النظرية النسبية

فى عام ١٩٠٥ نشر العالم "البرت اينشتين" بحثا فى دورية "أنال فيزيك" الألمانية، وضع فيه أسس نظرية جديدة "النظرية النسبية الخاصة" التى تعتبر مع النظرية النسبية العامة، أعظم الاكتشافات فى القرن العشرين.

ويتلخص هذا البحث فى مبدأين أساسيين:

الأول هو أن جميع قوانين الفيزياء لاتتغير بتغير محاور الإسناد أو بتغير سرعتها، والثانى أن سرعة الضوء فى الفراغ لاتتغير بتغير سرعة المشاهد أو سرعة مصدر الضوء.

وقد كان المعروف أنه طبقا لقانون جاليليو للسرعات فإن سرعة الضوء من مصدر متحرك لاتساوى سرعة الضوء من مصدر ثابت. ولحل هذا التناقض يجب أن نقر بأنه إما أن قانون جاليليو للسرعات غير صحيح أو أن قوانين الكهرمغناطيسية (ومن بينها سرعة الضوء) ليست متماثلة فى المحاور المختلفة.

وفى الحالة الأولى يجب أن نتنازل عن فكرة الزمن المطلق والطول المطلق، وهو ما تعتمد عليه "تحويلات جاليليو".

أما فى الحالة الثانية، فيجب أن نقر بوجود محور إسناد معين تساوى فيه سرعة الضوء القيمة المعروفة.

وقد يكون من المفيد عقد مقارنة بين سرعة الصوت وسرعة الضوء. ففى حالة قياس سرعة الصوت من مصدر متحرك فإن السرعة المقاسة لا تساوى سرعة الصوت من مصدر ثابت.

obeikandl.com

على أن قوانين ماكسويل للموجات الكهرمغناطيسية تفيد أنه ليس من الضرورى وجود وسط تتحرك فيه الإشارات الضوئية مثل الموجات الصوتية أو الموجات الميكانيكية التى يجب أن تتحرك فى وسط ما.

ولكن الفيزيائيون فى القرن التاسع عشر قرروا التأكد من هذا المبدأ، وفى عام ١٨٨٧ قام العالمان "مايكلسون" و"مورلى" بإجراء تجربة لاستيضاح دور الأثير فى قياس سرعة الضوء. وقامت التجربة على أساس قياس سرعة الضوء مرة فى اتجاه حركة الأثير ومرة ثانية فى عكس اتجاه حركة الأثير، ومرة ثالثة فى اتجاه عمودى على حركة الأثير..

وانتهت التجربة إلى عدم وجود تأثير لحركة الأثير، وبالتالى إلى ثبات سرعة الضوء، وبذلك انتهت فكرة الأثير نهائيا.

واستفاد "أينشتين" من هذه التجربة وقدم المبدأين المذكورين سابقاً.

نعود إلى مبادئ نيوتن فى الميكانيكا ومن أهمها أن الزمن مطلق بصرف النظر عن مكان قياسه. أما "أينشتين" فيقول أن قياس الفترة الزمنية يعتمد على محور الإسناد الذى يقاس فيه. فإن كان متحركا فلن يكون زمنه مساو للزمن المقاس فى محور إسناد ثابت.

وعلى ذلك أصبح أى حدث فيزيائى يشار إليه بالأبعاد الثلاثة فى الفراغ بالإضافة إلى الزمن (الذى أصبح البعد الرابع).

ويقال أن "أينشتين" فى شبابه كان يسكن فى منزل، وكانت مديرة المنزل لاتمتلك ساعة، فكانت تطرق باب غرفته للسؤال عن الوقت. فإدرك "أينشتين" أن الزمن له أهمية كبيرة فى الحياة.

لذلك عندما صاغ النظرية النسبية فى معادلات اعتبر أن الكون له أربعة أبعاد (ثلاثة فراغية والبعد الرابع هو الزمن).

وأضاف "أينشتين" أنه إذا وجد محورى إسناد، أحدهما ثابت والآخر متحرك وفى كلاهما مشاهد، فإن حدثين متزامنين فى أحدهما لن يكونا متزامنين فى الآخر. أى أن أحد المشاهدين يرى الحدثين فى نفس الزمن، والآخر يراهما فى زمنين مختلفين.

وقد ذكر "أينشتين" أن النظرية النسبية كان ظهورها ضرورياً، لأنها كشفت عن تناقضات خطيرة وعميقة فى النظرية القديمة. إن قوة هذه النظرية تظهر فى البساطة والتوافق الذى حل جميع الصعوبات.

وتوصل "أينشتين" إلى علاقات تربط الأطوال والكتل والزمن بالسرعة، مثل أن الكتلة المتحرك تساوى الكتلة الساكنة مضروبة فى سرعة الضوء ومقسومة على الجذر التربيعى للفرق بين مربعى سرعة الضوء وسرعة الكتلة المتحركة.

كما توصل "أينشتين" إلى أن أطوال الأجسام المتحركة تظهر منكمشة فى اتجاه الحركة. وصاغ هذه العلاقات فى معادلات. ويقول أن الطول الحقيقى لأى جسم هو الطول الذى يقاس فى محور إسناد غير متحرك.

ومن أمثلة انكماش الطويل: سفينة الفضاء التى يبلغ طولها مئة متر وهى ساكنة بالنسبة لمشاهد، إذا تحركت مع المشاهد بسرعة ٩٩% من سرعة الضوء، فإن طولها يصبح ١٤ مترا.

ولكى نفهم انكماش الطول، نتخيل سفر سفينة فضاء من كوكب إلى آخر مع وجود مشاهد داخل السفينة ومشاهد آخر على الأرض. بالنسبة لمشاهد الأرض فإنه سوف يقيس المسافة الفعلية بين الكوكبين، بينما المشاهد داخل سفينة الفضاء سوف يقيس زمن أقصر من الزمن الفعلى، وعليه فسوف يكون حسابه للمسافة بين الكوكبين أقل.

كما أشار "أينشتين" إلى تمدد الزمن.

وتمدد الزمن هو ظاهرة حقيقية تم التحقق منها فى عدة تجارب. فعلى سبيل المثال فإن جسيم الميون وهو جسيم أولى غير مستقر له شحنة الإلكترون وكتلته تساوى أكثر من ٢٠٠ ضعف كتلة الإلكترون. وتنتج الميونات من الأشعة الكونية فى طبقات الجو العليا، وعمرها حوالى ٢ ميكرو ثانية. وإذا افترضنا أن هذه الجسيمات تتحرك بسرعة تقرب من سرعة الضوء، فسوف نجد أنها تتحرك ٦٠٠ متر فقط قبل أن تتحول إلى جسيم آخر. وهذا يعنى أنها لن تصل إلى سطح الأرض. ولكن التجارب أثبتت أن تلك الجسيمات تصل

إلى الأرض. وظاهرة تمدد الزمن توضح هذا التناقض، إذ باستخدام معادلات "أينشتين" نجد أن تلك الجسيمات تتحرك ٤٨٠٠ متر، وهذه المسافة كافية للوصول إلى الأرض.

وفى عام ١٩٧٦ تم إجراء تجارب على جسيمات الميون فى مختبر الاتحاد الأوروبى للبحوث النووية "سيرن" فى جنيف. وظهر أن عمر الميون المتحرك أطول من عمر الميون الساكن ٣٠ مرة، بما يتفق مع النظرية النسبية.

وقد استعان "أينشتين" بتحويلات العالم "لورنتز" للتوصل إلى تلك العلاقات.

واستنتج قانون تكافؤ الكتلة والطاقة ووضع العلاقة بينهما كما يلى: الطاقة تساوى مقدار الكتلة مضروبا فى مربع سرعة الضوء. وهذا يعنى أن الطاقة والكتلة وجهان لعملة واحدة. وقد ثبتت صحة هذا القانون بعد الانفجار الذرى الذى حدث فى اليابان عام ١٩٤٥.

وعندما سئل "أينشتين" هل وضعت هذه العلاقة استنادا إلى اختبار معملى؟ أجاب: إن الفيزياء هى نظام منطقى للتفكير، ولن يمكننا تفهم أسسها إذا نحن اكتفينا بالاختبار والتجربة، بل إن تقدمها مرهون بالاختراع الحر.

وبالنسبة للعلاقة بين الشغل والطاقة فى النظرية النسبية، فإنه من المعروف أن الشغل المبذول بواسطة قوة مؤثرة على جسيم تساوى التغير فى طاقة حركة الجسيم، وإذا كانت طاقة الحركة الابتدائية تساوى صفرا، فإن الشغل المبذول يكافئ طاقة الحركة النسبية التى تساوى الفرق بين قيمتين، الأولى هى طاقة حركة الجسيم الساكن التى تساوى الكتلة الساكنة مضروبة فى مربع سرعة الضوء، والقيمة الثانية هى طاقة حركة الجسيم المتحرك التى تساوى الكتلة المتحركة (وهى الكتلة الساكنة مضروبة فى سرعة الضوء ومقسومة على الجذر التربيعى للفرق بين مربعى سرعة الضوء وسرعة الكتلة المتحركة) مضروبة فى مربع سرعة الضوء.

قبل التعرض لتصادمات الجسيمات فى النظرية النسبية، يجب أن نشير إلى قانون ثبوت الزخم فى الميكانيكا الكلاسيكية، فهو من القوانين الأساسية التى تبنى عليها الميكانيكا التقليدية.

obeikandl.com

وبالنسبة لتصادمات الجسيمات فى النظرية النسبية، فإن الزخم النسبى يجب أن يكون ثابتا فى جميع التصادمات ولكنه يقترب من قيمة الزخم الكلاسيكى (غير النسبى) عندما تصل سرعة الجسيم إلى الصفر.

وعرض "أينشتين" مشكلة "وهم تناقض التوأم":

فأفترض وجود شقيقين يبلغان من العمر ٢١ عاما وسماهما "سبيدو" و"جوسلو"، ويحملان ساعتين متطابقتين. وفى لحظة ما سافر سبيدو إلى كوكب آخر -يبعد عشر سنوات ضوئية عن الأرض- راكبا سفينة فضاء تسير بسرعة تساوى نصف سرعة الضوء. وبعد وصول سبيدو إلى الكوكب، شعر بحنين للعودة إلى الوطن فقرر العودة إلى الأرض بسفينة الفضاء بنفس السرعة، فوجد شقيقه جوسلو قد كبر ٤٠ عاما وأصبح عمره ٦١ عاما، بينما كبر سبيدو ٣٤,٦ عاما فقط وأصبح عمره أقل من ٥٦ عاما.

وفى عام ١٩١٥ توصل "أينشتين" إلى النظرية النسبية العامة.

ولكى نوضح هذه النظرية يجب أن نذكر أن الكتلة طبقا للعالم "اسحق نيوتن" لها خاصيتان: الأولى هى الجذب التثاقلى طبقا لقانون الجذب العام، والثانية هى القصور الذى يقاوم التسارع (العجلة).

ووضع "أينشتين" مبدأين للنظرية النسبية العامة:

الأول أن جميع قوانين الكون لها نفس الصياغة لأى مشاهد فى أى محور إسناد سواء كان معجّلا أو غير معجّل.

والثانى باسم "مبدأ التكافؤ" وينص على أن المجال التثاقلى يكافئ أى محور إسناد معجّل فى غياب التأثيرات التثاقلية.

ويؤدى المبدأ الثانى إلى تساوى الكتلة التثاقلية والكتلة القصورية.

ومن بين نتائج النظرية النسبية العامة أن مقياس الزمن يتغير بالجاذبية. فالساعة فى مجال الجاذبية تتحرك أبطأ من حركتها فى حالة انعدام الجاذبية. وبالتالى فإن تردد الإشعاع الناتج من الذرات فى حالة وجود مجال تثاقلى قوى يتحرك نحو اللون الأحمر.

obeikandl.com

وقد ثبت هذا من كشف خطوط الطيف المشعّة من النجوم كبيرة الكتلة.

كما أن أشعة الضوء المنبعث من النجوم ينكسر عند مروره بالشمس. وفـــى عام ١٩١٩ عندما حدث خسوف للشمس تمكنت البعثة البريطانية التى سافرت إلى جنوب أفريقيا من تسجيل هذا الحدث وإثبات صحة نظرية "أينشتين".

obeikandl.com