



آشنایی بانسبیت خاص

تألیف رابرت رزنیک

ترجمه جعفر گودرزی



Robert Resnick
Introduction to Special Relativity
Wiley Eastern Private Limited. 1972

آشنایی با نسبیت خاص

تألیف رابرت رزنیك

ترجمه جعفر گودرزی

ویراسته حسن عزیزی

مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول ۱۳۶۳

مرکز نشر دانشگاهی، چاپ دوم ۱۳۷۴

تعداد ۳۰۰۰

حروفچینی: بینش نو

چاپ و صحافی: معراج

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاهی محفوظ است

شابك: ۹۶۴-۰۱-۰۱۱۷-۶

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست

صفحه	عنوان
۱	۱. زمینه تجربی نظریه نسبیت خاص
۱	۱.۱ مقدمه
۳	۲.۱ تبدیلات گالیله
۸	۳.۱ نسبیت نیوتونی
۱۶	۴.۱ الکترومغناطیس و نسبیت نیوتونی
۱۸	۵.۱ کوششهایی برای یافتن چارچوب مطلق - آزمایش مایکلسون - مورلی
۲۷	۶.۱ کوششهایی برای حفظ مفهوم چارچوب مرجح اتر - فرضیه انقباض لورنتس - فیتزجرالد
۲۸	۷.۱ کوششهایی برای حفظ مفهوم چارچوب مرجح اتر - فرضیه کشش اتری
۳۴	۸.۱ کوششهایی برای اصلاح الکترودینامیک
۳۵	۹.۱ اصول موضوع نظریه نسبیت خاص
۳۹	۱۰.۱ اینشتین و مبدأ نظریه نسبیت
۴۲	سؤالات
۴۴	مسائل
۴۸	مراجع
۵۱	۲. سینماتیک نسبیتی
۵۱	۱.۲ نسبیت همزمانی

۲.۲ به دست آوردن معادلات تبدیل لورنتس

۵۷

۳.۲ چند نتیجه از معادلات تبدیل لورنتس

۶۳

۴.۲ نگاهی فیزیکی تر به جنبه‌های اصلی معادلات تبدیل لورنتس

۶۶

(الف) مقایسه طولهای عمود بر حرکت نسبی

۶۷

(ب) مقایسه اندازه گیریهای بازه‌های زمانی

۶۸

(ج) مقایسه طولهای موازی با حرکت نسبی

۷۱

(د) اختلاف فاز در همزمان کردن ساعتها

۷۳

۵.۲ ناظر در نسبیت

۸۵

۶.۲ جمع نسبیتی سرعتها

۸۱

۷.۲ ابیراهی و اثر دوپلر در نسبیت

۸۷

۸.۲ عقل سلیم و نسبیت خاص

۹۴

(الف) سرعت حدی علامات (c)

۹۴

(ب) مطلقیت و نسبیت

۹۵

(ج) «حقیقت» انقباض طول

۹۶

(د) اجسام صلب و واحد طول

۹۶

سؤالات

۹۸

مسائل

۱۰۱

مراجع

۱۱۳

۳. دینامیک نسبیتی

۱۱۵

۱.۳ مکانیک و نسبیت

۱۱۵

۲.۳ ضرورت تعریف مجدد اندازه حرکت

۱۱۷

۳.۳ اندازه حرکت نسبیتی

۱۱۹

۴.۳ نظرهای مختلف درباره جرم در نسبیت

۱۲۴

۵.۳ قانون نسبیتی نیرو و دینامیک يك ذره

۱۲۵

۶.۳ هم‌ارزی جرم و انرژی

۱۳۸

۷.۳ خواص تبدیلی اندازه حرکت، انرژی، جرم و نیرو

۱۵۲

سؤالات

۱۵۷

مسائل

۱۵۹

مراجع

۱۶۷

۴. نسبیت و الکترو مغناطیس

- ۱۶۹ ۱۰۴ مقدمه
- ۱۶۹ ۲۰۴ بستگی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی به یکدیگر
- ۱۷۵ ۳۰۴ معادلات تبدیل برای E و B
- ۱۸۵ ۴۰۴ میدان حاصل از یک بار نقطه‌ای متحرک با حرکت یکنواخت
- ۱۸۶ ۵۰۴ میدانها و نیروها در مجاورت یک سیم حامل جریان
- ۱۸۹ ۶۰۴ نیروهای بین بارهای متحرک
- ۱۹۲ ۷۰۴ ناوردایی معادلات ماکسول
- ۱۹۶ ۸۰۴ محدودیتهای ممکن نسبیت خاص

سؤالات

مسائل

- ۲۰۴ ضمیمه تکمیلی الف - نمایش هندسی فضا - زمان
- ۲۰۴ الف.۱ نمودار فضا - زمانی
- ۲۱۰ الف.۲ همزمانی، انقباض و اتساع
- ۲۱۳ الف.۳ ترتیب زمانی و جدایی مکانی رویدادها

سؤالات و مسائل

مراجع

- ۲۲۱ ضمیمه تکمیلی ب - پارادوکس دوقلوها
- ۲۲۱ ب.۱ مقدمه
- ۲۲۲ ب.۲ همبستگی زمان ویژه و مسیر
- ۲۲۳ ب.۳ نمودار فضا - زمانی « پارادوکس دوقلوها »
- ۲۲۷ ب.۴ بعضی ملاحظات دیگر
- ۲۲۸ ب.۵ یک امتحان تجربی

سؤالات و مسائل

مراجع

- ۲۳۲ ضمیمه تکمیلی ج - اصل هم‌ارزی و نسبیت عام
- ۲۳۲ ج.۱ مقدمه

۲۳۲	ج. ۲ اصل هم‌ارزی
۲۳۳	ج. ۳ جابجایی به سوی سرخ‌گرانشی
۲۳۶	ج. ۴ نظریهٔ نسبیّت عام
۲۳۹	سؤالات و مسائل
۲۴۰	مراجع
۲۴۱	جواب بعضی از مسائل
۲۴۵	واژه‌نامهٔ فارسی - انگلیسی
۲۴۷	واژه‌نامهٔ انگلیسی - فارسی
۲۴۹	واژه‌یاب

پیشگفتار

این کتاب می‌تواند به‌عنوان نخستین بخش يك کتاب درسی درباره «فيزيك مدرن» در نظر گرفته شود و در واقع، پایه‌ای است برای بررسی کاملتر نسبیت دريك کتاب درسی که در حال حاضر با رابرت آیز برگ مشغول نوشتن آن هستم. کتاب درسی مزبور جلد سوم و پایانی مجموعه‌ای درباره فیزيك مقدماتی است که دو جلد اول آن را با همکاری دیوید هالیدی نوشته‌ام.

با وجود این، مطالب کتاب آشنایی با نسبیت خاص دارای يك هماهنگی مخصوص به‌خود است و می‌تواند به طرق مختلف مورد استفاده قرار گیرد. به‌عنوان مثال، در دوره دوساله فیزيك مقدماتی در رنسلرا، این فصول براساس زمینه‌ای از الکترومغناطیس و اپتیک کتاب درسی هالیدی - رزنیک پی‌ریزی شده و قبل از بحث کامل فیزيك کوانتومی ارائه می‌شوند. کاربردهای نسبیت در بعضی از زمینه‌ها، مثل فیزيك انرژی‌های بالا، همان‌طور که ما در جلد سوم انجام داده‌ایم، بعد از ارائه آن زمینه‌ها آورده می‌شوند. طرق دیگری نیز برای استفاده از این فصول وجود دارد. به‌عنوان مثال، این مطلب را براحتی می‌توان با مطالب کلاسیک ادغام کرد. فصل‌های اول، درباره زمینه‌های تجربی و جنبه‌های سینماتیکی نسبیت، و همچنین دینامیک نسبیتی، می‌توانند بلافاصله پس از بحث مکانیک نیوتونی آورده شوند، در صورتی که جنبه‌های الکترومغناطیسی نسبیت را می‌توان بعد از ارائه معادلات ماکسول تدریس کرد. این کتاب همچنین می‌تواند جانشین بررسی کوتاه و مختصری از اصول نسبیت شود که در گذشته‌ای نه چندان دور در دوره‌های فیزيك مدرن ارائه می‌شد. ممکن است کاربرد-های دیگری نیز به ذهن معلمان فیزيك برسد.

در اینجا مطالب انتخابی زیادی، نه تنها به‌خاطر نفع ذاتی آنها، بلکه به‌خاطر اینکه معلم بتواند وسعت و عمق بحث خود را گسترش دهد، ارائه شده‌اند. لذا، در چند ضمیمه جداگانه، مطالبی تکمیلی درباره نمایش هندسی فضا-زمان، پارادوکس دوقلوها، و اصل هم‌ارزی و نسبیت عام ارائه شده‌اند. همچنین، در متن کتاب مطالبی از نوع تاریخیچه‌ای، پیشرفته، یا خاص، برای استفاده‌های انتخابی، با حروف ریزتر چاپ شده‌اند. همچنین، تقریباً در حدود ۲۵ مسئله و سؤال فکری، گستره وسیعی را از نظر محتوی و میزان دشواری می‌پوشانند، به‌طوری که با انتخاب مناسب نوع و تعداد آنها می‌توان تأثیر درس را به‌طور قابل

ملاحظه‌ای تغییر داد. در پایان هر فصل مرجمهای زیادی ذکر شده‌اند، بخصوص برای اینکه دانشجویان تشویق شوند در مورد نسبت بیشتر مطالعه کنند. در عین حال، مطالب بقدری جامع هستند که کتاب را خود کفا می‌کنند. مواد کمک آموزشی، از قبیل جدولهای خلاصه‌کننده و مثالهای حل شده به کار گرفته شده‌اند تا دانشجویان را در یادگیری بدون استعانت از دیگران یاری کنند.

نوشتن این کتاب باعلاقه عشق گونه‌ای صورت گرفته است. نسبت همیشه يك موضوع مورد علاقه من بوده است و اینشتین یکی از قهرمانان دوره جوانی من بود. در دو دهه قبل، فرانکو رازتی^۱ زیبایی موضوع را با درسی که در دانشگاه جان‌هاپکینز تدریس کرد برای من متجلی ساخت. همچنین، شدیداً تحت تأثیر بررسی نسبت از کتابهای درسی کلاسیک پیترو-برگمن^۲ و ولفگانگ پانوفسکی^۳ و ملبا فیلیپس^۴ قرار گرفتم. در تجدید نظر پیش‌نویسها، تدریس در کلاس، و در مرحله چاپ از انتقادات سازنده و کمکهای ارزشمند افراد زیادی بخصوص ریچارد آلبا کلی^۵، کنت برونشتاین^۶، بنیامین چی^۷، رابرت آیزنبرگ، دیوید هالیدی و رولاند لیختنشتاین^۸ برخوردار شدم. از خانم کاسی یانگ^۹ به خاطر مهارت و از خود گذشتگی که در ماشین نویسی نسخه‌های مختلف یادداشتها به کار برد و از ناشرین، شرکت جان وایلی و پسران، به خاطر همکاری‌شان، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنم. به همسر و دخترانم که تحمل رنج سالهای نوشتن برای آنها امری عادی شده است، عمیق‌ترین سپاس را تقدیم می‌کنم. آزادی من از بعضی وظایف دیگر در مدت تهیه دست‌نویس، تا اندازه‌ای توسط بورسی که بنیاد فورد در اختیار مدرسه مهندسی در رنسلر برای گسترش برنامه‌های تحصیلاتی گذاشته بود امکان‌پذیر شد.

بالاترین امید من این است که این کوشش نسبت را برای دانشجویان مبتدی قابل حصول و در آنها احساسی را، که همان فیزیک است، بیدار کند.

رابرت رزنيك

تروی، نیویورک

ژانویه ۱۹۶۸

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. Franco Rasetti | 2. Peter Bergmann |
| 3. Wolfgang Panofsky | 4. Melba Phillips |
| 5. Richard Albagli | 6. Kenneth Brownstein |
| 7. Benjamin Chi | 8. Roland Lichtenstein |
| 9. Cassie Young | |

زمینه تجربی نظریه نسبیت خاص

۱.۱ مقدمه

برای ارسال يك علامت با بیشترین سرعت ممکن از نقطه‌ای به نقطه دیگر در يك فضای تهی، از يك باریکه نور یا تابش الکترومغناطیسی دیگر، مثل امواج رادیویی، استفاده می‌کنیم. تا کنون روشی سریعتر از این برای علامت‌دهی کشف نشده است. از این واقعیت تجربی چنین مستقادی می‌شود که سرعت نور در فضای تهی، $c = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$ ، سرعت حادی مناسبی است که سرعت‌های دیگر، از قبیل سرعت‌های ذرات یا امواج مکانیکی می‌توانند با آن مقایسه شوند.

در جهان ماکروسکوپیکی تجربیات معمولی ما، سرعت ذرات متحرك یا امواج مکانیکی، نسبت به هر ناظری، همیشه از c کوچکتر است. مثلاً يك ماهواره مصنوعی که به دور زمین می‌گردد با سرعت 29160 کیلومتر در ساعت نسبت به زمین حرکت می‌کند؛ در اینجا $u/c = 0.0000027$ ، امواج صوتی، در دمای معمولی، با سرعت 332 m/sec در هوا حرکت می‌کنند به طوری که $u/c = 0.00000010$. در این محیط ماکروسکوپیکی همیشه حاضر، ولی محدود، بود که برای اولین بار نظرات ما در مورد فضا و زمان شکل گرفت و همچنین نیوتون دستگاه مکانیک خود را در آن گسترش داد.

در جهان میکروسکوپیکی با آسانی می‌توان ذراتی یافت که سرعت آنها خیلی نزدیک به سرعت نور باشد. برای الکترونی که در اختلاف پتانسیل 10 میلیون ولت، یعنی پتانسیلی که با آسانی می‌توان تهیه کرد، شتاب گرفته باشد، سرعت u برابر است با $0.99988c$.

* مقداری که در حال حاضر برای سرعت نور مورد قبول است عبارت است از

$$(299792458 \pm 0.0000003) \times 10^8 \text{ m/sec}$$

بدون آزمایش تجربی مستقیم نمی‌توان مطمئن بود که آیا می‌توان مکانیک نیوتونی را بدون تغییر، از ناحیه سرعت‌های کم ($u/c \ll 1$) که در آن گسترش یافته است، به ناحیه سرعت‌های زیاد ($u/c \rightarrow 1$) تعمیم داد یا نه. در واقع تجربه نشان می‌دهد که مکانیک نیوتونی وقتی در مورد چنین ذرات سریعی اعمال شود جوابهای درستی را پیشگویی نمی‌کند. در واقع، در مکانیک نیوتونی، علی‌الاصول، حدی برای سرعت قابل حصول يك ذره وجود ندارد، به طوری که سرعت نور به هیچ وجه نقش خاصی را بازی نمی‌کند. با وجود این، اگر انرژی ۱۰ میلیون الکترون ولتی الکترون فوق به چهار برابر افزایش پیدا کند (۴۰ میلیون الکترون ولت) تجربه نشان می‌دهد [۱] که سرعت آن دو برابر، یعنی c ۱۹۹۷۶، آن طور که از رابطه نیوتونی $K = Mv^2/2$ انتظار می‌رود، نمی‌شود بلکه زیر c باقی می‌ماند. این سرعت فقط از c ۹۹۹۸۸ به c ۹۹۹۹۹ افزایش می‌یابد (افزایشی برابر با ۱۱ درصد). یا، اگر یک الکترون با انرژی ۱۰ میلیون الکترون ولت در میدان مغناطیسی 20 weber/m^2 ، و عمود بر آن، حرکت کند شعاع انحنای اندازه گیری شده مسیر آن 53 cm (که از رابطه کلاسیک $r = m_e v / qB$ محاسبه می‌شود) نیست، بلکه برابر با 18 cm است. بنابراین، با اینکه مکانیک نیوتونی در سرعت‌های کم خیلی خوب عمل می‌کند، در سرعت‌های زیاد، هر چه u/c به يك نزدیکتر شود بیشتر با شکست مواجه می‌شود. در سال ۱۹۰۵/۱۲۸۴ آلبرت اینشتین نظریه نسبیت خاص خود را منتشر کرد. گرچه انگیزه او به دست آوردن بینش عمیقتری از ماهیت الکترومغناطیس بود، ولی در نظریه خود مکانیک نیوتونی را نیز گسترش و تعمیم داد. او به طور صحیحی نتایج آزمایش‌های مکانیکی را برای تمام سرعت‌ها، از $u/c = 0$ تا $u/c \rightarrow 1$ ، پیشگویی کرد. مکانیک نیوتونی به صورت حالت خاص مهمی از یک نظریه عمومی‌تر تجلی کرد. در گسترش این نظریه نسبیت، اینشتین بدقت روش‌های به کار برده شده در اندازه گیری بازه‌های مکانی و زمانی را بررسی کرد. این روش‌ها مستلزم استفاده از علامات نوری هستند و در حقیقت، فرض درباره چگونگی انتشار نور یکی از دوفرضیه مرکزی است که نظریه روی آنها بنا شده است. نظریه او منجر به نظر کاملاً جدیدی در مورد ماهیت فضا و زمان شد.

وجود ارتباط بین مکانیک و الکترومغناطیس شگفت آور نیست. زیرا (همان طور که خواهیم دید) نور که در اندازه گیری‌های بنیادی فضا و زمان، که اساس مکانیک را تشکیل می‌دهند، نقشی اساسی بازی می‌کند، يك پدیده الکترومغناطیسی است. با وجود این، محیط نیوتونی با سرعت‌های کم به قدری جزو زندگی روزمره ما شده است که هر کسی که برای اولین بار نظرات اینشتین در مورد فضا - زمان را مطالعه می‌کند، در درک مفاهیم آنها با اشکالاتی مواجه خواهد شد. وقتی اینشتین می‌گوید «عقل سلیم عبارت از آن پیشداوری‌هایی است که قبل از سن هجده سالگی در مغز جای می‌گیرند» ممکن است بخواهد روی همین مشکل انگشت بگذارد. در واقع، گفته شده است که هر نظریه بزرگ از يك بدعت شروع و به يك تعصب منتهی می‌شود. نظرات گالیله و نیوتون نیز در مورد حرکت، ممکن است تاکنون چنین مراحل را پشت سر گذاشته باشند. بیش از نیم قرن آزمایش و کاربرد، نظریه نسبیت خاص را از مرحله بدعت بیرون آورده است و آن را بر پایه‌های نظری

و عملی صحیحی استوار کرده است. بعلاوه، نشان خواهیم داد که يك تجزیه و تحلیل دقیق از فرضهای اساسی اینشتین و نیوتون روشن خواهد کرد که فرضهای اینشتین، در حقیقت، خیلی منطقی تر از فرضهای نیوتون هستند.

در صفحات بعد اساس تجربی ایده‌های نظریه نسبیت خاص را بررسی خواهیم کرد. چون قبلاً دیدیم که مکانیک نیوتونی در مورد ذرات با سرعت زیاد با شکست مواجه می‌شود، عاقلانه به نظر می‌رسد که کار خود را با بررسی مبانی مکانیک نیوتونی شروع کنیم. شاید به این طریق بتوانیم کلیدی برای تعمیم آن پیدا کنیم به طوری که، در عین اینکه با تجربه‌های در سرعتهای کم هماهنگی کامل دارد، بتواند برای سرعتهای زیاد نیز نتایج درستی بدهد.

۲.۱ تبدیلات گالیله

مطلب را با در نظر گرفتن يك دويداد فیزیکی آغاز می‌کنیم. رویداد چیزی است که مستقل از چارچوب مرجعی که برای توصیف آن به کار می‌رود اتفاق می‌افتد. برای مثال می‌توان برخورد دوزره یا روشن شدن يك منبع کوچک نور را رویداد نامید. رویداد در يك نقطه از فضا و در يك لحظه از زمان رخ می‌دهد. يك رویداد را، نسبت به چارچوب مرجع معین، با چهار عدد (فضا-زمانی) مثلاً، اعداد مکانی x, y, z و زمان t مشخص می‌کنیم. به عنوان مثال، برخورد دوزره ممکن است در $x = 1\text{ m}$ ، $y = 4\text{ m}$ ، $z = 11\text{ m}$ و در لحظه $t = 7\text{ sec}$ در يك چارچوب مرجع (مثلاً يك آزمایشگاه بر روی زمین) صورت گیرد. بنابراین چهار عدد $(1, 4, 11, 7)$ این رویداد را در آن چارچوب مرجع مشخص می‌کنند. همین رویداد در چارچوب مرجع دیگری (مثلاً يك هواپیمای در حال پرواز) نیز با چهار عدد، که ممکن است با اعداد مربوط به چارچوب آزمایشگاهی متفاوت باشند، مشخص می‌شود. بنابراین، اگر بخواهیم رویدادها را توصیف کنیم، اولین قدم عبارت است از انتخاب يك چارچوب مرجع.

يك چارچوب مرجع را که در آن قانون لختی یعنی قانون اول نیوتون صادق باشد به عنوان دستگاه لخت تعریف می‌کنیم. در چنین دستگاهی، که می‌توان آن را يك دستگاه بدون شتاب نیز نامید، جسمی که تحت اثر هیچ نیروی خارجی قرار نگرفته باشد با سرعت ثابتی حرکت می‌کند. نیوتون فرض کرد که چارچوب مرجعی که نسبت به ستارگان ثابت باشد يك دستگاه لخت است. يك کشتی فضایی که در فضاهاى خیلی دور با موتور خاموش و بدون چرخش به دور خود حرکت می‌کند يك دستگاه لخت ایده‌آل را تشکیل می‌دهد. چارچوبهایی که نسبت به چنین دستگاهی شتاب دارند لخت نیستند.

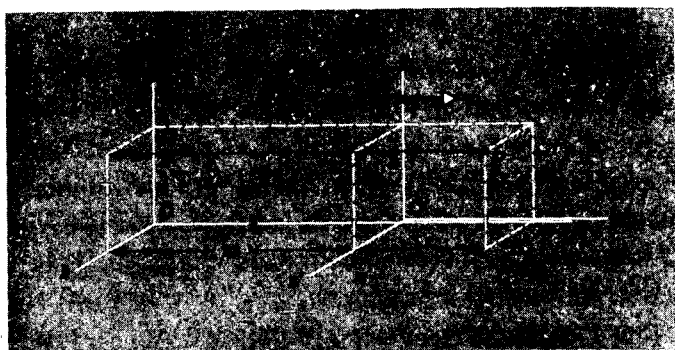
اغلب اوقات می‌توان در عمل از اثرات (شتابی) کوچک ناشی از حرکت وضعی و انتقالی زمین و همچنین حرکت خورشید صرف نظر کرد.* در نتیجه می‌توان هر مجموعه‌ای از

* وضعیتهایی که در آنها این اثرات قابل ملاحظه اند عبارتند از آزمایش آونگ فوکو یا انحراف از حالت قائم برای جسمی که سقوط آزاد انجام می‌دهد. مرتبه بزرگی چنین اثراتی از نتیجه سقوط آزاد جسمی از ارتفاع ۳۵ متری در استوا به دست می‌آید. انحراف این جسم از حالت قائم کمتر از ۴۲ سانتیمتر است.

محورهای متصل به زمین را به طور تقریبی به عنوان يك دستگاه مختصات لخت در نظر گرفت. بنابراین هر مجموعه ای از محورها که نسبت به زمین با سرعت یکنواخت حرکت کنند مانند محورهای متصل به قطار، کشتی یا هواپیما، (تقریباً) يك دستگاه لخت خواهد بود، زیرا حرکت با سرعت یکنواخت شتابی ایجاد نمی کند. اما دستگاه محورهایی که نسبت به زمین شتاب داشته باشد، مثل دستگاه محورهاى متصل به يك چرخ فلک یا يك اتومبیل شتاب دار، يك دستگاه لخت نخواهد بود. ذره ای که تحت اثر هیچ نیروی خارجی نباشد نسبت به ناظری که در چنین دستگاه نالختی قرار داشته باشد دارای حرکت مستقیم الخط با تندی ثابت نخواهد بود.

نظریه نسبیت خاص، که در اینجا مطالعه می کنیم، فقط به بررسی رویدادها توسط ناظرهایی که در چارچوبهای مرجع لخت قرار دارند می پردازد. اجسامی که حرکت آنها مورد مطالعه قرار می گیرد ممکن است نسبت به چنین چارچوبهایی شتاب داشته باشند ولی خود چارچوبها بدون شتاب اند. نظریه نسبیت عام، که در سال ۱۹۱۷/۱۲۹۶ توسط اینشتین ارائه شد، با تمام چارچوبهای مرجع از جمله چارچوبهای نالخت، سروکار دارد و ما آن را به طور مختصر، در ضمیمه تکمیلی ج مطالعه خواهیم کرد.

اکنون، همان طور که در شکل ۱۰۱ نشان داده شده است، يك چارچوب لخت S و يك چارچوب لخت دیگر S' را که نسبت به S با سرعت ثابت v حرکت می کند در نظر



شکل ۱۰۱ دو چارچوب لخت که در آنها محورهایی $x - x'$ مشترك و محورهایی $y - y'$ و $z - z'$ موازی اند. از نظر چارچوب S ، چارچوب S' با سرعت v در جهت مثبت محور x حرکت می کند. همین طور، از نظر S' ، چارچوب S با همین سرعت در جهت منفی محور x حرکت می کند. نقطه P معرف رویدادی است که مختصات فضا-زمانی آن می تواند توسط هر کدام از ناظرها اندازه گیری شود. مبدأهای O و O' در زمانهای $t = 0$ و $t' = 0$ هریک دیگر منطبق اند.

می گیریم. برای سهولت، محورهای دودستگاه را موازی بایکدیگر انتخاب می کنیم و فرض می کنیم حرکت در امتداد محور مشترک $x-x'$ انجام می گیرد. براحتی می توان نتایج را به چارچوبهایی با جهت های دلخواه و سرعت نسبی دلخواه تعمیم داد، اما اصول فیزیکی مورد بحث بستگی به این انتخاب ساده که ما در حال حاضر کرده ایم ندارد. خاطر نشان کنیم همان طور که می توانیم در نظر بگیریم S' با سرعت v نسبت به S حرکت می کند همان طور نیز می توان در نظر گرفت S با سرعت $-v$ نسبت به S' حرکت می کند.

فرض کنیم در نقطه P رویدادی، که مختصات فضایی و زمانی آن نسبت به هر کدام از چارچوب های لخت اندازه گیری می شود، اتفاق بیفتد. ناظر متصل به S ، توسط خط کشها و ساعت هایی که در اختیار دارد، مکان و زمان وقوع این رویداد را با مختصات x ، y و z و زمان t مشخص می کند. ناظر متصل به S' با وسایل اندازه گیری خود همین رویداد را با مختصات x' ، y' ، z' و زمان t' مشخص می کند. مختصات x ، y و z مکان رویداد P را که توسط ناظر S نسبت به مبدأ O اندازه گیری شده است به دست می دهد، و t زمان وقوع این رویداد را که ناظر S با ساعت های خود اندازه گیری کرده است مشخص می کند. به همین ترتیب مختصات x' ، y' و z' مکان P را نسبت به مبدأ O' و t' زمان آن را نسبت به ساعت های ناظر لخت S' مشخص می کنند.

اکنون این سؤال پیش می آید که چه رابطه ای بین مقادیر x ، y ، z ، t و x' ، y' ، z' ، t' وجود دارد. دو ناظر لخت از خط کشهایی که از پیش با هم مقایسه شده اند و مطابق با یکدیگر مدرج شده اند، و از ساعت هایی که از پیش با هم همزمان و مدرج شده اند استفاده می کنند. روش کلاسیکی را که بعداً با دقت زیادتری بررسی خواهیم کرد، بر این فرض استوار است که بازه های مکانی و بازه های زمانی مطلق اند، یعنی برای تمام ناظر های لخت یکی هستند. مثلاً اگر خط کشها وقتی نسبت به یکدیگر ساکن اند دارای یک طول باشند، به طور ضمنی فرض می شود که وقتی نسبت به یکدیگر در حال حرکت هستند نیز دارای یک طول خواهند بود. همچنین، اگر ساعت ها وقتی در حال سکون هستند همزمان و به طور یکسان مدرج شده باشند، فرض می شود اعدادی را که نشان می دهند و همچنین آهنگ آنها بعداً نیز با یکدیگر مطابقت خواهند داشت، حتی اگر نسبت به یکدیگر در حال حرکت باشند. اینها نمونه هایی از فرض های «عقل سلیم» در نظریه کلاسیک است.

این نتایج را صریحاً می توان به صورت زیر نمایش داد. برای سهولت فرض کنیم که ساعت های هر دو ناظر در لحظه ای که O و O' ، مبدأ های چارچوب های S و S' که در حال حرکت نسبی هستند، بر یکدیگر منطبق اند عدد صفر را نشان دهند. تبدیلات گالیله، که مقادیر x ، y ، z و t را به x' ، y' ، z' و t' ارتباط می دهند، عبارت اند از

$$x' = x - vt$$

$$y' = y \quad (1-1) \text{ الف}$$

$$z' = z$$