جاذبه و الکتريسته را در ضمن یک نظریه واحد و بسته مبتنی بر موجبیت علی تلفیق کرد. (۱)

۱- پوپر خود در ملاقاتهایی که با اینشتین داشت سعی کرد او را متقاعد کند که از موجبیت علی روی گرداند و به عدم قطعیت روی آورد. وی درباره یکی از ملاقاتهایش با اینشتین می‌گوید:

من کلاً سه بار او را دیدم. موضوع اصلی صحبت ما همان مسأله عدم قطعیت بود. می‌خواستم او را ترغیب کنم تا جبری را که موجب می‌شد دیدش از جهان نوعی جهان چهار بعدی پارمیدسی باشد، رها کند؛ جهانی که تغییر در آن صورت نمی‌گیرد یا بسیار کم صورت می‌گیرد ولی انسانها تصوّر می‌کنند تغییر می‌کند. او را «پارمیدس» خطاب می‌کردم... بر آن بودم که به او نشان بدهم... لازم است به نفع جهانی باز، یعنی جهانی که در آن بودم که به او نشان بدهم... لازم است به نفع جهانی باز، یعنی جهانی که در آن آینده در شکم گذشته یا حال نیست، نظر بدهد. به او گفتم ما نباید چنان شیفته نظریه‌ها باشیم که عقل سلیم را به آسانی از دست بدهیم. روشن بود که اینشتین نمی‌خواست واقع‌گرایی - یعنی نظریه‌ای را که روشن‌ترین

اما یک نوع مذهب غیر جبرگرایانه دیگر وجود دارد که جزو اعتقادات رسمی فیزیک شده است. این نوع مذهب غیرجبرگرایانه جدید، توسط مکانیم کوانتوم مطرح گردیده است. به زعم این مذهب، عنصر احتمالاتی رویدادهای شانس به روندهای علی تحویل پذیر نیست.

بنابراین دو نوع واقعه شانس وجود دارد؛ یک نوع آن وقتی حادث می شود که دو زنجیره علی مستقل از یکدیگر به طور تصادفی توأم در زمان و مکان واحد واقع شوند و به نحوی برخورد و تلفیق یابند که یک واقعه شانس را پدید آورند. مثلاً دو زنجیره علی را در نظر بگیرید که یکی از آنها منجر به رها شدن پاره سنگی می شود و در همان حال زنجیره علی دیگر - مستقل از زنجیره نخست - منجر به آن می شود که فردی در مکانی قرار گیرد که توسط آن پاره سنگ مضروب شود. این نوعی رویداد شانس است که نظریه تبیین گر آن توسط خود لاپلاس (در همان موقعی که بر روی مسأله احتمالات کار می کرد) پرورده شد. این نوع وقایع، کاملاً با جبر لاپلاسی سازگارند؛ همه کس می تواند آنچه را که ناگزیر روی خواهد داد،

دلایلش بر عقل سلیم متکی است - رها کند. اگرچه گمان می کنم حاضر بود، مثل خود من، هر وقت دلایلی قوی (مثلاً از نوع دلایل گودل) علیه آن پیدا شود، از آن دست بکشد. بنابراین، چنین استدلال کردم که در مورد زمان و نیز در مورد عدم موجبیت (یعنی ناتمامیت فیزیک) مسأله به همان گونه است که در مورد واقع گرایی. به روش خاص خود او متوسل به این شدم که مطالب را با عبارات مذهبی و کلامی بیان کنم. و گفتم اگر خدا می خواست همه چیز را برای همیشه همان طور که در ابتدا بود قرار دهد، دنیایی بدون تغییرات، بدون موجودات زنده، بدون تحوّل، بدون انسان و بدون تجربه انسان از تغییر خلق می کرد. ولی مثل این این که خود او هم از دنیایی زنده که در آن هر امر غیر منتظری ممکن بود به وقوع بپیوندد، بیشتر خوشش می آمد تا دنیایی مرده و بی تحرّک.

همچنین کوشیدم برای او روشن کنم که قبول چنین موضعی به هیچ وجه مخالف انتقادهای او از بور نیست که معتقد بود مکانیک کوانتوم از هر جهت کامل و بدون نقص است؛ برعکس این وضع نشان می دهد که همیشه راه پیشرفت باز است و بالاخره محتمل است که روزی آشکار شود که علوم هیچ کدام (به تعبیری) کامل و بدون نقص نیستند (کارل پوپر، ۱۳۶۹، ص ۱۵۷).

پیش‌بینی کند به شرط آن که قبلاً درباره آن واقعه اطلاعات لازم را داشته باشد. در واقع، فقط نقصان دانش ماست که این نوع شانس را موجب می‌شود. اما مکانیک کوانتوم نوعی واقعه شانس دیگری را مطرح می‌کند که به مراتب رادیکال‌تر است یعنی واقعه مبتنی بر شانس محض. مطابق مکانیک کوانتوم، فرآیندهای فیزیکی پایه‌ای وجود دارند که به اصطلاح «جهش‌های کوانتومی»^(۱) نامیده می‌شوند. این فرآیندها دیگر، بر حسب زنجیره علی قابل تحلیل نیستند. یک جهش کوانتومی، واقعه‌ای مطلقاً پیش‌بینی‌ناپذیر تلقی می‌شود - واقعه‌ای که با قوانین علی و یا اقراران قوانین علی قابل کنترل و پیش‌بینی نیست، بلکه فقط تابع قوانین احتمال می‌باشد - بنابراین، مکانیک کوانتوم به رغم مخالفت‌های اینشتین چیزی را مطرح کرد که به تعبیر وی «تاس بازی خداوند» خوانده شد. مکانیک کوانتوم، این وقایع مطلقاً شانس را به مثابه وقایع اساسی جهان^(۱) تلقی می‌کند. این وقایع شانس (نظیر متلاشی شدن یک اتم از راه تشعشع رادیواکتیو) نتایجی خاص و متغیر دارند. این نتایج، از پیش متعین و مقدر نشده‌اند و از این‌رو پیش‌بینی‌پذیر نیستند. بخش عمده معرفت ما نسبت به کل شرایط ذی‌ربط و مقدم بر یک واقعه نیز همین حکم را دارد؛ اما ما می‌توانیم درباره این گونه فرآیندها، پیش‌بینی‌های آزمون‌پذیر بکنیم. اگرچه من معتقدم که مکانیک کوانتوم آخرین کلام در فیزیک نیست، اما از قضا معتقدم که این غیر جبرگرایی‌اش اساساً درست است. من معتقدم حتی مکانیک نیوتنی هم علی‌الاصول غیر جبرگرایانه است. برای آن که این مدعا روشن شود می‌باید مدل‌های فیزیکی معرفت انسانی - مثلاً کامپیوترها - را هم به آن ضمیمه کنیم. اگر معرفت عینی بشر (یعنی جهان ۳) را به جهان ضمیمه کنیم، می‌توانیم خصلت نامتعین و نیز بازبودن و ناتمامیت^(۲) ذاتی جهان را اثبات کنیم.

۱- جهش‌های کوانتومی، جهش یک سیستم اتمی یا دوان اتمی است از یک حالت کوانتومی به حالت کوانتومی دیگر.

اکنون به بحث از مکانیک کوانتوم باز می‌گردیم. من می‌خواهم نشان دهم غیر جبری بودن «تاس‌بازی خداوند» یا قوانین احتمالاتی نمی‌تواند برای آزادی انسان جایی فراهم کند؛ برای آن که ما نه فقط می‌خواهیم بدانیم که چگونه می‌توانیم به نحو پیش‌بینی‌ناپذیر و شانس‌ی عمل کنیم که همچنین می‌خواهیم بدانیم که چگونه می‌توانیم با سنجیدگی و به نحو عقلانی عمل نماییم. ثابت احتمالاتی مشهور وقایع شانس (نظیر ارسال نامه‌های فاقد نشانی) مسأله غریب و شایان توجهی است. اما این مورد با مسأله آزادی در مقام سرایش یک قطعه شعر خوب یابد و یا با طرح فرضیه‌های جدید مثلاً در باره منشأ کدهای ژنتیک، هیچ‌گونه شباهتی ندارد. اگر مکانیک کوانتوم درست باشد، پس باید بپذیریم که جبرگرایی لاپلاسی نادرست است و براهین متخذ از فیزیک را دیگر نمی‌توان علیه آموزه «عدم موجبیت» اقامه کرد.

نفی موجبیت کافی نیست

بیاید فرض کنیم جهان فیزیکی، نسبتاً و نه کاملاً، جبری است؛ یعنی آن که فرض کنیم وقایع، مطابق قوانین فیزیکی از پی هم واقع می‌شوند، اما گه‌گاه در اتصالشان یک رخنه^(۱) وجود دارد؛ رخنه‌ای که با توالیهای پیش‌بینی‌ناپذیر و شاید احتمالاتی نظیر آنچه که در بازی رولت یا تاس یا پرتاب سکه، یا مکانیک کوانتوم سراغ داریم، پُر می‌شود. اگر این‌طور باشد ما یک جهان (۱) نامتعیین خواهیم داشت - آن‌چنان که به گمان من واقعاً داریم - اما اگر راه ارتباط علی جهان (۱) با جهان (۲) و جهان (۳) بسته باشد. به هیچ مطلوبی نرسیده‌ایم. این نوع جهان (۱) نامتعیین، پیش‌بینی‌ناپذیر خواهد بود، مع ذلک جهان (۲) و به همراهش جهان (۳) نمی‌توانند بر آن هیچ‌گونه تأثیر و کنش داشته باشند. احساسات و آمال ما هر چه باشند، این جهان (۱) بسته و غیر جبری به قرار و قاعده پیشین به راه خود می‌رود و فقط با جهان لاپلاسی یک تفاوت اساسی دارد. اگر قاعده مندی این جهان تا حدی معلول

شانس باشد، ما دیگر نمی‌توانیم در این جهان چیزی را پیش‌بینی کنیم، ولو آن‌که دربارهٔ موقعیت فعلی آن همه چیز را بدانیم. بنابراین نفی موجبیت برای تجویز آزادی انسان و خلاقیت وی ضروری اما ناکافی است. آنچه به واقع نیاز داریم برنهادی است که جهان (۱) را ناتمام^(۱) می‌داند، یعنی بر نهادی که مدعی است جهان (۱) با جهان (۲) تعامل دارد، یا آن‌که راه ارتباط علی جهان (۱) با جهان (۲) و بنابراین با جهان (۳) باز است.

بنابراین دوباره به نکتهٔ اصلی مان می‌رسیم؛ ما باید خواستار نوعی جهان (۱) باشیم که خود شمول^(۲) یا «بسته» نیست، بلکه به روی جهان (۲) باز است و می‌تواند توسط جهان (۲) تحت تأثیر و کنش قرار گیرد، عیناً همان‌طور که جهان (۲) می‌تواند توسط جهان (۳) و البته توسط جهان (۱) تحت تأثیر و کنش واقع شود.

جبرگرایی و اصالت طبیعت

جبرگرایی لاپلاسی و نیز نظریه‌ای که راه ارتباط علی جهان (۱) با جهانهای دیگر را بسته می‌داند، یک انگیزهٔ فلسفی اساسی دارند که کمتر می‌توان در آن تردید کرد. این نظریه‌ها می‌خواهند بشر را یک حیوان بدانند و مایلند ما را به سان پاره‌ای از طبیعت در نظر آورند. من معتقدم این انگیزه درست است؛ اگر طبیعت یکسره جبری باشد، قلمروی هم که عرصهٔ عمل انسان است، محکوم به جبر خواهد بود. در آن صورت هیچ عملی به وقوع نمی‌پیوندد، بلکه حداکثر ظاهری از عمل در کار خواهد بود.

اما این حجت را می‌توان معکوس کرد و گفت اگر بشر دست کم تا حدی آزاد باشد، جهان فیزیکی (۱) باز خواهد بود، چرا که بشر خود جزو طبیعت است و دلایل فراوانی وجود دارد که بشر را دست کم تا حدی آزاد بدانیم. دیدگاه مقابل که دیدگاه لاپلاس باشد به نوعی تقدیرگرایی^(۳) می‌انجامد، یعنی به دیدگاهی

1. Incomplete.

2. Predestination.

3. Predestination.

می انجامد که مدّعی است بلیونها سال پیش ذرات عنصری جهان به سان بذریک گیاه متضمن شعر هومر، فلسفه افلاطون و سمفونی بتهوون بوده اند؛ بنابراین تاریخ بشر و توأم با آن تمام فعالیت های خلاق وی از پیش مقدر شده است. تحوّل تئوریکی هم که نظریه کوانتوم در این دیدگاه پدید آورد، وضع را بهتر نکرد. اگر دیدگاه مبتنی بر نظریه کوانتوم ربطی با مسأله خلاقیت انسان داشته باشد، خلاقیت انسان محکوم شانس محض خواهد شد. بی تردید در امر خلاقیت عنصر شانس مداخلت دارد. مع ذلک از دید من، نظریه ای که خلق آثار هنری یا موسیقایی را در تحلیل نهایی بر حسب شیمی یا فیزیک توضیح دهد، یاوه و باطل می نماید... بتهوون به عنوان یک آهنگ ساز، آزادانه آزادی خود را تابع محدودیتهای ساختاری جهان (۳) کرد... و مانند مکتشف کوهستان هیمالیا در انتخاب راهش آزاد بود، اما به محض انتخاب، توسط راهی که برگزید... محدود و مقید شد.

جهان باز

به این مدّعا باز می گردیم که میان جهان ۱، ۲ و ۳ تعامل است... مثلاً وقتی ریاضی دان نتایج کارش را که به جهان (۳) متعلق است بر روی کاغذ می نویسد، ذهنش - یعنی جهان (۲) وی - بر جهان فیزیکی (۱) عمل می کند. بنابراین جهان (۱) به سوی جهان (۲) باز است - دقیقاً به همان سان که جهان (۲) به روی جهان (۳) باز است. باز بودن جهان (۳) یا ناتمامیت و باز بودن جهان را شاید بتوانیم با نقل یک حکایت معروف به بهترین وجه روشن کنیم؛ حکایت مردی که از اتاقش تصویری می کشد و در آن تصویر، تصویری را هم که در حال ترسیم آن است، منظور می نماید. کار این مرد پایان ندارد. چرا که وی ناگزیر است آخرین نقشی را هم که ترسیم کرده، به حساب آورد... بنابراین ما در یک جهان باز زندگی می کنیم... اگر فقط در یک مورد این باز بودن را دریافتیم، بسیار عقل پسندتر است که تمام دیدگاههایی را که جهان را بسته می دانند، مردود بدانیم. اعم از آن که جهان را به زنجیر علیت یا ضوابط احتمالاتی بسته بدانند. بنابراین جهان بسته ای که لاپلاس پیش می نهاد به همان سان نامقبول است که جهان مورد پیشنهاد مکانیک موجی. جهان ما تا حدّی

علی، تا حدّی احتمالاتی و تا حدّی باز است... از این رونقی موجبیت کافی نیست. یعنی ما برای فهم آزادی انسان به چیز بیشتری محتاجیم. ما به روزه‌ای محتاجیم که از جهان (۱) به روی جهان (۲) و از جهان (۲) به روی جهان (۳) گشوده باشد و نیز به روزه‌ای مستقل و خودمختار در جهان (۳) نیازمندیم - یعنی روزه‌ای در جهان فرآورده‌های ذهن انسان و به‌ویژه معرفت وی (ترجمه فارسی؛ احمد نراقی، کیان، شماره ۹ و ۱۱۳-۱۳۰ PP و ۱۹۸۸ و Karl.R.Popper)

راسل

راسل، در کتاب *جهان‌بینی علمی*، در فصل چهارم، تحت عنوان «مابعدالطبیعه علمی»، از قول ادینگتون، ستاره‌شناس و فیزیکدان شهیر انگلیسی می‌آورد که، فیزیک به سه بخش تقسیم می‌شود؛ نخستین بخش آن، همه قوانین کلاسیک، همچون بقای انرژی، مومنت و قانون جاذبه است. دومین بخش آن با مجموعه‌های بزرگ و قوانین تصادف سروکار دارد. در این بخش، کوششی برای اثبات این مطلب نمی‌شود که بروز چنین و چنان رویدادی ناممکن است، بلکه نشان می‌دهد که بعضی از آن‌ها به‌طور سرکشی غیر محتملند. سومین بخش فیزیک، حاوی نظریه کوانتوم است که در عین حال تکان‌دهنده‌ای از دو بخش فوق است؛ چون ظاهراً مبین آن است که قانون علیت که تاکنون تکیه‌گاه علم بوده است، در مورد حرکت الکترون‌ها صدق نمی‌کند. سپس راسل درباره هر بخش به کوتاهی سخن می‌گوید. از جمله درباره جنبه‌های آماری فیزیک می‌گوید رفتار مجموعه‌های بزرگ تقریباً به همان ترتیبی است که پیش از ظهور نظریه کوانتوم تصوّر می‌شد، به‌طوری که در حدّ آنها، فیزیک قدیم تقریباً صادق است. در این میان، قانون بسیار مهمی وجود دارد که فقط جنبه آماری دارد و آن قانون دوم ترمودینامیک است. آنچه از قانون مزبور بر می‌آید این است که جهان لحظه به لحظه به بی‌نظمی می‌گراید... اگر یک دسته ورق را به طور مداوم بُربزنید این احتمال می‌رود - ولو احتمالی بسیار ضعیف - که ورقها بار دیگر به ترتیب نخست برگردند. احتمالی که برای به وجود آمدن این نظم تصادفی می‌توان تصوّر کرد، خیل فراتر از احتمالی

است که در مورد نظم اتفاقی میلیونها مولکول می توان داد. مثالی می زنیم؛ فرض کنید ظرفی داریم که آن را به وسیله حایلی به دو قسمت مساوی تقسیم کرده ایم و باز فرض کنید که یک طرف آن حایل پر از هوا و طرف دیگر آن خلأ محض باشد. حال تصوّر کنید که سوراخی در دیواره حایل باز شده و هوا پیوسته به محفظه خالی جریان پیدا کند. بعید نیست که در آینده نامعلومی همه مولکولهای هوا، در جریان کاملاً اتفاقی خود بر حسب یک تصادف دوباره به ناحیه اول باز گردند. این واقعه ناممکن نیست فقط غیر محتمل است ولی خیلی غیر محتمل است...

در دناکترین رهاورد نظریه کوانتوم این است که عمومیت قانون علیت را مورد شبهه قرار می دهد. بر طبق این نظریه می توان چنین تصور کرد که شاید آنها اندکی اختیار دارند که بر اثر آن - حتی از لحاظ نظری هم که شده - کاملاً تحت سیطره قانون علیت قرار نمی گیرند. به علاوه، چیزهایی که از لحاظ نظری قطعی تصور می شوند، کاملاً از کسوت قطعیت عریان می گردند. اصل عدم قطعیت هایزنبرگ نیز مؤید همین مدّعاست. بر طبق این اصل، ذره یا دارای مکان است و یا دارای سرعت و نمی تواند به هیچ اعتبار دقیقی این دو را با هم داشته باشد... این اصل، فیزیک قدیم را که «مکان» و «سرعت» از اصول بنیادی آن بودند، زیر ویر می کند. الکترون را فقط زمانی رؤیت می کنید که بدرخشد و الکترون زمانی می درخشد که جهش کند و بدین سان، برای رؤیت محل آن مجبور خواهیم بود، آن را از محلی به محل دیگر جهش دهیم! (برتراند راسل، ۱۳۵۱، صص ۷۴-۶۹).

رایش‌ناخ

تصوّر علیت در هر نظریه شناخت مربوط به عصر جدید، برجسته ترین جایگاه را به خود اختصاص داده است... فحوای تبیین، تعمیم است و آنچه که دانشمندان از قانون علی می فهمند همانا رابطه ای به صورت «اگر... آن گاه» است؛ با این توضیح اضافی، که این رابطه در همه زمانها صادق است. این گفته که جریان الکتریکی، باعث انحراف عقربه مغناطیسی می گردد بدین معنی است که هر زمان جریانی الکتریکی وجود داشته باشد، همواره انحرافی در عقربه مغناطیسی وجود

دارد. قید «همواره» قانون علی را از «قران اتفاقی»^(۱) متمایز می سازد... و چون تکرار همه آن چیزی است که قانون علی را از یک مصادفه صرف متمایز می سازد، معنی رابطه علی همانا بیان تکراری استثنای پذیراست و لازم نیست بگوییم معنایی بیش از این دارد. این پنداشت که علت باریسمانی پنهان به معلول خود پیوسته است، و معلول مجبور است از پی علت برود، خاستگاهی انسان وار-انگارانه دارد و می توان آن را رها کرد... تعبیر علیت بر حسب عمومیت را-که در نوشته های دیوید هیوم به روشنی بیان شده است- اینک عموماً دانشمندان می پذیرند. قوانین طبیعت، از نظر دانشمندان، بیان تکراری استثنای پذیر است و بس. این تجلیل نه تنها معنی علیت را روشن می کند بلکه راه را برای گونه ای بسط علیت نیز باز می کند که معلوم شود برای فهم علم جدید ضروری است.

... قوانین علم آمار، در اصل با نتایج قماربازها مورد توجه قرار گرفتند... نخستین علم آمار اجتماعی در قرن هفدهم تدوین گردید. در قرن نوزدهم، روشهای آماری وارد علم فیزیک شد. نظریه جنبشی گازها... به کمک محاسبات آماری پدید آمد. روش آماری، هنگامی به بزرگترین پیروزی خویش دست یافت که در تبیین پدیده های برگشت ناپذیر- که مشخصه همه فرآیندهای گرمایی است و با جهت زمان پیوندی بس تنگاتنگ دارد- توفیق یافت. مثلاً می دانیم که جریان گرما از جسم گرمتر به جسم سردتر است و نه برعکس؛ هنگامی که قطعه ای یخ را در لیوانی آب ولرم می اندازیم، آب سردتر می شود؛ گرمای آب به یخ منتقل می شود و آن را ذوب می کند. این قانون را ما قانون برگشت ناپذیری می نامیم و فیزیک دانان آن را اصل دوم ترمودینامیک می دانند.

بولتزمان، فیزیک دان اتریشی، کشف کرد که اصل برگشت ناپذیری از طریق ملاحظات آماری قابل تبیین است... با این که قانون برگشت ناپذیری موجه و مسلّم است، به نتایج غیر منتظره و وخیم نیز می انجامد. این نتایج، قطعیت و اکید بودن آن را از میان می برد و آن را به صورت قانونی احتمالی در می آورد، هنگامی که ورقهای

بازی را بُر می‌زنیم نمی‌توانیم این امر را غیر ممکن بدانیم که بُرزدن ما سرانجام به آرایشی منجر گردد که در آن نصف ورقها دارای خال قرمز و نصف دیگر دارای خال سیاه باشد. رسیدن به چنین آرایشی را باید صرفاً بسیار غیر محتمل نامید. همه قوانین آماری از این نوع هستند. آنها متضمن احتمال زیاد برای آرایشهای نامنظم و متضمن احتمال اندک برای آرایشهای منظم‌اند. هر چه تعدّد موارد بیشتر باشد، احتمال آرایشهای منظم کمتر است، اما این احتمال به صفر نمی‌رسد... مثلاً نمی‌توانیم این امکان را منتفی بدانیم که روزی مولکول‌های موجود در اتاق ما، بنابر تصادف محض، به حالت منظمی برسند که مولکولهای اکسیژن در یک سو و مولکولهای نیتروژن در سوی دیگر جمع شوند... به همین سان فیزیکدان نمی‌تواند این امکان را منتفی بداند که با قراردادن قطعه‌ای یخ در لیوانی آب، آب شروع به جوشیدن کند و قطعه یخ به اندازه یک سردکننده بسیار قوی سرد شود.

هر چند نتایج عمل تعبیر آماری قانون برگشت‌ناپذیری، به علت احتمالاً اندک فرآیندهایی در جهت مخالف حائز اهمیت‌اند، نتایج نظری آن بیشترین اهمیت را دارند. معلوم شده است که آنچه قبلاً یک قانون قطعی اکید طبیعت بود، صرفاً قانونی آماری است. احتمال بسیار زیاد، جای قطعیت قانون طبیعت را گرفته است. با این نتیجه، علیت وارد مرحله‌ای تازه شده است؛ این پرسش مطرح شد که آیا دیگر قوانین طبیعت را نیز چنین سرنوشتی خواهد بود و آیا قوانین قطعی و اکیدی بر جای خواهد ماند؟ بررسی این مسأله، به دو برداشت مخالف انجامید. بنابر نخستین برداشت، به کارگرفتن قوانین آماری صرفاً نمایانگر جهل است. هرگاه فیزیکدان می‌توانست حرکت خاص هر مولکول را مشاهده و محاسبه کند ناچار نمی‌بود به قوانین آماری تمسک جوید و توجیهی دقیقاً علیّی از فرآیندهای ترمودینامیکی به دست می‌داد. آبر انسان لا پلاس می‌توانست چنین کند. از نظر وی، مسیر هر مولکول همانند مسیر ستارگان قابل پیش‌بینی می‌بود و وی به قوانین آماری نیازی نمی‌داشت... در دومین برداشت گفته می‌شود حرکت مولکول منفرد تابع اصل علیت نیست... به موجب این برداشت شایسته نیست تصوّر علیت را به عرصه جهان صغیر ربط دهیم. ما می‌دانیم در مکانیک کوانتوم، رخدادهای اتمی

منفرد، تعبیر علی نمی‌پذیرند و صرفاً قوانین احتمال بر آن‌ها حکم فرماست. این نتیجه که به صورت اصل مشهور عدم قطعیت هایزنبرگ بیان شده است، همانا اثبات‌کننده این مطلب است که دومین برداشت درست است و تصوّر علیت اکید را باید رها کرد. اینک قوانین احتمال، جایگاهی را که زمانی قانون علیت اشغال کرده بود، می‌گیرد.

... باید دانست که حتی بدون نتایج مکانیک کوانتومی، تحلیل علیت نشان می‌دهد که از مفاهیم احتمال‌گزیری نیست. در فیزیک کلاسیک، قانون علی مبین نظمهای حاکم بر پدیده‌هاست. لکن رخدادهای واقعی بیش از آنچه در توصیف علی آنها فرض می‌شود، پیچیده هستند. وقتی فیزیک دانی مسیر گلوله‌ای را که از تفنگی شلیک شده است محاسبه می‌کند، این محاسبه بر حسب برخی از عوامل عمده، مانند خرج باروت و زاویه میل لوله تفنگ صورت می‌گیرد؛ اما از آن جا که وی نمی‌تواند همه عوامل جزئی‌تر، مانند جهت باد و رطوبت هوا را محاسبه کند، دقت محاسبه‌اش محدود است. این بدین معنی است که نقطه اصابت گلوله را تنها با احتمالی خاص می‌تواند پیش‌بینی کند. چه بسا اوضاع غیر منتظره‌ای پیش آید و سبب شود پل مستحکمی بر اثر فشاری فرو ریزد. قانون علیت، حتی اگر حقیقت داشته باشد، تنها برای اعیان مثالی (آرمانی) صادق است. اعیان واقعی که ما با آنها سر و کار داریم، تنها در محدوده احتمال بالای خاصی قابل کنترلند، زیرا ما نمی‌توانیم توصیفی مستوفی از ساختار علی آنها به دست دهیم (هانس رایشنباخ، ۱۳۷۱، صص ۱۹۷-۱۸۹).

کارناپ

وی نخست در مورد علیت می‌گوید: تفاوت فیلسوف علم با فیلسوفان طبیعت این است که فیلسوفان گذشته، سروکارشان با خصلت متافیزیکی خود علیّت بود. وظیفه فیلسوف علم این است که مطالعه کند دانشمندان تجربه‌گرا، چگونه مفهوم علیت را به کار می‌برند تا دقیقاً معلوم شود منظور آنان از «این علت آن است» چیست. معنی دقیق رابطه علت و معلول چیست؟ واضح است در زندگی

روزمَره این مفهوم کاملاً مبهم است. حتی در علم، نیز وقتی دانشمندی می‌گوید «یک واقعه موجب واقعه دیگری است»، منظور کاملاً روشن نیست. یکی از مهمترین وظایف فلسفه علم، تحلیل مفهوم علّیت و روشن ساختن معنای آن است. ما حاصل تحلیل کارناپ از علّیت این است که، علّیت یعنی قابلیت پیش‌بینی و منظور از پیش‌بینی، پیش‌بینی بالفعل نیست، چون هیچ‌کس همه فاکتها و قوانین را نمی‌تواند بداند. قابلیت پیش‌بینی بدین مفهوم است که اگر تمامی اوضاع و احوال قبلی دانسته می‌شد، حادثه را می‌شد پیش‌بینی کرد. لذا صرفاً پیش‌بینی بالقوه مورد نظر است. با داشتن همه فاکتها و قوانین مربوطه طبیعت، این امکان وجود دارد که حادثه‌ای را قبل از وقوعش پیش‌بینی کنیم. این پیش‌بینی، نتیجه منطقی فاکتها و قوانین است. به عبارت دیگر، بین تشریح کامل اوضاع و احوال قبلی و قوانین مربوطه و پیش‌بینی حادثه، رابطه‌ای منطقی وجود دارد.

آیا علّیت متضمن ضرورت است؟

بعضی از فیلسوفان تا آن جا پیش رفته‌اند که ضرورت در قوانین طبیعت را ضرورت منطقی می‌دانند. به عبارت دیگر، ضرورت طبیعی^(۱) را با ضرورت منطقی^(۲) یکی می‌دانند. لکن اکثر فیلسوفان علم، این نظر را رد می‌کنند. کارناپ هم این نظر را کاملاً نادرست می‌داند. و استدلال او این است که، «ضرورت منطقی» یعنی «صحت منطقی». یک گزاره، موقعی منطقاً صادق است که چیزی درباره جهان خارج نگوید. این گزاره، صرفاً به دلیل واژه‌های به کار رفته در آن می‌تواند راست باشد. اما قوانین طبیعت محتملند. یعنی آسان است بدون تناقض، روندهای متواتری که قانونی را نقض می‌کنند تشریح کنیم. این قانون را در نظر بگیرید؛ «وقتی آهن حرارت ببیند منبسط می‌شود». فرض کنید در قانون دیگر آمده باشد «وقتی آهن حرارت ببیند، منقبض می‌شود». در این قانون دوم، هیچ تناقض منطقی وجود ندارد. از نظرگاه منطق محض، قانون دوم به هیچ وجه از قانون اول ناصداق‌تر

نیست. اما ما از آن جا قانون اول را می‌پذیریم که نظم مشهوری را در طبیعت تشریح می‌کند. منطق دان، قوانین منطق را صرفاً با نشستن پشت میز و با گذاردن نشانه‌ای از روی کاغذ و یا با چشمان بسته، صرفاً با فکر کردن کشف می‌کند ولی هیچ یک از قوانین طبیعت را نمی‌توان با این شیوه کشف کرد. قوانین طبیعت، تنها با مشاهده جهان و تشریح نظمهایش می‌توانند کشف شوند. از آن جا که یک قانون اظهار می‌دارد که، نظمی طبیعی در همه زمانها صادق است، آن را باید گزاره‌ای موقتی تلقی کرد. ممکن است که آن در مشاهدات آینده نادرست از آب در بیاید اما قوانین منطق در همه شرایط قابل تصور صادقند. اگر در قوانین طبیعت ضرورتی وجود داشته باشد، این ضرورت مسلماً منطقی نیست.

موجبیت و اختیار

در موجبیت گفته می‌شود با در دست داشتن شرح کاملی از حالت کل جهان در زمانی خاص، به کمک قوانین، می‌توان هر واقعه‌ای را در گذشته یا آینده محاسبه کرد. این نظریه مکانیکی نیوتن است که لاپلاس آن را به وجه دقیقی تحلیل کرد. بر طبق این تحلیل، جهان نه تنها دارای ساختاری علی است، بلکه مشخصاً ساختاری جبری دارد. لکن حتی اگر از دعاوی فیزیک کوانتوم صرف نظر کنیم که عالم را نامتعین می‌داند و در آن گفته می‌شود که قوانین اساسی جهان احتمالاتی‌اند، باز هم این موجبیت مخّل اختیار نیست در این جا دو چیز با هم خلط شده است. یکی تعین به مفهوم نظری که بر طبق آن قوانین (که چیزی جز قابلیت پیش‌بینی بر پایه نظم‌های مشاهده شده نیستند). به سبب واقعه قبلی تعیین می‌شود و دیگری اجبار است. چنان که گفتیم با در دست داشتن شرح کاملی از یک حالت گیتی و از همه قوانین آن، می‌توان هر واقعه‌ای را در گذشته و آینده محاسبه کرد (البته کسی که قادر به این کار باشد وجود ندارد، اما وجودش را می‌توان مفروض دانست). حتی اگر نظریه اکید موجبیت صادق باشد، نمی‌توان نتیجه گرفت که قوانین، انسان را مجبور به عملی می‌کنند. قابلیت پیش‌بینی و اجبار دو چیز کاملاً متفاوتند (رودلف کارناب ۱۳۶۳، صص ۲۷۷-۳۳۰).

منابع و مآخذ

- آلن جی. ار. اسمیت: علم و جامعه (در سده‌های شانزدهم و هفدهم)، ترجمه‌ی علی حقّی، مشهد انتشارات آستان قدس رضوی (شرکت به نشر)، چاپ اوّل، ۱۳۷۷.
- ادوین آرتور برت: مبادی مابعدالطبیعی علوم نوین، ترجمه‌ی عبدالکریم سروش، تهران، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، چاپ اوّل، ۱۳۶۹.
- ایان باربور، علم و دین، ترجمه‌ی بهاءالدین خرمشاهی، تهران، نشر دانشگاهی، چاپ اوّل، ۱۳۶۲.
- ماکس پلانک؛ علم به کجا می‌رود؟ ترجمه‌ی احمد آرام، تهران، چاپخانه رشیدیه، چاپ سوم، ۱۳۵۴.
- مهدی گلشنی: تحلیلی از دیدگاههای فلسفی فیزیک دانان معاصر، تهران، انتشارات امیرکبیر، چاپ اوّل، ۱۳۶۹.
- نیلس بُور: فیزیک اتمی و شناخت بشری، ترجمه حسین نجفی‌زاده، تهران انتشارات سروش، چاپ اوّل، ۱۳۷۳.
- اروین شرودینگر: علم، نظریه، انسان، ترجمه‌ی احمد آرام، تهران، شرکت سهامی انتشار، چاپ اوّل، ۱۳۴۸.
- هولتون، رادفورد، واتسون: طرح فیزیک هاروارد (واحد ۵، مدل‌های اتم)، ترجمه‌ی احمد خواجه نصیر طوسی، هوشنگ شریف‌زاده، تهران، انتشارات فاطمی، چاپ اوّل، ۱۳۷۱.
- ایزاک آسیمواف، رهبر علم، ترجمه‌ی احمد بیرشک، تهران، انتشارات خوارزمی، چاپ اوّل، ۱۳۶۱.
- کارل پوپر: جستجوی ناتمام، ترجمه‌ی ایرج علی آبادی، تهران، انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی، چاپ اوّل، ۱۳۶۹.
- برتراند راسل: جهان بینی علمی، ترجمه‌ی حسن منصور، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اوّل، ۱۳۵۱.

- هانس رایشنباخ: *پیدایش فلسفه علمی*، ترجمه موسی اکرمی، تهران، انتشارات علمی و فرهنگی، چاپ اول، ۱۳۷۱.
- رودلف کارناب: *فلسفه علم*، ترجمه یوسف عقیقی، تهران، انتشارات نیلوفر، چاپ اول، ۱۳۶۳.
- نیکلاس کاپالدی: *فلسفه علم*، ترجمه ی علی حقی، تهران، انتشارات سروش، چاپ اول، ۱۳۷۷.
- آلبرت اینشتین: *فیزیک و واقعیت*، ترجمه ی محمدرضا خواجه پور، تهران، انتشارات خوارمی، چاپ دوم، ۱۳۷۷.
- جان گریبین: *سرگذشت انسان و گیتی*، ترجمه دکتر محمود بهزاد و دکتر پرویز قوامی، تهران، انتشارات سروش، چاپ اول، ۱۳۷۴.
- والتر ترنس استیس. *دین و نگرش نوین*، ترجمه احمد رضا جلیلی، تهران، انتشارات حکمت، چاپ اول، ۱۳۷۷.
- Jonathan Powers, *Philosophy and the new physics*, Methuen, London 1982.
- Karl R. Popper, *the open Universe* (An Argument for Indeterminis), Routledge, 1988.
- Karl R. Popper, *Objective knowledge*, oxford, 1972.
- *Dictionary of the History of Ideas*, volumeii, charles scribner's sons, publisher, 1973.
- Derek stanesby, *Science, Religion and Reason*, Routledge, 1985.