الرياضيات و الفيزياء المعاصرة: انسجام العقل و المادة

Mathematics and contemporary physics: harmony of mind and matter

تاريخ الاستلام : 2019/09/28 ؛ تاريخ القبول : 2019/12/19

* محمد تونسي

كلية العلوم الاجتماعية
جامعة عمار ثليجي الأغواط
الجزائر

ملخص

إن التطور المتسارع للفيزياء المعاصرة يرجع إلى ارتباطها بالرياضيات ،فقد ظهرت في الفيزياء المعاصرة عدة مفاهيم أصلها رياضي، و العجيب أن المفاهيم الرياضية المجردة تنطبق على الواقع الفيزيائي العميق و كأنها أعدت لأجله ،هناك نوع من التطابق و الانسجام بين العقل و المادة ،بواسطة المنهج الاكسيوماتيكي يتوصل الفيزيائيون إلى تنبؤات تشير إلى كيانات في عمق العالم المادي ،و بعدها تثبت التجارب هذه الكيانات ، الرياضيات بهذه الصورة سبقت حواسنا و وسائلنا التجريبية إلى كشف ما تخبؤه الطبيعة من أسرار.

الكلمات المفتاحية: الفيزياء ،الرياضيات ،الاحتمالات،التناظر، النسبية، الكوانتم.

Abstract

The rapid development of contemporary physics is due to its relation to mathematics. In contemporary physics there have been many concepts of mathematical origin. what is bizarre is that abstract mathematical concepts agree to the deep physical reality. As if they were created for it, there is a kind of congruence between the mind and matter, by the axiomatic approach Physicists reach the predictions of entities in the depth of material world. And then experiments prove these entities. Mathematics in this way preceded our senses and our experimental means to reveal the secrets of nature.

Keywords: Physics, mathematics, probability, symmetry, relativity, Quantum.

Résumé

Le développement rapide de la physique contemporaine est dû à sa relation avec les mathématiques, Plusieurs concepts de la physique contemporaine ont une origine mathématique, Il est surprenant que des concepts mathématiques abstraits s'appliquent à la réalité physique profonde comme s'ils y étaient préparés, Il y a une sorte de congruence et d'harmonie entre l'esprit et la matière. Par l'approche axiomatique, les physiciens atteignent des prédictions se référant à des entités profondes du monde matériel, Et puis les expériences prouvent ces entités, les mathématiques ont ainsi précédé nos sens et nos moyens expérimentaux de révéler les secrets de la nature.

Mots clés: Physique, mathématiques, probabilité, symétrie, relativité, Quantum.

* Corresponding author, e-mail: Tounsimod@gmail.com

© جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1، الجزائر 2019.

I - مقدمة

لقد ظهرت في النظريات الفيزيائية المعاصرة عدة مفاهيم جديدة و غريبة عما ألفناه في الفيزياء الكلاسيكية ، و يرى الفيزيائيون أن هذه المفاهيم تعبر عن وجود فعلي في العالم المادي، إنهم لا يستقون هذه المفاهيم من الواقع و لا يتخيلونها بمحض إبداعاتهم، و إنما يتوصلون إليها عن طريق الرياضيات،أي من عالم المجرد ، يبدو أن هناك سر في هذا التطابق العجيب بين ما هو عقلي و ما هو مادي ،لقد ابتكر رياضيون صيغا و دوالا و فضاءات دون معرفة دورها الكبير في بلورة نظريات فيزيائية ،و بعد عقود أو حتى قرون كانت هذه الصيغ الرياضية بمثابة قطعة الأحجية المفقودة بالنسبة للنظريات الفيزيائية ، بل إن بعض الصيغ الرياضية ساعدت الفيزيائيين على إماطة اللثام عن أسرار فيزيائية في عمق العالم الميكروسكوبي ،إن الفيزياء النظرية في مسيرة كشفها عن أسرار العالم الميكروسكوبي و توحيدها لقوانين الفيزياء تطلبت رياضيات متقدمة و جهودا مضنية ،و هذا يوضح أن الرياضيات هي بمثابة آلية إبداع و اكتشاف في الفيزياء المعاصرة ،و هذا ما يدفعنا للتساؤل :**كيف تمثل الرياضيات قوة اكتشاف و إبداع في الفيزياء المعاصرة؟،و كيف أظهرت ذلك التطابق العجيب بين عالم المجرد و عالم المادة ؟**

II- الفيزياء و الأكسيوماتيك:

لسنا بصدد مناقشة الرياضيات بوصفها اللغة التي تمنح الدقة للعلوم ، وإنما النظر إلى الرياضيات بوصفها الجانب الإبداعي في الفيزياء المعاصرة،سنقدم في هذه الأسطر نماذج نبين من خلالها العلاقة الوطيدة بين عالم الرياضيات المجرد و عالم المادة العميق ،لقد أدرك فيلسوف العلم الفرنسي غاستون باشلار هذه العلاقة و رأى أن أهمية الرياضيات في تشييد صرح الفيزياء ،و أنها أكثر من أداة للعلم حيث يقول : **"**...إن الباحثين لا يقدرون دور الرياضيات في الفكر العلمي حق قدره، فقد كرروا بلا كلل أن الرياضيات لغة، وسيلة تعبير بسيطة...و قد كان من الممكن أن تتمتع مثل هذه التجزئة بمعنى في غابر الفكر العلمي و أصله، عندما كانت الصور الحدسية الأولى قوة إيمان تعين على تشكيل النظرية، ولكن الفكر العلمي يغدو بنوع ما أكثر انسجاما في المذاهب الجديدة التي تبتعد عن الصور الساذجة، فقد صار بعد اليوم كله حاضرا في جهد الرياضي، و بتعبير أفضل غدا الجهد الرياضي هو الذي يؤلف محور الاكتشاف، و هو وحده يتيح لنا أن نفكر في الظاهرة. **"** (1)

لقد استفادت الفيزياء المعاصرة من الرياضيات باستعمالها ما يعرف بالمنهج الأكسيوماتيكي ، فهو يوفر قدرة إبداعية لا تمدنا بها تصوراتنا العقلية و لا الملكات الحسية، لقد رأى اينشتاين أن المنهج الأكسيوماتيكي يخلق لنا بحرية آمالا لاكتشاف سبل جديدة، وهذه السبل لا توجد في تصوراتنا و لا تدلنا عليها التجربة، إن تطور الفيزياء و العلم عموما حسب روبيرت بلانشي هو عندما يبلغ المرحلة الأكسيوماتيكية، إن الفيزياء التي كانت وصفية عند اليونان و استقرائية (كمية) ابتداء من القرن السابع عشر ثم استنتاجيه في القرن التاسع عشر، قد بلغت مرحلة من التطور لأن الكثير من قضاياها تصاغ بطرق أكسيوماتيكية، لقد رأى بلانشي أنه **"** ليس هناك منهج أكثر فاعلية مثل المنهج الأكسيومي**"**.(2)

إن الجديد في المنهج الأكسيوماتيكي في الفيزياء المعاصرة أنه يتعامل مع رموز تعبر عن قوانين و قيم و جسيمات و مفاهيم فيزيائية، فهو ينطلق من رموز، و

العلاقات الرياضية المقامة بين هذه الرموز هي وحدها التي تكون ذات أهمية في عملية الاستنباط دون النظر لمعنى رمز من الرموز، ثم نصل إلى نتائج أكثر تجريدا، و ربما تكون غريبة و مستهجنة، و هذا يوضح خصوبة المنهج الأكسيوماتيكي و قيمة الاقتصاد في الفكر التي يوفرها، إن البحث الفيزيائي المعاصر مكتظ بالمصطلحات و الرموز الجديدة ، والمنهج الأكسيوماتيكي هو الذي يحكم هذه الرموز حيث يوفر الدقة و الفاعلية و التحسين المستمر لاستعمال هذه الرموز، حيث تستنبط نتائج تتفق في غالب الأحيان مع الواقع، و لعل هذا هو الأمر المدهش في الرياضيات،" إن الرياضيات من المنظور الأكسيومي هي عبارة عن خزان من الصور المجردة أو البنيات الرياضية ، والذي يحدث دون أن نعرف لماذا، هو أن بعض مظاهر الواقع التجريبي تتقولب في هذه الصور و كأنها قد أعدت من قبل لهذا الغرض." [3]، إن البنيات الرياضية لها جاهزية مذهلة في استيعاب مشكلات الفيزياء،و من أمثلة هذه البنى: الهندسة الريمانية، نظرية الزمر، الفضاءات الهندسية ، حساب المصفوفات... و غيرها من البنيات، حيث نحصل من خلالها على فهم جديد لمشكلات الفيزياء، إن " البنى الرياضية هي عامل و مصدر مهم للأفكار الجديدة "[4].

III- هندسة ريمان و نظرية النسبية:

لقد استفادت نظرية النسبية من الهندسة الريمانية في وصفها لبنية الزمكان، و لو افترضنا أنه لم توجد في زمن اينشتاين هندسة ريمان، عندها ستضطر الفيزياء إلى الانتظار حتى يتمكن الرياضيون من ابتكار هندسة جديدة تصف الحركات الملتوية و الانحناءات التي تحدث في الأبعاد الأربعة للزمكان، ستغدو النسبية غير مفهومة دون هذه الهندسة، لقد " جلب اينشتاين أجزاء كاملة من نظريته من الرياضيات مباشرة "[5].

هناك تحول مهم أدخلته هندسة ريمان على مفهوم المكان ،و هو القول بالخصائص المتغيرة للمكان،حيث لا وجود لصفة المكان الساكن مثلما هو الحال عند إقليدس،حيث أن من خصائص فضاء ريمان أن يكون الانحناء متغيرا ، لقد رأى اينشتاين أن الفضاء ظل بالنسبة للعلماء " شيء متماثل و جاسيء لا يستطيع التغير أو اتخاذ حالات متنوعة، لقد كانت عبقرية ريمان وحيدا و دون أن يفهمه احد هي التي مضت قدما قرب أواسط القرن الماضي (يقصد القرن التاسع عشر) إلى تصور جديد للفضاء جرد فيه الفضاء من جسائته مع التسليم بإمكان اشتراكه في الحوادث الفيزيائية "[6] .

لقد كان اينشتاين بحاجة إلى هندسة فضاء مناسبة لبناء نظرية النسبية العامة ، و قد وجد أن هندسة ريمان هي ما يحتاج إليه ،كونها الإطار الرياضي الذي يصلح لوصف الحركات الغير مستقيمة ضمن المسارات التي تنتج عن الفضاء المنحني ،لقد كانت هندسة ريمان بمثابة القطعة المفقودة لنظرية النسبية، فقد وفرت صيغة رياضية تمكنت من خلالها نظرية النسبية العامة من تقديم تصور فيزيائي لبنية الفضاء،و أوضحت أن هندسة الفضاء تتوقف على ما يحويه ،حيث أنه في غياب المادة و الطاقة يكون المكان اقليديا ،لكن وجود كتلة أو حركة متسارعة يعمل على انحناء الفضاء و بالتالي لا يبقى اقليديا ،لقد تصور اينشتاين الجاذبية على أنها نتاج لانحناء هندسة الفضاء بفعل الكتل الكبيرة، و هذا الانحناء يؤثر بدوره على الكتل الأخف ، فالفضاء في نظرية النسبية لم يعد ذلك المسرح الجامد المهيأ لتجري الحوادث عليه ،بل يتأثر و يؤثر في الأحداث .

لقد علق باشلار على التحول الثوري الذي حدث في الهندسة قائلا : " و لكن هذه البنية الهندسية(يقصد الهندسة الاقليدية) التي حسبوا أنها تميز الذكاء الإنساني إلى الأبد ،هل هي نهائية حقا ؟إن هذا ما نستطيع أن ننكره بعد اليوم لأن الفيزياء المعاصرة هي فعلا في سبيل بناء ذاتها بالاستناد إلى اطر فكرية لااقليدية "[7].

كذلك رأى برتراند راسل أن نظرية النسبية أثبتت أن الهندسة ليست تنظيرا محضا بعيدا عن الواقع ،فالهندسة باعتبارها أفكارا مجردة عن المكان ،وجدت لها وجها تطبيقيا في النظرية الفيزيائية،يقول راسل " فالهندسة كانت عند الإغريق ،كما ضلت عند المحدثين قبل المائة السنة الأخيرة ،دراسة أولية ،شأنها كشأن المنطق الصوري ،و لم تكن علما تجريبيا يعتمد على الملاحظة .و قد أوضح لوباتشفسكي في عام 1829 أن هذا وضع خاطئ.و أبان أن صحة هندسة إقليدس إنما يمكن إثباتها بالملاحظة لا بالمنطق ،و مع أن هذا الرأي قد وجد فروعا جديدة من الرياضة البحتة ،فانه لم يؤت ثمرة في الطبيعة حتى كان عام 1915 حين تضمنته نظرية اينشتاين العامة في النسبية "[8] .

IV - الاحتمال ونظرية الكوانتم :

لقد اعتبر باشلار أن الاحتمال يعتبر من الدروس المهمة التي يجب أن يستفاد منها في الفيزياء المعاصرة التي انتقلت إلى دراسة الجسيمات الدقيقة ،حيث أن احتمال الخطأ يشكل جزءا من المعرفة الميكروسكوبية، وفي هذا الشأن يقول باشلار :"إذا كان الخطأ قد نفذ إلى المعرفة في ميدان معين إلى الحد الذي أصبح عنصرا أساسيا منها ،فإن الإمكان ينبغي أن يؤخذ في هذا المستوى على انه عنصر ايجابي ".

في نظرية الكوانتم حاول بعض الفيزيائيين من جماعة كوبنهاغن تفسير طبيعة الموجة التي تصحب الفوتون أو الجسيم الذري،لقد فسر الفيزيائي الألماني ماكس بورن معادلة شرودنجر ، و أوضح أن شدة الدالة لأي جسيم عند نقطة معينة ما هي إلا مؤشر لاحتمال تواجده عند هذه النقطة أكثر من أخرى،لقد فسر بورن طبيعة الموجات كونها موجات احتمال و ليس موجات واقعية ،كذلك اعتبر نيلز بور أن الطبيعة الموجية عائدة إلى موجة احتمال، فهي ليست موجة بالمعنى الطبيعي وإنما موجة ككيان رياضي، و معنى موجة الاحتمال حسب بور هو أن الأجسام الذرية تتأرجح بين حالة الحدوث وبين عدمه، و كلما كان مقدار موجة الاحتمال كبيرا كان احتمال وجود الإلكترون فيها اكبر [9]،إن هذه التصورات حول نظرية الكوانتم تعكس تداخلا كبيرا بين ما هو رياضي و ما هو فيزيائي.

إن العالم الذري فرض علينا أن نتعامل مع الجسيمات بتصورات مكانية جديدة ،حيث أن موجات الاحتمال ينجم عنها عدة أمكنة محتملة للجسيم ،و تترجم هذه الاحتمالات في تعبير رياضي يشمل أمكنة يجاوز عدد أبعادها الثلاثة،" و هذا العدد هو الذي يميز المكان الحدسي ،فنفهم حينئذ أن من الطبيعي ،إن صح القول ،الانتقال من هذه الأمكنة الجبرية إلى المكان العادي الذي ينبغي ألا نعتبره بعد الآن في الفكر العلمي الجديد إلا كوسيلة إيضاح ،إلا كمحل موائم لصورنا ،من دون أن تكون له البتة القدرة على صنع الرسم الموائم للعلاقات التامة." [10] .

لقد كانت الفيزياء الكلاسيكية تستخدم حساب التفاضل " للتعامل مع التنوع المستمر و التغير المتراكم.غير انه في محاولة فهم ما تقوم به الذرات ،واجه الفيزيائيون ظواهر

مفاجئة ،تلقائية ،و متقطعة ، تكون الذرة في وضع ،ثم تكون في آخر ،دون أن يكون هناك انتقال متسلسل بين الوضعين" [11]،و أمام هذه الطبيعة المختلفة للعالم الذري استعان هايزنبرغ بفروع جديدة من الرياضيات و قد اعتمد على حساب المصفوفات Calcul matricielle بدلا من معادلات الحركة الكلاسيكية المستقاة من طبيعة مختلفة عن طبيعة العالم الذري ، يقول هايزنبرغ في هذا الشأن: "و لقد قادت الأبحاث في صيف 1925 إلى صورية رياضية أطلق عليها اسم ميكانيكا المصفوفات -أو بشكل أكثر عمومية ميكانيكا الكم – استبدلت بمعادلات الحركة في ميكانيك نيوتن"[12].

كان لا بد من الاستعانة بإطار رياضي حتى يمكن فهم دنيا العالم الذري، لقد وجد هايزنبرغ أن تغير حالة الذرة أو المنظومة الذرية يلزمه رياضيات جديدة تدعى حساب المصفوفات ،و المعروف أن الصفة الأساسية للمصفوفات هي أن العمليات غير تبديلية، و هنا يتم ربط الإلكترونات بأعداد كوانتية حيث يمكن التعرف على المنظومة الذرية المحتملة وفق توزيع هذه الأعداد،[13] لقد علق باشلار على ارتباط الرياضيات بمجال الميكروفيزياء و كيف غيرت الرياضيات المعقدة المرهفة من هذا الصرح ، فعوضا أن يربط الباحثون الإلكترون مباشرة بخصائص وقوى ربطوا به أعدادا كوانتية واستنتجوا بحسب توزع هذه الأعداد توزيع أمكنة الإلكترون في الجوهر الفرد أو في الذرة، و هنا صار العدد صفة أو محمولا للجوهر .

تستعمل نظرية الكم جهازا رياضيا بالغ التعقيد للتعبير عن أحداث ميكروسكوبية ،حيث يتم التعامل مع مقادير و علاقات بلغة الكم ، ينبغي أن نفهم انه لا وجود لجسيمات أولية مادية أو حبيبات بالمفهوم التقليدي، فالعلماء لا يعاملونها كأشياء وإنما كأحداث ولهذا أطلقوا عليها اسم كم وما يعنيه من مقدار وليس كيف، فهي ليست جسيمات مادية،بقدر ما هي مقادير من الطاقة تدرس في السياق الكلي ، فهي تعتبر كمّات ، ولكن لصعوبة التعبير عن العوالم الكمومية باللغة الطبيعية أبقى العلماء على بعض المصطلحات المستعملة في الفيزياء التقليدية، فلا يوجد جسيمات أولية مادية كما نفهمها تقليديا وما يترتب على ذلك من حركة في مكان وزمان، وإنما يوجد علائق وأنماط احتمالية لهذه العلائق المتبادلة، كما أن ما نسميه مدار ليس مثل المدار الذي نعرفه ،و إنما هو سوية طاقة يرتبط فيها الإلكترون مع النواة بكمية معينة من الطاقة ، فكلما نسبر أغوار المادة يتبين لنا أن العالم الذري لا يتألف من أجزاء منفصلة، بل من شبكة علاقات معقدة.

٧ - التناظر من الرياضيات إلى الفيزياء:

في الفيزياء المعاصرة بذل العلماء جهودا لتوحيد قوانين الفيزياء التي تعبر عن القوى الفيزيائية الموجودة في عالمنا الفيزيائي ،فقد تمكنوا سنة 1967 من توحيد القوة الكهرومغناطسية مع القوة النووية الضعيفة و قاموا بصياغة النظرية الكهروضعيفة ، و لم تمض إلا سنوات حتى تم التوصل لنظرية توحد القوى الثلاثة : القوة الكهرومغناطيسية و القوتين النوويتين الضعيفة و الشديدة ، و لقد أطلق على هذه النظرية اسم نظرية التوحيد الكبرى ، في هذه النظريات عند توحيد القوى يتحقق تناظر بينهما، إن التناظر Symmetry في الفيزياء هو بقاء المعادلات دون تغير عندما نقوم بعملية خلط لمكونات هذه المعادلة[14]،إذن فالتناظر هو العلامة المميزة لتوحيد القوانين.

إن مسيرة توحيد قوانين الفيزياء ليست بالدرب السهل ، فالتوحيد يتطلب إيجاد صيغة رياضية متماسكة خالية من التناقضات و قد بذلت جهود مضنية لتجاوز

معضلات التوحيد ، إن الصعوبات التي واجهت الفيزيائيين قد وجدت حلا عند تطبيق مفهوم التناظر الرياضي في مجال الفيزياء، و كما تتناظر الأعداد و الأشكال الهندسية تتناظر كذالك القوى الموجودة في عالمنا الفيزيائي ، لقد أفضى التناظر تناسقا و تماسكا على النظريات الموحدة للقوانين ، ولعب دورا مهما في حل أزمات التوحيد النظري[15] .

إن مفهوم التناظر الذي تستعمله الفيزياء المعاصرة، تعود أصوله إلى الرياضيات فيما يعرف بنظرية الزمر، و هي نظرية تهتم بالمجموعات الرياضية التي ترتبط فيما بينها بقواعد محددة، من بين هذه القواعد قاعدة التناظر، و يرجع تاريخ هذه النظرية إلى أواسط القرن التاسع عشر مع الرياضي إفارست غالو ومع نهاية القرن التاسع عشر طورت النظرية، و غدت فرعا أساسيا من الرياضيات،و ادخل عليها تصنيفا معينا من سبع أنواع ،و عرفت بـ:"زمر لاي "،و بعد قرن أضحت زمر "لاي" التي كان يعتقد أنها ضرب من الخيال و العديمة الفائدة إلى قاعدة لبناء نظرية فيزيائية[16]

لقد جعل بعض الفيزيائيين للتناظر دورا للحكم على النظريات ❞ فهو شرط هام لقبول النظرية ... و النظرية الصادقة يجب أن تحتوي على تناظر ❝ [17] فهو بمثابة دليل أو برهان على صدق النظرية،و اعتبره بعض الفيزيائيين لا يقل أهمية عن التجريب، فهو تقنية فعالة لاكتشاف قوانين جديدة في التفاعلات العالية فكما يعجب الإنسان بالأشكال المتناظرة فإن الفيزيائيين مولعون بالوصول إلى قوانين متناظرة حيث تعطيهم انطباعا قريبا جدا من الانطباع الذي يحدثه تناظر الأجسام وهذا ما جعلهم يصفون هذه القوانين بالمتناظرة ،لقد أعطى الرياضي الألماني غايل هيرمان تعريفا للتناظر: ❞ نقول عن شيء أنه متناظر إذا لم يتغير مظهره بعد فعل معين عليه، ذلك هو ما نعنيه عندما نقول عن قانون فيزيائي أنه متناظر، فيمكن أن نطبق عليه فعلا معينا، دون أن يغير ذلك شيئا من نتائجه ذلك هو مظهر القوانين الفيزيائية ❝[18].

VI - الفضاءات الهندسية و نظرية الكم :

يستعين علماء نظرية الكوانتم ببعض الفضاءات الرياضية الغريبة للتعامل مع عالم الكم ،لكن لا يستعملون هذه الفضاءات لكونها صيغة تعكس بنية المكان الواقعي الموجود في دنيا الصغائر[19]،و إنما كونها صيغة رياضية لتسهيل فهم سلوك المنظومات الذرية ،يرى بعض الفيزيائيين أن الموجات التي تصحب الجسيم ليست موجات في المكان الواقعي ،بل هي موجات احتمال في مكان تصوري مجرد ،يقول هايزنبرغ في هذا الشأن موضحا التداخل الكبير بين عالم المجرد و عالم الفيزياء:❞ فراغ التشكيل هذا فراغ متعدد الأبعاد يشير إلى الإحداثيات المختلفة لكل الجسيمات التي تنتمي للنظام ،هنا نواجه الصعوبة الأولى :ماذا نعني بقولنا أن الموجات في فراغ التشكيل واقعية ؟هذا الفراغ فراغ تجريدي جدا ،و كلمة واقعي أصلها كلمة لاتينية تعني الشيء ،إنما الأشياء في الفضاء الثلاثي الأبعاد العادي و ليس في الفضاء التشكيلي التجريدي. ❝[20]

من المفاهيم الرياضية التي رافقت نظرية الكم نجد فضاء هلبرت ، ترجع تسمية هذا الفضاء إلى عالم الرياضيات ديفيد هلبرت ،و من ملامح هذا الفضاء ❞ أن نقطة واحدة من فضاء هلبرت تمثل الحالة الكمومية لمنظومة كاملة ،كما أن الخاصية الأساسية لهذا الفضاء انه فضاء متجهات vector space ،فعدد الأبعاد في هذا الفضاء أكثر من أربعة و في كثير من الأحيان يكون لانهائيا ،و كل بعد من أبعاد فضاء

هلبرت يقابل إحدى الحالات الفيزيائية المختلفة المستقلة لمنظومة كمومية ، كذلك فضاء هلبرت هو فضاء متجهات عقدية ،و هذا يعني انه من الممكن جمع أي عنصرين من عناصر الفضاء و الحصول على عنصر آخر من الفضاء نفسه " [21]، و تجدر الإشارة إلى هناك فضاءات رياضية عديدة تستعمل في مجال الفيزياء مثل فضاء الطور المستعمل في الترموديناميك ،و الفضاء الايسوتوبي في الفيزياء النووية، و هذا يبين أن مثل هذه الفضاءات هي صيغ هندسية و لا تعبر - على الأقل في الوقت الحالي- عن بنية فيزيائية للفضاء ، لقد رأى باشلار أن هذه الفضاءات الرياضية ستلعب نفس الدور الذي لعبته هندسة ريمان في نظرية النسبية[22].

VII - هل تكشف الرياضيات أعماق بنية المادة؟ :

لقد ظهرت في العقود الأخيرة من القرن العشرين بدايات لنظرية يعتقد علماؤها أنه بإمكانهم توحيد نظريتي النسبية و الكم ، إن هذه النظرية التي تسمى حاليا بنظرية الأوتار الفائقة Superstring Theory تعود جذورها إلى أواخر الستينات ،لقد كان العلماء آنذاك يحاولون العثور على مغزى لكثرة الجسيمات النووية المكتشفة ، حيث أكتشف عدد كبير من منها في الخمسينات، أمام هذه الكثرة بدى العالم الذري غير متناسق ،إذ كيف نضع عددا من الجسيمات الأولية المختلفة 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 من اقتراح صيغة رياضية ، رأى أنها تمكن من تفسير كثرة الجزيئات ،فلقد عثر على دالة في كتاب يعود إلى القرن التاسع عشر تصف نوعا من الجسيمات ذات بنية مطاطية و في وسعها الالتواء ، و قد رأى الفيزيائي الياباني يوشيرو نامبو أن هذه الدالة ربما تكون مرتبطة بواقع فيزيائي عميق، و يمكن تأويلها إلى أوتار مهتزة تعتبر التركيب الأول لبنية المادة [23]، و هذا يمكن من إيجاد أصل واحد لعشرات الجزيئات .

إن اعتبار الوتر هو الأصل المشترك بين الجزيئات يعني أن كل جزيء ينحل في النهاية إلى وتر، و الاختلاف الحاصل بين طبيعة الجسيمات يرجع إلى درجة اهتزاز الوتر، حيث يعطي كل نمط اهتزازي للوتر نوع معين من الجسيمات[24]،تماما 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 ،و الآن نحن أمام جسيمات أولية ذات امتداد .

إن فكرة الوتر الذي يعتقد أنه اللبنة الأولى للعالم المادي لم تبتكر بمحض الخيال ، لقد جاءت كنتيجة لدالة وجدت في كتب الرياضيات القديمة ، " أمن المعقول أن يكون الحل المنشود لفيزياء التفاعلات الشديدة ، و المنطوي على أعمق أسرار الطبيعة، بكل بساطة علاقة رياضية اقترحها أحد الرياضيين منذ أكثر من مئة سنة، هل الأمر بسيط إلى هذا الحد ... هل كانت الخصائص المذهلة لهذه العلاقة محض مصادفة أم أن لها ارتباطا بينية فيزيائية تحتية أكثر عمقا؟ "[25].

VIII - هل تكشف الرياضيات عوالم أخرى ؟:

لقد كان أول ظهور لفكرة الأبعاد الإضافية في عالم الرياضيات التجريدي ، فمع بروز الهندسات اللاقليدية أصبح فيها من الخصوبة ما يمكنها أن توفر إطارا رياضيا يحتوي على أكثر من أربعة أبعاد ، أو ما يسمى x dimensions أي القيمة التي نشاء من الأبعاد الإضافية، إن الرياضيين يحبون أن يجعلوا محاكماتهم واسعة الشمول

حيث تحتمل العدد "x" من الأبعاد حيث نجعل لـ " x" القيمة التي نشاء [26]، المهم فقط أن يتحقق الانسجام داخل البناء الرياضي،و قد ناقش الكثير من الرياضيين فكرة الأبعاد الإضافية منذ نهايات القرن التاسع عشر ،و حاولوا إيجاد بعض الأساليب لتقريب فهم البعد الإضافي ، و قد كانت تعامل مثل هذه الأفكار كتصورات رياضية مجردة ،و لم يكن هناك حديث عن وجه تطبيقي لها في الفيزياء.

دخلت فكرة الأبعاد الإضافية ميدان الفيزياء مع رياضي يدعى تيودور كالوزا ، في أحد الأيام من سنة 1929 بعث كالوزا رسالة إلى اينشتاين شرح فيها أنه يمكن صياغة نظرية النسبية في خمسة أبعاد ،و هذا ما يمكنها أن تكون قادرة على استيعاب قوانين الكهرومغناطيسة ،لقد علق اينشتاين مشيرا إلى أن فكرة استبدال المتصل الرباعي الأبعاد بخمسة أبعاد لم تخطر بباله أبدا[27]،لكن فكرة كالوزا لم يعيروا لها اهتماما في ذالك الزمن و كان ينظر لها أنها محاولة رياضية لا صلة لها بالواقع .

في العقود الأخيرة من القرن العشرين عادت فكرة الأبعاد الإضافية إلى الفيزياء من خلال نظرية الأوتار الفائقة ، تمكنت هذه النظرية من توحيد نظريتي النسبية و الكم و بالتالي توحيد القوى الفيزيائية و تخلصت من معضلة التناقضات الرياضية التي لطالما واجهت الفيزيائيين ، لكن فكرة الأبعاد الإضافية بقيت طرفا لا يمكن التخلي عنه في معادلات الأوتار الفائقة ، لما وجد فيزيائيو الأوتار أن أربعة أبعاد لا تحقق الانسجام ، اضطروا إلى زيادة عدد الأبعاد ، ذلك لأنه دون صياغة النظرية في ستة و عشرين بعدا أو عشرة أبعاد لا يمكن تجاوز التناقض و تحقيق الانسجام داخل البناء الرياضي ، في هذا الشأن يقول جون شوارتز: **"** إن تماسك النظرية رياضيا يتطلب أن يكون الزمكان ذو أبعاد أكثر من أربعة ،كانت النظرية الوترية الأصلية تقود إلى ستة و عشرين بعد،و في نظرية وترية محسنة نزل عدد الأبعاد إلى عشرة ، و الواقع إن نسخة من النظرية ذات الأبعاد العشرة هي الرائجة اليوم**"**.[28]

ربما يكون الاتساق المحقق في عشرة أبعاد هو تعبير عن واقع فيزيائي لم نكتشفه بعد ،إن تاريخ العلم يخبرنا أن الكثير من الاستنتاجات الرياضية أفرزت أفكار استهجنها العلماء و بعد زمن تبين أنها تشير إلى الحلول الصحيحة ،لقد كان معامل الانكماش الذي ابتكره لورنتز صيغة رياضية بسيطة تعبر عن انكماش الأطوال و الزمان في السرعات العالية ، و قد كان ينظر لمثل هذه الأفكار أنها ضرب من الخيال ،و فيما بعد تبين مع نظرية النسبية و مع التجارب التي تلتها أن تباطؤ الزمن و انكماش الأطوال ظواهر فيزيائية واقعية ، قد تنبهنا الاستنتاجات الرياضية إلى ظواهر لم نكن لنعرفها بالتجريب ، لقد تنبأ اينشتاين رياضيا- و دون أن ينظر إلى السماء - أن الضوء سينحرف في الفضاء لما يمر بالقرب من كتلة كبيرة و في سنة 1919 تبين أن هذا صحيح ،لقد نبهتنا الرياضيات إلى ظاهرة في الفضاء قبل أن يكتشفها التلسكوب ، لقد رأى الفيزيائي الباكستاني محمد عبد السلام أنه **"**كلما ازدادت معرفتنا بالرياضيات الحقيقية ازداد عمق نظرتنا إلى أمور الفيزياء **"** . [29]

يبدو أن التفكير الرياضي يتطور باستمرار و يزداد خصوبة خاصة مع تطور البرمجيات و الأنظمة المعقدة ،حيث أن العلماء يكتشفون باستمرار نظريات و صيغ رياضية جديدة ،و هذا يوضح أن الإمكانات العقلية التي تترجم في صيغ و دوال و مبرهنات لا حدود لها ،لقد أشار الرياضي النمساوي غودل عام 1931 من خلال مبرهنة رياضية بأنه من المستحيل البت في صحة أي نظام رياضي بصفة نهائية في

إطار مسلماته،و هذا يعني أن الرياضيات مفتوحة و لا حدود لها . وفقا لهذا و ما دامت الرياضيات هي لغة الفيزياء و أداة اكتشافاتها فهذا يعني أن البحث الفيزيائي مهما تقدم لن يقف عن حدود معينة [30]، فما دامت تتوفر الإمكانات العقلية فبالتأكيد سيكون لها ما تفسره في الواقع الفيزيائي ، لقد عبر فريدمان دايسون عن هذا قائلا: **"** برهن غودل على أن عالم الرياضيات البحتة غير قابل للنفاذ، و لا يمكن لأي مجموعة محدودة من القواعد و المقولات أن تحتوي الرياضيات كلها...امل أن يوجد شيء مماثل لهذا في عالم الفيزياء.و اذا كانت نظريتي صحيحة فان هذا يعني أن عالم الفيزياء و الفلك غير قابلتين لنفاذ أيضا،مهما ابتعدنا في المستقبل فسيكون هناك دوما أشياء جديدة تحدث و معلومات جديدة ترد و عوالم جديدة تكتشف و حقل يتوسع باستمرار من الحياة و الوعي و التذكر**"**[31].

IX - الخاتمة:

النتائج:

1- من خلال ما تقدم يتضح كيف أن الرياضيات تنطبق مع الواقع و كأنها أعدت لأجله.

2- تبين أن الكثير من المفاهيم المتداولة في الفيزياء المعاصرة أصلها رياضي بحيث أصبحت هذه المفاهيم تساعدنا في فهم العالم الفيزيائي بشكل أفضل .

3- لقد تقدم الجانب الاكسيوماتيكي في الفيزياء لدرجة أن نظريات مثل نظرية النسبية أو نظرية الكوانتم أوغلت في الجانب التجريدي ،و مع ذلك أثبتت هذه النظريات - عن طريق تنبؤاتها الناجحة - نجاعة المنهج الاكسيوماتيكي في الوصول إلى الأسرار العميقة للمادة .

4- لقد تبين أن النظريات الفيزيائية لا تقوم لها قائمة دون بناء صرحها على إطار رياضي، بل إن مولد نظريات فيزيائية جديدة يدين للمعادلات الرياضية،و هذا ما رأيناه في نظرية الأوتار الفائقة، إن فكرة الوتر بالتأكيد كانت تناقض الاعتقاد السائد حول الجسيمات النقطية، لكن بفضل الرياضيات طرحت هذه الفكرة من عالم الرياضيات التجريدي لتنزل إلى عالم الواقع الفيزيائي، و قد عبر باشلار عن الانطباق المدهش بين عالم المجرد و عالم الواقع قائلا: **"**... و نحن نذكر هذه الرموز الرياضية الجميلة التي يتحد فيها الممكن بالواقع...تنتمي الإمكانات الرياضية المحضة إلى الظاهرة الواقعية و لو ضد المعرفة الأولى ،معرفة التجربة المباشرة ،و ما يحكم الرياضي بإمكان الفيزيائي أن يحققه دوما ،إن الممكن يجانس الكائن **"**.[32] 5- إن الرياضيات التي غالبا ما نربطها بالممكن تتطابق مع الواقع وكأنها أعدت لأجله. لقد صارت الرياضيات محط إعجاب الكثير ولقد عبر الفيزيائي الألماني هنري هرتز عن إعجابه قائلا :**"** إن المرء لا يستطيع الإفلات من الشعور بأن هذه الصيغ الرياضية لها وجود مستقل ، ونوع من الذكاء الخاص بها ، بحيث تبدو أكثر منا حكمة ، وأكثر حكمة من مكتشفيها ، ذلك لأننا نأخذ منها أكثر مما نضع فيها أصلا [33]**"** ، إن هذا الإعجاب جعل كثيرا من الفيزيائيين و فلاسفة العلم يعولون على الرياضيات كونها تشكل منبعا للأفكار الجديدة و بفضلها تتسارع وتيرة تقدم الفيزياء ، لقد رأى باشلار أن التجريب لا يثير تلقائيا **"** أزماته الخاصة ، و إنما ينبجس الاندفاع الثوري من ناحية أخرى ، إنه يولد من مملكة المجرد و لذا فإنه في المجال الرياضي توجد ينابيع الفكر **"**[34].

التوصيات:

أ- ستعتمد الفيزياء مستقبلا على الرياضيات بشكل متزايد نظرا لعمق البحوث التي يتناولها الفيزيائيون من ناحية طبيعة الظواهر المتناهية الصغر أو البعيدة المدى.

ب- يبدو أن الظواهر الميكروسكوبية المعقدة التي ترصد في المختبرات تحتاج إلى تطوير بنى رياضية مستقبلا لفهمها و استيعابها.

ج-إذا تقدم الجانب النظري في الفيزياء بفضل الرياضيات لا بد من مواكبة الجانب التكنولوجي له حتى يتم التحقق تجريبيا من النتائج.

الهوامش:

(1) - غاستون باشلار،(1994)، الفكر العلمي الجديد، ترجمة: عادل العوا، موفم للنشر، الجزائر،ص 61

(2) - Robert Blanché (1953), l'axiomatique , Edi 2, presses universitaires , , France, p 78.

(3) - محمد عابد الجابري،(1998)، مدخل إلى فلسفة العلوم ، ط4، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، ص 218.

(4)- Jarett Leplin,(1995), The creation Of ideas in physic, Kluwer Academic Bublishers , London,p213-214

(5) - ميشيو كاكو، جونيفر ترينر،(2001)، ما بعد اينشتاين، ترجمة:سعد الدين خرفان ،عالم المعرفة ،الكويت، ص 191

(6)- ألبرت اينشتاين،(1986)، أفكار و آراء، ترجمة رمسيس شحاتة ،الهيئة المصرية العامة للكتاب،مصر، ص ص67-68

(7) -غاستون باشلار ،الفكر العلمي الجديد، ص ص41-42

(8)- برتراند راسل،(2008)، النظرة العلمية ، ترجمة:عثمان نويه، ط1.دار المدى للثقافة و النشر،سورية، ص54

(9) - فيرنر هايزنبرغ،(1993)، الفيزياء و الفلسفة، ترجمة: أحمد مستجير،ط1، القاهرة، المكتبة الأكاديمية، ص28

(10) - غاستون باشلار ، الفكر العلمي الجديد ،ص108

(11)-دفيد ليندلي،(2009)، مبدأ الريبة، ترجمة :نجيب الحصاري،دار العين للنشر، كلمة،القاهرة ،أبو ظبي،ص 139

(12)- فيرنر هايزنبرغ ، الفيزياء و الفلسفة، ص 27

(13) - المصدر نفسه، ص 63.

(14)- ميشيو كاكو ،جنيفر ترينر ، ما بعد انشتاين ، ص124-125

(15)- Jarret leplin, The Creation of Ideas in physics. P.211

(16) - ميشيو كاكو،جنيفرترينر،ما بعد انشتاين،ص 128

(17)- Peter kosso, symmetry argument in physics , (studies in history and philosophy of science, N=° 3 sept 1999) p 486.

(18) - ريتشارد فاينمان،(1974)، طبيعة قوانين الفيزياء ، ترجمة: أدهم السمان، مؤسسة الرسالة،دمشق، ص 87.

(19)- عبد اللطيف مطلب،(1985)،الفيزياء و الفلسفة ،ج2، دار الحرية للطباعة ،بغداد، ص51

(20)- فيرنر هايزنبرغ،الفيزياء و الفلسفة .ص ص92-93

(21)- روجر بنروز،(1998)، العقل و الحاسوب و قوانين الفيزياء، ترجمة: محمد وائل الأتاسي ،بسام المعصراني،ط1،دار طلاس للدراسات و الترجمة و النشر، سوريا، ص309

(22)- Gaston Bachelard,(1937),Expérience de l’espace .Librairie Felix Alcan,Paris, p120

(23) - ميشيو كاكو، جنيفر ترينر: ما بعد انشتاين ، ص110
(24)- Barry Dainton,(2010) ,Time and space , 2 edi Mc gill- queen univer press, Canada, pp393-394
(25) - ميشيو كاكو، جنيفر ترينر ، ما بعد انشتاين ، ص 106.
(26) - ريتشارد فاينمان، طبيعة قوانين الفيزياء ،ص56.
(27)-Collection,(2008),Contemporary philosophy of physics,edited by Dean Rickles, Achgate ,Englande ,USA ,p317
(28) -بول ديفيس، جوليان براون،(1993)، الأوتار الفائقة ، ترجمة : أدهم السمان ، ط 1،دار طلاس للدراسات و النشر،دمشق، ص 75
(29) - جوليان براون، بول ديفبس، الأوتار الفائقة، ص165.
(30)- ميشيو كاكو،(2013)، فيزياء المستحيل،ترجمة سعد الدين خرفان،سلسلة عالم المعرفة ،الكويت،ص338
(31) - المرجع نفسه، ص339
(32)- غاستون باشلار ،الفكر العلمي الجديد، ص63.
(33)- هانز باجلز،(1989)، رموز الكون،ترجمة :محمد عبد الله البيومي، ط2،مصر،الدار الدولية للنشر و التوزيع، ص427 .
(34) - غاستون باشلار ، الفكر العلمي الجديد، ص 148.