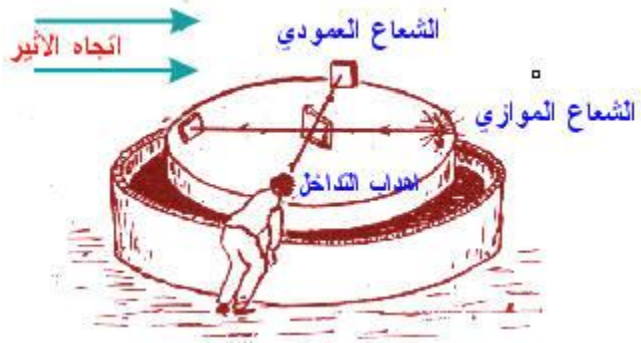
سرعة الضوء:

ذكرنا سابقاً أن سرعة الضوء تبلغ 300 ألف كيلو متر في الثانية الواحدة وهذا يعني أنه يمكن للشعاع الضوئي أن يدور سبع مرات حول الكرة الأرضية في الثانية ولذلك لا نستغرب حين نشاهد في إحدى المحطات الفضائية برنامجاً تلفزيونيا ويشاهده في نفس اللحظة أناس آخرون على الطرف الثاني من الكرة الأرضية لأن الإشارات التلفازية تنتقل بسرعة الضوء (لأنها أشعة كهرومغناطيسية مثل الضوء). وبالطبع نحن نسمع صوت الرعد بعد لحظات من رؤية ضوء البرق أو نرى ضوء انفجار قذيفة قبل لحظات من سماع صوتها وهذا يعود إلى الاختلاف الكبير بين سرعة الضوء وسرعة الصوت (تبلغ سرعة الصوت 330 متر في الثانية) .

أجرى العلماء العديد من التجارب لقياس سرعة الضوء ووصلوا إلى القيمة التي ذكرناه سابقاً (300 ألف كيلومتر في الثانية) وهذه السرعة الكبيرة للضوء استخدمت في تقدير المسافات الفلكية بين النجوم والمجرات لأنه لا يمكن بأي حال من الأحوال الاعتماد على وحدة المتر ومضاعفاته، ولذلك إذا قرأت في كتب الفلك ستجد أن وحدة قياس المسافة هي السنة الضوئية وهي المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة والتي تساوي 9460000000000 كيلومتر. لاحظ هنا أن السنة الضوئية هي وحدة زمن ولكن استخدمت لتقدير المسافة أي أن الزمن بعد يضاف إلى الأبعاد الثلاثة x,y,z ولهذا سمي بالبعد الرابع.

الأثير: نعلم أن الصوت ينتقل من خلال موجات اهتزازية تحدث اضطراب في الهواء وبهذا فإن الصوت ينتقل خلال وسط الهواء كما أن الأمواج التي يحدثها حجر اسقط في بركة ماء فإن الاضطراب الذي أحدثه الحجر ينتقل في صورة أمواج اهتزازية خلال جزيئات الماء .الآن ماذا عن الضوء؟ وما هو الوسط الذي ينقله؟ وما هو ذلك الشيء المكون لأمواج الضوء؟ ..هذه أسئلة حيرت العلماء وقادتهم أفكارهم إلى افتراض وسط سموه الأثير يملأ فراغ الكون وقد أعطى العلماء خصائص للأثير بما يناسب تجاربهم، فالأثير له من الخصائص الكثير فمثلا الأثير يخترق جميع الأجسام والنجوم والكواكب التي تسبح فيه. الأثير ينسحب خلف الأجسام الصلبة وازدادت خصائص الأثير مع كل تجربة لا تتفق نتائجها العملية مع المتوقع من الأثير .بذلك اعتبر العلماء الأثير هو الشيء الثابت والمطلق الذي ينقل الضوء من خلاله وان كل جسم متحرك فهو متحرك بالنسبة للأثير (حتى الضوء (أي أن سرعة الأرض مثلا هي سرعتها بالنسبة للأثير وسرعة الضوء هي سرعته بالنسبة للأثير.

تجربة ميكلسون مورلي:



لم يكن العلماء بحاجة إلى تجارب لإثبات فرضية وجود الأثير ولكن تجربة بسيطة تثبت وجود الأثير سيزيد من تثبيت أركان علم الفيزياء .تعتمد فكرة التجربة التي أجراها كلاً من العالمين ميكلسون ومورلي على قياس الفرق في سرعة الضوء بالنسبة للأثير وذلك من خلال جهاز يسير فيه الضوء مسافة معلومة مرة مع تيار الأثير ثم ينعكس على سطح مرآة ويعود ليتداخل مع شعاع ضوئي أخر قد انعكس عن مرآة تبعد نفس المسافة بحيث

أن الشعاع الثاني يسير عموديا على اتجاه الأثير. وهذا سوف يحدث تداخل للشعاعين مما ينتج للمشاهد أهداب تداخل عبارة عن مناطق مضيئة ومناطق معتمة تتغير بتغير سرعة الضوء. وبإجراء حسابات بسيطة (سيأتي ذكرها بالتفصيل من خلال محاضرات في النظرية النسبية) نجد أن الشعاع الضوئي الموازي للأثير يستغرق زمن أطول لإكمال رحلة الذهاب والإياب من الزمن اللازم للشعاع الذي يسير عمودي على الأثير. هذا الاختلاف يتغير إذا أديرت الطاولة التي تحمل التجربة بحيث يصبح الشعاع الموازي للأثير عموديا والشعاع الذي كان عمودي يصبح موازيا للأثير .ما الفائدة من ذلك؟ توقع العلماء عند دوران التجربة بالنسبة للأثير أن يحدث تغيير في الأهداب المتكونة نتيجة للتداخل بين الشعاعين الضوئيين (للاختلاف في الزمن بينهما (بحيث تحل الهدبة المضيئة مكان الهدبة المعتمة وهكذا.. إن الفارق الزمني لرحلة الذهاب والعودة للشعاعين يعود إلى فرضية أن الضوء ينتقل في وسط الأثير وبالتالي فإن سرعة الضوء سوف تعتمد على سرعة الأرض بالنسبة للأثير وعلى اعتبار أن الأرض تسير بالنسبة للأثير بسرعة مقدارها 30 كيلو متر في الثانية. وعليه يكون من المتوقع أن تختلف سرعة شعاع الضوء الذي يوازي اتجاه الأثير عن الشعاع العمودي عليه...

كانت نتيجة التجربة على غير المتوقع ولم يحدث تغيير في مواقع أهداب التداخل. وأعيدت التجربة مرات عديدة في مناطق مختلفة على الأرض وفي أوقات مختلفة ولكن دائما لم يكن هناك تغيير في مواقع الأهداب الذي كان يتوقعه العالمين من نتائج التجربة أو العلماء الآخرون الذين حاولوا تكرار التجربة.

هذه النتيجة السلبية (عدم اتفاق النتائج العملية مع النظرية تسمى نتيجة سلبية) صدمت العلماء في صحة نظرياتهم الكلاسيكية وتمسك العلماء بفرضية الأثير وجعلتهم يقولون تارة أن الأثير ولا بد وانه يسير مع الأرض وتارة يقولون أن الأجسام تنكمش في اتجاه حركتها خلال الأثير وغيره من الاعتقادات وذلك لرفضهم فكرة فشل فرضية الأثير وكل ما بني عليها لسنوات...

وهنا جاء آينشتاين وهو في الخامسة والعشرين من عمره ليبني أسس جديدة للفيزياء سماها النظرية النسبية.....

الآن يمكن الشروع في استعراض مفاهيم النظرية النسبية التي وضعها العالم آينشتاين في عام 1904 وسماها النظرية النسبية الخاصة وفي العام 1916 نشر آينشتاين نظريته النسبية العامة وهنا يجب أن نوضح أن كلا النظريتين هما نظرية واحدة ولكن النظرية النسبية الخاصة تتعامل مع الأجسام المتحركة بسرعة منتظمة (بدون عجلة)، والنظرية النسبية العامة تعالج حركة الأجسام المتسارعة وهي تشمل حركة كافة مكونات الكون من نجوم ومجرات لأنها تتحرك في مسارات دائرية وهذا يعني أن تلك الأجسام لها عجلة تغير من اتجاه مسارها.. ولهذا فإن النظرية النسبية العامة أشمل وأعم وسنتعرض لها بشيء من التفصيل بعد استعراض النظرية النسبية الخاصة..

النظرية النسبية الخاصة

بمحاولة آينشتاين تفسير نتائج تجربة ميكلسون مورلي وضع نظريته النسبية الخاصة في العام 1904. بهذه النظرية غير آينشتاين مفاهيم النظرية الكلاسيكية ليأتي بمفاهيم غاية في الغرابة لم يكن احد من العلماء قد فكر بها وفتح بذلك الأبواب للعلماء لعصر جديد من العلوم الفيزيائية سميت بالعصر الذري وهو الذي نعيشه الآن. فسرت النظرية النسبية العديد من الظواهر الطبيعية في الكون وشكلت قاعدة صلبة راسخة متماسكة.. وحتى يومنا هذا لازالت التجارب المختلفة التي يجريها العلماء تثبت صحة النظرية النسبية. إن

النظرية النسبية غيرت مفاهيم كل شيء فخلطت المكان والزمان وجعلت من المطلق نسبي والمستقيم محدب كما كان لها نتائج فلسفية عديدة ولكن سنحاول التركيز على الأمور العلمية.

فروض النظرية النسبية

قلنا في موضع سابق أن آينشتاين استخدم عقله وتفكيره بشكل شمولي للكون وأمعن التفكير والتأمل ليبني الفرضيات ويجري التحليلات الرياضية بشكل مجرد ويظهرها للعلماء لتطبيقها وهكذا هو الحال بالنسبة للنظرية النسبية حيث وضع آينشتاين فرضيتين لتكون أساسا للنظرية النسبية وطلب من الكل باعتبارها من المسلمات أو البديهيات وهذا ما جعل العلماء رفض الاقتناع بصحة تلك النظرية ولكن هذه النظرية أوجدت تفسيرات وقوانين للعديد من الظواهر الكونية وفي كل مرة عقدت تجربة لإبطال صحة النظرية النسبية كانت النتائج تؤكد صحتها وتعطي دليلا جديدا على دقتها وشموليتها..

فروض النظرية النسبية هما فرضيتان الأولى متعلقة بالأثير والفرضية الثانية متعلقة بالضوء.

الفرضية الأولى تنفي وجود الأثير لأن حسب نسبية آينشتاين لا يوجد مطلق يمكن إسناد كل شيء إليه مثل ما فعل العلماء بفرضية الأثير.

الفرضية الثانية تقول أن سرعة الضوء في الفراغ ثابتة ولا تعتمد على سرعة المشاهد.

شرح الفرضية الأولى

توضح الفرضية الأولى للنظرية النسبية أن لا وجود للأثير وكان هذا مخالف لكافة العلماء ذلك الوقت... وبفرضية أن الأثير غير موجود فأن المكان المطلق لا وجود له ولا يوجد إلا المكان النسبي والسرعة النسبية. ويوضح اينشتاين ذلك بمثال مركبتين فضائيتين في الكون فلا يستطيع رواد المركبة الأولى من تحديد سرعة مركبتهم إلا بمقارنتها بالنسبة للأجرام المتناثرة حولها أو بالنسبة للمركبة الثانية إذا مرت بالجوار وكذلك الحال بالنسبة للمركبة الثانية وأي شخص يحاول إيجاد سرعة المركبة فإنه سيجدها بالنسبة لسرعة أخرى. وحيث أن كل شيء في الكون يتحرك حركة دائمة ومعقدة فإن أي سرعة تحدد على أساس مقارنتها بسرعة أخرى..

مثال: إذا كنت في سفينة فضائية تسير بسرعة 10 ألاف كيلومتر في الساعة بالنسبة للأرض ولاحظت أن سفينة أخرى تقترب منك وتجاوزت سفينتك فإن أجهزة الرصد لديك سوف تقدر سرعة السفينة التي مرت بقربك على أنها 2000 كيلو متر في الساعة وبما أن سرعتك بالنسبة للأرض معروفة (10 ألاف كيلومتر في الساعة) فإن سرعة السفينة الفضائية الأخرى بالنسبة للأرض ستكون 12 ألف كيلو متر في الساعة.

لاحظ هنا أننا أرجعنا قياساتنا للسرعات بالنسبة للأرض فما بالك لو أننا أصبحنا لا نرى الأرض في هذا الكون الفسيح وان السرعة التي انطلقنا بها تغيرت فكل ما نستطيع قوله هو أن سرعة السفينة الأخرى هو 2000 كيلو متر في الساعة. ولكن هذا الرقم يعبر عن احتمالات عديدة كأن تكون أنت واقف والسفينة مرت عنك بسرعة 2000 كيلو متر في الساعة أو أن تكون أنت متحرك بسرعة 1000 كيلو متر في الساعة وهي بسرعة 3000 كيلو متر في الساعة أو أن تكون تلك السفينة واقفة وأنت متحرك في اتجاه الأرض بسرعة 2000 كيلو متر في الساعة وهكذا . وهذا يعني أنك بحاجة إلى شيء ثابت ليرشدك على من هو المتحرك

وكم هي سرعتك واتجاهك ولهذا اسند العلماء كل ذلك إلى الأثير ليهربوا من حقيقة النسبية.. ولكن آينشتاين لم يهرب من الاعتراف بأن الأثير وَهم .... واقر بأن كل حركة نسبية.

ماذا عن السرعة على الأرض؟ نذكر هنا ما قاله العالم نيوتن بأننا لا نعرف سفينة تتحرك في البحر أم واقفة بأي اختبار نجريه داخل السفينة ويجب علينا أن نلجأ لاختبارات تصلنا بخارج السفينة. كأن نراقب من على سطحها حركة الماء أو حركة الجبال لنحدد ما إذا كانت متحركة أم ثابتة أو هل هي تقترب من الشاطئ أم تبتعد عنه.

كما أننا عندما نقول أن سرعة السيارة 100 كيلو متر في الساعة فهذا يكون بالنسبة للأرض فإذا لم نجد ما الشيء الذي نقيس بالنسبة له فحديثنا عن السرعة لا معنى له كما لا يمكننا باستخدام كل وسائل التكنولوجيان معرفة ما إذا كنا نتحرك أو لا.. لأن كل حركة نسبية ولا يمكن أن نتكلم عن حركة مطلقة.

شرح الفرضية الثانية

لم يكن من الصعب فهم المقصود بالفرضية الأولى للنظرية النسبية بالرغم من صعوبة قبول هذه الفرضية من قبل العلماء في ذلك الوقت لأن العديد من الظواهر التي قابلت العلماء فسرت على أساس وجود الأثير ونسب كل شيء إليه، ولهذا كان من الصعب الاعتراف بفشل فرضية الأثير وهدم كل استنتاجاتهم، فحاول الكثير من العلماء إثبات خطأ النظرية النسبية. أما الفرضية الثانية والمتعلقة بثبات سرعة الضوء ثابتة في الفراغ مهما تغير مكان المشاهد أو الراصد لسرعة الضوء.

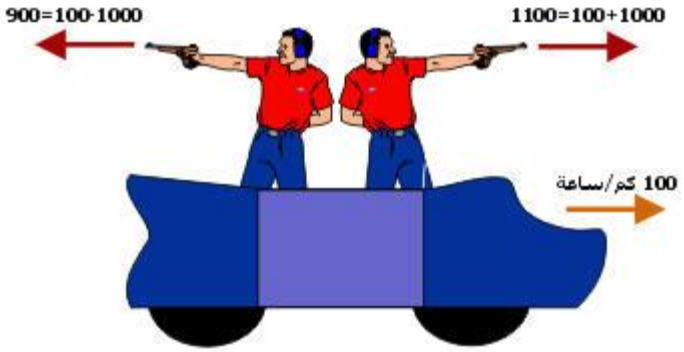
لتوضيح الجملة الأخير سوف نضرب مثالين من واقع الحياة اليومية.

مثال (1)

عندما نكون في سيارة سرعتها 100 كم/ساعة فإننا نرى الأجسام الثابتة وكأنها هي التي تتحرك بنفس السرعة وفي الاتجاه المعاكس. ولكن عندما تأتي سيارة من الاتجاه المعاكس تسير بسرعة 100 كم/ساعة فإن سرعتها بالنسبة لنا تكون 200 كم/ساعة (لا حظ هنا أننا جمعنا السرعتين في حالة اقتراب السيارة منا)، وإذا تجاوزنا سيارة سرعتها 80 كم/ساعة نقيس سرعتنا بالنسبة لهذه السيارة على أنها 20 كم/ساعة (لاحظ هنا أننا طرحنا السرعتين في حالة ابتعادنا عن السيارة الأخرى). وإذا كانت السيارة الأخرى تسير بنفس سرعة سيارتنا فإننا نقيس سرعة تلك السيارة بالنسبة لنا على أنها صفر أي أنها ثابتة بالنسبة لنا.

مثال (2)

لنفرض سيارة تسير بسرعة 100 كم/ساعة كما في الشكل وقام شخص بإطلاق رصاصة من مسدس في اتجاه حركة السيارة علماً بأن سرعة الرصاصة بالنسبة للمسدس هي 1000 كم/ساعة ثم استدار نفس الشخص وأطلق رصاصة أخرى في اتجاه معاكس لحركة السيارة.



فإذا ما قام شخص على الطريق وقاس سرعة الرصاصة في الحالة الأولى سيجد أنها 1100 كم/ساعة وفي الحالة الثانية سيجد سرعة الرصاصة 900كم/ساعة. وهذا يعود إلى أن سرعة السيارة تجمع مع سرعة الرصاصة في الحالة الأولى وتطرح منها في الحالة الثانية.

هذا التسلسل المنطقي للموضوع محسوس لنا ونعرفه جيداً ولا غرابة في ذلك ولكن ماذا يحدث إذا استبدل المسدس بمصدر ضوئي هنا يتدخل آينشتاين ويقول أن الوضع مختلف فسرعة الضوء تبقى ثابتة في كلا الحالتين وتساوي 300 ألف كم / الثانية وهذا لا يتغير مهما بلغت سرعة السيارة ولو فرضنا جدلاً أن السيارة تسير بسرعة الضوء فإن الضوء المنبعث من المصباح سينطلق أيضا بنفس سرعة الضوء.

بالطبع هذا غريب على مفاهيمنا ويتحدى آينشتاين بذلك مفاهيم العلماء السابقين ويقول لهم عندما سألوه كيف يمكن تصديق هذا ((ما العمل إذا كان هذا هو من قوانين الكون الأساسية؟)) لم يتوصل آينشتاين لهذه الفرضية بإجراء التجارب وتحليل النتائج أنما توصل إليها بعد طرح أسئلة لنفسه حول ثبات الكون والتفكير فيه ليصل إلى هذه الفرضية التي طلب من العلماء التسليم بها ليبنوا عليها العديد من التفسيرات للظواهر الكونية. ولكن العلماء كانوا بحاجة إلى أدلة وبراهين للاقتناع بهذه الفرضية فقام الفلكيون برصد الضوء الواصل إلى الأرض من أحد النجوم في الفضاء وكان الهدف من هذه التجربة إثبات خطأ فرضية ثبات سرعة الضوء. وذلك بالاعتماد على أن النجم عندما يدور حول مركزه يكون مرة مبتعد عنا ومرة أخرى يكون النجم مقترب منا. وعلى هذا الأساس توقع العلماء أن يرصدوا سرعتين مختلفتين للضوء في حالة اقتراب النجم وابتعاده (توقع العلماء أن تكون سرعة الضوء وهو مقترب أكبر منها وهو مبتعد). ولكن المراصد الفلكية لم تقيس أي تغير في سرعة الضوء.

تفسير تجربة ميكلسون مورلي على أساس النظرية النسبية

نعود الآن لتجربة ميكلسون مورلي والتي كانت نتائجها العملية مخالفة للحسابات النظرية المبنية على فرضية الأثير وقلنا أن النتائج كانت سلبية ولم يتمكن العلماء من إيجاد تفسير علمي مناسب مهما عدلوا في فرضية الأثير وأضافوا عليه من الخصائص التي ذكرنا بعضا منها. وبتطبيق فروض النظرية النسبية نجد أن المعضلة محلولة لان الأثير غير موجود أصلا وان سرعة الضوء لا تتغير في أي اتجاه. وهذا إثبات آخر لصحة النظرية النسبية.