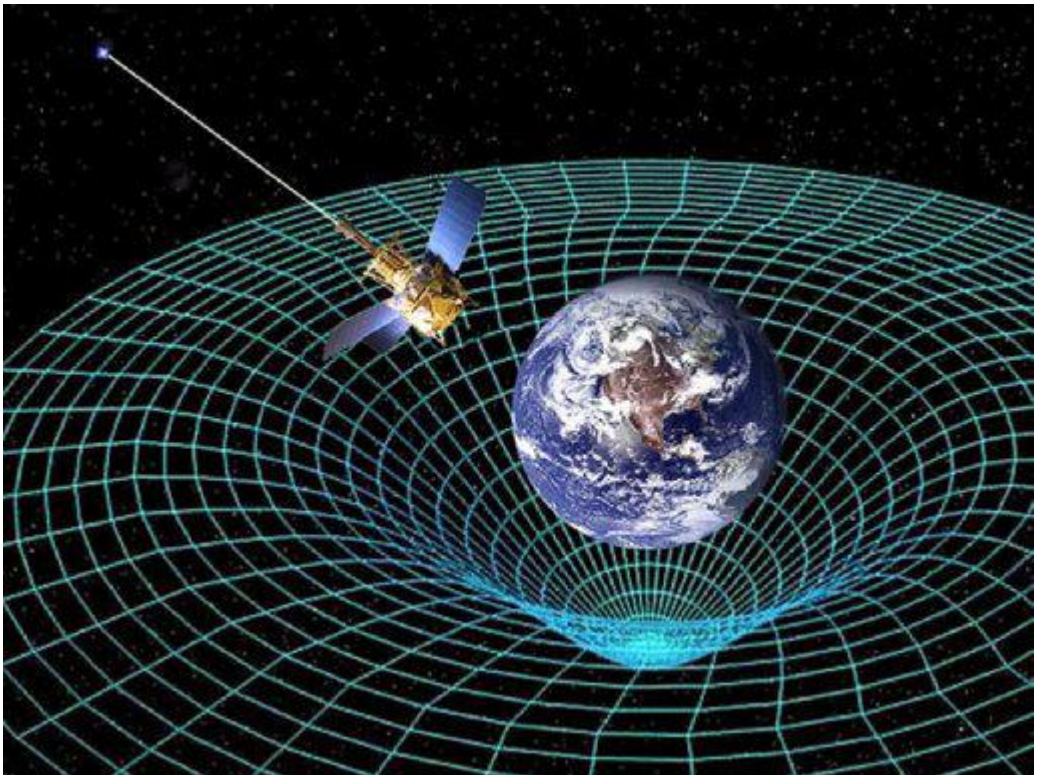
إصدارات مدونة عيون المعرفة

http://knoweyes.blogspot.com

حكاية النسبية

(شرح مبسط للنظرية النسبية بشقيها الخاصة والعامة)

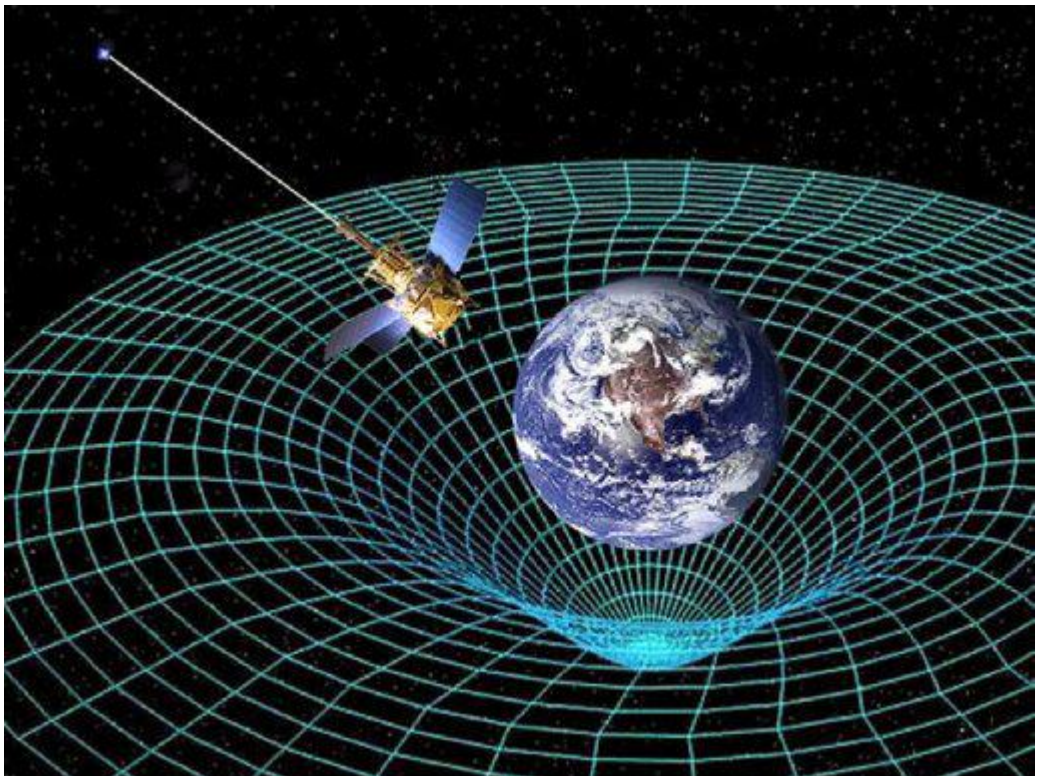
المهندس/عبدالحفيظ احمد العمري



مقدمة

.. في مايو عام ٢٠١١م أعلنت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا تمكن مسبارها Gravity Probe B الذي تم إطلاقه في العام 2004 م من تأكيد صحة توقعات نظرية النسبية العامة لألبرت آينشتين .

الباحث فرانسيس إيفيريت من جامعة ستانفورد في كاليفورنيا – المشرف الرئيس على التجربة - يصف ما تم تحقيقه بالقول "لقد أكملنا هذه التجربة التاريخية التي هي اختبار الكون وفق رؤية آينشتين ...وآينشتين يبقى"



هذه التجربة كلفت وقتا ومالا كثيرين من كل من جامعة ستانفورد وناسا حيث انضم الدّكتورِ فرانسيس إيفيريت إلى التجربةِ في ١٩٦٢م، فالتجربة تم التفكير فيها في ١٩٥٩، لكن التقنيةَ لبدء التجربة لم تكن متوفرة بعد ، لهذا السبب استغرقت التجربةُ وقتاً طويلاً وكلّفتْ كثيراً. فالجيروسكوبات - على سبيل المثال- التي كَانَ لِزاماً عليها أَنْ تحلق في صندوق لعَزْلها مِنْ أيّ تأثيرات أخرى في الكونِ لم تكن جاهزة إلا عام ١٩٧٥م ، ولم يحصل إيفيريت على التمويل المقدر بـ ٧٥٠مليون دولار إلا بعد ذلك حيث ان المشروعَ كَانَ قَدْ ألغىَ على الأقل سبع مرات ، لكنه المسبار الحامل لجهاز التجربة أطلق أخيراً إلى الفضاء في ٢٠٠٤ وعمل لمدة ١٧ شهر، وبعدها عاد إلى الأرض ، عندما العلماء بدؤوا بتَحليل بياناتِهم اكتشفوا بيانات خاطئة الأمر

الذي اَستغرقُ خمس سَنَواتِ أكثرِ لفَهْم تلك البيانات الخاطئة لكن تم استعادة البيانات الصحيحة ، لكن في تلك الأثناء منحة ناسا نَفذتْ.. وناسا رَفضتْ تقديم منحة جديدة، لكن تركي آل سعود - خريج ستانفورد ونائب رئيس معاهدِ البحثِ في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنيةِ في السعودية – قدّم ٢,٧مليون دولار منحة منه فأنقذ الموقف فأتم العلماء التحليل واعلنت النتيجة في الرابع من مايو ٢٠١١م مؤكدة صحة توقعات أينشتاين .

تعلق صحيفة نيويورك تايمز حول الموضع بالعنوان التالي (أكثر من ٥٢ سنة وأكثر من ٧٥٠ مليون دولار لنثبت أن أينشتاين كان على حق !)[١]

فما هي هذه النظرية التي استحقت كل هذا الوقت والجهد للتحقق منها ؟

ما هي حكاية النظرية النسبية لأينشتاين ؟

[١] انظر مقال" اختبار كون اينشتاين" في المدونة

النسبية الخاصة

نظرية النسبية لأينشتاين تتكون من نظريتين الأولى النسبية الخاصة Special Relativity التي قدمها في عام ١٩٠٥ م والأخرى هي النسبية العامة General Relativity المقدمة عام ١٩١٦م ..

لنبدأ بالنظرية الخاصة ..

لم يأت القرن التاسع عشر إلا وقد استطاع العلماء قياس سرعة الضوء البالغة ٣٠٠الف كيلومتر في الثانية ولان الضوء موجات كما أثبت كلا من هيجنز وماكسويل فان الموجة تحتاج إلى وسط تنتشر فيه ، فالصوت مثلا لا يمكن أن ينتشر بدون وسط، مثل الهواء أو الماء لذا فالصوت لا ينتقل في الفراغ. فكيف ينتقل الضوء إلينا من النجوم والمجرات البعيدة؟ لا بد من وجود وسط ، ومن هنا جاءت فكرة الأثير ether - وهو غير موجات الأثير التي في الراديو- هو وسط يحيط بالكرة الأرضية، فما هي سرعة الأرض بالنسبة للأثير؟

قياس الاثير

صمم العالمان مايكلسون ومورلى عام ١٨٨٥م تجربة غاية في الدقة باستخدام المرايا لمعرفة سرعة الضوء في اتجاه حركة الأرض، وسرعة الضوء في عكس اتجاه حركة الأرض ومن الفرق يمكن حساب سرعة الأرض بالنسبة للأثير. فكانت المفاجأة ان سرعة الضوء ثابتة في كلا الحالتين وهي سرعته المعهودة ..

حاول العلماء حل المشكلة فافترضوا عدم دقة التجربة فأعادوها في اكثر من مكان فكانت نفس النتيجة ، فظهرت اقتراحات عديدة للحل أبرزها ما قدمه أينشتاين عام ١٩٠٥م – ما عرف بالنسبية الخاصة – حيث افترض أن سرعة الضوء ثابتة لا تتغير بغض النظر عن مصدر

الضوء كان ثابتا أو متحركا ، فكشاف الإضاءة في يدك يطلق ضوءا بسرعته الثابتة سواء تحركـــــــــــــــت أو توقفـــــــــــــــت ، إلـــــــــــــــى جانـــــــــــــــب انه لا وجود للأثير فلا يحتاج الضوء إلى وسط لينتقل خلاله ومن ثم قدّم أينشتاين نتائجَ ثورية من ذلك ان الزمن ليس مطلقا ولا المكان بل هما نسبيان – بسبب ذلك اكتسبت النظرية اسم النسبية- فالزمان والمكان مترابطان مع بعضهما البعض ولا يمكن الحديث عن واحد دون الآخر ، والأمر واضح بسهولة فعندما أقول الساعة الثالثة عصرا – على سبيل المثال- هذا زمن وهو يعني ان الأرض في تلك اللحظة تميل عن الشمس بمقدار كذا وهذا مكان تماما كما لو كان مكان عقربي الساعة يشير إلى الزمن وبتغير مكانيهما يتغير الزمن ، هذا الترابط بين الزمان والمكان سمي الزمكان space-time وقدمه أينشتاين في قالب رياضي متين..

ومن نتائج هذه النظرية ان الأحداث ليست متزامنة فالمراقب الساكن للحدث تكون الأحداث له أبطأ منها للمراقب المتحرك معها فأصبح للقياس دور في زمن الحدث ولا تزامن بين الأحداث فلو انطلقت إشارة ضوئية من كوكب يبعد عنا أربع سنوات ضوئية – أي يحتاج الضوء إلى اربع سنوات ليصل إلينا- فان ما يحدث (الآن) هناك لن نعرفه على الأرض إلا بعد اربع سنوات عبر أسرع رسول في الكون وهو الضوء..

نتائج النظرية

ومن اهم نتائج نظرية النسبية الخاصة التأخير الزمني Time Dilation الذي يشرحه أينشتاين قائلاً:

"أننا إذا تصورنا ساعة ملصقة بجسم متحرك بسرعة هائلة، فإن عقارب هذه الساعة لابد أن تسير بسرعة مختلفة عن سرعة عقارب ساعة أخرى ملصقة بجسم ساكن كالجدار مثلاً... وبالمثل فإن مسطرة متحركة لابد أن يتغير طولها تبعاً لسرعتها المتحركة بها. وعلى وجه الدقة فإن الساعة الملصقة بجسم متحرك تتأخر في الوقت كلما ازدادت سرعة الجسم حتى تتوقف عقاربها تماما عن الدوران إذا بلغت سرعة الجسم سرعة الضوء والشخص المتحرك مع الساعة لا يدرك هذه التغيرات وإنما يدركها الشخص الذي يلاحظها من مكان ساكن."

هذا دفع إلى ما يسمى معضلة التوائم Twin Paradox

نفترض أن مسافراً يبلغ من العمر عشرين عاماً أستقل مركبة فضائية تسير بسرعة ٩٩% من سرعة الضوء بالنسبة لشخص على الأرض له نفس العمر، سنجد أن ساعة الرجل

الفضائي تتباطأ بالنسبة للرجل الأرضي والوقت الذي يحسبه المسافر يكون أقل من الوقت الذي يحسبه الرجل على الأرض، وحقيقة فإن الفعاليات الحيوية كضربات القلب والتنفس...الخ تكون ساعات بيولوجية وبالتالي فإن هذه الفعاليات تسير ببطء لدى المسافر في المركبة الفضائية وهو لن يلحظ أي تغير في سرعة دقات قلبه أو تنفسه ولكن الذي يلحظ ذلك هو الرجل على الأرض حين مراقبته بتلسكوب مثلاً. وبعد مرور سبعين سنة حسب تقدير وقياس الرجل على الأرض أي بعد ما أصبح عمره تسعون عاماً، يعود الرجل الفضائي وعمره ثلاثون عاماً فقط !

ومن النتائج أيضا ان الكتلة تتزايد بالتسارع بالقرب من سرعة الضوء ، طبعا هذا لا نلحظه في حياتنا اليومية لان مقدار هذا الازدياد ضئيل بسبب ضئالة سرعاتنا مقارنة بسرعة الضوء ، لكن طبقا للمعادلة التي قدمها أينشتاين – والتي تعتبر من أهم معادلات القرن العشرين- والتي فيها يساوى بين الطاقة والمادة والتي تقول ($E=mc^2$) فالطاقة المتولدة من جسم كتلته m تساوى حاصل ضرب كتلته في مربع سرعة الضوء.

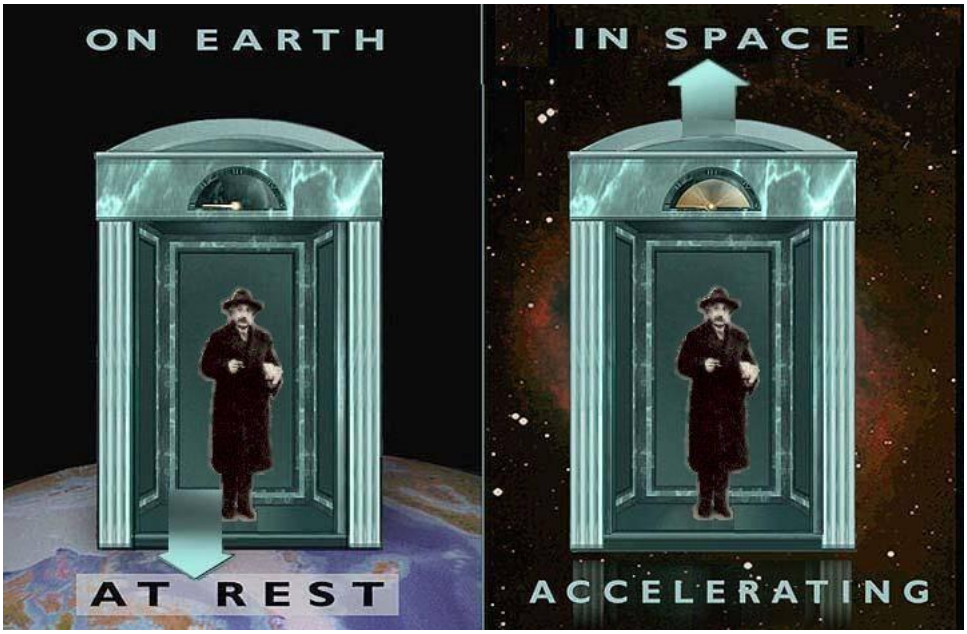
فأصبحت الكتلة عبارة عن منجم من طاقة محبوسة لو استطعنا استخراجها لأعطتنا مقدارا هائلا من الطاقة وهذا ما حدث عند أنتاج أول قنبلة ذرية عام ١٩٤١م فتحولت الكتلة إلى طاقة مدمرة..إلى جانب ان هذه المعادلة فسرّت احتراق النجوم التي تزودنا بطاقة الدفء والنور مثل الشمس رغم عمرها الطويل فهي تخسر كمية قليلة جداً من مادتها لتعطي طاقة تمد بها الكون بأكمله...

والاهم ان سرعة الضوء هي السرعة القصوى لكل كتلة في الكون، ولا يمكن لأي مادة من الانتقال في الكون بأسرع من سرعة الضوء لأن الكتلة في تلك الحالة - بحسب المعادلة السابقة - سيصبح قيمتها ما لانهاية وبالتالي ستحتاج لطاقة مقدارها ما لانهاية لانتقالها وهذا مستحيل..

كل هذه النتائج تم اختبارها وأثبتت صحتها على مدى المائة عام الماضية...

النسبية العامة

.. كانت النسبية الخاصة تتمحور حول الأجسام ذات السرعات المنتظمة (سرعة خاصة)- لذا سميت الخاصة - لكن النظرية لم تتضمن ذات السرعات الغير منتظمة ولا الجاذبية ، ففي عام ١٩٠٧م قدح زناد فكر أينشتاين بفكرة أطلق عليها مبدأ التكافوء الذي يجعل من كتلة القصور الذاتي وكتلة الجاذبية شيئا واحدا ، ما معنى هذا؟



أنت إذا حاولت دفع سيارة ساكنة على الأرض إلى الأمام تلاقي صعوبة في ذلك لماذا؟ لان كتلة السيارة الكبيرة تقاوم تحريكك لها وتحويلها من حالة السكون إلى الحركة بما يسمى بقوة القصور الذاتي Inertia mass التي هي تقوم بنفس الدور إذا أردت إيقاف جسم متحرك ومنبع هذه القوة هو كتلتها ، فتزداد قوة القصور الذاتي بزيادة كتلة الجسم ونلاحظ هذا في حياتنا اليومية فنحن نبذل جهدا أكثر في تحريك أي حجر كلما كبرت كتلته..

أما كتلة الجاذبية Gravity mass هي التي تسبب جذب الأرض لهذه الكتلة فلو تركت حجر من يدك لسقط إلى الأرض بسبب جذبها له..

وكان العلماء قبل أينشتاين يفرقون بين هاتين الكتلتين لكن أينشتاين جمع بينهما وبيّن إنهما كتلة واحدة ، لكن هذا الجمع بينهما اظهر نتيجة خطيرة وهي لماذا لا تكون قوة الجاذبية بين الكتل مجرد قوة قصور ذاتي ؟

إلى جانب ان نظرية نيوتن للجاذبية عام ١٦٨٧م افترضت ان قوة جاذبية الشمس تنتقل بشكل آني إلى الكواكب وبسرعة أعلى من الضوء وهذا يناقض نظرية النسبية الخاصة التي ترى ان سرعة الضوء هي السرعة القصوى لكل كتلة في الكون، ولا يمكن لأي مادة من الانتقال في الكون بأسرع من سرعة الضوء!

فهل الجاذبية ذات قدرة فريدة للانتقال عبر الكون ام أن الكتل تؤثر على بعضها البعض بسبب مختلف؟

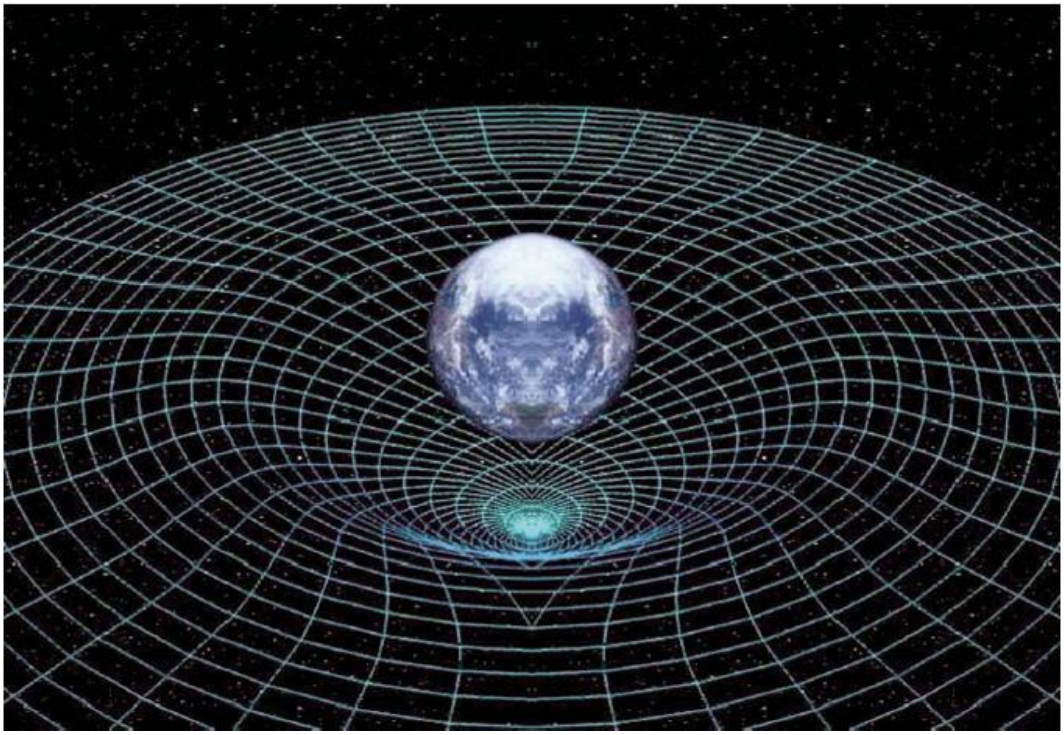
في عام ١٩١٦م نشر أينشتاين نظريته النسبية العامة والتي تحول الفضاء من الفكرة النيوتنية ذات الفراغ الواسع بلا شيء سوى مجال لقوة جاذبية غير مرئية إلى متحكم بحركة المادة عبر نسيج الزمكان والذي "يمسك" بالمادة ويوجه مسارها عبر الكون. هذا النسيج من الزمكان يملأ الكون ويربط بشكل جوهري كل المواد والطاقات التي ضمنه ..

كيف يغير هذا طريقة التفكير في آلية حركة الكواكب أو مدارات القمر والأقمار الصناعة حول الأرض؟

نظريا عندما تكون الكتلة على نسيج الزمكان سوف تشوه هذا النسيج نفسه مغيرة شكل الفضاء ومعدلة مرور الزمن حوله، ففي حالة الشمس نسيج الزمكان يتقوس حولها صانعا "انحناء" في الزمكان، لأن الكواكب (والمذنبات والكويكبات) تنتقل عبر نسيج الزمكان فهي تستجيب لهذا الانحدار و تتبع الانحناء في الزمكان فتدور حول الشمس، وطالما الكواكب لا تتباطىء فستبقى

في مدارات منتظمة حول الشمس فلا تسير في مدار حلزوني نحو الشمس ولا تنفلت إلى الفضاء الخارجي...

..لصنع نموذج بسيط لهذه الفكرة ، ضع جسم ثقيل في وسط سرير معلّق، مرر كرات صغيرة خلال هذا السرير من نقاط مختلفة وراقب كيف تنحدر نحو الثقل المركزي،الكرات لم" تُجذب" بواسطة جاذبية الجسم الثقيل،إنها ببساطة تبعت انحناء الزمكان الذي سببه وجود الجسم الثقيل!



فأصبحت الجاذبية لدى أينشتاين مجرد (هندسة) Geometry لنسيج الزمكان من حول الكتل وليس (قوة) Force كما يقول نيوتن ،هذه الأفكار تم تقديمها بمعادلات رياضية تدعمها وتم اختبارها عمليا عام ١٩١٩م في كسوف الشمس الذي قام بحني الضوء المار بالقرب من الشمس بنفس الزاوية التي قدرها أينشتاين في معادلاته...

واستمرت التجارب في اختبار هذه النظرية وكان آخرها تجربة جامعة ستانفورد مع ناسا التي سبق الإشارة إليها وكل النتائج كانت تؤكد صحة نظرية أينشتاين...هذه هي حكاية النسبية.

***

مع تحيات

مدونة عيون المعرفة

http://knoweyes.blogspot.com