آلبرت انیشتین
و
نظریه نسبیت

ALBERT EINSTEIN
NAZARIEYE NESBIYAT

تالیف: مهندس مسعود عباداللهی

بسم الله الرحمن الرحیم

آلبرت انیشتین

و

نظریه نسبیت

زندگی‌نامه و شرح نظریات

تالیف: مهندس مسعود عباداللهی

سرشناسه: عباداللهی، مسعود، ۱۳۶۳
عنوان و نام پدید آور: آلبرت انیشتین ونظریه نسبیت-زندگی‌نامه و شرح نظریات/تألیف مسعود عباداللهی
مشخصات نشر: تهران، مسعود عباداللهی ، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری:۴۶ص.: مصور.
شابک:
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
عنوان دیگر: زندگی نامه آلبرت انیشتین
عنوان دیگر: نظریه نسبیت عام و خاص
موضوع: فیزیکدان
رده بندی کنگره:
رده بندی دیویی:
شماره کتابشناسی ملی:

عنوان و نام پدید آور: آلبرت انیشتین و نظریه نسبیت-زندگی نامه و شرح نظریات/تألیف مسعود عباداللهی

ناشر: مسعود عباداللهی
طراحی جلد: مسعود عباداللهی
قیمت: رایگان
قطع: وزیری
تیراژ: ۱۰۰۰
نشانی ناشر: ایران تهران تهرانپارس خیابان استخر بین بوستان دوم و سوم پلاک ۵۸
تلفن ناشر:۷۷۳۶۱۸۲۵-۰۲۱دورنگار ناشر:۷۷۳۶۱۸۲۵-۰۲۱

((کلیه حقوق مادی و معنوی برای ناشر محفوظ است))

فهرست:

سخن مؤلف..... ۷

مقدمه..... ۸

زندگی‌نامه..... ۹

عکس‌ها..... ۱۵

نظریات..... ۲۰

منابع..... ۴۵

سخن مؤلف:

علوم جدید در قرن بیستم دنیایی جدید را پیش روی همه انسان ها قرار داد. این دنیای جدید با نظریات آلبرت انیشتین آغاز شد و دوران پس از نیوتن با تفکر این دانشمند بزرگ شکل گرفت. همه کسانی که با علوم جدید آشنایی دارند این دانشمند را بزرگترین دانشمند قرن بیستم می دانند دانشمندی که به وسیله او علم از مرزهای خود عبور کرد و نگاه فیزیکدانان و پس از آن تمام جهان را نسبت به دنیای پیرامون خود تغییر داد. در این کتاب سعی بر این است که علاوه بر معرفی شخصیت علمی و شخصیت اجتماعی آلبرت انیشتین این دانشمند بزرگ سوابق علمی و نظریه های او مورد مطالعه قرار گیرد. تا علاوه بر معرفی نظریات علمی این دانشمند بستر رشد و پرورش یک دانشمند و فیزیکدان مطرح مورد بررسی قرار گیرد. تا راهگشای آموزش یک دانشمند و یک برنده جایزه علمی نوبل گردد.

مسعود عباداللهی

تهران -۱۳۹۷

مقدمه:

بسیاری از افراد نام آلبرت انیشتین را شنیده و او را یک فیزیکدان مطرح می داند. نظریه نسبیت انیشتین را به عنوان مهمترین نظریه علمی قرن بیستم می شناسند. ولی کمتر کسی هست که شناخت دقیق از سوابق علمی این دانشمند برجسته داشته و طرز فکر و زندگینامه او را بدانند. تعداد افراد محدودی وجود دارند که نظریه علمی نسبیت را بدانند و محاسبات و کشفیات آن را درک و توجیه علمی آن را دریابند.

در این کتاب ابتدا به معرفی این شخصیت برجسته علمی و زندگی نامه وی خواهیم پرداخت تا او را بهتر شناخته و سوابق علمی او را که بنیان نظریات او را شکل داده است بشناسیم و در ادامه به بیان ابعاد علمی نظریه نسبیت این دانشمند می پردازیم.

امیدوارم این کتاب با ایجاد شناخت علمی از فیزیک و زندگی یک دانشمند فیزیکدان مخاطب را از راه موفقیت فردی موفق در عرصه علم آگاه ساخته و آگاهی لازم را در مورد جهانی که در آن زندگی می کنیم پدید آورد.

زندگی نامه

آلبرت در دوران کودکی یک فرد معمولی بود و حتی مدت زیادی طول کشید تا سخن گفتن را بیاموزد به طوری که والدین او نگران بودند که مبادا فرزندشان ناقص و غیرعادی باشد.

آلبرت انیشتین در چهاردهم مارس ۱۸۷۹ در شهر «اولم» واقع در ناحیه «ورتمبرگ» آلمان متولد شد. در یک سالگی خانواده او از اولم عازم مونیخ گردیدند. پدر آلبرت، هرمان انیشتین، کارخانه کوچکی برای تولید محصولات الکتروشیمیایی داشت و با کمک عموی آلبرت که مدیر فنی کارخانه بود، از آن بهره برداری می کرد. وی از لحاظ عقاید سیاسی با حکومت پروسی ها مخالفت داشت، اما امپراتوری جدید آلمان را ستایش می کرد و صدر اعظم آن «بیسمارک» و ژنرال «مولتکه» و امپراتور پیر یعنی «ویلهم اول» را مورد تجلیل قرار می داد. مادر انیشتین که پائولین کوخ نام داشت، بیش از پدر زندگی را جدی می گرفت و از احساسات هنرمندانه ای برخوردار بود.

در اواخر سال ۱۹۱۰ کرسی فیزیک نظری در دانشگاه آلمانی پراگ خالی شد. انتصاب استادان این قبیل دانشگاه ها طبق پیشنهاد دانشکده بوسیله امپراتور اتریش انجام می گرفت که معمولاً حق انتخاب خویش را به وزیر فرهنگ واگذار می کرد. تصمیم قطعی برای انتخاب داوطلب، قبل از همه، برعهده فیزیکدانی به نام «آنتون لامپا » بود و او برای انتخاب استاد، دو نفر را مد نظر داشت که یکی از آنها « کوستاویائومان» و دیگری «انیشتین» بود. یائومان این پیشنهاد را رد کرد و انیشتین پس از کش و قوس های فراوان، این مقام را پذیرفت. دو ویژگی انیشتین موجب شد که استاد زبردستی گردد: نخست اینکه، علاقه فراوانی داشت تا برای عده بیشتری از همنوعان خود و به خصوص کسانی که در حول و حوش او می زیستند، مفید باشد. ویژگی دوم، یعنی ذوق هنریش، وی را وا می داشت که افکار عمومی خود را به نحوی روشن

و منطقی مرتب سازد. از سوی دیگر، روش تنظیم آنها به نحوی بود که او و شنوندگان او از نظر جهان شناسی نیز لذت ببرند.

انیشتین در مدتی که در پراگ تدریس می کرد، نه تنها نظریه جدید خود را بنا نهاد، بلکه با شدت بیشتری، نظریه خود درباره کوآنتوم نو را که در شهر برن شروع کرده بود، توسعه داد. با همه این تفاصیل،انیشتین به دانشگاه پراگ اطلاع داد که در خاتمه دوره تابستانی سال ۱۹۱۲ این دانشگاه را ترک خواهد کرد. عزیمت ناگهانی انیشتین از پراگ، سر و صدای زیادی را در این شهر بوجود آورد. در سر مقاله بزرگترین روزنامه آلمانی شهر پراگ نوشته شد:

«نبوغ و شهرت فوق العاده انیشیتن باعث شد که همکارانش او را مورد شکنجه و آزار قرار دهند و به ناچار شهر پراگ را ترک کرد». انیشتین عازم شهر زوریخ گردید و در پایان سال ۱۹۱۲ در سمت استاد مدرسه پلی تکنیک زوریخ مشغول به کار شد. شهرت انیشتین به حدی رسیده بود که بسیاری از مؤسسات و سازمان های علمی جهان علاقه داشتند که وی به عنوان عضو وابسته با مؤسسه ایشان در ارتباط باشد. مقامات رسمی آلمان، سال‌ها کوشش می‌کردند که شهر برلن نه فقط مرکز قدرت سیاسی و اقتصادی، بلکه در عین حال کانون فعالیت هنری و علمی نیز محسوب گردد؛ به همین جهت از انیشتین دعوت بعمل آوردند. انیشتین مدت کمی بعد از ورود به برلن، از همسر خویش هیلوا که از جنبه های مختلف با او توافق نداشت، جدا گردید. هنگامی که به عضویت آکادمی پادشاهی انتخاب شد، سی و چهار سال سن داشت و نسبت به همکاران خود که از او مسن تر بودند، بیش از حد جوان می نمود.

فعالیت اصلی آلبرت انیشتین در برلن این بود که با همکاران خویش و یا دانشجویان رشته فیزیک، درباره کارهای علمی مصاحبه و مذاکره نموده و آنها را در تهیه برنامه علمی راهنمایی کند. هنوز یکسال از اقامت انیشتین در برلن نگذشته بود که در ماه اوت ۱۹۱۴ جنگ جهانی شروع شد. در طی جنگ جهانی اول، روزنامه های برلن

همه روزه از وقایع جنگ و شروع فتوحات ارتش آلمان سخن می گفتند. در عین حال، انیشتین در منزل خود با دختر عمه خویش الزا آشنایی پیدا کرد. الزا زنی مهربان و خونگرم بود و از شوهر مرحوم سابق خود دو دختر داشت؛ با این حال، انیشتین با او ازدواج کرد. جنگ جهانی مانع از آن نشد که انیشتین با حرارت فوق العاده به توسعه و تکمیل نظریه ثقل خویش بپردازد و با پیمودن راه تفکری که در پراگ و زوریخ در پیش گرفته بود، در سال ۱۹۱۶ توانست نظریه ای برای ثقل ارائه دهد. وی جاذبه عمومی را بنا نهاد که به کلی مستقل از نظریه های گذشته و از نظر منطقی دارای وحدت کامل بود.

اهمیت نظریه جدید به زودی مورد تأیید و توجه دانشمندانی واقع گردید که دارای قدرت خلاق علمی بودند. تأیید تجربی نظریه انیشتین، توجه عموم مردم را نیز به شدت جلب کرده بود. از این پس، دیگر آلبرت انیشتین مردی نبود که فقط مورد توجه دانشمندان باشد. به زودی، او نیز همچون حاکمان مشهور کشورها ، بازیگران بزرگ سینما و تئاتر، شهرت عام به دست آورد. تبلیغات مخالف و حملاتی که علیه انیشتین می شد، موجب گردید که در تمام جهان و در همه طبقات اجتماعی، توجه عموم مردم به سوی تئوری های او جلب شود. در این زمان، انیشتین ابتدا به هلند و سپس به کشورهای چکسلواکی، اسپانیا، فرانسه، روسیه، اتریش، انگلیس، آمریکا و بسیاری از کشورهای دیگر سفر کرد. اما نکته قابل توجه این است که وقتی انیشتین و همسر او به بندرگاه نیویورک رسیدند، با استقبال شدید و تظاهرات پرشوری مواجه شدند که به احتمال قوی نظیر آن هرگز هنگام ورود یکی از دانشمندان رخ نداده بود.

انیشتین به آسیا و کشورهای چین، ژاپن و فلسطین سفر کرد و این خاتمه سفرهای او بود. وی درسال ۱۹۲۴ بعد از مسافرت های متعدد ، بار دیگر در برلن مستقر گردید. حملات همچنان بر علیه او ادامه داشت و نظریات او را به عنوان بیان افکار قوم یهود و به سوی فاشیسم می دانستند.

از این رو، انیشتین به شهر پرینستون در آمریکا رفت. در سال ۱۹۳۶ همسرش الزا از دنیا رفت و خواهر انیشتین که در فلورانس بود، به شهر پرینستون نزد برادرش آمد. در همین دوران، انیشتین تابعیت کشور آمریکا را پذیرفت. وی در سال ۱۹۴۵ طبق قانون بازنشستگی، مقام استادی مؤسسه مطالعات عالی پرینستون را ترک کرد، ولی این تغییر سمت رسمی، تغییری در روش زندگی و کار او به وجود نیاورد. او کماکان در پرینستون به سر می برد و در مؤسسه مذکور به تحقیقات خود ادامه می داد.

دوران تحقیق در شهر پرینستون آمیخته با اضطراب بود. دوره ده ساله پایان زندگی آلبرت انیشتین ، درست مصادف با عهد بمب اتمی بوده و بشریت، تمرین و آموزش خود را در این زمینه آغاز نمود. بنابراین، مسأله واقعی که برای او مطرح شد، موضوع چگونگی پیدایش بمب اتمی نبود.

سرانجام در روز هجدهم آوریل ۱۹۵۵ بزرگترین دانشمند و متفکر قرن بیستم، مردی که احتمالا همراه با ناپلئون و بتهوون مشهورتر از همه مردان جهان بوده است، در شهر پرینستون واقع در ایالات متحده آمریکای شمالی از زندگی، تفکر و مبارزه دست کشید و درگذشت.

مغز فیزیک‌دان برجسته، آلبرت انیشتین، موضوع پژوهش و جستجوهای بسیاری بوده‌است. مغز او طی هفت و نیم ساعت پس از مرگش از سر او خارج گردید. آلبرت انیشتین به عنوان یکی از بزرگ‌ترین نابغه‌های قرن بیستم به حساب می‌آمد و دلیل جلب توجه به سوی مغز وی، تلاش برای یافتن رابطه میان کالبدشناسی اعصاب و هوش عموميیا هوش ریاضیاتی بود. مطالعات انجام گرفته نشان داده‌اند که قسمت‌هایی از مغز که مربوط به صحبت کردن و زبان هستند، کوچکتر و قسمت‌های مربوط به پردازش‌های عددی و فضایی (تجسم) بزرگ‌تر هستند. مطالعات دیگری، نشان‌دهنده بیشتر بودن تعداد یاخته‌های گلیال در مغز انیشتین هستند.

هرچند مغز او از نظر اندازه فرقی با مغز دیگران ندارد و ۱۲۳۰گرم است.

سال ۲۰۱۲ نتیجه پژوهش مفصلی بر روی چهارده عکس منتشر نشده از مغز انیشتین که از «زوایای غیر متعارف» گرفته شده بودند منتشر شد. همچنین در سال ۲۰۱۳ نتیجه پژوهش دانشمندان دانشگاه چین شرقی در شانگهای و دانشگاه ایالتی فلوریدا در آمریکا در نشریه «مغز» منتشر شد. دانشمندان از بررسی عکس‌های منتشر نشده مغز انیشتین (دو عکس از نیم‌کره‌های راست و چپ) متوجه یکی دیگر از تفاوت‌های مغز او با سایرین شدند. این تصاویر نشان می‌دهد که بخشی از مغز به نام جسم پینه‌ای (کورپوس کالوزوم) در انیشتین بسیار بزرگتر از افراد عادی بوده‌است.

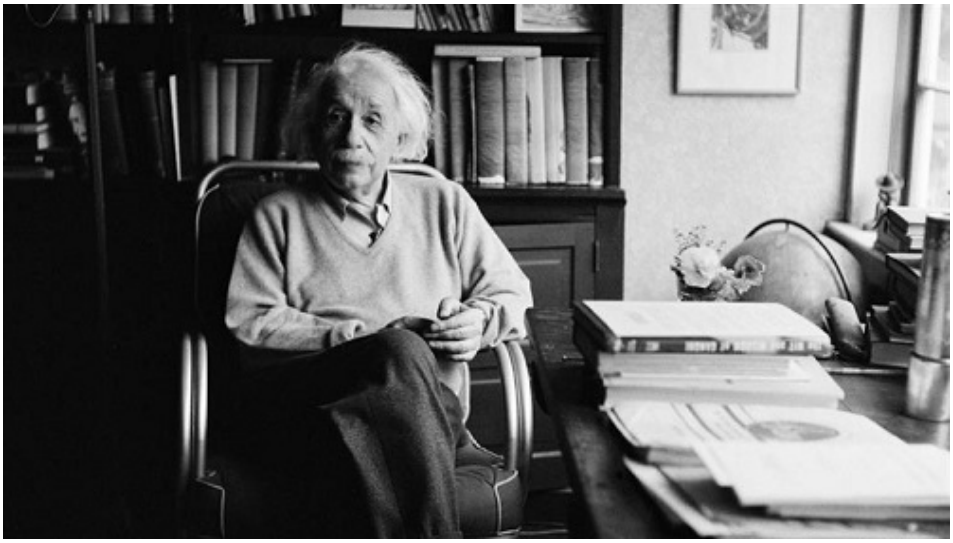
جسم پینه‌ای بزرگترین دسته رشته‌های عصبی است که دو نیمکره مغز را به هم وصل می‌کند؛ در واقع مهمترین راهی است که اطلاعات بین دو نیم‌کره مغز مبادله می‌شوند.

عکس‌ها

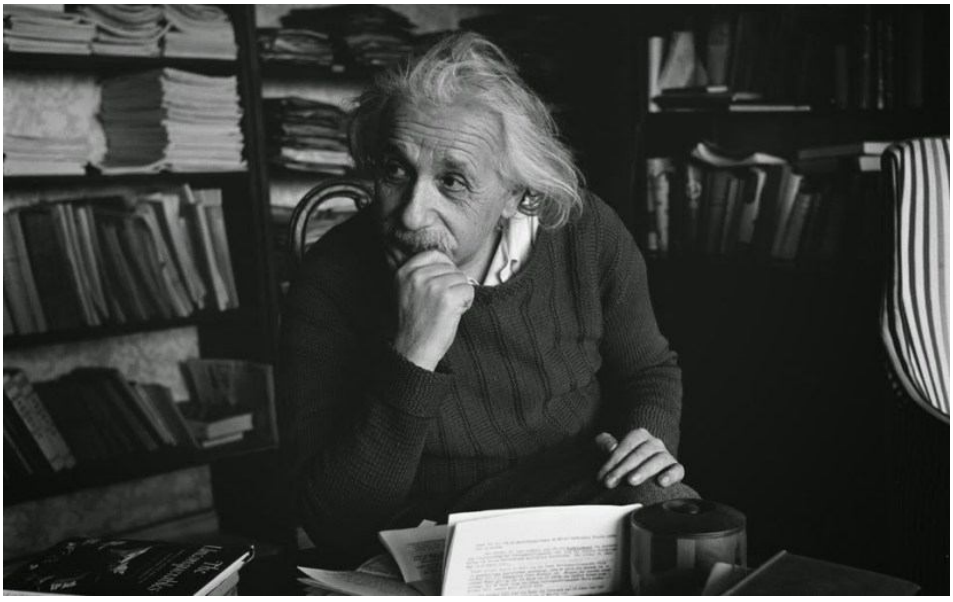
تصویر ۱

تصویر ۲

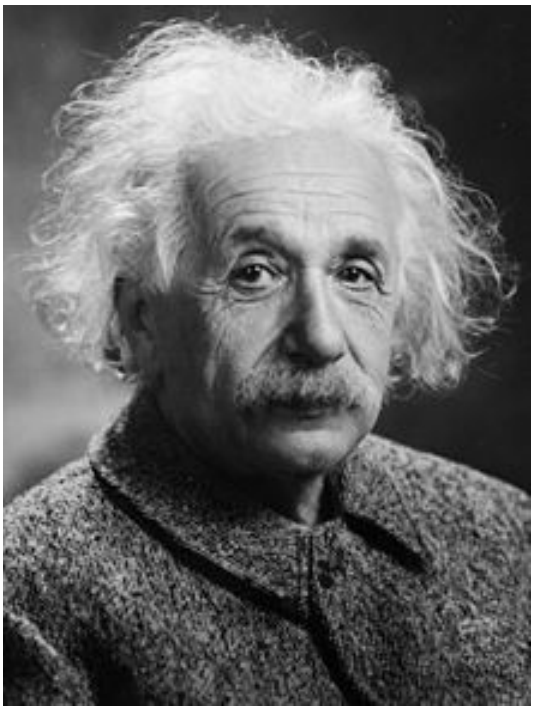
تصویر ۳



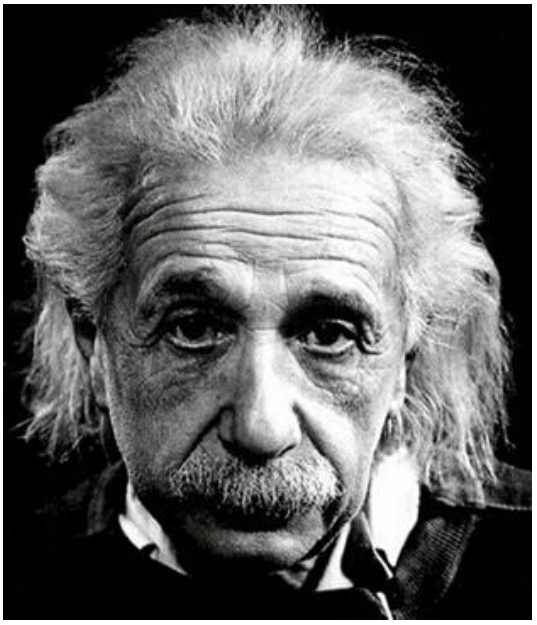
تصویر ۴



تصویر ۵



تصویر ۶



تصویر ۷

نظریات

نظریه نسبیت خاص

این نظریه به موضوع نسبی بودن سرعت را با ثابت بودن سرعت نور درهم می‌آمیزد و رابطه‌ای جدید بین زمان و فضا به دست می‌آورد. برای درک نظریه نسبیت خاص ابتدا باید با این دو مفهوم آشنا شوید و بدانید که انیشتین چگونه از کارهای دانشمندان قبلی کمک گرفته است.

نسبیت خاص یکی از نظریاتی است که انیشتین مطرح کرده و شامل سه پدیده در سرعت‌های بالا است:

انقباض طول که کاهش طول جسم در طی حرکت است.

اتساع زمان که کند شدن زمان است.

هم‌ارزی جرم و انرژی یا همان $E=mc^2$.

چارچوب مرجع و نسبی بودن سرعت

وقتی که راه می‌روید و یا در ماشین سفر می‌کنید، کاملاً از اینکه در حال حرکت هستید اطلاع دارید. اگر از شما پرسیده شود آیا شما در حال حرکت هستید یا درختی که می‌بینید؟ با قاطعیت خواهید گفت که من در حال حرکت هستم و درخت ثابت است.

حال فرض کنید در فضایی کاملاً خالی بدون هیچ جسمی رها شده‌اید. چطور می‌توانید تشخیص دهید در حال حرکتید یا ثابت؟ در واقع در حرکت بودن را باید نسبت به چیز دیگری بیان کرد. یعنی حرکت امری نسبی است.

هم اکنون که شما در حال خواندن این مطلب هستید، احتمالاً ثابت بر روی صندلی نشسته‌اید ولی در همین زمان زمین در حال چرخش به دور خورشید است. پس شما ثابت نیستید. شما هم در حال چرخش به دور خورشید هستید. در فیزیک این مسأله را با عنوان چارچوب مرجع یا دستگاه مرجع می‌نامند. چارچوب مرجع به زبان ساده یعنی مکانی که نسبت به آن سمت، زمان، مکان و سایر ویژگی‌های یک جسم سنجیده می‌شود.

نکته مهم در مورد چارچوب مرجع اینست که هیچ چارچوب مرجع واحدی در جهان وجود ندارد. یعنی هیچ نقطه‌ای نیست که کاملاً ثابت باشد. نکته مهم دیگر اینکه شما در چارچوب خود همواره ثابت هستید. مفاهیم چارچوب مرجع و نسبی بودن سرعت را برای اولین بار گالیله در سال ۱۶۳۲ عنوان کرد.

سرعت نور

در سال ۱۸۲۰، توماس یانگ آزمایشی انجام داد که نشان می‌داد نور از موج ساخته شده است. در آن زمان فیزیکدانان تصور می‌کردند که هر موجی برای انتشار به یک رسانه نیاز دارد. یعنی حتما باید ماده‌ای باشد که موج در آن منتشر شود. مثلاً امواج دریا در آب انتشار می‌یابند و صوت در هوا به گوش ما می‌رسد. بنابراین نور هم باید دارای رسانه‌ای باشد. در آن زمان رسانه‌ی حامل نور را اتر نامیدند.

در سال ۱۸۳۱، مایکلسون و مورلی آزمایشی ترتیب دادند تا اتر را شناسایی کنند. این دو دانشمند بیان کردند که زمین در حال گردش در زمان‌هایی در جهت اتر قرار می‌گیرد و در زمان‌هایی در خلاف جهت آن. وقتی در جهت اتر قرار می‌گیرد باید سرعت نور بیشتر بشود و نور سریعتر به ما برسد. درست همانند وقتی که دو نفر به سمت هم حرکت می‌کنند. از طرف دیگر در زمانی که زمین در خلاف جهت اتر است،

سرعت نور باید کمتر شود. درست همانند وقتی که دو نفر در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند. قرار بود آزمایش این دو دانشمند تفاوت سرعت نور در این دو حالت را شناسایی کند.

ولی آزمایش این دو دانشمند خلاف این موضوع را نشان داد و در همه حال سرعت نور ثابت بود. به همین دلیل ایده اتر به مرور زمان کنار گذاشته شد و فیزیکدانان پذیرفتند که سرعت نور همواره ثابت است و به سرعت حرکت اجسام و منبع نور بستگی ندارد.

نسبیت خاص انیشتین

انیشتین با استفاده از دو اصل بالا را در کنار هم قرار داد و نظریه نسبیت خاص را مطرح کرد. یعنی دو اصل نسبیت خاص عبارتند از:

۱- سرعت همواره نسبی است و هیچ چارچوب مرجع واحدی وجود ندارد.

۲- سرعت نور برای همه‌ی چارچوب‌های مرجع همواره ثابت است.

کنار هم قرار دادن این دو اصل موجب به وجود آمدن شگفتی‌های بسیاری می‌شود. برای درک این شگفتی‌ها آزمایش‌های فرضی زیر را در نظر بگیرید.

اتساع زمان

اتساع زمان یکی از نتایج اصلی نظریه نسبیت خاص است. اتساع زمان به معنی کند شدن زمان و نسبی بودن آن می‌باشد.

فرض کنید که در یک سفینه فضایی قرار دارید. یک ساعت خاص هم در این سفینه قرار دارد. این ساعت شامل دو آینه و یک ذره کوچک نور است که بین این دو آینه نوسان می‌کند و پس از برخورد به یکی از آینه‌ها به سمت دیگری بازتاب می‌یابد. هر بار برخورد ذره به یکی از آینه‌هایک تیک زمانی محسوب می‌شود. تعداد دفعات تیک در هر ثانیه هم مشخص و قابل شمارش است. حال فرض کنید که این سفینه ثابت است.

در این حالت هیچ اتفاق خاصی نمی‌افتد و ذره کوچک خیلی طبیعی به حرکت خود ادامه می‌دهد. حال فرض کنید که سفینه شروع به حرکت می‌کند.

اگر دقت کنید می‌بینید که چیزی تغییر کرده است. دیگر ذره کوچک شما حرکت خطی بالا به پایین ندارد. بلکه هم‌زمان با شما به صورت افقی هم حرکت می‌کند. البته حرکت افقی ذره فقط از دید ناظر بیرون سفینه است و برای شما ذره هم‌چنان به صورت عمودی و مستقیم حرکت می‌کند.

با توجه به اینکه ذره مسافت بیشتری را می‌پیماید تا بین دو آینه حرکت کند و از آنجا که این ذره از جنس نور است و سرعت آن ثابت است، پس مدت زمانی که ذره از آینه اول به آینه دوم می‌رسد افزایش می‌یابد. یعنی از دید ناظر بیرونی ساعت شما کندتر زمان را نشان می‌دهد. اگر مشابه همین ساعت را بیرون از سفینه داشته باشید، پس از مدتی خواهید دید که ساعت شما عقب افتاده است.

هر چه سریعتر حرکت کنید، زمان بیشتر کند می‌شود. همین‌جا پارادوکس دوقلوها هم بیان می‌شود. اگر یکی از دو برادر دوقلو را سوار سفینه فضایی کنیم با سرعتی برابر با ٪۹۹ سرعت نور به فضا بفرستیم، هر یک روز برادری که در سفینه است، برابر با شش روز برادر در زمین است. پس وقتی فرد در سفینه به زمین بازگردد، خواهد دید که برادر دوقلویش بسیار پیرتر از خودش می‌باشد.

مسأله اتساع زمان در سرعت‌های پایین قابل حس نیست ولی با استفاده از موشک‌های پرسرعت و ساعت‌های اتمی بسیار دقیق، این مسأله کاملاً به صورت عملی مشاهده شده است.

انقباض طول

همان‌طور که ذکر شد، سرعت نور همواره ثابت است. در قسمت قبل هم به این نتیجه رسیدیدم که اگر سرعت حرکت ما زیاد باشد، زمان ما نسبت به ناظر بیرونی کندتر می‌شود. می‌دانیم که سرعت برابر است با مسافت طی شده تقسیم بر زمان. اگر قرار باشد سرعت نور ثابت بماند، پس وقتیکه زمان کند می‌شود، صورت کسر یعنی مسافت طی شده باید کم شود. پس هر چه جسمی را با سرعت بیشتری حرکت دهیم، طول جسم نسبت در راستای حرکتش کوتاه‌تر می‌شود. اگر جسمی با سرعت نور حرکت کند، طول آن به صفر می‌رسد.

همان‌طور که می‌بینید زمان و فضا مفاهیم جدایی نیستند و در واقع دو روییک سکه می‌باشند. این مفهوم را صفحه فضا-زمان می‌نامند.

نسبیت همزمانی و پارادوکس نردبان

نسبیت همزمانی بیان می‌کند که همزمانی رخداد دو واقعه مطلق نیست و به چارچوب مرجع ناظر بستگی دارد. برای توضیح این مفهوم از پارادوکس نردبان استفاده می‌کنند. این پارادوکس که به پارادوکس طول یا پارادوکس لورنتز هم معروف است به صورت زیر بیان می‌شود:

فرض کنیدیک نردبان داریم و یک اتاق که در دو سمت آن در وجود دارد. طول نردبان بیشتر از اتاق است و اگر بخواهیم آن را به صورت افقی در اتاق قرار دهیم، از درهای اتاق بیرون می‌زند. حال فرض کنید نردبان را از فاصله‌ای بسیار دور با سرعتی نزدیک به سرعت نور به سمت یکی از درهای اتاق حرکت می‌دهیم. به دلیل سرعت بالا، طول نردبان از دید ناظر درون اتاق کوتاه می‌شود و در یک لحظه می‌توان نردبان را در اتاق جا داد. فرض کنید پس از ورود نردبان به اتاق هر دو درب را می‌بندیم و سپس درب خروجی را باز می‌کنیم تا نردبان عبور کند. تا بدینجا هیچ مشکلی وجود ندارد.

حال فرض می‌کنیم فردی بر روی نردبان در حرکت قرار دارد و از دید وی مسأله را بررسی می‌کنیم. این شخص هم برای خودش چارچوب مرجعی دارد. از دید این فرد نردبان ثابت است و اتاق است که به سمت وی در حال حرکت می‌باشد (اگر در فضا هیچ جسم دیگری غیر از اتاق و نردبان نباشد و سرعت جسم هم ثابت باشد، نمی‌توان تشخیص داد که کدام در حال حرکت است). در این صورت، طول اتاق برای ناظر بیرونی کوتاه‌تر می‌شود و بدیهی است که هیچ‌گاه نردبان در اتاق جا نخواهد شد.

توضیح این مسأله در نسبی بودن همزمانی است. دو اتفاق که از دیدیک ناظر همزمان است از دید ناظر دیگر ممکن است همزمان نباشند. وقتی می‌گوییم نردبان در اتاق قرار دارد، یعنی هر دو درب اتاق در یک زمان بسته شوند. برای ناظر درون اتاق هر دو درب در یک زمان بسته می‌شوند ولی برای فردی که بر روی نردبان قرار دارد، با نزدیک شدن به درب خروج، این درب ابتدا بسته و سپس باز می‌شود تا نردبان عبور کند. سپس درب ورود بسته می‌شود. به دلیل اینکه درب دوم به ناظر روی نردبان نزدیکتر بوده است، بسته شدن و باز شدن آن را زودتر می‌بینید.

برابری جرم و انرژی

فرمول معروف $E=mc^2$ هم از نتایج نظریه نسبیت خاص است. در این فرمول E انرژی جسم، m جرم آن و c سرعت نور است. این فرمول بیان می‌کند که انرژی بسیار زیادی در هر جسمی نهفته است. بر اساس همین فرمول انرژی اتمی و شکافت هسته‌ای به وجود آمده است.

یکی از عجیب‌ترین نتایج نسبیت خاص، نسبی بودن جرم جسم است. وقتی جسمی شروع به حرکت می‌کند، جرم آن برای ناظری که در حال سکون است، افزایش می‌یابد. البته مقصود از جرم در اینجا تمایل به سکون یا همان اینرسی است. هر چه سرعت بیشتر شود، جرم جسم هم افزایش می‌یابد تا جایی که در سرعت نور، جرم جسم بی‌نهایت می‌شود. با افزایش سرعت جسم به بیش از سرعت نور نیاز به بی‌نهایت انرژی داریم. به همین دلیل است که هیچ گاه نمی‌توان به سرعتی بیشتر از سرعت نور دست یافت. این اثر را برابری جرم و انرژی می‌نامند. در واقع یکی از نتایج نسبیت خاص اینست که جرم هم خود نوعی انرژی است.

وقتی این نتیجه را در کنار اصل پایداری انرژی و رابطه‌ی تکانه‌ی جسم با انرژی آن قرار دهیم، با اندکی ریاضیات به رابطه‌ی معروف $E=mc^2$ می‌رسیم. البته انیشتین بعدها مفهوم جرم نسبی را کنار گذاشت و ترجیح داد که از همان جرم در حال سکون استفاده کند. هم اکنون هم در کتب پیشرفته‌ی فیزیک از همان مفهوم جرم در حال سکون استفاده می‌شود.

نسبیت خاص حالت کلی مکانیک و فیزیک نیوتنی است. یعنی مکانیک کلاسیک نیوتنی تقریب خوبی از نسبیت خاص در سرعت‌های پایین ارائه می‌کند. در حال حاضر نسبیت خاص دقیق‌ترین مدل برای توصیف حرکت در همه‌ی سرعت‌هاست.

یکی از اشکالات نسبیت خاص اینست که تنها به بررسی حرکت اجسام در سرعت ثابت می‌پردازد. سرعت ثابت یکی از حالات خاص حرکت می‌باشد. انیشتین پس از ارائه نسبیت خاص در این فکر بود که این نظریه را تعمیم بدهد و شتاب را هم در آن بگنجاند و نظریه نسبیت عام را مطرح کند.

از طرف دیگر، در سال ۱۹۰۵ انیشتین به این فکر افتاد که چگونه می‌تواند گرانش را هم در نظریه نسبیت خود مد نظر قرار دهد. نتیجه این افکار تولد نسبیت عام بود. انیشتین ده سال برای ارائه این نظریه زمان گذاشت. در واقع نسبیت عام، حالت کلی نسبیت خاص است و به توصیف جاذبه و حرکت اجسام شتاب‌دار می‌پردازد.

برای درک نسبیت عام باید به نظریه جاذبه‌ی نیوتن بازگردیم. نیوتن بیان کرد که هر جسمی به اجسام دیگر نیروی جاذبه وارد می‌کند و آن‌ها را به سمت خود جذب می‌نماید. طبق نظر نیوتن، این نیرو با جرم اجسام نسبت مستقیم و با فاصله آن‌ها نسبت عکس دارد. هر چه اجسام بزرگتر و نزدیکتر باشند، نیروی جاذبه بین آن‌ها بیشتر است. با این نظریه بسیاری از رفتارهای فیزیکی را به خوبی می‌توان توضیح داد.

انیشتین یک آزمایش ذهنی انجام داد. او فکر کرد که در یک کابین بدون پنجره قرار دارد. اگر کابین با شتابی معادل شتاب جاذبه به سمت بالا حرکت کند، وی از هیچ راهی نمی‌تواند تشخیص دهد که آیا روی زمین قرار دارد یا در یک سفینه در میان فضا. از طرف دیگر اگر ناگهان شتاب سفینه به صفر برسد، انیشتین بلافصله در حالت بی‌وزنی قرار می‌گیرد و نمی‌تواند تشخیص دهد آیا در حال سقوط آزاد است یا اینکه در فضا رها شده است.

آزمایش ذهنی نسبیت عام

در واقع جاذبه نیرو نیست. اگر جاذبه نیرو باشد، فرد در هنگام سقوط آزاد احساس بی‌وزنی نمی‌کند. انیشتین این موضوع را اصل هم‌ارزی نامید و عنوان کرد که شتاب و جاذبه غیر قابل تفکیک هستند و هر تفاوتی هم که تفاوتی ایجاد نکند، تفاوت محسوب نمی‌شود. پس شتاب و جاذبه یکچیز هستند یا به عبارت دیگر سقوط آزاد و حرکت اینرسی تفاوتی ندارند.

سپس انیشتین اصل هم‌ارزی را با نسبیت خاص درهم آمیخت و در توضیح اینکه چرا در حضور اجسام بزرگ مانند زمین شتاب به وجود می‌آید، مفهوم بسیار عجیب انحنای صفحه‌ی فضا-زمان را عنوان کرد. طبق نظر انیشتین، اجسام بزرگ صفحه فضا-زمان را خم می‌کنند و هر جسمی که بر روی این صفحه قرار داشته باشد به سمت این اجسام حرکت می‌کند.

خم شدن صفحه فضا-زمان در نسبیت عام

درست همانند وقتی که یک توپ فلزی را وسط یک ترمپلین قرار دهید. پس از آن هر جسمی که بر روی ترمپلین قرار داده شود به سمت محل قرارگیری توپ حرکت می‌کند.

درست همانند وقتی که یک توپ فلزی را وسط یک ترمپلین قرار دهید. پس از آن هر جسمی که بر روی ترمپلین قرار داده شود به سمت محل قرارگیری توپ حرکت می‌کند.

خم شدن صفحه فضا-زمان به معنی اینست که در نزدیکی جسم بزرگی مانند زمین زمان کندتر سپری می‌شود. هر چه جسم جرم بیشتری داشته باشد، بیشتر صفحه

فضا-زمان را خم می‌کند، شتاب جاذبه آن بیشتر است و زمان در نزدیکی آن کندتر سپری می‌شود. در واقع به دلیل کند شدن زمان است که جسم در سقوط آزاد بدون دریافت انرژی شتاب می‌گیرد. کند شدن زمان در نزدیکی زمین بارها و بارها با قرار دادن ساعت‌های اتمی بسیار دقیق در طبقات مختلف ساختمان‌های بلند نشان داده شده است.

تغییر فرکانس و خم شدن نور

تغییر طیف در نسبیت عام

با فرض درست بودن اصل هم‌ارزی، گرانش بر رد شدن نور هم اثر می‌گذارد. وقتی نور به سمت مرکز جاذبه حرکت کند به طیف آبی می‌گراید و در صورت حرکت به سمت بیرون مرکز جاذبه به طیف قرمز گرویده می‌شود. از طرف دیگر گرانش بر مسیر حرکت نور هم اثر می‌گذارد. در مکانیک کلاسیک نور به خط مستقیم حرکت می‌کند ولی در فیزیک نسبیت مشخص می‌شود که نور در کنار اجسام بزرگ مسیر منحنی طی می‌کند. این اثر در مشاهده نور ستارگان هنگام عبور از خورشید دیده شده است.

امواج گرانشی

انیشتین در این نظریه پیش‌بینی کرد که وقتییک جسم شتاب می‌گیرد، نوساناتی در صفحه فضا-زمان ایجاد می‌کند که با سرعت نور منتشر می‌شوند. این نوسانات را امواج گرانشی می‌نامند. هر چه جسم بزرگتر باشد، موج گرانشی قوی‌تر بوده و شناسایی آن ساده‌تر است.

وقتی این امواج منتشر می‌شوند و به اجسام دیگر می‌رسند، موجب ایجاد اعوجاج در صفحه فضا-زمان آن‌ها می‌شوند و اجسام با فرکانس موج گرانشی، به هم دور و نزدیک می‌گردند. ولی از آنجا که این امواج با دور شدن از منبع ضعیف می‌شوند و منابع تولید این امواج هم از ما بسیار دور هستند، وقتییک موج گرانشی به ما می‌رسد، غیر قابل اندازه‌گیری می‌شود.

چندی پیش مؤسسه لایگو(LIGO) موفق شد امواج گرانشی ناشی از برخورد دو سیاهچاله در میلیون‌ها سال قبل را شناسایی کند.

مؤسسه لایگو

آنتن های مؤسسه تحقیقاتی لایگو که رسیدن امواج گرانشی حاصل برخورد دو ابرسیاه چاله در میلیون‌ها سال پیش را شناسایی کردند.

سیاه‌چاله‌ها

یکی دیگر از نتایج نسبیت عام مفهوم سیاه‌چاله است. وقتی نسبت جرم به شعاع جسمی بسیار بزرگ شود، سیاه‌چاله به وجود می‌آید. سیاه‌چاله ناحیه‌ای از فضاست که جاذبه بسیار شدیدی دارد و حتی نور هم نمی‌تواند از آن بگریزد.

نقش نظریه نسبیت در زندگی روزمره

حال که به صورت کلی با نظریه نسبیت انیشتین آشنا شدید، حتماً با خود می‌گویید که این نظریه برای فضاهای بسیار دور و سرعت‌های بسیار بالاست و هیچ نمونه‌ای از آن را نمی‌توان در زندگی روزمره پیدا کرد. خوب حقیقت غیر از اینست. نظریه نسبیت بسیار نزدیکتر از چیزی است که فکر می‌کنید. در چند نمونه از مواردی که در صنعت نظریه نسبیت را مد نظر قرار داده‌اند آورده شده است.

سیستم موقعیت‌یاب جهانی(GPS)

جی پی اس و نظریه نسبیت

برای اینکهGPS به درستی کار کند، ماهواره‌ها باید اثر نظریه نسبیت را در نظر بگیرند. دلیل این موضوع سرعت نسبتاً بالای حرکت ماهواره‌ها می‌باشد. از طرف دیگر ماهواره‌ها از فاصله دورتری نسبت به زمین سیگنال‌های خود را ارسال می‌کنند. در آن فاصله شدت جاذبه زمین برای آن‌ها کمتر از ساکنین روی زمین است.

برای افزایش دقت، ماهواره‌هایGPS از ساعت‌هایی با دقت در حد چند میلیاردم ثانیه استفاده می‌کنند. سرعت یک ماهواره به طور متوسط ۲۰۳۰۰ کیلومتر بر ساعت است و تقریباً در ارتفاع ۱۰۰۰۰ کیلومتری زمین قرار دارد. در این سرعت و ارتفاع، روز برابیک ماهواره ۷ میکروثانیه کوتاه‌تر از ساکنین زمین است. اگر اثر نسبیت در نظر گرفته نشود، سیستمGPS به جای اینکه به صورت بلادرنگ به شما بگوید که یک پمپ بنزین در ۸۰۰ متری شماست، به شما خواهد گفت که در فاصله ۸ کیلومتریبک پمپ بنزین قرار دارد، آن هم پس از یک روز.

لامپ تصویر تلویزیون قدیمی

همین چند سال پیش، قبل از عرضه‌ی تلویزیون‌های تخت و ال ای دی به بازار، همه ما تلویزیون‌های لامپ تصویری داشتیم. این نوع تلویزیون از لامپ خلاء کاتد استفاده می‌کند. این لامپ الکترون‌ها را به وسیله‌یبک آهنربا به صفحه تلویزیون شلیک می‌کند. الکترون‌ها هم پیکسل‌ها را فعال می‌کنند. سرعت حرکت الکترون‌ها تقریباً یک سوم سرعت نور است. در هنگام ساخت این نوع تلویزیون، سازندگان مجبورند اثرات نسبیت را در طراحی آهنربا در نظر بگیرند.

انرژی هسته‌ای

همان‌طور که در بخش اول این مقاله بیان شد، نسبیت خاص تنها دلیل تبدیل شدن انرژی به ماده و بالعکس می‌باشد. این اصل است که موجب می‌شود خورشید بدرخشد و حیات را به کره زمین عطا کند. بر اساس همین اصل نیروگاه‌های هسته‌ای ایجاد شده است و از آن برای تولید انرژی استفاده می‌شود.

انبساط جهان

اگر یک بادکنک خالی از باد را فرض کنیم و روی آن نقاطی را رسم کرده و سپس بادکنک را باد کنیم مشاهده می‌کنیم که هرچه حجم بادکنک بیش‌تر شود، فاصله نقاط از یکدیگر افزایش می‌یابد. این مفهومِ جهان در حال انبساط است. انبساط جهان به معنی افزایش فاصله متریک بین اجسام جهان با گذشت زمان است. این انبساط درونی است، یعنی به فاصله نسبی بین اجزای جهان برمی‌گردد، و به معنی حرکت اجسام به سمت فضای بیرون نیست. انبساط جهان از ویژگی‌های مهم کیهان‌شناسی مهبانگ است و ریاضیات آن با متریکFLRW و نظریه میدان اسکالر برای توضیح فرم شتابدار آن توصیف می‌شود.

بخشی از این انبساط به خاطر اثر ماند (اینرسی) است (یعنی انبساط کنونی به خاطر این است که جهان در گذشته منبسط می‌شده‌است). بخش دیگر به خاطر نیروی رانش ناشناخته‌ای است که شاید از یک ثابت کیهان‌شناسیا انرژی تاریک آمده باشد. بخش نخست در جهان آغازین اثر مهم‌تری بوده است، و مدل لامبدا-سی‌دی‌ام پیش‌بینی می‌کند که در آینده ثابت کیهان شناسیا انرژی تاریک اثر مهم‌تری باشد. هم‌اینک هر دو عامل اثر کم‌وبیش برابری دارند.

انبساط جهان به سرعت‌های بالاتر از سرعت نور می‌انجامد که برای تازه‌واردان و گاهی فیزیک‌پیشگان حرفه‌ای گمراه‌کننده است. ولی سرعت‌های بیشتر از **C** در انبساط جهان با نظریه نسبیت خاص ناسازگاری‌ای ندارد. به طورکلی سه گونه مختلف از جهان در حال انبساط معرفی و گمان زده شده است که هر کدام سرنوشتی متفاوت را برای جهان توصیف می‌کند. مدل اول جهان باز است که تا ابد و در طی دوره زمانی نامحدودی منبسط می‌شود. مدل دوم جهانی را توصیف می‌کند که مسطح است. این بدان معناست که جهان منبسط می‌شود و تا بی‌نهایت این روند ادامه دارد، اما سرعت انبساط آن مدام به صفر نزدیک می‌شود؛ و بالاخره مدل سوم جهانی است که جهان بسته نامیده می‌شود. در این جهان انبساط در مدت زمانی محدود ادامه پیدا کرده و پس از به انتها رسیدن آن جهان به جمع شدن در خود و متلاشی شدن روی می‌آورد و احتمالا پس از متلاشی‌شدن آماده انفجار بزرگی دیگر می‌گردد.

انبساط جهان حقیقتی است که مدت‌ها است به اثبات رسیده است. اما مشکلی که در اندازه‌گیری فاصله کهکشان‌ها، مستقل از قرمزگرایی آن‌ها، وجود دارد به حدی است که تعیین نرخ کنونی انبساط، ثابت هابل، به یک فرایند طاقت‌فرسا و طولانی در ۵۰ سال گذشته تبدیل شده است. با وجود این، در نتیجه تلاش‌ها، شامل پروژه کلیدی تلسکوپ فضایی هابل، و به‌طور کلی‌تر، از ترکیب مجموعه وسیعی از شواهد که مدل استاندارد کیهان‌شناسی را پشتیبانی می‌کنند، امروزه به نظر می‌رسد با خطایی کمتر از ۲۰٪،و با اطمینان ۹۵٪، می‌توان اعتقاد داشت.

نظریه یا نگره نسبی یا همان نسبی دو نظریه اصلی و معروف نسبیت خاص و نسبیت عام از آلبرت انیشتین را در بر می‌گیرد. ایده اصلی در پشت این نظریه آن است که زمان و فضا با هم مرتبط هستند و نه جدای از هم و ثابت.

آغاز به کار بردن واژه «نگره نسبیت» به ۱۹۰۶ بر می‌گردد؛ هنگامی که ماکس پلانک ترکیب «نظریه نسبی» (در آلمانی: Relativtheorie) را به کار برد و بر چگونگی به

کار برده شدن اصل نسبیت توسط این نظریه تأکید کرد. اما این آلفرد بوخرر بود که در بخش بحث مقاله پلانک، برای نخستین بار ترکیب «نظریه نسبیت» (در آلمانی: Relativitätstheorie) را به کار برد.

نسبیت خاص نگره‌ای بر روی ساختار فضازمان است. این نگره در سال ۱۹۰۵ توسط انیشتین و در مقاله‌ای به نام «درباره الکترودینامیک اجسام در حال حرکت» ارایه شد. این نگره بر پایه دو فرضی است که در تناقض با مکانیک کلاسیک هستند.

قوانین فیزیک در دستگاه ناظر لخت برای همه اجسام یکسان و واحد است. (اصل نسبیت).

سرعت نور در خلأ برای همه ناظران، صرف نظر از حرکت نسبی‌شان یا حرکت منبع تولیدکننده نور، ثابت است.

چنین نگره‌ای همخوانی بهتری با آزمایش‌های تجربی نشان می‌دهد. برای نمونه، آزمایش مایکلسون-مورلی نه تنها تأکیدکننده فرض دوم است که نتایج جالب دیگری را نیز به همراه داشت:

نسبیت همزمانی: دو رویداد که برایبک ناظر هم‌زمان هستند، ممکن است برای ناظر دیگری که نسبت به ناظر نخست در حال حرکت است هم‌زمان نباشند.

اتساع زمانی: ساعت‌های در حال حرکت گذر زمان کمتری را نسبت به ساعت‌های ساکن تجربه می‌کنند و نشان می‌دهند.

انقباض طول: اشیاء متحرک، در جهت حرکتشان از دید یک ناظر ایستا کوتاهتر اندازه‌گیری می‌شوند.

هم‌ارزی جرم و انرژی: $E= mc^2$ جرم و انرژی با هم هم‌ارز هستند و به هم تبدیل می‌شوند.

نور بیشترین سرعت ممکن را دارد: هیچ جسم مادی یا پیامی نمی‌تواند با سرعتی بیشتر از سرعت نور در خلاء سفر کند.

جاذبه در فضا با سرعت نور حرکت می‌کند، نه سریعتر یا کندتر.

ویژگی تعریف‌کننده نسبیت خاص در جابجایی تراديسی‌های گالیله مورد استفاده در مکانیک کلاسیک با تبدیلات لورنتس است.

نسبیت عام ، نظریه‌ای هندسی برای گرانش است که در سال ۱۹۱۶ توسط آلبرت انیشتین مطرح گردید و تصویر کنونی فیزیک جدید از گرانش را تشکیل می‌دهد. نسبیت عام ، نظریه نسبیت خاص و قانون جهانی گرانش نیوتن را تعمیم می‌دهد و توصیفی یکتا از گرانش به عنوان یک ویژگی هندسی فضا و زمان ، یا فضازمان ارائه می‌کند. به خصوص در این نظریه ، انحنای فضازمان ، به‌طور مستقیم به انرژی و تکانه هر ماده و تابشی که موجود باشد مربوط است. این رابطه توسط معادلات میدان انیشتین مشخص می‌گردد, که یک دستگاه معادلات مشتقات پاره‌ای را تشکیل می‌دهند.

برخی از پیش‌بینی‌های نظریه نسبیت عام، به خصوص موارد مرتبط با گذشت زمان ، هندسه فضا، حرکت اجسام هنگام سقوط آزاد و انتشار نور، با پیش‌بینی‌های نظریه‌های فیزیک کلاسیک تفاوت بسیاری دارند. برای نمونه از چنین تفاوت‌هایی، می‌توان به اتساع گرانشی زمان، همگرایی گرانشی، انتقال به سرخ گرانشی نور و تاخیر زمانی گرانشی اشاره کرد. پیش‌بینی‌های نظریه نسبیت عام در همه آزمون‌ها تا به امروز تأیید شده‌اند. هرچند نسبیت عام تنها نظریه نسبیتی نور نیست ، ساده‌ترین نظریه‌ای است که با آزمایش‌ها مطابقت دارد. البته پرسش‌های بدون پاسخی

باقیمانده‌اند، که بنیادی‌ترین آن‌ها چگونگی آشتی دادن نسبیت عام با فیزیک کوانتومی برای ایجاد یک نظریه خود-سازگار و کامل از گرانش کوانتومی می‌باشد.

نظریه انیشتین نتایج اخترفیزیکی مهمی به دنبال دارد. برای مثال، وجود سیاه‌چاله‌ها را نشان می‌دهد (مکان‌هایی در فضا که در آن فضا و زمان طوری ناهموار شده‌اند که هیچ چیز، حتی نور نمی‌تواند از آن فرار کند)، حالتی که در پایان عمر برای ستاره‌های پرجرم ایجاد می‌گردد. شواهد فراوانی وجود دارد که نشان می‌دهد تابش‌های شدید گسیل شده از برخی اجسام نجومی، مربوط به سیاه‌چاله‌ها است. برای مثال، ریزاختروش‌هایا هسته کهکشانی فعال نتیجه حضور سیاه‌چاله‌های ستاره‌وار و سیاه‌چاله‌هایی با جرم‌های بسیار بسیار بیشتر هستند. خم‌شدن نور توسط گرانش می‌تواند منجر به پدیده‌ای موسوم به همگرایی گرانشی گردد که موجب دیده شدن چند تصویر از یک شئ نجومی دور، در آسمان می‌شود. نسبیت عام همچنین وجود امواج گرانشی را پیش‌بینی می‌کند. مشاهده و اندازه‌گیری مستقیم آن‌ها هدف پروژه‌هایی نظیر لیگو، آنتن فضایی تداخل‌سنج لیزری ناسا/اسا و آرایه‌های گوناگون زمان‌سنجی تپ‌اختر است. در ۱۱ فوریه ۲۰۱۶ پژوهشگران در LIGO موفق به مشاهده مستقیم امواج گرانشی برای نخستین بار شدند. همچنین، نسبیت عام اساس مدل‌های کنونی کیهان‌شناختی از یک جهان در حال انبساط است.

معادلات میدان انیشتین (EFE) یا معادلات انیشتین ۱۰ معادله تانسوری است که آلبرت انیشتین برای اولین بار در سال ۱۹۱۵ در نظریه نسبیت عام خود برای تشریح مبانی اساسی برهمکنشهای گرانشی که در نتیجه انحنای فضا-زمان توسط ماده یا انرژی بوجود می‌آیند ارائه داده‌است. مبنای اعتقادی برای تنظیم این معادله برای رد جاذبه نیوتنی این است که عامل جذب اجسام سبکتر توسط اجرام ثقیل انحنایی است که توسط این اجرام در فضا-زمان مجاورشان بوجود می‌آید. بدین منظور چون تانسور ریچی $R_{\mu\nu}$ نماد انحناء در فضا-زمان و تانسور ضربه-انرژی $T_{\mu\nu}$ نماد ماده

(انرژی) در محاسبات تانسوری است بایستی رابطه خطی میان این دو بر قرار باشد، اما چون مشتق هموردا (کواریانت) $T\ \mu$صفر است.

مشتق هموردای طرف دیگر تساوی نیز باید صفر باشد که برای$R\ \mu\ \nu$اینچنین نیست لذا انیشتین جهت برطرف نمودن این مشکل ترکیبی از ریچی و اسکالر ریچی را از طریق اتحاد بیانچی بدست آورد که مشتق کواریانت آن صفر می‌باشد و به تانسور انیشتین معتبر است.

بنابراین با قرار دادن این عبارت بعنوان نماد انحناء در معادله و با استفاده از معادله گرانش پواسن می‌توان ضریب تناسب را محاسبه نمود و نهایتاً داریم

اما انیشتین بعدها برای توضیح جهان شتاب‌دار ثابت کیهان‌شناسی را نیز در معادله دخیل کرد.

حل این معادلات برای نواحی بدون جرم یا انرژی (خلاء) منجر به متریک شوارتزشیلد و برای نواحی جرم دار (درون ستاره ای) منجر به معادله تولمن-اوپنهایمر-ولکوف می‌شود.

متریک شوارتس‌شیلد اولین و مهم‌ترین جواب دقیق معادلات میدان انیشتین است که در سال ۱۹۱۶ و توسط کارل شوارتزشیلد پیدا شد.

این جواب، متریک فضازمان است حول یک جرمm با تقارن کروی. خود این جرم ممکن است توسط یک توزیع جرم با تقارن کروی که به فاصله‌ای از آن قرار دارد احاطه شده باشد. متریک شوارتزشیلد تنها قادر است محیط بیرونییک جسم گرانشی را مورد بررسی و توصیف قرار دهد. برای بررسینواحی جرم دار (درون ستاره‌ای) به متریک تولمن-اوپنهایمر-ولکوف خواهیم رسید.

از حل معادلات میدان انیشتین برای نواحی جرم دار که در آن عناصر تانسور ضربه-انرژی صفر نیستند (و قطعاً به چگالی جرم و انرژی میدان مرتبط می‌باشند) می توان عناصر متریک (سنجه) فضا-زمان را در داخل اجرام ثقیل (همچون ستاره های نوترونی) به صورت تابعی از شعاع و جرم آنها محاسبه کرده و سپس فشار داخلی جرم نسبیتی را بر حسب شعاع ارائه دهیم:

روش حل بدین قرار است که می دانیم برای پیوستار چهار بعدی فضا-زمان متریک متقارن چنین است و برای مدل کروی به صورت تابعی از شعاع کره دارای مولفه های مکانی و زمانی متغیر با شعاع است

لذا فرم کلی آن برا این اساس چنین خواهد بود

پس از محاسبه عناصر تانسور انیشتین برای این متریک و سپس با در اختیار داشتن تانسور ضربه-انرژی و قرار دادن این مقادیر در معادلات میدان انیشتین به راحتی می توان عناصر مکانی و زمانی این متریک را به دست آورد.

مکانیک کوانتومی

مکانیک کوانتومی شاخه‌ای بنیادی از فیزیک نظری است که با پدیده‌های فیزیکی در مقیاس میکروسکوپی سروکار دارد. در این مقیاس، کُنِش‌های فیزیکی در حد و اندازهٔ ثابت پلانک هستند. مقدار عددی ثابت پلانک نیز بسیار کوچک و برابر است با ۶٫۶۲۶×۱۰-۳۴. ژول-ثانیه می باشد.

بنیادی‌ترین تفاوت مکانیک کوانتومی با مکانیک کلاسیک در این است که مکانیک کوانتومی توصیفی سازگار با آزمایش‌ها از ذرات در اندازه‌های اتمی و زیراتمی در اختیار می‌دهد، در حالی که مکانیک کلاسیک در قلمرو میکروسکوپی به نتایج نادرست می‌انجامد. در حقیقت، مکانیک کوانتومی بنیادی‌تر از مکانیک نیوتنی و

الکترومغناطیس کلاسیک است؛ زیرا در مقیاس‌های اتمی و زیراتمی که این نظریه‌هابا شکست مواجه می‌شوند، با دقت زیادی بسیاری از پدیده‌ها را توصیف می‌کند. مکانیک کوانتومی به همراه نسبیت پایه‌های فیزیک جدید را تشکیل می‌دهند.

مکانیک کوانتومی یا نظریهٔ کوانتومی شامل نظریه‌ای درباره ماده و تابش الکترومغناطیسی و برهمکنش میان ماده و تابش است.

آلبرت انیشتین در نظریه نسبیت عام خود، به امواج گرانشی اشاره کرد، موج هایی که در بعد فضا-زمان حرکت می کنند. اما حالا پس از یک قرن، دانشمندان موفق شدند تا وجود چنین موجی را در دنیای پیرامون تایید کنند. به جرات، این اتفاق، یکی از بزرگ ترینیافته های چندین دهه ی اخیر دنیای علم و دانش است.

رصدخانه LIGO و دانشمندانی که روی این پروژه کار می کردند، مسئولیت اکتشاف این امواج را به عهده دارند. رصدخانه LIGO ، دو ساختار L مانند دارد که در واشنگتن و لوییزیانا واقع شده اند و به وسیله سنسورهای آن، دانشمندان توانسته اند امواج را رصد نمایند.

این موج ها زمانی ایجاد می شوند که دو سیاه چاله، دو ستاره نوترونی یا یک ستاره نوترونی و یک سیاه چاله، با یکدیگر برخورد کنند. در این حالت، آن ها سبب خمیدگی در بعد فضا-زمان شده و آن را به فضای پیرامون خود منتقل می سازند. این چنین است که انسان ها در زمین هم تاثیر آن را حس خواهند کرد.

نظریه نسبیت عام، دو مسئله کاملا متفاوت را با یکدیگر ترکیب می کند تا شیوه کارکرد دنیا را توصیف نماید. نسبیت انشتین نشان داد که چگونه جرم و انرژی با یکدیگر در ارتباط هستند و از سوی دیگر، قانون جاذبه نیوتن هم توضیح می دهد که چگونه اشیاء در دنیا به یکدیگر متصل باقی مانده اند.

لحظه برخورد دو سیاه چاله

پس از اینکه انیشتین نظریه نسبیت عام را مطرح کرد، وی فرض را بر این گذاشت، امواج گرانشی زمانی ایجاد می شوند که دو جسم بزرگ با یکدیگر برخورد کنند. و حالا این مسئله رسما تایید شده. حق با انیشتین بود و یک قرن طول کشید تا حرف او به اثبات رسد.

با این حال، دانشمندان دست از بررسی و تحقیق در رابطه با امواج گرانشی نخواهند کشید. آن ها هنوز نمی دانند که نظریه کوانتوم را چگونه با نظریه نسبیت تطبیق دهند. پس هنوز هم این احتمال وجود دارد که بخش هایی از نظریه انیشتین مورد تایید قرار نگیرد، صرفا باید منتظر ماند.

فضا-زمان را همانند یک صفحه ی کشیده شده و محکم در نظر بگیرید، مثل صفحه پلاستیکی ترامپولین. وقتی شی بزرگی مثل یک ستاره یا سیاه‌چاله روی آن قرار بگیرد، صفحه ی فضا-زمان دچار کشیدگی شده و ما این کشیدگی را به شکل جاذبه حس می کنیم.

کیتی مک، اخترفیزیکدان آمریکایی که البته با LIGO همکاری نداشته در مصاحبه ای می گوید فضا-زمان مثل یک چیز نرم و قابل انعطاف است. می تواند کشیده یا فشرده شود و در همین حال، امواج از آن عبور می کنند. بنابراین، هر آنچه که در این دنیا رخ می دهد، از تابش نور تا جابجایی یک جسم، درون فضا-زمان رخ می دهد. روی آن اثر می گذارد و از آن اثر می پذیرد.

فضا-زمان پیرامون هر جسمی، ممکن است تحت تاثیر دیگر اشیاء فضایی پیرامونش دچار تغییر شود. همانطور که خورشید چرخش سیارات و فاصله شان را توسط نیروی جاذبه اش کنترل می کند. در مورد برخورد سیاه چاله ها و ستاره های نوترونی نیز همین مسئله صادق است.

مادامیکه دو جسم به یکدیگر نزدیک تر می شوند، شدت موج ها نیز افزایش یافته و وقتی هر دو با هم ترکیب می شوند، موجی با فرکانس بالا ایجاد می شود. برخی دانشمندان حتی توانسته اند که این موج ها را به صدا هم تبدیل کنند تا قابل فهم تر شوند.

رصدخانهLIGO

اگرچه این امواج سهمگین در سرتاسر دنیا پخش شده اند اما انسان ها با حساس ترین ابزارها فقط می توانند آن ها را احساس کنند. در سال ۱۹۷۹، برای اولین بار تحقیقاتی در این ارتباط منتشر شد که به اثبات کلی نرسیدند. لازم به ذکر است که ابزارها در آن دوران به اندازه کافی دقت نداشتند.

در سال ۲۰۱۴ نیز،یک بار دیگر دانشمندان تصور کردند که موفق به پیدا کردن امواج گرانشی شده اند که باز هم گزارش های پس از آن، غلط بودن ماجرا را تایید نمود. اما حالا پس از جستجوهای فراوان، گویا نتایج به دست آمده از LIGO کاملا غیر قابل انکار هستند.

LIGO یک رصدخانه ی بسیار بزرگ بوده که دارای دو بازی ۴ کیلومتری و L مانند است. لیزرهای قدرتمندی در طول این ۴ کیلومتر جریان دارند و امواج گرانشی را ثبت می کنند. وقتی نور لیزر از یک سر بازو، به انتهای دیگر می رسد، یک آینه آن را به تقاطع L باز می گرداند. از آنجایی که هر دو نیمه، با یکدیگر مساوی هستند و نور لیزرها هم با سرعت نور درون آن ها حرکت می کند، ذرات همزمان به نقطه تقاطع رسیده و باز می گردند.

بنابراین اگر در هر لحظه، موج گرانشی از میان آن ها گذر کند، تساوی بر هم خورده و نورها همزمان به نقطه ی تقاطع نمی رسند. اینگونه می توان به میزان و شدت

امواج نیز پی برد. اگر یک موج گرانشی بسیار اندک باشد، در حد ۱ هزارم قطر پروتون، و تغییر در بازوها ایجاد کند، دو نور هیچگاه همزمان با یکدیگر برخورد نخواهند داشت.

دانشمندان برای بررسی وضعیت امواج، حتما به دو بازو در رصدخانه نیازمندند. تا تاثیریکی، بر دیگری را متوجه شوند. LIGO به این علت دقت بالایی دارد که با سرعت نور کار می کند و هیچ چیز بهتر از سرعت نور برای سنجش امواج گرانشی نیست.

این دو بازو در سال ۱۹۹۹ ساخته شدند و از سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ کار خود را آغاز کردند. سپس برای مدتی دستگاه ها خاموش شد و ارتقا یافتند که آن ها را سه برابر قوی تر و حساس تر از قبل نمود.

دست آخر، امروز، ۱۱ فوریه سال ۲۰۱۶، دانشمندان با قطعیت تمام توانستند وجود امواج گرانشی را اثبات کرده و بخشی از نظریه نسبیت عام انیشتین را تایید نمایند.

کامل ترین نقشه سه بعدی جهان

دانشمندان نجوم از دانشگاه واترلو کامل‌ترین نقشه سه بعدی جهان را ارائه کردند. این نقشه دو میلیون سال نوری وسعت دارد و می‌توان امیدوار بود که توسط آن بتوان وسعت جهان را پیش بینی و میزان ماده تاریک را شناسایی کرد.

دانشمندان روی کامل‌ترین نقشه سه بعدی جهان مناطقی به رنگ سفید مشخص کرده‌اند که نشان دهنده‌ی کهکشان راه شیری است، مناطق قرمز رنگ هم نشان دهنده کهکشان Shapley، بزرگ‌ترین کهکشان در مقایسه با راه شیری است.

مناطق آبی و تیره هم کهکشان‌های جدید را نشان می‌دهد، مناطق کناری نقشه هم هنوز کشف نشده و نامشخص هستند.

اگرچه ممکن است انسان در آینده نزدیک شاهد عمق وسیعی از فضا نباشد اما داشتن یک نقشه کامل و سه بعدی کمک می‌کند تا دانشمندان بتوانند انبساط جهان و وسعت آن را پیش بینی کنند. دانشمندان مشاهده کرده‌اند که کهکشان‌ها بطور متفاوتی از هم حرکت می‌کنند، زیرا انبساط جهان یکنواخت نیست. این تفاوت‌ها، «سرعت‌های عجیب» نامیده می‌شوند.کهکشان همسایه‌ی راه شیری که آندرومدا نام دارد، تقریبا با سرعت دو میلیون کیلومتر در ساعت حرکت می‌کند.

پروفسور مایکل هودسان، جاناتان کریک و استفان ترن‌بال، محققانی از دپارتمان فیزیک و ستاره‌شناسی دانشگاه واترلو و موسسه فیزیک نجومی پاریس و موسسه ملی تحقیقات علمی فرانسه این نقشه را تولید کرده‌اند.

توسط این نقشه دانشمندان قادر هستند تا ماده تاریک را به طور دقیق بررسی کنند. ماده تاریک، بیشتر حجم جهان را دربرگرفته است و یک شکل فرضی از ذره ماده است که نور را بازتاب یا انتشار نمی‌دهند، از این رو نمی‌توان آن را بطور مستقیم مشاهده یا اندازه‌گیری کرد. ویژگی‌های ماده تاریک تنها بطور غیرمستقیم و از طریق تأثیرات گرانشی آن بر ماده مرئی و نور، قابل استنباط است. مدل‌های پیشین بطور کامل برای این حرکت رصد شده، اختصاص نیافته بودند. این انحراف‌ها در حرکت کهکشان‌ها، ابزار ارزشمندی برای تعیین توزیع ماده و ماده تاریک در بزرگترین مقیاس ممکن هستند.

منابع:

https://www.wikipedia.org

Http://www.Digiato.com

ALBERT EINSTEIN AND THE THRORY OF RELATIVITY

Web Site

علوم جدید در قرن بیستم دنیایی جدید را پیش روی همه انسان ها قرار داد. این دنیای جدید با نظریات آلبرت انیشتین آغاز شد و دوران پس از نیوتن با تفکر این دانشمند بزرگ شکل گرفت. همه کسانی که با علوم جدید آشنایی دارند این دانشمند را بزرگترین دانشمند قرن بیستم می دانند دانشمندی که به وسیله او علم از مرزهای خود عبور کرد و نگاه فیزیکدانان و پس از آن تمام جهان را نسبت به دنیای پیرامون خود تغییر داد. در این کتاب سعی بر این است که علاوه بر معرفی شخصیت علمی و شخصیت اجتماعی آلبرت انیشتین این دانشمند بزرگ سوابق علمی و نظریه های او مورد مطالعه قرار گیرد. تا علاوه بر معرفی نظریات علمی این دانشمند بستر رشد و پرورش یک دانشمند و فیزیکدان مطرح مورد بررسی قرار گیرد. تا راهگشای آموزش یک دانشمند و یک برنده جایزه علمی نوبل گردد.

مهندس مسعود عباداللهی متولد ۱۳۶۳ در تهران است. وی شاعر ، نویسنده و پژوهشگر در حوزه های مختلف علمی ، فرهنگی و هنری است و دارای چندین عنوان کتاب در این زمینه ها می باشد . مضمون آثار این نویسنده شامل مباحثی مانند راهنمای انتخاب رشته دانشگاه ، راهنمای کاربری نرم افزارهای رایانه ای تخصصی و عمومی ، اشعار نیمایی و موضوعات اقتصادی و سیاسی است. زبان ساده و انتقال مفاهیم براساس روش های علمی از ویژگی های کتاب های این نویسنده است. آثار این نویسنده محصول مدت ها تحقیق ، مطالعه و پژوهش در زمینه مطالب ارائه شده در تالیفات وی می باشد که در قالب کتاب ، مقاله و نرم افزار به دست مخاطبین آثار وی رسیده است.

www.ebadollahi.ir
masoudebadollahi@gmail.com