

بررسی تطبیقی مفهوم زمان در آرای صدرالمতالیهین و نظریات نسبیت فیزیک

The Comparative Study of Time in Mulla Sadra's Perspective and Theory of Relativity in Physics

Valiollah Khoshtinat *

Shabnam Safavizadeh **

ولی‌اله خوش‌طینت *

شب‌نم صفوی‌زاده **

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۲۷

Abstract

The purpose of this essay is studying of time's nature in MullaSadra's perspective and current relativistic theories, including special and general relativity, and proceeding similarities and differences between them. From ontological point of view, the problem of time has been a controversial problem between philosophers and theologians. Some of them consider the time as an illusionary concept and the others as a real existence; and therefore, this later group attributes some properties to the nature of time according to their own viewpoints. In parallel to pure philosophical viewpoints, a similar philosophical interpretation for time that was introduced by physical theories, especially relativistic physics, has been expressed. This essay with an analytical approach tries to be a bridge between pure philosophical viewpoints and philosophical interpretations of physical theories and illustrate the similarities and differences between them. Through considering a same concept for length and dimension, both approaches instead to introducing an independent and absolute concept of space and time, introduced a unit structure which has in itself both space and time. But MullaSadra's view about the nature of time, has differences with what the philosophical interpretation of relativistic theories offers.

Keyword: MullaSadra, Time, Relativistic Physics, Relativity, Motion.

چکیده

این تحقیق بر آن است که ماهیت زمان را در آرای ملاصدرا و نظریات نسبیتی موجود، در قالب نسبیت خاص و نسبیت عام، مورد مذاقه قرار دهد و به نقاط اشتراک و افتراق میان آن‌ها بپردازد. مسئله زمان همواره از منظر وجود مورد اختلاف میان فلاسفه و متکلمان متعددی بوده است. چنانچه عده‌ای زمان را امری موهومی دانسته و عده‌ای دیگر رأی به وجود زمان داده و به تبع آن خصوصیتی را برای ماهیت زمان در نظر گرفته‌اند. به موازات اندیشه‌های فلسفی محض، رویکرد مشابهی نسبت به خوانش فلسفی زمان در چارچوب نظریه‌های فیزیکی، به‌خصوص فیزیک نسبیتی، به چشم می‌خورد که این مقاله درصدد است، با رویکردی تحلیلی، همچون پلی میان اندیشه فلسفی محض و خوانش فلسفی آرای فیزیکی عمل کند و به اشتراکات و نقاط افتراق موجود میان دو حوزه بپردازد. هر دو رویکرد به جای ارائه زمان و مکان، به‌منزله موجوداتی مستقل و مطلق، با یکسان در نظر گرفتن مفهوم امتداد و بعد، به وجود ساختاری واحد اذعان دارند که دربرگیرنده هر دوی فضا و زمان است، اما دیدگاه ملاصدرا درباره ماهیت زمان با آنچه دیدگاه نسبی‌گرایانه برآمده از تفسیر فلسفی نسبیت ارائه می‌دهد مغایر است.

واژگان کلیدی: ملاصدرا، زمان، فیزیک نسبیتی، نسبیت، حرکت.

* Assistant Professor and Faculty Member,
Department of Theology and Islamic Sciences,
Payame Noor University (PNU), I.R, Iran.
vkhoshtinat@gmail.com

** Visiting Lecturer Department of Theology and
Islamic Sciences, Payame Noor University (PNU),
I.R, Iran. Shabnam_Safavizadeh@yahoo.com

* استادیار و عضو هیئت علمی گروه الهیات و علوم
اسلامی دانشگاه پیام‌نور ایران (نویسنده مسئول).
vkhoshtinat@gmail.com

** مدرس مدعو دانشکده الهیات و علوم اسلامی دانشگاه
پیام‌نور ایران. Shabnam_Safavizadeh@yahoo.com

مقدمه

این تحقیق درصدد است، با رویکردی مقایسه‌ای و تطبیقی، پاسخ‌های ارائه‌شده هر دو حوزه فکری را، در قبال مسئله زمان، تحلیل و نقاط اشتراک و افتراق میان آن‌ها را بررسی کند. در این مقاله نخست، مسئله زمان از دید فلاسفه اسلامی، به‌خصوص ملاصدرا، و سپس زمان در حوزه فیزیک نسبت بررسی شده است و رویکردهای فلسفی مرتبط با آن مورد مذاقه قرار گرفته است. در نهایت نتایج هر دو حوزه با هم مقایسه و تحلیل شده‌اند.

۱. زمان در فلسفه اسلامی

طی تاریخ اندیشه اسلامی، موضوع زمان همواره از دیدگاه‌های مختلف مورد توجه بوده است، به طوری که هم متکلمان و هم مکاتب مختلف فلسفی با جدیت به آن پرداخته‌اند. از آن‌جا که پیدایش کلام اسلامی از لحاظ زمانی مقدم بر پیدایش فلسفه اسلامی است، بنابراین می‌توان گفت متکلمان پیش از فلاسفه به بحث در خصوص زمان پرداخته‌اند. در کلام، موضوع زمان ضمن پرداختن به بحث حدوث و قدم عالم به میان آمده است. متکلمان برای اینکه عالم را حادث بدانند و به این ترتیب آن را معلول و نیازمند علت بشمارند، زمان را امری ذهنی و غیرواقعی و دارای وجودی موهومی می‌دانند. به طور خلاصه از نظر متکلمان، زمان حاصل از تقارن حادثه‌ای معلوم با حادثه‌ای مجهول است؛ زمان امری قراردادی است و وجود خارجی ندارد (کدیور، ۱۳۷۴: ۹۴).

فلاسفه اسلامی ضمن رد دلایل کسانی که وجود زمان را انکار می‌کنند، همگی در وجود خارجی زمان اتفاق نظر، ولی در چیستی و تعریف زمان با یک‌دیگر اختلاف نظر دارند. برای اثبات وجود زمان در فلسفه اسلامی دو برهان عمده اقامه می‌شود: برهان اول به روش طبیعیون و برهان دوم بر روش الهیون است. با وجود اقامه

از آن‌جا که بشر به واسطه حقیقت‌جویی همواره در پی یافتن پاسخ‌های روشن و قطعی برای پرسش‌های گوناگون به‌خصوص در حوزه هستی‌شناسی است، می‌توان ادعا کرد از دیرباز تاکنون، این پرسشگری در مورد موضوعی مانند زمان که مفهومی ناگسستنی از زندگی روزمره بشر است، تا چه اندازه برای اندیشمندان حوزه‌های مختلف به‌خصوص فلاسفه و فیزیک‌دانان دارای اهمیت بوده و رسیدن به نتیجه‌ای واحد درباره چیستی و ماهیت زمان و خصوصیات منسوب به آن از چالش‌های روزمره عده کثیری از این اندیشمندان به شمار می‌رود. از همین رو، هر کدام از این فلاسفه و دانشمندان با دیدگاه‌ها و رویکردهای خاص خود به توصیف زمان پرداخته‌اند. آنچه تاکنون یکی از نکات جالب توجه در این بررسی‌ها به شمار می‌رود، مشاهده تغییرات در رویکردهای فلسفی است که از تغییرات به‌عمل‌آمده در تئوری‌های فیزیکی حاصل می‌شود. این نکته به نوبه خود می‌تواند نشان‌دهنده پیوند ناگسستنی بین مفاهیم و ابزارهای به‌کاررفته در هر دو حوزه باشد.

پاسخ به این سؤالات در مورد زمان در حوزه فیزیک نسبت منجر به تحلیل دو رویکرد فلسفی متفاوت در قبال هستی‌شناسی فضا-زمان می‌شود. این رویکردها که عبارت‌اند از نگاه ذات‌انگارانه و نگاه نسبی‌گرایانه هر کدام دیدگاهی کاملاً متمایز نسبت به ماهیت زمان در بافت نسبت داشته‌اند و به تبع آن، پاسخ‌های متفاوتی را نسبت به پرسش‌های مرتبط اتخاذ می‌کنند.

از سویی دیگر، سال‌ها اندیشه و تفلسف درباره وجود و ماهیت زمان منجر به سلسله پاسخ‌هایی منسجم در تاریخ کلام و فلسفه اسلامی شده است که همانا تبلور این اندیشه را می‌توان در آرای فیلسوفانی همچون ابن‌سینا و به‌خصوص ملاصدرا یافت.

به‌ناچار دربارهٔ زمان نیز، به‌منزلهٔ مقدار حرکت، نظرات گوناگونی وجود خواهد داشت. در فلسفهٔ اسلامی به‌طور عمده می‌توان دو نوع اندیشه را در خصوص زمان مشخص کرد. دیدگاه فلاسفهٔ مشائی و اشراقی و دیدگاه حکمت متعالیه (مصباح یزدی، ۱۳۷۲: ۱۵۲/۲).

۱-۱. وجود زمان در تفکر سینوی

ابن سینا در *اشارات و تنبیهات* ماهیت زمان را این‌گونه بیان می‌کند: «و بدان جهت که تجدد، جز با دگرگون‌شدن حال و تغییر و دگرگون‌شدن حال، جز با موضوعی که دارای قوهٔ تغییر حال است ممکن نیست، این اتصال به حرکت و متحرکی وابسته است، یعنی به تغییر و متغیری. به‌خصوص چیزی که در آن اتصال و ناگسستگی ممکن است، یعنی حرکت وضعی دوری. این اتصال قابل اندازه‌گیری است، چون یک قبل، گاهی دورتر و گاهی نزدیک‌تر است. بنابراین، آن کمی است که اندازه‌گیرندهٔ تغییر و دگرگونی است. و این همان زمان است. زمان کمیت حرکت است، نه از جهت مسافت، بلکه از جهت تقدم و تأخیری که با هم جمع نمی‌شوند» (ابن سینا، ۱۳۸۸: ۲۹۱).

نکتهٔ بارز در اندیشهٔ ابن سینا در باب زمان آن است که وی زمان را به مقدار حرکت به لحاظ تقدم و تأخر تعریف کرده است. بنابراین، زمان از نظر ابن سینا عبارت است از کمیت حرکت، اما نه از جهت مسافت و مکان، بلکه از جهت تقدم و تأخیری که با یک‌دیگر جمع نمی‌شوند. می‌توان نتیجه گرفت که ابن سینا زمان را امری واقعی می‌داند، و از نوع واقعیت عرضی - نه جوهری - که وابسته به موضوع حرکت و حرکت است. در واقع، می‌توان عامل اندازه‌گیری تجدد دائمی حرکت را زمان نامید (یثربی، ۱۳۸۳: ۱۲۵).

برهان از سوی فلاسفه برای اثبات وجود زمان، باز هم بسیاری از فلاسفه معتقدند که وجود زمان امری بدیهی است و نیازی به استدلال ندارد. چنانچه استاد مطهری معتقدند زمان به‌قدری وجودش بدیهی است که حتی فردی مثل فخر رازی می‌گوید: دربارهٔ وجود زمان نباید بحث کرد، زمان ظاهر الانیه و خفی الماهیه است و باید دربارهٔ ماهیت آن بحث کرد. و از بداهت زمان همین بس که ما هیچ‌چیز را نمی‌توانیم بیان کنیم، مگر اینکه وجود زمان را به نحوی فرض کنیم؛ بنابراین می‌توان گفت که شناخت حقیقت زمان و ماهیت آن از پیچیده‌ترین مسائل فلسفهٔ اسلامی به شمار می‌رود (مطهری، ۱۳۷۱: ۱۳۷۱-۲۰۱/۲-۱۸۴).

با توجه به اینکه در بحث وجود زمان دو دیدگاه مطرح بوده است: الف) نفی وجود زمان و قول به زمان موهوم که نظریه‌ای کلامی است و ب) نظریهٔ وجود زمان که رأی مشائیان اسلامی است، آنچه مهم است چگونگی و نحوهٔ وجود زمان است. تقسیمات وجود به چند لحاظ و گونهٔ مختلف قابل تصور است؛ مثلاً وجود یا خارجی است یا ذهنی، به لحاظ دیگر یا واحد است یا کثیر ... تا می‌رسند به اینجا که وجود یا ثابت و لایتغیر است (مانند وجود واجب) یا سیال و متغیر است (مانند موجودات امکانی).

قبل از حکمت متعالیه، حرکت و تغییر فقط در عرض‌های چهارگانه (کم، کیف، این، وضع) منحصر بود، اما ملاصدرا حرکت در جوهر را اثبات کرد، که اعراض نیز به تبع جوهر خود دارای حرکت و تغییر شدند. بنابراین، تمام عالم مادی در حرکت، تغییر و سیلان است، ثبوت و عدم تغییر تنها در مجردات است و عالم طبیعت عین تجدد، تغییر و سیلان است (صدرالمتألهین، ۱۹۹۰م: ۳/۱۰۱).

فلاسفهٔ اسلامی به تبعیت از ارسطو زمان را مقدار حرکت دانسته‌اند، اما از آن‌جا که دربارهٔ حرکت میان فلاسفه اختلاف نظر وجود دارد،

۱-۲. وجود زمان در تفکر ملاصدرا

در این دیدگاه نظرات ملاصدرا در خصوص زمان مطرح می‌شود که دو تفاوت عمده با نظرات پیشینیان وی دارد:

- اول اینکه: ملاصدرا حرکت و زمان را از عوارض خارجی اشیاء نمی‌داند، یعنی معتقد است که برای حرکت و زمان وجودی مستقل از موضوعشان نمی‌توان در نظر گرفت که این وجود بر وجود موضوع عارض شده باشد، بلکه حرکت و زمان از عوارض تحلیلی اشیاء هستند. تنها در ذهن و به واسطه تحلیل ذهنی است که می‌توان عارض و معروض را از یکدیگر منفک کرد. در عالم خارج یک وجود بیشتر نیست و زمان و مکان و مسافت به یک وجود موجودند (مصباح یزدی، ۱۳۷۲: ۲/۱۵۵).

- دوم اینکه: ملاصدرا حرکت را منحصر در مقولات چهارگانه نمی‌داند، بلکه به حرکت در جوهر نیز قائل است و آن را اصلی‌ترین صورت حرکت می‌داند. از مهم‌ترین براهینی که ملاصدرا بر حرکت جوهری آورده است برهان از طریق زمان است. این برهان بیان می‌کند که: ذات اشیاء زمانمند است، زیرا اگر این‌گونه نبود، نمی‌توانستیم آن‌ها را با زمان بسنجیم و برای آن‌ها عمری قائل شویم. چنانچه اگر اشیاء دارای طول یا وزن نباشند نمی‌توان آن‌ها را با مقیاس‌های طول و وزن اندازه‌گیری کرد. از طرف دیگر، زمان چیزی غیر از مقدار حرکت نیست، بنابراین لازم است ذات و جوهر اشیاء نیز متحرک باشند (مطهری، ۱۳۷۱: ۲/۱۱۱). به این ترتیب وی زمان را بعدی از ابعاد مادی می‌داند. از نظر ملاصدرا، زمان نیز مانند امتدادهای سه‌گانه یکی از امتدادهای جسم را تشکیل می‌دهد، اما این امتداد چهارم برخلاف امتدادهای پیشین گذرا و تدریجی خواهد بود (همان: ۱۹۰).

ملاصدرا معتقد است که زمان و حرکت به هم وابسته‌اند و بدون حرکت و تغییر امکان تحقق زمان وجود ندارد. بنابراین معتقد است که زمان متعلق به امور مادی است و مجردات که ثابت به شمار می‌روند زمان ندارند (زمانمند نیستند) (همان: ۱۲۸).

ملاصدرا اعراض و صفات هر شیء را، از نظر هستی، از مراتب و شئون وجود جوهر می‌داند. با توجه به این نکته و با توجه به اصالت وجود در حکمت متعالیه، اعراض و صفات مایه تشخیص نیستند، بلکه صرفاً علامت‌های تشخیص‌اند. از منظر ملاصدرا موجودات مختلف ذاتاً و با تکیه بر وجود عینی و خارجی خود از هم متمایز می‌شوند و در واقع صفات گوناگون یک موجود دلیل تشخیص هویت آن موجود نیست، بلکه صرفاً علامت‌های تشخیص به شمار می‌روند. بنابراین، تشخیص از خارج بر موجودات تحمیل نمی‌شود، بلکه از درون خود موجودات نشئت می‌گیرد. بر این اساس، از دید ملاصدرا در این جهان سرچشمه قبلیت و بعدیت خود حوادث‌اند. هر حادثه مکان و زمان خاصی دارد که بیرون‌آمدن از آن به منزله بیرون‌آمدن از هستی خویش است (صدرالمتألهین، ۱۹۹۰ م: ۳/۲۵۲).

ملاصدرا زمان را نه همانند ظرفی می‌داند که مظروفش جوهر مادی است و نه زمان را ماهیت عرضی به شمار می‌آورد. از منظر ملاصدرا، زمان مقوم ذاتی جوهر مادی است و بنابراین همه جوهر و پدیده‌های مادی زمانی مخصوص به خود دارند، چراکه زمان از شئون وجود آن‌هاست. به عقیده ملاصدرا، حرکت از عوارض خارجی اشیاء نیست، بلکه از عوارض تحلیلی وجود است بنابراین، حرکت جزء بالفعل ندارد، اما بی‌نهایت اجزای بالقوه دارد و این همان اعتبار قطعی حرکت است. برای مثال، جسم هندسی (تعلیمی) تعین جسم طبیعی است، یعنی جسم طبیعی دارای مقدار (طول، عرض، عمق) است. پس اگر جسم

کیف یا مانند این‌هاست، تجدد و خروج از قوه به فعل و آن معنای انتزاعی عقل است، اتصال به‌عینه اتصال مسافت است. زمان مقدار این اتصال و تعیین آن است، یا همان حرکت به اعتبار تعیین مقداری است، بنابراین پس از تحلیل و تفصیل به وجهی بر علت بعضی برای بعضی دیگر حکم می‌کند» (همان: ۳/ ۱۸۱-۱۸۰).

ملاصدرا در جای دیگری اظهار می‌دارد که: «عروض زمان برای حرکت تنها در ظرف تحلیل است. حرکت و زمان به وجود واحد موجودند. عروض زمان برای حرکتی که آن را تقدیر می‌کند مانند عروض وجود برای معروضش نیست، بلکه از قبیل عروض فصل برای جنس و (عروض) وجود برای ماهیت است، مانند چنین عوارضی به اعتباری متقدم و به اعتباری متأخر هستند. حرکت خاص به زمان معین در خارج قوام می‌یابد، لکن زمان معین، عارض ماهیت حرکت از حیث حرکت‌بودن در ذهن است. زمان مانند علت مفید حرکت به جهت وجود و تعیین است. حرکت مانند علت قابل زمان به لحاظ ماهیت است. همه این‌ها در ظرف تحلیل عقلی است، اما در خارج نه علت و نه معلول است، نه عارض و نه معروض است، چون زمان و حرکت شیء واحدی هستند» (همان: ۲۰۰).

۲. زمان از دید فیزیک‌دانان

زمان آشنا‌ترین پدیده‌ای است که ما همه‌روزه آن را تجربه می‌کنیم، اما چگونه می‌توان این پدیده آشنا را در چارچوب علم فیزیک توصیف کرد؟ معمولاً توصیفات مورد نیاز برای تعریف همواره محدودکننده‌اند، زیرا زبانی که برای توصیف زمان به کار می‌رود خود دارای کلمات حاوی بار زمانی مانند: رویداد، توالی، استمرار و ... است. بنابراین توصیفات منجر به دور می‌شوند. انسان زمان را تجربه می‌کند و می‌تواند تغییرات آن را اندازه‌گیری کند، با وجود این، آیا می‌تواند مطمئن

را بدون تعیین در نظر بگیریم، جسم طبیعی است و اگر آن را با قید تعیین خاص لحاظ کنیم، جسم هندسی (تعلیمی) است. پس جسم تعلیمی و جسم هندسی دو چیز نیستند (مطهری، ۱۳۷۱: ۴/ ۱۴۸-۱۴۹).

بنا به اظهار ملاصدرا: «نزد ما حرکت از هویات خارجی نیست، بلکه امری عقلی است، معنایش نفس خروج تدریجی از قوه به فعل است و مانند سایر مفاهیم اعتباریه‌ای است که صلاحیت عنوان قرارگرفتن برای حقیقت خارجی را دارند و آنچه این معنای مصدری از او انتزاع می‌شود، ذات خارجی‌ای است که وجودش تدریجاً به فعلیت می‌رسد، پس لامحلاً وجودش تدریجی و حدوثش به‌عینه، زوال آن است» (صدرالمآلهین، ۱۹۹۰ م: ۷/ ۲۸۴).

بنابراین، زمان و حرکت نیز در واقعیت خارجی عین هم‌اند. زمان تعیین حرکت است، حرکت به تنهایی مبهم است و زمان آن را مشخص و معین می‌کند. بنا به آنچه تاکنون اشاره شد می‌توان گفت، حرکت و زمان مفاهیم ماهوی نیستند، بلکه نحوه وجود جوهر جسمانی‌اند. ملاصدرا حرکت را امری اعتباری می‌داند و بنا به اظهارات فوق منظور وی از امر اعتباری اعتبار عقلی است.

در حکمت متعالیه، رابطه مسافت، حرکت و زمان با در نظر گرفتن اتحاد در وجود معنا می‌یابد و عروض برخی بر برخی دیگر به تحلیل عقلی صورت می‌گیرد. بدین نحو که حرکت در مسافت رخ می‌دهد و اتصال حرکت عین اتصال مسافت است و زمان اندازه این اتصال و تعیین آن است.

بنا به اظهار ملاصدرا: «مسافت به واسطه مسافت‌بودن، حرکت و زمان همگی به وجود واحد موجودند و عروض بعضی بر بعضی دیگر عروض خارجی نیست، بلکه عقل با تحلیل میان آن‌ها فرق می‌گذارد، و بر هر یک به حکم خاصی حکم می‌کند. پس مسافت فردی از مقوله کم یا

باشد که زمان به صورت مستقل وجود دارد و وجودش وابسته به وجود او نیست؟ دانشمندان نیز مانند فیلسوفان با چنین سؤالاتی درگیرند. عینیت زمان و جداسازی آن از اشخاص یکی از موضوعات اصلی در کوشش برای فهم زمان از نقطه نظر علمی است، اما در علم به ویژه در فیزیک چندان به توصیف زمان پرداخته نمی شود و تعیین ماهیت و طبیعت زمان به عهده فلاسفه و سایر محققان گذارده می شود. در گذشته فاصله های زمانی با اندازه گیری اتفاقات محاسبه می شدند. مانند زمانی که صرف می شود تا فاصله بین دو محل طی شود. ساخت ساعت مکانیکی باعث شد که بشر بتواند زمان را بر اساس ساعات، دقیق و ثانیه ها درک کند. بنابراین، برداشت و تلقی بشر از زمان تغییر یافت. این برداشت به برداشتی مکانیکی، کمی و عددی تبدیل و از طبیعت جدا شد. با وجود وارد شدن زمان در شرح و توصیف علمی جهان، دانشمندان هنوز کاملاً مطمئن نیستند که زمان وجود مستقل داشته باشد یا اینکه آیا لازمه توصیف واکنش های فیزیکی پیشرفت زمان است؟ از دید یک فیزیکدان، زمان به منزله موجودی، بدون در نظر گرفتن اینکه دارای وجودی مستقل است یا اینکه مفهومی انتزاعی از رویدادهای عینی است، وارد معادلات فیزیکی می شود. در فلسفه مفاهیم زمان و مکان چنان با هم آمیخته اند که جدا کردن آنها از یکدیگر ناممکن است. اشیاء یا رویدادها در مکان پدیده هایی با بار زمانی اند. به رغم این ارتباط نزدیک میان زمان و مکان در فلسفه، در مدل فیزیکی مانند مکانیک نیوتنی، زمان مستقل از مکان تصور می شود. از نظر نیوتن، زمان و مکان هر دو مطلق اند. نیوتن در تمامی فعالیت های علمی خود بر این فرض تکیه کرده است که زمان به طور مطلق و مستقل از هر پدیده دیگری وجود دارد و بر اساس طبیعت خود جریان می یابد. فرض زمان مطلق بر تمامی فیزیک کلاسیک سایه

افکنده است. با ظهور فیزیک جدید و نظریه های نسبیت خاص و عام، باور نسبی بودن زمان در میان فیزیکدانان رایج شد. در نگرش نسبی گرایانه ما با مجموعه ای چهاربعدی به نام فضا-زمان مواجهیم که در آن، زمان و مکان مفاهیمی پیوسته فرض می شوند که صرفاً جداکننده رویدادها و اشیاء هستند. آنچه در این میان حائز اهمیت است این نکته است که در چارچوب فیزیک زمان را می توان از طریق ریاضی، تنها با ضرب کردن در سرعت، به مکان تحویل کرد و نسبت دادن زمان به مکان (مکانی کردن زمان) در چارچوب علم دارای توجیه است. اینشتین در نظریه نسبیت نشان می دهد که زمان و مکان جدایی ناپذیرند، وی با افزودن بعد زمان به ابعاد سه گانه مکان ابعاد چهارگانه فضا-زمان را به دست آورد، اما با وجود ارتباط تنگاتنگ میان زمان و مکان، زمان دارای خصوصیتی است که آن را از مکان متفاوت می کند و آن یک سوپه بودن زمان است. اشیاء در مکان می توانند به سمت بالا و پایین، جلو و عقب، راست و چپ حرکت کنند، ولی در زمان (حتی زمان نسبت داده شده به مکان) اشیاء صرفاً می توانند به سمت جلو حرکت کنند. همچنین اشیاء می توانند بدون حرکت در مکان توقف کنند، ولی همواره در زمان در حرکت اند. به طوری که در نمودار فضا-زمان یک پدیده لحظه ای را می توان با یک نقطه نمایش داد، اما برای پدیده ای که مدتی دوام بیابد باید خطی ترسیم کرد (Putnum, 1967: 242-245).

اینشتین هدف مکانیک را پیدا کردن مکان اجسام در فضا مطابق با تغییرات زمان می داند و بر این باور است که در فیزیک کلاسیک مقصود از فضا و زمان روشن نیست (اینشتین، ۱۳۷۶: ۲۵). وی در پی روشن شدن پاسخ چنین پرسش هایی مدل های دینامیکی و سینماتیکی جدیدی را در قالب نسبیت خاص و عام ارائه داد. نسبیت خاص، نظریه ای فیزیکی درباره اندازه گیری

واژه خاص در نسبیت خاص نشان‌دهنده حالت خاصی است که این نظریه در آن صادق است. این نظریه اصل نسبیت را تنها در مورد چارچوب‌های مرجع لخت به کار برده است. به عبارت دیگر، این طور پنداشته شده است که چارچوب‌های مرجع نسبت به یک‌دیگر با سرعت یکنواختی حرکت می‌کنند.

حال با توجه به این امر که فیزیک نسبیتی برخلاف فیزیک نیوتنی (فیزیک کلاسیک) هویت مستقل و مطلق برای زمان قائل نبوده، ساختار یا چارچوب پیوسته جدیدی را تحت عنوان فضا-زمان مطرح می‌کند، فلاسفه و فیزیک‌دانان فیلسوف مشرب در پی تبیین ماهیت چارچوب ارائه‌شده جدید (فضا-زمان) برآمده‌اند و هر کدام با رویکردهایی گوناگون به تبیین ماهیت و خصوصیات فضا-زمان می‌پردازند.

در ادامه مطلب، صرف نظر از فرمول‌های فیزیکی و به طور اجمال به ذکر دو تبیین فلسفی ذات‌گرایانه^۱ و نسبی‌گرایانه^۲ از فضا-زمان در چارچوب نسبیت خاص و نسبیت عام خواهیم پرداخت.

۳. تبیین فلسفی نسبیت خاص

نسبیت خاص چیست؟

(۱) تبیینی ذات‌گرایانه از فضا-زمان.

(۲) تبیینی نسبی‌گرایانه از حرکت دینامیکی.^۳

۳-۱. تبیینی ذات‌گرایانه از فضا-زمان

- در تفسیر پاسخ اول، می‌توان به دو تعبیر زیر که منجر به تبیینی ذات‌گرایانه از فضا-زمان می‌شود، اشاره کرد:

الف) تئوری نسبیت خاص، تئوری درباره ساختار فضا-زمان بوده و فضا-زمان معرفی شده آن فضا-زمان مینکوفسکی^۴ است.

در چارچوب مرجع لخت است که در سال ۱۹۰۵ میلادی در نوشتاری با نام «در باب الکترودینامیک اجسام متحرک» مطرح شد (Einstein, 1905: 1). گالیلئو گالیله قبلاً چنین اصلی را بیان کرده بود که تمام حرکات یکنواخت نسبی‌اند و هیچ حالت سکون مطلق و تعریف‌شده‌ای وجود ندارد (چارچوب مرجع برتر وجود ندارد). این اصل امروزه اصل نسبیت گالیله خوانده می‌شود. اینشتین این اصل را با در نظر گرفتن پدیده سرعت ثابت نور گسترش داد؛ پدیده‌ای که به‌تازگی در آزمایش مایکلسون-مورلی مشاهده شده بود. او همچنین بیان کرد که این اصل برای تمام قوانین فیزیک صادق است که در آن زمان شامل قوانین مکانیک و الکترودینامیک می‌شد.

این نظریه پیامدهای گسترده‌ای دارد که مورد تأیید داده‌های تجربی قرار گرفته‌اند (Roberts, 2007) و شامل موضوعاتی غیرشهودی همچون انقباض طول، اتساع زمان و نسبیت همزمانی است. او مفهوم کلاسیک بازه زمانی ناوردای دو رویداد را با مفهوم ناوردایی بازه فضا-زمان تعویض کرد. می‌توان با استفاده از دو اصل نسبیت خاص و ترکیب آن‌ها با سایر قوانین فیزیک به هم‌ارزی جرم و انرژی بر طبق اصل هم‌ارزی جرم و انرژی رسید (Einstein, 2001: 48). Feynman, 1998:68). پیش‌بینی‌های نسبیت خاص با مکانیک نیوتنی در قلمرو مشترکشان همخوانی دارند. به‌ویژه در مورد سرعت‌هایی که از سرعت نور بسیار کوچک‌ترند. تأثیر نسبیت خاص هنگام بررسی اجسام در حال حرکت با سرعت‌های بسیار زیاد (نزدیک به سرعت نور) قابل توجه می‌شود. بنابراین نظریه نسبیت همان‌طور که اصل ناوردایی فیزیک ایجاب می‌کند باید نتایج مشاهدات قبلی را به شکل کامل‌تری بیان کند. مقایسه رابطه بین مکانیک نیوتنی و مکانیک نسبیتی همانند مقایسه بین تبدیلات لورنتس و تبدیلات گالیله است.

تغییر مانند اتر، همچنین این دو برخلاف رویکرد ذات‌گرایانه ناشی از ساختار سینماتیک فضا-زمان نیستند.

(د) فضا و زمان کمیت‌هایی متمایز از هم‌اند.

۴. زمان در تفسیر ذات‌گرایانه نسبیت خاص

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در فیزیک کلاسیک، تمام رویدادها و فرایندها بر روی یک پس‌زمینه از فضا و زمان جای می‌گیرند. حرکت از مکانیک کلاسیک به فیزیک نسبیتی معمولاً با پذیرفتن چنین تغییری در پس‌زمینه‌ای از فضا-زمان کلاسیک به فضا-زمان مینکوفسکی است. این وجود جدید، یعنی فضا-زمان، برخلاف مفاهیم فضا و زمان که صرفاً در روش اشتقاقی وجود دارند، وجودی بنیادی به شمار می‌رود. در این مفهوم نسبیتی، یک متریک^۹ برای زمان و متریک مجزای دیگری برای فضا وجود ندارد، بلکه یک متریک برای فضا-زمان مشخص‌کننده فاصله‌های فضا-زمانی بین رویدادهای چهاربعدی است. می‌توان گفت، این فواصل فضا-زمان ویژگی‌های ناوردای فضا-زمان به شمار می‌روند.

در این نوع نگرش، زمان صرفاً در یک روش وابسته به ناظر می‌تواند از فضا جدا شود. هر ناظر لخت^{۱۰} ممکن فضا-زمان را به روشی متفاوت به فضا و زمان برش می‌دهد. به معنای دیگر چیزی به‌منزله زمان در فضا-زمان مینکوفسکی وجود ندارد.

در فضا-زمان مینکوفسکی دو تعریف از زمان وجود دارد که با وجوه مختلف زمان کلاسیک مطابقت می‌کند. این دو زمان به زمان مختصه‌ای^{۱۱} و زمان حقیقی^{۱۲} معروف‌اند.

۴-۱. زمان مختصه‌ای

به بیان ریاضیاتی، مختصه زمان در نسبیت خاص صرفاً یک مؤلفه از یک چاربردار فضا-زمان ناورداست. مانند بردار طول که یک مؤلفه از یک

(ب) فضا-زمان مینکوفسکی ذات یا جوهری^۵ حقیقی و مستقل است و بر رفتار اجسامی که روی آن در حرکت‌اند تأثیر می‌گذارد (Huggett, 2006: 11).

(ج) اتساع زمان و انقباض طول، آثار سینماتیک^۶ حاصل از ساختار فضا-زمان مینکوفسکی هستند.

(د) فضا و زمان هر کدام وجوه وابسته به چارچوب مرجع متفاوتی، از یک کمیت مستقل از چارچوب، به نام طول فضا-زمانی هستند (ibid: 14).

۳-۲. تبیین نسبی‌گرایانه از حرکت دینامیکی

- در تفسیر رویکرد دوم نسبیت خاص، یعنی تبیین نسبی‌گرایانه از حرکت (دینامیک)، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) نسبیت خاص قالبی است که قوانین دینامیکی بایستی اتخاذ کنند، که در این صورت این قوانین بایستی ناوردای^۷ لورنتسی باشند.

(ب) در رویکرد نسبی‌گرایانه، برخلاف رویکرد ذات‌گرایانه، فضا-زمان مینکوفسکی به‌منزله وجودی مستقل مطرح نیست، بلکه این فضا-زمان پدیده‌ای ریاضیاتی است، که دینامیک وابسته به تبدیلات لورنتس^۸ را به وسیله ریاضیات صورت‌بندی می‌کند. به بیان دیگر، فضا-زمان وجودی مستقل از اجسام فیزیکی نداشته، صرفاً شامل روابط دینامیکی موجود میان اجسام فیزیکی است (ibid: 81).

(ج) اتساع زمان و انقباض طول آثار دینامیکی نسبیت خاص‌اند که حقیقت دارند؛ یعنی اجسام متحرک حقیقتاً طول خود را از دست می‌دهند، منقبض می‌شوند و ساعت‌های در حال حرکت نیز حقیقتاً کندتر پیش می‌روند. در واقع اتساع زمان و انقباض طول آثار حقیقی دینامیک حاصل از قوانین ناوردای لورنتس هستند، نه آثاری ناشی از حرکت نسبت به یک چارچوب ساکن و بدون

۱-۵. رویکرد ذات‌گرایانه

الف) هستی‌شناسی فضا-زمان: فضا-زمان به منزلهٔ جوهر مستقل از اجسام فیزیکی وجود دارد.
ب) ماهیت حرکت: آثار لختی ناشی از حرکت یک جسم نسبت به فضا-زمان هستند (یعنی فضا-زمان در مقابل انحراف مسیرهای غیرلخت نسبت به مسیر لخت مقاومت می‌کند).

۲-۵. رویکرد نسبی‌گرایانه

الف) هستی‌شناسی فضا-زمان: فضا-زمان عبارت است از روابط میان اجسام فیزیکی.
ب) ماهیت حرکت: آثار لختی صرفاً ناشی از حرکت یک جسم نسبت به اجسام دیگر هستند (Dorato, 2000: 3-15).

با توجه به هریک از مواضعی که ذات‌گرایان و نسبی‌گرایان در مقابل نسبیت عام دارند، هر کدام از آن‌ها پاسخ‌های متفاوتی در قبال پرسش‌هایی که از تقابل این دو رویکرد در حوزهٔ نسبیت عام ناشی می‌شود ارائه می‌کنند؛ هر کدام از رویکردهای ذات‌گرایانه و نسبی‌گرایانه تعبیری جداگانه و متفاوت از ساختار فضا-زمان نسبیت عام دارند.

ذات‌گرایان معتقدند که، ساختار فضا-زمان به وسیلهٔ ویژگی‌های مربوط به نقاط واقعی فضا-زمان تعیین می‌شود. چنانچه اگر تمام میدان‌های فیزیکی را از جهان خارج کنیم، فضا-زمان واقعی (به‌منزلهٔ یک واقعیت خارجی) باقی خواهد ماند. در عوض نسبی‌گرایان معتقدند که، ساختار فضا-زمان به وسیلهٔ ویژگی‌های مربوط به میدان متریک، که یک میدان فیزیکی واقعی است، تعیین می‌شود. چنانچه اگر تمام میدان‌های فیزیکی را از جهان خارج کنیم، هیچ‌چیز باقی نخواهد ماند (Hugget, 2006: 7-16).

حال با توجه به رویکردهای فلسفی فوق، ذات‌گرایان با این مسئله که میدان متریک بایستی

بردار فضایی اقلیدسی است. چنین زمانی را اصطلاحاً زمان مختصه‌ای می‌نامند.

۲-۴. زمان حقیقی

زمان حقیقی نوعی پارامتر وابسته به مسیرهای اختصاصی در فضا-زمان است. این زمان اغلب به‌منزلهٔ نوعی از تساوی ساعت یک شیء (زمان اندازه‌گیری‌شده با یک ساعت برای شیء) با حرکت آن شیء در نظر گرفته می‌شود. این زمان اسکالر و صرفاً عددی است و به‌منزلهٔ ناوردایی فضا-زمان به شمار می‌رود. برخلاف زمان کلاسیک، فاصلهٔ زمانی در فضای مینکوفسکی مستقل از فاصلهٔ فضایی نیست. مقدار زمان بین هر جفت رویدادی وابسته به مسیر نیست.

فاصله‌های فضایی صرفاً در یک چارچوب مرجع لخت^{۱۳} فرضی می‌توانند به‌طور کامل از فاصلهٔ زمانی جدا باشند. نکتهٔ قابل توجه این‌جاست که در فیزیک کلاسیک، برخلاف نسبیت خاص، هر دو نقش زمان حقیقی و زمان مختصه‌ای را زمان فیزیک نیوتنی، یا همان زمان مطلق، بر عهده دارد. تعمق در این باره نشان می‌دهد که زمان به این دلیل می‌تواند این کار را انجام دهد که در فیزیک کلاسیک مقدار زمان بین هر دو رویدادی مستقل از مسیر است (Petkov, 2009: 104-110).

۵. تبیین فلسفی نسبیت عام

تبیین نسبیت عام نیز مانند نسبیت خاص با پرسشی بنیادی دربارهٔ این تئوری آغاز می‌شود: نسبیت عام چیست؟

این سؤال را می‌توان از دو منظر: (۱) ماهیت هستی‌شناسانهٔ فضا-زمان و (۲) ماهیت حرکت، در چارچوب مکاتب متفاوت فلسفی مانند ذات‌گرایی و نسبی‌گرایی، بررسی کرد.

می‌کنند، ممکن است زمان خصوصیات متریکی، توپولوژیک و ترتیب‌بندی متفاوتی داشته باشد که همه این خصوصیات وابسته به مدل فضا-زمان خواهند بود (Satchel, 2014: 39-42).

از آنچه در مورد زمان در نسبت عام مطرح شد، می‌توان موارد زیر را نتیجه‌گیری کرد:

الف) نسبت عام مدل‌هایی دارد که سفر در زمان را مجاز می‌دانند. از میان مدل‌های بسیاری که اجازه سفر زمان را می‌دهند، می‌توان از مدل گودل^{۱۴} یاد کرد. این مدل به واسطه اینکه احتمالات زیادی را برای مسافر زمان مجاز می‌کند، مورد توجه است. در این مدل (با فرض وجود زمان و انرژی کافی) امکان رسیدن از هر رویداد الف به هر رویداد ب دیگری بر روی یک فضا-زمان کامل، جایی که الف=ب است، ممکن است (Yourgrau, 1999: 1).

ب) زمان خواه نامحدود، خواه محدود می‌تواند یک حقیقت وابسته به ناظر باشد. در فضا-زمان مینکوفسکی، می‌توان دید که راه‌های مختلفی برای تجزیه فضا-زمان به فضا و زمان وجود دارد. همچنین راه‌های زیادی برای ورقه‌شدن یک فضا-زمان به رویه‌های مختلف وجود دارد، اما هنگامی که صحبت از توپولوژی‌های کلان باشد، فضا-زمان‌های سازگار با نسبت عامی مطرح می‌شوند که محدود یا نامحدود بودن زمان در آن‌ها وابسته به تورق فضا-زمان است؛ یعنی ممکن است با استفاده از نوعی تورق در فضا-زمان، زمان محدود به دست بیاید یا با استفاده از نوع دیگری از تورق در همان فضا-زمان، زمان نامحدود به دست بیاید.

در فضا-زمان‌هایی که چنین تورق‌هایی را مجاز می‌دانند، بایستی به این سؤال قدیمی که آیا زمان محدود است یا نامحدود با یک قرارداد پاسخ داد. در نهایت می‌توان گفت که زمان می‌تواند با در نظر گرفتن نوعی مختصات‌بندی، محدود و با نوع دیگری از مختصات‌بندی، نامحدود شود.

همان میدان ماده در نظر گرفته شود مخالف‌اند. در عوض نسبی‌گرایان با یکسان در نظر گرفته شدن این دو میدان موافق‌اند. در نتیجه ذات‌گرایان این تعبیر را، که امواج گرانشی گسترش‌های خود فضا-زمان هستند، تأییدکننده دیدگاه‌های خود می‌دانند، اما نسبی‌گرایان این تعبیر را، که امواج گرانشی گسترش‌هایی در میدان متریک هستند، تأییدکننده دیدگاه‌های خود می‌دانند.

۶. زمان در تفسیر ذات‌گرایانه نسبت عام

از آن‌جا که نسبت عام، برخلاف نسبت خاص، با پدیده گرانش سروکار دارد. بر طبق نسبت عام، ماده فضا-زمان را خم می‌کند و انحنای فضا-زمان نمودهای گرانشی ماده در حال حرکت را توضیح می‌دهد. از این رو بزرگ‌ترین تفاوت مفهومی بین نسبت خاص و عام این است که فضا-زمان نسبت خاص (مینکوفسکی) مسطح است؛ در حالی که فضا-زمان‌های نسبت عامی ممکن است در تعداد نامحدودی از مسیرها خمیده شده باشند. در غیر این صورت، ما دوباره در نسبت عام نیز همانند نسبت خاص تقسیمی بین زمان مختصه‌ای و زمان حقیقی خواهیم داشت.

از آن‌جا که خمیدگی یک خاصیت متریکی است، بنابراین یکی از تفاوت‌های بین نسبت عام و خاص این است که متریک شکل‌دهنده در نسبت عام صرفاً یکی از بسیار متریک‌های ممکن در این فضا-زمان است که مجاز شمرده می‌شود. نسبت عام قیود گوناگونی میان متریک فضا-زمان (یا هندسه) و توزیع ماده-انرژی قرار داده است. با در نظر گرفتن این محدودیت‌ها به منزله قانون‌های نسبت عام این نسبت ادعا می‌کند که تنوع هندسه‌های فضا-زمان به لحاظ فیزیکی ممکن است.

چون این متریک‌های متفاوت توپولوژی‌های مختلف و حتی ترتیب‌بندی‌های مختلفی را مجاز می‌دانند و حتی گاهی وقت‌ها آن‌ها را مطالبه

مورد مذاقه قرار گرفت در تفسیر فلسفی نسبیت خاص و عام، مبنی بر روش ساختن ماهیت فضا-زمان، با دو رویکرد کاملاً متفاوت ذات گرایانه و نسبی گرایانه مواجهیم که هر کدام از آن‌ها تعبیری جداگانه از فضا-زمان دارند. در این جا می‌توان اذعان کرد که رأی ملاصدرا با هر یک از این دو رویکرد از وجوهی متشابه و از وجوهی متفاوت است.

- با توجه به ادعای ذات گرایانه، مبنی بر اینکه فضا-زمان به منزله جوهی مستقل از اجسام فیزیکی وجود دارد و به منزله ساختاری که اجسام بر روی آن قرار دارند بر رفتار اجسامی که بر روی آن در حرکت‌اند تأثیر می‌گذارد، می‌توان به روشنی مشاهده کرد که این تعبیر از دو جهت قابل بررسی با رأی ملاصدراست:

(الف) در این نظریه زمان (در ساختار فضا-زمان) به منزله حقیقتی موجود، نه مفهومی موهومی معرفی می‌شود که این وجه از تعبیر با نظر ملاصدرا مطابقت دارد.

(ب) آنچه تعبیر ذات گرایانه را از رأی ملاصدرا دور می‌کند، همانا قول به استقلال فضا-زمان از ماده است. در حالی که ملاصدرا وجود زمان را وابسته به ماده می‌داند.

- چنانچه قبلاً اشاره شد از دید نسبی گرایان، فضا-زمان عبارت است از روابط میان اجسام فیزیکی. به بیان دیگر فضا-زمان پدیده‌ای ریاضیاتی است که وجودی مستقل از اجسام فیزیکی ندارد و صرفاً شامل روابط دینامیکی موجود میان اجسام فیزیکی است. بنابراین در مقایسه این رویکرد با رأی ملاصدرا می‌توان گفت: با توجه به اینکه رویکرد نسبی گرایانه ماهیت فضا-زمان را به پدیده‌های ریاضیاتی و روابط دینامیکی میان اجسام تقلیل می‌دهد و در حقیقت آن را مفهومی موهومی به شمار می‌آورد، در تقابل کامل با رأی ملاصدراست.

(ج) از دید نسبیت عام، پرداختن به مسئله زمان مطابق با نسبیت خاص تا اندازه‌ای محدود به نظر می‌رسد از این رو فضا-زمان مینکوفسکی به طور موضعی، تقریب خوبی است برای آنچه فضا-زمان واقعی به شمار می‌رود. به بیان دیگر، نسبیت خاص صرفاً در سطوح صافی معتبر است که مماس با نقاط تنهای هندسه نسبیت عام هستند. اما می‌توان گفت که نسبیت عام دسته‌بندی میان زمان مختصه‌ای و زمان حقیقی و نیز ترتیب زمانی جزئی را از نسبیت خاص اخذ کرده است (Pooley, 2012: 4-6).

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه و تحلیل ماهیت زمان در آرای ملاصدرا و نظریات نسبیتی خاص و عام:

تشابه: همان‌طور که قبلاً اشاره شد، ملاصدرا هویت مستقلی برای زمان قائل نبوده و آن را امتدادی از دو امتداد جسم می‌داند. به نظر ملاصدرا جسم دارای دو امتداد است، یکی از آن جهت که دارای طول و عرض و عمق است و محبوس مکان است و دیگری از آن جهت که دارای تقدم و تأخر است و محبوس زمان است (صدرالتألهین، ۱۹۹۰ م: ۳/ ۱۳۹)، از طرفی در تئوری‌های نسبیتی با ساختاری چهار بعدی به نام فضا-زمان مواجهیم که زمان یکی از ابعاد چهارگانه این ساختار در نظر گرفته می‌شود. به روشنی می‌توان دید که با یکسان در نظر گرفتن مفهوم امتداد و بعد، هر دو نظریه به جای ارائه زمان و مکان به منزله موجوداتی مستقل و مطلق به وجود ساختاری واحد، که دربرگیرنده هر دوی فضا و زمان است، اذعان دارند.

تفاوت: حال نکته‌ای که بین این دو دیدگاه فاصله ایجاد می‌کند ماهیت فضا-زمان است. ملاصدرا زمان و همچنین امتدادهای سه‌گانه مکان را از خصوصیات وابسته به جسم و آن‌ها را بعدی از ابعاد ماده می‌داند. در حالی که طبق آنچه قبلاً

پی‌نوشت‌ها

یثربی، یحیی (۱۳۸۳). *فلسفه مشاء*. تهران: بوستان کتاب.

Dorato, Mauro (2000). "Substantivalism". *Relationalism and Structural Spacetime Realism*. Foundation of Physics. Vol 30. Issue 10, pp 1605-1628.

Einstein, Albert (2001). *Relativity: The Special and the General Theory*. (Reprint of 1920 translation by Robert W. Lawson ed.). Routledge . ISBN 0-415-25384-5.

Einstein, Albert (1905). "Zur Elektrodynamik bewegter Körper". *Annalen der Physik*. 17: 891. Translate by George Barker and Jeffrey Wilfried Perth (1923): On the Electrodynamics of Moving Bodies.

Feynman, Richard Phillips (1998). *Einstein's Relativity, Symmetry, and Space-time*. (Reprint of 1995 ed.). Basic Books. ISBN 0-201-32842-9.

Huggett, N. and Hofer, C. (2006). "Absolute and Relational Theories of Space and Motion". *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.

Petkov, V. (2009). "Relativity and the Nature of Spacetime". *Springer*.

Pooley, Oliver (2012). "Substantivalism and Relationalism Approaches to Spacetime". *URI: philsoci-archive. pitt. edu*

Putnam, Hilary (1967). "Time and Physical Geometry". *The Journal of Philosophy*. Vol. 64. No. 8. pp. 240-247.

Roberts, T. and Schleif, S. (2007). "What is the Experimental Basis of Special Relativity?". *Usenet Physics FAQ*. (Retrieved 2008-09-17).

Stachel, John (2014). "The Hole Argument and Some Physical and Philosophical Implications". *Living Rev. Relativity*, 17, 1.

Yourgrau, Palle (1999). "Gödel Meets Einstein: Time Travel in the Gödel Universe". Chicago. pp. xiv, 253.

1. Substantivalism.

2. Relationalism.

۳. دینامیک: مطالعه حرکت اجسام بدون در نظر گرفتن نیروهای عامل حرکت.

۴. فضا-زمان مینکوفسکی: فرمول‌بندی ریاضیاتی نسبت خاص که در آن زمان به منزله بعد چهارم ساختار فضا-زمان مطرح است.

5. Substance.

۶. سینماتیک: مطالعه حرکت اجسام و سامانه‌ها بدون در نظر گرفتن نیروهای عامل حرکت.

۷. ناوردایی: اگر سیستمی پارامتری داشته باشد که تحت تبدیل خاصی تغییر نکند بدین معناست که سیستم دارای تقارنی متناظر با آن پارامتر است که این امر را ناوردایی گویند.

8. Lorents transformation.

9. Metric.

۱۰. ناظر لخت: کسی که هیچ نیرویی به وی وارد نمی‌شود.

11. Coordinate Time.

12. Proper Time.

۱۳. چارچوب مرجع لخت: دستگاه مختصاتی که دارای شتاب نیست و در آن قوانین اول و دوم نیوتن معتبرند.

14. Gödel.

منابع

اینشتین، آلبرت (۱۳۷۸). *نسبیت و مفهوم نسبیت*. تهران: انتشارات خوارزمی.

صدرالمتألهین، محمد بن ابراهیم شیرازی (۱۹۹۰ م). *الحکمه المتعالیه (اسفار)*. دار احیاء التراث العربی.

کدیور، محسن (۱۳۷۴). «تحلیل و نقد نظریه موهوم بودن زمان». *فصل‌نامه مفید*. فصل بهار. قم.

مصباح یزدی، محمدتقی (۱۳۷۲). *آموزش فلسفه*. تهران: سازمان تبلیغات اسلامی.

مظهری، مرتضی (۱۳۷۵). *حرکت و زمان در فلسفه اسلامی*. تهران: انتشارات حکمت.

ملکشاهی، حسن (۱۳۸۸). *ترجمه و شرح اشارات و تنبیهاات ابن سینا*. تهران: سروش.