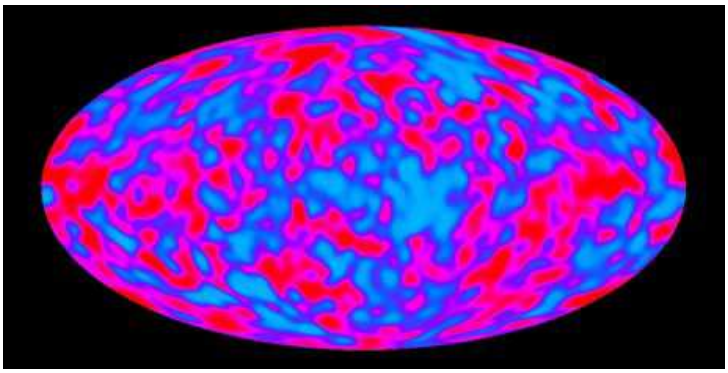

مفهوم فضا

چکیده:

مفهوم فضا مانند مفهوم زمان و مفهوم ماده در صد سال گذشته در ارتباط با دست آوردهای شگرف علمی تغییرات اساسی داشته است، تغییراتی حاصل از نقد فیزیکی و فلسفی آن. مفهوم جدید فضا بسیار متفاوت از آنی است که در طول هزاران سال گذشته تا اوایل قرن بیستم مطرح شدند.
فضا برای دانش فلسفه یک مؤلفه اساسی به حساب می آید. این که آیا فضا محدود یا نامحدود، مطلق یا نسبیتی است و یا اصولا موجودیت دارد یا رابطه ای میان موجودیت هاست و یا بخشی از یک چارچوب مفهومی، در دانش فلسفه مورد مناقشه است. آنتولوژی و متافیزیک سعی در توضیح فضا مستقل از تجربه، و پدیدارشناسی در تجزیه و تحلیل فرم های تجربه شدهٔ آن دارند. علم فیزیک نوین فضا را مقوله ای نسبیتی می داند و آن را در نظریه ای از اوایل قرن بیستم به نام نظریه نسبیت به اثبات رسانده است. در حال حاضر مسئله وحدت دو نظریه، نسبیت و کوانتوم، موضوع پژوهش است. حل این مسئله می تواند شناخت ما را از فضا (زمان و ماده) عمیق تر کند.

در این سخنرانی می خواهم پس از مقدمه ای به معرفی تاریخچه فضا از دوران باستان تا اینشتین، به مفهوم فضای مطلق و نقد آن پرداخته، سپس مفهوم فضا در نظریه نسبیت خاص و نظریه نسبیت عام را توضیح داده، در ادامه منظور از "فضای کوانتومی" را بیان نموده و در پایان به این مهم بپردازم که آیا اصولا فضا موجودیت دارد.

پیشگفتار

خیلی ممنون از فرمایشات شما آقای دکتر حسینی پور

با سلام حضور یکایک شما و تشکر از تشریف فرمائیتان.
با سپاس از انجمن دوستداران اندیشه برای دعوت و برگزاری این سخنرانی و همچنین از حمایت جامعه ایرانیان در آلمان.

همانگونه که مطلع هستید موضوع سخنرانی **مفهوم فضا** می باشد، مفهومی بسیار تاریک و ناروشن و بسیار انتزائی.
گمان نمی کنم کسی کوچکترین تجسمی از مفهوم فضا داشته باشد و یا قادر به تعریفی علمی از آن باشد.

افلاطون ۲۴۰۰ سال قبل، از قول سقراط گفت:

"هرچند نمی توانم اثبات کنم ولی مطئنم زمین گرد است."

گرد بودن زمین اکنون جزو بدیهیات است. آیا نبود فضا و زمان نیز روزی برای همگان بدیهی خواهد بود؟

من خود را قانع کرده ام که نه زمان وجود دارد و نه فضا و خوشبختانه شواهدی هم برای این نظر وجود دارد.

واقعی بودن فضا و زمان یه همان اندازه صحت دارد که ادعای صاف بودن سطح آب و یا سطح این میز صحت دارد. یعنی، هیچ! به بیان دیگر، همه این به اصطلاح واقعیت ها فانتومی بیش نیستند.

مفهوم زمان را در سخنرانی گذشته بیان کردم. با سخنرانی امروز ما آمادگی آن پیدا می کنیم **مفهوم ماده** را که تار و پود ما را تشکیل می دهد واز اهمیت بنیادی در نگاه ما به جهان دارد در سخنرانی دیگری پی گیری کنیم.

مفهوم فضا بسیار ناملموس تراز مفهوم زمان است. در ارتباط با مفهوم زمان سخنرانی هائی به چشم می خورند. هرچند در اکثر آن ها بیشتر دوام و حس زمان مطرح اند و کمتر به اصل مطلب، یعنی زمان چیست، پرداخته می شود.
با این حال حتی تلاشی در این سطح نیز در مورد مفهوم فضا مشاهده نمی کنیم. چرا؟ علت این امر چیست؟ پرسشی که بی شک نیاز به پاسخ دارد.

من امیدوارم، شما پس از شنیدن سخنرانی پاسخ مناسب به این پرسش را خود بدهید.

مطالبم را در ۶ قسمت و در طول حدود ۹۰ دقیقه حضورتان تقدیم می کنم. چنانچه لازم دیدید می توانیم در میانه راه استراحتی ۵ دقیقه ای داشته باشیم.

عرض کردم موضوع صحبت بسیار انتزاعی است. به همین خاطر تلاش می کنم مطالب را هرچه گویاتر، قابل فهم تر، شمرده و آهسته بیان دارم و برای انسجام بیشتر در مقاطعی از صحبت هایم جمع بندی هائی را نیز ارائه کنم.

۱. مفهوم فضا

۱.۱. مقدمه

واژه فضا:
ریشه این واژه در اصل هند و اروپائی است: پزا (Pezo). پزا در بخش مرکزی آسیای صغیر به معنای خالی، تهی، پوچ به کار می رفته است. در عربی به شکل فضاء (با همزه) به معنای گشادگی، فراخی، که فارسی زبان ها آن را به شکل فضا (بدون همزه) می نویسند، به معنای جا، حجم، حیاط، مکان، عرصه، ساحت، صحن، محوطه، محیط، میدان، هوا، آتمسفر، جو، آسمان، سپهر، فلک، کیهان.

نکاتی کلی در بارهٔ مقوله فضا:
فضا از دیرباز مورد توجه بوده و در دوره های مختلف تاریخی بر اساس رویکردهای اجتماعی و فرهنگی با معناهای گوناگون تعریف شده است. از آن جمله اند:
فضای پیوسطه (زنون)، فضای نامحدود (لیتزی)، فضای محدود و کروی شکل (ارسطو)، فضای خالی (اپیکور)، فضای مطلق و نسبی (خلاء) (ذکریای رازی)، خلاء و نه فضا (دکارت)، فضای مطلق و نسبی (نیوتن)، فضای مطلق و آپریوری (کانت).
اشاره می کنم که رازی و نیوتن از فضای نسبی صحبت می کنند و نه از فضای نسبیتی.
تاریخ علم نشان می دهد که راه دستیابی انسان به شناخت های جدید عموما به شیوه قیاسی است؛ راهی طولانی از تک تجربه ها به مرحله ای از شناخت بالاتر، از خاص به عام.
بطور مشخص در رابطه با مقوله فضا باید گفت که انسان راه چند هزار ساله برای درک آن طی نموده است، بی آن که هنوز به نتیجه نهائی دست یافته باشد.
به قول بتراند راسل، کتاب های حجیم بسیاری در رابطه با پرسش "زمان، فضا، ماده چیست" نوشته شده اند. البته، با پاسخ های باور نکردنی ناروشن.[۱]
فضا برای دانش فلسفه یک مؤلفه اساسی به حساب می آید، به معنای انبساطی در طول، عرض و ارتفاع. این که آیا فضا محدود یا نامحدود، مطلق یا نسبیتی است، آیا به عنوان چیزی مستقل از تصور و حس آدمی وجود دارد یا رابط میان چیزهاست و یا تنها شکل حسی سوبژکت Anschauungsform است یا بخشی از یک چارچوب مفهومی، و یا آیا هندسه فضا شکل واحدی دارد یا قراردادی است، هنوز در دانش فلسفه مورد مناقشه می باشد.

آنتولوژی و متافیزیک، فضا را به شیوه خود، یعنی مستقل از تجربه تشریح می کنند. در مقابل سعی پدیدارشناسی (فنمنولوژی) بر آن است که فرم های تجربه شدهٔ فضا را تجزیه و تحلیل کند. در فیزیک نیوتنی فضا، مانند زمان، مطلق انگاشته می شود.

علم فیزیک نوین فضا و زمان را از اوایل قرن بیستم در نظریه نسبیت خاص نسبیتی دانسته و این دو مقوله را در شکل یک مقوله واحد فضازمان، پیوستاری چهاربعدی، به اثبات رسانده است. نظریه نسبیت عام فضا را عاری از میدان، نیروی گرانشی، نمی داند. وحدت دو نظریه پایه ای علم فیزیک کنونی، یعنی نظریه نسبیت و نظریه کوانتوم، می تواند شناخت ما را از فضا (و زمان) عمیق تر کند.

کوشش من در این سخنرانی جنب معرفی تاریخچه مقوله فضا از دوران باستان تا اینشتین، توضیح مفهوم فضای مطلق و نقد آن، تشریح مفهوم فضای نسبیتی خاص و فضای نسبیتی عام، توضیح مفهوم "فضای کوانتومی" و در پایان طرح و بررسی این مسئله است که آیا اصولا فضا موجودیت دارد. یعنی، تلاشم صرفا متوجه آنچه مستقیما به مقوله فضا مربوط می شود است و نه بیان مطالبی مانند مفهوم فضا در ریاضیات، در نجوم، در معماری و یا آنچه در رابطه با جامعه و محیط مطرح است،

مثل فضای فرهنگی، علمی، سیاسی، اقتصادی، فضای آزاد، فضای بسته، فضای جنجالی، فضای مجازی، فضای سبز، فضای جغرافیائی، فضای موسیقیایی و یا فضای درون در روانشناسی و غیره.

۲.۱. تاریخچه فضا [۲]

زنون Zenon (۴۳۰- ۴۹۰ پیش از میلاد):
زنون، فیلسوف و ریاضیدان یونان باستان که ارسطو او را بنیانگذار دیالکتیک می داند، یکی از مشغله های فکری اش مسئله پیوستار بود، به ویژه پیوستارمربوط به فضا، زمان و حرکت.
تذکر: موضوع پیوستار با گذشت بیش از ۲۵۰۰ سال هنوز هم مسئله است.
زنون در رابطه با مقوله پیوستار می نویسد:

»اگر هستنده فاقدِ یک حداقل اندازه باشد نمی تواند موحودیت داشته باشد. و اگر موجودیت داشته باشد، می باید که هر جزء آن دارای یک اندازه و فاصله معین از مابقی باشد. هیچ یک از آن ها نمی تواند یک مرز نهائی تشکیل دهد. هیچ یک از آن ها نمی تواند بدون رابطه با مابقی باشد. اگر چیزهای بسیاری هستند، لازم است که هم کوچک و هم بزرگ باشند: کوچک تا حد هیچ و بزرگ تا حد بی نهایت.«

لیتزی Liezi یا Liä-Tse یا (۳۷۵-۴۵۰ پیش از میلاد):
لیتزی، فیلسوف چینی، در "کتاب (داستان) واقعی علت و العلل جوشان و خروشان" فضا را نامحدود و زمان را بی پایان می انگارد. لیتزی می نویسد:

»اگر فضای خالی وجود دارد، بی مرز است؛ اگر فقط فضای پُر وجود دارد، دارای اجزاء ساده نهائی است. چگونه می توانیم آن را بدانیم؟ آیا می تواند آن طرف مرزهای خالی یک بار دیگر یک بی مرزی نامحدود خالی باشد.«

افلاطون Platon (۳۴۸-۴۲۳ پیش از میلاد):
افلاطون، فیلسوف یونانی، در رساله تیمائوس هندسه را به عنوان علم فضا دانسته و خواهان بررسی کیهان به شکل هندسی است. افلاطون فضا را، به دلیل وجود اشکال مختلف هندسی، موضعی و ناهمگن می داند.

اودوکسوس Eudoxos (۳۴۵- ۳۹۷ پیش از میلاد):
ادوکسوس، ریاضیدان، منجم و فیلسوف یونانی، برای اولین بار اقدام به هندسی کردن نجوم و ارائه مدلی از حرکت سیارات به شکل برگشتی حلقوی وار نمود.

ارسطو Aristotles (۳۲۲- ۳۸۴ پیش از میلاد):
ارسطو، فیلسوف یونانی و شاگرد افلاطون، جهان را از نظر زمانی بی پایان و از نظر گستردگی محدود و کروی شکل می داند. محیطِ کیهان ارسطو توسط ثوابت تعیین شده و مرکز آن منطبق با مرکز زمین است. برای ارسطو کل کیهان یک پیوستار فیزیکی است. بخش زیرقمری آن از چهار عنصر (آب، آتش، خاک و باد) و بخش فوق قمری آن پُر از عنصر پنجمی به نام اِتر است. یعنی، ارسطو منکر خلاء است. بهمین خاطر او فضا را به عنوان مکان یک شیئ نسبت به محیط مادیش تعریف می کند. ارسطو فضا را به عنوان ظرف تمامی اشیاء می داند، با پیرامونی بسته و لذا محدود. او می نویسد:

»هیچ شیئ ای نمی تواند بیرون از آسمان وجود داشته باشد یا بدانجا برده شود. در بیرون نه فضا، نه خلاء و نه زمان وجود دارد.«

ارسطو در کیهان شناسی خود نظری مخالف نظر استادش افلاطون، معتقد به طبیعت خدائی اجسام سماوی، اظهار می دارد.

متذکر می شوم، ارسطو مقوله فضا را از مکان تفکیک می کند. او در رساله فیزیک (کتاب ۴، دلتا) topos را به معنای مکان تعریف نموده و معتقد است که فضا مجموعه ای از مکان هاست. وی مکان را با مشخصاتی از جمله این مشخصه تعریف می کند: مکان آن محصور شده از جانب چیزی است که خود جزء آن چیز نیست.

نظر ارسطو در بارهٔ فضا تا قرن چهاردهم میلادی، به واقع اما تا قرن هفدهم یعنی حدود ۲۰۰۰ سال، نظریه مسلط بود، هرچند که از همان ابتدا منتقدانی نیز داشت. یکی از منتقدان شاگرد افلاطون و سپس شاگرد ارسطو، تِوفراستوس Theophrastus (۲۸۷-۳۷۱ پیش از میلاد) بود. تِوفراستوس معتقد بود که فضا یک چیز واقعی real نیست.

اپیکور Epikur (۲۷۱-۳۴۷ پیش از میلاد)
اپیکور، فیلسوف یونانی، معتقد بود جهان از اشیاء و فضای خالی تشکیل شده است، وگرنه اشیاء کجا می توانستند جای بگیرند و حرکت کنند.

تیتوس لوکرتوس کاروس Titus Lucretius Carus (حدود۵۵- ۹۷ پیش از میلاد):
کاروس، شاعر و فیلسوف یونانی است. او می نویسد:

»اگر فضا محدود بود، می شد به انتهای آن رفت و از آن جا نیزه ای را پرتاب نمود. به خاطر آن که دلیل روشنی برای از حرکت افتادن نیزه وجود ندارد، می باید که جهان بی مرز باشد.«

کلادیوس بطلمیوس Claudius Ptolemaeus (۱۷۰- ۱۰۰پس از میلاد):
بطلمیوس، ریاضیدان، اخترشناس و فیلسوف یونانی است. کتاب Almagest یکی از معروف ترین آثار اوست. مجیسته یا مجیسطی به معنی بزرگترین یا پراهمیت ترین است. چنین نام گذاری به خاطر تفکیک این اثر از سایر آثار او بود و مترجمان عرب زبان حرف تعریف ال را پیشوند آن اضافه کرده و المجیسطی نامیدند. بطلمیوس در این اثر تصویری از جهان با مرکزیت زمین ارائه می دهد که با اغلب مشاهدات آن زمان همخوانی داشت. تصویری که بطلمیوس از جهان ارائه کرد بیش از سیزده قرن تا قرن پانزدهم ـ شانزدهم باور عموم شده بود.

پاپ سیم پلیسیوس Simplicius
سیم پلیسیوس، ایتالیائی و پاپ کلیسای کاتولیک از سال ۴۶۸ تا ۴۸۳ میلادی بود. او می گفت:

»اگر فضا محدود بود، می شد به انتهای آن رفت و سعی کرد دست را به آن طرف دراز نمود. چنانچه مقاومتی محسوس شد، در این صورت چیزی در آن سو هست که می توان به انتهای آن رفته و از آنجا باز همان عمل را تکرار کرد. اما اگر بشود دست را تکان داد، در این حالت نیز بیرون از آن چیزی وجود دارد که دست می تواند به طرفش دراز شود. آز آنجا که این عمل بی نهایت بار قابل تکرار است، باید که فضا نامحدود باشد.«

محمد ذکریای رازی (۹۳۵/۹۲۵- ۸۵۰ میلادی)
رازی، پزشک، فیلسوف و شیمیدان ایرانی، هفتصد سال پیش از نیوتن در کتاب خود "شرح علم الهی" پس از بررسی مقوله زمان که در سحنرانی گذشته توضیح دادم به مقوله فضا پرداخته و می نویسد:

»من در بارهٔ فضا هم می گویم، فضا نیز مطلق و نسبی است. فضای مطلق مانند ظرفی است محیط به اشیاء. اگر اشیاء داخل آن را نادیده بیانگاری، ظرف ناپدید نمی شود. یا به گنگی می ماند که شراب آن تخلیه شده باشد: وقتی در آن شراب نباشد، به معنای آن نیست که آن گنگ وجود ندارد.
در مقابل فضای نسبی، فضائی است نسبت به آنچه درونمایه آن می شود. چنانچه چیزی وجود نداشته باشد که بشود آن را درونمایه اش نامید، در این صورت فضا هم وجود ندارد.«

نیکلاوس کوئس Nikolaus von Kues (۱۴۰۱-۱۴۶۴):
نیکلاوس کوئس، فیلسوف و ریاضیدان آلمانی، جهان بطلمیوسی با مرکزیت زمین ساکن را مورد سئوال قرار داده و آن را مردود می داند. او می نویسد:

»کسی که روی زمین یا خوشید و یا هر ستاره دیگری است گمان می کند در مرکز مکان ساکنی قرارگرفته و اجرام دیگر در حرکت هستند. بافت جهان چنان است که گوئی همه جا مرکز آن است و جای ممتازی ندارد.«

تذکر: نظر کوئس در واقع بیان محتوای اصل کسمولوژی حاضر است، اصلی که پس از گذشت بیش از پانصد سال از آن دوران در قرن بیستم از دل نظریه نسبیت اینشتین بیرون کشیده شد.

نیکلاوس کپرنیک Nikolaus Kopernikus (۱۴۷۳-۱۵۴۳)

نیکلاوس کپرنیک، منجم و ریاضیدان لهستانی، کره زمین را که تا آن زمان مکانی خاص در جهان تلقی می شد باطل دانسته و منظومه شمسی را با مرکزیت خورشید که سیارات به شکل دایره دور آن می چرخند، اصل می شمارد. اصل کپرنیکی می گوید: هر نقطه ای از جهان هم ارز فیزیکی ـ کیهانی هر نقطه دیگر آن است، در جهان هیچ نقطه خاص و یا جهت ویژه ای وجود ندارد. نظر کپرنیک نیز همچون نظر کوئس در باره ساختار جهان بیان محتوای اصل کسمولوژی عصر حاضر است.

تیکو براهه Tycho Brahe (۱۶۰۱- ۱۵۴۶):
تیکوه براهه، منجم دانمارکی، در سال ۱۵۷۲ میلادی شاهد ابرنواختری Supernova، یعنی ستاره ای که به ناگهان به صورت درخشش بزرگی منفجر می شود، است. براهه نشان داد که دنباله دار Komet دیده شده در سال ۱۵۷۷ دورتر از مدار کره ماه بود. به این ترتیب او بی اعتبار بودن تصویر ارسطو و بطلمیوس از جهان را نشان داد.

جوردانو برونو Giordano Bruno (۱۶۰۰- ۱۵۴۸)

جوردانو برونو (در اصل فیلیپو برونو)، کشیش، شاعر، فیلسوف، ریاضیدان و نظریه پرداز کیهان شناسی، اهل ایتالیا است. او به خاطر عقایدش که مخالف با تعلیمات کلیسای کاتولیک بود به حکم دادگاه تفتیش عقاید و با موافقت پاپ هشتم کلمنس Clemens در هفدهم فوریه ۱۶۰۰ میلادی در شهر رم زنده زنده سوزانده شد.
برونو زمان را بی پایان و فضا را نامحدود می دانست. او معتقد بود بهترین پرستش خدا شناخت قوانین طبیعت و استفاده احسن از این قوانین است. برونو می نویسد:

»جهان چگونه می توانست نامحدود باشد؟ برعکس جهان چگونه می توانست محدود باشد؟ می توان نامحدود بودن آن را ثابت کرد؟ می توان محدود بودن آن را ثابت کرد؟ اگر جهان محدود است و در آن طرف هیچ نیست، جهان در کجا قرار گرفته؟ ارسطو می گوید "در خود". اما ارسطوی خوب من، با این بیان چه می خواهی بگوئی، این که فضا در خود غوطه ور است؟ جهان در هیچ کجا نمی باشد؛ بی مکانی برای همه چیزها.«

گالیلئو گالیله Galileo Galilei (۱۶۴۲- ۱۵۶۴):
گالیله، منجم، فیزیک و ریاضیدان ایتالیائی و پایه گذار روش تحقیق نوین، یعنی آزمایش، است. گالیله توانست با بهره جوئی از دوربین نجومی ماه های سیاره مشتری Jupiter و جوهای زهره را کشف، پستی بلندی های کره ماه و لکه های خورشیدی را مشاهده و از این طریق از نظریه کپرنیک حمایت نماید. او همچنین توانست با تمرکز بر روی ثوابت که به ظاهر نقطه ـ مانند می نمودند کهکشان ما را ساختاری متشکل از ستارگان توصیف کند.

یوهانس کپلر Johannes Kepler (۱۶۳۰- ۱۵۷۱):
کپلر، منجم و ریاضیدان آلمانی، دستیار تیکو براهه با بهره گیری از علم ریاضی نشان داد که نظریه کپرنیک مبنی بر این که خورشید درمرکز منظومه شمسی قرار دارد و سیارات، آز آن جمله کره زمین، بدور آن می چرخند صحت دارد. او هم جنین توانست نشان دهد که مدار سیارات نه به شکل دایره بلکه به شکل بیضی هستند. سه قانون مشهور کپلر مربوط به چگونگی حرکت سیارات به دور خورشید جزو ارزشمندترین دست آورد ها در علم نجوم است.

رنه دکارت Rene` Descartes (۱۶۵۰-۱۵۹۶)
دکارت، ریاضیدلن و فیلسوف فرانسوی، معتقد بود که فضای خالی (خلاء)، یعنی بدون درون مایه، نمی تواند وجود داشته باشد. فضای خالی برای دکارت به معنای آن نیست که برای مثال یک ظرف آب، تهی از آب باشد. چرا که در چنین حالتی آن ظرف پر از هوا است.

ایزاک نیوتن Isaac Newton (۱۷۲۷- ۱۶۴۲):
نیوتن، فیزیک و ریاضیدان انگلیسی، فضا را مانند ذکریای رازی مطلق دانسته و آن را به عنوان یک اصل فیزیک خود چنین تعریف می کند:

»فضای مطلق بنا بر طبیعت اش و بدون رابطه با شیئ بیرونی همواره یکسان و غیرمتحرک است. فضای نسبی، واحد، معیار یا بخش متحرک آن است. برای مثال یک بخش از محدودهٔ فضای روی زمین؛ یک بخش از آتمسفر؛ یک بخش از آسمان. مکان بخشی از فضاست.«

امانوئل کانت Immanuel Kant (۱۸۰۴-۱۷۲۴):
کانت، فیلسوف آلمانی، در کتاب "نقد خرد ناب" می نویسد:

»فضا یک تصور ضروری پیشاتجربی، آپریوری، است، زیربنای همه نماهای بیرونی. هرگز نمی توان تصوری از نبود فضا نمود، اما می توان تصور کرد که آن تهی از اشیاء باشد.«

تعریف کانت از فضا مشابه تعریفی است که او از زمان می کند. یعنی، مطلق و پیشاتجربی. به خاطر آن که در دو سخنرانی گذشته ام ("مرزهای ادراک حسی در کسب شناخت بی واسطه" و "مفهوم زمان") به تعریف کانت از دو مقوله فضا و زمان پرداخته ام، از صرف وقت دوباره در اینجا خودداری می کنم. همین اندازه تکرار می کنم که تعریف کانت از فضا و زمان را نباید جدی تلقی کرد.

<u>گاتفرید ویلهلم لایب نیتز</u> Gottfried Wilhelm Leibniz (۱۶۴۶-۱۷۱۶)
لایب نیتز، فیلسوف و ریاضیدان آلمانی، می نویسد:

»من بارها تاکید کرده ام که من فضا را مثل زمان تنها چیزی نسبی می دانم؛ برای نظم آنچه که هست، مانند زمان برای نظم آنچه در پی هم می آیند. وقتی آدمی چندین چیز را یکجا مشاهده می کند، متوجه نظم میان آن ها با یکدیگر می شود.«

لایب نیتز این احتمال را می داد که موجودیت فضا غیرقابل تفکیک از موجودیت اجسام است، به شکلی که با تصور نبود اجسام، فضا نیز موجودیت خود را از دست می دهد.

جمعبندی و توضیحاتی چند در بارۀ آنچه تا کنون گفته شد:
عصارۀ تفکر ۲۵۰۰ ساله انسان در بارۀ مفهوم فضا را می توان به این شکل ارائه نمود: فضا محدود است، فضا نامحدود است، فضا مطلق و نسبی است، فضای خالی (خلاء) وجود دارد، فضای خالی وجود ندارد!
یعنی پیشینیان ما، البته نه فقط آن ها، موفق نشدند در طول ۲۵ قرن موجودیت، محدود یا نامحدود بودن، خالی یا خالی نبودن فضا را روشن نمایند. آن ها همچنین در موقعیتی نبودند این پرسش را مطرح و بدان پاسخ دهند که آیا یک اندازه معینی از فضا همواره ثابت می ماند یا این که تابع داده هائی مانند حرکت و چگالی ماده محیط نیز می باشد. و پرسش های دیگری شبیه آنچه در سخنرانی "مفهوم زمان" نیز مطرح شدند. در آنجا از جمله به این پرسش مهم "تعریف زمان چیست؟" پرداختم و پاسخ را به شکلی که اینشتین بیان کرده است ارائه نمودم. دشواری پاسخ به پرسش مشابه "تعریف فضا چیست؟" در آن است که به قول اینشتین کلمه فضا مبهم، ناروشن است و نمی توان از آن کوچک ترین تصوری داشت. او در کتاب "در بارۀ نسبیت خاص و عام"[۳] می نویسد:

»اگر صادق باشیم، باید اعتراف کنیم که ما نمی توانیم تحت کلمه "فضا" کوچکترین تصوری داشته باشیم.‹‹

به گمان من پاسخ به چرائی مبهم بودن مقوله فضا نیازمند مطالعه تاریخ علم تکامل است. پروسه تکامل جانداران با پرتوبیونت شروع می شود: از دوران تک سلولی های اولیه، نزدیک به ۳,۵ میلیارد سال پیش و تمرین های اولیه این سلول ها و همچنین چند سلولی ها، برای طی فاصله های معینی در جهت های ویژه، به خاطر جذب عناصر شیمیائی لازم برای خودسازمانی و توسعه. یعنی، آشنائی های اولیه با فاصله ها و جهت ها به اصطلاح با "فضا". شکل گیری حس فضا در انسان از یک طرف به پروسه تکامل مربوط می شود و از طرف دیگر به نیاز او برای به نظم در آوردن مشاهداتش و ایجاد امکاناتی برای بیان خواسته ها در جهت برقراری رابطه با محیط و همنوعان. از این رو به نظرم عجیب نیست که مقوله فضا مبهم و بسیار انتزاعی باشد. ریشه در مراحل اولیه تاریخ تکامل داشتنِ مقوله فضا سبب تقدم آن نسبت به مقوله زمان نیز گشته است. بدین معنا که ما زمان را با "ابزار فضائی" توصیف می کنیم. مانند: *پیش* از آن، *پس* از آن، در *طول* صحبت، در *فاصله* دو سخنرانی، در *درازای* عمر، در *عمق* تاریخ و مثال های بیشمار دیگر.

در رابطه با محدود یا نامحدود بودن فضا، لازم است متذکر شوم که انسان امروزی نیز قادر نیست، با وجود دست آوردهای شگرف قرن بیستم و قرن حاضر، بگوید آیا فضا در نهایت محدود یا نامحدود است. آنچه ما امروز با قاطعیت می توانیم بگوئیم این است که جهان در حال انبساط می باشد. این که آیا انبساط جهان همواره ادامه خواهد یافت، به معنای فضایِ نامحدود، یا این که انبساط آن زمانی جهت معکوس پیش گرفته و رو به انقباض خواهد بود، به معنای فضای محدود، دانش کنونی قادر به پاسخ قطعی آن نیست.

۳.۱. فضای مطلق و نقد آن

در این جا لازم می دانم، دو پرسش را مطرح نموده و به آن ها پاسخ دهم:
۱. مطلق دانستن فضا چه معنا و چه تبعاتی دارد؟
۲. کدام استدلال انگاشت فضای مطلق را رد می کند؟

پاسخ به پرسش اول: مطلق دانستن فضا چه معنا و چه تبعاتی دارد؟
گفتیم که ذکریای رازی و هفت قرن پس از او نیوتن فضا را مطلق و نسبی می دانستند.
رازی در کتاب "شرح علم الهی" می نویسد:

»فضای مطلق مانند ظرفی است محیط به اشیاء. اگر اشیاء داخل آن را نادیده بیانگاری، ظرف ناپدید نمی شود.«

و نیوتن در کتاب "اصول ریاضی علم طبیعت" [۴]:

»فضای مطلق بنا بر طبیعت اش و بدون رابطه با شیئ بیرونی همواره یکسان و غیرمتحرک است.«

توجه داریم که رازی و نیوتن هر دو فضا را مطلق تصور می کنند. اما در تعریف نسبی فضا تصور رازی متفاوت از آنی است که نیوتن بیان می کند. نیوتن فضای نسبی را بخشی از فضا برای مثال بخشی از آتمسفر و یا از آسمان تعریف می کند. در مقابل رازی فضای نسبی را چنین تعریف می کند:

»فضای نسبی، فضائی است نسبت به آنچه درونمایه آن می شود. چنانچه چیزی وجود نداشته باشد که بتوان آن را درونمایه اش نامید، در این صورت فضا نیز وجود ندارد.«

تعریف فضای نسبی رازی به وضوح بسیار شبیه تعریف دکارت از فضا است. در این باره توضیحاتی را در طول سخنرانی ارائه خواهم داد.
بی گمان رازی و نیوتن فضای مطلق را سه بعدی، مسطح، ساکن، همگن و همسانگرد تجسم می کردند؛ همگن به معنای: هیچ یک از نقاط آن باهم فرقی ندارد و همسانگرد به معنای: هیچ یک از جهات آن باهم فرقی ندارد.

هندسه اقلیدسی قرن ها پیش از رازی و نیوتن کوتاه ترین فاصله میان دو نقطه A و B را یک خط مستقیم تعریف کرده و طول آن را ثابت انگاشته است. بی تفاوت که اندازه گیری آن در چه مکانی، تحت چه شرایطی و از چه جایگاهی صورت گیرد، برای مثال در نزدیکی شیئ پُرجرمی مانند یک سیاه چاله یا بسیار دورتر از آن و یا از سیستم هائی که نسبت بهم در حال حرکتند. فضای رازی و نیوتن اقلیدسی است. هندسه اقلیدسی طول خط مستقیم میان دو نقطه A و B را کاملا به شکل ذهنی نسبت به پس زمینه ای می سنجد که ساکن و همگن می نماید. از این رو، در این نگاه نه تنها طول بلکه همچنین حجم (فضای) یک جسمی همواره ثابت، مطلق، تصور می شود.

مشخصه بارز فیزیک نیوتنی آن است که اساس را بر واقعی بودن فضا و زمان گذاشته است. نیوتن در کتاب ذکر شده اش فضا را در شکل مطلق بکار می گیرد، گرچه آزمایش معروف خود او با سطل آب این پنداشت را رد می کرد. نیوتن از یک طرف برای مستدل کردن قانون حرکت و از طرف دیگر به گفته استیون هاکینگ، فیزیکدان انگلیسی، به خاطر اعتقادش به خدای مطلق فضا را مطلق می دید. به گمان من نیوتن در قرن هفدهم، با توجه به سطح دانش و امکانات آن زمان، به سختی می توانست

نسبیتی بودن فضا (و زمان) را تجسم و آن را به زبان ریاضی بیان دارد.

در قانون حرکت، مقوله شتاب دخیل است. نیوتن برای پاسخ به این پرسش: شتاب نسبت به چی؟ آن را نسبت به فضا ارزیابی می کند؛ نسبت به فضای ساکن، حداقل اما نسبت به فضای بدون شتاب. چنین پنداشتی از فضا اما معنائی جز آن ندارد که نیوتن به فضا عینیت فیزیکی قائل می شود. عینیتی که تاثیر گذار بر پروسه هاست بی آن که خود از آن ها متاثر شود. به این ترتیب نیوتن یکی از اصول مقدماتی مکانیک خود را خدشه دار می کند. اصلی که می گوید هر عملی را عکس العملی است. اینشتین در این باره در کتاب نامبرده اش می نویسد:

»اِسناد به واقعیت فیزیکی، تحمیل بزرگی به فضاست، به ویژه به فضای خالی. فیلسوف ها از زمان های گذشته بارها مخالفت خود را با یک چنان تحمیلی اعلان کرده اند. دکارت تقریبا چنین استدلال می کرد: فضا و گسترش ماهیت یکسانی دارند. گسترش Ausdehnung اما در رابطه با اجسام معنا دارد. بنابراین، نبود فضا در صورت نبود اجسام، به معنای نبود فضای خالی است.«

اینشتین در ادامه پس از ذکر ضعف استدلال دکارت ـ که می گوید گسترش در رابطه با جسم معنا دارد، بی آن که آن را مستدل کند ـ می نویسد، آن چه دکارت را به چنان بیان حیرت انگیز و عجیبی واداشته شاید این حس بوده است که نمی توان به چیزی مانند فضا که مستقیما قابل تجربه نیست بدون هیچ نیاز مبرمی عینیت قائل شد. هندسه دانان قدیم با ایژکت های تجسمی مانند نقطه، خط و سطح کار می کردند، اما نه با چیزی به عنوان فضا، به شکلی که هندسه تحلیلی بعد ها انجام داد. مخالفت دکارت با مقوله فضا را می توان درک کرد، گرچه این مانع از آن نگشت که او فضا را به عنوان مقوله پایه ای هندسه تحلیلی خود قرار ندهد.

با مشاهده فضای خالی (خلاء) در فشارسنج جیوه ای گفته دکارت، نبود فضا خالی در صورت نبود اجسام، خنثی و آخرین طرفداران مکتب دکارتی خلع سلاح گشتند.

فضا در فیزیک نیوتنی واقعی محسوب می شود. این نظریه را ابتدا جرج برکلی G. Berkeley، فیلسوف و کشیش ایرلندی (۱۶۸۵ـ۱۷۵۳)، ۲۰ سال پس از انتشار کتاب "اصول ریاضی علم طبیعت" از جانب نیوتن در سال ۱۶۸۶ نقد و رد نمود. دیوید هیوم David Hume فیلسوف، تاریخ شناس و اقتصاددان اسکاتلندی، از پیشروان مکتب تجزیه گرائی (۱۷۱۱ـ۱۷۷۶) و دوست آدام اسمیت Adam Smith، اقتصاددان و فیلسوف اسکاتلندی (۱۷۲۳ـ۱۷۹۰)، معتقد بود علم و مقولات علمی بایستی بدون ارجاع به عوامل فراطبیعی ارائه گردند. هیوم یکی از پیشقراولان زمینی کردن مقولات علمی، خاصه فیزیک بود. در اواخر قرن نوزدهم ارنست ماخ، فیزیکدان و فیلسوف اتریشی، نیز نظریه نیوتن در مورد فضا را مورد سئوال قرار داد و نقد ژرف و عمیقی به آن نوشت. نقدی که بی تردید در ارائه نسبیت عام از جانب اینشتین بی تاثیر نبوده است. ماخ با پیروی از افکار لایب نیتز موجودیت فضا را قابل تفکیک از موجودیت اجسام نمی داند و شتاب را در قانون حرکت نیوتن نه مانند نیوتن نسبت به فضای مطلق بلکه نسبت به ماده توضیع شده در جهان ارزیابی می کند.

تذکر: با نگاه ژرفتر به موضوع می توان نشان داد که قوانین طبیعی اصولا پژوهشگر را در مقابل پرسش "شتاب نسبت به چی؟" قرار نمی دهند.[۳]

در اینجا مایلم پیش از پرداختن به پرسش دوم مطلبی را تکرار کنم. در نظریه فضای مطلق نه تنها مکان بلکه مقدار فضائی که از آنِ یک شیئ معینی است، برای مثال یک کتاب در این سالن، همواره ثابت انگاشته می شود. بی تفاوت که این مکان و فضا از چه سیستمی و با چه سرعتی و یا از چه

مکانی ملاحظه شود. چنان انگاشتی تنها زمانی صادق است که در جهان تنها یک نوع سرعت وجود داشته باشد و فضا ساکن و در همه نقاط همگن باشد.

پاسخ به پرسش دوم: کدام استدلال انگاشت فضای مطلق را رد می کند؟:
این پرسش را می توان به شکل معکوس نیز مطرح کرد:

بر فرض مطلق بودن فضا با چه معیاری می توان مطلق بودن آن را سنجید و بر فرض امکان سنجش آن، تا چه حدی واقعی است؟
معیار ما برای سنجش، معیار علم فیزیک است:

یک مقوله در علم فیزیک تنها زمانی واقعی محسوب می شود که چیزی در جهان پدیده ها، قابل تعیین از طریق اندازه گیری، با آن مطاقبت کند. با این معیار و با در نظر گرفتن اصل نسبیت خاص می توان نشان داد، هیچ نقطه ای در فضا نیست که بشود آن را علامت گذاری کرد، یعنی دارای عینیت مطلق است. برای روشن شدن این مطلب، ما دو سیستم لختی را در نظر می گیریم، سیستم لختی اول ساکن و سیستم لحتی دوم در حرکت یکنواخت و مستقیم نسبت به سیستم اول. از سحنرانی "مفهوم زمان" می دانیم که قوانین و جریان های مکانیکی در هر دوی این سیستم ها کاملا یکسان هستند. یعنی، هیچ یک از این دو سیستم نسبت.به دیگری کوچکترین امتیازی ندارد. حال اگر یک جسمی در یکی ار این سیستم ها ساکن باشد، بی شک از نگاه سیستم دیگر دارای حرکت مستقیم و یکنواختی است. و اگر فردی ادعا کند که آن جسم مکان معینی را در فضا نشان می دهد، می تواند فرد دیگر منکر آن شده و به حق مدعی در حرکت بودن آن باشد.

نتیجه: فضائی که نشود در آن مکانی را با یک جسمی علامت گذاری کرد شدیدا نامعین است. به بیان دیگر، فضا آن گونه که ادعا می شود به ظرفی نمی ماند که اشیای مادی در آن همواره، یعنی بطور مطلق، جای خاص خود را دارند. برای مثال یک کتاب در این سالن که بخشی از فضای اطراف زمین است برای ما مکان خاصی را از آن خود کرده است، برای مشاهده گری در سیستم دیگری، منباب مثال در یک سفینه فضائی، که نسبت به زمین ساکن و یا در حرکت است، کتاب مکان ثابتی را در فضا ندارد. می توان به غیر از دو سیستم ذکر شده سیستم های مشابه بیشمار دیگری را نیز با سرعت های گوناگون تصور نمود. در این صورت مشاهده یک جسم مشخصی، مثال کتاب، از هر یک از آن سیستم ها مکان های کاملا متفاوتی را نشان خواهند داد. به این معنا که "فضاهای" بسیاری نسبت به هم در حرکتند. روشن است که چنین وضعیتی نمی تواند مطلوب ما باشد. از این رو لازم است تا حد ممکن از به کارگیری کلمه مبهم فضا، به ویژه فضای مطلق، اجتناب کنیم.[۵]

در راستای این استدلال و با بروز تضادهای غیرقابل انکار در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم ـ حاصل از تجربه و آزمایش ها در عرصه های مختلف علمی به ویژه در علم فیزیک ـ نیاز به یک تجدید نظر جدی و اساسی در انگاشت های ذهنی ما از جمله در باره فضا و ارائه راه حل های واقعی و قابل اندازه گیری آن ها بود. تجدید نظر در انگاشت های ذهنی کار ساده ای نیست. اینشتین و اینفلد، فیزیکدان لهستانی (۱۹۶۸ـ۱۸۹۸)، در این باره در کتاب "سیر تکامل فیزیک"[۶] می نویسند:

»در فیزیک کلاسیک همواره نظر بر این بود که ساعت ها در حالت سکون و ساعت ها در حرکت هماهنگ کار می کنند؛ یک چوب دستی در سکون و یک چوب دستی در حرکت طول یکسانی دارند. اگر سرعت نور برای تمامی دستگاه مختصات یکی است، یعنی وقتی نظریه نسبیت صدق می کند، در این صورت لازم است یک چنان تصوری را کنار بگذاریم. پیشداوری را کنار گذاشتن سخت است، اما این تنها راه می باشد.«

۴.۱. فضا در نظریه نسبیت خاص

پیشتر به اصلی اشاره شد به نام اصل نسبیت خاص. این اصل می گوید:

سیستم های همسان بی نهایت زیادی وجود دارند که نسبت بهم در حرکت های انتقالی هستند. و یا: سیستم های لختی کاملا همتراز هستند و قوانین طبیعی می توانند همواردا نسبت به ترادیسی ها از یک سیستم لختی به یک سیستم لختی دیگر نوشته شوند.

این اصل را در سخنرانی "مفهوم زمان" توضیح دادم. قوانین سینماتیک و مکانیک در سیستم های لختی به شکل ساده و کلاسیک معتبر هستند و رابطه تنگاتنگی با زمان و فضا دارند.
علم سینماتیک، علم حرکت شناسی، می گوید سرعت یک جسمی برای دو مشاهده گر که نسبت به هم در حرکت هستند متفاوت است.
سرعت نور اما طبق تجربه همواره ثابت است، بی تفات که حالت حرکت مشاهده گران نسبت به هم و یا نسبت به نور به چه صورتی باشند.
ملاحظه می کنیم که ما در اینجا با دو بیان متضاد روبرو هستیم. فیزیک نیوتنی توان حل این تضاد را ندارد. و از آنجا که ثابت بودن سرعت نور یک امر اثبات شده ای است، تنها راه حل چشم پوشی از بیان اولی است. به معنای صرف نظر کردن از دیدگاهی که قرن ها، تا اوایل قرن بیستم، معتبر انگاشته می شد. دیدگاهی که ریشه در برداشت نادرست از مفهوم همزمانی داشت.
مفهوم همزمانی را در سخنرانی "مفهوم زمان" توضیح دادم، دقیقا به شکلی که اینشتین بیان کرده است. همین اندازه تکرار می کنم که عبارتی مانند "دو پدیده یکی در A و دیگری در B همزمان هستند" بی معناست، چرا که هیچ امکانی برای تشخیص درست بودن و یا نادرست بودن آن ارائه نشده است. برای سنجش صحت آن می باید ساعت های مشابه همآهنگ، سینکرون شده باهم، را در A و B در اختیار داشت.
و اما چگونه می توان ثابت بودن سرعت نور را نشان داد؟ فضا و زمان چه رابطه ای با سرعت نور دارند؟ فاصله میان دو نقطه یا فاصلهٔ زمانی میان دو پدیده با سرعت نور به چه شکلی است؟ سرعت نور به عنوان یک سرعت حداکثر چه معنا و چه پی آمدهائی برای فعل و انفعالات طبیعی دارد؟ اصولا این سرعت چگونه وارد قوانین طبیعی، فیزیک، شد؟

جیمز کلرک ماکسول J. K. Maxwell، فیزیکدان اسکاتلندی (۱۸۷۹-۱۸۳۱)، با ارائه معادلات میدان های الکترومغناطیسی، معروف به معادلات ماکسول، در نیمه دوم قرن نوزدهم (۱۸۶۴) وحدت میان میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی مایکل فارادی M. Faraday، فیزیک و شیمیدان انگلیسی (۱۸۶۷-۱۷۹۱)، را نشان داد. پرسشی که در این رابطه مطرح شد سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی و نسبت آن بود. بدین معنا که سرعت انتشار این امواج چه مقدار است و این سرعت نسبت به چه چیزی سنجیده می شود. پرسش سنجش سرعت نسبت به چه چیزی، پرسشی است که ریشه در نوع تفکر فیزیک نیوتنی دارد. در فیزیک نیوتنی سرعت انتشار همواره نسبت به یک چیز معینی سنجیده می شود، مانند سرعت انتشار صوت نسبت به ماده ای که در آن انتشار می یابد، در گاز ها، مایعات و جامدات. به این خاطر تصور می شد که امواج الکترومغناطیسی و با آن نور به عنوان بحش کوچکی از آن نیازمند یک حامل است. حامل نور چیزی به نام اِتر تصور گردید و سعی فراوان شد تا سرعت این امواج را نسبت به آن بسنجند. در صورت توفیق در این امر موجودیت اِتر اثبات شده محسوب می شد. آزمایش ها اما وجود اِتر را تایید نکردند. یعنی، امواج الکترومغناطیسی و با آن نور نیازی به حامل برای انتشار ندارند. وضعیتی که تا آن زمان کاملا ناشناخته شده بود و دانشمندان نامداری مانند هندریک آنتون لورنتز H. A. Lorentz، فیزیکدان هلندی (۱۹۲۸-۱۸۵۳)، حاضر به پذیرش آن نبودند و سرسختانه مقاومت می کردند. ولیکن در نهایت، هرچند با تاخیر فراوان، نتایج

آزمایش ها را مقدم بر نظر ذهنی خود دانسته و آن ها را پذیرفتند. آزمایش های بسیار دقیق مایکلسون و مورلی به وضوح نشان می دادند که نور بعکس صوت نیازی به حامل برای انتشار ندارد و معلوم شد که سرعت نور در خلاء در همه جهات یکسان است. نور از ذراتی به نام فوتون ها تشکیل شده است. جرم ساکن این ذرات برابر با صفر است. ذراتی که جرم ساکن شان برابر با صفر باشد می توانند با سرعت نور حرکت کنند.
و اما حداکثر سرعت ذراتی که دارای جرم ساکن هستند، هرچند که این جرم بسیار کوچک و ناچیز باشد مانند جرم ذره الکترون، به چه اندازه است؟

در آزمایشی که در سال ۱۹۶۲ از جانب ویلیام برتُتزی W. Bertozzi از دانشگاه ام آی تی انجام گرفت و آن را در شکل فیلم نیز ثبت کرد، معلوم شد که با ازدیاد انرژی حرکتی، سرعت ذره الکترون مدام بیشتر می شود. ولیکن از یک مرحله معینی به بعد بعکس تصور فیزیک نیوتنی دیگر سرعت آن افزایش چشمگیری نمی کند و رفته رفته حالت ثابتی به خود می گیرد. یعنی، سرعت ذره با افزایش انرژی حرکتی تغییر محسوسی نشان نمی دهد.[۷] علت این پدیده روشن است. همسو با ازدیاد انرژی حرکتی، جرم حرکتی ذره (الکترون) نیز مدام رو به افزایش می گذارد و با نزدیک شدن سرعت به ماکزیموم، یعنی به سرعت نور، جرم ذره بسیار زیاد می شود. در این حالت هیچ انرژی حرکتی در جهان قادر نیست سرعت چنان جرمی را به حد سرعت نور برساند. سرعت نور برای هیچ ذره ای دارای جرم ساکن، هر اندازه هم که جرم آن ناچیز باشد، قابل دسترسی نیست.

در سخنرانی "مفهوم زمان" رابطه زمان با سرعت نور را توضیح دادم. در آنجا دیدیم که برای مثال زمان رفت و برگشت یک سکه پرتاب شده به بالا برای مسافری در قطار در حال حرکت کوتاه تر از زمانی است که یک ناظر ساکن بیرون از قطار ملاحظه می کند (با فرض سینکرون بودن ساعت ها باهم). و اما فضا چه رابطه ای با سرعت دارد؟ برای ساده کردن مطلب می توان یکی از سه بعد فضا را در نظر گرفت. در هندسه اقلیدسی طول خط مستقیم میان دو نقطه A و B یک اندازه ثابت است. فیزیک نیوتنی و تجربه روزمره ما نیز آن را تایید می کنند. اما براستی چنین است؟ بی تردید خیر! برای روشن کردن این مطلب از مثالی استفاده می کنم که اینشتین در کتاب ذکر شده اش توضیح می دهد. او می نویسد:

»ما دو نقطه معیینی را در قطاری که با سرعت ثابت υ روی ریل مستقیمی حرکت می کند در نظر می گیریم و می خواهیم فاصله آن ها از یکدیگر را بدانیم، برای مثال وسط اولین و صدمین واگن. ما می دانیم که برای اندازه گیری فاصله نیاز به یک دستگاه مختصات است که فاصله نسبت به آن تعیین می گردد. از همه ساده تر آن است که خود قطار را به عنوان دستگاه مختصات در نظر بگیریم. مسافری در قطار فاصله مربوطه را، در خط مستقیمی در امتداد قطار با قرار دادن مکرّر واحد طول روی کف قطار از نقطهٔ علامت گذاری شده تا رسیدن به نقطهٔ علامت گذاری شده ی دیگر اندازه می گیرد. عددی که تعداد دفعات واحد طول را نشان می دهد، فاصله میان دو نقطه است. وضع تغییر می کند، وقتی فاصله در بیرون از قطار (قطارِ در حال حرکت) اندازه گیر شود. برای این منظور می توان روش زیر را بکار برد. دو نقطه (علامت گذاری شده) قطار را که بناست فاصله شان تعیین شود A' و B' می نامیم. هر دو نقطه با سرعت υ (سرعت قطار) در امتداد ریل در حرکتند. ما نخست نقاط A یا B ریل (بیرون از قطار) را تعیین می کنیم که دو نقطه A' و B' در یک زمان معیین t از آن ها می گذرند.
نقاط A و B ریل را می توان طبق تعریف زمان تعیین نمود. سپس فاصله میان A و B را در امتداد ریل با قرار دادن مکرّر واحد طول اندازه می گیریم. آپریوری به هیچ وجه روشن نیست که اندازه گیری آخری می باید برابر با نتیجه اولی باشد. طول اندازه گیری شده از بیرون می تواند متفاوت از طول اندازه گیری شده در قطار باشد.«

اینشتین در ادامه به فرمولبندی ریاضی این مسئله از طریق ترانسفورماسیون ها، ترادیسی ها، انتقال دهنده های لورنتز که در سنخنرانی "مفهوم زمان" به آن ها اشاراتی داشتم می پردازد.

نتیجه: طول قطار، از نگاه ناظر ساکن در بیرون از قطار (قطار در حال حرکت) کوتاهتر از طولی می نماید که مسافر در قطار می سنجد. بعکس یک طول معیینی، برای مثال یک چوب دستی یک متری در بیرون از قطار که به موازات ریل قرار دارد، برای مسافر در قطار در حال حرکت کوچکتر از یک متر می نماید. به همین منوال است فضای یک جعبه یک مترمکعبی در بیرون از قطار که برای مسافر کوچکتر از یک مترمکعب می نماید. در صورت وجود قطارهائی با سرعت های مختلف همان فضای یک متر مکعبی از هر یک از آن ها متفاوت ارزیابی می شود و به هیچ وجه یکسان، مطلق، نمی نمایند.

جمعبندی بخش های ۳ و ۴: طول و حجم یک جسمی در امتداد حرکت سیستم های لختی با سرعت های متفاوت یکسان نمی نمایند، یعنی مطلق نیستند. با نزدیکتر شدن سرعت سیستم ها به سرعت نور طول و حجم مربوطه کوچکتر و کوچکتر و در نهایت متمایل به صفر جلوه می کنند. یعنی، فضا کمیتی است نسبیتی و نه آن گونه که قرن ها، تا اوایل قرن بیستم، به غلط مطلق انگاشته می شد.

اکنون این پرسش مطرح است که آیا فضا به علت دیگری هم نسبیتی محسوب شود؟ پاسخ به این پرسش مثبت است. چرا که اندازه فضا متاثر از مقدار ماده محیط نیز است و به همین دلیل نسبیتی محسوب می شود. این را نظریه نسبیت عام به ما می گوید.

۵.۱. فضا در نظریه نسبیت عام

اصلی که می گوید، قوانین فیزیک در تمامی سیستم های لختی ـ با حرکت های یکنواخت مستقیم، بدون شتاب ـ یکسان (دارای فرم واحد) هستند، اصل نسبیت خاص نامیده می شود. ما می خواهیم این اصل را چنان توسعه داده شده بدانیم که شامل همه نوع سیستم ها، بی شتاب و با شتاب، گردد. این امر بسیار مهم را اینشتین در اصلی به نام اصل نسبیت عام چنین بیان می کند:

»قوانین فیزیک می باید چنان ارائه شده باشند که در هر سیستم متحرک دلخواهی معتبر باشند.«

آزمایش ها نشان می دهند، هیچ اختلاف قابل سنجشی میان تاثیر حاصل از شتاب یک سیستم و تاثیر حاصل از نیروی گرانشی بر همان سیستم وجود ندارد. به بیان دیگر، تشخیص تاثیر شتاب از تاثیر گرانش، برای مثال در سقوط آزاد یک سنگ، امکان ندارد. یعنی، شتاب و گرانش هم ارز هستند. اینشتین این ایده مهم خود را اصل هم ارزی نامید و آن را پایه و اساس کل نظریه نسبیت عام قرار داد. اصل هم ارزی می گوید، نظریه نسبیت عام یک نظریه گرانشی است. نظریه گرانشی نشان می دهد که فضا (فضازمان) در اصل نه اقلیدسی، مسطح، بلکه نامسطح، ریمانی، یعنی خمیده است. اندازه خمیدگی فضا نمایانگر اندازه نیروی گرانشی است، نیروئی که تابع ماده موجود می باشد. به بیان دیگر، خمیدگی های فضا در نقاط مختلف جهان، یعنی نیروهای گرانشی در نقاط مربوطه، حاصل از مقدار ماده توضیع شده است. هر اندازه که مقدار ماده بیشتر و فشرده تر باشد، یعنی چگالی آن زیادتر باشد، به همان نسبت نیز خمیدگی فضا بیشتر و به همان میزان نیز نیروی گرانشی قوی تر است. بعکس، هر اندازه که چگالی ماده کمتر، خمیدگی فضا نیز کمتر است. خمیده گی بیشتر فضا، یعنی فضای متراکم تر، فضای فشرده تر، فضای "غلیظ تر"، و خمیدگی کمتر، یعنی فضای "رقیق تر". با در نظر گرفتن این واقعیت که ماده توضیع شده در جهان ناهمگن است، بدیهی می نماید که تراکم فضا و با آن هندسه

فضا نیز ناهمگن، نامسطح، مملو از "پستی و بلندی ها" باشد. برای مثال فضای اطراف خورشید به مراتب متراکم تر از فضای اطراف زمین و فضای اطراف زمین متراکم تر از فضای اطراف کره ماه است. فضای اطراف یک سیاه چاله یا مرکز کهکشان بسیار خمیده تر از فضای اطراف یک ستاره است. چنانچه چگالی ماده در ناحیه ای از جهان نزدیک و یا تقریبا برابر با صفر باشد، خمیدگی فضا در آن ناحیه می تواند قابل اغماض باشد، یعنی می توان آن را مسطح در نظر گرفت. در این حالت نظریه نسبیت خاص (فضای مینکوفسکی) صدق می کند. هندسه اقلیدسی تنها در یک چنین حالت خاصی صحت دارد.
صحت نظریه نسبیت عام از طریق اندازه گیری پدیده های طبیعی، مانند انحنای نور در نزدیکی جسم پر جرمی مثل خورشید به اثبات رسیده است.

از توضیحات ارائه شده می توان دریافت که طول یا حجم (فضای) یک جسمی در سیستم هائی با سرعت های گوناگون و یا در محیط هائی با مقدار ماده متفاوت به یک اندازه دیده نمی شوند. به بیان ساده تر، واحد طولی یا واحد فضای مطلق، جهانشمول، وجود ندارد. اندازه طول و فضا نسبیتی هستند.

نکته حائز اهمیت دیگر، رابطه فضا و نیروی گرانش است. نیروی گرانش به عنوان یکی از ۴ نیروی پایه ای علم فیزیک همواره در ارتباط با ماده در صحنه گیتی حضور دارد. وجود ماده بی درنگ حضور نیروی گرانشی را در پی دارد و با دور شدن از مرکز ثقل آن مدام ضعیف تر می شود. آیا فضا همان دامنه میدان گرانش است؟

۶.۱. آیا فضا موجدیت دارد؟

ارنست شموتزر Ernst Schmutzer، فیزیکدان آلمانی (-۱۹۳۰*)، در کتاب "نظریه نسبیت، آکتوئل" می پرسد:

»تصور نبود فضا و زمان به چه معنائی است؟ آیا راهی برای بیان ریاضی پروسه آبستراکت آن وجود دارد؟«

و او خود به این پرسش چنین پاسخ می دهد:

»تا به امروز توفیقی برای بیان ریاضی چنان ایده ای حاصل نشده است.« [۸]

تصور ما از فضا، همان گونه که در بالا گفته شد، در طول تکامل و در شرایط محیط زیست خاص و در سرعت های بسیار پائین نسبت به سرعت نور شکل گرفته است. به همین خاطر ما فضا را مجزا از زمان و سه بعدی درمی یابیم. تصویری که دستگاه ادراک ما با یاری حواس پنجگانه مان از جهان می سازد در اصل انعکاس برون در درون ماست. برون اما محیطی است عمدتا نیوتنی، یعنی غیرنسبیتی و غیرکوانتومی. تصور و بیان ریاضی این محیط برای ما شناخته شده است، در شکل مدل های ریاضی و در وحله اول به شکل هندسه اقلیدسی، هندسه تحلیلی دکارت و فیزیک نیوتنی. درجه همخوانی این مدل ها، در ارتباط با فضا، با جهان عینی که بی شک محدود به محیط زیست ما نیست تا چه میزانی است؟ پاسخ کوتاه به این پرسش:

فضائی که از طریق مدل های هندسی، اقلیدسی و دکارتی، تصور و ارائه می گردد، فضائی است سه بعدی و پیوسته. بدین معنا که می شود آن را با یک فرم منظم هندسی مانند یک مکعب پُر کرد. اینشتین

در این رابطه در کتاب "در بارهٔ نسبیت خاص و عام" چنین توضیح می دهد:

»کشف نبود یک جسم کاملا صُلبی (شق، سخت) ظرافت Subtilität مقوله فضا را بارز نمود. تمامی اجسام کشسان توان تغییر شکل دارند و با تغییر دما حجم شان تغییر می کند. ساختارهائی که چینش آن ها توسط هندسه اقلیدسی بیان می گردند، نمی توانند عاری از مضمون فیزیک باشند. به خاطر آن که فیزیک می باید در تعیین مقولات خود از هندسه بهره جوید، می توان مضمون تجربی هندسه را تنها در چهارچوب کل فیزیک بیان و آزمایش کرد.
در همین رابطه لازم است به نظریه اتم گرائی فیلسوفانی از دوران باستان مبنی بر این که جهان از اتم ها ساخته شده است و اعتقاد آن ها بر محدودیت قابل تقسیم بودن به اجزاء توجه شود، بدین خاطر که فضاهای بین مادون اتم ها را نمی توان دقیقا سنجید. این نظریه در اصل خواهان کنار گذاشتن ایدهٔ تعریف سطح های صاف و بی تحرک برای اجسام صُلبی نیز است. در اینجا، اگر دقیق باشیم، خواهیم دید که قوانین خاصی برای این حالت ها وجود ندارد، همین طور است در بخش ماکرو (یعنی در اندازه های فوق اتم ها). با این همه، هیچ کسی به فکر آن نشد مقوله فضا را کنار بگذارد؛ زیرا آن ضروری برای کل نظام علم طبیعت که به شکل عالی آزموده شده است می نمود. ماخ در قرن نوزدهم تنها کسی بود که بطور جدی به حذف مقوله فضا فکر کرد، به این شکل که می کوشید آن را با مقوله مجموعه فواصل موجود همه نقاط مادی جایگزین کند. توفیق در این امر از پیشرفتی حاصل گردید که در آغاز به نظر هیچ ربطی به مسئله فضازمان نداشت ـ بروز مقوله میدان Feldbegriff و در نهایت ادعای جانشینی بودن مقوله ذره، نقطه مادی.«[۳]

همان گونه که در مقدمه گفته شد فضای مطلق از گذشته های دور به ظرفی تشبیه شده است که با دور کردن درونمایه اش پابرجا می ماند. عین این حالت در مورد نظریه نسبیت خاص نیز صادق است. فارغ از آن که در اینجا مقوله های فضا و زمان به شکل پیوستاری چهاربعدی ظاهر می گردد. در واقع، نه تنها فضای نیوتنی بلکه همچنین فضای نسبیتی خاص اینشتین نیز آنی نیستند که قادر به رفع دغدغه دکارت باشند. توجه داریم که برای دکارت فضای خالی بدون درونمایه معنا ندارد.
آیا می توان دغدغه دکارت را توسط نظریه کاملتری، نظریه نسبیت عام، برطرف شده دانست؟ در زیر بی آن که بخواهم وارد تشریح مقولات فنی و ریاضی بشوم توضیحات چندی را در این باره ارائه می کنم.
بنا بر آنچه تا کنون گفته شد، فضا هم در مکانیک نیوتن و هم در نسبیت خاص اینشتین مستقل از ماده و میدان وجود دارد. نظریه نسبیت عام اینشتین اما هیچ نوع هستی خاصی را برای فضا نسبت به "پُرکننده ـ فضا" قائل نیست. برای مثال یک میدان گرانشی صِرف را در نظر می گیریم. اگر این میدان گرانشی را از میان برداشته انگاریم، دیگر هیچ چیزی باقی نمی ماند. به همین دلیل فضای نسبیتی خاص در تعبیر نسبیت عام به معنای فضای عاری از میدان نیست. فضای خالی یعنی، فضائی عاری از ماده و میدان. با این استدلال نظریه دکارت، طالب کنار گذاشتن مقوله فضای خالی، چندان هم نادرست نبود. این نظریه به ظاهر بی معنا می نمود، البته تنها تا زمانی که واقعیت فیزیکی محدود به اجسام با جرم ساکن می شد. در واقع ایده میدان به عنوان یک واقعیت فیزیکی در نظریه نسبیت عام هسته واقعی ایده دکارت را نشان می دهد: فضای "عاری از میدان" وجود ندارد.[۳]

نکات ذکر شده نشان می دهند که میدان گرانشی با ماده در رابطه است. ذرات این میدان فاقد جرم ساکن هستند، یعنی با سرعت نور انتشار می یابند. در این رابطه در کتاب "علم اندیشیدن"[۹] می خوانیم:

»وقتی ما فضا را شکلی از ماده ارزیابی می کنیم، در این صورت خلاء را که می باید فارغ از هر نوع برانگیختگی فیزیکی، از جمله توسط فضا، باشد چگونه باید توصیف کرد؟ پاسخ به این پرسش را

شاید بتوان از طریق وحدت دو نظریه اساسی علم فیزیک، یعنی نظریه گرانش و نظریه کوانتوم، در شکل یک نظریه گرانش ـ کوانتومی به دست آورد. برای حالت خاصی از آن، یعنی برای گرانش کوانتومی حلقه ای نتایجی به ویژه در بخش کیهان شناسی در افق دسترسی قرار گرفته اند.
توضیح خلاء مطلق از ما می طلبد که از به کارگیری مقوله های علم هندسه و همچنین مقوله ی فضا صرف نظر کنیم. این خواستی است که تشریح خلاء مطلق را سخت دشوار می کند. دشواری آن زمانی بیش تر محسوس می شود که به یاد آوریم نظریه ی کوانتومی میدان ها خود به نوعی متکی به علم هندسه است. به عبارت دیگر، تشریح کامل گرانش کوانتومی فارغ از مقوله های علم هندسه و فضا کاری است بسیار دشوار، اما نه غیرممکن.
محاسبات نظری نشان از آن دارند که عملگرهای وارونِ گرانشِ کوانتومی حلقه ای قادر هستند اتم های فضا(!) را محو کرده از تعداد آن ها بکاهند.
نظریه نسبیت عام به تنهائی قادر به تشریح کل جهان نیست. زیرا این نظریه اعتبار خود را برای مثال در مسئله ای به نام تکینگی، یعنی در مقطعی مانند مِهبانگ، از دست می دهد؛ موضوعی که در مورد سیاه چاله ها نیز صادق است.«

اینشتین کتاب "در بارهٔ نظریه نسبیت خاص و عام" را با این جملات به پایان می رساند:

»در حال حاضر پرسش اصلی این است که آیا اصولا یک نظریه میدانی از نوعی که اینجا منظور است می تواند منتهی به نتیجه گردد. فیزیکدان نسل حاضر مایل است به این پرسش پاسخ منفی بدهد، او باور به فرم کنونی نظریه کوانتوم دارد که حالت یک سیستم را نه بطور مستقیم بلکه فقط به شکل غیرمستقیم بیان می دارد، بیان آماری کمیت های اندازه گیری شده بر سیستم مربوطه؛ نظریه غالب این است که طبیعت دوگانه (ذره ای و موجی) که تجربی ثابت شده است فقط از طریق تضعیف مقوله واقعیت امکان پذیر است. من فکر می کنم، که یک چنین انصراف شدید نظری توسط دانش کنونی ما قابل اثبات نیست و این نباید مانع از آن گردد، راه نظریه میدان نسبیتی را تا آخر طی نمود.«

بطور خلاصه، اینشتین از یک طرف می گوید "فضای عاری از میدان وجود ندارد" و از طرف دیگر می گوید "آیا اصولا یک نظریه میدانی از نوعی که اینجا منظور است می تواند منتهی به نتیجه گردد". یعنی، اینشتین در ضمن این که فضای عاری از میدان را قبول ندارد، نوع میدان را نیز بطور قطعی تعیین شده نمی بیند. این مسئله و به همراه آن خواست و تلاش فیزیکدان ها برای وحدت نیروهای پایه ای در جهان فیزیک همچنان از قرن بیستم تا کنون حل نشده پا برجاست. حل کلاسیک این مسئله از جمله به دلیل کوانتومی بودن دو میدان یا دو نیروی مادون اتم ها، یعنی نیروی ضعیف و نیروی قوی، نمی تواند جایز باشد. راه حل کوانتومی اما پیش از همه خواهان کوانتومی کردن دو میدان یا دو نیروی کلاسیک، یعنی نیروی الکترومغناطیسم و نیروی گرانش، است. و این برای فضا به معنای کوانتومی کردن آن، یعنی "فضای کوانتومی"[۱۱و۱۲] است. فضای کوانتومی فضائی است ناپیوسته، گسسته. این موضوع یادآور مسئله مورد علاقه فیلسوف و ریاضیدان یونان باستان زنون در بیش از ۲۴۰۰ سال پیش است که در بخش تاریخچه فضا ذکر گردید. در آنجا گفته شد که یکی از مشغله های فکری زنون مسئله پیوستار، به ویژه پیوستار فضا، زمان و حرکت بود.

بیان کوانتومی میدان الکترومغناطیسم یا الکترودینامیک در نیمه اول قرن بیستم تحت نام "کوانتوم الکترودینامیک" عملی گشت و اکنون یکی از بخش های پیشرفته علم فیزیک محسوب می شود و نتایج چشمگیری را از جمله در تکنیک سبب گردیده است، برای مثال می توان از لیزر و نانوتکنیک نام برد. و در نیمه دوم قرن بیستم وحدت دو نیروی ضعیف و الکترومغناطیسم به نیروئی به نام نیروی الکتروضعیف عملی گردید. در نتیجه ما اکنون سه نیروی پایه ای داریم: نیروی گرانشی، نیروی الکتروضعیف و نیروی قوی.

در مورد نیرو یا میدان گرانشی: این نیرو از همان ابتدا، یعنی از نیمه اول قرن گذشته تا کنون سرسختی خاصی را از خود برای کوانتومی کردن نشان داده و می دهد. امید آن است که با کوانتومی کردن این نیرو قادر به وحدت سه نیروی ذکر شده شویم. البته، شاید هم نتوانیم میدان گرانشی را به شکل کوانتومی ارائه و یا در صورت توفیق نتوانیم از این راه به وحدت نیروها دست یابیم. در هر حال به احتمال برای وحدت آن ها نیاز به یک نظریه کاملتر از نظریه نسبیت و نظریه کوانتوم است، نظریه ای که محیط بر این دو باشد و هر یک در نظریه جدید به صورت حالت های خاص مستطر باشند.

گفتیم که اینشتین معتقد است "فضای عاری از میدان وجود ندارد". یعنی، فضا از میدان یا میدان های نامبرده و یا هر میدان احتمالی دیگری که هنوز برایمان شناخته شده نیست ساخته شده است. اینشتین۱۹۵۴، یک سال پیش از مرگش، می گوید:

»نظریه (میدان) کوانتومی کنونی که بر پایه نظریه نسبیت خاص بنا شده وحشتناک پیچیده است. [...] علائم زیادی دلالت بر آن دارند، نظریه ای بدون فضا و زمان ارائه شود. اما هیچ کس نمی داند چگونه می توان چنان نظریه ای را بنا نمود. این که راه چاره کوانتومی کردن فضا و زمان باشد، طبعا یک ایده بچگانه است. در این مورد من نظر کاملا خاصی دارم. ‹‹

"فضای عاری از میدان وجود ندارد"؟ بسیار خوب! مگر ما میدان هائی را که می شناسیم کوانتومی نکرده ایم، الی میدان گرانشی را؟ شاید بتوانیم میدان گرانشی را هم کوانتومی کنیم و از این طریق به "فضا (و زمان) کوانتومی" و احیانا به وحدت نیرو ها دست یابیم. مگر آن که کوانتومی کردن میدان گرانشی و هر میدان هنوز ناشناخته شده دیگری عملا غیرممکن باشد. در این صورت وحدت نیروهای پایه ای از طریق کوانتومی کردن قابل اجراء نیست. اما ما هنوز به آن مرحله نرسیده ایم که از تلاش خود دست برداریم و آن را اتلاف وقت و بی نتیجه بدانیم. تنها در صورت کسب اطمینان کامل از بی نتیجه بودن تلاش همه جانبه مان حق با اینشتین خواهد بود.

جمعبندی کلی (همراه با جمعبندی بخش های ۵ و ۶):

۱ـ در حال حاضر ما نیز، مانند پیشینیان خود در عهد باستان، قادر نیستیم محدود یا نامحدود بودن فضا را مشخص کنیم. در عین حال برای ما مسلم گشته که جهان (فضا) در حال انبساط است. ما فضا را مانند پیشینیان خود ساکن نمی انگاریم و برخلاف بسیاری از آن ها دریافته ایم، فضا به ظرفی نمی ماند که بشود آن را با چیزی پُر کرد و یا با دور کردن پُرکننده ـ فضا چیزی به نام فضا باقی می ماند.

۲ـ ما دریافته ایم، فضا مطلق نیست بلکه نسبیتی است. در نگاه فضای مطلق طول یا حجم یک جسمی برای مشاهده گرانی در سیستم هائی که نسبت بهم با سرعت های مختلف در حرکتند همواره یکسان می نماید، یعنی اندازه طول و حجم آن مطلق (ثابت) است. مطلبی که نظریه نسبیت خاص آن را نفی می کند. برای مثال طول یک قطار از نگاه ناظری در بیرون از آن با ازدیاد سرعت قطار کوتاهتر می نماید و با نزدیک شدن به سرعت نور متمایل به صفر می شود.

۳ـ ما همچنین دریافته ایم، طول یا حجم یک جسمی در محیط هائی با چگالی های مختلف یکسان نیست، برای مثال در نزدیکی زمین بزرگتر و در نزدیکی خورشید کوچکتر می نمایند. به بیان دیگر، "غلظت فضا" در نقاط مختلف جهان یکسان نیست. یعنی، هندسه فضا یکنواخت و مسطح نمی باشد بلکه مملو از "پستی و بلندی" هاست. این را نظریه نسبیت عام به ما می آموزد.

۴ـ فضا در بحش های مختلف جهان نسبت به مقدار ماده موجود در آن نامسطح، خمیده است. هر اندازه مقدار ماده بیشتر، فشرده تر، باشد خمیدگی فضا بیشتر است و برعکس. این واقعیت را می توان برای مثال در انحنای نور در نزدیکی یک ستاره مشاهده کرد. به همین خاطر هم هندسه اقلیدسی تنها در محدوده های مسطح معتبر است. از این رو برای مثال جمع زوایای یک مثلث می تواند کوچکتر یا بزرگتر از ۱۸۰ درجه باشد. (این مثال در مورد اشکال محتلف هندسی از آنجمله یک جسم کروی شکل نیز صادق است.)

۵ـ حضور ماده همواره میدان گرانشی را سبب می گردد و نمی توان آن را حذف نمود. هرچند این نیرو در مقایسه با نیروهای پایه ای دیگر با احتلاف بسیار بالائی ضعیف ترین نیرو است، اما در ابعاد بزرگ تعیین کننده ترین نیرو در حهان می باشد.

۶ـ بعکس دوران باستان (مکتب اتم گرائی) ما معتقد به وجود اجسام صُلبی نیستیم و بر این نظریم که نمی توان فواصل را دقیقا اندازه گرفت و یا سطح اجسام را صاف (مسطح) انگاشت.

۷ـ بعکس مکانیک نیوتن و نسبیت خاص اینشتین که برای فضا موجودیت مستقلی قائل هستند، نظریه نسبیت عام اینشتین هیچ نوع هستی خاصی را برای فضا نسبت به پُرکننده ـ فضا قائل نیست.

۸ـ نظریه نسبیت عام به تنهائی قادر به توضیح جهان نیست. برای این امر لازم است از نظریه کوانتوم بهره جوئیم[۱۲]. این نظریه می تواند ما را با مسئله ای به نام "فضای ـ کوانتومی" مواجه کند. مسئله ای که در صورت اثبات آن، فضا (و زمان) به شکل ناپیوسطه، گسسته، نمایان خواهند شد،[۱۳] به معنای "اتم های" فضازمان.

۹ـ فضای ـ کوانتومی، کیهان ـ کوانتومی، کیهانی است متشکل از ذرات بنیادی و کنش و واکنش میان آن ها. گاهن در بخش هائی از این کیهان اشکالی در فرم های متراکم به نام ستارگان شکل می گیرند و احیانا با سیاراتی مانند کره زمین و ساکنانی مانند ما انسان ها که پس از اندی دوباره به آنی تبدیل می شوند که پیشتر بودند.

صحبت از فضا و زمان کردن برای چنان کیهانی، برای چنان مجموعه ای از ذرات، به همان اندازه صحت دارد که صحبت از سطح صاف برای مجموعه ای از اتم ها و ملکول ها در شکل آب و یا این میز صحت دارد.

حسن بلوری

منابع

1. Bertrand Russel; Das ABC der Relativitätstheorie; Rowohlt verlag, Hamburg, 1980
2. Shmuel Sambursky; Der Weg der Physik; Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 1978
3. Albert Einstein; Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, Akademie-Verlag, 21. Auflage, 1970

4. Isaac Newton; Mathematische Prinzipien der Naturlehre; Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 3. Auflage, 1963
5. Max Born; Die Relativitätstheorie Einsteins; Springer-Verlag, Berlin . Heidelberg . NewYork, 5. Auflage, 1969
6. Albert Einstein, Leopold Infeld; Die Evolution der Physik; Paul Zsolnay Verlag, Wien . Hamburg, 1. Auflage, Nachdruck, 1950
7. A. P. French; Die spezielle Relativitätstheorie; M.I.T. Einführungskurs Physik, Vieweg Verlag, Braunschweig, 1. Auflage, Nachdruck 1982
8. Ernst Schmutzer; Relativitätstheori aktuell; B. G.Teubner Verlag, Stuttgard, 5. Auflage. 1996
9. Hassan Bolouri
حسن بلوری، علم اندیشیدن ـ ریشه ها و روش ها، نشر هزاره ی سوم، زنجان ۱۳۹۴
10. Von Lee Smalin; Quanten der Raumzeit; in: Spektrum der Wissenschaft . Dossier 5 / 2005
11. R. Battiston, What next in fundamental physics inspace; in: Annalen der Physik, by Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Jan. 2016
12. Meinard Kuhlmann; Philosophy der Quantenfeldtheorie; in: Physik Journal, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Juni 2016
13. Sabine Hossenfelder; Die Quantengravitation auf dem Weg zur Wissenschaft in: Spektrum der Wissenschaft, August 2016