ستة وعشرون بعداً.....!

المقدمة:

بدأ علم الفيزياء بداية مبشرة مع علماء وفلاسفة كان لهم الدور الأساس والمؤثر في بناء أسسه، حيث كان غاليليو الذي بصم بصمته في علم الفلك البدائي، وجاء بعده نيوتن فوضع أسس الميكانيكا الكلاسيكية والبصريات، وتتالى بعده العلماء والعباقرة ومنهم فراداي وماكسويل وأوم وآخرون، ثم جاء عالم الفيزياء العظيم والذي يعرفه معظمنا ألا وهو آلبرت أينشتاين، لقد عاش آينشتاين في بداياته حياة مصمطة بعيدة عن ميدان العلم، وقد اكتشف بعد أن تعمق في دراساته الرياضية والميكانيكية النظرية النسبية ونشر أوراقا بحثية عن طبيعة الضوء وماهيته، فقد وضع أسساً لعلم ميكانيكا الكم Quantum Mechanics ، بعد أن وضعها علماء من قبله مثل ماكس بلانك وشرودينغر وراتزل وآخرون، وبعد هذه المحطة الملفتة في تاريخ علم الفيزياء تقدمت العديد من المفاهيم وتعمقت دراسة الجسيمات الدون الذرية لنتوصل إلى اختراع أعظم آلة في الوجود ألا وهي مصادم الهدرونات الكبير C Reactor، ومن إثر هذا الاختراع المهول توصلنا إلى اكتشاف ماهية المادة وأساسها، ألا وهي الأوتار، حيث تتركز نظرية الأوتار الفائقة String Theory Super على عرش علوم الرياضيات والفيزياء الحديثة، وفي هذه الحلقة سنتحدث عن هذه النظرية وعن نشأة الكون والمفاهيم الفلسفية المتعلقة بوجود الخالق، وما أنا في صدد الحديث عنه هو نظرية الحقل الموحد Theory Of Every Thing، حيث سأتطرق إلى التحدث عن الهندسة الريمانية وبعض المعادلات التفاضلية عالية المستوى.

**إشكالية البحث:**

* **إلى أي مدى ستصل بنا نظرية الأوتار الفائقة؟**
* **ما هي المفاهيم والنظريات التي قدمتها لنا هذه النظرية؟**
* **بم أفادتنا هذه النظرية وماذا قدمت لنا حتى الآن؟**

تعتمد فكرة نظرية الأوتار الفائقة على توحيد القوى الأساسية في الكون، تلك القوى توجد على جسيمات تعرف بالبوزونات وعلى الجسيمات المولدة للكتلة التي تعرف بالفرميونات، وتتجلى هذه النظرية بمفهوم الأكوان المتوازية. وتتركز هذه النظرية على عدد من المقاييس المتنوعة ألا وهي {طول بلانك، حجم الخلايا الحيوية البدائية، النجوم} بالترتيب.

**بدايات النظرية العملاقة:**

موناد ليبنتز:

نشأ تفسير ليبنتز للجوهر بأنه فعال أساسا، من عدم اقتناعه بالجوهر الممتد الذي نادت به (الفلسفة الجديدة) فلم يتوافق مع الذرات والفراغ والمكان المطلق التي كانت متوفرة في ميكانيكا نيوتن Classical Mechanics ، حيث اعترض عليها اعتراضات علمية وميتافيزيقية في آن واحد، حيث اعترض أيضا على قوانين ديكارت الحركية التي كانت "ركيكة" على حد التعبير، وقال أن ذرات المادة مضادة للعقل (لأنها موجودة وأصغر ما فيها غير موجود أو مطلق)

ومع تطور الرياضيات منذ عهد إقليدس حتى الآن لوحظ مدى الاتساق بين الهندسة الإقليدية والهندسات اللاإقليدية، وكذلك الأمر في نظرية الأوتار حيث نرى فيها تناسقاً وتناسباً بين النظريات والفرضيات الخمس التي سنتعرف عليها لاحقاً، ومنشأ هذه النظريات الخمس واحد ويسمى باسم (M-Theory)حيث تقول هذه النظرية أن جميع نظريات الأوتار مع تعددها إلا أنها واحدة وتشمل الفيزياء عامة.

إلى أين مطاف علم الفيزياء الواسع؟ وكيف سيختتم؟ هذا السؤال هو الذي أسر قلوب العلماء والخبراء، والآن هم يحاولون أن يتوصلوا إلى ابتكار نظرية شاملة تشرح جميع ما توصل إليه العلم الفيزيائي، وهذه هي ما كانت هدف آينشتاين الذي لم يستطع تحقيقه بالرغم من أنه سعى إليه على فراش الموت، والآن هل نظرية الأوتار الفائقة هي تلك النظرية العملاقة أم ماذا؟ هذا السؤال سيبقى حاضراً في أذهاننا حتى نكتشف تلك النظرية، والآن سأسدل أهم فروع الفيزياء في الصورة التالية:

النسبية العامة

نظرية الحقل الكمومية

ميكانيكا الكم

النسبية الخاصة

جاذبية نيوتن

تحويلات غاليلو

الكهرومغناطيسية

الثرموديناميك

تقول هذه النظرية أن المادة أساساً مكونة من أوتار ذات اهتزازات وتواترات مختلفة توجد داخل الذرات، وتكون هذه الأوتار أحادية البعد (نقاط متباعدة).

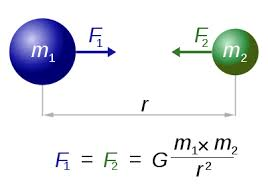
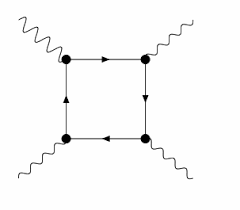
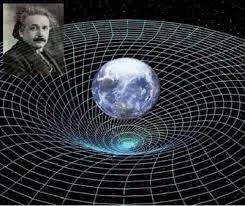
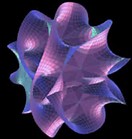
من أكثر ما يدعو إلى تقبل هذه النظرية هو عدم التناقض في ربط الثقالة والكمومية. كذلك تفسيرها القوى الرئيسية بالكون، والمفاهيم التي سأشرحها الآن هي: التناظر الفائق super symmetry، والثنائيات Duality، والثوابت المزدوجة Coupling Constants، وأبعاد الفضاء D-brane.

التناظر الفائق يعني أنه مقابل كل بوزون يوجد فرميون. حيث كانت بدايات هذه النظرية مع البوزونات فقط وكي تصبح متناظرة ومتناغمة يجب الربط بين الجسيمات الحاملة للقوى والجسيمات المولدة للكتلة.

والآن ما هي نظرية الحقل الكمومي Quantum Field Theory؟

نظرية الحقل الكمومي: هي النظرية التي تدرس القوى بين ذرتين من خلال دراستها عبر ذرات أخرى تماماً كما هي في الكهرومغناطيسية، وكذلك القوة بين الكترونين نتيجة الفوتونات.

الثقالة الكمومية هي أحد النظريات التي سعت لتوحيد ميكانيكا الكم مع النسبية العامة، قد نتساءل الآن لماذا الربط بين تلك النظريتين يعطينا نظرية كل شيء، إن النسبية العامة تختص بدراسة الجاذبية والأجسام الكبيرة كالنجوم وبعض الظواهر كالأقزام البيضاء والثقوب السوداء، أما ميكانيكا الكم Quantum Mechanics فتختص بدراسة الأجسام دون الذرية وخواصها وحركتها وانتقالاتها وشحنتها و...و...إلخ،



**نظريات الثقالة**

**التجاذب الكتلي، تقوس الزمكان، الثقالة الكمومية، الأوتار الفائقة**

مخطط نظرية الثقالة الكمومية:

**القوى الفائقة**

**التحليل الرياضي**

**نظرية الكم**

**القوى الضعيفة**

**الانفجار العظيم**

**الثقوب السوداء**

**الخلاء**

**نظرية الثقالة الكمومية**

**الهندسة الكمومية**

**نظرية النسبية**

**الهندسة الريمانية**

نظرية الثقالة الكمومية (Quantum Gravity): هي فرع من فروع الفيزياء النظرية الحديثة تسعى لتوحيد ميكانيكا الكم (الذي يصف القوى الأساسية الثلاث {الكهرومغناطيسية، النووية الضعيفة والشديدة}) مع النسبية العامة (نظرية القوة الرابعة {الجاذبية})

الهندسة الكمومية (Quantum Geometry): هي فرع من فروع الفيزياء الرياضية التي تقوم على مفاهيم هندسية لاإقليدية وتدرس الظواهر الفيزيائية ذات الطول القصير وتكون في مجال طول بلانك:

**الفصل الثاني: تاريخ ومنشأ القوى الأساسية:**

لحظة الانفجار العظيم:

قبل 13.72 مليار سنة كان الكون عبارة عن نقطة سحيقة الصغر تتجمع فيها المادة والكثير من الطاقة ومع وجود الظروف المواتية والضغط والحرارة والكثافة العالية، تمددت تلك النقطة الصغيرة نتيجة الحرارة (حسب مبدأ الديناميكا الحرارية) ومع وجود الضغط الهائل حدث الانفجار العظيم ونتج عن ذلك تولد قوة سميت القوة الفائقة Super Force، وبعد أقل من ثانية على مقياس الأرض نشأت GUT Force، ثم وجدت القوة اللونية Color Force، وبعد لحظات نتجت القوة الكهرو ضعيفة electroweak، وكذلك القوى الأربعة المعروفة {القوة النووية الشديدة والضعيفة، القوة الكهرومغناطيسية وأخيراً الجاذبية (الثقالة)}

بعض الملاحظات والتعاريف:

القوة اللونية color force: هي قوة بين الكواركات وهي منشأ القوة النووية الشديدة.

GUT Force: هي القوة هي منشأ القوة النووية الضعيفة، والكهرومغناطيسية.

**الثنائيات في نظرية الأوتار:**

وهي أهم مفهوم في هذه النظرية العملاقة؛ لأن هذه النظرية هي عبارة عن خمس فرضيات ترتبط مع بعضها من خلال الثنائيات، وتقوم الثنائيات بإعطاء تفسيرين لحالة أو لظاهرة واحدة. أهمها:

* ثنائية تي T-Duality
* ثنائية إس S-Duality
* ثنائية يو U-Duality

سنتحدث عن كل واحدة على حدا:

T-Duality:

نفرض أن x9 البعد التاسع أس تسعة، أي زمكان ذو عشرة أبعاد مضغوطة في دائرة نصف قطرها R فيكون لدينا:

فيكون زخم ذرة متحركة حول هذه الدائرة عبارة عن كمات من وتكون كتلة الذرة تساوي:

فيكون الوتر يلتف حول هذه الدائرة يساوي زخم كتلة الوتر كما هو الحال للذرة، عدد لفات الوتر حول هذه الدائرة هو wوهو عدد صحيح، شدة سحب الوتر هي طاقة في وحدة طول الوتر وتساوي:

الطاقة تساوي:

حيث α'=Ls

ويكون مربع كتلة أي وتر مغلق:

حيث ذبذبات الوتر المغلق في الحركة اليمنى واليسرى.

وقد يطرح تساؤل لماذا ندرس الوتر المغلق عن غيره؟ إن الوتر المغلق سهل الدراسة ونستطيع صياغة الكثير من المعادلات التي تعبر عن حركته، ناهيك عن أن حركته مقيدة في الأبعاد الثلاثة وبشكل منتظم أما الوتر المفتوح فتكون حركته غير منتظمة.

يمكننا أن نحول انضغاط نصف القطر R إلى إذا حولنا صيغة الالتفاف إلى صيغة الزخم الكمي، وهذا يعتمد على ثنائية تي.

لدينا الحالة التالية: إذا كان نصف القطر المضغوط R أصغر بكثير من طول الوتر، يصبح لدينا طول نصف القطر المضغوط أكبر بكثير من طول الوتر بعد التحويل. ثنائية تي تزيل الاختلاف بين المقاييس المضغوطة.

**S-Duality:**

هنا سنعتمد على الثابت المزدوج الذي يبين شدة التفاعلات. فإن ثابت نيوتن (الجذب العام) يظهر في قانون التجاذب الكتلي لنيوتن وفي معادلات آينشتاين. وفي الكهرومغناطيسية الثابت المزدوج للشحنة الكهربائية يظهر من خلال ثابت التركيب الدقيق. .

أما في نظرية الأوتار فيتم حساب نطاق الانتشار على شكل متتاليات أسية كما في الآتي: .

وعندما ترتبط نظريتان بثنائية إس، يعني أن إحدى النظريتين بثابت مزدوج قوي الأخرى بثابت مزدوج ضعيف.

نأخذ مثالا:

الثابت المزدوج للديلاتون Dilaton لحقل هو عبارة عن: لحقل مثل هو مجموع قيم حقيقية وخيالية. لندرس حالة: إذا كان تأثر الحقل الحقيقي لا شيء، تكون التحويلات:

في حالة b=1,c=-1 يكون a=d=0

هذا يؤدي:

ما يعني أن النظرية مع الثابت المزدوج هي نفسها مع مقلوبه، وهذا هو S-Duality

U-Duality:

هي عبارة عن دمج الثنائيتين السابقتين. فلثنائية تي المقاييس المعينة ولثنائية إس للثوابت، إن آلية التعامل مع الثنائيات في نظرية الأوتار الفائقة أشبه بتعامل الرياضي مع الطبولوجيا Topology، حيث أن نظرية الأوتار الفائقة هي عبارة عن نظرة طوبولوجية وتحليلية بحتة لمجرى الفيزياء وتاريخها ومسارها ومفاهيمها.

**أنواع نظريات الأوتار:**

كما تعرفنا سابقاً أن نظرية الأوتار الفائقة تتكون من العديد من النظريات الفرعية التي تصف القوى الرئيسية الأربعة لنتعرف على كل واحدة:

في النموذج المعياري (Standard Model) للفيزياء: الذرة هي عبارة عن نقطة تتحرك في الفضاء الرحب على مسارٍ محدّدٍ يعرف بالخط العالمي (Global line)، حيث يمكننا محاسبة ودراسة مكان وسرعة وغزل Spin الذرة، ويندرج تحت الحقل الكمومي، وقد استطاع هذا النموذج أن يفسر ويشرح القوى الأساسية (النووية الشديدة والضعيفة والكهرومغناطيسية) لكنها عجزت أمام القوة الرابعة (الجاذبية) حيث أن نتائج هذا النموذج بتطبيقه على الذرة الحاملة للثقالة أي الغرافيتون لانهائي وهو غير مقبول، ننتقل الآن إلى نظرية الأوتار البوزونية والتي تعتبر أولى نظريات الأوتار لكن عيبها أنها تدرس البوزونات حاملات القوى ذات اللف الذاتي الصحيح، وهذا استدعى لتوحيد نظرية الأوتار الفائقة تحت شمولية البوزونات والفرميونات ليتولد لدينا ثلاث نظريات اثنان منها تختصان بالوتر المغلق والأخيرة تختص بالوتر المفتوح، وأدى دمج نظرية الأوتار البوزونية مع نظرية الأوتار الفائقة إلى نشوء ما يعرف بنظرية الأوتار الهيتروتيكية (heterotic string theory)، ونظرية إم، هي التي جمعت بين النظريات الخمسة وأضافت بعداً آخراً لتصبح هذه النظرية بأحد عشر بعداً، البعد الحادي عشر هو عبارة عن غشاء (membrane) معارض للوتر. وتكون الأغشية مشابهة للوتر عندما نلف البعد الحادي عشر في دائرة مضغوطة صغيرة.

والآن سنتحدث بشكل مختصر عن نظريات الأوتار وعدد أبعادها وخصائصها وجزيئاتها.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **نظريات الأوتار الفائقة** | | | | |
| **الخصائص** | | عدد الأبعاد | النوع | |
| تكون فقط للبوزونات بلا فرميونات (قوى بلا مادة) وتكون للأوتار المفتوحة والمغلقة، مع افتراض وجود ذرة تسمى التاكيون سرعتها أكبر من سرعة الضوء وهي عديمة الكتلة. | | 26 | البوزونية | |
| تناظر فائق بين القوى والمادة مع أوتار مفتوحة ومغلقة، بلا تاكيون وهي من مجموعة التناظر SO(32) | | 10 | **I** | |
| يوجد تناظر فائق بين القوى والمادة مع أوتار مغلقة ومفتوحة حدية D-brane، بلا تاكيون ولا تماثل مرآوي (chiral) | | 10 | **IIA** | |
| يوجد تناظر فائق بين القوى والمادة مع أوتار مغلقة ومفتوحة حدية D-brane، بلا تاكيون ولكن مع تماثل مرآوي. | | 10 | **IIB** | |
| يوجد تناظر فائق بين القوى والمادة مع أوتار مغلقة ومفتوحة حدية D-brane، بلا تاكيون، وهي هيتروتيكية (يوجد اختلاف في حركة الوتر من اليمين إلى اليسار وهي من مجموعة التناظر SO(32) | | 10 | **HO** | |
| تناظر فائق بين القوى والمادة فقط من نوع الأوتار المغلقة، هيتروتيكية، من مجموعة التناظر E8xE8 | 10 | | | **HE** |

الأبعاد و D-Brane في نظرية الأوتار الفائقة:

إن النظرية البوزونية في نظريات الأوتار تحتاج إلى 26 بعد لتحاكي تناظر لورنتس الفيزيائي والهندسي، حيث أن وجود ذرات أسرع من الضوء هو قلب كامل للمفاهيم الفيزيائية الحديثة، ولكن النظرية البوزونية من النظريات القوية والمقنعة في تفسير الظواهر الفوتونية والغرافيتونية ولكنها عاجزة عن تفسير الظواهر الالكترونية.

كمتوسط في معظم نظريات الأوتار نرى أن معظم النظريات تحتوي على 9 أبعاد مكانية وبعد زماني واحد، ولكن في نظرية إم يكون عدد الأبعاد 11 بعداً. تقول نظرية الأوتار على أن الأبعاد الستة الإضافية مضغوطة ومتقاربة.

من أهم الأشياء في نظرية الأوتار D-Brane، حيث يتحرك أو ينزلق رأسي أو أحد رؤوس الوتر المفتوح عليه، ولتعيين عدد أبعاد الفضاء نكتب Dp-Brane، حيث يعبر العدد p عن عدد الأبعاد المكانية، لنرَ بعض الأمثلة:

* D0-Brane نقطة أو جسيم.
* D1-Brane الخط أو الوتر.
* D2-Brane الغشاء أو المستوي.
* D3-Brane الحجم (ثلاثي الأبعاد).

للأوتار نوعان: مفتوحة: يكون لها نقطتان انتهائيتان وتكون متكافئة مع الخط طبولوجياً (لها مظهر الخط). وأخرى مغلقة نقاطها الإنتهائية متصلة ببعضها وهي متكافئة مع الدائرة طبولوجياً، ومعظم نظريات الأوتار تملك أوتاراً مفتوحة لكن جميعها لديه أوتاراً مغلقة، ويكون طول الوتر مساوياً لطول الثقالة الكمومية (بلانك).

**ملخص لنظرية الأوتار بشكل عام (ملخص لما سبق):**

S-Duality

**T-Duality**

**T-Duality**

I

IIA

IIB

SO(32)

E8XE8

**نظرية إم**

**T-Duality**

**فضاء هيلبرت:**

**كما هو شائع في علم الرياضيات** أن هناك فضاءات عديدة أشهرها الفضاء الإقليدي والريماني والتقليدي الثلاثي الأبعاد، لكن في نظرية الأوتار الفائقة ذلك يتعدى الـ 3D ويتعدى كذلك مفهوم الزمكان ذو الـ 4D حيث تتواجد لدينا العديد من الفضاءات ذات الـ 10-11-9 أبعاد، والفضاء القادر على تفسير الظواهر المختلفة هو فضاء هيلبرت.

فضاء هيلبرت هو عبارة عن فضاء متجهي H مع جداء داخلي <f,g>.

حيث أنه لامتناهي الأبعاد ومجموعة كل الدوال f,g بحيث يكون الجداء الداخلي عبارة عن:

وهو مفيد لدراسة حركة الذبذبات التوافقية في الحركات الاهتزازية للأوتار.

وهذا الفضاء هو عبارة عن توسيع طريقة الجبر المتجهي من بعدين أو ثلاثة إلى فضاء لامتناهي الأبعاد.

ما هو الفرق بين النقطة والوتر؟

النقطة هي شيء بعده صفر في فضاء وأحادي البعد بالمطلق، بينما الوتر شيء بعده واحد في فضاء.

**مبدأ العمل في نظرية الأوتار الفائقة:**

عادة تبدأ قوانين الفيزياء النظرية بمبدأ العمل، وفي الميكانيكا الكلاسيكية نستنتج معادلة حركة الذرة من هذا المبدأ والعمل في هذه الحالة يكون:

حيث L (لاغرانج) هو دالة من مكان pوسرعة الذرة ويكون لاغرانج هو الطاقة والزخم وفقاً لقانون الطاقة في النسبية:

……1

وباستخدام هذه الرابطة نستطيع استنتاج رابطة العمل في نظرية الأوتار.

**عمل نامبو-غوتو (Nambu-Goto Action):**

الشكل العام للصفحة العالمية التي تسير وفقها النقاط أو الذرات

مساحة الصفحة العالمية

في هذه العلاقة تكون T0 شدة سحب الوتر.

كما رأينا سابقاً أن الرياضيات المستخدمة في نظرية الأوتار الفائقة معقدة ولتسهيل العمليات الحسابية نستعيض عن المقادير الفيزيائية ذات القيم المعقدة بثوابت عددية صحيحة وعلى الأغلب أن العلماء يستخدمون قيمة الواحد فمثلاً: c=1,G=1.

العلاقة النهائية للعمل في نظرية الأوتار البوزونية هي:

تبدأ نظريتنا بمبدأ العمل الذي تكلمنا عنه سابقاً.

سندرس أهم صيغة لهذا المبدأ هي Ployakov Action:

ونحتاج أيضاً إلى بعض المفاهيم في النسبية العامة وكذلك نحتاج لمعامل لورنتز لنراعي تغير الكتلة؛ للوصول لرابطة العمل في نظرية الأوتار.

وتكون مترية مينوكوفسكي في فضاء خالي وفقاً للنسبية العامة:

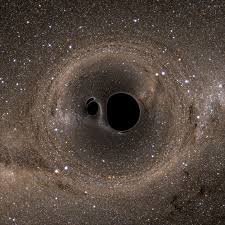
لنأخذ صيغة مفصلة لعمل بلايكوف هي:

حيث مترية المانيوفولد، مترية الصفحة العالمية، h محدِّدة .

بعض المفاهيم الهامة في الفيزياء الحديثة:

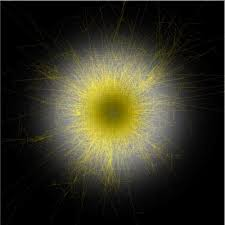
كيف تتكون الثقوب السوداء؟

إن النجوم هي عبارة عن كرات مؤلفة من غازات حارة أهمها الهيدروجين، ويتمثل مصدر حرارتها في الانصهار النووي، حيث تعتبر النجوم مصدر العناصر الكيميائية الأخرى التي أنتجتها أدخنة وسديم الانفجار العظيم، حيث تنصهر العناصر الخفيفة كالهيدروجين والهيليوم وتتعرض لضغط هائل في نواة النجم وخاصة القزم الأبيض وهذا يؤدي إلى تماسك المزيد من البروتونات في الذرة وهذا يستدعي جاذبية الذرة وجذب النيوترونات الحرة ذات الحرارة العالية وبالتالي جذب الالكترونات، وعندما تتحول العناصر الخفيفة إلى ثقيلة كالكربون ذلك يستدعي حرارة مرتفعة أكثر ولكن النجم يكون قد وصل إلى نهاية عمره، وهذا يستدعي وجود الجاذبية الهائلة والمتزايدة نتيجة تزايد الكتلة، ولا يلبث هذا النجم أن ينضغط ويتقلص حجمه، وهنا نميز نوعين من النجوم: نجم قزمي أبيض وهو ذلك النجم الذي تعرض لتلك الظروف في منتصف عمره، ونجم أسود ذو كتلة كبيرة جداً وجاذبية هائلة، ويستمر الضغط حتى يؤدي إلى تماس النيوترونات مع بعضها البعض، مما يؤدي إلى ازدياد الكثافة وتزايد الكتلة وهكذا، وبسبب تلك العمليات يحدث انفجار عظيم جداً يسمى سوبرنوفا supernova، أو المستعرّ الأعظم، ويؤدي ذلك إلى اختلال النسيج الزمكاني ويكون ذلك هو التفسير المنطقي والنتائج المحتملة الناتجة عن عمل بلايكوف.

تؤدي تلك الجاذبية الهائلة دورها في تخريب النسيج الزمكاني وخلق فوهة في داخله تسمى الثقب الأسود التي تقوم بجذب الضوء حتى. 

**الجسيمات الحاملة للقوى:**

**إن سلوك الجسيمات دون الذرية محكوم بميكانيك الكم، و**أساس هذه النظرية هي قول بلانك أن الضوء يخرج من منبعه رزماً منفصلة دعاها كموماً، وأصبحت اليوم تعرف باسم الفوتونات، حيث توصل إلى كلام مفاده أن الاضطرابات الكهرطيسية تنتشر بشكل فوتونات على شكل نقطة بـ D1، حيث أن الفوتون ليس كوارك ولا لبتون، فهو أساس لمملكة ذات صنف ثالث وجديد من الجسيمات.

إن الهدرونات سواء أكانت من نوع فرميونات أو بوزونات، تتألف من كواركات، والكواركات تتألف من فرميونات، واللبتونات كذلك، لكن الفوتون يختلف عن كليهما في أنه بوزون أساسي، فالغزل (اللف الذاتي) له يساوي الواحد. وكتلته السكونية معدومة، وسرعته سرعة الضوء.

**التناظر والتناظر الفائق:**

إن دراستنا لموضوع التناظر تستدعي رياضيات متقدمة وعالية المستوى، لذلك علينا التأمل بالأشكال الهندسية البسيطة كالمربع والمثلث والدائرة، لأن لهم خصائص تناظرية مدهشة وملفتة للنظر، فبإمكاننا أن نتعمق بالعديد من الأشكال الهندسية والطبولوجية، وأن نستكشف صيغاً رياضية جديدة توضح لنا طبيعة الضديدات والفاني والعدم والخلاء.

**توحيد القوى:**

عندما اكتشف فاراداي ظاهرة التحريض المغناطيسي، وضح العلاقة بين قوتين رئيسيتين في الطبيعة (الكهربائية والمغناطيسية، ومع ذلك لازالت تلك العلاقة غير مصوغة بشكل فيزيائي أو رياضي بحت، حيث جاء ماكسويل فيما بعد وأعطى معادلة توحد بينهما، وتكهن فاراداي بوجود صلة وثيقة بين الكهرباء والثقالة، حيث اخترع جهازاً ليفسر ما إذا كانت تلك التجربة صحيحة أو خاطئة، لكن نتائج تلك التجربة كانت سلبية ولكن ذلك لم ينل من عزيمة عالمنا المبدع، وبالرغم من أن ذلك العالم قد توفي قبل أن يتوصل إلى تكملة إبداعاته إلا أنه قد نبه العلماء إلى وجود علاقة بين القوى المختلفة، أما المحاولة الثانية فقد كانت في عام 1921 عندما نشر آينشتاين نظرية النسبية العامة، وكانت إحدى السمات المهمة في تلك النظرية هي ضم الزمان والمكان في مفهوم واحد ذو أربعة أبعاد ألا وهو الزمكان، كانت تلك النظرية مدهشة على الصعيد العلمي والعالمي، حيث ألهمت الرياضي Kaluza، أن يكتب معادلات آينشتاين في خمسة أبعاد بدلاً من أربعة، وكانت النتيجة مثمرة على نحو غير متوقع، حيث أن إسقاط معادلات آينشتاين على خمسة أبعاد، أعطى معادلات اكتشف فيما بعد أنها معادلات ماكسويل طبق الأصل، وهذا جذب اهتمام العلماء إلى تلك القضية خاصة بعد وجود بعد خامس وجديد، ولكن نقطة الضعف كانت أننا لا نشعر إلا بأربعة أبعاد فعلية، وبزغت فيما بعد المعضلة التالية: ماذا حدث للبعد الخامس؟ حيث أجاب الفيزيائي السويدي Klein على هذه المسألة جواباً رائعاً وبسيطاً، فقال إننا لا نشعر بالبعد الخامس لأنه متقوقع وملتف على نفسه في حيز صغير جداً، وبعد اكتشاف آينشتاين النسبية الخاصة، ساعد ذلك العلماء على التنبه إلى القوة الخفية المحتضنة في أنوية الذرات، وقد ثبت ذلك عملياً في أحداث هيروشيما وناغازاكي، وأطلق على تلك القوى اسم القوة النووية الشديدة والقوة النووية الضعيفة، حيث استمرت جوقة الأبحاث في عالم الفيزياء، حتى وصلنا إلى نظرية الأوتار الفائقة وحاول الكثير من العلماء صياغة معادلة الحقل الموحد، و

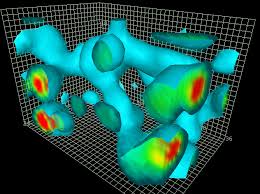
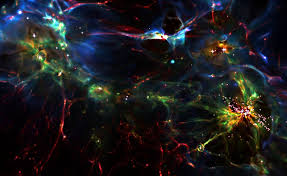
**أهم العلماء المساهمين في نظرية الأوتار:**

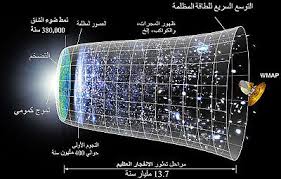
**إدوارد ويتن E.Witten:** هو أستاذ في معهد برنستون للدراسات المتقدمة، أسهم إسهامات هامة عديدة في الفيزياء النظرية الجسيمية ونظرية الحقل الكمومية وخصوصاً في الكروموديناميك الكمومي ونظريات الأبعاد الإضافية.

**ستيفن واينبرغ Stephen Weinberg:** أستاذ في قسم الفيزياء بجامعة تكساس، تناولت أعماله فيزياء الجسيمات ونظرية الحقل الكمومية والثقالة وعلم الكون، وله إسهامات مهمة في كلٍّ منها. نال جائزة نوبل على عمله في توحيد القوة الضعيفة مع القوة الكهرطيسية.

**ديفيد غروس D.Gross:** أستاذ الفيزياء في جامعة برنستون. وهو من النظريين القادة في الجسيمات العنصرية وله إسهامات في الكروموديناميك الكمومي. وهو كواحد من المعروفين باسم رباعي برنستون الوتري، أحد رواد ما يسمى بالنموذج الوتري المتغاير.

بعض الصور والرسومات:





**خاتمة:**

كما رأينا سابقاً أن نظرية الأوتار الفائقة هي أساس الفيزياء التي هي مؤسسة المادة والطاقة، فهما يتكونان من أوتار وهي خيوط صغيرة طاقية.

وتتجلى عظمة وصعوبة النسبية العامة في رياضياتها المعقدة والمتطورة، هذه الرياضيات المعقدة جعلت هذه النظرية مميزة، إن مطالعة النسبية العامة بعيداً عن رياضياتها يحولها إلى قضية فلسفية وخيالية.

ربما الرياضيات هي كل العلوم وهي أساس وصولنا إلى نظرية كل شيء لكنها ستبقى عقبة أمام علمائنا، وإن فوائد نظرية الأوتار الفائقة تتمثل في أنها الدرب لإيصالنا إلى نظرية الحقل الموحد Theory Of Everything، فبتنا الآن نعرف الكثير عن أساس المادة وماهية الطاقة وربما ذلك سيوصلنا إلى سر نشأة الكون وسبب وجود الجاذبية والظواهر الفيزيائية الكلاسيكية والتقليدية، وسنتمكن من أن نواصل إبداعاتنا وإنجازاتنا التكنولوجية، راجياً من الله أن يتوج إبداعاتنا العلمية بالرضا والأمن والأمان......

"وقل ربي زدني علماً"

المصادر والمراجع:

* كتاب ميكانيكا الكم الجزء الثاني د. المغربي
* الثقوب السوداء د. باسكال بوردي، دار ثمرات من دوحة المعرفة.
* String Theory Dr. David Tong, University of Cambridge.
* Introduction to String Theory, Dr. Gerard Hooft, Utrecht University
* Introduction to String Theory, Dr. Timo Weigand, Heidelberg University
* [www.superstringtheory.com\index.html](http://www.superstringtheory.com\index.html)
* [www.theory.caltech.edu\people\jhs\strings\index.html](http://www.theory.caltech.edu\people\jhs\strings\index.html)
* Introduction to String Field Theort, Dr. Warren Siegel

المحتويات

**مقدمة عامة وإشكالية البحث.............................................................................1**

**بدايات النظرية العملاقة...................................................................................2**

**نظرية الحقل الكمومي.....................................................................................3**

**تاريخ ومنشأ القوى الأساسية............................................................................5**

**الثنائيات في نظرية الأوتار...............................................................................5**

**أنواع نظريات الأوتار....................................................................................8**

**الأبعاد و Dbrane في نظرية الأوتار.................................................................10**

**ملخص عام..............................................................................................11**

**مبدأ العمل وفضاء هيلبرت ومعادلات الأوتار والحركة..............................................12**

**بعض المفاهيم الهامة في الفيزياء الحديثة...........................................................15**

**أهم العلماء المساهمين في نظرية الأوتار وبعض الصور...........................................17**

**الخاتمة والنتائج.........................................................................................19**

**المصادروالفهرس.....................................................................................19**

* ***تَمَّتْ-***