

هستی‌شناسی خُلا

احمد حکیم*

چکیده

یکی از نخستین نتایج نظریه میدان‌های کوانتومی آن است که خُلا، حامل انرژی (بی‌نهایت) است. این نتیجه با آزمون‌های تجربی و تا حدی با نظریه‌های بنیادی دیگر فیزیک مانند نظریه نسبیت عام سازگار است. در این مقاله، پس از بررسی ابعاد هستی‌شناختی مفهوم خُلا در فلسفه و فیزیک، ابتدا نتیجه خواهیم گرفت که آنچه در فیزیک، خُلا نامیده می‌شود به معنای هیچ مطلق نیست و اساساً هیچ مطلق نه در فیزیک کلاسیک و نه در فیزیک جدید نمی‌تواند منشأ اثر قابل اندازه‌گیری باشد. به علاوه، نشان خواهیم داد که این نتیجه به معنای طرد کامل مباحث فلسفی مفهوم خُلا در نظریه‌های فیزیکی نیست و بدون طرح این مباحث نمی‌توان تعبیر روشن و واضحی از این نظریه‌ها ارائه کرد.

کلیدواژه‌ها: هستی‌شناسی، خُلا، انرژی، میدان‌های کوانتومی، نظریه نسبیت عام.

۱. پیشینه مفهوم خالاً^۱

مفهوم خالاً، به معنای فضای کاملاً تهی که اشیا را از یکدیگر متمایز می‌کند در آثار فیثاغورثیان وجود داشته است. ارسطو در این زمینه می‌گوید:

فیثاغورثیان نیز معتقدند که خالاً وجود دارد و از طریق دم زدن کیهان، از دم نامتناهی به درون کیهان راه می‌یابد. به علاوه، می‌گویند که خالاً، طبیعت اشیا را از یکدیگر متمایز می‌سازد و به منزله مبدئی است که اشیا را که یکی پس از دیگری قرار دارند از هم جدا و مشخص می‌کند، و این امر در درجه اول در مورد اعداد صادق است. زیرا خالاً مایه تمایز طبیعت اعداد است (ارسطو، ۱۳۸۹: ۱۶۲).

به این ترتیب در مکتب فیثاغورثی، فضا عامل گسستگی اعداد و عامل هندسی شدن آنهاست و از آنجا که در این مکتب اعداد، جوهر تمام موجوداتند، این گسستگی در مورد اشیا نیز وجود دارد.

آرخوطس (Archytas)، فیلسوف یونانی فیثاغورثی و از نزدیکان افلاطون، یکی از نخستین فیلسوفانی بود که تصویری عمیق‌تر از مفهوم فضا ارائه کرد. او صریحاً بین مفاهیم فضا، خالاً و ماده تفاوت قائل شد و آنها را از یکدیگر متمایز ساخت. از نظر او فضا موجودی است که همه اجسام در آن قرار گرفته‌اند و خود به وسیله خالاً نامحدود محاصره شده است. فضا از نظر آرخوطس یک ویژگی فیزیکی نیز داشت و آن اینکه مانع از بزرگ یا کوچک شدن بی‌اندازه اجسام می‌شد و بنابراین از نظر او بین «فضا» که عامل محدودیت اجسام و دارای خاصیت فیزیکی است و «خالاً» که به معنای هیچ مطلق است، تفاوت وجود داشت (Jammer, 1993: 10).

افلاطون نیز بنا به قول ارسطو (ارسطو، ۱۳۸۹: ۱۴۲) علاوه بر بحث درباره وجود یا عدم وجود یک فضای مستقل به چپستی آن نیز توجه زیادی کرد. او از فضا تصویری کاملاً ریاضی ارائه کرد و آن را مستقل از موجوداتی که در داخل آن در حال حرکت بودند می‌دانست. فضا از نظر او پذیرنده همه موجودات بود و به اندازه صور، واقعیت داشت. او حتی فضا را واقعی‌تر از موجودات درونش می‌دانست و برای آن اصالت

۱ از استاد ارجمند و گرامی جناب آقای دکتر مهدی گلشنی به خاطر راهنمایی و کمک‌های بی‌دریغ ایشان در تألیف این مقاله سپاس گزارم.

هستی‌شناختی خلأ

بیشتری قائل بود. افلاطون منکر وجود خلأ در داخل جهان بود (افلاطون، ۱۳۸۰: ۱۷۸۲) ولی اعتقاد داشت که خارج از این جهان کروی محدود، الزاماً فضای خالی نامحدودی وجود دارد و بنابراین برخلاف آنچه بعضی مفسران تصور می‌کنند (Crombie 1961: 36) نگرش او با نظر اتمیست‌ها، که جوهر جهان را اتم‌ها و فضای مابین آنها را خلأ می‌دانستند، متفاوت بود (Capek, 1976: 22). در واقع افلاطون معتقد بود با قرار گرفتن اشکال هندسی (عناصر سازنده موجودات) به طور منظم و دقیق کنار یکدیگر، فضا کاملاً پر می‌شود و هیچ جای خالی بین آنها باقی نمی‌ماند (Ibid.: 24).

ارسطو، با دیدگاه‌های افلاطون در زمینه فضا مخالف بود. او به فضا و مکان به معنای جوهری جدای از اجسام اعتقاد نداشت و این را دلیل عدم وجود خلأ نیز می‌دانست. او در این زمینه چنین می‌گوید:

به علاوه، اگر خلأ نوعی مکان تهی از جسم است، پس جسمی که در آن جای گرفته باشد به کجا حرکت خواهد کرد؟ تردید نیست که این جسم، به همه جاهای خلأ حرکت نخواهد کرد. این استدلال در مورد کسانی هم معتبر است که گمان می‌برند که مکان، چیزی جدا (از اجسام) است و اشیا به درون آن می‌روند (زیرا می‌توان پرسید که چیزی که در آن جای گرفته است چگونه ممکن است متحرک یا ساکن باشد؟) همین استدلال، هم در مورد خلأ صادق است و هم در مورد «بالا» و «پایین» در مکان. زیرا کسانی که به وجود خلأ قائل‌اند خلأ را مکان تلقی می‌کنند (ارسطو، ۱۳۸۹: ۱۶۸).

ارسطو دلایل دیگری نیز در رد خلأ داشت، از جمله اینکه، اگر خلأ وجود داشته باشد اجسام در حال حرکت با مقاومتی مواجه نخواهند بود و سرعت آنها بی‌نهایت خواهد شد. فیلوپونوس (Philoponus) در رد این استدلال به حرکت چرخشی اشاره می‌کند. به نظر او، در این حرکت بدون آنکه مقاومتی وجود داشته باشد و هوا یا هر محیط دیگری شکافته شود، سرعت جسم محدود است. بنابراین، این موضوع ربطی به وجود یا عدم وجود خلأ ندارد. علاوه بر این، فیلوپونوس معتقد بود هیچ حرکتی آن‌ا انجام نمی‌شود و تمام اجسام به هر حال مدت‌زمانی در حال حرکت خواهند بود، چه ماده‌ای سر راهشان وجود داشته باشد و چه نباشد، وجود یک محیط مادی سر راه یک جسم، فقط باعث می‌شود آن جسم مدتی طولانی‌تر در حال حرکت باشد.

رواقیان نیز، همچون ارسطو، وجود خلأ در میان اشیای جهان مادی را نفی کردند ولی معتقد بودند کل این جهان مانند جزیره‌ای میان خلأ قرار دارد. دلیل آنها این بود که هنگامی که کل این جهان در اثر گرما منبسط می‌شود باید فضایی برای انبساط داشته باشد (Capek, 1976: 31). رواقیان در پاسخ به این اشکال ارسطو و پیروان او که می‌گفتند وجود خلأ خارج از جهان باعث از هم پاشیدگی جهان خواهد شد، معتقد بودند سیالی به نام «رایحه زندگی» (pneuma) در تمام جهان وجود دارد که باعث تأثیر اجسام بر روی یکدیگر و چسبندگی بین آنها می‌شود. به نظر آنان، گرچه در این جهان جهات بالا و پایین از یکدیگر قابل تشخیص هستند ولی در خلأ، این جهات بی‌معنا بوده و آن، کاملاً همسان‌گرد است (Jammer, 1993: 24-25).

متفکران اسلامی نیز آرای مختلفی در مورد مفهوم مکان، فضا و خلأ داشته‌اند. نظرات بعضی از آنان در این مورد نظیر زکریای رازی، ابن‌باجه و بعضی از متکلمان، افلاطونی و اتمیستی و نظر بعضی، مانند ابن‌رشد و ابن‌سینا، ارسطویی بوده است.

از محمد بن زکریای رازی، فیلسوف و دانشمند ایرانی، آثار فلسفی کمی به جای مانده است ولی می‌توان از همین آثار دریافت که او بیشتر متمایل به سقراط و افلاطون بوده است تا ارسطو. رازی در مخالفت با نظرات ارسطو مکان را مطلق و یکی از جواهر قدیم و یکسان با خلأ می‌انگاشت و معتقد بود در مکان از ابتدا جرمی نبوده است و از این‌رو فقط با تفکر شناخته می‌شود. او مکان را دو نوع می‌دانست؛ مکان مطلق که همان مکان ازلی، ابدی و نامتناهی است که بدون هیچ موجودی معنا داشته و در واقع همان پذیرنده در مکتب افلاطونی است و مکان مضاف یا مکان نسبی که به سبب وجود ماده معنا پیدا می‌کند (بدوی، ۱۳۸۹: ۶۲۷). مخالفت با ارسطو باعث بروز انتقادات شدیدی از طرف فلاسفه مشاء به رازی شد، تا جایی که ابن‌سینا اظهار داشته است که با ورود رازی به مباحث مختلف الاهیات خود را رسوا و جهل خویش را آشکار کرده است (مطهری، ۱۳۶۶: ۱۲۶-۱۲۷). ابوریحان بیرونی از رازی در برابر ابن‌سینا دفاع کرد و علاوه بر آنکه خلأ را ممتنع نمی‌شمرد، همچون رازی برای آن نیروی جاذبه هم قائل بود و او به این مطلب در مکاتبات خود با ابن‌سینا اشاره کرده است.

متکلمان اسلامی، به ویژه ابوالحسن اشعری، نیز مروج دیدگاه‌های اتمیستی در بین مسلمانان بوده‌اند، آنان برخلاف ارسطویان، که اساس جهان را وجود و عوارض آن

هستی‌شناختی خلأ

می‌پنداشتند، معتقد بودند جهان از اتم‌ها و حوادث مربوط به آن تشکیل شده است. به عقیده آنان، اینکه ما جسم را به صورت یک واحد متصل می‌بینیم، خطای باصره است. اتم‌ها از دیدگاه متکلمان ذراتی نقطه‌ای، نامحسوس، تقسیم‌ناپذیر، یکسان و فاقد هر گونه امتداد بودند که فقط در صورت ترکیب با یکدیگر می‌توانند فضا را اشغال کنند. به عبارت دیگر، از نظر آنان، موقعیت (حیز) اتم‌ها به تنهایی نقطه بوده، فضا و مکان را اشغال نمی‌کنند، با اتصال دو اتم به یکدیگر طول، با اتصال چهار اتم، طول و عرض و با اتصال هشت اتم به یکدیگر اجسام سه‌بعدی تشکیل می‌شود. بنابراین، در نظریه متکلمان، پیش‌فرض وجود فضای خالی، ضروری است. در این نظریه فضا، ماده و زمان ساختاری گسسته و اتمیستی دارد.

ابن‌باجه در زمره فلاسفه‌ای است که برخلاف ارسطو، خلأ و حرکت در آن را ممکن می‌دانست و همین امر باعث شد حرکت اجسام با سرعت محدود را در خلأ امکان‌پذیر بداند.

ابن‌سینا قائلان به خلأ را به دو گروه تقسیم کرده است؛ جماعتی که می‌گویند خلأ لاشیء و عدم محض است، و دسته دیگر که گمان می‌کنند خلأ هیچ محض نیست و قابل اندازه‌گیری بوده و بعد ممتد در تمام جهات است که اجسام در آن قرار می‌گیرند و خلأ، محل و مکان آنهاست. او دلایل عدیده‌ای در رد نظریه هر دو گروه آورد و به طور کلی به خلأ اعتقادی نداشت (ابن‌سینا، ۱۳۶۱: ۱۵۷-۱۷۵).

ابن‌سینا بدون آنکه نامی از رازی و بیرونی به میان آورد، نظر آنان را، که برای خلأ خاصیت جاذبه در نظر گرفته بودند، به باد انتقاد گرفته، شواهدی در رد نظرات آنها نیز ارائه کرد (همان: ۱۷۲).

۲. مفهوم خلأ در فیزیک نیوتنی

قبل از نیوتن، دکارت نظرات مهمی درباره خلأ داشته است. از نظر دکارت، اساساً وجود خلأ نه صرفاً به دلایل تجربی، بلکه به دلایل عقلی محال است و عبارت «فضای خلأ» تناقضی آشکار در کلمات، همچون «وجود نیستی» است. او فضا را مملو از ماده‌ای رقیق می‌دانست که این ماده، اساس نظریه گردشاره‌ها را نیز تشکیل می‌داد و بنابراین در نظریه او فضای مادی عامل ایجاد نیرو بود. دکارت بر همین اساس به فضای مطلق به عنوان یک فضای کاملاً تهی و عاری از

ماده اعتقادی نداشت. او فضا را نسبی و حرکت را انتقال قسمتی از جسم از مجاورت اجسامی که بر آن مماس‌اند به مجاورت اجسام دیگر می‌دانست. دکارت به جهان نامتناهی و بی‌کران اعتقاد داشت و همچون برونو ستارگان و منظومه‌های اطراف آن را در تمام جهان پراکنده می‌دانست. البته او لفظ «نامتناهی» (infinite) را در مورد فضا به کار نمی‌برد؛ چراکه این صفت را تنها، مخصوص خداوند می‌دانست. او در مورد حدود فضا از عبارت «نامعین» (indefinite) استفاده می‌کرد.

در مکانیک نیوتنی، مباحث مربوط به مفهوم خالص با مباحث مربوط به فضای مطلق قرابت داشت. شاید بتوان گفت یکی از مؤثرترین متفکران نوافلاطونی قرن هفدهم میلادی که در شکل‌گیری مفهوم فضای مطلق نیوتنی نقش بسزایی داشت، هنری مور (Henry More) بود. گفته می‌شود اسحاق بارو، استاد نیوتن، تحت تأثیر مور کتاب درس‌نامه‌های ریاضی خود را منتشر کرد و مفاهیم بنیادی هندسه، از جمله فضا را به عنوان موجودی الهی و حاضر در همه جا معرفی کرد.

مور، برخلاف دکارت، معتقد بود فضا بدون ماده، خالص مطلق نیست، بلکه از نظر او فضای خالی از ماده جایگاه خداوند متعال است که دارای امتداد بوده و در همه جا حاضر است:

من به روشنی اعتقاد دارم که خداوند، به شیوه‌ای لایق خود، دارای امتداد است، چراکه او در همه جا حاضر است و در درون دستگاه جهان و تمامی ذراتش جای دارد. اگر او عملاً به موجودات جهان این‌چنین نزدیک نبود، چطور می‌توانست باعث حرکت ماده شود. کاری که یک‌بار انجام داد و اینک نیز در مورد شما در حال انجام آن است و مطمئناً اگر در همه جا حاضر نمی‌بود، قادر به انجام آن نبود. بنابراین خداوند بدین شیوه ممتد و حاضر در همه جا است (Koyré, 1957: 111).

بنابراین، مور فضا را جایگاه خداوند می‌دانست و همچون دکارت اعتقاد به نامتناهی بودن آن داشت، ولی از نظر او امکان دارد جهان مادی محدود و محصور در کرانه‌ها باشد.

نیوتن را می‌توان از لحاظ ساختار ماده، فیلسوفی اتمیست به شمار آورد. او در زمینه مفهوم خالص موضعی مشابه سایر اتمیست‌ها داشت و همچون آنان فضای ما بین ذرات را

هستی‌شناختی خلأ

خلأ می‌دانست: «اگر ذرات توپ‌ر همه اجسام، غلظت یکسان داشته باشند، نمی‌توان آنها را رقیق کرد بدون آنکه منفذ، فضا، یا خلئی که می‌تواند جایگزین شود، در آن به وجود بیاید» (Newton, 1846: 396).

لایب‌نیتس اعتقاد به خلأ را به منزله اعتقاد به فضای مطلق می‌دانست و به همین دلیل وجود خلأ را همچون فضای مطلق قبول نداشت: «همان دلیلی که نشان می‌دهد فضای فراج جهانی، پندارگونه است، اثبات می‌کند که فضای تهی نیز موجودی وهمی و خیالی است، برای آنکه آنها تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند» (Leibniz, 2000: 23).

لایب‌نیتس نظریه اتمیستی نیوتن را نیز، که مستلزم پذیرش خلأ بین ذرات بود، نقد کرد و خلأ بین آنها را عرض بدون جوهر می‌دانست. سخنان لایب‌نیتس نشان از سوء تفاهم و چشم‌پوشی از عمق افکار نیوتن داشت. به خاطر همین کلارک مفسر و مدافع نیوتن واکنش شدیدی به این انتقادات نشان می‌داد. او در پاسخ به انتقادات لایب‌نیتس چنین می‌گوید:

فضای خلأ محمول بدون موضوع نیست، چراکه هرگز منظور ما از خلأ، فضای خالی مطلق نیست، بلکه منظور ما از آن تنها فضای عاری از ماده است. در فضای خلأ خداوند در همه جا حاضر است و احتمالاً جواهر دیگری که آنها نیز غیرمادی‌اند و به وسیله حواس ما قابل لمس نیستند در آن حضور دارند ... فضا به مانند دهر، بی‌کران، تغییرناپذیر، ازلی و ابدی است. با وجود این، نمی‌توان نتیجه گرفت که هر چیز ازلی و ابدی مستقل از ذات باری تعالی است. به همین دلیل فضا و زمان، خود خدایی دیگر نیستند، بلکه آنها معلول و نتیجه ضروری و بلاواسطه وجود اویند (Ibid.: 30).

یکی از فلاسفه و ریاضی‌دانان مطرح آن زمان، که دیدگاه‌های مهمی در این زمینه دارد، جوزف رافسون (Joseph Raphson) است. دیدگاه‌های او درباره فضا در واقع ادغام افکار مور و نیوتن و بیان شفاف‌تری از نظرات آن دو است. به طور خلاصه، رافسون با برشمردن خواص زیر برای فضا تصویری شفاف و روشن‌تر از قبل برای آن ارائه کرد:

فضا (یا درونی‌ترین امتداد) مطلقاً و به دلیل ماهیت آن، حتی در تصور، انقسام‌ناپذیر است. فضا مطلقاً و به دلیل ماهیت آن حرکت‌ناپذیر است. فضا، بالفعل نامتناهی است.

فصلنامه علمی-پژوهشی دانشگاه قم: سال پانزدهم، شماره اول

فضا کنش خالص است.

فضا حاوی و نافذ در هر چیز است.

فضا غیر جسمانی است.

فضا تغییرناپذیر است.

فضا واحد بالذات است.

فضا ازلی و ابدی است.

فضا کامل‌ترین مجرد است.

بدون فضا، اجسام نه به طور عینی قابل تصورند و نه به طور ذهنی

و بنابراین:

فضا از صفات علت اولی است.

به عبارت دیگر، رافسون هر چیزی را که نشانی از نامتناهی مطلق و بالفعل داشته باشد از صفات آفریدگار و علت اولی دانسته است. او معتقد بود آنچنان که آفرینش موجودی ذی‌شعور، چون انسان، ساخته یک خالق ذی‌شعور است، چگونه ممکن است خلق موجودات ممتد، ساخته یک هستی بدون امتداد باشد، به قول حکیمان مدرسی: «هیچ موجودی نمی‌تواند به دیگری چیزی عطا کند مگر آنکه خود (به طور کامل‌تر) آن را داشته باشد» (Koyré, 1957: 199).

رافسون به شیوه دکارت، از اصول موضوعه شروع کرد و درصدد اثبات صفات فوق، که حاصل و عصاره اندیشه‌های مور و نیوتن است، بر آمد. او علاوه بر این صفات به همگن بودن فضا نیز اعتقاد داشت و آن را نشانه نامتناهی بودن آن می‌دانست: «اگر شخصی در این بی‌کران (که نه آغاز، نه پایان و نه میانه‌ای دارد) برای یک مدت طولانی راه برود و هزاران هزار مایل را بپیماید، باز در این بی‌کران در همان جای نخست خواهد بود» (Ibid.: 202).

گرچه نیوتن نامی از مور و رافسون در آثار رسمی خود نبرده است ولی روشن است که تحت تأثیر آنان و دیگر فلاسفه هم‌عصر خود، بخش‌هایی را تحت عنوان «جستارها» به ترجمه لاتین کتاب نور شناخت در سال ۱۷۰۶ میلادی و ضمائم فلسفی به ویرایش‌های دوم و سوم کتاب اصول در سال‌های ۱۷۱۳ و ۱۷۲۶ میلادی اضافه کرد و بعضی از افکار فلسفی خود را با صراحت و شفافیت بیشتری در این کتاب‌ها مطرح کرد. دیوید گریگوری از شارحان کتاب اصول در خاطرات خود به تاریخ ۲۱ دسامبر ۱۷۰۵ در این مورد می‌گوید:

تهی شناختی خلا

با سر ایزاک نیوتن دیداری داشتیم و او به من گفت که ۷ صفحه به حواشی کتاب نور و رنگ خود در ویرایش لاتین آن اضافه کرده است. ... او در اضافه کردن جستار نهایی با عنوان «فضایی که از اجسام خالی است از چه چیزی پر شده است» دچار تردید و دودلی بود. این حقیقتی آشکار است که او اعتقاد دارد خداوند در همه جا به معنای واقعی لغوی حضور دارد. همان‌طور که ما اشیا را از طریق تصاویری که در مغزمان ایجاد می‌شود حس می‌کنیم، خداوند نیز به همه چیز از طریق حضور بی‌واسطه آنها نزد او آگاه است: او [نیوتن] معتقد است همان‌طور که خداوند در جایی که از اجسام تهی است حاضر است، در فضایی که اجسام حضور دارند نیز حاضر است (Koyré, 1957: 297).

نیوتن در ضمیمه کتاب *اصول*، در پاسخ به انتقادات بارکلی که قبول فضای مطلق را به عنوان موجودی ابدی و ازلی، شرک تلقی می‌کرد، بدون آنکه نامی از او (بارکلی) بیاورد این ویژگی‌ها را از صفات خداوند دانست نه موجودی جدای از خداوند. به نظر نیوتن، «او جاودانی و نامتناهی نیست، بلکه جاودان و بی‌انتهاست. او فضا یا امتداد زمانی نیست، بلکه پایدار و حاضر در همه جاست» (Newton, 1846: 505). و «از آنجا که هر جزء از فضا در همه زمان‌ها وجود دارد، و هر جزء انقسام‌ناپذیر از دهر، در همه جا حاضر است، نمی‌تواند خالق و سازنده همه این چیزها در لامکان و لازمان باشد» (Newton, 1846: 505). و «او [خداوند] حاضر در همه جاست نه صرفاً بالعرض بلکه بالذات، چراکه عرض بدون جوهر دوام ندارد. در او همه چیزها قرار گرفته‌اند و در حال حرکت‌اند، با وجود این او تحت تأثیر هیچ چیزی نیست. خداوند به دلیل حرکت اجسام دچار هیچ زحمتی نیست و حضور خداوند در همه جا باعث بروز هیچ مقاومتی برای اجسام نمی‌شود. همگان معتقدند خداوند متعال واجب‌الوجود است و به همین دلیل وجود او در همه جا و تمام لحظات ضروری است» (Ibid.).

به این ترتیب نیوتن، فضا را نه صفت مخلوقات که صفت خداوند می‌دانست. کلارک در پاسخ به انتقادات تند لایب‌نیتس، افکار نیوتن را با شفافیت بیشتری مطرح می‌کند: «فضا، موجودی نامتناهی و ازلی و ابدی نیست، بلکه صفت یا پیامدی از یک موجود نامتناهی و همیشگی است. فضای نامتناهی، بی‌کران است، اما بی‌کرانگی، خداوند نیست و بنابراین فضای نامتناهی خداوند نیست» (Leibniz, 2000: 19). و در

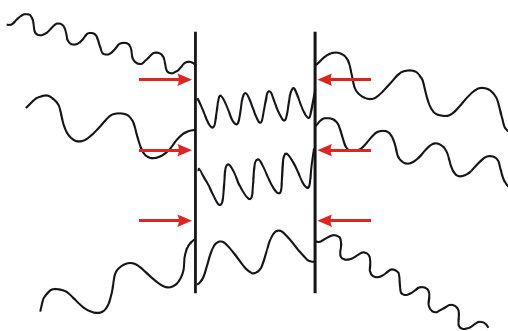
فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه قم: سال پانزدهم، شماره اول

جای دیگر: «خداوند در همه جا حضور دارد و حضور او برای همه موجودات ضروری و بالذات است. حضور او به واسطه فعل او آشکار می‌شود، و بنابراین عمل او بدون حضور او امکان‌پذیر نیست (Ibid.: 20).

۳. هستی‌شناسی خلأ در نظریه میدان‌های کوانتومی و نظریه نسبیت عام

از مطالب گذشته می‌توان نتیجه گرفت که قریب به اتفاق فلاسفه و فیزیک‌دانان قرون گذشته، خلأ، به معنای هیچ مطلق را محمول بدون موضوع و وجود آن را غیرممکن تلقی می‌کردند. اختلاف نظر بین آنان در این بود که بعضی، به طور کلی فضای عاری از ماده را بی‌معنا و بعضی، فضای عاری از ماده را ممکن و آن را جایگاه موجودات متافیزیکی می‌دانستند.

پیدایش نظریه میدان‌های کوانتومی باعث شد بار دیگر مباحث مربوط به مفهوم خلأ مطرح شود. از نخستین نتایج این نظریه آن است که انرژی سیستم وقتی در حالت خلأ قرار دارد بی‌نهایت است. کسیمیِر (Casimir) در ۱۹۴۸ پیش‌بینی کرد که گرچه انرژی خلأ، بی‌نهایت است ولی افت و خیزهای درون آن محدود است. حاصل این افت و خیزها اعمال نیروی جاذبه بین دو صفحه موازی بوده، قابل اندازه‌گیری است. به نظر او، بین صفحات به دلیل شرایط مرزی، نوسانگرهای میدان کمتری نسبت به خارج از صفحات وجود دارد و این باعث ایجاد ذرات بیشتری در خارج از صفحات شده و نیروی جاذبه بین آنها را ایجاد می‌کند.



اثر کسیمیر

این پیش‌بینی ابتدا در ۱۹۵۸ توسط اسپارنی (Sparnaay) و سپس در ۱۹۹۷ توسط لامورکس (Lamoreaux) و نهایتاً در ۲۰۰۱ توسط یک گروه در دانشگاه پادوای ایتالیا به لحاظ تجربی تأیید شد. این آزمایش‌ها شواهد متقنی در تأیید مبانی نظریه میدان‌ها بوده و هست. ^۱ علاوه بر این، جابه‌جایی لمب و ممان مغناطیسی ناهنجار الکترون پدیده‌های دیگری هستند که وجود افت و خیزهای انرژی در حالت خلا را تأیید می‌کنند.

خلا، در نظریه میدان، مفهومی بنیادین و اساسی دارد و گرچه از ماده و موج تهی است ولی مملو از میدان و انرژی است. منظور از میدان در اینجا موجودی کوانتومی و مجموعه‌ای از نوسانگرهای هارمونیک است که با نوسانگرهای کلاسیک شناخته‌شده متفاوت بوده، می‌تواند بر روی خلا اثر بگذارد و ذرات جدید را خلق یا نابود کند. حاصل این خلق و نابودی مجموعه‌ای از ذرات و پادذرات است.

در نظریه نسبیت عام نیز، از زمان پیدایش آن، مباحث مربوط به خلا مطرح بوده است. از نقل‌قول‌های اینشتین نیز چنین برمی‌آید که او فضای کاملاً تهی و مستقل از ماده را دارای واقعیت فیزیکی نمی‌دانست و نهایتاً به این نتیجه رسید که فضای عاری از ماده، از میدان گرانش پر شده است. به این ترتیب او (همچون نیوتن) واقعیت فیزیکی فضای ریاضی و کاملاً تهی را انکار می‌کرد.

به علاوه، در اواخر قرن بیستم میلادی بر اساس مدل استاندارد کیهان‌شناختی و مشاهدات نجومی نشان داده شد که اجرام سماوی و موجودات قابل مشاهده و اندازه‌گیری، تنها ۴٪ موجودات کل عالم را تشکیل می‌دهند و ۹۶٪ کل عالم از ماده تاریک و انرژی تاریک تشکیل شده است که ماهیت و منشأ آنها روشن نیست. وجود ماده تاریک و انرژی تاریک را می‌توان شاهدهی بر این مدعا دانست که فضای بین اجرام سماوی خالی نبوده، علاوه بر میدان گرانشی، شامل موجودات پیچیده و ناشناخته نیز هست.

اینشتین در فیزیکی دانستن مفهوم فضا و خواص آن مانند میدان گرانشی تا آنجا پیش رفت که حتی کنار گذاشتن مفهوم اتر در نظریه نسبیت خاص را عملی شتابزده دانست. او در واقع به این نتیجه رسید که اتر و فضا نمایانگر موجودی واحدند:

امروز کشف لورنتس را می‌توان بدین صورت بیان کرد: فضای فیزیکی و اتر صرفاً واژه‌های متفاوتی هستند برای چیزی واحد، میدان‌ها حالت‌های فیزیکی فضا هستند. اگر هیچ حرکت خاصی را نتوان به اتر نسبت داد، هیچ دلیلی وجود ندارد که آن را به عنوان هستی خاصی سوای فضا به شمار آورد. لیکن در آن زمان هنوز فیزیک‌دانان با این شیوه اندیشیدن سخت بیگانه بودند، نزد آنان فضا هنوز چیزی بود صلب و همگن که نمی‌توانست دست‌خوش تغییر شود و یا حالت‌های گوناگون را اختیار کند (اینشتین، ۱۳۶۳: ۱۱۸).

بنابراین، می‌توان گفت اینشتین پس از نظریه نسبیت عام تصویری جدید از مفهوم اتر ارائه کرد. او مفهوم اتر و فضا را یکسان دانست و برای آن خاصیتی جدایی‌ناپذیر تحت عنوان میدان گرانشی قائل بود. از نظر او، فضا، بدون میدان گرانشی قابل تصور نبود، ولی امکان تصور فضای بدون میدان الکترومغناطیسی وجود داشت. اینشتین ذرات اصلی ماده را چیزی جز تراکم میدان الکترومغناطیسی نمی‌دانست و از اینجا نتیجه گرفت که جهان از فضا (اتر) و ماده (میدان الکترومغناطیسی) تشکیل شده است: «نگرش نوین ما از جهان به دو واقعیت قائل است که از لحاظ مفهومی کاملاً مستقل از یکدیگرند، گرچه ممکن است به نحوی علیتی با یکدیگر مرتبط باشند. این دو واقعیت عبارت‌اند از اتر گرانشی و میدان الکترومغناطیسی، یا - ممکن است آنها را چنین نامید- فضا و ماده» (همان: ۱۴۵). بازگشت مفهوم اتر را می‌توان در سخنان اینشتین از ۱۹۲۰ میلادی به بعد ملاحظه کرد.

امکان وجود انرژی خالص در نظریه نسبیت عام نیز مطرح بوده است. ابتدا نرنست با توجه به مفاهیم اولیه نظریه کوانتوم قدیم این مسئله را که فضای خالی ممکن است دارای انرژی باشد مطرح کرد و سپس پائولی در اواخر دهه بیست نشان داد که اگر اثرات گرانشی انرژی خالص محاسبه‌شده توسط نرنست را به حساب آوریم شعاع جهان از ۳۱ کیلومتر نباید بیشتر باشد (Straumann: 1999). این نتیجه گرچه باعث حیرت پائولی شد ولی در نوشته‌های بعدی توجه چندانی به آن نکرد. لومتر (Lemaitre) نیز وقتی مدل کیهان‌شناسی خود را بر اساس ثابت کیهان‌شناختی Λ بنا کرد، در ۱۹۳۴ میلادی مقاله‌ای منتشر کرد و در آن منشأ وجود این ثابت را دانسیته انرژی موجود در خالص و اثرات جاذبه این انرژی دانست. او مقدار کوچکی را برای چگالی انرژی خالص پیش‌بینی کرد. اما این مقدار کوچک با آنچه توسط نظریه میدان پیش‌بینی شد،

هستی‌شناختی خلا

هم‌خوانی نداشت. لومتر گرچه از پیشرفت‌های نظریه میدان در آن زمان آگاه بود و مقالاتی در این زمینه منتشر کرد، ولی اشاره‌ای به محتوای کوانتومی این انرژی نکرد.

از آنجایی که انرژی خلا، هم در نظریه میدان و هم در نظریه نسبیت عام مطرح بوده است، شاید بتوان آن را نخستین نقطه تلاقی این دو نظریه دانست، با وجود این، دیراک به عنوان بانی الکترودینامیک کوانتومی و شوینگرو فاینمن به عنوان پایه‌گذار شکل نهایی آن توجهی به ارتباط این دو و ثابت کیهان‌شناختی نداشتند.

زلدویچ (Zeldovich) در ۱۹۶۷ بار دیگر آثار انرژی خلا کوانتومی در ثابت کیهان‌شناسی را بررسی کرد. هدف او توضیح اثر انتقال به نور قرمز کوازارها بود که به تنهایی با نظریه نسبیت عام قابل حل نبود. او در خلال چند مقاله افت و خیزهای کوانتومی خلا را برای حل این معضل پیشنهاد کرد ولی پیش‌بینی‌های او نیز با نتایج تجربی مطابقت نداشت (Weinberg, 1989).

از زمانی که در اواسط دهه ۷۰ نشان داده شد که شکست تقارن خودبه‌خودی می‌تواند بعضی نتایج کیهان‌شناختی به دنبال داشته باشد، مسئله ارتباط ثابت کیهان‌شناختی و انرژی خلا بار دیگر به یکی از مسائل مهم و مشترک نظریه نسبیت عام و نظریه میدان‌های کوانتومی تبدیل شد. امروزه نیز مسئله انرژی خلا و افت و خیزهای آن نقش اساسی در نظریه کیهان‌شناسی تورمی دارد. این نظریه که ابتدا گوث (Guth) آن را در ۱۹۸۰ پیشنهاد داد، نقطه شروع انفجار بزرگ را افت و خیزهای درون خلا می‌داند و بنابراین مقدار انرژی لازم برای چنین انفجار مهیبی مطابق این نظریه، فوق‌العاده بزرگ است، ولی پیش‌بینی این نظریه با نتایج تجربی در مورد ثابت کیهان‌شناختی، که برای آن مقدار مثبت نسبتاً کوچکی به دست آمده است مطابقت ندارد. گوث در این مورد گفته است:

اینکه مقدار Λ این قدر کوچک است یکی از رازهای عمیق فیزیک است. مقدار Λ به وسیله فیزیک ذرات به تنهایی تعیین نمی‌شود، بلکه زمانی این مسئله حل می‌شود که یک نظریه ذرات بر اساس گرانش کوانتومی ارائه شود (Guth, 1981).

ویتن نیز کوچک بودن ثابت کیهان‌شناختی و اختلاف بسیار زیاد آن با مقادیر پیش‌بینی‌شده فیزیک ذرات را یکی از موانع پیشرفت نظریه ریسمان دانسته است (Witten, 2000).

۴. طرح مباحث فلسفی خلأ در نظریه استاندارد کیهان‌شناختی

از آنچه شرح داده شد نتیجه گرفته می‌شود که خلأ و انرژی خلأ در نظریه‌های فیزیکی، به معنای هیچ مطلق نیست، بلکه منظور از آن، فضایی عاری از ماده و مملو از میدان، ماده تاریک و انرژی تاریک است. اینکه ماهیت این موجودات چیست هنوز در پرده ابهام است و تعبیر واضحی از آن ارائه نشده است.

این نتیجه‌گیری به معنای طرد کامل مباحث فلسفی خلأ در نظریه‌های فیزیکی نیست. در فیزیک نیوتنی ملاحظه شد که بدون توجه به این مباحث نمی‌توان تصویر و تعبیر روشنی از مفهوم فضای مطلق ارائه کرد. اکنون می‌خواهیم نشان دهیم که در نظریه استاندارد کیهان‌شناختی نیز، چنین مباحثی قابل طرح است و این موضوعی است که در کتاب‌های استاندارد کیهان‌شناختی توجهی به آن نشده است.

در نظریه نسبیت عام، از آنجا که دسترسی به ابعاد بالاتر از سه بعد امکان‌پذیر نیست از ابزاری ریاضی به نام مختصات ذاتی استفاده می‌شود. این مختصات کمک می‌کنند بدون آنکه از فضای مورد نظر خارج شویم مشخصات مربوط به آن را بررسی کنیم. اینشتین در نخستین مدل کیهان‌شناختی خود نشان داد که ما در یک فضای خمیده سه‌بعدی با یک شعاع معین مثبت قرار گرفته‌ایم. در این مدل این فضای خمیده، خود در یک فضای چهاربعدی اقلیدسی قرار دارد. او با استفاده از مختصات ذاتی، خواص مربوط به این فضا را تعیین کرد و از جمله نشان داد که این جهان ایستا، همگن، همسان‌گرد، بی‌کران (بدون لبه و مرز)، اما به طور فضایی محدود است.

مقایسه بین کره زمین و کل عالم می‌تواند نشان دهد که اینشتین چگونه به این تصویر جدید از جهان دست یافت. شخصی که بر روی زمین قرار دارد نقاط آن را با دو مختصه ذاتی نشان می‌دهد و با توجه به اندازه‌گیری فواصل بر روی آن پی می‌برد که بر روی یک سطح خمیده (تقریباً) کروی حرکت می‌کند. از نظر او، این سطح محدود است یعنی نقاط با فاصله بی‌نهایت برای آن قابل تصور نیست و نمی‌توان از نقاط آن

هستی‌شناختی خلا

بسیار دور شد، ولی از طرف دیگر مرزی برای آن قابل تصور نیست و هیچ‌گاه این شخص با حرکت بر روی زمین به مرزی برای آن دست نخواهد یافت. اینشتین توانست همین مفاهیم را به فضا (با سه مختصه ذاتی) تعمیم دهد. از نظر او، اگر شخصی بی‌نهایت از نقطه‌ای دور شود دوباره به همان نقطه باز خواهد گشت. یعنی فضای خمیده دارای هیچ لبه و کرانه‌ای نخواهد بود. بنابراین فضا از نظر اینشتین محدود ولی بی‌کران (بدون مرز) است. همان‌طوری که سطح منحنی دویبعدی یک کره در یک فضای اقلیدسی سه‌بعدی قرار دارد، یک فضای خمیده سه‌بعدی ریمانی با شعاع انحنای ثابت در یک فضای چهاربعدی اقلیدسی قرار دارد.

اکنون این پرسش مطرح می‌شود که آیا این فضای ریاضی چهاربعدی، واقعیت فیزیکی دارد؟ اینشتین فضای هندسی بدون میدان گرانشی را دارای واقعیت فیزیکی نمی‌دانست و همین دیدگاه او به مدل استاندارد کیهان‌شناختی نیز سرایت کرد. پس از آنکه اینشتین مدل ایستای کیهان‌شناختی را ارائه کرد، فریدمن در ۱۹۲۲ نشان داد که معادلات میدان نظریه نسبیت عام امکان دیگری را نیز نتیجه می‌دهد و آن اینکه جهان (نسبت به مختصات مکانی) دارای یک شعاع انحنای ثابت مثبت، ولی نسبت به زمان در حال انبساط است. نتایج و مشاهدات تجربی نظیر انتقال طیف نور ستارگان به سمت قرمز و تابش زمینه کیهانی همگی این انبساط را تأیید کرده‌اند و به همین جهت مدل مبتنی بر این نظریه، مدل استاندارد کیهان‌شناختی نامیده می‌شود. اکنون پرسش این است که آیا جهان ما در یک فضای مرتبه بالاتر، یعنی در یک فضای چهاربعدی خلا در حال انبساط است. پاسخ، معمولاً منفی است. در مدل استاندارد فرض بر آن است که انبساط جهان علاوه بر اینکه به معنای دور شدن اجرام از یکدیگر است، به معنای خلق فضا و زمان نیز هست و خارج از این جهان در حال انبساط هیچ چیز (فضا و زمان) دیگری وجود ندارد؛ و به طور کلی این پرسش که «این جهان در چه فضایی در حال انبساط است؟» بی‌معناست. این نتیجه‌گیری ناشی از دیدگاه هستی‌شناختی اینشتین است که به درون مدل استاندارد رسوخ کرده و فضای بدون میدان گرانشی را دارای واقعیت فیزیکی نمی‌داند، ولی باید توجه داشت که این دیدگاه یعنی عدم واقعیت فیزیکی فضای هندسی خلا مرتبه بالاتر یک تصمیم‌گیری فلسفی است و در هیچ کجای نظریه قابل اثبات یا انکار نیست.

نتیجه‌گیری

از فحوای کلام و سخنان صریح فلاسفه و علمای مطرح قرون گذشته می‌توان نتیجه گرفت که مباحث مربوط به خلأ یکی از نقاط تلاقی فیزیک و متافیزیک است. گرچه در بین فلاسفه کسانی هستند که به امکان وجود خلأ به عنوان هیچ مطلق اعتقاد دارند، ولی قریب به اتفاق آنان وجود خلأ مطلق را نفی می‌کنند. در این مقاله نشان داده شد که آنچه در نظریه‌های استاندارد و بنیادی فیزیک، خلأ نامیده می‌شود به معنای هیچ مطلق نبوده، مفهوم آن با خلأ مطلق متفاوت است. به علاوه، نشان داده شد که با وجود این تفاوت‌ها مباحث فلسفی خلأ به طور کامل از نظریه‌های فیزیک، به خصوص مکانیک نیوتنی و مدل استاندارد کیهان‌شناختی، طرد نشده است و بدون طرح این مباحث نمی‌توان تصویر و تعبیر روشنی از این نظریه‌ها ارائه کرد.

فهرست منابع

- ابو علی سینا (۱۳۶۱). *فن سماع طبیعی*، ترجمه: محمدعلی فروغی، تهران: انتشارات امیرکبیر.
- ارسطو (۱۳۸۹). *سماع طبیعی (فیزیک)*، ترجمه: محمدحسن لطفی، تهران: انتشارات طرح نو.
- افلاطون (۱۳۸۰). *دوره آثار افلاطون*، ترجمه: محمدحسن لطفی، تهران: انتشارات خوارزمی، ج ۳.
- اینشتین، آ (۱۳۶۳). *فیزیک و واقعیت*، ترجمه: محمدرضا خواجه‌پور، تهران: انتشارات خوارزمی.
- بدوی، عبدالرحمن (۱۳۸۹). «محمد بن زکریای رازی»، در: *تاریخ فلسفه در اسلام*، ج ۱، به کوشش میان محمد شریف، تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- مطهری، مرتضی (۱۳۶۶). *مقالات فلسفی*، تهران: انتشارات حکمت.
- Capek, M. (Eds) (1976). *The Concepts of Space and Time*, D. Reidel Publishing Company.
- Crombie, A. C. (1961). *Augustine to Galileo*, Vol. 2. Harvard University Press.
- Guth, A. H. (1981). "Inflationary Universe: A Possible Solution to the Horizon and Flatness Problems", in: *Physical Review D*, vol. 23, pp. 347-356.
- Jammer, M. (1993). *Concepts of Space*, Dover Publications.
- Koyré, A. (1957). *From the Closed World to the Infinite Universe*, the Johns Hopkins Press.
- Leibniz, G. W. and Clarke, S. (2000). *Correspondence*, Hackett Publishing Company Inc.
- Newton, I. (1846). *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Daniel Adee.

هستی‌شناختی خلأ

- Straumann, N. (1999). "The Mystery of the Cosmic Vacuum Energy Density and the Accelerated Expansion of the Universe", available at: <http://arxiv.org/abs/astro-ph/9908342>.
- Weinberg, S. (1989). "The Cosmological Constant Problem", in: *Reviews of Modern Physics*, Vol. 61, No. 1.
- Witten, E. (2000). "The Cosmological Constant from the Viewpoint of String Theory", available at: http://arxiv.org/PS_cache/hep-ph/pdf/0002/0002297v2.pdf.

پی‌نوشت

۱. اغلب گفته می‌شود روابط عدم قطعیت منشأ انرژی خلأ است. علت آن است که در نظریه میدان جابه‌جاگرهای عملگرهای خلق و نابودی جانشین جابه‌جاگرهای مکان و مومنتوم در مکانیک کوانتوم می‌شوند و از آنجا که این جابه‌جاگرها در مکانیک کوانتوم، اساس روابط عدم قطعیت محسوب می‌شود، تعبیری مشابه در نظریه میدان ارائه شده است.

