

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



علیت در فیزیک

دکتر سید مجید صابری فتحی
عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

سرشناسه:	صابری فتحی، سید مجید، ۱۳۴۸ -
عنوان و نام پدیدآور:	علیت در فیزیک / سید مجید صابری فتحی؛ ویراستار علمی کورش جاویدان؛ ویراستار ادبی هانیه اسدپور فعال مشهد.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری:	۱۷۲ ص.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۷۸۸.
شابک:	ISBN: 978-964-386-481-1
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیبا.
یادداشت:	کتابنامه: ص. [۱۶۵] - ۱۶۹؛ نمایه.
موضوع:	علیت (فیزیک)
موضوع:	علت و معلول
موضوع:	ضرورت (فلسفه)
موضوع:	فلسفه اسلامی
موضوع:	فیزیک -- فلسفه
موضوع:	کوانتوم
شناسه افزوده:	جاویدان، کورش، ۱۳۴۴ - ویراستار.
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره:	QC ۶/۴
رده‌بندی دیویی:	۵۳۰/۰۱۲۳
شماره کتابشناسی ملی:	۷۶۱۰۸۳۱

علیت در فیزیک

پدیدآورنده: دکتر سید مجید صابری فتحی
ویراستار علمی: دکتر کورش جاویدان
ویراستار ادبی: هانیه اسدپور فعال مشهد
مشخصات: وزیری، ۲۰۰ نسخه، چاپ اول، تابستان ۱۴۰۰
چاپ و صحافی: چاپخانه دقت
بها: ۴۳۰/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.



مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
مؤسسه کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت،
شماره ۲۳۸، تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹ - ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir

فهرست

۷.....	مقدمه
۱۱.....	فصل ۱. یک «گزاره»
۱۵.....	فصل ۲. ماده
۱۷.....	ماده در جهان باستان
۲۱.....	فصل ۳. تقریرهای علیّت
۲۱.....	تقریرهای علیّت
۲۵.....	فصل ۴. علیّت در بین فیلسوفان اسلامی (۱)
۲۵.....	علیّت نزد ابن سینا
۲۷.....	نقد غزالی
۳۰.....	پاسخ به غزالی، علیّت نزد ابن رشد
۳۳.....	فصل ۵. علیّت در بین فیلسوفان اسلامی (۲)
۳۳.....	علیّت نزد ملاصدرا
۳۵.....	نقد متکلمان
۳۸.....	علیّت نزد علامه طباطبائی
۴۱.....	فصل ۶. ماده در فیزیک کلاسیک
۵۱.....	فصل ۷. علیّت در فیزیک کلاسیک
۵۲.....	تعیّن گرایی علیّتی و تعیّن گرایی علمی

فصل ۸. نقد هیوم.....	۵۷
«فاهمه» کانت	۵۸
بنیاد علم و ایراد هیوم.....	۶۱
فصل ۹. نقض تعین گرایی در فیزیک کلاسیک.....	۶۳
آشوب	۶۳
آزمایش ذهنی گنبد نورتون	۶۷
فصل ۱۰. ظهور مفاهیم مکانیک کوانتومی.....	۷۱
تابش جسم سیاه	۷۲
پدیده فوتوالکتریک	۷۳
ساختار اتم	۷۵
موج کلاسیکی، موج کوانتومی	۷۹
تأثیر فلسفی موج بودن شیء	۸۱
فصل ۱۱. ماده در فیزیک جدید	۸۳
فصل ۱۲. مکانیک کوانتومی نظریه‌ای احتمالی	۸۹
آنسامبل و سیستم	۹۱
فصل ۱۳. پیش‌بینی ناپذیری و چالش واقعیت خارجی	۹۵
فصل ۱۴. تقلیل علّیت طبیعی به تعین گرایی آماری	۱۰۱
فصل ۱۵. اندازه‌گیری در مکانیک کوانتومی	۱۰۵
فصل ۱۶. اندازه‌گیری در کوانتوم و جبر و اختیار.....	۱۰۹
فصل ۱۷. جنبه‌های علّی مکانیک کوانتومی	۱۱۵
تحول زمانی	۱۱۵
متغیرهای پنهان	۱۱۶

فصل ۱۸. قضایای ناتمامیت گودل	۱۱۹
------------------------------------	-----

فصل ۱۹. مکانیک کوانتومی و قضایای ناتمامیت	۱۲۵
---	-----

اندازه‌گیری و خودارجاعی	۱۲۶
-------------------------------	-----

مکانیک کوانتومی و ناتمامیت	۱۲۷
----------------------------------	-----

گودل و مکانیک کوانتومی	۱۳۰
------------------------------	-----

خلاصه	۱۳۰
-------------	-----

فصل ۲۰. تصمیم‌ناپذیری و معلوم‌ناپذیری	۱۳۳
---	-----

معلوم‌ناپذیری در مکانیک کوانتومی	۱۳۳
--	-----

مکملیت	۱۳۴
--------------	-----

نامعین بودن مقدار	۱۳۶
-------------------------	-----

تصمیم‌ناپذیری در فلسفه	۱۳۹
------------------------------	-----

فصل ۲۱. علّیت در فلسفه اسلامی و مکانیک کوانتومی	۱۴۳
---	-----

تفاوت نقض علّیت در مکانیک کوانتومی با نقدهای غزالی و هیوم	۱۴۳
---	-----

تردید در «شیء بودن» شیء	۱۴۴
-------------------------------	-----

اصل ضرورت و مشاهده	۱۴۵
--------------------------	-----

وجوب لاحق و مشاهده	۱۴۶
--------------------------	-----

خلاصه	۱۴۷
-------------	-----

فصل ۲۲. نگاه کلی	۱۴۹
------------------------	-----

پيوست: آشنایی با برخی از مفاهیم منطق	۱۵۹
--	-----

سیستم صوری	۱۶۱
------------------	-----

نظریه اصل موضوعی بازگشتی	۱۶۲
--------------------------------	-----

منابع	۱۶۵
-------------	-----

نمایه	۱۷۰
-------------	-----

Press.um.ac.ir

مقدمه

یکی از موضوعاتی که همواره مورد پرسش جامعه (به خصوص جامعه علمی) است، موضوع رابطه «اصل علّیت» و فیزیک، به خصوص مکانیک کوانتومی است که مسئله‌ای میان رشته‌های فیزیک و فلسفه است. کتاب *علّیت در فیزیک* از منظری به این موضوع خواهد پرداخت که کمتر مورد توجه بوده است، یعنی اصل علّیت در مفهوم هستی‌شناسی آن و به خصوص در فلسفه اسلامی. در این کتاب، مفهوم اصل علّیت در فلسفه اسلامی، تحول این اصل در فیزیک و همچنین، تفاوت‌ها و شباهت‌های برداشت‌ها از این اصل در فیزیک با فلسفه مورد مطالعه قرار خواهند گرفت. در اصل و بنابه دلایلی، این کتاب به تأثیر فیزیک بر فلسفه و تطبیق مفاهیم فیزیکی با مفاهیم فلسفی می‌پردازد و نه در جهت عکس. مهم‌ترین دلیل آن این است که در کتاب «اندیشه»: رساله‌ای انتقادی در باب تفکر، بحث کلی در مورد عوامل مؤثر بر علم توسط همین مؤلف انجام شده است و بحث خاص آن نیز به آینده موکول می‌شود.

علّیت مفهومی عام است و از آن برداشت‌های گوناگونی به تناسب نیاز صورت گرفته است. از این رو، دارای تعریف واحدی نیست. در فلسفه‌های هستی‌شناسی، علّیت مفهومی کلی، قطعی و زیربنایی در «هستی» است؛ برخی آن را جزو مفاهیم اولیه و بدیهی در نظر گرفته‌اند که اصل هر تفکر و هر گونه استدلال است. از طرف دیگر، در علم مدرن و فلسفه‌های معرفت‌شناسی، «علّیت» مفهومی متغیر و جزئی است و بنابه لزوم در ساختار استدلال‌های علمی از آن استفاده می‌شود. علّیت علمی در فیزیک کلاسیک مفهوم تعین‌گرایی (دترمینیسم) را دارد؛ یعنی با دانستن وضعیت حال سیستم فیزیکی با توجه به قوانین طبیعت (فیزیک) وضعیت آینده سیستم را می‌توان تعیین کرد. به عبارت دیگر، فرضی که لاپلاس مطرح کرد این است که طبیعت قوانینی دارد که با دانستن آن‌ها آینده به طور قطعی معین می‌شود. در حالی که در فرایندهای تصادفی، تعین‌گرایی آماری این گونه تعریف می‌شود که اگر اندازه‌گیری متعاقب بین دو مجموعه از سیستم‌های فیزیکی نتایجی با تفاوت‌های آماری قابل توجهی بین آن‌ها بدهد، این امر دلالت دارد بر اینکه دو مجموعه در ابتدا یکسان نبوده‌اند؛ یا علّیت حداقلی در فیزیک به مفهوم این است که سیستم برخی از خواص فیزیکی را دارد و غیره. اما نکته قابل توجه این است که آن شأنی را که فلسفه‌های هستی‌شناسی (ایجاد و صدور فعل) برای اصل علّیت قائل هستند، علم مدرن قائل نیست. به بیان ساده‌تر، در علم مدرن پرسش از کشف پدیده است؛ یعنی آنچه که وجود دارد و به نوعی قبلاً ایجاد شده است کشف و توضیح داده شود. در حالی که در فلسفه‌های هستی‌شناسی پرسش از «امکان وجود» است، یعنی اگر علّت تامّه رخ دهد، موجود ایجاد می‌شود. این دو سطح گوناگون، دو نوع مفهوم متفاوت علّیت را طلب می‌کنند: یک سطح کلی و

متعالی و دیگری سطح جزئی و نازل. با توجه به این مقدمه کوتاه می توان حدس زد که نقض علیّت در سطح جزئی نمی تواند موجب نقض علیّت در سطح کلی آن گردد. اما این «حدس» چقدر صواب و به حقیقت نزدیک است، یکی از پرسش هایی است که این کتاب سعی در پاسخ به آن دارد، البته مسیر ناهموار است.

پرسشی که در این مقدمه باید به آن پاسخ داده شود، این است که چرا باید به فلسفه رجوع کنیم؟ در حال حاضر علم که کار خودش را انجام می دهد، پیشرفت های زیادی هم از آن ایجاد شده است، پس چه نیازی به این رجوع احساس می شود؟ اگر ساده تر بگوییم، اینکه علیّت نقض یا محدود شود، چه ارتباطی به یک دانشمند دارد؟ دانشمند موظف است روش شناسی علمی را به کار ببرد و نتایج را به دست آورد. بنابراین، به اندیشیدن درباره فلسفه نیازی ندارد. در واقع، این مطلب وسوسه ای بود که تقریباً از اواخر قرن نوزدهم میلادی دانشمندان را فریب داد.

به طور کلی، یک دانشمند قبل از شغل خود یک انسان است که در جامعه زندگی می کند همسر، فرزند، خانواده و روابط اجتماعی دارد. کاری که او انجام می دهد، در جامعه مؤثر است؛ امری که اثرات فرهنگی آن به تدریج خود را نشان می دهد. از این رو، با آشکار شدن برخی از اثرات فرهنگی و اجتماعی پیشرفت های علمی یک صد ساله اخیر مجدداً نیاز به فلسفه، فلسفه علم، به خصوص فلسفه فیزیک و فلسفه زیست شناسی در سالیان اخیر از طرف برخی از دانشمندان احساس شده است. در این مورد می توان مقاله جمعی از دانشمندان برجسته رشته های مختلف را ذکر کرد (Laplanea, 2019). در این مقاله، دلایل زیر برای نیاز علم به فلسفه ذکر می شوند:

- واضح کردن مفاهیم علمی
- نقد فرضیه ها، روش ها، فرمول بندی مفاهیم و نظریات علمی
- ایجاد گفتمان میان علوم مختلف
- ایجاد گفتمان میان علوم و جامعه

ارجاعات متعدد به مقاله مزبور نشان دهنده درک این نیاز در جامعه علمی دنیاست. بنابراین، بحث از علیّت از این جهت دارای اهمیت است که می تواند به وضوح موارد ذکر شده کمک کند.

کتاب علیّت در فیزیک در راستای تلاش فهم بهتر فیزیک و اثرات آن در اندیشه بشر است. مطالعاتی از حدود یک دهه قبل درباره تأثیرات متقابل علم و فلسفه توسط راقم این سطور آغاز شد. در این راستا، در سال ۱۳۹۴ کتاب «اندیشه»: رساله ای انتقادی درباره تفکر تألیف و منتشر شد که در آن کتاب، بنیان ها تشکیل دهنده یک اندیشه (یعنی علم، فلسفه، اخلاق، تاریخ، فرهنگ و اجتماع) و تأثیرات آن ها بر همدیگر مورد مطالعه قرار گرفته است. در ادامه سه عنوان کتاب دیگر ترجمه و تألیف گردید، راز جهان کوانتومی، مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتومی و کتاب حاضر. در کتاب اول پیامدهای فلسفی و تعبیری مکانیک کوانتومی به زبان ساده و برای مخاطب عام بیان شده است. کتاب دوم، برای مخاطب آشنا با فیزیک است

که فرمالیزم‌ها و تعابیر مکانیک کوانتومی مورد نقد و بررسی قرار می‌گیرد. کتاب حاضر نیز به بحث مفهوم علیت در فلسفه اسلامی و فیزیک برای عموم علاقه‌مندان پرداخته شده است. با توجه به سختی مبحث مورد مطالعه در این کتاب، سعی شده است که مطالب ساده و روان، اما علمی بیان شوند، حتی در برخی از قسمت‌های کتاب، بخشی از مقالات علمی مؤلف استفاده شده است. از این رو، این کتاب می‌تواند به عنوان کتاب درسی یا کمک‌درسی برای درس «مفهوم‌شناسی تطبیقی علیت در فیزیک و فلسفه» دوره دکترای فلسفه فیزیک استفاده شود.

قبل از تشریح مطالب کتاب لازم است در مورد واژه‌گزینی در کتاب توضیح مختصری داده شود. در واژه‌گزینی سعی شده است انتخاب واژه‌ها به گونه‌ای باشند که ابهام و ابهام‌ناداشته باشند و فهم متن را برای خواننده راحت نمایند. از این رو، برای هر واژه کتاب یک مفهوم خاص در نظر گرفته شده است. در اینجا سه مثال ذکر می‌کنیم.

واژه «سیستم» برای مفهوم فیزیکی سیستم فیزیکی، واژه «دستگاه» در مفهوم ریاضی و واژه «ابزار» برای وسیله آزمایش استفاده شده است.

واژه «fact» (فکت)، معمولاً برای آن در برخی از متون فارسی از واژه «واقعیت» استفاده می‌شود. که به معنای «واقعیتی است که از نظر تجربی و حسی نمی‌توان آن را انکار کرد، مانند اینکه گفته شود «آتش می‌سوزاند»؛ برای اثبات آن کافی است که انگشت را در مقابل شعله آتش بگیرد». از طرف دیگر، در زبان فارسی «واقعیت» معادل «reality» هم هست که علاوه بر فکت، به «واقعیت غیر فیزیکی» نیز اطلاق می‌شود. واژه‌های «کامل بودن» برای مفهوم فیزیکی و «تمامیت» برای مفهوم منطق ریاضی استفاده شده‌اند، در حالی که در زبان انگلیسی برای هر دو، واژه «completeness» استفاده می‌شود، اما در فیزیک و منطق ریاضی دو مفهوم کاملاً متفاوت دارند. البته در مورد انتخاب سایر واژه‌ها هم این دقت اعمال شده است.

ساختار این کتاب به این شرح است: در فصل ۱ به تحلیل یک «گزاره» می‌پردازیم؛ آنچه که یک گزاره به ما می‌گوید و آنچه که نمی‌گوید، علیت چه نقشی در آن دارد و از همه مهم‌تر اینکه تفاوت نگاه فیزیک و فلسفه اسلامی به این گزاره، چگونه خود را نشان می‌دهد. در فصل ۲ تعریف «ماده» در عصر باستان بحث می‌شود؛ زیرا این تعریف نقش مؤثری در تحلیل‌های فلسفی و علمی از علیت دارد. در فصل‌های ۳، ۴ و ۵ «علیت» در فلسفه اسلامی و نزد برخی حکمای اسلامی مطالعه می‌شود. در فصل ۶ تعریف «ماده» در فیزیک کلاسیک بیان می‌شود و سپس تأثیر آن در تعریف اصل علیت کلاسیکی (تعیین‌گرایی علمی) در فصل ۷ بررسی می‌گردد. در فصل ۸ نقد هیوم بر تعیین‌گرایی ارائه می‌شود و سپس در فصل ۹ چند مورد از نقض تعیین‌گرایی در فیزیک کلاسیک بیان می‌گردد.

در فصل ۱۰ معرفی مختصری از مکانیک کوانتومی ارائه می‌شود. با این معرفی، ملاحظه می‌شود که مفهوم «ماده» نیز تغییر کرده است که موضوع فصل ۱۱ است. یک دلیل برای اینکه مکانیک کوانتومی ناقض تعیین‌گرایی علمی است، این است که نظریه‌ای آماری است که در فصل ۱۲ مفاهیم آن شرح داده

خواهد شد. سپس در فصول ۱۳ و ۱۴ مفاهیم پیش‌بینی‌ناپذیری، تعین‌گرایی آماری و همچنین چالش وجود واقعیت مستقل از بشر در نظریه کوانتوم بحث می‌شود. دلیل دیگر نقض تعین‌گرایی، بحث اندازه‌گیری در مکانیک کوانتومی است که در فصول ۱۵ و ۱۶ مطرح می‌شود. مکانیک کوانتومی جنبه‌های علی نیز دارد که در فصل ۱۷ بحث می‌شود. البته در تمام این فصول، مباحث فلسفه اسلامی نیز با توجه به ضرورت مطرح و نقاط افتراق و تشابه آن‌ها با موضوع فیزیکی بیان می‌شوند.

اینشتین به همراه دو همکارش در سال ۱۹۳۵ میلادی در مقاله مشهور EPR عنوان می‌کند که «مکانیک کوانتومی» کامل نیست. او در همان سال‌ها همکار نابغه جوانی در منطق ریاضی به نام کورت گودل در دانشگاه پرنستون داشته است که در سال ۱۹۳۰ میلادی قضایای ناتمامیت را در حساب اثبات کرده بود. اینشتین در گفت‌وگوهای فراوان با گودل سعی داشت با استفاده از این قضایای، ناکامل بودن مکانیک کوانتومی را نتیجه بگیرد؛ این مبحث موضوع فصل‌های ۱۸، ۱۹، ۲۰ و پیوست این کتاب است.

فصل ۲۱ پرسش اصلی کتاب یعنی امکان نقض اصل علیّت در فلسفه اسلامی به وسیله فیزیک بررسی می‌شود و سپس در فصل ۲۱ نتیجه‌گیری کلی کتاب و سپس بحثی مطرح می‌شود که در آن نقاط ضعف علم و فلسفه نشان داده می‌شوند و توجه خواننده به این پرسش معطوف شود که هنوز برخی از پرسش‌های مهم و تأثیرگذار در علم و فلسفه بی‌پاسخ هستند یا پاسخ قانع‌کننده ندارند و یا حتی پاسخ‌های متناقض دارند؟

تقدیر و تشکر

مؤلف مراتب سپاس و تشکر صمیمانه خود را نسبت به کلیه همکاران محترم، آقایان دکتر جاویدان (ویراستار علمی کتاب)، اُمّه‌طلب و دکتر منصوری که به ترتیب متخصص در رشته‌های فیزیک، کلام و فلسفه اسلامی هستند و با مطالعه کتاب و ارائه نظریات خود موجب غنای بیشتر آن شدند، ابراز می‌دارد و همچنین از ویراستار ادبی کتاب، خانم هانیه اسدپور فعال، سپاسگزار است.

لازم است تشکر و امتنان خود را از مدیر محترم نشر آثار علمی دانشگاه فردوسی مشهد، جناب آقای دکتر حسین صابری و کارشناسان محترم نشر، آقایان قندهاری، نخعی، قاسمی، خانم امیرزاده و اعضای محترم کارگروه نشر دانشگاه فردوسی مشهد که چاپ کتاب حاضر را میسر ساختند ابراز دارم. همچنین صمیمانه سپاسگزار سایر همراهانی هستم که در فرایند آماده‌سازی و چاپ این کتاب همکاری کردند.

سید مجید صابری فتحی

گروه فیزیک و هسته پژوهشی مطالعات میان‌رشته‌ای هستی‌شناسانه

دانشگاه فردوسی مشهد

زمستان ۱۳۹۹