# نظرية الأوتار: تجريد رياضي أم كشف فيزيائي
# String Theory: Mathematical Abstraction Or Physical Detection

**محمد تونسي** أستاذ محاضر "أ" [1]
[1] قسم الفلسفة ، كلية العلوم الاجتماعية
[1] جامعة عمار ثليجي الأغواط ( الجزائر)

**تاريخ الاستلام : 23-12-2018؛ تاريخ المراجعة : 26-05-2021؛ تاريخ القبول : 30-06-2021**

**ملخص :**

منذ الخمسينات بدأت الفيزياء النظرية مسيرة توحيد قوانينها، ويبدو أنها أحرزت نجاحا نظريا وحتى تجريبيا في توحيد بعض القوانين، وبقي أمام الفيزيائيين تحد كبير تمثل في توحيد نظريتي النسبية والكوانتم، تعتبر نظرية الأوتار الفائقة من المحاولات المطروحة حاليا والتي نجحت على الأقل في تحقيق صيغة رياضية متسقة تحقق توحيد نظري بين النسبية والكم، لكن هذه النظرية أفرزت أفكار ومفاهيم جديدة ومختلفة عما كان سائدا في الفيزياء

**الكلمات المفتاح :** نظرية الأوتار الفائقة، توحيد قوانين الفيزياء، الأوتار، الأبعاد الإضافية، القوى الفيزيائية، نظرية النسبية، نظرية الكوانتم .

**Abstract :**

Since the fifties, theoretical physics has begun to unify its laws. It appears to have succeeded theoretically and even experimentally in the unification of some laws. Physicists still have a great challenge in unifying the theory of relativity and quantum theory, Super string theory is one of the current attempts, which succeeded - at least - in the achievement of a consistent mathematical formula for theoretical unification between theory of relativity and quantum theory, but this theory produced new ideas and concepts different from what prevailed in physics.

**Keywords :** String theory, unification of the laws of physics, string, additional dimensions, physical forces, theory of relativity, quantum theory.

**مقدمة:**

تعتبر نظرية الأوتار الفائقة من المحاولات المطروحة حاليا لتوحيد نظرية النسبية ونظرية الكوانتم، ورغم أن هذه النظرية نجحت في إيجاد صيغة رياضية متسقة تحقق التوحيد، إلا أنها تحتاج إلى تأكيدات تجريبية حيث أنها تتطلب طاقات عالية جدا وتكنولوجيا متقدمة لاختبار تنبؤاتها، لقد أفرزت النظرية الوترية عدة مفاهيم جديدة وغريبة و مختلفة عما كان سائدا، حيث أنها قدمت مفهوما جديدا للمكان والأبعاد المكانية، وكذلك بنية المادة، وحاولت تقديم تصورات عن حالة المادة والقوى الفيزيائية في فترة مبكرة من عمر الكون، لكن الإشكال الذي يطرح حول هذه النظرية هو حول مدى صدقية المفاهيم و التصورات التي قدمتها من حيث صلتها بالواقع ،و هذا ما يطرح إشكالية النظرية والتجربة ، وهذا ما يستدعي التساؤل عن أصول المفاهيم التي قدمتها نظرية الأوتار؟، و مدى مساهمتها في حل المشكلات التي تعترض محاولات توحيد القوى الأساسية للطبيعة، و السبل المتاحة لربط هذه المفاهيم بالواقع؟، و كيف ستغير فهمنا لمفهوم الزمكان وبينة المادة الأولية؟.

**I. توحيد قوانين الفيزياء:**

في النصف الثاني من القرن العشرين كان علماء الفيزياء مشغولين باكتشاف الجزيئات عن طريق القيام بتعريضها لسرعات كبيرة والعمل على اصطدامها ببعضها ودراسة نواتج الانشطارات الناجمة عنها، وقد اكتشف عدد كبير من الجزيئات، وقد أدى ذلك إلى نتائج مهمة على مستوى الفيزياء أهمها أن قوى الطبيعة يمكن وصفها كجزيئات أيضاً، فالقوة التي بين جسمين تنشأ عن طريق تبادل جسيم مرسال بينهما، لقد توصل العلماء إلى ثلاثة قوى رئيسية إضافة لقوة الجاذبية، إن تأثير هذه القوى حسب الفيزيائيين يتجلى في تبادل جسيمات تدعى الجسيمات المرسالة، ووفقا لهذا فإن القوة الكهرومغناطسية تظهر في تبادل الفوتوناتphoton بين النواة و الإلكترونات، كما أن القوة النووية الشديدة ناتجة عن تبادل الغليونات gluons بين عناصر النواة، أما القوة النووية الضعيفة فإنها ناتجة عن تبادل جسيماتW بين الإلكترون والنيوترينو، وهي المسؤولة عن النشاط الإشعاعي.

لقد تساءل الفيزيائيون: ألا يمكن أن تكون هذه القوى إلا مظاهر متباينة لقوة وحيدة كما يتخذ الماء السائل مظاهر مختلفة تحت تأثير الحرارة والبرودة؟ (كاكو،ترينر،2001: 21-22)، وقد كانت الإجابة عن هذا السؤال مسيرة طويلة من الأبحاث سعيا وراء التوحيد المنشود، لقد كانت محاولة دمج القوة الكهرومغناطسية والضعيفة سنة 1967 مع ثلاث فيزيائيين هم: الفيزيائي الباكستاني محمد عبد السلام (1926-1996)، ،والفيزيائيين الأمريكيين ستيفن وانبرغ S. Weinberg (1933) وشيلدون غلاشو Sh. Glashou (1932)، فقد تمكنوا من صياغة نظرية تقدم تفسيرا للفروق بين شدة القوة النووية الضعيفة وشدة القوة الكهرومغناطسية (Locqueneux,1987 ;122-123)، وتمكنوا من تحقيق التناظر بين القوتين عند مستوى طاقي معين ،وقد أثبتت التجارب هذا التوحيد.

إن الفيزيائيين الذين أذهلهم النجاح التاريخي للنظرية الكهروضعيفة سرعان ما حولوا انتباههم للقوة النووية الشديدة في محاولة لدمجها، ولم تمضي إلا سنوات حتى تقدم الفيزيائيان هوارد جورجي H.Georgy (1947) وشيلدون غلاشو بنظرية لتوحيد القوى الثلاث القوة الكهرومغناطيسية والقوتين النوويتين الضعيفة و الشديدة، ولقد أطلق على هذه النظرية اسم نظرية التوحيد الكبرى Great Unified Theory ( GUT )، إن هذه النظرية تقول أن هذه القوى الثلاث التي تكون ذات خصائص متمايزة في الطاقات المنخفضة، سوف تكون متطابقة عند بلوغ حد كبير جدا من الطاقة، حيث تدمج هذه القوى، وبالتالي لا يمكن أن نميز بين قوة و أخرى، لكن عدم توفر الطاقة اللازمة يجعل من التحقيق التجريبي أمرا صعبا، و تعليقا على نظرية التوحيد الكبرى ألقى غلاشو عام 1979 كلمة بمناسبة نيله جائزة نوبل جاء فيها : « ... عندما باشرت دراسة الفيزياء النظرية عام 1956 كان بحث الجسيمات الأولية بالنسبة لي، أشبه بعمل اللحاف المرقع كان الديناميك

الكهربائي والتفاعلات الضعيفة والتفاعلات الشديدة أنظمة منفصلة تدرس وتدرس بشكل معزول، لقد تغير كل شيء، إننا نملك اليوم ما يمكن أن نسميه نظرية معيارية في الفيزياء الجسيمية، تنبثق فيها التفاعلات الكهرومغناطيسية والضعيفة والشديدة من مبدأ وحيد، إن النظرية التي نحوزها هي عمل متكامل»(كاكو،ترينر،2001: 91).

بعد توحيد القوى الثلاث التي تخص نظرية الكم بقيت قوة الجاذبية التي تخص نظرية النسبية العامة، نحن أمام نظريتين تمثلان العمود الفقري للفيزياء المعاصرة، وما حير الفيزيائيين هو أن هاتين النظريتين تبدوان غير منسجمتين (Davies,1996 ;242)، صحيح أن النظريتين تهتمان بمستويين مختلفين لكنهما لعالم واحد، فكيف يمكن تصور نظريتين متناقضتين لعالم واحد؟، لقد شكل توحيد هاتين النظريتين تحديا كبيرا ، فواقع التعارض بين هاتين النظريتين ينطوي على خلل عميق وخطير في قلب الفيزياء، فلطالما طرحت صعوبات عديدة أمام توحيدهما، حيث أدت محاولات التوحيد إلى رياضيات غير متماسكة ولم تعطي إلا سلسلة التناقضات.

لقد ظهرت في العقود الأخيرة من القرن العشرين بدايات لنظرية يعتقد علماؤها أنه بإمكانهم توحيد نظريتي النسبية والكم، إن هذه النظرية التي تسمى حاليا بنظرية الأوتار الفائقة Superstring Theory، ترجع تسمية الوتر لكون هذه النظرية تعتبر أن المادة والقوى الفيزيائية تتشكل في بنيتها العميقة من خيوط من الطاقة تسمى أوتار، إن اعتبار الوتر هو الأصل المشترك بين الجسيمات يعني أن كل جسيم ينحل في النهاية إلى وتر، والاختلاف الحاصل بين طبيعة الجسيمات يرجع إلى درجة اهتزاز الوتر، حيث يعطي كل نمط اهتزازي للوتر نوع معين من الجزيئات-393; Dainton,2010) (394 مثل أوتار الموسيقى، حيث أن كل اهتزاز للوتر يعطي نغمة معينة، إن فكرة الوتر كونه اللبنة الأولى للمادة هي فكرة غاية في الأهمية، فلطالما كان الاعتقاد السائد أن الجسيمات الأولية هي جسيمات نقطية، والآن نحن أمام جسيمات أولية ذات امتداد.

في عام 1984 أدخل الفيزيائيان الأمريكيان مايكل غرين M . Green (1946)، وجون شوارتز G. Schwarz (1941) بعض التعديلات حيث تم دمج الجاذبية من خلال افتراض جسيم الغرافيتون Graviton باعتباره مسؤولا عن نقل القوة الجاذبية من منظور كوانتي، ولاحظا أن نموذج الوتر يمتلك تناظر يلغي التناقضات الرياضية، ويفتح المجال واسعا لتوحيد النسبية و الكم،ومن هنا بدأت النظرية تأخذ شكلا صحيحا.

في نظرية الأوتار تم التوصل إلى بنية رياضية تحتوي على تناظر Symmetry بين القوى الفيزيائية الأربعة، التناظر في الفيزياء هو بقاء المعادلات دون تغير عندما نقوم بعملية استبدال للمكونات المتناظرة، مثلا في النظرية الكهروضعيفة عند طاقة معينة تتحد القوة الكهرومغناطيسية المتمثلة في الفوتونات والقوة الضعيفة المتمثلة في جسيمات w حيث تبقى النظرية دون تغير لو أبدلنا الفوتون بجسيم w ، وهنا يمكن أن نقول أن النظرية الكهروضعيفة تكشف عن تناظر، إذن فالتناظر هو العلامة المميزة لتوحيد القوتين،كذلك نظرية التوحيد الكبرى تكشف عن تناظر القوى الكهرومغناطيسية والقوتين النوويتين الضعيفة والشديدة، حيث تتخذ القوى الثلاث خصائص مشتركة عند طاقات معينة (Kosso,1999 ;486).

وفي نسخة مطورة ظهرت ما تسمى بنظرية الأوتار الفائقة، حيث حققت في نموذج رياضي ما يعرف بالتناظر الفائق Supersymmetry ويعني توحيد الفيرميونات التي هي الجسيمات التي تشكل المادة مع البوزونات أو الجسيمات المرسالة، بهذا التناظر الفائق تصبح المادة والقوة متصلتين في مفهوم نظري واحد (ديفيس،براون،1993 :64)، إن التناظر الفائق يعني توحد القوى الأربعة مع مكونات المادة، حيث لا نستطيع تمييزها عن بعضها، وهذه الحالة غير موجودة في الطبيعة لأن القوى منفصلة عن بعضها، بل كانت موجودة في بداية الكون قبل الإنفجار الكبير Big Bang، حسب

اعتقاد العلماء كان هناك تناظر فائق لكن سرعان ما انكسر هذا التناظر ( انكسار التناظر يعني تمايز القوى ) في الإنفجار الكبير،وبدأ الكون بالتوسع، وبعدها أخذت القوى تقوم بوظائفها.

إن نظرية الأوتار الفائقة التي قدمت وصفا نظريا لتوحيد القوى وبلوغ التناظر الفائق، تخلصت من التناقضات الرياضية، لكن تجاوز هذه التناقضات تطلب ثمنا وهو أنه لا بد من افتراض أبعاد إضافية في النظرية، افتراض الأبعاد الإضافية لم يكن اختيارا بل هو السبيل المتاح لتحقيق التناظر ولا يمكن التخلي عنه في معادلات الأوتار الفائقة، ذلك لأنه دون صياغة النظرية في ستة وعشرين بعدا، أو عشرة أبعاد سوف نقع في مطبات رياضية وتناقضات، إن الأبعاد الإضافية التي لا تظهر للعيان هي –حسب فيزيائيي الأوتار- ملتفة على نفسها في كرات صغيرة قطرها حوالي $10^{-33}$سنتمتر وهذا الصغر اللامتناهي يجعل من الصعب ملاحظتها، وهناك بعض الفيزيائيين يرى أنه أثناء بداية الكون كانت الأبعاد المكانية دون مقياس بلانك M.Plank (1858-1947) حيث لا يمكنها التمدد، لكن التأرجحات الحرارية أدت إلى تمدد الثلاث أبعاد التي نعاينها، وبقيت الأبعاد الإضافية في حالة التفاف في المقاييس الميكروسكوبية (Greene, 2000 ;389-390).

إن اختبار نظرية الأوتار تجريبيا يتطلب طاقات عالية إن لم نقل خيالية، لقد انتقد شلدون غلاشو بشدة نظرية الأوتار الفائقة لأنها تشترط طاقات هائلة وغير متوفرة للتجريب حيث يقول: «... أنا سعيد جدا بهذا العدد من زملائي الذين يعملون في النظريات الوترية لأن ذلك يبقيهم خارج دائرة اهتمامي، إني أعلم أنهم لن يتوصلوا إلى شيء عن العالم الفيزيائي الذي أعرفه وأحبهُ... ومع ذلك ما يزال بعضنا يحاولون إتباع الطريق المستقيم الذاهب من التجربة إلى النظرية، بدلا من أن يلاحقوا فكرة الوتر الفائق التي تتطلب من الطاقات العالية فوق ما نحلم ببلوغه لبناء نظرية تتعامل مع العالم الأرضي الأدنى الواقع تحت أقدامنا» (ديفيس،براون،1993: 176)، كذلك نجد ريتشارد فاينمان R.Feynman (1918-1988) وهو واحد من كبار فيزيائيي القرن العشرين ينتقد بشدة نظرية الأوتار وفكرة الأبعاد الإضافية لانعدام أي دليل تجريبي يثبت صحتها حيث يقول : « خذ مثلا أن النظرية تتطلب عشرة أبعاد لكن ربما كان ستة منها تقوقعت بطريقة ما، نعم هذا ممكن رياضيا ، ولكن لماذا لم تكن سبعة ؟ أنهم يضعون معادلاتهم ويتركون للمعادلة اتخاذ القرار بعدد الأشياء التي تقوقعت، لا للرغبة في الانسجام... إنها مسألة وضع أفكار على محك التجربة ومعرفة مدى الدقة في النظرية»(ديفيس،براون،1993: 178-179).

يرى أنصار نظرية الأوتار أنه ربما يطور الفيزيائيون النظرية بفهم أعمق للآلية الرياضية واستخلاص تجارب تتيح اختبارها في طاقات متوفرة، يقول جون شوارتز في هذا الشأن : « إن هذه ليست نظرية للفيزياء عند الطاقة $10^{28}$ إلكترون فولط وحسب، فلو ثبتت صحتها لكانت نظرية للفيزياء عند كل المقاييس، ويتوجب علينا تطوير أدواتنا الرياضية كي نخلص من النظرية إلى النتائج الخاصة بالطاقات المنخفضة » (كاكو،ترينر،2001: 157).

صحيح أن نظرية الأوتار الفائقة تعتبر نموذج رياضي متسق يحقق تناظر القوى الفيزيائية والمادة، لكن تبقى هذه النظرية بحاجة لاختبارات تجريبية تنزلها من عالم الرياضيات المجرد إلى العالم المادي، صحيح أن تناظر القوى الفيزيائية هو حالة كانت موجودة على الأرجح في بداية الكون، والطبيعة التي نعاينها توجد فيها القوى بشكل منفصل، لكن على النظرية أن تثبت وجود الغرافيتون، ورغم أن الأوتار و الأبعاد الإضافية حسب النظرية موجودة في مقاييس متناهية الصغر، على منظري الأوتار أن يثبتوا ذلك ولو بطرق تجريبية غير مباشرة، إن المفاهيم الجديدة التي أتت بها نظرية الأوتار لو يثبت صحتها ستكون بمثابة نقلة نوعية في الفيزياء والعلم عموما لأنها ستغير كثيرا فهمنا للعالم الفيزيائي.

**II. فكرة الأوتار و البنية الأساسية للمادة:**

إن اعتبار الوتر هو التركيب الأول للمادة يتعارض مع الاعتقاد السائد لدى الفلاسفة و العلماء منذ قرون، هذا الاعتقاد الذي لطالما كرس أن الأجسام المادية تنحل في النهاية إلى جسيمات نقطية نهائية لا تقبل الانقسام، يعتبر ديموقريطس من أوائل فلاسفة اليونان الذين تحدثوا عن الذرة، حيث اعتبر أن المادة تنحل في النهاية إلى ذرات لا تقبل القسمة، فمن غير المعقول ألا يقف انقسام المادة عند حد معين، وهذه الذرات صلبة لا تنقسم ولا تتغير ولا ترى بالعين المجردة، وهي خالدة لا تفنى وهي غير ذات وزن، وتختلف الذرات عن بعضها في وضعها وترتيبها، كذلك خاض الفلاسفة المسلمون في مسألة الذرة، و رأوا أن العالم يتكون من الجوهر الفرد، أو الجزء الذي لا يتجزأ، فحبة الخردل نقسمها إلى اثنين ثم إلى أربعة ثم ثمانية إلى أن تصير إلى أجزاء لا تقبل القسمة بذاتها، فهي لا طول لها ولا عرض ولا عمق ولا اجتماع فيها ولا افتراق، وأنه يجوز أن تجتمع مع غيرها أو تفارق (الجابري،1998: 317) .

و مع بداية القرن التاسع عشر دخلت الذرة كفرضية علمية في الأبحاث، و قد اكتشفت بعض الذرات المعروفة مثل الأكسجين والهيدروجين والنحاس، واعتبرت الذرات أجسام بسيطة تتحد فيما بينها لتشكل المادة،ثم اكتشف بعد ذلك أن الذرة التي لطالما اعتقد أنها لا تنقسم تتكون بدورها من نواة تدور حولها إلكترونات، والنواة بدورها تتكون من بروتونات ونوترونات، وتبين في منتصف القرن العشرين أن البروتونات والنوترونات تتكون من كواركات (بولكين هورن،2000: 17)، والآن نحن أمام تركيب أول فريد من نوعه وخارج عن التقليد المألوف الذي يفرض أن التركيب النهائي للعالم المادي هو جسيمات نقطية، إننا نتحدث اليوم عن جسيمات أولية ذات طول هي الأوتار، إن الفيزياء المعاصرة وضعت حدا للفكرة القديمة القائلة أن التركيب النهائي للمادة هو جسيم نقطي، ففكرة الأوتار يمكن اعتبارها نقلة نوعية ونقطة تحول هامة في تاريخ الفيزياء.

تعود أصول فكرة الوتر إلى مشكلة مرتبطة بالجزيئات الميكروسكوبية، لقد كان العلماء في منتصف القرن العشرين يحاولون العثور على مغزى لكثرة الجسيمات النووية المكتشفة، حيث أكتشف عدد كبير من الجسيمات، أمام هذه الكثرة بدى العالم الذري غير متناسق، إذ كيف نضع عددا من الجسيمات الأولية في نفس المرتبة كتركيب أول للمادة، ألا يمكن أن يوجد نمط ذو طبيعة واحدة في عمق هذه الجسيمات يكون مشتركا بينها و يكون اللبنة الأولى في بنية المادة ؟.

في عام 1968 تمكن رياضي إيطالي يدعى غابرييل فينزيانو G. Veneziano (1942) من اقتراح صيغة رياضية، رأى أنها تمكن من تفسير كثرة الجزيئات، فلقد عثر على دالة قديمة تصف نوعا من الجسيمات ذات بنية مطاطية في وسعها الالتواء، وقد رأى الفيزيائي الياباني يوشيرو نامبو Y. Nambu (1952)، أن هذه الدالة ربما تكون مرتبطة بواقع فيزيائي عميق، ويمكن تأويلها إلى أوتار مهتزة تعتبر التركيب الأول لبنية المادة (كاكو،تريبر،2001: 110)، وهذا يمكن من إيجاد أصل واحد لعشرات الجزيئات .

يعتقد الفيزيائيون أن الأوتار هي خيوط من الطاقة بالغة الصغر، فلو تصورنا الذرة بحجم النظام الشمسي فإن الوتر يكون بحجم شجرة، وهذه الأوتار يمكن أن تكون مفتوحة أو مغلقة، وهذه الأوتار تتخذ اهتزازات مختلفة، وكل اهتزاز معين للوتر ينتج جسيما معينا، كأوتار الآلة الموسيقية التي تعطينا نغمات مختلفة تبعا لدرجة اهتزاز الأوتار (Davies,1996 ;216)، إن نظرية الأوتار تصور لنا كل شيء و كأنه سنفونية كونية، لو يتم إثبات وجود الوتر تجريبيا ستحدث نقلة نوعية في الفيزياء المعاصرة، ويتغير فهمنا للطبيعة بشكل جذري، إن أسرار الدنيا الميكروسكوبية تتضح كل مرة أكثر، وتظهر لنا أشياء لم نتوقعها قبل.

**III. فكرة الأبعاد الإضافية :**

تعتبر فكرة الأبعاد الإضافية من التطورات المهمة التي طرأت على الفيزياء المعاصرة، لطالما تعودنا وترسخ في أذهاننا أن المكان الفيزيائي ثلاثي الأبعاد، و لا يمكننا حتى أن نتخيل بعدا إضافيا، لقد تعرضت النظريات الفيزيائية المتعاقبة لمفهوم المكان، وقدمت تصورات مختلفة لكنها لم تخرج عن فكرة المكان الثلاثي الأبعاد، لقد تصور نيوتن Newton(1642-1727) أن المكان مطلق ومتجانس وإقليدي مستوي وساكن ولا يتأثر بالأحداث الفيزيائية، أما اينشتاين Einstein(1879-1955) فاعتبر المكان ذو بنية متغيرة، فهو ينحني بفعل الكتل أو السرعات العالية، كما أن المكان مرتبط بالزمان، والزمان يعتبر بعدا رابعا، وهندسة المكان أو درجة انحنائه تؤثر في الزمان، والجاذبية نفسها تعتبر نتيجة لانحناء المكان .

أما في المقاييس الميكروسكوبية فقد أفضت نظرية الكم إلى أن مفهوم المكان في المقاييس الكوانتية قد يختلف بشكل كبير عن المكان الذي صورته نظرية النسبية، صحيح أن نظرية الكم لم تتطرق لبنية المكان مثل نظرية النسبية، لكن وصفها الغريب للأحداث الذرية يوحي بوجود بنية للمكان تختلف عن المفهوم الكلاسيكي، يقول دوبروي De Broglie ( 1892-1987): « إن استحالة تتبع القفزات الفجائية التي تجعل الذرة تنتقل من حالة قارة إلى حالة أخرى مماثلة،كل ذلك قد أوحى بفكرة عميقة مؤداها أن الوصف الكامل للظواهر الكوانتية على المستوى الذري يتطلب من بعض الوجوه على الأقل تجاوز الإطار الكلاسيكي للمكان والزمان» (الجابري،1998: 438) .

لقد خالفت نظرية الأوتار ما ألفناه و ترسخ في أذهاننا، و أتت لتصرح أن العالم الفيزيائي يتكون من أكثر من أربعة أبعاد، أن الأحداث الفيزيائية ليست كلها تجري في إطار أربعة أبعاد وإنما هناك أحداث في مقاييس ميكروسكوبية تجري في أبعاد أكثر من ذلك، إن الأوتار التي يتكون منها عالمنا حسب النظرية الوترية مرتبطة بالأبعاد الإضافية بحيث لا نستطيع الفصل بين الوتر والزمان والمكان، و كأن الأوتار هي جزء من بنية الزمكان (ديفيس،براون،1993: 117)، لقد علق احد الفيزيائيين قائلا :« إننا نقبل جميعا قول نيلز بور الذي قرر فيه بأن أية نظرية عظيمة يجب أن تنطوي على شيء من الجنون، لكن هذه النظرية مطت مخيلاتنا إلى الحد الاعتقاد بأن الكون قد يكون مشكلا في ستة و عشرين بعدا،أو عشرة أبعاد» (كاكو،ترينر،2001: 117-118).

يتكلم جون شوارتز عن الظروف التي أدت إلى ظهور هذه الفكرة حيث يقول : « إن تماسك النظرية رياضيا يتطلب أن يكون الزمكان ذو أبعاد أكثر من أربعة،كانت النظرية الوترية الأصلية تقود إلى ستة و عشرين بعدا، وفي نظرية وترية محسنة نزل عدد الأبعاد إلى عشرة، والواقع إن نسخة من النظرية ذات الأبعاد العشرة هي الرائجة اليوم» (ديفيس،براون،1993: 75)، صحيح إن وجود أكثر من أربعة أبعاد هو أمر مزعج بالنسبة لبعض الفيزيائيين لأن هذا يصور النظرية وكأنها ضرب من الخيال العلمي، لكن انسجام النظرية يفرض وجود الأبعاد الإضافية، حسب هذه النظرية عالمنا يتكون من عشرة أبعاد لا يظهر لنا منها إلا أربعة أبعاد أما الأبعاد الستة المتبقية فهي ملتفة على نفسها في كرات متناهية الصغر في مستوى ميكروسكوبي يبلغ $10^{-33}$سنتمتر حسب تقدير الفيزيائيين .

لنضرب مثالا لتوضيح حالة الالتفاف:إن خرطوم المياه يبدو من بعيد مجرد خط لكن عند ملاحظة نقطة من نقاط هذا الخط عن كثب سوف نجد أنها دائرة، فما نراه نقطة قد يكون دائرة تحيط بأبعاد إضافية، داخل هذه العوالم الصغيرة ( الأبعاد الملتفة ) تعيش الأوتار التي يتكون منها عالمنا، إن هذه الأبعاد الإضافية توفر للأوتار أن تهتز في أبعاد متعددة و هذا ما ينتج أنواع شتى من الاهتزازات، مما يتيح أن تتشكل أنواع عديدة من الجسيمات الأولية.

تعود جذور فكرة الأبعاد المتعددة إلى بروز الهندسات اللاقليدية، إن هذه الهندسات فيها من الخصوبة ما يمكنها أن توفر إطارا رياضيا يحتوي على أكثر من أربعة أبعاد، حيث نستطيع أن نضع لعدد الأبعاد القيمة التي نشاء، إن الرياضيين يحبون أن يجعلوا محاكماتهم واسعة الشمول حيث يستطيعون وضع عدد أبعاد يفوق الأبعاد الفيزيائية التي ألفناها (فاينمان،1991: 56)، المهم فقط أن يتحقق الانسجام داخل البناء الرياضي، وقد ناقش الكثير من الرياضيين فكرة الأبعاد الإضافية منذ نهايات القرن التاسع عشر ،وحاولوا إيجاد بعض الأساليب لتقريب فهم البعد الإضافي ، وقد كانت تعامل مثل هذه الأفكار كتصورات رياضية مجردة، ولم يكن هناك حديث عن وجه تطبيقي لها في الفيزياء.

يعتبر تيودور كالوزا T.Kaluza (1885-1954) أول من أدخل فكرة الأبعاد الإضافية في الفيزياء، في أحد الأيام من سنة 1929بعث رياضي يدعى كالوزا رسالة إلى اينشتاين بين فيها أنه يمكن صياغة نظرية النسبية في خمسة إبعاد، وهذا ما يمكنها أن تكون أكثر شمولية و تكون قادرة على استيعاب نظريات أخرى، لقد قال اينشتاين إن هذه الفكرة لم تكن لتخطر على باله على الإطلاق (كاكو،ترينر،2001: 178-179)، لقد بدت نظرية كالوزا لبعض الفيزيائيين كنوع من التحايل الذي لا يعكس أي مضمون فيزيائي.

لفهم فكرة كالوزا نقدم مثالا :لو نفتح زجاجة غاز وسط غرفة ،بالتأكيد إن جزيئات الغاز تنتشر في الأبعاد المكانية الثلاث فأين البعد الإضافي، لقد رأى كالوزا أن البعد الخامس ملتف على نفسه في كرة متناهية الصغر لدرجة أن جزيئات الغاز لا تستطيع اختراقها، وهذا هو السبب في عدم إحساسنا بالبعد الإضافي، رغم أن أفكار كالوزا قد هجرت لعقود فقد عاد إليها الفيزيائيون في نظرية الأوتار الفائقة، وأصبحت متداولة في كثير من البحوث(Davies,1996 ;227)، إن فكرة الأبعاد المتعددة هي بالتأكيد فكرة طرحت بمنتهى الجرأة، وخالفت كل الاعتقادات التي كانت سائدة منذ القدم حول المكان، فهي نقطة تحول تكتسي أهمية خاصة، وتعتبر من التحولات الأساسية في الفيزياء.

## IV. غرابة المفاهيم في نظرية الأوتار:

ظهرت في بعض النظريات الفيزيائية المعاصرة أفكار و مفاهيم وصفت بالغريبة مثل فكرة الأبعاد الإضافية فهي تبدو مخالفة للخبرة الحسية وقد يؤدي هذا بالفيزياء أن تكون أشبه بالخيال العلمي، إن السبب في الغرابة التي نقابل بها هذه المفاهيم ليس في المفاهيم بحد ذاتها بل في عقولنا نحن، لقد تعودنا على عالم تجري فيه الأحداث في إطار مكاني ثلاثي الأبعاد و في إيقاع زماني معين و حد معين من السرعة و هذا ما يجعلها تتوطد في أذهاننا، مما يجعل المفاهيم المخالفة لما ألفناه غريبة وتجعلنا نعتبرها ضربا من ضروب الخيال العلمي(فاينمان ،1974: 12)، إن التركيبة العقلية و البنية الفكرة تفرض علينا فهما خاصا للعالم يصعب الخروج عنه، وتبقى المفاهيم الغريبة تتطلب مرونة فكرية.

مثلا في نظرية النسبية نجد فكرة تباطؤ الزمن وتقلص الأطوال فكرة تبدو غريبة عما ألفناه رغم ما لها من أدلة تجريبية تدعمها، إن ذهنية الإنسان تتعامل مع الإيقاعات البعيدة عن سرعة الضوء ، فأقصى سرعة توصل إليها الإنسان أنه يمكن أن يسير بضعة المئات الكيلومترات في الثانية وهذه السرعة بعيدة عن سرعة الضوء، الذي يلف الكرة الأرضية سبع مرات في الثانية ،علينا أن نتوقع غير المألوف في ظروف غير مألوفة ،سنقدم مثالا للتوضيح أكثر، ولأغراض المناقشة نفترض أن سرعة الضوء تساوي 200كلم في الساعة وهي سرعة تستطيع السيارة بلوغها، سيغدو تباطؤ الزمن و انكماش الأطوال أمرا طبيعيا متسقا مع ما ألفناه، ذلك لأن السيارة عند بلوغها سرعة 200كلم /سا تتكمش أطوالها في اتجاه مسارها، وكذلك الأشخاص الموجودين داخل السيارة سيبدون بلا حراك لأن إيقاع الزمن يكون بطيئا مع ازدياد السرعة، وهذا ما يجعل الرجل الذي يجلس في الشارع يقرأ جريدة في وقت أسرع من الوقت الذي يستغرقه إنسان داخل سيارة متحركة،

وعندما تقف هذه السيارة عند إشارة المرور تعود إلى حجمها الطبيعي ويعود الزمن داخل السيارة إلى إيقاعه السابق (كاكو،ترينر،2001: 185).

بالنسبة لفكرة الأبعاد الإضافية فإن بنيتنا الفكرية تجعل من الصعب فهمها وتقبلها، فعقولنا التي تعودت على نمذجة الأجسام ضمن الأبعاد الثلاث، لا تستطيع أن تتصورها ضمن الأبعاد المتعددة، حتى علماء الرياضيات الذين غالبا ما يتعاملون في أبحاثهم مع منظومات متعددة الأبعاد يكتفون بمعالجة أمر هذه المنظومات بالرياضيات المجردة دون عناء تصورها (فاينمان،1991: 55-56)، سنحاول تقديم مثال يمكننا من تقريب الفهم لفكرة الأبعاد المتعددة، لنتصور كائنات مسطحة تعيش في عالم مسطح ذو بعدين فقط، إن هذه الكائنات تستطيع استيعاب الأشكال ذات البعدين مثل المربع، الدائرة والمثلث والمضلعات، لكن لا تستطيع استيعاب أشكال مثل المكعب و الكرة و الهرم لأن عقولها تعودت على التعامل مع بعدين فقط، لدينا طريقة لتقريب شكل المكعب إليهم: بإمكاننا نشر المكعب على شكل ستة مربعات بشكل متصالب ونقول لهم أن هذه المربعات بإمكاننا تجميعها لتشكيل مكعب لكنهم يجدون أنفسهم عاجزين عن تصور ذلك، لأنهم لا يستطيعون تصور تحريك المربعات في البعد الثالث لتجميع المكعب، بالمثل يستطيع كائن قادم من عالم ذو أربعة أبعاد أن يقرب إلينا شكل مكعبهم ذو الأبعاد الأربعة وذلك بنشره، حيث تظهر لنا مجموعة من المكعبات الثلاثية الأبعاد على شكل صليب من المكعبات، لكننا للأسف نجد أنفسنا عاجزين عن تصور تركيب هذا الشكل لأن عقولنا عقول ثلاثية الأبعاد، ومهما تخيلنا لا نستطيع تصور تحريك المكعبات في البعد الرابع لكي نشكل مكعب رباعي الأبعاد (كاكو،ترينر،2001: 186).

إن عقولنا التي تعودت على الأبعاد الثلاث وإيقاع زمني معين وسرعة محدودة تجعل من الصعب تصور الأحداث الفيزيائية في السرعات العالية أو في الإيقاعات الزمنية المختلفة أو في أبعاد مكانية إضافية، و هذا ما يجعلنا نستغرب مثل هذه الأفكار، لو نمعن النظر في المفاهيم الغريبة، فإنه يمكن أن نعتبرها نتيجة لإبداع العقل الإنساني الذي يتحرر كل مرة من سلطان الحواس الذي يفرض علينا فهما ضيقا للطبيعة، ولقد رأينا كيف أن العالم الفيزيائي يفرض علينا ذهنية من الصعب التفكير بغيرها، والمفاهيم الغريبة هي كذلك لأنها مختلفة عن الذهنية المفروضة علينا، وربما تكون هذه المفاهيم اقتراب من الطبيعة وليس ابتعاد عنها، فإذا كانت تدعمها أدلة فهي تعبير محكم عن العالم الفيزيائي، وكل فكرة غريبة علينا أن نطلب إثبات صدقها بدل الحكم عليها بالبطلان لمجرد أنها لا تتفق مع ما ألفناه.

## V. مسار الفيزياء المعاصرة:

إن المتتبع لحركة تطور الفيزياء منذ نيوتن إلى يومنا هذا يدرك أن مسيرة الفيزياء هي مسيرة توحيد قوانين الظواهر الفيزيائية ومحاولة تفسيرها بقانون واحد، لقد قام نيوتن Newton(1642-1727) بتوحيد جاذبية السماء والأرض من خلال قانون الجاذبية، بعده تمكن ماكسويل Maxwell ( 1831- 1879) من توحيد الكهرباء و القوة المغناطيسية في القوة المغناطيسية، ومع حلول القرن العشرين تمكن اينشتاين من توحيد المكان والزمان في مفهوم الزمكان، وكذلك تمكن من التوحيد بين المادة الطاقة وأثبت أنهما وجهين لعملة واحدة، لقد كان اينشتاين على دراية بمسار الفيزياء التوحيدي، لقد كان يؤمن أنه سوف يتمكن الإنسان في يوم ما من تفسير الكون الفيزيائي بقانون واحد، ولقد دأب في السنين الأخيرة من حياته على توحيد القوانين الكهرومغناطيسية والجاذبية فيما يسمى بنظرية المجال الموحد( غاموف،1984: 228).

يبدوا أن اينشتاين كان مستعجلا، فقد كان لا بد من اكتشاف قوى ذرية أخرى، حتى تستأنف مسيرة التوحيد، بعد اكتشاف القوتين النوويتين الضعيفة والشديدة، تم توحيد القوتين الكهرومغناطيسية والنووية الضعيفة سنة 1967مع وانبرغ وعبد السلام وغلاشو، وقد أعطى هذا دعما كبيرا للفيزيائيين للبحث عن التوحيد المنشود، خاصة بعد تأكيد النظرية سنة1983في المختبرات لتكشف القوة الكهروضعيفة عن نفسها، كذلك في سنة 1977ظهرت نظرية موحدة للقوتين

الكهروضعيفة والقوة الشديدة، وهي نظرية التوحيد الكبرى، لتبقى قوة الجاذبية تحديا أمام الفيزيائيين حتى عام 1984 حيث أثبت كل من مايكل غرين وجون شوارتز توحيد القوى الأربع في إطار رياضي متماسك خال من التناقضات في نظرية الأوتار الفائقة (كاكو،ترينر،2001: 192)، وأكثر من هذا قدمت نظرية الأوتار الفائقة أمال كبيرة في تفسير بداية للكون قبل الانفجار الكبير، حيث كان هناك تناظر فائق لا تتمايز فيه القوى الأربع و المادة .

هكذا يتضح مسار الفيزياء المعاصرة الهادف إلى توحيد القوانين الطبيعية، وتفسير العالم الفيزيائي و حتى بدايته بقانون واحد، « لقد تطورت فكرة التوحيد إلى نهج مسيطر في الفيزياء النظرية..بعد أن كانت تعتبر مجرد نموذج جميل ليس له أهمية عملية على الإطلاق، وربما كان ما نشاهده الآن أمام أعيننا التتويج المظفر لعمل دائب في الفيزياء خلال ثلاثة قرون كان نيوتن أول من بدأه...إن المحاور المختلفة للفيزياء قد بدأت تتقارب الآن لتشكل نسيجا خارق الجمال و الأناقة » (كاكو،ترينر،2001: 214)، فهل نصل في يوم ما لمعادلة الكون الفيزيائي المنشودة.

**خـــاتمة:**

يتضح مما سبق أن نظرية الأوتار تعتبر خطوة جريئة في سبيل توحيد القوى الأساسية في الطبيعة، ورغم أن هذه النظرية أفرزت مفاهيم غريبة وتبدو بعيدة عن الواقع وتحتاج إلى تأكيد تجريبي إلا أنه يجب ألا ننسى أن هذه النظرية تحاول فهم حالات استثنائية لطبيعة المادة سواء في الطاقات العالية أو في بداية الكون، تعتمد نظرية الأوتار على جهاز رياضي معقد وهذا ما يجعل من التجريد طاغيا عليها، بل إن علماء الأوتار يرون أنها تحتاج في المستقبل إلى بنيات رياضية أكثر تقدما لفهمها بشكل أكثر عمقا، ومن جهة أخرى تتطلب هذه النظرية طاقات عالية جدا لاختبارها وتتنبأ بجسيمات متناهية في الصغر لم تصل إليها تكنولوجيا الدقائق بعد، وهذا الفارق بين التجريد والتجريب هو ما يفسر تقدم الجانب الرياضي التجريدي على الجانب التجريبي، يجب ألا ننسى أن هذه النظرية هي المحاولة الأكثر نجاحا على المستوى النظري بعد عقود من محاولات التوحيد الفاشلة، والنجاح الرياضي الذي أحرزته قد تنتج عنه فتوحات تجريبية في المستقبل فلطالما أكد تاريخ الفيزياء و العلم عموما ذلك التطابق العجيب بين العقل والمادة، يبدو أن الفيزياء في تقدمها تتحرر كل مرة من الفهم الذي تفرضه الحواس خاصة لما تتناول المستويات الميكروسكوبية أو السرعات والطاقات العالية، وتظهر مفاهيم جديدة وجسيمات جديدة تفتح الطريق لفهم جديد في الفيزياء، لقد تسارعت وتيرة تطور الفيزياء في القرن العشرين وبدت وكأنها تزداد تجريدا وغرابة عما كانت عليه في الفترة الكلاسيكية، لكن بفضل التطور التكنولوجي أقيمت مشاريع ضخمة لتمكين العلماء من إجراء التجارب في طاقات وسرعات عالية، في محاولة لربط تصوراتنا بالواقع الفيزيائي، كما وضعت برامج بحثية لاشتقاق تجارب في متناول التكنولوجيا بغية الوصول إلى مؤشرات تدعم النظرية، لقد أفرزت نظرية الأوتار مفاهيم جديدة تنذر بتحولات جذرية في تاريخ الفيزياء، إن نجاح هذه النظرية تجريبيا ربما سيفتح مرحلة جديدة في علم الفيزياء حيث سيتغير فهمنا لبنية المادة و بنية الزمكان وكذلك تصبح لدينا قوانين تصف الكون الفيزيائي في مراحله المبكرة، هل ستشكل هذه النظرية فيزياء الأجيال المقبلة أم أن العقل البشري سيتوصل إلى طرق أكثر اختصارا وواقعية لفهم طبيعة المادة؟.

- **الإحالات والمراجع :**


[1]-ميشيو كاكو، جنيفر ترينر، (2001)، **ما بعد اينشتاين**، ترجمة: سعد الدين خرفان عالم المعرفة، الكويت.

[2] - بول ديفيس، جوليان براون، (1993)، **الأوتار الفائقة**، ترجمة : أدهم السمان، ط 1، دار طلاس ،دمشق، .

[3]- محمد عابد الجابري، (1998 )، **مدخل إلى فلسفة العلوم**، ط4، بيروت، مركز دراسات الوحدة العربية.

[4]- جون بولكين هورن، (2000)، **ما وراء العلم**، عرض يمنى طريف الخولي، القاهرة، المكتبة الأكاديمية.

[5]- ريتشارد فاينمان، (1991 )، **طبيعة قوانين الفيزياء**، ترجمة: أدهم السمان، سوريا، دار طلاس للدراسات والنشر .

[6]- ريتشارد فاينمان، ( 1974)، **محاضرات فاينمان في الفيزياء**، ترجمة:مجموعة من الأساتذة، دمشق،دار الطليعة، دمشق.

[7] - جورج غاموف، (1984)، **قصة الفيزياء**، ترجمة: جمال الدين الفندي، مصر ، دار المعارف.

[1]- Robert L'ocqueneux, (1987), **Histoire de la physique**, Paris, Edition Dahlab.

[2]- Paul Davies, (1996), **Les Forces de la Nature**, tr de langlais par Alain Bouquet France, Flamation.

[3]- Barry Dainton, ( 2010), **Time and space** , 2 edi Mc gill- queen univer press, Canada.

[4]- Peter Kosso, (1999 ), **Symmetry argument in physics studies in history and philosophy of science**, N=° [3] sept .

[5]- Brian Greene, (2000), **L'univers élégant**, tr; céline laroche, edition Robert laffont , Paris.


**كيفية الإستشهاد بهذا المقال حسب أسلوب APA :**

محمد تونسي، (2021 ) **نظرية الأوتار: تجريد رياضي أم كشف فيزيائي**، مجلة الباحث في العلوم الانسانية و الاجتماعية ، المجلد 13(02)2021 ، الجزائر : جامعة قاصدي مرباح ورقلة، ص.ص 461-470