نظرية النسبية الخاصة:

نظريهء نسبيّت خاص :

كان المعتقد قبل النسبية أنّ هناك شيئاً في الفضاء اسمه الأثير يتحرك فيه الضوء وإليه تنسب سرعة الضوء التي تعتبر ثابتة بالنسبة للأثير؛ حيث عند قيام أكثر من راصد متحرك في الأثير بقياس سرعة الضوء فالمفروض أن يقيسوا سرعات مختلفة للضوء، وكذا لو قست سرعة الضوء وأنت تتحرك باتجاه مصدر الضوء فالمفروض أن تقيس سرعة أعلى من سرعة الضوء فيما لو قست سرعة الضوء وأنت تتحرك بشكل عمودي على الضوء، ولكن التجربة التي أجراها ميكلسون ومورلي أثبتت أن هذا الكلام غير صحيح وأن سرعة الضوء ثابتة بكل الاتجاهات،

پیش از مطرح شدن نظریهء نسبیت عقیده بر آن بود که در فضا چیزی به نام "اِتِر" وجود دارد که نور در آن حرکت می‌کند. سرعت نور که نسبت به اتر ثابت بود، به آن منتسب می‌شد، زیرا هنگامی که در اتر بیش از یک ناظر متحرک، سرعت نور را اندازه‌گیری می‌کرد، پیش‌فرض آن بود که سرعت‌های مختلفی برای نور به دست می‌آمد. به این ترتیب اگر شما به سمت منبع نور حرکت کنید و سرعت نور را اندازه‌گیری نمایید، باید نسبت به حالتی که شما به صورت عمود بر مسیر نور حرکت می‌کنید، سرعت بالاتری به دست آورید؛ ولی آزمایشی که توسط مایکلسون(*) و مورلی(**) انجام شد(***)، نادرستی این گفته را ثابت کرد و نشان داد که سرعت نور در همهء جهتها ثابت است.

(*)- آلبرت آبراهام مایکلسون (Albert Abraham Michelson) (۱۸۵۲ تا ۱۹۳۱) فیزیکدان آمریکایی روسرتبار بود. وی بیشتر به خاطر فعالیتهایش در اندازه‌گیری سرعت نور و آزمایش مایکلسون - مورلی مشهور است . او در سال ۱۹۰۷ جایزهء فیزیک نوبل را دریافت کرد. او با اختراع ابزاری که «تداخلسنج» نامیده می‌شد شروع به اندازه‌گیری سرعت نور کرد و با اندازه‌گیری سرعت نور در جهتهای مختلف نشان داد که سرعت نور مستقل از سرعت منبع نور است. اینشتین بر پایهء تحقیقات او موفق به اکتشاف نظریهء نسبیت گردید. (مترجم)

(**)- ادوارد مورلی (Edward Morley) (۱۸۳۸ تا ۱۹۳۳) یک دانشمند اهل آمریکا بود. شهرت وی بیشتر به خاطر اندازهگیری جرم اتمی اکسیژن و نیز آزمایش مایکلسون - مورلی است. (مترجم)

(***)- آزمایش مایکلسون - مورلی یکی از مهمترین و مشهورترین آزمایشهای تاریخ فیزیک است که در سال ۱۸۸۷ میلادی توسط آلبرت مایکلسون و ادوارد مورلی انجام شد. این آزمایش نشان داد که سرعت نور کاملا ثابت و مستقل از سرعت منبع نور (یا ناظر) میباشد. به علاوه سرعت نور در تمام امتدادهای فضا نیز ثابت است. دستگاه این دو دانشمند متشکل از یک تداخلسنج ویژه بود که در آن یک باریکهء تکرنگ نور به دو باریکه تقسیم میشد. دو باریکه مسیرهای مختلفی را پیموده و دوباره با هم ترکیب میشدند و تداخل حاصل شده سبب ایجاد نوارهای روشن و تاریک میشد. اگر یکی از دو باریکه در جهت گردش زمین حرکت میکرد، باید موجب تغییر مکان نوار تداخلی میشد. عدم تغییر مکان این نوار، روشن میساخت که سرعت نور در هر دو باریکه با یک سرعت بوده است. (مترجم)

حيث تبقى سرعة الضوء هي الثابتة مهما كانت سرعة الملاحظ واتجاهه، فسواء كنت واقفاً أم أنك تهرب من الضوء أم أنك تتحرك باتجاه الضوء في كل الأحوال ستقيس سرعة ثابتة لتقدم فوتونات الضوء في اتجاهك ولن تضاف أو تطرح سرعة تحركك لسرعة الضوء لمعرفة سرعة تقدم فوتونات الضوء تجاهك، بينما في فيزياء نيوتن لو أنك تحركت باتجاه شيء معين فستجمع سرعتك إلى سرعته لمعرفة سرعة اقترابه منك وتطرح إذا هربت منه، هذا يعني أنّ سرعة الضوء ثابت كوني يجب أن يأخذ بنظر الاعتبار في قوانين الفيزياء، وعلى هذا الأساس جاءت نظرية النسبية الخاصة لإينشتاين في ورقة بحث نشرها عام 1905 لتلغي الأثير وما يترتب عليه من نتائج غير صحيحة وتلغي الزمن المطلق والمنفصل عن المكان وتصبح حركة الأشياء واقعة في الزمكان وليس في المكان فقط.

بهعبارت دیگر سرعت ناظر و جهت حرکت او به هر صورتی که باشد، سرعت نور ثابت میماند. شما چه ایستاده باشید، چه از نور فرار کنید و چه به سمت آن حرکت نمایید، در همه حال سرعت ثابتی از نور به دست خواهید آورد. به هنگام تعیین سرعت حرکت فوتونهای نور به سمت شما، سرعت

حرکتتان چیزی بر سرعت نور نمی‌افزاید یا از آن نمی‌کاهد. این در حالی است که در فیزیک نیوتن اگر شما برای تعیین سرعت نزدیک شدن چیز معینی به شما، به سمت آن در حرکت باشید، سرعت شما با سرعت آن شیء جمع می‌شود و اگر از آن دور شوید، از آن کسر می‌گردد. این به آن معنا است که سرعت نور یک ثابت کیهانی است که در قوانین فیزیک از جایگاه والایی برخوردار می‌باشد. نظریهء نسبیت خاص اینشتین در نوشتاری که در سال ۱۹۰۵ منتشر شد، بر این اساس ارائه شد تا مقولهء اتر و نتایج نادرست برخاسته از آن را منتفی سازد و ایدهء زمان مطلق و جدا از مکان را منتفی ساخت و چشم‌اندازی ارائه داد که بر اساس آن حرکت اشیا در مختصات زمان - مکان انجام می‌شود و نه فقط مکان.

فأصبح بعد الزمان بحسب النظرية النسبية الخاصة واحد من الأبعاد الأربعة المتصلة مع بعضها الزمان والأبعاد المكانية الثلاث، فهذه هي الطريقة التي يفسر بها ثبات سرعة الضوء، فالضوء وصل إلى السرعة القصوى المسموحة في أبعاد المكان ولم تعد له كمية حركة إضافية تسمح له بالتحرك في بعد الزمان، وهذا يعني أنّ الأشياء كلما تحركت بسرعة أكبر فسيكون زمنها أقل، فمثلاً: لو سافر شخص داخل مركبة بسرعة معينة وكان لديه ساعة تقيس زمن الرحلة وكان هناك شخص في الخارج يقف جانباً ويقيس زمن الرحلة أيضاً فإن الذي في المركبة سيسجل زمناً أقل من الذي سيسجله الشخص المتوقف جانباً، وكلما زادت سرعة المركبة سيكون الزمن الذي سيسجله أقل، هذا الفرق لا يمكن ملاحظته بالسرعات البسيطة التي نتعامل بها عادة ولكن بسرعات تمثل جزءاً كبيراً من سرعة الضوء سيكون ملحوظاً جداً وعندما يسير الجسم بسرعة الضوء فسيتوقف الزمن بالنسبة له بمعنى أنه لن يسجل أي زمن، ولكن لا يمكن لجسم له كتلة ذاتية أن يسير بسرعة الضوء وإنما يمكن أن تسرع بعض الجسيمات المادية بطريقة كالتي تستخدم في مصادمات الجسيمات لسرعات قريبة من سرعة الضوء، وقد لوحظ أن أعمارها تتضاعف وتطول

بشكل ملحوظ جداً، وهذا يعني أنّ زمنها عندما تسير بسرعة عالية يبطئ بشكل كبير.

طبق نظریهء نسبیت خاص، بُعد زمان، یکی از ابعاد چهارگانه است که با سایر ابعاد سهگانهء مکان، در ارتباط میباشد. از این طریق ثابت ماندن سرعت نور توضیح داده میشود. به این ترتیب نور به بالاترین سرعت ممکن در ابعاد مکان دست یافته و افزایش حرکت اضافی (در منبع نور یا ناظر) با تغییر در بعد زمان، چیزی به آن اضافه نمیکند و این به آن معنا است که هر چه اشیا با سرعت بیشتری حرکت کنند، زمان آنها کوتاهتر خواهد بود. به عنوان مثال اگر شخصی درون یک وسیلهء نقلیه با سرعت معینی مسافرت کند، و او ساعتی داشته باشد که زمان حرکتش را اندازهگیری کند، و شخص دیگری در بیرون، کناری بایستد و زمان این حرکت را بسنجد، فرد داخل وسیلهء نقلیه، زمان کوتاهتری را نسبت به فرد بیرونی ثبت میکند. هر چه سرعت وسیلهء نقلیه بیشتر شود، این زمان ثبتشده کوتاهتر میگردد. این تفاوت را نمیتوان در سرعتهای پایین که معمولاً ما با آنها سر وکار داریم، ملاحظه نمود، ولی در سرعتهای نزدیک به سرعت نور، این قضیه کاملاً مشهود میباشد. هنگامی که جسم با سرعت نور حرکت کند، زمان برای آن متوقف میشود به این معنا که اصولاً دیگر زمانی ثبت نمیگردد. ولی جسمِ جرمدار نمیتواند با سرعت نور حرکت کند و ممکن است برخی ذرات مادی به روشی خاص مثل آنچه در برخوردهندهء ذرهای استفاده میشود، به سرعتی نزدیک به سرعت نور دست بیابند. در این صورت مشاهده میشود که طول عمر این ذرات چند برابر شده و به شکل قابل ملاحظهای طولانی میگردد و این به آن معنا است که زمان آنها هنگامی که با سرعت بسیار بالایی حرکت میکنند، بسیار کند سپری میشود.

ونفس الأمر ينطبق على أبعاد المكان، فمثلاً: لو قمت بقياس طول مركبة واقفة ثم نفس المركبة قست طولها وهي تمر متحركة بسرعة معينة وبمسار متعامد

مع وجهة القياس فستسجل طولاً أقل هذه المرة، وهذا لن يكون ملحوظاً في سرعة واطئة؛ لأنه جزء صغير جداً، أما في سرعات قريبة من سرعة الضوء سيكون ملحوظاً تماماً.

همین قضیه بر ابعاد مکان نیز منطبق است. به عنوان مثال اگر شما طول یک خودروی متوقف‌شده را اندازه بگیرید سپس طول آن را هنگامی که با سرعت مشخصی حرکت می‌کند بسنجید، در دفعهء دوّم طول کمتری را ثبت خواهید کرد. البته این موضوع در سرعت‌های پایین قابل ملاحظه نیست؛ زیرا تغییر طول بسیار بسیار ناچیز است ولی در سرعت‌های نزدیک به سرعت نور، کاملاً مشهود می‌باشد.

معنى ما تقدم أنّ أكثر من ملاحظ يتحركون سيقيسون أزماناً مختلفة لحدث واحد ولا يعتبر قياس أحد منهم أدق من الآخر؛ لأن القياسات نسبية.

معنای این سخنان آن است که اگر بیش از یک ناظر حرکت داشته باشند، هر یک از آنها زمان‌های مختلفی برای یک رویداد یکتا ثبت خواهندکرد. البته نمی‌توان یکی از این اندازه‌گیری‌ها را دقیق‌تر از دیگری دانست زیرا همگی نسبی می‌باشند.

ثبات سرعة الضوء في أبعاد المكان يعني أنه لم تبقَ للضوء سرعة تسمح له بالانتقال خلال الزمن فهو قد وصل إلى السرعة القصوى المسموح بها في أبعاد المكان، وهذا يعني أنّ الزمن عند الفوتونات متوقف فهي لا تتقدم بالعمر أي إنّ الماضي والمستقبل بالنسبة لفوتونات الضوء نفسها سواء. ففوتونات اشعاع الخلفية الكوني المتخلف من الانفجار الكبير كما سيأتي عمرها الآن هو نفسه عمرها لحظة الانفجار، ولو فرضنا أنّ هناك إنساناً تمكن أن يتحرك بسرعة الضوء (وإن كان هذا غير ممكن لاستحالة أن يتحرك أي جسم له كتلة ذاتية بسرعة الضوء) فسيحصل معه نفس الشيء، سيتوقف عنده الزمن

ويبقى عمره ثابتاً ويصبح بالنسبة له الماضي والمستقبل سواء أي إنه يرى الماضي والمستقبل في أي لحظة يشاء.

ثابت ماندن سرعت نور در ابعاد مکان به این معنا است که دیگر سرعتی باقی نمانده تا نور به آن دست یابد؛ زیرا نور به حداکثر سرعت ممکن در ابعاد مکان نائل گشته و این خود به آن مفهوم است که برای فوتون‌ها، زمان متوقف می‌باشد؛ یعنی برای فوتون‌های نور، گذشته و آینده یکسان است. بنابراین، سن فوتون‌های تابش پس‌زمینهٔ کیهانی که از انفجار بزرگ بر جای مانده‌اند، در حال حاضر با سن آنها در لحظهٔ انفجار یکسان است. اگر فرض بگیریم که انسانی بتواند با سرعت نور حرکت کند (هرچند چنین چیزی محال است زیرا هیچ جسم دارای جرمی، قادر نیست با سرعت نور حرکت کند) همین قضیه در مورد او نیز صدق می‌کند. یعنی زمان برای او می‌ایستد، عمرش ثابت می‌ماند و گذشته و آینده برای او یکسان خواهد بود؛ یعنی وی هر لحظه که اراده کند می‌تواند گذشته و آینده را ببیند.

النتيجة من النسبية الخاصة أنه لم يعد هناك كون ثلاثي الأبعاد وكمية زمان مستقلة، بل أصبح الكون رباعي الأبعاد والزمان أحد أبعاده، أصبح لدينا مكان وزمان يكوّنان معاً نسيجاً واحداً مترابطاً تؤثر حركة الأشياء في أحد أبعاده في مساره في أبعاده الأخرى، فحركة الأجسام في أبعاد المكان الثلاثة تؤثر في مسارها في بعد الزمان.

نتیجهٔ به‌دست آمده از نسبیت خاص این است که کیهان سه‌بُعدی وجود ندارد و زمان نیز کمیتی مستقل نمی‌باشد؛ بلکه کیهان چهار بُعدی است و زمان یکی از ابعاد آن به‌شمار می‌رود. بر این اساس زمان و مکان با هم یک بافت کیهانی منسجم و مرتبط به‌وجود می‌آورند که حرکت اشیا در یکی از ابعاد آن، بر مسیر آن شیء در دیگر ابعادش تأثیرگذار است. بنابراین

حرکت اجسام در ابعاد سه‌گانهٔ مکانی، بر مسیر آن در بُعد زمان تأثیر بر جای می‌گذارد.

ثبات سرعة الضوء التي جعلت اينشتاين يربط الأبعاد المكانية مع بعد الزمان ويراها متشابكة ككل يشكل نسيج الزمكان الكوني أيضاً أدى باينشتاين إلى أن يكتشف أن كتلة الجسيم وطاقة الجسيم متكافئة ومتشابكة، وهذا كان من أهم نتائج النظرية النسبية الخاصة ومعادلة تكافؤ الكتلة والطاقة أخرجها اينشتاين بالصورة التالية:

$$E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$$

$$E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$$

حيث إنّ:

E= الطاقة،

c = سرعة الضوء،

p=الزخم

ثابت ماندن سرعت نور که اینشتین آن را به ابعاد مکان و بُعد زمان مرتبط می‌داند و اینکه آنها را همچون یک واحدِ درهم‌تنیده که پدیدآورندهٔ بافت زمانی - مکانی کیهانی است، به‌شمار می‌آورد، باعث شد اینشتین کشف کند که جرم و انرژی ذره نیز با یکدیگر هم‌ارز و درهم‌تنیده هستند. این یکی از مهمترین دست‌آوردهای نظریهٔ نسبیت خاص بود؛ معادلهٔ هم‌ارزی جرم و انرژی که اینشتین آن را به این صورت استخراج کرد:

$$E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$$

$$E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$$

که در آن:

E= انرژی،

c = سرعت نور ،

p= تکانه (اندازه حرکت)

وعندما يكون الزخم صفراً تكون المعادلة كالتالي:

$E^2 = m^2c^4$

أي إنّ :

$E = mc^2$

وهذه الصورة الأخيرة هي الصورة المألوفة عادة.

هنگامی که اندازه حرکت صفر شود، معادله به این صورت خواهد بود:

$E^2 = m^2c^4$

و یا:

$E = mc^2$

که این شکل از معادله، شکلی است که بیشتر شناختهشده میباشد.

ومن تكافؤ الكتلة والطاقة يمكن إثبات أنّ السرعة القصوى هي سرعة الضوء ولا شيء له كتلة يمكن أن يتحرك بسرعة الضوء؛ لأن طاقة حركته تضاف إلى كتلة (بتحويلها بقانون التكافؤ) وهذا يعني أنّ الجسم تزداد كتلته كلما تحرك بسرعة أكبر وبالتالي يحتاج لطاقة أكبر ليتحرك أيضاً، وهذه الطاقة تحوّل أيضاً إلى كتلة تضاف إلى كتلته وهكذا تستمر المزايدة، فإذا فرضنا أنه تحرك بسرعة الضوء فستكون كتلته لا متناهية - مهما كانت كتلته الذاتية التي بدأ بها - وبالتالي سيحتاج طاقة لا متناهية لتحركه، ولهذا فلا يمكن - بحسب قانون التكافؤ - أن يتحرك شيء له كتلة ذاتية بسرعة الضوء، والضوء أو الجسيمات أو الموجات التي ليس لها كتلة ذاتية (كالفوتونات)، هي فقط التي تتحرك بسرعة الضوء.

از هم‌ارزی جرم و انرژی می‌توان اثبات کرد که بالاترین سرعت، همان سرعت نور است و هیچ جسمِ دارای جرمی نمی‌تواند با سرعت نور حرکت کند؛ زیرا انرژی حرکت آن (با توجه به معادلهٔ هم‌ارزی) به جرم اضافه می‌شود و این به آن معنا است که هر چه سرعت جسم بیشتر شود، بر جرم آن افزوده می‌گردد و برای حرکت داشتن، به انرژی بیشتری نیاز پیدا می‌کند. این انرژی نیز به نوبهٔ خود به جرم تبدیل می‌گردد تا در نهایت جرم جسم افزوده گردد. فرآیند مزبور همچنان ادامه می‌یابد. اگر فرض بگیریم که جسم با سرعت نور حرکت کند، صرف نظر از مقدار جرم اولیهٔ آن، جرمش بی‌نهایت خواهد شد و برای حرکت داشتن به مقدار انرژی بی‌نهایت نیاز پیدا می‌کند. بنابراین طبق قانون هم‌ارزی، امکان ندارد که یک جسم دارای جرم اولیه بتواند با سرعت نور حرکت کند و فقط نور یا ذرات یا امواج فاقد جرم اولیه (مانند فوتون‌ها) می‌توانند با سرعت نور حرکت کنند.

*****