تعبیر جدیدی از نسبیت

نوشتهٔ :

مهندس کاظم حسیبی

استاد دانشکدهٔ فنی

تقاضا و تشکر ـ از کلیه‌ی علاقمندان وصاحبنظران تقاضامیشود که هرگونه لغزشی ملاحظه میفرمایند و یا هرنظری که سمکن است داشته باشند مستقیماً یا توسط مجله نویسنده را مستحضر فرمایند. ضمناً لازم میداند از راهنمائیهای مطالعاتی و محاسباتی‌ی آقایان دکتر صفری ـ دکتر مجتبی ریاضی استادان دانشکده‌ی فنی و آقای شفیعیها دبیر دانشکده‌ی فنی بدین وسیله تشکر نماید.

I ـ خلاصهٔ مقاله

بطورخلاصه میتوان گفت که اساس فرضیه‌ی نسبیت انشتین که منتهی بفرض نسبیت زمان وفاصله میشود ، با توجه بواقعیت ها ولزوم رفع تضادهائی بشرح زیر پایه گذاری شده است :

۱ ـ اختلاف نتیجه های حاصل از مکانیک نیوتنی ومکانیک ماکسولی دربررسی‌ی حرکت نقطه‌ی مادی ؛

۲ ـ عدم توانائی‌ی مکانیک نیوتنی در توجیه نتیجه های حاصل از فورمولهای برقاطیسی‌ی ماکسول که تجربه آنها را تأیید کرده است ؛

۳ ـ لزوم ایجاد هماهنگی بین نتیجه های بدست آمده از مکانیک نیوتنی و مکانیک ماکسول ؛

٤ ـ وجودتبدیل های لورنتز که صورت معادله های ماکسول را محفوظ میدارد ولی معادله های مکانیک نیوتنی را تغییرشکل میدهد ؛

٥ ـ بدست آمدن تبدیل های لورنتز توسط انشتین ، برای توجیه تجربه‌ی مایکل‌سن ، براساس ثبات سرعت نور نسبت بکلیه‌ی محورهای گالیله‌ای وهمچنین متعاکس بودن آن محورها ؛

٦ ـ متوافق درآمدن نتیجه های بدست آمده از فرضیه‌ی نسبیت خاص ومکانیک ماکسولی ؛

۷ ـ یکسانی‌ی نتیجه های بدست آمده از مکانیک نسبی ومکانیک نیوتنی، وقتی سرعت v نسبت بسرعت نور ناچیز باشد، وهمانندی تبدیل های لورنتز وتبدیل های گالیله‌ای درحد $(v \to 0)$ ؛

۸ ـ پیدایش نسبیت عام براساس نسبیت زمان وفاصله ویکسانی‌ی جرم ماند وجرم ثقلی باتأیید تمام نتیجه های آن بوسیله‌ی تجربه، وتأیید پدیده‌های شناخته شده وغیرقابل توجیه توسط مکانیک نیوتنی .

اما موضوع مقاله‌ی زیر پیشنهاد تعبیر جدیدی از نسبیت است که ← بدون آنکه هیچگونه تغییری درنتیجه های بدست آمده ازنسبیت خاص وعام بدهد ← براساس مطلق تلقی کردن زمان وفاصله که عادت ذهنی‌ی ماست ، ومنحصراً با فرض تغییرپذیر بودن سرعت نور ، مکانیک نسبی را توجیه کرده و نتیجه های زیر ازآن بدست میآید :

۱ ـ دراثر حرکت گالیله‌ای‌ی v محیط همگن اصلی به محیط ناهمگنی تبدیل میشود که درآن سرعت نور برای امتداد حرکت، وقتی $\beta=\frac{v}{c}$ و c سرعت نور درمحیط همگن اصلی باشد، مساوی‌ی $\frac{c\mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ میشود. علاوه درجهت‌حرکت، متوسط سرعت‌نور درچنین‌محیطی $c'=\frac{c}{\sqrt{1-\beta^2}}$ میباشد؛

۲ ـ طولهای پیموده شده درمدت t توسط نور درچنین محیط ناهمگنی، ودردوجهت‌هم امتداد با v، مساوی‌با: $\pm x'=\frac{x\mp vt}{\sqrt{1-\beta^2}}$ میباشد؛

۳ ـ دوسرعت v و v′ در دومحیط c و c′ وقتی از نظرمکانیکی باهم برابرند که $\frac{v}{c}=\frac{v'}{c'}$ باشد؛

٤ ـ طبق اصل کلی‌ی ثبات انرژی‌ی جرم‌معینی: $m'c'^2=\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$ بوده و چون $c'=\frac{c}{\sqrt{1-\beta^2}}$ است پس $m'=m_0\sqrt{1-\beta^2}$ خواهد بود؛

٥ ـ اصل ثبات مقدار حرکت ما را به این نتیجه میرساند که $m'v'=m_0v$ خواهد بود؛

٦ـدردومحیط c وc′ انرژی‌ی‌جنبشی‌ی‌جرم m_0 مساوی $\frac{m_0v^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$ و $\frac{1}{2}m_0v^2$ و $\frac{1}{2}m'v'^2$ میباشد که باهم برابرند؛

۷ ـ دردومحیط c و c′ چون $mc^2=m'c'^2$ است، نمود جرم‌های‌حرکتی به‌نسبت‌عکس‌مجذورسرعتهای‌نور است $\frac{m}{m'}=\frac{c'^2}{c^2}$.

II - مقدمه

در نتیجه‌ی اختلافهائی که درمحاسبه‌ی حرکت نقطه‌ی مادی براساس مکانیک نیوتنی و معادله‌های برقاطیسی‌ی ماکسول پدید آمد و ناسازگاری‌ی این دومکانیک علنی شد، طرفداران مکانیک کلاسیک بعلت‌قدیمی‌تر بودن مکانیک نیوتنی وتوفیق‌هائی که‌پیش‌بینی وتوجیه پدیده‌های فیزیکی‌ی زمینی وحرکت جرمهای آسمانی نصیب آن کرده بود، تمایلشان برمحکوم شناختن مکانیک ماکسولی بود. ولی وقتی طرفداران مکانیک نیوتنی وفرضیه‌ی وجود اتر، نتیجه‌ی منفی‌ی تجربه‌ی مایکل‌سن را که بمنظورتعیین سرعت مداری‌ی زمین تعبیه شده بود دریافتند، ومسلم شد که مکانیک کلاسیک قادر به توجیه این‌نتیجه‌ی منفی نیست وعلاوه برآن نتیجه‌های پیش بینی شده توسط مکانیک ماکسولی مورد تأیید تجربی قرارگرفت، لزوم تحولی درمبنای مکانیک کلاسیک قطعی گردید.

افتخار پایه گزاری‌ی‌مکانیک‌جدید، که‌بنام‌نسبیت مشهورشد، نصیب آلبرت‌انشتین فیزیکدان‌بزرگ آلمانی گردید. این نابغه‌ی‌قرن با استفاده ازاین‌حقیقت که‌سرعت c ی‌نوربصورت ثابتی درفورمولهای‌ماکسول دخالت میکند وهمچنین نتیجه‌ی منفی‌ی تجربه‌ی مایکل‌سن، که به‌ثبات سرعت‌نور نسبت بکلیه‌ی محورهای گالیله‌ای تعبیر شد، کلید حل مشکل را ← برخلاف مکانیک نیوتنی → در فرض ثبات سرعت نور نسبت به کلیه‌ی‌محورهای گالیله‌ای‌جستجو نمود وبراساس این‌فرض‌ومتعاکس تلقی کردن‌محورهای گالیله‌ای ← از راه نسبیت زمان و فاصله و تأثیر زمان و مکان روی‌یکدیگر واصل کلی‌ی‌حفظ فرم معادله‌های انتشار نور → فورمولهای لورنتز را که قبلاً کشف شده بود بدست آورد. سپس شرط صحت معادله‌های‌مکانیکی رابراساس تغییرشکل نیافتن آنها با فرمولهای تبدیل لورنتز ـ انشتین قرار داده، و آن تبدیل‌ها را جانشین تبدیل‌های

گالیله‌ای که شکل معادله‌های مکانیک نیوتنی را محفوظ میداشت نمود . به این ترتیب نتیجه‌های بدست آمده از مکانیک نسبی با نتیجه‌های بدست آمده از مکانیک ماکسولی متوافق گردید .

ده سال بعد براساس فرم کلی‌ی تبدیل‌های لورنتز ـ انشتین واصل یکسانی‌ی جرم ثقلی وجرم‌ماند «نسبیت عام» که‌شامل حالتهای شتابدار نیز میگردد ، پایه گزاری شد و کلیه‌ی پیش‌بینی‌های آن از قبیل لغزش طیف ستارگان بطرف زیر قرمز وانحراف مسیر شعاعهای نوری درمجاورت جرمها مورد تأیید تجربی قرار گرفت‌و گردش‌مدارعطارد ← که براساس‌مکانیک کلاسیک هرگز توجیه‌نشده‌بود ← بادقت کامل توجیه گردید .

از فرضیه‌ی نسبیت انشتین نتیجه‌های زیر بدست میآید :

۱ ـ واحد زمان تابع سرعت است و واحد زمان جسم متحرك از واحد زمان سکونی بلندتر است ودرنتیجه $t'=\frac{t}{\sqrt{1-\beta^2}}$ میباشد ؛

۲ ـ طول معینی که نسبت به‌ناظرثابت‌مساوی‌ی l است درنظر ناظری که نسبت بدان‌طول‌ودرامتداد آن درحرکت گالیله‌ای‌ی v هست $\frac{l}{\sqrt{1-\beta^2}}$ جلوه میکند ؛

۳ ـ جرم سکونی‌ی m_0 وقتی با سرعت v درحرکت است مساوی‌ی $\frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$ میشود ؛

٤ ـ مقدار حرکت جسمی که جرم سکونی‌ی m_0 دارد ، وقتی با سرعت v حرکت کند مساوی‌ی $mv=\frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ خواهد بود ؛

٥ ـ انرژی‌ی کل موجود در جرم سکونی‌ی m_0 وقتی با سرعت v درحرکت است مساوی‌ی $mc^2=\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$ میباشد ؛

٦ ـ انرژی‌ی E_0 درمحیط c ، وقتی‌توسط‌جرم m_0 که‌ثابت‌باقی‌مانده جذب‌شود، جرم آن‌را مساوی‌ی $\left(m_0+\frac{E_0}{c^2}\right)$ خواهد نمود .

توفیق بی‌سابقه‌ی نتیجه‌های بدست آمده از معادله‌های نسبیت خاص و عام انشتین ، که مهره‌ی اصلی‌ی آن قبول نسبیت فاصله و زمان ویکسانی‌ی‌جرم ماند وجرم ثقلی‌بوده‌است ، باوجود مشکلی که‌فرضیه‌ی نسبیت از نظر نسبی بودن زمان‌وفاصله‌دربرداشته ، موجب شده است که تا هم امروز که بیش از شصت سال از فرضیه‌ی او میگذرد ، لااقل به‌اطلاع ما ، کسی نتوانسته‌باشد این‌فرضیه را ← که‌با استدلالی‌محکم‌وهمساز پایه گزاری شده است ← مورد تردید ویا تفسیر قابل قبول دیگری قراردهد .

سالیان دراز است که‌نویسنده ، پس‌از آشنائی با فرضیه‌ی نسبیت‌انشتین ، درصدد برآمد که‌خویشتن را به قبول لزوم فرضیه‌ی‌نسبیت‌زمان‌ومکان قانع کند؛ ولی‌هرگز دراین زمینه‌توفیقی دست‌نداده است وپس‌از احساس این ناتوانی و اطمینان بعدم لزوم قبول چنین فرضیه‌ی دور از ذهنی ، درصدد برآمده است برخود روشن کند که آیا میتوان از فرضیه‌های‌اصلی‌ی نسبیت‌خاص که «فرضیه‌ی ثبات‌سرعت‌نور درکلیه‌ی محورهای

گالیله‌ای ومتعاکس بودن محورها باشد» احتراز نمود، وبدون طرد تبدیلهای لورنتز- انشتین، تبدیل های نوینی جانشین آنها کرد که ← بدون آنکه نیازی بفرضیه های بالا و نسبیت زمان و فاصله باشد ویا منتهی به تغییر هیچیک از نتیجه های فیزیکی‌ی بدست‌آمده‌از فرضیه‌ی نسبیت توسط انشتین و یا دیگران گردد ← متکی‌بر فرضیه‌ی دیگری ، مثل مطلق تلقی شدن فاصله و زمان و نسبی بودن یا تغییر پذیر بودن سرعت نور ، باشد یاخیر ؟

بنظر نویسنده چنین‌آمده است که‌تعبیر وتبدیل هائی ← که‌نتیجه‌ی‌نهائی‌ی آنها با نتیجه‌ی‌تعبیرهای نسبیت یکسان بوده ودرعین اینکه جدید جلوه میکند منطبق یا مشابه با تعبیرهای قدیمی‌ی مکانیک نیوتنی باشد ← وجود دارد وآن تعبیر جدید برفرضیه‌ها ونکته‌های اصلی‌ی زیر متکی است :

۱ - بنظر معقول‌تر میآید که ما فرض مشکل و درنظر عموم غیرقابل قبول ثبات سرعت نور نسبت به‌کلیه‌ی محورهای گالیله‌ای را (محورهائی که یکی از آنها نسبت بدیگری حرکت v ی انتقالی‌ی ثابتی دارد) کنارگذاره وسرعت نور را ، حتی دراین فرض خاص ، نسبت به دومحور متحرك متفاوت تلقی کنیم ؛

۲ - اگر سرعت نور نسبت به محور مختصاتی در تمام جهت‌ها ثابت ومساوی‌ی c باشد سرعت‌نور نسبت‌به‌محور دیگری ← اگرچه‌طبق‌تجربه‌نمیتواندمساوی‌ی $(c\mp v)$ باشد ← بهرحال‌غیراز c خواهدبود؛

۳ - زمان ، همچنانکه عادت‌مکتسبه‌ی ما است مطلق تلقی شده و نسبی ← یا بعبارت دیگر تابع مختصات مکانی وسرعت ← تلقی نخواهد شد ؛

٤ - اندازه‌ی طول مفروضی تابع حرکت نسبی‌ی آن نسبت بناظر تلقی نخواهد گردید .

تبصرهٔ ۱ - ما نشان‌خواهیم‌داد که‌حتی براساس فورمولهای‌تبدیل لورنتز - انشتین ، منتها درفرض مطلق تلقی‌شدن زمان وثابت تلقی گردیدن فاصله ، سرعت‌نور نسبت‌به‌محور متحرکی ← بجای‌آنکه $(c\mp v)$ باشد← برای سمت حرکت وطرف‌مقابل آن مساوی‌ی $\frac{c\mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ خواهد بود واین فرض برای محیطی که سیال رقیق وتغییرپذیری درآن وجود داشته باشد فرض نامعقولی نیست (فرضیه‌ی اتر) .

تبصرهٔ ۲ - واحد ما برای اندازه‌گیری‌ی زمان مطلق ، زمان فیزیکی‌ی وقوع پدیده‌ای طبیعی یا مصنوعی وتک نوسانی میباشد که در محیط همگن مشخصی واقع میشود . زمان خاص و تغییرناپذیر چنین پدیده‌ای‌رانیزمادواحد زمان درمحیط‌ها یا سمتهائی که سرعت‌نور درآنها غیراز سرعت c ی‌نور در محیط تعریف آن است اختیار میکنیم ؛ اگر چه زمان مخصوص وقوع آن پدیده تحت تأثیر عامل ویا عامل های‌دیگری مثلا c قرار داشته باشد ، واحد طول ما نیز بطریقی مشابه تعریف میشود ولایتغیر است .

یك بحث فلسفی

III - پاره‌ای تعریف‌ها ومبناهای بحث

۱ - همگنی‌ی مطلق - محیطی را همگن مطلق گوئیم که مشخص‌نوری‌ی‌نقطه‌ی غیرمشخصی‌از آن کره‌ای بمرکز نقطه‌ی مورد بحث و شعاع ثابت c باشد . چنین محیطی را محیط همگن c یا ساده‌تر محیط

c ویا محیط تک مقیاسی نیز میتوان نام نهاد.

چنین محیطی جزیک محیط سکونی نمیتواند باشد زیرا، بعلت تقارن‌وتساوی‌ی همه‌جانبه‌ی اثرها، حرکت خود بخود درآن میسر نیست وسکون حالت پایدار بوده وانرژی‌ی جنبشی‌ی‌موجود درنقطه‌ی جرم‌دار مفروضی طبعاً صفر است.

۲ ـ همگنی‌ی دومقیاسی ـ منظور از چنین همگنی، همگنی‌ی محیطی است که مشخص نقطه‌ی غیرمشخصی‌از آن‌یک بیضوی‌ی دورانی باشد که‌هم مرکز با نقطه‌ی مفروض بوده واز نظر امتداد محورهای اصلی و طول آنها تغییرناپذیر است.

درچنین محیطی باز هم بدلیل تقارن، درصورت عدم دخالت نیروی خارجی، نقطه‌ی ساکن بحال سکون باقی خواهد ماند.

۳ ـ همگنی‌ی سه‌مقیاسی ـ منظور از چنین همگنی، همگنی‌ی محیطی است که مشخص بیضوی‌ی سه‌محوری‌ی آن هم‌مرکز با نقطه‌ی مفروض غیرمشخص بوده وازنظر امتداد محورهای اصلی واندازه‌ی آنها تغییرناپذیر باشد.

درچنین محیطی باز هم بعلت تقارن سمت‌ها، تا زمانی که نیروی خارجی دخالت نکند، نقطه‌ی ساکنی بحال سکون باقی خواهد ماند.

٤ ـ همگنی‌ی شعاعی ـ همگنی‌ی شعاعی همگنی‌ی محیطی را گوئیم که‌تمام سمتهائی که ازنقطه‌ی مرکزی‌ی‌آن‌میگذرد ازهرحیث همسان باشند و بعبارت دیگر، مشخص تمام نقطه‌های سطح های کروی‌ی هم‌مرکز بانقطه، یکسان باشند. مثال طبیعی‌ی چنین‌محیطی محیط جاذبه‌ی‌نقطه‌ی وزین منحصربفردمیباشد. در چنین محیطی فقط نقطه‌ی مرکزی بحال تعادل است و در هر نقطه‌ی دیگر تمایلی طبیعی برای حرکت شعاعی وجود دارد.

۵ ـ ناهمگنی‌ی‌دومقیاسی ـ محیط ناهمگن دومقیاسی محیطی‌است که‌نقطه‌ی‌مفروض برمرکزبیضوی دورانی‌ی مشخص واقع نبوده و درکانون آن بوده باشد. چنین محیطی رایا بوسیله‌ی سرعت v ویا بوسیله‌ی $c' \leftarrow$ متوسطسرعت‌نور درامتداد v وعکس آن $\rightarrow$ مشخص مینمائیم.

٦ ـ ناهمگنی‌ی‌سه مقیاسی ـ محیط ناهمگن‌سه‌مقیاسی محیطی را گوئیم که‌نقطه‌ی مفروض، درمرکز بیضوی‌ی سه محوری نبوده، بلکه درکانون یکی از مقطع های مرکزی‌ی غیرمشخص بیضوی باشد.

۷ ـ ناهمگنی‌ی مطلق ـ ناهمگنی‌ی مطلق‌شامل ناهمگنی‌هائی‌است که نقطه درمحل غیرمشخصی، نسبت به سطح مشخص خود، قرار داشته وسطح غیرمشخص‌مزبورهم بتواند شکل غیرمشخصی داشته باشد.

یک اصل منطقی ـ جز درمحیط همگن‌مطلق ومحیط‌های همگن دومقیاسی وسه مقیاسی ومرکزمحیط همگن شعاعی، نقطه‌ای‌غیرمشخص و مفروض، در هرکجا که‌باشد، بعلت عدم تقارن محیطی که آن را احاطه کرده است، تحت‌تأثیر نیروهائی درتمام سمت‌ها واقع میشود که زائیده‌ی عدم تقارن سمتهای مختلف است. بنابراین تمایلی وجود دارد که نقطه در جهت منتجه‌ی آن نیروها بحرکت درآید. این حرکت نوعی انجام

میشود که درنتیجه‌ی آن محیط دورادور نقطه ، دراثر واکنش حرکتی‌ی نقطه‌ی متحرك ، بمحیط‌متقارن‌تری تبدیل شود . اگر مشخص محیط تبدیل یافته نسبت به تمام نقطه‌های مسیر حرکت وضع ثابتی پیدا کند ، وآن وضع ثابت نماینده‌ی همگنی‌ی دومقیاسی یا همگنی‌ی کروی باشد ، سرعت‌نقطه درامتداد مسیرخود ثابت خواهد ماند .

نکتهٔ ۱ ـ طبق این اصل کلی حرکت‌زمین بدور خورشید ← تاحدودی که میتوان آنرا با دایره‌ای بمرکز خورشید منطبق دانست ← چون با سرعتی ثابت حرکتی دورانی ومداری دارد، محیط مجاور خود را که نسبت بخورشید همگن شعاعی است ، بمحیط همگن نمای دومقیاسی ← وشایدهم به‌محیط همگن مطلق محلی ← تبدیل خواهد نمود . درهردوصورت نتیجه‌ی تجربه‌ی مایکل‌سن صفر خواهد بود ، واگر نتیجه‌ی آن صفر نباشد علت آن درغیراز سرعت مداری‌ی زمین (۳۰ کیلومتر ثانیه) باید جستجو شود.

نکتهٔ ۲ ـ درمحیطی که همگن مطلق است،چنانکه گفتیم،حرکت ویا تغییر حرکت بصورت طبیعی محال است واگر فرض شود که دخالت نیروئی خارجی نقطه‌ای‌را بحرکت گالیله‌ای درآورده‌است ، همگنی‌ی محیط درمجاورت نقطه بهم خواهد خورد ومحیطی ناهمگن بوجود خواهد آمد که امتداد ثابت حرکت۷، که همان مسیر حرکت است،محور دورانی‌ی آن است . اگر نیروی محرك قطع شود حرکت نقطه بصورت‌حرکت گالیله‌ای ادامه خواهد یافت (لااقل با تقریب قابل چشم پوشی) ، مگرآنکه انجام کاری نقطه را رفته رفته متوقف نماید که درآنصورت محیط مجدداً بحال همگنی‌ی مطلق اصلی برخواهد گشت.

نکتهٔ ۳ ـ هندسه‌ی محیط همگن مطلق، که‌محیطی تک‌مقیاسی است، هندسه‌ی اقلیدسی خواهدبود وکلیه‌ی قضیه‌های این هندسه درچنین فضائی صحت داشته ومیتواند نمود سکونی و فیزیکی‌ی مناسبی داشته باشد .

نکتهٔ ٤ ـ درمحیط همگن‌دومقیاسی یاسه مقیاسی ، درصورتیکه واحدهای طول دویاسه‌سمت‌اصلی را متناسب با $\frac{c'_i}{c}$ اختیار نمائیم ← c سرعت نور درمحیط همگن فیزیکی و c'_i ، که درآن i نمایش یکی از سه محور اصلی است ، سرعت نور در آن امتداد میباشد ← محیط همگن دو یا سه مقیاسی تبدیل به محیط همگن تک مقیاسی شده و مشخص بیضوی‌ی آنها به مشخص کروی‌ای که‌مرکزآن درنقطه‌ی مفروض است تبدیل میشود. محیط‌های همگن دومقیاسی یا سه مقیاسی در واقع محیط‌های «شبه اقلیدسی» است .

نکتهٔ ۵ ـ اگر محیط ناهمگن دومقیاسی یا سه‌مقیاسی ویاهرمحیط ناهمگن مطلق‌دیگری‌را درسمت غیرمشخص باواحد $\frac{c'}{c}$ ، که c' سرعت نور درسمت موردنظر است، اندازه‌گیری‌نمائیم محیط ناهمگن‌بمحیط همگن c که مشخص آن کره‌ای بمرکز نقطه‌ی مفروض است تبدیل خواهد شد.

ثابت اختیارکردن c درکلیه‌ی‌محورهای گالیله‌ای‌توسط انشتین در واقع عملی‌جز عمل بالا نیست زیرا ضریب $\frac{t'}{t}=\frac{ct'}{ct}=\frac{c't}{ct}=\frac{c'}{c}$ میباشد .

نکتهٔ ٦ ـ منظور ما از محیط درآنچه تاکنون گفته شده است محیطی است که مظروف فیزیکی‌ی

فضای خلاء مطلق لایتناهی را تشکیل میدهد و فرض اساسی و معقول ما آن است که ظرف ، که لایتناهی است ، روی مظروف هیچگونه اثر فیزیکی نمیتواند داشته باشد زیرا ظرف برای ما جز مفهوم جا و گنجائی، که همان خلاء مطلق نامتناهی ی اقلیدسی است، معنی ی دیگری نداشته ونمیتواند داشته باشد .

نکتهٔ ۷ ـ با توجه به نکته‌ی ٦ ، چون فرض حرکت محیط نسبت به خلاء مطلق ← درعین آنکه با هرسرعتی و هرسمتی قابل تصور است ← به ایجاد هیچ تأثیر و تأثری منتهی نشده و در نتیجه هیچگونه تغییری درهمگنی یاناهمگنی ی خلاء فیزیکی واصطلاحی بوجود نخواهد آورد ؛ ما ظرف (گنجائی) را نسبت بمظروف آن (محیط) درهمه حال ثابت وبدون حرکت تلقی میکنیم .

نکتهٔ ۸ ـ فراموش نکنیم که وقتی برای اندازه گیری ی پدیده‌ها در هرسمتی که باشند ، ما واحدهای مطلق و ثابتی را انتخاب کرده و سرعت را نیز منحصراً براساس واحد زمان و واحد طول یعنی $v=\frac{dx}{dt}$ تعریف نموده و بخصوص قانون جمع سرعتها طبق مکانیک نیوتنی را مبنای تعیین سرعتهای منتجه قرار داده‌ایم وبعبارت دیگر محیط را همگن مطلق تلقی کرده‌ایم ← درصورتیکه فرض وجود حرکت خود مترادف با وجود ناهمگنی ی محیط و ایجاد نیروهای مؤثر جدیدی است ← ؛ نباید از چنین مکانیکی که همان مکانیک نیوتنی است ، انتظاری جز تقریبی بودن نتیجه های بدست آمده داشته باشیم ؛ مگرآنکه محیط مکانیکی حقیقتاً خلاء مطلق بوده باشد . اما وجود میدانهای مختلف ، و ناهمگنی ی آنها از نظر اثر ، خود بهترین دلیل برای انکار خلاء مطلق حقیقی ، و برخلاف مؤید وجود محیط فیزیکی (اتر) است . پس چون خلاء اصطلاحی ی ما خلاء مطلق نیست ، ناهمگنی های ناشی از فرض حرکت میتواند پدیده‌ها را بمیزانی که در سرعتهای عادی قابل اندازه گیری نباشد تغییر دهد ولی اثر آن در سرعتهای زیاد خود نمائی کند . طبق تجربه هم این تأثیرها وجود دارد و تنها در سرعتهائی که با سرعت نور قابل مقایسه باشد خود نمائی کرده وقابل اندازه گیری شده است .

نکتهٔ ۹ ـ در فرضیه‌ی نسبیت ، انشتین بجای توجه به ناهمگنی ی ناشی از ایجاد حرکت تحمیلی درمحیط فیزیکی و همگن c ودرنظر گرفتن اثر واقعی ی آن؛ با قبول طولانی ترجلوه کردن طول متحرك وطولانی تر شدن واحد زمان درفضای متحرك تلقی شده ، درحقیقت ناهمگنی ی محیط را به همگنی ی مطلق تبدیل نموده است . علاوه چون انشتین وجود محیط فیزیکی ی اتر را انکارمیکند، اثراین تبدیل ها را درواقع چنین تعبیرمیکند که ظرف فیزیکی ی پدیده‌ها ← که خود همگن مطلق و اقلیدسی است ← بفضائی شبه اقلیدسی یا غیراقلیدسی تبدیل شده است ؛ فضای تبدیل یافته‌ای که درمورد نسبیت خاص شبه اقلیدسی و در مورد نسبیت عام ← بعلت تغییر مشخص از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر ← فضای ریمنی است . در نتیجه انشتین خاصیتهای فیزیکی ی محیط ناهمگن واقعی را بصورت پیدایش انحناء در فضای خلاء مطلق درمیآورد ، امری که جز تعبیر ریاضی نبوده و واقعیت فیزیکی ی آن که همگن شدن محیط فیزیکی ← منتها از راه تغییر مختصات زمانی ومکانی ← باشد ، مورد عنایت نیست .

نکتهٔ ۱۰ ـ درنظرما ← چه‌حرکت اجباراً ایجاد شده ومحیط همگن‌را ناهمگن کند ویا ناهمگنی‌ی موجود را تغییرصورت دهد، وچه حرکت بطور طبیعی ودراثر ناهمگنی‌ی محیط خود بخود ایجاد شده ومحیط را همگن کرده ویا ناهمگنی‌آنرا تغییرصورت دهد ← دورویه برای‌مطالعه‌ی‌موفقیت‌آمیز پدیده‌های‌فیزیکی، بنحوی که نتیجه‌ها از نظر فیزیکی و مکانیکی عیناً همانند هم و همانند نتیجه‌های بدست آمده از مکانیک نسبی ومکانیک ماکسولی باشد وجود دارد :

الف ـ پدیده‌ی مکانیکی وفیزیکی را ، پس‌از همگن کردن محیط از هرراه وبهرطریقه‌ای که باشد، با استفاده از رویه‌ی محاسباتی‌ی انشتین دنبال کرده وبررسی نمائیم .

ب ـ پدیده‌ی مکانیکی‌وفیزیکی‌را ← با ناهمگن رها کردن‌محیط وتعیین‌صورت‌واقعی‌ی‌آن ← تنها با استفاده از رابطه‌های فیزیکی‌ای‌که عامل‌های مؤثر و مشخص کننده‌ی پدیده را بهم مربوط مینماید ، بررسی نمائیم .

البته رویه‌ی الف ، بعلت رجحانی که از نظرمحاسباتی دارد ، برروبه‌ی ب اولویتهای قابل‌ملاحظه‌ای دارد ولی نبایستی نادیده‌گرفت‌که رویه‌ی ب این برتری قابل ملاحظه‌را دارد که پدیده‌ی‌فیزیکی را آنچنان که هست درنظرما مجسم میکند ، نه درقالب ریاضی وبی‌روح آن که‌پرده‌ی ابهامی روی‌خاصیت‌های‌فیزیکی وپاره‌ای رابطه‌ها وقانونهای آن می کشد .

معقول‌ترین رویه‌ی محاسباتی و عملی بنظر ما رویه‌ای است‌که هردورویه‌ی بالا را مورد استفاده قرار داده واز هریک برای پیشرفت‌سریع علم ← که درك روشن رابطه‌های فیزیکی شرط اساسی آن است← به بهترین وجه استفاده نماید .

نکتهٔ ۱۱ ـ درصورتیکه رابطه‌ی محیط ناهمگن پدیده‌ای را نسبت بظرف پدیده‌که خود همگن باقی مانده است بنویسیم ، بدلیل ناهمگنی‌ی‌محیط فیزیکی‌ای که‌نمایش‌داده شده‌است ، دیگر فرم‌مجذوری‌ی معادله‌ی انتشار نور ← که مشخص محیط همگن است ← حفظ نخواهد شد و بجای فرم کروی‌ی معادله‌ی انتشار نور ، معادله‌ی مشخص نوری معادله‌ی یک بیضوی دورانی (درمحیط گالیله‌ای) ویا معادله‌ی یک بیضوی سه محوری (درمحیطهای شتابدار) خواهد شد و از همین راه ناهمگنی‌ی واقعی‌ی محیط گالیله‌ای و محیط شتابدار خودنمائی خواهد کرد .

IV ـ نتیجه‌ای‌که بنظرما میتوان از مبناهای بالاگرفت

۱ ـ فورمولهای تبدیل گالیله که‌بصورت : $x'_1=x_1\mp vt$ و $x'_2=x_2$ و $x'_3=x_3$ و $t'=t$ میباشد فقط درصورتی فرم‌معادله‌های‌مکانیکی‌را (مثل‌مکانیک‌نیوتنی) حفظ خواهدنمود که‌معادله‌ها برای‌پدیده‌هائی نوشته شده باشند که در دوفضای‌خلاء مطلق ویا در دومحیط تغییرناپذیر وقابل‌تداخل وبدون اثر تغییرشکل دهنده روی یکدیگر اتفاق افتاده باشد . بعبارت دیگر تبدیل‌های گالیله‌ای تبدیل‌های‌غیرفیزیکی (سکونی) خواهند بود .

۲ ـ اگر ما محیط خلاء فیزیکی را ، که‌خلاء عادی واصطلاحی‌است ، درنظربگیریم وخلاء وابسته

به محور مختصات o را محیط همگن مطلق تلقی‌نمائیم، چون‌خلاء ما از انرژی یا ماده‌ی‌رقیق همگنی ← که اصطلاحاً اتر نامیده میشود ← باید پرشده باشد (اتر همگنی که سرعت نور درآن در همه‌جا وبرای همه‌ی سمت‌ها ثابت و مساوی‌ی c است) ، وقتی نقطه‌ای مادی وحقیقی را که درلحظه‌ی $t=0$ در مرکز مختصات o' است (مرکز مختصاتی که محورهای وابسته بدان در لحظه‌ی مبنا با محورهای مختصات o منطبق بوده است) ، با حرکتی گالیله‌ای بسرعت v در جهت x ها بحرکت درآوریم ، تأثیر نقطه‌ی متحرك روی محیط همگن ایجاد یک ناحیه‌ی ناهمگن در دورادور نقطه‌ی متحرك است ، ناهمگنی‌ای که نمیتواند فوری همگن شود زیرا چنین امری وجود جابجا شدن انرژی یا ماده را با سرعت لایتناهی ایجاد میکند که معقول نیست ، بنابراین محیط همگن c که مبنا فرض شده است دچار تغییری میشود که درنتیجه‌ی آن سرعت نور درسمت حرکت وسمت عکس‌آن (وهمچنین به‌تبع وبدلیل پیوستائی‌درهمه‌ی‌سمتها) تغییر کرده ومتفاوت خواهد بود . ولی نتیجه‌ی منفی‌ی تجربه‌ی مایکل‌سن نشان‌میدهد که‌این ناهمگنی‌بهرحال با فورمول‌جمع هندسی‌ی‌سرعتها طبق مکانیک کلاسیک یعنی $(c-v)$ و $(c+v)$ ← که خود از فرض همگن ماندن محیط اصلی نتیجه میشود ← سازگار نیست . حال اگر ساده‌ترین فورمول سرعت‌نور درمحیط ناهمگن را بطور آزمایشی‌فورمولی بشکل $a(c\mp v)$ اختیار نمائیم ، باید رویه‌ای‌پیدا نمود که ← درصورت متناسب بودن‌فرم بالا برای‌نمایش سرعت‌واقعی‌ی‌نور درمحیط ناهمگن ← بتوان ضریب‌ثابت α را بوسیله‌ی‌آن‌تعیین کرد . مادورویه‌ی زیر را برای تعیین ضریب a بکار میبریم .

تعیین ضریب a درمحیط گالیله‌ای‌ی c'

۱ـ استفاده از نتیجه‌ی منفی‌ی تجربه‌ی مایکل سن ـ در رویه‌ی اول و برای توجیه تجربه‌ی مایکل سن ، بجای آنکه طبق مکانیک نیوتنی چنین فرض کنیم که سرعت نور در دوبازوی‌عمودبرهم ← که یکی‌در امتداد حرکت قرار داشته و دیگری درامتدادعمود برآن است ← اولی باسرعت $(c\mp v)$ و دومی با سرعتی که از ترکیب دوسرعت، یکی سرعت انتقالی‌ی v ی بازو ودیگری سرعت ثابت c ی نور و در جهت عمود بر v طی میشود ، چنین قبول میکنیم که بازوی واقع درجهت حرکت با سرعتهای $a(c\mp v)$ طی میشود که درآن ضریب a باید نوعی انتخاب شود تا با نتیجه‌ی تجربه‌ی مایکل‌سن که صفر و یا باصطلاح منفی است موافقت پیدا کند . دراین فرض زمان رفت‌وبرگشت‌نور از بازوی‌موازی‌باامتدادحرکت‌مساوی‌ی $\frac{2l}{ca(1-\beta^2)}$

و برای بازوی عمود برآن $\frac{2l}{c\sqrt{1-\beta^2}}$ خواهد بود وشرط لازم وکافی برای تساوی‌ی این دوزمان آنست که $a=\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ باشد که درکلیه آنها $\beta=\frac{v}{c}$ است . به این ترتیب مشاهده میشود که تعیین ضریب $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ ، که درتبدیل های‌لورنتز ـ انشتین دخالت‌میکند ، بهیچوجه ملازم با فرض ثبات‌سرعت‌نورنیست بلکه کافی است قبول کنیم که سرعت نور نسبت بدان محیط ، بعلت‌تأثیر حرکت روی‌محیط همگن c ، بجای $(c\mp v)$ مساوی‌ی $c'=\frac{c\mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ میباشد .

۲ ـ استفاده از فرمولهای لورنتز انشتین ـ در رویه‌ی‌دوم تعیین ضریب a که‌رویه‌ی لورنتز‌ـانشتین

است و درآن سرعت نور ، نسبت به دومحور مختصاتی که نسبت بهم حرکت گالیله‌ای دارند ، تواماً مساوی c فرض شده است ، فورمولهای لورنتز بشرح زیر بدست آمده‌اند :

$$\pm x_1 = \frac{x_1 \mp vt}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad x'_2 = x_2 \qquad x'_3 = x_3 \qquad \pm t' = \frac{t \mp \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

و اکنون ما نشان میدهیم که دورابطه‌ی اول وآخر با رابطه‌ی $c' = \frac{c \mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ یکسانند زیرا میتوان هردوی آنها را از رابطه‌ی اخیر بدست آورد ، چون فرض اساسی برای بدست آوردن فورمولهای‌لورنتز-انشتین ثبات c درآن واحد نسبت بهردومحور گالیله‌ای است که نسبت‌بهم با سرعت v درحرکتند وبنابراین $x_1 = ct$ و $t = \frac{x_1}{c}$ وبالاخره $\pm x'_1 = c \pm t'$ میباشد و حال اگر این مقدارها را در دو رابطه‌ی لورنتز مورد استفاده قرار دهیم وتوجه کنیم که ct' طبق نظر انشتین با c't طبق مقداری که ما برای c' بدست آورده‌ایم یکسان است نتیجه‌ی مطلوب ثابت گردیده است :

$$c \pm .t' = c\frac{\left(t \mp \frac{vx}{c^2}\right)}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{ct \mp vt}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{t(c \mp v)}{\sqrt{1-\beta^2}} = \pm c't = \pm x' = \frac{x_1 \mp vt}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

بنابراین رابطه‌ی $\pm c' = \frac{c \mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ بدست آمده و $a = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ شده است .

به‌این ترتیب‌ملاحظه‌میشود که‌هردوعبارت x' و t' در واقع متعادل‌با تنهاعبارت $\mp c' = \frac{c \mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ است که ما با فرض مطلق بودن زمان یعنی $t' = t$ بدست آورده‌ایم وانشتین ، با فرض ثبات سرعت‌نور نسبت بمحورهائی که یکی نسبت بدیگری حرکتی گالیله‌ای با سرعت v داشته‌اند ، آن را انکار میکند ودرنتیجه‌ی این انکار برای توجیه کلیه‌ی پدیده‌های فیزیکی ناچار متوسل به نسبی بودن زمان وفاصله میشود .

بنظرما انشتین تحت تأثیر واقعیت‌های زیر :

اول اینکه درفورمولهای ماکسول ← که با تبدیل متغیرهای x' و t' براساس تبدیل های لورنتز فرم خود را حفظ میکنند ← سرعت نور ثابت ومساوی‌ی c است ؛

دوم اینکه تبدیل هـای لورنتز بـا فرض ثبات سرعت نور نسبت به کلیه‌ی محورهـای گالیله‌ای ، وبراساس حفظ فرم معادله‌ی انتشار نور ، بدست میآیند ؛

سوم اینکه تمام پدیده‌های فیزیکی‌ی شناخته شده ، بنحوی که از فورمولهای ماکسول بدست‌آمده وتجربه آنها را تایید کرده است ، با فرضیه‌ی نسبیت خاص توجیه پذیر شده است ؛

چهارم تحت تأثیر فرمی که لورنتز برای تبدیل های‌خود اختیارکرده وانشتین نیز آنها را ، براساس متعاکس بودن محورها وثبات سرعت c ، استخراج کرده است ؛

نظریه‌ی نسبیت خاص را ← کـه با فرض ثبات سرعت نور و متعاکس بودن محورهای گالیله‌ای پایه گزاری شده و منجر به فورمولهای تبدیل لورنتز و نسبیت زمان و فاصله گردیده است ← بعنوان تنها

راه حل توجیه پدیده‌های مکانیکی وفیزیکی درمحیط گالیله‌ای شمرده ، وپس از توفیق کامل دراین زمینه ، با استدلال همسازی که براساس نسبیت زمان و فاصله و یکسانی‌ی جرم ثقل وجرم ماند بنانهاده شده است ، نسبیت عام را (تنها این بار با تغییرپذیر بودن سرعت نور) با توفیق خارق‌العاده‌ای طرح ریزی کرده است . با آنکه درك وقبول پایه‌های نسبیت برای همه، جز معدودی استثناء ، مشکل وغیرقابل هضم بوده وبنظرما هم ، برای رسیدن بهمان نتیجه‌ها ، ضروری‌نیست، تا این تاریخ نظریه وتوجیه قابل‌قبول دیگری عرضه‌نشده است .

V ـ تبدیل‌های لورنتز وتبدیل‌های دیگری که میتوانند جانشین آن شوند

فورمولهای تبدیل لورنتز که فرم معادله‌های ماکسول وفرم معادله‌ی انتشارنور بصورت مجذوری‌ی $x'^2_1+x'^2_2+x'^2_3=c^2t^2$ را حفظ میکنند عبارتند از :

$$x'_1=\frac{x_1 \mp vt}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad \text{و} \quad x'_2=x_2 \quad \text{و} \quad x'_3=x_3 \quad \text{و} \quad t'=\frac{t \mp \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

در بندهای زیر نشان میدهیم که میتوان بجای آنها فورمولهای همانند وهم سنگ دیگری ، درسه یا چهار صورت متفاوت بکاربرد ، منتها با این تفاوت ، که برخلاف فرضیه‌ی نسبیت انشتین زمان ومکان مطلق تلقی شده وسرعت‌نور تغییرپذیر بشمار آمده است ؛ تعبیری که بیشتر و بهتر با احساس عمومی و عادت همه سازگار است :

الف ـ معادله‌های تبدیل لورنتز رابا فرض مطلق تلقی کردن زمان میتوان بصورت زیر نوشت :

$$x'_1=\frac{x_1 \mp vt}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad t'=t \qquad x'_2=x_2 \qquad x'_3=x_3 \qquad c'=\frac{c \mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

که با استفاده ازآنها بجای فورمولهای لورنتز ، فرم معادله‌ی انتشار نور درمحورهای مبناومحورهای گالیله‌ای، وقتی بصورتهای زیر نوشته شوند ، تغییرناپذیر خواهد ماند :

$$x_1^2+x_2^2+x_3^2=c^2t^2 \qquad x'^2_1+x'^2_2+x'^2_3=c'^2t^2$$

ب ـ فورمولهای تبدیل زیر نیز که درآنها t بصورت حاصلضرب با c یا c' دخالت میکنند :

$$x'_1=\frac{x_1 \mp \beta(ct)}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad x'_2=x_2 \qquad x'_3=x_3 \qquad (ct')=\frac{(ct) \mp \beta x}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

وقتی معادله‌های انتشارنور درمحیط اصلی‌ی همگن از طرفی ومحیط ناهمگن گالیله‌ای‌از طرف‌دیگربصورتهای زیر نوشته شوند ، فرم معادله‌ها را حفظ خواهند نمود :

$$x'^2_1+x'^2_2+x'^2_3=(ct)^2 \quad , \quad x'^2_1+x'^2_2+x'^2_3=(c't)^2$$

ج ـ هرگاه برای‌تقارن‌بیشتر فورمولها، متغیرهای‌مینکوسکی‌را که درآن $x_4=i(ct)$, $x'_4=i(c't)$ فرض میشوند بکاربریم، باز فرم‌معادله‌های انتشار نور که بصورت مجموع مربع‌ها نوشته شوند :

$$x_1^2+x_2^2+x_3^2+x_4^2=0 \quad \text{و} \quad x_1'^2+x_2'^2+x_3'^2+x_4'^2=0$$

با تبدیل‌های زیر که تقارن زیبائی دارند محفوظ خواهد ماند :

$$\mp x'_{\varepsilon}=\frac{x_{\varepsilon}\mp i\beta x_{1}}{\sqrt{1-\beta^{2}}} \qquad x'_{3}=x_{3} \quad x'_{2}=x_{2} \qquad \mp x'_{1}=\frac{x_{1}\mp i\beta x_{\varepsilon}}{\sqrt{1-\beta^{2}}}$$

دراین فورمولها نیز رابطه‌ی‌بین x'_{1} و x'_{ε} با x_{1} و x_{ε} درواقع باز از رابطه‌ی $\mp c'=\frac{c\mp v}{\sqrt{1-\beta^{2}}}$ وبالعکس رابطه‌ی سرعت نور از رابطه‌های اولی وآخری‌ی تبدیل‌های بالا بدست میآیند :

$$\mp x'_{1}=\frac{x_{1}\mp i\beta x}{\sqrt{1-\beta^{2}}}=\frac{ct\mp vt}{\sqrt{1-\beta^{2}}}=\frac{t(c\mp v)}{\sqrt{1-\beta^{2}}}=\mp c't$$

$$\mp x'_{\varepsilon}=\frac{x_{\varepsilon}\mp i\beta x_{1}}{\sqrt{1-\beta^{2}}}=\frac{ict\mp i\beta x_{1}}{\sqrt{1-\beta^{2}}}=\frac{it(c\mp v)}{\sqrt{1-\beta^{2}}}=\mp c't$$

د ـ میتوان تبدیل‌های سه‌گانه‌ی بالا را کـه براساس زمان و فضای مطلق و سرعت متغیر نور ، بشکل‌هـای متفاوتی شبیه فورمولهای لورنتز نوشته‌شده‌است ، درفضای همگن مطلق بصورت زیر نیز نوشت :

$$\mp c'=(c\mp v) \quad , \quad t'=\frac{t}{\sqrt{1-\beta^{2}}} \qquad x'_{3}=x_{3} \quad x'_{2}=x_{2} \qquad \mp x'_{1}=\frac{x_{1}\mp v\,t}{\sqrt{1-\beta^{2}}}$$

واین فورمولها باز فرم معادله‌های انتشار نور راکه بصورت‌های زیر نوشته شده باشند حفظ خواهندنمود .

$$x'^{2}_{1}+x'^{2}_{2}+x'^{2}_{3}=c'^{2}t'^{2} \qquad , \qquad x_{1}^{2}+x_{2}^{2}+x_{3}=c^{2}t^{2}$$

تغییرمختصات بالا این فایده را دارد کـه با آن میتوان هم‌سنگ کمیت‌های وابسته به x'_{1} و t' را درفضای ناهمگن c' بوسیله‌ی x_{1} و t ی فضای‌همگن c تعیین کرد ودرعین‌حال فورمول مکانیک کلاسیک دایربقانون جمع سرعتهارا نیز حفظ نمود . این تعبیر تعبیربینابینی از فرضیه‌ی نسبیت وفرضیه‌ی مکانیک‌نیوتنی است که درآن برای بدست آوردن نتیجه‌های تجربی در محیط ناهمگن ناشی ازسرعت گالیله‌ای‌ی v ، واحد زمان مطلق‌را باید درضریب $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^{2}}}$ ضرب نمود ← عملی‌که همان کوتاه کردن فاصله‌ی طی‌شده توسط‌نور (x'_{1}) درمدت t وهمگن کردن‌محیط گالیله‌ای است ← ولی درعوض درتعیین‌سرعت‌نور باید همان فورمولهای مکانیک کلاسیک را ، که درمحیط همگن صحیح است ، بکار برد . فراموش نکنیم که دراین تعبیر ← برای حفظ فرم معادله‌های انتشار نور ← طرف دویم تساوی باید بصورت $c'^{2}t'^{2}$ نوشته‌شود که‌درآن $c'=c\mp v$ و $t'=\frac{t}{\sqrt{1-\beta^{2}}}$ است .

برای برگشتن از محیط ناهمگن به محیط همگن اصلی کافی است سرعت نور را که $c'=c\mp v$ شده است با افزودن $\mp v$ مساوی‌ی c کنیم ودراین صورت چون در واقع سرعت‌حرکت نسبت بمحیط همگن اصلی صفر شده $\left(\beta=\frac{v-v}{c}=o\right)$ ، وعلاوه $\sqrt{1-\beta^{2}}=1$ گردیده ، رابطه‌ی بین t و t' هم به تساوی‌ی $t'=t$ تبدیل گردیده است .

برای این منظور یعنی برگشتن بمحیط همگن اصلی، همچنین کافی‌است که از نظرمکانیکی‌مقاومتی درمقابل نقطه‌ی متحرك بوجود آوریم تا با پس دادن کاری که‌برای ایجاد حرکت v مصرف‌شده نقطه بحال سکون درآمده ومحیط نیز بصورت همگن مطلق اصلی‌ی خود بازگردد .

نتیجهٔ ۱ ـ مشخص محیط گالیله‌ای ـ صرف‌نظر از جمله‌های مساوی‌ی هم ، در فورمولهای تبدیل پیشنهادی‌ی بالا ، رابطه‌ی $x'_1 = \frac{x_1 \mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ نشان میدهد که چون حاصلضرب $(x'_1 \cdot -x'_1)$ مساوی‌ی x_1^2 میشود مشخص نقطه درمحیط گالیله‌ای یک بیضوی دورانی‌است که کانون آن برنقطه‌ی مفروض‌منطبق است. این بیضوی‌از انبساط کره‌ی‌بشعاع c حول نقطه‌ای که‌از مرکز کره فاصله‌ای‌مساوی‌ی v دارد بدست میآید و ضریب انبساط مزبور مساوی‌ی $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ است.

کل‌انرژی‌ی‌جرم‌متحرك m_0 ـ دومقدار عددی‌ی سرعت‌نور دراین‌مشخص بیضوی ودرامتدادحرکت $c' = \frac{c \mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ است که رابطه‌ی $c' \cdot -c' = \frac{c^2 - v^2}{1-\beta^2} = c^2$ ازآن نتیجه‌میشود واین رابطه‌درحقیقت معادل همان فرض متعاکس بودن محورهای گالیله‌ای است که انشتین برای استخراج فورمولهای لورنتز از آن استفاده مینماید و برای حالتهای الف و ب و ج بالا هرسه صادق است . ولی اگر تعبیر دال بالا را مبنا قرار دهیم ، این‌عبارت $c \cdot -c't'^2 = c^2t^2$ است که‌بجای حاصلضرب سرعتهای نور بایستی بکار برده شود .

بهرحال درکلیه‌ی حالتهای بالا همواره تساوی‌ی $c'-c't'-t' = c^2t^2$ برقرار میباشد . معنی‌ی این رابطه درحقیقت آنست که چون طبق نسبیت کل انرژی‌ی موجود درجرم m_0 ، وقتی در محیط c سرعت v را بخود گرفته‌است ، مساوی‌ی $\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\lambda^2}}$ میباشد واین انرژی چه نسبت به محیط c و چه نسبت بمحیط c' با $\left(c' = \frac{c}{\sqrt{1-\beta^2}}\right)$ ویا $c' = \frac{c \mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ ارزیابی‌شود مقدارآن‌همان‌مقدار بالا یعنی :

$m' \cdot -c' + c'$ خواهد شد و چون $m' c'^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\lambda^2}}$ میباشد پس جرم m' درمحیط گالیله‌ای‌ی c' مساوی‌خواهد بود با $c'^2 = \frac{c^2}{(1-\beta^2)}$ ، درصورتیکه همان جرم m_0 ، اگر از نظرمحاسبه‌ی انرژی درمحیط همگن c مورد نظر قرارگیرد ، جرم m آن مساوی‌است‌با $m' = m_0\sqrt{1-\beta^2}$

نتیجهٔ ۲ ـ انرژی‌ی جنبشی‌ی‌جرم m_0 ـ چون‌بیضوی‌ی مشخص‌با انبساط کره‌ی c در امتداد محور x ها ودرطرفین نقطه‌ای که از مرکز آن بفاصله‌ی v واقع شده بدست آمده است ، بنابراین طول v' که نظیر طول v منتها درمحیط $c' = \frac{c}{\sqrt{1-\beta^2}}$ است ، مساوی با $v' = \frac{v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ خواهد بود . ازاین رابطه با توجه به اینکه $m' = m_0\sqrt{1-\beta^2}$ است چنین نتیجه میشود که انرژی‌ی جنبشی‌ی موجود درجرم متحرك ← انرژی‌ای که خود مقداری ثابت است ← درهردومحور مختصات یکسان ومساوی‌ی :

$$\frac{1}{2}m'v'^2 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\frac{m_0v^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

باید باشد ، تساوی‌ای که بوسیله‌ی محاسبه‌ی انرژی‌ی جنبشی براساس مقدار m و m' و v' نیز تایید میشود .

نتیجهٔ ۳ ـ مقدارحرکت ـ درنسبیت ، نظربه آنکه محیط گالیله‌ای که‌درآن $c' = \frac{c}{\sqrt{1-\beta^2}}$ است

توسط تغییرواحد زمان به محیط c تبدیل گردیده است ، عبارت مقدار حرکت جرم m_0 ، که با سرعت v در محیط همگن c درحرکت است ، $mv=\frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ باید اختیار شود ، مقدار حرکتی که از تقسیم انرژی‌ی جنبشی بر $\frac{1}{2}v$ نیز بدست میآید . اما در تعبیر ما که پدیده‌ی فیزیکی را در ظرف مکانی‌ی مطلق آن بررسی میکنیم ، چون عبارت انرژی‌ی جنبشی نسبت بمحیط c' را بر $v'=\frac{1}{2}\frac{v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ تقسیم نمائیم، مقدار حرکت متحرك مساوی‌ی $m'v'=m_0 v$ خواهد شد ، رابطه‌ای که مقدارهای :

$$v'=\frac{v}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad \text{و} \quad m'=m_0\sqrt{1-\beta^2}$$

نیز مؤید آنست . با این ترتیب در محیط همگن شده‌ی انشتین عبارت مقدار حرکت با اصل ثابت ماندن مقدار حرکت متوافق درنمیآید ولی آن اصل کلی درظرف‌مکانی‌ی موردنظر ما، که‌ظرف‌مکانی‌ی‌محیط ناهمگن گالیله‌ای است ، بقوت خود باقی مانده است .

نتیجهٔ ٤ ـ فورمولهای «تبدیل‌مقیاس» ومتعاکس ـ ازمجموع آنچه تاکنون در زمینه‌ی معادله‌های مختلف تبدیل ، که تمامی‌ی آنها محیط ناهمگن گالیله‌ای را به محیط همگن c تبدیل‌مینمایند ، چنین‌نتیجه میشود که فورمولهای اصلی‌ی تبدیل با رعایت علامت عبارتند از :

$$\pm x'_1=\frac{\pm x_1 \mp vt}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad , \quad \pm c'=\frac{\pm c \mp vt}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

ولی این دوفرم را میتوان بصورت جالب وجدید دیگری نیز درآورد که‌درتعبیرانشتین از متعاکس تلقی‌شدن دومحور گالیله‌ای نسبت بهم ؛ و درتعبیر ما از تبدیل محیط همگن به محیط ناهمگن گالیله‌ای ویا بالعکس حکایت میکند. اگر در رابطه‌ی تعیین x'_1 بجای t مساوی‌ی آن $\frac{x_1}{c}$ را قرار دهیم ، دورابطه‌ی تبدیل بالا بصورت تبدیل مقیاسی که بشرح زیر است درمیآیند :

$$\pm x'_1=\frac{\pm x_1 - vt}{\sqrt{1-\beta^2}}=\frac{\pm x_1(1\mp\beta)}{\sqrt{1-\beta^2}}=\pm x_1\sqrt{\frac{1\mp\beta}{1\pm\beta}} \quad \text{و} \quad x_1=\pm x'_1\sqrt{\frac{1\pm\beta}{1\mp\beta}}$$

$$\pm c'=\frac{\pm c - v}{\sqrt{1-\beta^2}}=\frac{\pm c(1\mp\beta)}{\sqrt{1-\beta^2}}=\pm c\sqrt{\frac{1\mp\beta}{1\pm\beta}} \quad \text{و} \quad c=\sqrt{\frac{1\pm\beta}{1\mp\beta}}$$

که درآنها علامتهای جمع وتفریق بالائی از یکسو وعلامتهای جمع وتفریق پائینی از سوی دیگر باید باهم اختیار شوند .

براساس این فورمولهای تبدیل بطور روشن دیده میشود که قطر دورانی‌ی مشخص بیضوی‌ی‌محیط ناهمگن از انبساط کره‌ای بشعاع c ← در امتداد قطر موازی با سرعت v و در دوطرف نقطه‌ای که روی آن قطر بفاصله‌ی v از مرکز است → بدست میآید . انبساط درسمت $(c-v)$ با ضریب

$\sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}$ و درجهت $(c+v)$ با ضریب $\sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}$ باید انجام شود؛ در صورتیکه برای تبدیل این بیضوی به کره ، در هریک از دو قسمت نامبرده باید عکس ضریب‌های بالا را مورد استفاده قرار دارد .

VI بعضی توضیح‌ها و تذکرها

۱ـ فرم کلی‌ی مشخصهای گالیله‌ای ـ در مورد جاذبه دیدیم که مناسب‌ترین فرم مشخص نقطه در محیط گالیله‌ای را باید یک بیضوی‌ی دورانی دانست که محور دورانی‌ی آن هم امتداد با سرعت v بوده و نسبت‌قطر دورانی بقطرهای‌عمود برآن $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ میباشد . باحتمال قوی مشخص فضا از نظر میدانهای الکتریکی و مغناطیسی میتواند سطحهای درجه‌ی دومی غیر از بیضوی‌نیز باشد (از قبیل هذلوی ـ شلجوی ـ مخروط یااستوانه بامقطع های‌مخروطی)اماچون شلجوی وقتی‌مشخص‌نقطه خواهد شد که سرعت v بسرعت‌نور نزدیک شود (و طبق نظر ما ، مساوی شدن سرعت v با سرعت نور مترادف بالایتناهی شدن توأم سرعت v و c در ظرف فضائی‌ی محیط فیزیکی میباشد) ؛ شاید بتوان گفت که مشخص هذلوی میتواند مربوط به جاذبه در محیطی نیز باشد که جرم مثبت و منفی توأماً وجود دارند . این بیان نشان میدهد که چون جرم الکتریکی‌میتواند هم بالاستقلال وجود داشته وهم باجرم‌الکتریکی‌ی ضد خود همراه باشد ، میدان الکتریکی میتواند تمام فرمهای مشخص را دربر داشته باشد وحال آنکه جرم های مغناطیسی‌ی مثبت یا منفی چون‌قابل جدا شدن از یکدیگر نیستند ، مشخص میدانهای مغناطیسی تنها بصورت هذلوی میتواند جلوه گر شود .

اگر این بسط و کلیت بتواند مورد تایید واقع شود مشاهده میشود که رویه‌ی بررسی‌ی ما تاچه حد میتواند برای برقراری‌ی تئوری‌ی عمومی‌ی میدانها کمک کند . از این بحث که شد محتمل بنظر میرسد که میدان ثقلی ، بنحوی که انشتین طرح آنرا ریخته است ، بتواند شامل هرسه نوع میدان ثقلی و الکتریکی و مغناطیسی باشد ، منتها میدان مغناطیسی وقتی وجود پیدا میکند که بارهای الکتریکی اعم از مثبت یا منفی درحرکت‌باشند وبالعکس ازحرکت مغناطیس های‌دائمی‌نیزهم‌میدان‌الکتریکی، باخودنمائی‌ی جرم‌الکتریکی بوجود میآید . اما درصورت وجود جرم الکتریکی یا وجود مغناطیس دائمی که ثابت و بدون حرکت باشند ، میدان تبعی، که تنها از حرکت بوجود میآید ، دیگر وجود نخواهد داشت . علاوه محیط میدانهای سکونی‌ی جرم الکتریکی و مغناطیس دائمی از نوع محیطهای همگن دومقیاسی و بعضاً سه مقیاسی خواهند بود که مشخص درجه‌ی دوی آنها میتواند از نوع غیرمشخصی باشد .

تذکر : در پیوست شماره‌ی ۱ نشان داده‌ایم که در صورتیکه مشخص نقطه‌ای از محیط ناهمگن مقطع های مخروطی‌ای داشته باشد که نقطه‌ی‌تجربی‌درکانون آن‌قرارگرفته است، و دوقطعه خطی که محصور بین کانون ونقطه های تقاطع وترکانونی بامقطع‌مخروطی است نماینده‌ی سرعتهای نور در سمت وامتداد مربوط

باشد ، حاصل جمع $\frac{1}{+c}+\frac{1}{-c}$ مقدار ثابتی برای تمام سمت‌ها است وبعبارت دیگرنتیجه‌ی تجربه‌ی مایکل‌سن در آن نقطه منفی است .

۲ـ اولویت تعبیر مانسبت به دید انشتین ـ فرضیه‌ی نسبیت مجبور است برای توجیه پدیده‌ها هم واحد زمان وهم اندازه‌ی فاصله‌های متحرك را تابع سرعت و شتاب بشناسد وحال‌آنکه در فرضیه‌ی ما واحد زمان و اندازه‌ی طولها، اگرچه متحرك هم‌باشند، مطلق ودر نتیجه تغییر ناپذیرمیباشند وفقط سرعت‌نور، درفرض‌ایجاد حرکتی گالیله‌ای درمحیط c، طبق فورمولهای $\pm c'=\frac{c\mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ تغییر میکنند . این تغییر سرعت موجب میشود که زمان رفت و برگشت نور در بازوی متحرك معینی بیشتر از زمان رفت و برگشت نور در بازوی همانندی که‌نسبت به‌محیط همگن‌ثابت باشد بشود، امری که انشتین ← بعلت فرض‌ثبات سرعت‌نور درهردو دستگاه محورهای گالیله‌ای که‌نسبت بهم باسرعت v در حرکتند ← مجبوراست آنرا انکارکرده وبه‌طولانی‌تر شدن واقعی‌ی واحد زمان وبلندتر جلوه کردن طول‌بازو ← طول بازوی متحرکی که هم‌امتداد سرعت v بوده وناظر ثابت باواحد وابسته‌بخود آنرا اندازه‌گرفته است ← نسبت دهد تا درنتیجه‌ی این‌دوتغییر، زمان رفت و برگشت نور در دوبازوی عمودبرهم، چه درمحورهای ساکن‌تلقی‌شده (t) ، وچه‌برای محورهای گالیله‌ای (t') یکسان‌ومساوی‌ی $\frac{2l}{c}$ گردد .

افزایش زمان رفت وبرگشت نور در بازوهای دستگاه تجربی‌ی فیزو، مصنوعی بودن فرضیه‌ی ثبات نور انشتین را بخوبی ظاهر میسازد ودر نتیجه مؤید تعبیر فیزیکی‌ی ما است .

۳ ـ امکان وجود سرعت بزرگتر از c ـ در فرض ما که طبق آن سرعت نور برای امتداد v در محورهای گالیله‌ای‌ی c' ، وقتی سرعت‌نور نسبت بمحورهای ساکن وابسته به‌محیط همگن c باشد، مساوی‌ی $\pm c'=\frac{c\mp v}{\sqrt{1-\beta^2}}$ میگردد ، لااقل یکی از آن دو سرعت ، با افزایش v و نزدیک شدن آن به c ، تا هر مقداری افزایش خواهد یافت . در نتیجه ، درمحیط یا سمتی که سرعت نور مساوی‌ی $c'>c$ باشد ، سرعت گالیله‌ای‌ی v' میتواند از مقدارعددی‌ی c تجاوزکند بدون آنکه $\sqrt{1-\beta^2}$ که‌در آن $\beta=\frac{v'}{c'}$ است مقداری موهومی گردد .

٤ ـ سرعت مداری‌ی زمین و تجربه‌ی مایکل‌سن ـ تا آنجا که حرکت مداری‌ی زمین را می‌توان با دایره‌ای که بمرکز خورشید است منطبق دانست، ودر نتیجه حرکت انتقالی‌ی زمین بدور خورشید را حرکتی متشابه دورانی تلقی‌نمود ، چون این حرکت طبیعی و پایدار است و عامل محرکه‌ای که ناشی ازناهمگنی‌ی شعاعی بوده ، بعلت قوه‌ی فرار از مرکزی که آن ناهمگنی را خنثی میکند، از بین رفته است؛ دیگر علتی‌برای تغییر فاصله‌ی زمین ازخورشید وجود نخواهد داشت ومحیط مجاور زمین ، اگر همگن کروی نشده باشد همگن گالیله‌ای خواهد بود ، و در هر دوحالت زمان رفت و برگشت نور از بازوی معینی در تمام جهت‌ها یکسان خواهد شد زیرا مشخص‌نقطه، حتی اگر یک بیضوی‌ی دورانی‌ای‌باشد که کانون آن درنقطه‌ی مفروض‌است،

بقیه درصفحه‌ی ۱۸۱