



گامی در فلسفه فیزیک

موجبیت و پیش‌بینی

گامی در فلسفهٔ فیزیک
موجبیت و پیش‌بینی

دکتر محمود مختاری

۱۳۹۵

تقديم به:

احمد

و

محمد

فهرست مطالب

پیشگفتار	یازده
۱. تحلیل فلسفی موجییت	۱
۱.۱. مقدمه	۱
۲.۱. تحلیل تجربه‌گرایانه علیت	۲
۳.۱. ارتباط متافیزیک و فیزیک	۴
۴.۱. مبانی ضرورت علی	۷
۱.۴.۱. ضرورت علی در فلسفه صدرایی	۷
۲.۴.۱. ویژگی‌های علل اعدادی	۸
۳.۴.۱. ارتباط وجوبی حوادث	۱۱
۵.۱. علیت و پیش‌بینی	۱۳
۲. موجییت فیزیکی	۱۷
۱.۲. مقدمه	۱۷
۲.۲. رابطه علی و روابط علمی	۱۷
۱.۲.۲. علیت و حالت‌های سیستم	۱۹
۲.۲.۲. علیت و معادلات دیفرانسیل	۲۰
۳.۲.۲. علیت و بستگی تابعی	۲۰
۴.۲.۲. علیت و مقادیر مشاهده‌تی	۲۱
۵.۲.۲. علیت و کنش تأخیری	۲۲

۲۳	..... ۳.۲ موجبیت لاپلاسی
۲۵	..... ۴.۲ موجبیت و پیش‌بینی‌پذیری
۲۷	..... ۵.۲ رونوشت جهان و موجبیت پیچیده
۲۷	..... ۱.۵.۲ ایده رونوشت جهان
۲۸	..... ۲.۵.۲ موجبیت پیچیده
۳۰	..... ۶.۲ معیار موجبیت فیزیکی
۳۱	..... ۷.۲ مسائل ویژه در موجبیت فیزیکی
۳۱	..... ۱.۷.۲ علّیت و شهود موضعیت
۳۵	..... ۲.۷.۲ جهت زمان و ترتیب حالت‌ها
۳۷	..... ۳.۷.۲ وارونگی زمانی و علّیت رو به عقب
۴۱	..... ۳. موجبیت و پیش‌بینی در فیزیک غیرنسبیتی
۴۱	..... ۱.۳ مقدمه
۴۲	..... ۲.۳ مکانیک کلاسیک
۴۳	..... ۱.۲.۳ برخورد ذرات
۴۳	..... ۲.۲.۳ فرار ذرات به بی‌نهایت
۴۶	..... ۳.۲.۳ هجمه از بی‌نهایت
۴۸	..... ۳.۳ سامانه‌های آشوبناک
۴۸	..... ۱.۳.۳ سیستم دینامیکی موجبیتی
۴۹	..... ۲.۳.۳ شرط ضروری آشوب
۵۱	..... ۳.۳.۳ پیش‌بینی‌پذیری بزرگ‌مقیاس
۵۳	..... ۴.۳ مکانیک کوانتومی
۵۴	..... ۱.۴.۳ تحول موجبیتی تابع موج
۵۵	..... ۲.۴.۳ پیش‌بینی‌های آماری
۵۷	..... ۳.۴.۳ مکانیک بوهمی
۵۹	..... ۴.۴.۳ آشوب کوانتومی

۶۱	۴. موجیت و پیش‌بینی در فیزیک نسبیتی
۶۱	۱.۴. مقدمه
۶۱	۲.۴. نسبیت خاص
۶۲	۱.۲.۴. مخروط روابط علی
۶۴	۲.۲.۴. دامنه بستگی و سطح کوشی
۶۶	۳.۲.۴. پیش‌بینی در نسبیت خاص
۶۹	۳.۴. مکانیک کوانتومی نسبیتی
۷۲	۴.۴. نسبیت عام
۷۳	۱.۴.۴. ماهیت علی فضا- زمان
۷۶	۲.۴.۴. هم‌وردایی عام
۷۹	۳.۴.۴. استدلال حفره
۸۱	۴.۴.۴. تکنیکی‌ها
۸۵	۵.۴.۴. پیش‌بینی در نسبیت عام
۸۹	۵. پیش‌بینی در کیهان‌شناسی
۸۹	۱.۵. مقدمه
۹۱	۲.۵. افق‌های کیهانی
۹۴	۳.۵. مسئله افق
۹۷	۴.۵. تعمیم و تبیین مشاهدات
۹۸	۱.۴.۵. اصل کیهان‌شناختی
۱۰۰	۲.۴.۵. اصل انسان‌محوری
۱۰۲	۵.۵. انرژی تاریک در جهان تندشونده
۱۰۷	۶. سرنوشت پیش‌بینی‌ناپذیر جهان
۱۰۷	۱.۶. مقدمه
۱۰۸	۲.۶. پیش‌بینی لازنس کراس
۱۱۱	۳.۶. مبانی تحلیل کراس

۱۱۴.....	۴.۶. نقد ادعای پایان کیهان‌شناسی
۱۱۷.....	۵.۶. نقد پیش‌فرض‌های کراس
۱۲۳.....	۶.۶. سرنوشت پیش‌بینی ناپذیر جهان
۱۲۷.....	منابع
۱۳۳.....	واژه‌نامهٔ توصیفی
۱۳۷.....	نمایه

پیشگفتار

فلسفه فیزیک به مطالعه مسائل فلسفی علم فیزیک می‌پردازد. با توجه به اینکه فیزیک مدرن با نظریه نسبیت اینشتین و مکانیک کوانتومی شناخته می‌شود، مسائل فلسفی این دو حوزه بخش بزرگی از فلسفه فیزیک مدرن را تشکیل می‌دهند: ماهیت فضا-زمان، علیت، موضعیت، سفر در زمان، جهت زمان، موجبیت (دترمینیسم) و پیش‌بینی، اصل عدم قطعیت، مسئله اندازه‌گیری و ...

از پرسش‌های اساسی در فلسفه فیزیک این است که آیا رویدادها و پدیده‌های جهان ضرورت و وجوب دارند و اگر جهان موجبیتی است، این وجوب و ضرورت رویدادها از چیست. آیا حالت فعلی جهان به تنهایی منشأ وجوب رویدادهای بعدی است، یا قوانین طبیعت به تنهایی، یا حالت فعلی جهان به علاوه قوانین طبیعت؟

بنابر بیان مشهور لاپلاس، در جهان موجبیتی، حالت فعلی جهان حالت آن را در هر زمان دیگری کامل و منحصر به فرد تعیین می‌کند؛ یعنی جهان تحت حاکمیت موجبیت است اگر و فقط اگر با داشتن حالت مشخص اشیا در یک زمان، چگونگی تحول اشیا پس از آن، بر اساس قوانین طبیعت قطعی شود. اما آیا این شرط واقعاً لازم و کافی است؟ تحقیق درباره این شرط، چگونه ممکن است؟ آیا علم فیزیک می‌تواند عهده‌دار بررسی تحقق این شرط باشد؟

نکته اساسی در تحلیل و بررسی موجبیت جهان، تفکیک جنبه هستی‌شناختی مسئله از جنبه معرفت‌شناختی آن است که به موضوع پیش‌بینی رویدادها در علم فیزیک مربوط می‌شود. ضرورت رویدادهای جهان بر اساس اصل عام علیت توجیه‌پذیر است و آنچه به هر رویدادی وجوب یا ضرورت می‌بخشد، علت آن است. اما بدیهی است

بررسی ضرورت هستی‌شناختی پدیده‌های جهان، با رجوع به نظریه‌های فیزیک، ممکن نیست. نظریه‌های فیزیک فقط تصویری از روابط شناخته‌شده میان رویدادهایند و آنچه علت یک معلول معرفی می‌شود، در چارچوب یک قانون فیزیکی، موقتی است. این واقعیت هنگام جایگزینی یک نظریه یا مدل فیزیکی با نظریه یا مدلی دیگر، بهتر بروز می‌کند. تحول مدل‌ها و نظریه‌ها در فیزیک، نشان می‌دهد آنچه علت یک رویداد در نظر گرفته می‌شده، علت آن (به معنای فلسفی) نبوده است.

بنابراین نتیجه بررسی نظریه‌های گوناگون فیزیک، فقط نشان‌دهنده وضعیت صورت‌بندی‌های علمی از رابطه علت و معلول و نیز موجبیت در جهان فیزیکی خواهد بود و مشخص خواهد کرد که این نظریه‌ها در ارائه تصویری علی و موجبیتی از جهان، تا چه اندازه موفق بوده‌اند. به‌طور مثال، نگرش رایج در مکانیک کوانتومی رویکردی غیرعلی و ناموجبیتی است. همچنین بخش‌هایی از فیزیک نیوتنی نیز نشان‌دهنده وضعیتی ناموجبیتی در این حوزه است؛ زیرا از آنجاکه در فیزیک نیوتنی، حد بالایی برای سرعت انتشار وجود ندارد، رویدادهای خیلی دور از سیستم نیز ممکن است تأثیر لحظه‌ای و محاسبه‌نشده‌ای بر سیستم فیزیکی داشته باشند، که این مسئله می‌تواند تحول موجبیتی سیستم را مختل کند. بدین‌سان می‌توان گفت که نظریه‌هایی همچون فیزیک نیوتنی و مکانیک کوانتومی، از دیدگاه مدل‌سازی موجبیتی جهان، نظریه‌هایی موفق و کامل نیستند و باید با نظریه‌های علی و موجبیتی جایگزین شوند. نظریه نسبیت خاص نظریه موجبیتی موفقی تلقی می‌شود، درحالی‌که نظریه نسبیت عام با مشکلاتی در این‌باره مواجه است که بیشتر ناشی از وجود تکینگی‌ها و برخی تعبیرهای فضا-زمان است.

تأکید بر تمایز دو مفهوم «موجبیت و پیش‌بینی‌پذیری»، در بررسی نظریه‌های گوناگون فیزیک، مکانیک کوانتومی، سامانه‌های آشوبناک (آشوبی)، نظریه نسبیت و کیهان‌شناسی بسیار تعیین‌کننده است. مثلاً در مدل استاندارد کیهان‌شناسی نوین،

تحول جهان موجبیتی است، اما یک عدم قطعیت اساسی در پیش‌بینی سرنوشت جهان وجود دارد. در واقع، نقص نظریه در توصیف انبساط تندشونده جهان و وابستگی پیش‌بینی‌ها به یک هویت نه‌چندان معلوم به نام «انرژی تاریک» منجر به این پیش‌بینی‌ناپذیری می‌شود.

*

هدف از تألیف این کتاب، برداشتن گامی در فلسفه فیزیک برای معرفی و بررسی فلسفی دو موضوع بسیار مهم و مرتبط در فیزیک مدرن، موجبیت و پیش‌بینی، بوده است. رویکرد برگزیده برای تحقق این هدف، اصولاً برپایه تبیین فلسفه علیت و تحلیل مفهوم موجبیت فلسفی است تا بر این اساس، مؤلفه‌های اساسی موجبیت و پیش‌بینی علمی در نظریه‌های گوناگون فیزیک معاصر بررسی شوند.

فصل اول کتاب دربرگیرنده تحلیلی از مبانی فلسفی علیت، موجبیت و پیش‌بینی است. در فصل دوم، موجبیت فیزیکی و مسائل ویژه آن بررسی می‌شود. فصل سوم به فیزیک غیرنسبیتی اختصاص دارد و شامل مباحث موجبیت در مکانیک نیوتنی، سامانه‌های آشوبناک و نیز مکانیک کوانتمی است. در فصل چهارم، فیزیک نسبیتی از نظر ساختار علی-فضا-زمان، موجبیت و نیز پیش‌بینی‌پذیری بررسی می‌شود. این فصل محل بحث نظریه‌های نسبیت خاص، کوانتم نسبیتی و نسبیت عام خواهد بود. اصول فلسفی کیهان‌شناسی مدرن و به‌ویژه پیش‌بینی‌های کیهان‌شناختی در جهان موجبیتی، در فصل پنجم تحلیل می‌شود. در فصل ششم، به مسئله پیش‌بینی سرنوشت جهان فیزیکی در حال انبساط با شتاب مثبت و نیز نقد تعابیر فراعلمی آن پرداخته می‌شود.

مخاطبان اصلی این کتاب دانشجویان و پژوهشگران فیزیک و فلسفه فیزیک اند، اما مباحث آن برای دیگر دانشجویان و علاقه‌مندان به فلسفه علم نیز مفید است. در پایان خداوند را شکر می‌گوییم و سپاسگزار بندگان خویش هستیم: بیش از همه

پدر و مادر عزیزم، که تمام عمر را به عشق آنان زندگی کرده‌ام، اگر دعای آنان نبود هیچ نداشتم و هیچ برایشان ندارم به‌جز ارادت و خاکساری. و نیز از همسر و فرزند عزیزم؛ خواهران مهربانم؛ استاد ارجمندم جناب آقای دکتر مهدی گلشنی و همچنین آقای دکتر صمد خاکشورنیا سپاسگزارم.

از پسر عموی عزیزم، آقای داریوش مختاری، بسیار سپاسگزارم که با طراحی زیبای بسم الله آغازین کتاب و دراختیارنهادن طرح اصلی جلد به من افتخار دادند. همچنین از ریاست محترم و همکاران بزرگوار پژوهشکده مطالعات بنیادین علم و فناوری، شورای داوری کتاب و نیز مدیریت محترم انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، قدردانی می‌کنم.

محمود مختاری

۱۳۹۵

۱. تحلیل فلسفی موجبیت

۱.۱. مقدمه

منظور از موجبیت^۱ چیست؟ آیا پذیرش اصل علیت لزوماً به قبول موجبیت منجر می‌شود؟ آیا میان موجبیت و پیش‌بینی‌پذیری تفاوتی وجود دارد؟ آیا ما در جهانی موجبیتی زندگی می‌کنیم و رویدادها و پدیده‌های جهان، ضرورت و وجوب دارند یا اینکه هیچ تعینی در رویدادهای جهان نیست و فقط یک سری امکان‌های باز یا شانس در جهان وجود دارند؟ به بیانی موجز، موجبیت ضرورت علی است. در واقع اگر در اصل علیت به رابطه ضروری علت و معلول قائل باشیم، موجبیت را تصدیق کرده‌ایم. برخی از فیلسوفان اصل علیت را می‌پذیرند ولی درباره ضرورت، با دیگران اختلاف نظر دارند. در میان فیزیکدانان نیز ابهام و خلط زیادی در خصوص علیت و موجبیت دیده می‌شود. همچنین اغلب در تمیز موجبیت از پیش‌بینی‌پذیری نیز غفلت می‌شود.

تجربیات روزمره ما نشان می‌دهد که نمی‌توان نظم و ترتیب را در رویدادهای جهان به کلی انکار کرد. مثلاً تعاقب شب و روز پدیده‌ای منظم است که تاکنون در زندگی خود شاهد برهم‌خوردن اتفاقی آن نبوده‌ایم. یا مثلاً همواره، چه هنگام حرکت و چه در حال سکون، روی سطح زمین بوده‌ایم و هیچگاه در هوا معلق نشده‌ایم. به عبارت دیگر، شهود اولیه ما به نفع یک جهان غیرشانسی است.

اما آیا رویدادهای غیرشانسی پیرامون ما حاکی از یک جهان علی و موجبیتی است؟ در این صورت، این وجوب رویدادها ناشی از چیست؟ آیا قوانین طبیعت‌اند که پدیده‌ها را

1. determinism