مفهوم الرمزية وأنواعها في النظرية العلمية

"دراسة في منهجية الاستحالة الصورية"

د. رضاء عبد الحليم جاب الله محمد جامعة طبرق -كلية الآداب -قسم الفلسفة

ملخص البحث

إن تاريخ الفكر الإنساني في تطوره وتقدمه، ينتقل من مرحلة الإدراك الكيفي إلى مرحلة الإدراك الكمي لتفسير الظواهر في مجال فلسفة العلوم، بخطوات ثابتة نحو التجريد والتعميم في الرياضيات، أنتج هذا التجريد ما يُعرف بـ(**الرمزية**) أو الصياغة الصورية مُعتمداً على المنهج الرياضي ورموزه، فحذت الفيزياء بقوانينها حذو الرياضيات؛ وتحول القانون الفيزيائي إلى قانون رياضي بدهي، يخضع للقواعد المنطقية والشروط الصورية، فأصبح كلاهما – القانون الفيزيائي والرياضي – يتسم بالطابع الصوري للقوانين، خاصة عندما يتحول إلى رموز كيفية وكمية، ولكن كلا الرموز تختلف في طبيعتها، لذا تطرقنا لإيضاح أوجه التشابه والاختلاف بين طبيعة رمزية القوانين، وتبيان كيفية استحالة القوانين الفيزيائية إلى صورة رياضية، وذلك بهدف إيضاح حدود التفرقة بين رمزية القوانين الفيزيائية والرياضية، التي كثيراً ما وِصفا بأنهما وجهان لموضوعٍ واحد، لذا التزمنا بمنهجين؛ (**التحليلي والمقارن**) لعرض الإشكالية ووصولاً للهدف، فاشتمل البحث على ثلاثة عناصر؛ يتطرق العنصر الأول إلى:(مفهوم القانون الفيزيائي)، والثاني إلى: (**القانون الرياضي**) أما الثالث إلى: (**الاستحالة الصورية**)، الذي يتضح من خلاله أهم الشروط التي تُحقق هذه الاستحالة للقوانين الفيزيائية، ومنها أتت النتائج على النحو الآتي:

1- هناك نوعان من الرموز: الرموز الدالة كماً وكيفاً في القانون الفيزيائي، والرموز المجردة كماً مطلقاً في الرياضيات.

2- رموز القانون الفيزيائي ذات الدلالة (**المعيارية أو الكيفية**) هي رموز صورية دالة على جميع الماصدقات، أما رموز القانون الرياضي فهي ذات دلالة مجردة للكم والرمز، وباستخدام الدوال الرياضية كأداة من أدوات إثبات الفرضية في العلوم الطبيعية تستحيل(**تنتقل**) القوانين الفيزيائية إلى صورة رياضية وهذا الانتقال يُسمى بـ " **الاستحالة الصورية**".

3- تمثل العلاقة بين الرموز الدالة في القانون الفيزيائي والرموز المجردة في الرياضيات تلازماً منطقياً متبادلاً.

4-إن صورية القانون الفيزيائي هي صورة مشابه لمفهوم الصورية في الرياضيات.

Research Summary

The concept of symbolism and its types in scientific theory

The history of human thought in its development and progress moves from the stage of qualitative cognition to the stage of the interpretation of phenomena in the field of philosophy of science, with steady steps towards abstraction and generalization in mathematics. This abstraction produced what is known as symbolism or formulations, Physics followed its laws in the same way as mathematics; physical law was transformed into a primitive mathematical law, subject to logical rules and visual conditions. Both become physical and athletic. They are characterized by the visual character of the laws, especially when they became symbols of how and quantity, but both symbols differ in nature. So we in this discussion we my to clarify the similarities and differences between the nature of symbolic laws, and show the Transformation of physical laws to a mathematical visual. In order to clarify the boundaries of the distinction between the symbolism of physical and mathematical laws, which are often described as two sides of a single subject, so we adhered to two methods (analytical and comparative) to present the problem and access to the scientific objective. The research included three elements; the first: the (concept of physical law), and the second: (Mathematic of law) the third: (the Transformation of visual), which shows the most important conditions that achieve this Transformation of physical laws. The results were as follows:

1 -There are two types of symbols; symbols that function as quality and quantity in physical law، as abstract symbols as in Mathematics.

2 The symbols of the law of physical significance (normative or qualitative) are symbolic symbols that function on all the charity, and the symbols of the mathematical law of the meaning of the abstract code and the use of mathematical functions as a tool to prove the hypothesis in the natural sciences Transformation (physical laws) This transition is called "Visual Transformation ."

3 The relationship between the symbols in physical law and abstract symbols in mathematics represents a logical and reciprocal correlation.

4 The visualization of the physical law is a picture similar to the concept of the picture in mathematics.

المقدمة

يتجه البحث في مفهوم الرمزية وأنواعها إلى اتجاهات عدة، منها ما يتصل بالعلوم الطبيعية، ومنها ما يتصل بالرياضيات، ومنها ما يتصل بالمنطق، ومنها ما يتصل بعلم النفس وغيرها من العلوم، ويختص هذا البحث بدراسة رمزية القوانين الفيزيائية والرياضية، وتبيان كيفية استحالة التفسير الفيزيائي إلى صورة رياضية.

لاعتماد القوانين الفيزيائية في صياغتها الرمزية على الكيفيات والكَميات؛ نظراً لصلتها بالمنهج التجريبي والمقادير والقياس والاستنباط كان هذا التخصيص بالدراسة، وبتقدم العلوم خطى علم الفيزياء خطوة مُستحدثةِ الانتقال من كيفيات إلى كميات أكثر دقة ويقيناً، واعتمد علم الفيزياء على نتائج الوحدات القياسية والمقادير في تفسيره للعَالَم الخارجي أكثر من اعتماده على الحواس وحالاتها، لذا كان استحداث أفكار ومبادئ للربط بين الاتجاهين: الكيفي التجريبي، والكمي المنطقي المتجاوز حدود التجربة، ولن يتحقق هذا الهدف إلا بواسطة الجانب الصوري أو الرياضي المنطقي.

وبصدد اهتمام العلم بالمقاييس والوحدات القياسية، أصبحت الرمزية هي معيار تقدمه، حيث دلت رموزٌ كيفية على الأفكار والمبادئ، ورموز كمية عن القياس والمقادير، وغدى للرياضيات الدور الأكبر في صياغة القوانين الفيزيائية، بل قُدر للفيزياء أن تغدو بقوانينها إلى حدود أكثر صورية، حيث تحول القانون الفيزيائي إلى قانون رياضي وبدهي أن يخضع للقواعد المنطقية والشروط الصورية؛ فأصبح كلاهما: القانون الفيزيائي والرياضي، يتسما بالطابع الصوري للقوانين وخاصة عندما يتحولا إلى دلالة رمزية، ولكنهما يختلفان في طبيعة الرمزية، لذا تطرقنا لعرض تحليلي لعدة قضايا بُغية الوصول إلى معرفة طبيعة هذه الرمزية وأوجه التشابه والاختلاف بينهما، وما يعنيه الكموم في القانون الفيزيائي والقانون الرياضي وعلاقته بدرجة التجريد، وكيفية استحالة (انتقال) القانون الفيزيائي لصورته الصورية.

لذا يهدف هذا البحث إلى توضيح طبيعة الصورة الرمزية للقانون الفيزيائي والقانون الرياضي، التي طالما ظن الكثيرون بأنهما وجهان لموضوع واحد، وأن الاستحالة الصورية للرمز الفيزيائي ماهي إلا الصورة الرياضية للقانون.

ونظراً لكون إشكالية البحث تُطرح بمنهجي التحليلي والمقارن، قسِّم البحث إلى **ثلاثة عناصر**:

يتطرق **العنصر الأول** إلى (**القانون الفيزيائي**)؛ الذي نطرح من خلاله كيفية بناء القانون الفيزيائي وعلاقته بالتجربة وفكرة التنظير وأيضاً علاقته بالرياضيات. **والثاني** (**القانون الرياضي**)؛ حيث يتناول قضايا القانون الرياضي من حيث علاقته بالقانون الفيزيائي، والكموم الفيزيائي والرياضي. أما **الثالث**: (**الاستحالة الصورية**)؛ ويتم من خلاله مناقشة كيفية استحالة القوانين للصيغة الصورية، وكذلك الأسس التي يعتمد عليها في عملية الاستحالة. وختاماً نصل لأهم النتائج والتوصيات التي توصل إليها البحث.

أولاً: القانون الفيزيائي

يُعرف **علم الفيزياء** – علم الطبيعة– أنه: –**العلم المنهجي الذي يهتم بدراسة المادة والطاقة، والتفاعلات فيما بينها، فضلاً عن مفاهيم أخرى كالفضاء والزمن، ويتعامل أيضاً مع خصائص كونية غير محسوسة يتمكن من قياسها معتمداً على قراءة المؤشرات أو الومضات داخل الأجهزة الإلكترونية المعقدة**؛ مثل (**القوة، والطاقة، والشحنة**) [1]. وبذلك يقوم علم الفيزياء بتفسير الظواهر المحسوسة وغيرها، معتمداً على المنهج التجريبي لتفسير تلك الظواهر والقوانين التي تحكمها، عن طريق الملاحظة والقياس والتحليلات الرياضية، مؤسساً بذلك النظريات الفيزيائية، التي تستمد يقينها من التجربة التي تحتكم إليها، ثم تُصيغ نتائجها بلغة رمزية، هادفة من وراء ذلك إيجاد قوانين فيزيائية مُكممة لتفسير مختلف الظواهر التي تَحدث بغية الوصول إلى جوهر الحقيقة.

أ–الرمزية وصياغة القانون الفيزيائي:

إن الفيزياء كعلم تجريبي تقوم بصياغة نظرياتها وقوانينها بطريقة منهجية، أي ذات تخطيط وتنسيق، وفقاً لدراسة وتقييم وقياس وإيجاد علاقاتٍ بين الكميات الأساسية في الكون، والقوانين التي تُوصف تلك العلاقات، وذلك باستخدام الرياضيات والرسوم البيانية والإحصاءات وغيرها من الطرق الرياضية، وبهذا لا تكون المعرفة المنهجية للقوانين الفيزيائية ذات طابع حسي خالص، بل بها جوانب صورية تجعل من قضاياها كلاً موحداً.

وبما أن المنهجية التي يتبناها علم الفيزياء في تتبع فروضه تتميز بـ "**الموضوعية والتجريبية**" المرتكزة على التحليل المنطقي الصوري للملاحظات؛ فكثيراً ما يواجه في تلك الطريقة العلمية بعدداً من الأسئلة لا يستطيع الإجابة عنها بالبيانات الحسية، والتحليل المنطقي والسببي الملاحظ، فيقف عاجزاً أمام الواقع الحسي ليلزم العقل على تجاوزه وافتراض ما يُفسر الظاهرة بروابط وعلاقات منطقية بجانب المدركات الحسية، مفسراً ذلك برمزية دالة يجمع بها جميع الماصدقات، كرمزية يُفسر بها القانون ومثال ذلك قانون نيوتن في الجاذبية.

صاغ (**نيوتن Nawton:1627م**) قانوناً فيزيائياً لتحديد القوّة بصورة رمزية [$\mathbf{F = G \times [(m1m2)/r^2]}$]، حيث إنّ **F** تدل على قوّة الجذب بين الجسمين، بينما تدل **M1** و **M2** على كتلة الجسم الأوّل والثّاني على التّوالي، و**r** تدل على المسافة بين الجسمين؛ أمّا **G** تدل على ثابت الجاذبيّة ويساوي حاليًّا ($\mathbf{6.672 \times 10-11\ N\ m^2\ kg-2}$) [2]. هذا القانون يسمح بحساب قوّة الجذب بين جسمين مهما كانت كتلتهما أو المسافة بينهما، ويستخدم هذا القانون في مجالاتٍ عدّةٍ بدءًا بالفضاء مثل: دراسة حركة الأجرام السّماويّة وإطلاق الأقمار الاصطّناعيّة، حتى سقوط الأجسام باختلاف كتلتها.

قدم (**نيوتن**) فكرته عن قانون الجاذبية في صورتها اللفظية عام (**1687م**)، التي تُفيد "**بأن أيّ جسمين مهما كانت كتلتهما يُؤثّر كلٌّ منهما بقوة جذبٍ وصولًا إلى المستوى الذّريّ للمادّة**[3]؛ لذا كان هذا الكشف نموذجاً للقانون العلمي ذي الصيغة الرمزية الدالة على مفاهيم علمية حسية (**مدركة وغير مدركة**) وبجانب كونه مثالاً للمنهج الرياضي في علم الطبيعة.

نتج عن هذا القانون تساؤلات عدة منها: لماذا تتجاذب كل الأجسام تبعاً للقانون العام للجذب؟ ومن أين اكتسبت المادة إلى جانب صفاتها المعرفية (**كالامتداد والحركة أو القصور الذاتي**) تلك القدرة على الجذب؟ وهل الثابت العام للجذب يُعد ثابتاً حقًّا أم متغيراً؟، لذا حاول (**نيوتن**) الإجابة عن تلك التساؤلات في ظل التفسير الرياضي لعجز التجربة عن الإثبات.

ولكن عن طريق التجربة اكتشف العلماء أن قيم الثابت G تتغير باستمرار بشكل دالة جيبيه بزمن دوري مقداره **5.9** سنة، وفقاً لما تحدده القياسات الأخيرة لطول اليوم **(LOD)**، واقترحوا أن الثابت نفسه لا يتغير؛ ولكن ما يتغير هو شيء آخر يؤثر بدوره في القياسات، وهو غير معروف لديهم، وبالرغم من أن العلماء لا يدّعون معرفة ماهية العلاقة بين **(G/LOD)**، إلا أنهم يقترحونها كتفسير أقل احتمالًا يُعزى إليه تغير التيارات المنتشرة في باطن الأرض، ومن الممكن لهذه التيارات أن تُعدل في دوران الأرض القصوري الذي يؤثر في طول اليوم ويكون مصحوبًا بتغير في **G** المقاسة[4].

لقد أدرك (**نيوتن**) هذه المشكلة بوضوح ولكنه لم يستطع تجاوزها، لعدم قدرته على تخمين فروض تُفسرها ظواهر تجريبية في تلك الآونة[5]، وقد حاول (**نيوتن**) صياغة تلك الفرضية بصورة قوانين ذات صيغة رمزية دالة على ظاهرة فيزيائية، مفترضاً بها ثابت عددي لاتساقه مع التجربة، بينما نشر (**جون أندرسون J.Andrison**) مؤخراً ورقة علمية عن الارتباط الحاصل بين قياسات ثابت (**نيوتن**) في الجاذبية وطول اليوم، قائلا: "**إننا نُخطط للنظر مرة أخرى في احتمال وجود اتصال مع شذوذ تحليق الأرض في الفضاء الذي يبدو دورياً أيضاً، كما قد ندرس شذوذات أخرى**"[6].

إن ما يجري من أبحاث عن الثبات أو عدمه على القيمة العددية لثابت الجاذبية، لا يُغير من الدلالة الرمزية للقانون الفيزيائي شيئاً، إنما يُحدث التغير في القيمة العددية للنتائج فقط، لذا لا يتعلق ثبات الأعداد أو تغيرها أو قابلية يقينها من عدمه بطبيعة القانون الفيزيائي الدالة على جميع الماصدقات. وأما (أنشتاين) واجه تلك المأزق من منظور آخر، عندما فسر الجاذبية بتصور هندسي خالص وفقاً للهندسة اللاأقليدية، حيث عدَّ الجاذبية مجرد التواء في الزمكان وليس هناك من أي تجاذب بين الأجسام، وذلك في أوائل القرن العشرين من خلال بحثين نُشرهما عامي (**1905م – 1915م**)، قدم خلالهما مفهوماً للجاذبية بتفسير جديد؛ فحسب نظرية (**نيوتن**) كانت الجاذبية (قوة)، بينما أثبت (**أنشتاين Anstien:1955م**) أن الجاذبية عبارة عن انحناءات في الفراغ تُسببها الكتلة، فكلما كانت كتلة الجسم أكبر كان انحناء الفضاء حوله أكبر، والأجسام الأقل كتلة سوف تقع في هذا الانحناء الذي صنعه الجسم الأول وبالتالي سيأسرها بجاذبيته[7]، بهذا التفسير الجديد للجاذبية وبتلك الصياغة اللفظية الجديدة لقانون الجذب العام وبدمج البعد الزماني الرابع بالأبعاد المكانية الثلاثة، أصبح لقانون الجاذبية العام صورة رمزية جديدة من خلال أنساق مجموعة من معادلات تفاضلية جزئية مرتبطة لا خطية، عُرفت بمعادلات (**أنشتاين**) للمجال **(EFE)**

$$R\mu\nu - 1/2\ R g\mu\nu + A g\mu\nu = 8\pi G/C4\ T\mu\nu$$

حيث $R\mu\nu$ تدل على انحناء ريكسي، وR انحناء قياسي، و$g\mu\nu$ موتر متري، و A ثابت كوني ، وC سرعة الضوء، وG ثابت الجذب العام، و$T\mu\nu$ موتر انفعال– طاقة[8]، هذه المعادلة التفاضلية الجزئية هي نوع من العلاقة تتضمن تابعاً أو توابع مجهولة لها عدة

متحولات مستقلة، فضلاً عن المشتقات الجزئية لهذه المتحولات، أما فيما يتعلق باتصافها بـ "لا خطية" لتميز معادلات النسبية العامة عن نظريات فيزيائية أخرى عديدة. مثل معادلات (**ماكسويل Maxwiell**) للكهرومغناطيسية الخطية في توزيعات المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي والشحنة والتيار، ومعادلة (**شرودنجر Shroudenger**) في ميكانيكا الكم التي هي خطية في دالة الموجة.

هذه الافتراضات التطورية لقانون الجذب العام لم تُغير من قيمة القانون، فقد افترض (**أنشتاين**) في تصوره النسبي، أن المكان ساكن على الصعيد الكوني، بمعنى أنه لا يتقلص ولا يتمدد بوصفه كلاً كونياً واحداً. إذ اعتبر (**أنشتاين**) هذه الفكرة الموروثة بدهية،[9] لكن تبين له استحالة هذا الأنموذج وفق معادلاته المجالية، بمعنى انعدام الانسجام المنطقي بين المبادئ التي قام عليها أنموذجه وبين معادلاته المجالية. وكان على (**أنشتاين**)؛ إما أن يُضحي ببعض مبادئ أنموذجه، وإما أن يُعدل معادلاته المجالية، فاختار الإجراء الثاني. وعمل على تعديل الصورة الرياضية للمعادلة، كي تتوافق مع التجربة والمبادئ المسلم بصدقها. وبذلك أصبح التعديل الرياضي في القانون الفيزيائي لا يقلل من أهميته ولا يقينه، بل يجعل منه كلاً متسقاً مع التجربة، وهذا ما أكدته النظرية الكمية، عندما قام (**بلانك Blanc**) بتعديل معادلاته الجبرية التي تتناقض مع التجربة.

إن عدم مقدرة القانون على تفسير بعض جوانب الظاهرة لا يعني نقصانه، لذلك يأتي الإثبات الرياضي الآني لتفسير ما عجز الفرض عن إثباته وفقاً لمنهجيته التجريبية في تلك الآونة، فيقوم العالم بتفسير الظاهرة تفسيراً رياضياً، وبذلك يستحيل الفرض الفيزيائي إلى صورة رياضية مثبته منطقياً واحتمالية الوصول للإثبات التجريبي، وهذا ما حدث بتصحيح (**أنشتاين**) مسار (**نيوتن**) لمفهوم الجاذبية، وانتقاله من مفهوم رياضي لمفهوم علمي تجريبي، والقول بمفهوم المجال، ليكون النقطة الجديدة لتطور العلم، وهذه النقطة لا تخلو هي الأخرى من الإثبات الرياضي. وهكذا يتطور العلم ويكون الدعم الرياضي أحد العوامل المساعدة للتطور، هذا فيما يخص علاقة التجربة بالقانون.

ب –التنظير الفيزيائي والتجربة:

إن علم الفيزياء ينقسم من حيث التكوين إلى مجالين متخصصين متكاملين، وهذان المجالان في ترابط وثيق وتكامل، وطبقاً لذلك تُقسم النظريات الفيزيائية إلى: (نظرية وتجريبية)، وقد ميز(**هيلمولتز Helmoltis**) بين الفيزياء التجريبية وبين الفيزياء النظرية؛ إذ اعتبر الأولى تبحث عن القوانين التي ترتد إليها الظاهرة، والثانية تبحث عن الأسباب التي تقف وراء تلك الظاهرة،[10] ولكن لا تصاغ النظرية الفيزيائية بصورتها العلمية لتحقق قدرتها التفسيرية إلا باتحاد هذين المجالين، ومن جانب آخر كثيراً ما يُوصف هذان المجالان بأن أحدهما نظريا والآخر ليس تجريبياً خالصاً بل تتخلله عناصر نظرية، بما أن النظرية الفيزيائية المعاصرة ما هي إلا تفسيراً للقوانين، والقوانين هي وصف للظواهر ذات التطبيق التجريبي؛ فماذا عن عالم الكيانات والخواص والأشياء غير القابلة للاختبار ؟

لقد شبه الوضعيون المناطقة المفردات العلمية بالنقود لابد أن يكون لها مقابلا، والمقابل هو ما نستطيع مشاهدته والمصطلحات التي لا مقابل لها من الجانب التجريبي لامعنى لها.[11] وبذلك حكم الوضعيون المناطقة على كثير من العلوم بأنها زائفة، مثل علم النفس ومجموعة كبيرة من النظريات البيولوجية، نتيجة لاستعانتها بمصطلحات لا يمكن إعطاؤها معنىً تجريبياً. كما أنكر الوضعيون مصطلحات لا يمكن

الاستغناء عنها في العلم الفيزيائي مثل الجاذبية، الجزئي، الذرة لافتقارها للمحتوى التجريبي؛ لأن المصطلح يكون له محتوىً تجريبياً إذا كان يدل على مُدرك حسي.

وقد ذهب التجريبيون إلى إمكانية الاستعانة بالكينونات النظرية، فإذا استطعنا تعريف تلك المصطلحات بوضوح بواسطة مصطلحات من الممكن مشاهدتها، لأننا في هذه الحالة نكون قادرين على فهم المصطلح، وإحلال مصطلحات تتعلق بما يمكن إدراكه محل مصطلحات تتعلق بما لا يمكن إدراكه،[12] وهنا تفاقمت الإشكالية أمام التجريبيين؛ لأن من الصعب أن يُعرف مصطلح نظري بوضوح من خلال مصطلح قابل للملاحظة، فهناك بعض الصفات لا تتشابه بالرغم من تساوي الجسم المدرك، مثال ذلك: لا تتساوى الكثافة في جسمين متساويين في الكتلة، كما أنه لا يمكن تعريف تغيرات درجة الحرارة على أنها متساوية إذا اختلفت الأجسام، مقابل ذلك هناك أجسام تتغير درجة حرارتها، ولا يمكن لأي ترمومتر حالياً أن يسجلها، وأيضاً هناك صفات وتغيرات فيزيائية لا يمكن اكتشافها بالملاحظة، فمثلاً يُعرف الحمض:- أنه "مانح للبروتون" ولا يستطيع الفيزيائيون إجراء مشاهدة تعطي "محتوىً تجريبياً" لمفهوم "مانح للبروتون" لأنهم لا يستطيعون إخضاع البروتون لآليات الإدراك الحسي (**الحواس الخمس**)، إذن الحمض مصطلح بلا معنى.[13]

وبذلك لا يستطيع العلماء تقديم محتوى تجريبي لمصطلحات نظرية في العلم؛ لأن المصطلح النظري لا يمكن تعريفه على نحو واضح عن طريق مصطلح خاضع للملاحظة، في حين يمكن تعريف ما يخضع للملاحظة في حدود نظرية، مثال ذلك: يُعرف "**الحديد**":- أنه عنصر يحتوي على أجزاء بالُورية صغيرة للذرات فيها ترتيب معين، ولكل ذرة وضع نسبي لجسيمات نموذج معين،[14] فمن الممكن أن يعرف الملاحظ بمصطلحات نظرية والعكس غير صحيح، لذا لا يجد الفيزيائيون الإجابة اليقينية عن السؤال الآتي: ما الإليكترون على وجه التحديد؟ وكذلك الكهربية والمغناطيسية، والجاذبية، والجزيء. فقاموا باستحالة تلك الافتراضات الدالة على تكامل النظرية إلى تفسيرات صورية في صورة قانون.

أما المشكلة الأصعب التي واجهت علماء الفيزياء هي كيفية التوفيق بين المطلب التجريبي ومطلب التفسير؛ فكثير من المصطلحات النظرية لا يستطيع أن يفسرها عالم الفيزياء تجريبياً، فلا يجد إلا التخلي عن المذهب التجريبي لصالح المذهب العقلي الذي يبرر بعض الجوانب المعرفية دون اختبار، وعندما يفسر الإلكترون أنه ذو شحنة سالبة والبروتون بالشحنة الموجبة تجريبياً، يجد أن مصطلحا(سالب وموجب) لا يمثلان غياب أو حضور شيء في إحدهما دون الآخر، فماهما إلا مصطلحان يوظفان لإظهار الفرق بين البروتونات والإلكترونات كما تعلن عن نفسها في التجارب التي يمكن ملاحظتها،[15] وبالطريقة نفسها تمكن العلماء من تفسير وجود الإلكترون والجزيء، وكل مصطلح في النظريات العلمية يطلق على أشياء أو خواص لا يمكن ملاحظتها تجريبياً، ولكنه يمثل عنصراً أساسياً لتفسير النظرية، لذا تُعطى هذه المصطلحات المعنى التجريبي، كي لا تُفقد النظرية قدرتها التفسيرية، ويتحقق اكتسابها هذا المعنى التجريبي عن طريق التحول الصوري، وهو تبرير عقلي صوري، له من الأهمية في التفسير ما يتساوى مع التفسير التجريبي للواقع، كما أنه ليس في استطاعة النظرية إكمال بناء هيكلها التفسيري بدونه، وعلى الرغم من عدم إثبات العلماء رؤية الإلكترونات إلا أنهم أقروا بوجودها واستطاعوا رصد حركتها وقياسها حديثاً، فالنظرية العلمية تُخبرنا بوجودها كدالة صورية من أجل تكامل القدرة التفسيرية لها. إذن النظرية الفيزيائية المعاصرة ليست تفسيراً تجريبياً خالصاً، بل تقوم على جانب صوري يمثل التكامل التجريبي.

وطبقاً لماهيتها الصورية، نطرح تعريفاً يوضح بأنها ليست تفسيراً للتجربة، بل هي نسق من القضايا الرياضية يتم اشتقاقه من عدد قليل من المبادئ التي تمثل بقدر من البساطة والدقة فئة من القوانين التجريبية والنظرية، لكننا من خلال هذا التعريف نستنبط تداخلاً بين ما هو صوري وما هو مجرد في القانون الفيزيائي، ولتوضيح ذلك علينا تبيان طبيعة القانون الرياضي وعلاقته بالجانب الصوري الفيزيائي.

ج –الدلالة والصورية والتجريد في القانون الفيزيائي:

بداية يمكن تحليل آراء تيارين كل منهما يُخالف الآخر بصدد التفرقة بين لفظة النظرية ولفظة القانون، فالأول يرى : أن هناك فرق بين القانون والنظرية؛ **فالقانون:**– هو "**مجموعة من القواعد لوصف نمط معين أو سلوك في الطبيعة**"،[16] بينما **النظرية:**– "**هي محاولة لتفسير سلوك تمت ملاحظته مراراً في العالم الطبيعي**" ،[17] أي كل من القانون والنظرية يفسران ظواهر معينة، ولكن النظرية تفسر لماذا يحدث شيء ما، بينما القانون عبارة عن وصف لنمط أو سلوك منتظم في الطبيعة، وأما **التيار الثاني** فيرى: أن التفرقة بين النظرية والقانون هي تفرقة مفتعلة؛ ذلك لأن النظرية تبنى من خلال عدة قوانين وعند إثباتها إما بالتجربة أو منطقية الرياضيات تصبح قانوناً، وكذلك الأمر في كلمة القانون؛ فهو يُبنى أيضاً من خلال عدة فروض أو فرض واحد مبنية على مسلمات وبداهيات تُعد في حكم القوانين، ولكن تطلق كلمة النظرية من حيث الدلالة العامة على العلوم الطبيعية، مثل الفيزياء والكيمياء وغيرها التي تفسر الظواهر الطبيعية، أما لفظة القانون، فهي تطلق في نطاق مجال العلوم الرياضية لعلو درجة يقينها ووضوحها، وبصفة عامةً فإن كلٍ من اللفظين يعبران عن المضمون نفسه، وهو محتوى دلالة لفظة القانون.

وبالنسبة لمفهوم الدلالة والصورية والتجريد، فإن (**نيوتن**) قد عَرف الضوء في **نظرية الابتعاث:**– " **بأنه مشكل من مقذوفات غاية في الدقة تطلقها الشمس وسائر مصادر الضوء بسرعة هائلة، وهي مقذوفات تنفذ عبر كل الأجسام الشفافة، بسبب اختلاف أجزاء الوسط الذي تنفذ عبره، وتتعرض تلك المقذوفات لعمليات التجاذب والتنافر حين تكون المسافة الفاصلة بين الجزيئات المتحركة صغيرة جداً، تشتد قوة تلك العمليات، وتختفي تماما حين تكون المسافة الفاصلة كبيرة إلى حد كاف**"،[18] هذه الفروض التي يتم ربطها بعدة فروض أخرى، تفضي إلى صياغة نظرية متكاملة في انعكاس الضوء وانكساره، وعندما تتضارب هذه النظرية مع **الحقيقة العلمية** القائلة : **إن معامل انكسار الضوء في الماء عند انتقاله من وسط إلى آخر يساوى سرعة المقذوف الضوئي ضمن الوسط الذي يمر فيه مقسوماً على سرعة ذات المقذوف في الوسط الذي يتركه خلفه**"، [19] فإن العالم لا يستطيع تحديد الفرض الذي لا تقبله التجربة.

إن مجموعة الفروض التي قبلها (**نيوتن**) ومن بعده (**لابلاس Laplase**) لاستنباط نظرية تُفسر العلاقة بين معامل الانكسار وسرعة الضوء في مختلف الأوساط لا تفي بالغرض، فعندما تعارضت التجربة مع الحقائق، لم يستطع (**نيوتن**) أو (**لابلاس**) عزل فرض بغية اختباره تجريبياً، ولكن ما تسنى لهما هو اختبار مجموعة من الفروض، مع معرفتهما أن من بين تلك الفروض يوجد فرضاً واحداً على الأقل ضمن تلك المجموعة يُعد باطلاً ويتعين تعديله، غير أن التجربة لا تحدد أيا من الفروض لتلك المجموعة يتوجب تعديله،[20] هذه المشكلة التي تواجه العالم الفيزيائي في صياغة النظرية لا يستطيع تجاوزها بسهولة، مما جعل وظيفة التجربة فقط تحقيق الفروض وليس تفنيدها، كما أن القدرة التفسيرية

للتجربة أصبحت قابلة للشك، مما جعل الاعتماد التجريبي على العلاقات السببية والمبادئ النظرية والمعادلات الرياضية، هو الجانب الأهم لتحقيق التجربة، وهو ما يكسبها اليقين العلمي.

بناءً على ذلك، أصبح نهج الإثبات للقانون الفيزيائي قائماً على ثلاثية التحقيق، الذي يتمثل في الجانب الصوري غير القابل للتجريب لكونه مبرهناً ذاتياً؛ أما التجربة والملاحظة والمستنبط منهما وأيضاً الدعم الرياضي فذلك للاتساق المنطقي. وهذا ما يُشير إليه (**دوهيم Douheim**) في تعريفه **للنظرية الفيزيائية** وبنيتها قائلاً:" **إنها ليست تفسيرا للواقع، بل نسقاً من القضايا الرياضية** "،[21] وتأكيداً لما سبق، فقد ظهر في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر (**النظرية الحركية للغازات**) التي افترضها كل من (**برنولي Bernoly**، **وماكسويل وبولتزمان Boultisman**) هذه النظرية تم اشتقاقها من الافتراضات الآتية :

1. جزيئات الغاز في حركة مستمرة عشوائية في جميع الاتجاهات وتتحرك في خطوط مستقيمة.
2. أبعاد الجزيئات مهملة عند مقارنتها بالمسافات بينها.
3. قوى التجاذب بين الجزيئات مهملة.
4. تتناسب سرعة هذه الحركة تناسباً طردياً مع درجة الحرارة المطلقة، ومن ثم تتناسب الطاقة الحركية لها مع درجة الحرارة المطلقة.
5. عند الاصطدام بجزيئات أخرى أو مع أي سطح فإنها ترتد دون تغير في السرعة.
6. ضغط الغاز ما هو إلا نتيجة لاصطدام تلك الجزيئات بجدران الوعاء الخاوي.[22]

من مجمل هذه الافتراضات يتم استنباط المعادلة الحركية للغازات المثالية (**Pv = rt**) وليس من واقع التجربة وهذا ما نوه إليه (**دوهيم Douheim**)، مشيراً إلى أن الجانب الصوري في القانون الفيزيائي يختلف عن المجرد؛ أي: رموز القانون ذات دلالة صورية، بينما التنسيق الرياضي للمعادلة هو المجرد، وهو قانون رياضي مُعمم للحالات المشابهة، لذا استخدم فروض النظرية الحركية للغازات، في استنباط العلاقة بين حجم الغاز وضغطه وطاقة الحركة له، (**أي استنباط المعادلة الحركية**)، كما استخدمت تلك المعادلة لاستنباط الغازات ودراسة سلوكياتها، وتُعرف المعادلة (**Pv1/3 MNc2**) بالمعادلة الحركية،[23] ومن فرض النظرية الحركية استطاع العلماء استنباط قوانين عده منها:– قانون بويل، قوانين افوجادرو، وقانون دالتون للضغوط الجزئية.

ولكن يمكن نقد تفرقة (**دوهيم**) بين الصوري والمجرد في القانون الفيزيائي، ذلك لأن المجرد ما هو إلا جزء من النسق الصوري، والتفرقة بين جزء من كل تُعد تفرقة مُفتعلة، فالنسق هو الشكل الصوري المجرد الذي ترتبط أجزاؤه بروابط منطقية، ويتضمن رموزاً تنقسم بدورها إلى دالة أي: تدل على ظواهر محددة، ورموزٍ مجردة تستعمل في بنية النسق الصوري نفسه للتعبير عن كموم وكيفية علاقات تدل عليها الرموز الدالة.

لا مراء في أن ما ذُكر آنفاً، يبين أن القوانين الفيزيائية ليست تجريبية خالصة، بقدر ما هي قضايا رياضية مشتقة بأحكام تتلاءم مع فروض نظرية، وتقوم بتنبؤ نظريات جديدة، وبناء على ذلك يتم توحيد النظريات من خلال اشتقاق البدهيات غير المبرهنة التي يُسلم الفيزيائي بصحتها ويختزلها، وهوما يُعرف بالاختزال البيني.

د –الأختـزال البيـنـي للـقـانـون:

تُعد فكرة الاختزال البيني للقوانين العلمية من سمات التطور، فقد تضمنت قوانين (**كبلر Kiplare:1630م**) كل من قوانين (**بطليموس Batlimuss:168م**، **وكوبرنيق Cobernicus:1543م**)، وذلك من خلال اشتقاقه لبعض البدهيات التي يُسلم بصحتها بالرغم من عدم برهنتها تجريبياً، ولكن تأسست نظرية (**كبلر**) على هذا الافتراض المسبق، لكون فروضه تُعد من الاستنتاجات العقلية التي يُسلمَ بصحتها في تلك الفترة الزمنية.

كما عمل (**نيوتن**) في القرن السابع عشر على اختزال نظرية كل من (**كبلر، وجاليليو Galileo:1640م**) في الحركة من ضمن قوانينه الثلاثة التي أقامها لدحض فكرة ميتافيزيقية سائدة في تلك الفترة، تُقر بوجود اختلاف بين الحركة السماوية والحركة الأرضية ، فقد بين (**نيوتن**) أنه لا يوجد اختلاف ظاهر بينهما وما يطبق على الحركة الأرضية يطبق على حركات الكواكب والنجوم،[24] وأصبحت نظرية (**نيوتن**) فيما بعد النظرية الأساسية في الحركة بعدما اختزلت قوانين (**كبلر وجاليليو**) وأصبحت بدهيات النظريات السابقة (**المختزلة**) أساسية بالنسبة لنظرية نيوتن وهذا يسمى "الاختزال البيني للنظريات"،[25] واستمرت الطريقة الاختزالية في العلم واستعملت في القرن العشرين، فعندما ظهرت النظرية النسبية الخاصة والعامة وميكانيكا الكوانتم، وكانا أكثر عمومية من ميكانيكا نيوتن، لذلك اختزلت نظرية النسبية ميكانيكا نيوتن الأقل عمومية عن طريق افتراضات عقلية، وتحديد سرعة الضوء اللانهائية، وأن السرعات الأُخرى التي تتوصل إليها أبطأ من سرعة الضوء، والافتراض العقلي الآخر أن الطاقة تصدر من كميات مستمرة ولا تصدر متقطعة في وحدات جد كوانتات. [26]

وجدير بالذكر أن الاختزال البيني للنظريات، هو اختزال للنظريات حتى لو كان في صور ميتافيزيقية. أراد (**نيوتن**) من خلال الميكانيكا إبعاد الفكر الميتافيزيقي عن العلم الفيزيائي ولكنه لم يستطع؛ لأن قوانينه لم تُعمم استقرائياً من خلال الخبرة الحسية، كما أنها ليست موضوعاً للتحقيق المباشر من الخبرة الحسية، وإنما فروض صورية، ومصادرات عَبَر عنها بصيغ رياضية، لذا لم تتحقق بالتجربة المباشرة، بل كانت كثيراً ما تتعارض مع حقائقها.

كما أن قانون الجاذبية هو الآخر لم يحقق تحقيقاً مباشراً تجريبياً، بل هو فرض رياضي ناتج عن آثار للحركة؛ فقوى الجاذبية بين الأجسام الحاضرة أمامنا لا تدرك إدراكا حسياً مباشراً: الأجسام مدركة وقوة الجاذبية غير مدركة. كما أن (**نيوتن**) لم يبرهن على وجود قوة تجذب الكواكب نحو الشمس، وإنما كان يبرهن فقط على أننا إذا اتخذنا قوانين الحركة مقدمات، وقضايا (**كبلر**) التجريبية مقدمات ثانية، كانت النتيجة قانون الجاذبية لتلك المقدمات، أي: لزوماً منطقياً، بناءً على هذا الاستدلال المسبق. لذا تُعد قوانين نيوتن الثلاثة، فروضاً صورية ليست مشتقة اشتقاقاً مباشراً من الخبرة الحسية، ولا يوجد سبيل لتحقيقها تجريبياً، أي: إن ما يمكن إثباته النتائج الرياضية أو المنطقية

فقط لتلك الفروض، وهذا التصور الصوري لميكانيكا نيوتن يُعد بدهيات لنظرية النسبية، ومنها الفروض والمصادرات والمعادلات الرياضية، واختُزلت مثل سابقاتها من النظريات التي تضاربت مع حقيقتها التجريبية، ولكنها متناسقة منطقياً بصورتها الرياضية وهي ما أعطى لها أحقية الشرعية العلمية.

من مجمل ما سبق، يتبين لنا أن القانون الفيزيائي ودلالته الرمزية، له ما يميزه عن القانون الرياضي المجرد، بالرغم من وحدة التشابه بينهما في العلاقات المنطقية للقانون، والصورة العامة الرمزية لكلاهما؛ أما فيما يتعلق بطبيعة تلك الرموز، هو ما سنتطرق إليه في المبحث الثاني، الذي جعل المقارنة بينهما أمراً ضرورياً لمعرفة طبيعة الاختلاف والتشابه لتلك القوانين.

ثانياً: القوانين الرياضية

تُعد الرياضيات بجميع فروعها وقوانينها لغة للعلم التي من خلالها تُثبت وتُصيغ نتائج التجارب العلمية وتُفسر الظواهر الطبيعية المختلفة، فمن خلال قوانينها استطاع العلم تفسير وتبسيط الظواهر الطبيعيّة المختلفة وعمل أنظمة رياضيّة تُحاكي هذه الظواهر وتقوم بتوضيحها، فهناك العديد من القوانين الرياضية التي تمّ استخدامها في مجالات عدة وأدت إلى تطورها؛ مثل الفيزياء والكيمياء وغيرها.

فعلم الرياضيات يبحث في الأعداد، والمساحات، والعمليّات الرياضية، والأشكال الهندسية، والاحتمالات، والعديد من المجالات الأخرى بصور مجردة؛ فالمفهوم الرياضي أو المعادلة الرياضية يصلحان للتطبيق المباشر في عددٍ لا حصر له من التطبيقات، ومثال ذلك: المعادلات التفاضلية تُعد أساساً لعددٍ من التطبيقات كالأنظمة الكهربائية، والميكانيكية، والكهروميكانيكي، وأنظمة التحكم، ... إلخ. فالمعادلات التي توصّل إليها العلماء في هذا العلم من الممكن أن لا تنطبق على أي تطبيق في زمن اكتشافها، بل بعد فترةٍ طويلة من الزمن، كما يمكن أن نجد المعادلة الرياضيّة الواحدة تنطبق على العديد من التطبيقات التي تتبع لعلوم مختلفة في آنٍ واحد، وهذا التجريد هو الذي جعل الرياضيات مرتكزاً للعلوم.

أ – التجريد الرياضي والتجربة:

عُرفت **الرياضيات** قديماً:" **أنها علم الكم والمقدار**".[27] وهذا التعريف لا يتماشى مع وظيفتها المعاصرة، فلم تعد تُعرف طبقاً لموضوعها، لكونها اصبحت كُلاً متسقاً يضم فروعاً عديدة لا يدخل بعضها تحت مقولة الكم أياً كان (منفصلاً أو متصلاً)؛ فأصبحت تُعرف حسب منهجها؛ بأنها العلم الاستنباطي، أو العلم البرهاني.[28] وبذلك تحتاج الرياضيات لنقطة بدء، أي: أسس أو مبادئ، تبدأ منها لاستنباط قضاياها ونظرياتها، وتلك الأسس أو المبادئ قليلة العدد وغير قابلة للبرهان وهي (**التعريفات والأصول والمسلمات**). هذه المبادئ لا تُبرهن في العلم الرياضي؛ وإنما يبرهنها التصور المنطقي الرياضي لذاك العلم، عن طريق مبادئ تستند إليها براهين النظريات الرياضية المباشرة أو مما سبق برهانه من النظريات بواسطتها.

وجدير بالذكر أن هناك اختلافاً بين الفلاسفة على أسبقية التجريد والتجربة في علم الرياضيات؛ فالأول يرى أن الرياضة كعلم مجرد، قامت في الأصل على أمور مادية تجريبية، ثم تمكن العقل بعد ذلك من تجريدها وانتزاعها من مادتها تدريجياً فأصبحت مجردة، ومن ثم تمكن

العقل بقدرته الإنشائية القائمة على مبادئ العلم الرياضي، إعطاء التجربة صورتها الصورية، وطبقاً لذلك يكون للعقل نشاط لا يحوي على أطر مسبقة؛ بل فيه قدرة على الإنشاء، وهذه القدرة مكنته من تجريد الواقع، وجعل القوانين الفيزيائية ذات الرمزية الدالة قوانين صورية ذات الرابط المنطقي، لذا أوضح (**جورج سارتون G.Sartone:1956م**): "**أن الرياضيات المشخصة هي أولى العلوم الرياضية نشوءً فقد كانت في الماضي تجريبية ثم تجردت من هذه التأثيرات، فأصبحت علماً عقلياً**"،[29] أما الثاني (**جان بياجيه J.piagete:1950م**) فيرى: "**أن الرياضة نشاط بنائي وإنشائي يقوم به العقل ليعطي التجربة صورتها**".[30] ويعني بذلك أن الواقع الحسي منطلق التفكير الرياضي، أما صورته التجريبية فهي نتاج النشاط والإنشاء العقلي لقراءة التجربة والرمزية (**الدالة والمجردة**). لذا كانت الفيزياء إحدى العلوم التي كثيراً ما استعانت بالتطبيق الرياضي في قوانينها.

ب-الرياضيات والقانون الفيزيائي:

يبحث علم الفيزياء المعاصر في الظواهر الطبيعية ويحاول تمثيلها وإيجاد تفاسير لها من خلال علم الرياضيات، وما يقدّمه هذا الأخير من معادلات مختلفة يمكن أن تُوظّف بشكل أو بآخر في التوصل إلى نتائج مرضية ومقنعة في الفيزياء. وهو ما عدَّ الرياضيات واحدة من أهمّ الدعائم التي يمكن لها أن تعمل على إثراء الفيزياء، وتدعيم النظريات المختلفة التي تقدمها.

لذلك توظف الفيزياء –المعاصرة- النماذج الرياضية والتجريدات، في محاولة لفهم الطبيعة واستنتاج القوانين الفيزيائية التي تفسر سلوك الأجسام الطبيعية، بهدف تفسير الظواهر الفيزيائية، ومن ثم التنبؤ بها،[31] أما بالنسبة لأهمية تلك العلاقة فمن البديهي أن العلم بصفة عامة – والفيزياء بصفة خاصة – يتقدم بتطور لغته، التي تقدمت بدورها عندما استخدمت الرموز بدلاً من المفاهيم المتكررة، ويُعد (**أرسطو Aristote:356 ق.م**) أول من استخدم الرموز في المنطق،[32] ومنه انتقلت إلى الرياضيات، التي انتقلت هي برموزها إلى الفيزياء، فاستحالت الفيزياء إلى صور رياضية، وتقدمت الفيزياء تقدماً كبيراً بعد انتقال الرياضيات إليها.

لقد بدأ ارتباط الفيزياء بالرياضيات مع (كبلر) عندما صاغ قوانين سقوط الأجسام بصورة رياضية، وذلك في القرن السابع عشر.[33] ومن ثم تابعه (**ديكارت Descartes:1650م**) في تقديره لحركة الكواكب تقديراً كمياً، كما ساعدت الرياضيات العالِم (**إسحاق: نيوتن**) على اكتشاف القواعد الأساسية للحركة؛ بفضلِ التقدم الذي أدلى به في حساب التفاضل والتكامل، في حين تهدف بعض التخصصات الرياضية (**الرياضيات التطبيقية**) إلى فهم الكيانات المادية، كما أدى تطور(الهندسة الجبرية) بشكل رئيسي في تطوير المعرفة الرياضية البحتة،[34] وبذلك أثبت العلماء منذُ القرن السابع عشر أن يقينية القوانين الفيزيائية لم تتأت إلا من خلال صياغتها في صورة رياضية، لكون لغة الرياضيات أكثر دقة ووضوحاً ويقيناً من غيرها من العلوم.

ومن أبرز الأمثلة المعاصرة على تلك العلاقة الوطيدة نظريّة النسبية (**لأنشتاين**)؛ فقد أظهرت صورتها الرياضية أنّ الضوء يحيد عندما يمرّ بالمجال الذي تؤثّر فيه جاذبية أي جرم سماوي ضخم الحجم يوجد في الفضاء الخارجي، وقد تُمّ التأكد بعد ذلك من خلال التجربة العمليّة؛ حيث أظهرت نتائج الدراسات صحّة الفرضيات التي وضعها العالم (**أنشتاين**) التي كانت مبنيّةً أساساً على الحسابات الرياضية. كما كان

(**لأنشتاين**) كشفا مهماً وأساسياً غَيَّر تماماً كيفية رؤيتنا للكون؛ هو القول بأن المكان والزمان ليسا مطلقين وأن الجاذبية ليست ببساطة قوة تعمل على جسـم أو كتلة، بل إن الجاذبية المرتبطة بأي كتلة تقوم بانحناء المكان والزمان (الزمكان) نفسه، اعتمدت هذه النظرية في الأساس على هندسة (**ريمان Remann**)، كما كان لها تأثيرات هائلة على مستقبل فيزياء الفضاء وعلم الكونيات، فقد فسرت شذوذا حسابياً بسيطاً ولكن غير متوقع في مدار عطارد، وأظهرت كيف أن ضوء النجوم ينحني ووضعت الأساس النظري للثقوب السوداء. [35]

وفي عام **1909م**، بدأ عالم الرياضيات (**ديفيد هيلبرت D.Hilpert**) تطوير أدوات رياضية لدراسة المساحات ذات الأبعاد اللانهائية، التي كانت تُستخدَم منذ أكثر من 10 سنوات لإضفاء الطابع الرسمي على ميكانيكا الكم، وأدى هذا التطوير التجريدي الرياضي إلى تطوير التطبيقات العلمية للبحث في النظريات الأساسية في الفيزياء، لذا كثيراً ما تُوصف هذه العلاقة –الرياضيات بالفيزياء–بالمنطقية؛ "إن الفيزياء تقدم للرياضيات المشكلات (المسائل البحثية) الأكثر إتقاناً ودقة".[36]

أدى كلٌّ من (الرياضة ورموزها) دوراً مهماً للفيزياء، فالرموز دور اقتصادي للجهد العقلي والوقت أكثر من الألفاظ، بجانب دقة دلالتها واكتسابها لمعنى اصطلاحي نتيجة لتكرارها،[37] كما جعلت الرياضة العلاقات الفيزيائية بين مفاهيمها علاقات كمية لا كيفية، فأصبحت التفسيرات الفيزيائية مكممة بعدما كانت وصفية كيفية، وباتحادهما معاً –الرياضة ورموزها– استطاعت الفيزياء استنباط علاقات بسيطة من العلاقات المعقدة، وبذلك أصبحت لغة الفيزياء لغة استنباطية منطقية ورمزية في آن واحد. [38]

وبناءً على ذلك لا حديث عن يقينية النظريات الفيزيائية دون الرياضيات، وفي ذلك يقول (**ليون برنشفيك L.Branschiweng**) : " **إذا فقدت الفيزياء طابع التقدير الكمي للظواهر، صارت مجرد إحساس لكيفيات قابلة للوصف لا غير**"،[39] **وبذلك يكون النهج الفيزيائي نهجاً وصفياً بدون الرياضيات. والمنهج الوصفي أقرب للعلوم الإنسانية من التطبيقية، أما (جاليليو) فقد أكد على أهمية تلك العلاقة بقوله: "إن الفيزياء لا تجيب إلا عن الأسئلة المطروحة عليها بصيغة رياضية** ".[40]

نتيجة لذلك أصبحت الرياضيات الوسيلة الوحيدة لبلوغ الحقيقة التي لا يتخللها الشك أو الريب، لما تمتاز به من دقة ووضوح، مما جعل (**برانشفيك**) ينظر إليها على أنها المعيار الوحيد لليقين العلمي قائلاً:" **إن العمل الحر الخصب للفكر، يبدأ من العصر الذي جاءت فيه الرياضيات، لأنها زودت الإنسان بالمعيار الصحيح للحقيقة**"،[41] وبهذا المعيار هيمن عالم الأعداد على معظم العلوم، ليس خيالاً، وإنما واقع يُعاش.

كما عرف (**بيير دوهيم**) النظرية الفيزيائية قائلاً: "**ليست النظرية الفيزيائية تفسيراً يساوي الواقع، بل هي منظومة من القضايا الرياضية المستنتجة من عدد قليل من المبادئ، والهادفة إلى صياغة مجموعة من القوانين التجريبية بأكثر ما يمكن من البساطة والشمول والدقة** "،[42] من التعريف يتبين أن الاستنباط الرياضي عملية وسيطة، غايتها دعم الفروض الأساسية للنظرية، بربط العلاقة بين المقدمات والنتيجة رياضياً لتفسير الواقع.

ولكي يُقيم الرياضي هذه العلاقة عليه أن يضمن في صياغته ظروف التجربة، وترجمة هذه الظروف في صورة أرقام عبر القياسات – هذا فيما يخص مقدمات المعادلة – وعلى نحو مماثل يشير في قياسات النتيجة ما يناظرها من حقيقة يمكن ملاحظتها، أي عليه أن يلحق بالتعبير الرمزي في بدئه ومنتهاه ما يناظره في الواقع، وتحويل اللغة العددية إلى قراءة تصاغ بلغة التجربة، وفي هذا الخصوص رأى أنصار المذهب العقلي والمثالي أن المفاهيم الرياضية مفاهيم عقلية قبلية، وأحكام الرياضة أحكام تركيبية،[43] أما (**كانط Kant:1650م**) فقد صنف القضايا الرياضية، قضايا قبلية، لاحتوائها على الضرورة التي لا تستخلص من التجربة،[44] وبذلك تكون المفاهيم الرياضية هي معانٍ في العقل قبلية فطرية، وبالإمكان تطبيقها على جميع الوقائع الجزئية بصرف النظر عن الواقع.

بهذا التصور غدت الرياضيات التي تُصاغ بها التجارب المفسرة للواقع معان قبلية، لا تُقوم النظرية ولا تُخبرنا عن الواقع شيئاً، بل هي استعاضة استخدمها الفيزيائي عن القوانين ذات النهج التجريبي المباشر، لتحل محل التعبير اللفظي، فهي تُستخدم لترتيب القوانين دون حذف منها أو تعديلها، فتقوم النظرية بوضع ما يشبه فهرس المحتويات والفصول التي من خلالها يتم وضع تقسيمات منهجية موضع الدراسة، وهي تشير إلى القوانين التي يتعين ترتيبها تحت كل فصل؛ أما ما يخص طبيعة العلاقة بينهما، فلا أسبقية لإحداهما عن الأخرى، ولا أفضلية، فكلاهما مكمل للآخر.

ولو نظرنا للدقة الرياضية في صياغة النظرية الفيزيائية، لوجدنا أن هذه الدقة تمثل الحقيقة الصورية التي لا تُترجم الحقيقة الملاحظة، بقدر ما تُشير العلامة بالشيء الذي تُشير إليه، فما يوجد في معمل الفيزيائي من أجهزة وأدوات للقياس، لإثبات النظرية لا يقدم تفسيراً لظواهر فيزيائية بطريقة تماثل الواقع، بل صدقها قائم على تنسيق الدلالة الرمزية للمفاهيم وفقاً لروابط منطقية ذات الصيغة الرياضية التي لا تتعارض مع القوانين التجريبية، إن للتجربة دور في صياغة النظرية يتكافأ مع الرياضيات في إثبات الحقائق العلمية وتيقنها؛ أما المبادئ الرياضية غير المبرهنة تجريبياً، تُعد الركيزة الأولى للتجريد وتجعل ميل النظريات الفيزيائية للجانب الرياضي أكثر من كونها تجريبية، وهذا ما جعل الفيزيائيين يستخدمون قواعد الرياضيات ومناهجها لصياغة النتائج التي توصلوا إليها، لتسهيل فهم الظواهر والتعبير عنها في صورة أدق وأوضح؛ فعلى سبيل المثال المعادلة الرياضية $\mathbf{E= M C^2}$ تنبئ بالصيغة الرياضية أن لكل جسم ذي كتلة طاقة مرتبطة به والعكس،[45] وهذه الحقيقة منها ما لا يدرك بالحس مثل الطاقة، ولكنها تُفسر غموض الواقع الذي أوضحته المعادلة، بذلك أصبحت الرياضيات ضرورية، وهي كما عبر عنها (**إميل بوترو E.Petroe**) بأنها "علم الضرورة"،[46] فهي النموذج الأمثل للضرورة المنشودة في الاستدلال العقلي واليقين الآني، وتتحدد تلك العلاقة في إثبات إحدى الفروض أو أكثر، أيهما أصح من الناحية الواقعية، وصياغة تفسير رمزي للنظرية في صورة أكثر دقة.

ج –الرابط المنطقي الفيزيائي والرياضي:

سبق وأن أوضحنا العلاقة بين الرياضيات والنظرية الفيزيائية ليس لإثبات النتائج فقط بقدر ما تهدف الرياضيات لتبسيط وتسهيل فهم الواقع ونقل الصورة الحقيقية له، لذا عملت الفيزياء التجريبية بإجراء التجارب على النتائج المستخلصة من الواقع لإثبات صحتها، واكتشاف ظواهر طبيعية جديدة،[47] إذ تتحد العلاقة بين المجالين الفزيائيين (النظري والتجريبي) لإثبات صحة المعادلة الرياضية عن طريق التجربة من خلال ما يُعرف بالتوافق المنطقي الرياضي.

إن الحديث عن التوافق المنطقي في نظرية النسبية يتطلب معرفة البعد التاريخي للانقلاب الجذري على المفاهيم الكلاسيكية، خاصة المتعلقة بالزمان والمكان، الذي معه جعل (**أنشتاين**) المبدأين متوافقين منطقياً بعد أن كانا غير منسجمين وهما: مبدأ النسبية: مبدأ العطالة عند (نيوتن)، ومبدأ ثبوت سرعة الضوء الناتج من تحويلات (**لورانتز Lowrantes**). فقد اعتمد (**أنشتاين**) على المنهج النقدي ـ الذي بدأ مع (**ليبنتز Lepentens وماخ Mache**) فلسفياً وانتهى بالنقد العلمي ـ في نقده لمفهومي الزمان والمكان، ليبرر اكتشاف نظرية النسبية ذات المنهج النقدي الفلسفي ذي الأبعاد العلمية؛ فقام (**أنشتاين**) بتعديل مبدأ النسبية في الميكانيكا الكلاسيكية حتى أصبح قادراً على استيعاب النظرية الكهرومغناطيسية، أي استبدل تحويلات جاليليو بتحويلات (**لورا ينتز**)، حتى أصبحت الأخيرة قادرة على استيعاب الأولى،[48] لقد كانت الطريقة المستعملة للتحويل عند جاليليو تقوم على أساس أن الزمان ثابت مطلق، وأن الجسم يبقي (هو هو) لا يتغير، فلو فرضنا أننا نريد قياس جسم– أو حادثه– يوجد في منظومة مرجعية تتحرك بالنسبة إلى منظومتنا المرجعية (**وهي صاروخ يسير بسرعة كبيرة ومنتظمة**)، وإن إحداثيات هذا الجسم في منظومتنا المرجعية قبل حركته هي "**A**" للطول، و " **B**" للعرض، و " **D** " للعمق، و " **C** " للزمن، ونفترض أن هذا الجسم شمعة تحترق في الزمن: فإن تحويلات (**جاليليو**) تعطينا الإحداثيات التالية التي تحدد ذلك الجسم عند حركته :

C.A+H= A
B = B
D = D
(سرعة الجسم = H) C =C

وبإدخال معامل الانكماش "**اللورانزي**" (**بالنسبة إلى الطول**) أو **التمدد** (**بالنسبة إلى الزمان**)، ومن تأمل المعادلة الخاصة بذلك، يتبين أن الطول يميل إلى الانكماش، وأن الزمن يميل إلى التمدد؛ هذا التغير يعني أن لكل ظاهرة تتحرك بالنسبة إلى الأخرى زمناً خاصاً بها، وليس هناك زمنا عاماً ولا مطلقاً،[49] وهذا ما يثبته الإثبات المنطقي للمعادلة، لا الواقع المدرك؛ لأنه لو أُدرك واقعياً لانكمشت حركة عقارب الآلة الخاصة بضبط الوقت.

هذه الإحداثيات – إحداثيات **جاليليو ولورانتز**– كانت تطبق وفق قوانين تركيب السرعات، فقام (**أنشتاين**) بقلب هذه التصورات، ورأى أن أمر جمع السرعات لا يستقيم إلا إذا ما تعلق الأمر بسرعات كبيرة تصل إلى سرعة الضوء،[50]هذا الافتراض (**لأنشتاين**) كان طبقاً لحسابات رياضية، في تلك الفترة كان (**أنشتاين**) على علم بما قدمته النظرية الكهرومغناطيسية، وخاصة تجربة (**ميكلسون Meklson ومورلي Mamorly**) ودراستهما الهادفة لمعرفة مدى تأثير حركة الأرض على سرعة الضوء وتأكيد أو إبطال وجود الأثير، توصلت تجاربهما ـ **ميكلسون ومورلي** ـ إلى نتائج لا تتوافق مع قانون تركيب السرعات، وهي أن سرعة أشعة الشمس لا تتغير، إنها دوماً 300 ألف كلم في الثانية، وهذا يعني عدم وجود الأثير. فقام (**فيتزجيرالد Fetsgiralde**) بافتراض فرض مؤداه: "**أن حركة جسم ما يسير بسرعة قريبة من سرعة الضوء تسبب له في انكماش من جهة حركته**".[51] فذهب العلماء إلى قياس مقدار هذا الانكماش، حتى توصل **لورانيتز** عام (**1903م**) إلى تحديد مقدار هذا الانكماش وصياغته في عبارة جبرية تُسَمَى **معامل الانكماش اللورانزي**.[52]

عمل (**أنشتاين**) على إدخال (**معامل الانكماش**) بالنسبة إلى الطول أو التمدد بالنسبة إلى الزمن، وأكد على شرعية تحويلات (**لورانتز**) وحدود تحويلات (جاليليو) فأصبحت قيمة الانكماش تقاس وفقاً لمعادلة رياضية $M = \frac{M^{\circ}}{\sqrt{1-\frac{V_2}{C_2}}}$ ، وفي ذلك يقول (**أنشتاين**):" **باتخاذ هاتين الفرضيتين الأساسيتين حصلنا على قانون تحويل الإحداثيات المتعامدة** ".[53]

إن هذا الترابط المنطقي بين المبدأين يؤكد إدراك أنشتاين وتأثره بـ (**ماخ**) عندما أشار بكلية وانسجام وتناغم ظواهر الطبيعة، وفهم هذا الانسجام لا يكون إلا بفهم العلاقات المنسجمة والمتناغمة، أي أن النظرية العلمية يجب أن تستجيب لمنطق الأحداث في الطبيعة، وهذا ما فعله (**أنشتاين**) عندما أنشأ نظريته النسبية من فك اللبس بين النظريتين بطريقة منطقية إيماناً منه بذلك، وتأثراً بـ (**ماخ**)، وقدم للعالم تفسيراً منطقياً واضحاً للقياسات المرتبطة بالزمان والمسافات في الفضاء، معتمداً على العلوم الرياضية لأهميتها في الربط المنطقي للعلاقات وفي ذلك يقول: "إن الهندسة ليست معنية بالعلاقات بين المفاهيم والأشياء الواقعية، ولكن فقط معنية بالروابط المنطقية لهذه المفاهيم فيما بينها.[54]

من هنا ندرك أهمية التفكير الرياضي الذي تعوزه العقلية المنطقية المجردة، ويُعد (**بوانكاريه Poincarea**:**1934م**) من أكثر المفكرين منطقياً في النسبية، فقد اهتدى (**بوانكاريه**) إلى الطريق المؤدي إلى نظرية النسبية دون أن يحسم المسألة تجريبياً، لكونه رياضياً أكثر منه فيزيائياً، فعبارة "نسبية الفضاء" نجدها بمفهومها الهندسي في كتابه (**العلم والفرضية**) إذ يقول : "**يبدو لي من وجهة أولى أن انزياغ الضوء والظواهر البصرية المترابطة تمنحنا الوسيلة لتحديد الحركة المطلقة للأرض، أي حركتها ليس بالنسبة للكواكب الأخرى، ولكن بالنسبة للأثير**"، [55] وبذلك يشير (**بوانكاريه**) لأهم مسألة علمية وهي الحركة المطلقة للأرض بالنسبة لفرضية الأثير، التي كانت بمثابة نقطة تحول مهمة في تاريخ الفيزياء.

كما عَرف (**بوانكاريه**) و(**لورانتز**) نسبية الزمان والفضاء، ولكنها ظلت غامضة ضمن حدود علمية أبستيمولوجية معينة، نتيجة الشك حول مسألة الأثير، ولم يقطعا الخطوة الحاسمة في اتجاه تلك المسألة،[56] فكانت كل تلك الأبحاث العلمية قاعدة ينطلق منها (**أنشتاين**) لبناء النظرية النسبية على الصورة الرياضية والنقد والتحليل المنطقي للظواهر أكثر من كونها تجريبية.

إن جميع التغيرات التي تَحدث عنها (**أنشتاين**)، التي تُعد الأساس العلمي للنظرية النسبية، لا يمكن مشاهدتها حسياً، لكنها تنسيق رياضي مجرد، فما يلحق الأطوال من انكماش، والكتلة من تمدد، وفكرة الزمكان، والتحويلات بنوعيها – باستثناء ما يتعلق بالزمان – جميعها لا يمكن إدراكها حسياً، فالمعادلات الرياضية وحدها تثبت إمكانية وجودها وتحدد خصائصها، لذا كثيراً ما استعان (**أنشتاين**) ـ وغيره من العلماء ـ بأمثلة خيالية (**توأم لا نجوفان**) لتقريب الفكرة الرياضية للأذهان، ولإيضاح الترابط المنطقي وتناسقه. هذا الجانب العقلي المجرد كان الأهم في البناء العلمي للنسبية القائمة على الفرضيات الرياضية التي تعكس جوهر العالم. إن (**أنشتاين**) وتفسيره لواقعية العالم بفرضيات رياضية مجردة يتضح في الصلة بين الفرضيات الرياضية والواقع.

د –الـريـاضـيـات تـنـظـيـر مـجـرد مـن الـواقــع.

يقول (**أنشتاين**) في هذا الخصوص: "**إن الفرضيات الرياضية تعود إلى مواضيع خاصة بخيالنا، وليس إلى مواضيع الواقع، وهكذا فإن الرياضيات كانت نتاجاً للفكر البشري المستقل عن التجربة**"،[57] كيف لنا أن نفسر هذا القول بعدما أصبحت الفيزياء المعاصرة لا تعترف إلا بالحقيقة التجريبية المعطاة عن صورة معادلات رياضية وما عداها لا معنى له.

لقد بين (**أنشتاين**) أن الرياضيات متجذرة في العالم الخارجي، وتنشأ من حاجة الناس العلمية لها قائلاً: "**من المؤكد أن الرياضيات عموماً، والهندسة خاصة تدين بوجودها إلى الحاجة لمعرفة شيء ما حول سلوك مواضيع الواقع** "،[58] لأنه يرى أن إدراكنا للعالم هو نتاج الإدراكات الحسية التي تمثل المادة الأولية للإدراك، ولكنها غير معالجة، أي: يمكن أن تؤدي إلى اعتقاد أو توقع، ولكن ليس إلى معرفة، لعجزها عن معرفة القوانين والعلاقات الثابتة، لذا من خلال العمل العقلاني ومن وراء الإدراكات الحسية ندرك حقيقة الظواهر، ونضعها في صورة رياضية، وهذا ما يعني بقوله:– الرياضيات تستند على خيالنا، أي هي تنظير مجرد ومستنبط من العالم الواقعي من خلال وعينا.

إن إمكانية (**أنشتاين**) لإدراكه للواقع من وراء الإدراكات الحسية، توضح الجانب الأهم في إيمانه بالرياضيات كصورة حقيقية للواقع، وأيضاً إيمانه العميق بوجود سلسلة القوانين في الطبيعة المحكومة بقانون "السببية" المدَّرك من خلال العمل العقلاني القائم على نتائج الإحساس، لذا رأى في الرياضيات وتناسق أجزائها بشكل منطقي أنها الصورة المثلى للعالم الواقعي حتى وإن كانت لا تستنبط من التجربة، ولكنها استنتاج عقلي، وكذلك تُعد المعادلة الأكثر شهرة في الأوساط العلمية: " $E= M C^2$ " معادلة رياضية أكثر من كونها فيزيائية، وتعود أصولها إلى بحوث (**لورا ينتز**) حول تقلص الجسم في اتجاه حركته.[59] لقد افترض (**لورانتز**) أن كتلة الجُزيء تتغير بتغير سرعته، ولكنه ظل يفترض وجود الأثير، بينما "أنشتاين" – وفقاً للمعادلة– استبعد الأثير، وظل هذا الافتراض محل الشك حتى من أنشتاين نفسه ؛ إذ يقول لـ (**أرنفست Erenfest**) في حوار معه: "لقد واجهت صعابا فيما إذا كان ما نسميه بـ (**تقلص لورانتز**) حدث واقعي أم مجرد خيال بمعنى رياضي فقط "،[60] ويضيف قائلاً :" ... **رغم ذلك فإنه يوجد تقلصاً واقعياً**"،[61] وهنا يفرق (**أنشتاين**) بين الواقع والخيال موضحاً أن ما يبنى على أسس رياضية هو ضرب من الخيال لكونها رموزاً مجردة، وبذلك يصرح ضمنياً أن الأساس العلمي للنظرية النسبية الخاصة القائم على الإثبات الرياضي، هو مجرد خيال بمعنى رياضي.

وجدير بالذكر أن نشأة النسبية الخاصة قد أُنجزت في فترتين: الفترة الأولى: المرحلة "**السينماتيكية**" وتتضمن جديد الزمان والمكان والحركة التي تأسست عليها الفترة الثانية، وهي المرحلة " **الديناميكية** "، وتتضمن معادلة تكافؤ الكتلة والطاقة، ولقد بُنيت المرحلة الثانية على نتائج الأولى، [62] وهنا تكمن مشكلة النسبية. وهي تعارض الإطار الرياضي وفيزياء الفضاء الفارغ مع مفهوم الديناميكا، وذلك لكون المفهوم الجديد للفضاء الفارغ (الزمكان) يصف فضاءً فارغاً مثالياً، وفكرة " التكافؤ" تتعلق بالقياسات المادية، فكيف؟، بل أين تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية والجزئيات الصغيرة جداً في هذا الفضاء المثالي؟ وكيف لنا أن نكافئ بين ما هو مادي ذي قياس مدرك (الكتلة) وبين ما يستنتج عقلياً (الطاقة)؟، هذه الأسئلة وغيرها كانت الداعم الفكري لـ (**أنشتاين**) لتطور النسبية الخاصة وصولاً لما يعرف بالنسبية العامة.

ترتكز النسبية العامة على مبدأ أساسي، نصه كما يلي: " **يبقي الجسم في حالة سقوط حر، مادام غير خاضع لتأثير أية قوة كهرومغناطيسية**"،[63] ومعنى ذلك أن التسارع والجاذبية متكافئان وأنهما معاً عبارة عن سقوط حر، وما توصل إليه (**أنشتاين**) من تساوٍ بين قوة الجاذبية وقوة التسارع ـ جعله يقرر أن الجاذبية ليست قوة، بل هي عبارة عن سقوط حر.[64] وبذلك يرى (**أنشتاين**): " **أن الفيزيائي لا يتوصل إلى نظريته إلا عن طريق التأمل الفكري والاستنتاج في طريقته، ولا يذهب من الوقائع إلى النظرية؛ بل من النظرية المفترضة إلى الوقائع والمعطيات التجريبية**.[65] "

هذا الاتجاه الفكري الذي اتخذه (**أنشتاين**)، كان نتيجة لاستثمار فكر (**هيوم Heaume**) النقدي وتأثره بمنهجه الاستنباطي، كما نلحظ مدى اعتماد (**أنشتاين**) على استقلالية العقل عن الظواهر لتكوين الصور المتناسقة التي يجسدها العالم في صورة المعادلات الرياضية، التي تحكمها علاقات منطقية يؤكدها توافقها مع الواقع لأننا نعيش في إطار الممكن، والممكن كما يقول (**بشلار Bashlare**):" **هو الإطار الماقبلي للواقع** ".[66]

هـ –التناظر الرياضي والفيزيائي:

يُمكن القول بأن أحد الأسباب الكامنة وراء نجاح الرياضيات في الوصف الكمي لسلوك الطبيعة هو التناظرات، وبذلك تتجلى كوصفٍ مناسب لهذه التناظرات التي يفيض بها العالم الفيزيائي: فالتناظر هو التطابق وعدم التغير؛ فقولنا بتناظر مثلث ما حول محور عمودي، يعني قيام المحور بتقسيم المثلث إلى قسمين متطابقين، ويمكن تعميم مفهوم التناظر على القوانين الفيزيائية والرياضية، مثال ذلك: قانون حفظ الطاقة، هذا القانون غير محقق عند قياس طاقة جملة كمومية أثناء فترة قصيرة من الزمن، فوفقاً لمبدأ الارتياب (**لهيزنبرج Hesenpeargе**)، يُقايض قياس الطاقة بقياس الزمن،[67] وهو نتيجة مباشرة لرياضيات أخرى غير تلك التي تصف التناظرات.

وتتضح هذه المقايضة في الحديث عن التفاعل الضعيف الذي يُحوّل النيوترون إلى بروتون، وفي هذا التفاعل نجد أنَّ الجسيم (البوزون) الذي يُعرف بجسيم (دبليو)، الحامل للقوة الضعيفة، يتمتع بطاقة أعلى بثمانين مرة من طاقة التفاعل ككل، وفترة استقرار هذا البوزون قصيرة للغاية، ومن ثم يبدو الأمر وكأنه قام بمقايضة الطبيعة ومساومتها على فترة وجوده.[68]

إن قانون حفظ الطاقة، الذي يُعد من أهم أسس الفيزياء، قانون (**رياضي إحصائي**)، فلو كانت فترة القياس كبيرة جداً، سيسعى الارتياب في تحديد الطاقة إلى الصفر، إذن هو قانونٌ تقريبيٌ، لكنَّه يتمتع بدرجة هائلة من الدقة، وليس مطلقاً.

وهذه التقريبات ستبقى غير مساوية للحقيقة المطلقة، التي يغيب وجودها حتى الآن عن عالم الفيزياء، إذن يُمكننا القول: إن الرياضيات لغة المطلق الآني، كما هي لغة الحقيقة، ففي التحليل الرياضي، نجد أنَّ القوانين تعكس حالة الطبيعة، لكن هذا الانعكاس يحدث وفقاً لتقريبٍ محدد، فعند محاولة إيجاد حلولٍ للمعادلات التفاضلية الفيزيائية، غالباً ما ينتهي الأمر بحلول عددية تقريبية، أو نشر تابع فيزيائي ما، نجهل

صيغته التحليلية إلى سلسلة لا متناهية، وتُأخذ فقط أولى حدودها، أو صيغة أخرى، تتجاهل الأعداد الصغيرة جداً، التي لن نتمكن من قياسها في التجارب، وبناءً على ذلك، نجد أن دقة قوانين الفيزياء مرتبطة بدقة القياس الرياضي.

مما سبق يمكن القول: إن الصورة الرمزية تجمع بين القانون الفيزيائي والرياضي، ولكن رمزية القانون الفيزيائي تُعد رمزية دالة على ماصدقات الظواهر الطبيعية، سواء أكانت خاضعة للإدراك الحسي أم العقلي غير المحسوس؛ أما رمزية القانون الرياضي فهي ذات طبيعة مجردة تتصف باليقين، لذا تُعد الرياضيات النهج اليقيني للقانون الفيزيائي الذي يستحيل إلى الصيغة الصورية التي يتسم بها القانون الرياضي.

ثالثاً: الاستحالة الصورية

ما الذي يجعل الطبيعة متوافقة مع القوانين التي نستخلصها منها؟ وما الذي يجعلنا نستخلص قوانيناً متوافقة مع الطبيعة؟ سؤالان محوريان نستبين من خلالهما شروطا اعتبارية للقوانين (**الفيزيائية والرياضية**) ومن أساسيات لتكوين المبدئي لهما والتفرقة بينهما، متمثلة في الروابط المنطقية، والمنهج المستخدم، وكيفية التوفيق بين الرمزية الدالة من جهة والرمزية التجريدية من جهة أخرى وصولاً للاستحالة الصورية، التي تعني انتقال الدلالات والمفاهيم الفيزيائية إلى الصور الرمزية الرياضية بعلاقاتها المنطقية.

أ –الضرورة المنطقية للقوانين.

إن الفروض التي تستخدم لحل المشاكل العلمية هي وسيلة لتفسير الظاهرة أو الظواهر موضع الإشكال أو السؤال، وكي تصبح هذه الفروض قانوناً علمياً، تُرمز بإحدى الصورتين (**الدالة أو المجردة**)، وعادةً ما تُعرف قضية القانون العلمي على أنها قضية كلية، ولكن ليس كل قضية كلية يمكن أن تكون قانوناً علمياً، لأن هناك صفات مميزة تختص بها قضايا العلم الكلية وتنفرد بها دون غيرها، فكلية قضايا العلم لا تتسم بـ" الكلية العرضية"، بل يجب أن تُعبر عن علاقة ضرورية بين الأشياء المذكورة في القانون، سواء كانت تلك الضرورة ضرورة منطقية أو عِلِيّة، وأنه بدون استخدام مفهوم الضرورة لا يمكن التمييز بين الكليات القانونية.[69]

وفي هذا الصدد تُوصف قضايا الرياضيات بالضرورة المنطقية، إذا كان نفيها يمثل تناقضاً في القول؛ ومثال ذلك: تُعد القضية القائلة بأن " اثنين زائد اثنين يساوى أربعة " قضية ضرورية منطقياً، لكون نفيها يؤدي إلى تناقض، بينما هذا التعريف لا ينطبق على أي قانون طبيعي، إذ لا يوجد قانون يمكن أن نقول أنه ضروري منطقياً، لأن بإثبات هذه الصفة سيفقد العلم سمة التطور، حتى لو تخيلنا مرحلة من مراحل التقدم العلمي استطاع العلماء فيها القول بأن كل قوانينهم الطبيعية ضرورية منطقياً، فسيكون معنى هذا أنه بإمكانهم أن يُبينوا صحة القانون دون الرجوع إلى التجربة الحسية؛ لأن الطريق لتبيان صدق القضايا الضرورية هو إعطاء برهان استدلالي من النوع الموجود في الرياضيات والمنطق، حيث لا يشار إلى التجربة الحسية إطلاقاً، وهذا ما لا يمكن أن يثبت في ميدان العلوم التجريبية.

كما يعتقد البعض أن القوانين الطبيعية تتميز بكونها تعبيرا عن ضرورة عِليّة، لكن يُبين (**ديفيد هيوم**) أن القضايا العليّة ليست في حقيقة الأمر إلا حكماً بارتباط دائم بين الأشياء، وليس في هذا الارتباط أي ضرورة؛ فبالتجربة الحسية نجد ترابطاً بين النار والإحراق، ولكن لا يُشاهد بالحس "عِلَّة ضرورية" تربط النار بالإحراق،[70] لقد دافع (**هيوم**) عن رأيه بحجج قوية، إذ أخذ يثبت بأن القانون القائل" النحاس موصل جيد للكهرباء" يعني الآتي : إن أي شيء موجود الآن أو وُجد في الماضي أو سيوجد في المستقبل الذي يحقق الشروط المطلوبة ليوصف بأنه نحاس هو في الواقع موصل جيد للكهرباء.

طرح (**هيوم**) هذه الإشكالية في إطار فلسفي معرفي، عندما ربط بين فكرة ثبات القوانين وعموميتها، وأرجع ربط هذه العلاقة لمبدأ السببية، وذلك بعدما نقل هذا المبدأ – السببية – من الحوادث الطبيعية إلى الفكر قائلاً : " **فالرابطة السببية – وهي ترجع إلى العادة – قائمة بين أفكارنا لا بين الظواهر، والضرورة ليست في الأشياء، بل في الفكر**"،[71] نتيجة لذلك تحولت السببية من الموضوعية إلى السببية الذاتية التي تقوم على التوقع، ربما لا شيء يضمن في الطبيعة وتغيراتها صحة التوقع، وهذا ما جعل كانط يبحث عن الإثبات المنطقي في العلوم مثل يقينيته في الرياضيات.

وبذلك يتبين لنا أن الضرورة السببية للقانون الفيزيائي أولى الأشكال الصورية له لكونها قائمة في الفكر، ووسيلة لتكامل يقينية القانون التجريبي، بينما هناك من يرى التفسير المنطقي لصورية القانون قائم على ما يُعرف بالدالة الرياضية.

ب –الـدالـة الـريـاضـيـة:

يوجد في علم الطبيعة نوعاً ثالثاً من القوانين يقرر بأن أحد مُتغيرين هو دالة للآخر بالمعنى الرياضي، تُعرف **الدالة** في الرياضيات بأنها: "**إذا ارتبط مُتغيران بحيث أن أي قيمة تُعطى لأحدهما ينتج منها تحديداً لقيمة الآخر، فإن الثاني يكون دالة الأول**"،[72] التحديد هنا هو لعلاقة بين كميات بحيث إن أي تغير في الكم الأول يصاحبه تغير في الكم الثاني. مثال ذلك: **قانون الغازات** القائل بأن ضغط **كمية معينة من الغاز × حجم الغاز= مقدار ثابت × درجة الحرارة المطلقة**، هذا ليس قانوناً عِليّاً. فهو لا يقول بأن تغير درجة الحرارة يكون مصاحباً لتغير في الضغط أو الحجم أو الاثنين معاً، كذلك قانون "جاليليو" لسقوط الأجسام، الذي يقول بأن المسافة التي يقطعها **جسم ساقط = 1/2 × مقدار ثابت × ن^2**، حيث **ن^2** هي الزمن الذى يستغرقه الجسم في السقوط، ما يقوله القانون هو أن التغير في المسافة يرتبط بالمدة الزمنية المستغرقة في قطع المسافة، وهذان ليسا قانونين عِليّين، لأنهما لا يفيان بالشرط الرابع للقوانين العِليّة، فنحن هنا نستطيع تحديد حالة تالية من تحديدنا لحالة سابقة، كما نستطيع تحديد حالة سابقة من تحديد حالة تالية.

والقوانين الاحتمالية أو الإحصائية، مثل القانون القائل بأنه لو ألقي نرداً مكعباً (**تتشابه وجوهه الستة تماماً**) عدة مرات، فإن احتمال ظهور وجه معين سيكون **1/6**، مثل هذه القوانين لا تقرر علاقة مضطردة غير متغيرة بين حادثين، كل ما تقرره أنه بعد سلسلة من المحاولات، فإن حادثاً معيناً يكون مصاحباً لحادث آخر بدرجة تردد نسبية غير متغيرة، هذه ليست قوانين عِليّة بالمعنى الدقيق، وإن كانت لا تتناقض مع مفهوم العِليّة، ولكنها دلالات رياضية.

ج –منهجية الاستدلال في القوانين.

يُمَيَّز عادةً في العلم بين نوعين من الاستدلال؛ الاستدلال الاستنتاجي الذي يقوم على (**مبدأ الهوية وعدم التناقض**)، وهو استدلال يُستخدم في الرياضيات والمنطق معتمداً على صورية الفكر: وبما أنه يتناول صورية الفكر، فإن التقيد بمبدأ الهوية يكفي لضمان صحة النتائج من الناحية الصورية؛ أما النوع الثاني: الاستدلال الاستقرائي فهو يتناول معطيات التجربة، والانتقال من حوادث جزئية إلى القانون العام، والحوادث الجزئية موجودة في الطبيعة، أما القانون العام فهو من إنشاء الفكر، لذا تُستخدم الصورة الرياضية في الصياغة العامة للقانون الفيزيائي، والاستدلال الاستنتاجي لاستحالته للصياغة الصورية. وقد سببت عملية الاستقراء وصولاً للقانون العام العديد من الإشكاليات منها: ما يتعلق بالسؤال عن طبيعة المبادئ غير المنطقية الخاصة بالاستدلال الاستنتاجي التي يرتكز عليها الاستدلال التجريبي (**الاستقراء**). والأخرى تتمحور حول أساسيات صدق هذه المبادئ في نفوسنا.

وفي هذا الصدد، أشار (**كلود بيرنارد K.Bernande**) إلى أن الفصل بين الاستقراء والاستنتاج، والقول بأن الأول خاص بالعلوم التجريبية والثاني خاص بالرياضيات، أمر ينطوي على قدر كبير من التعسف؛ لأن الاستنتاج الاستقرائي مؤقتاً ويحتاج إلى التحقق التجريبي،[73] ومن جهة أخرى جميع العلوم تستعمل المنهجين؛ لأن بها أشياء مدركة وأشياء نعتقد إدراكها، فالأشياء غير المدركة في الرياضيات نقوم باستقرائها مثل علم الفيزياء، دون اختلاف بصدد البحث عن المبادئ أو القوانين فكلاهما يستقرئ ويقترح الفروض ويبحث عن التجربة، ولا يختلف الرياضي عن عالم الفيزياء إلا عندما يصل كل منهما إلى القضايا العامة، وهذا يرجع لاختلاف المبادئ التي ينطلق منها كل علم؛ فالعلم الرياضي مبادئه تؤخذ على أنها يقينية لكونها مطابقة للفكر: أما الاستدلال التجريبي، فالأمر يختلف لأن القضايا العامة والمبادئ التي يستند إليها نسبية لكونهما يعبران عن علاقات معقدة ليس في وسع الباحث الجزم فيها، لذلك يرى **الباحثون "أن رؤية الظاهرة تقترن في الأذهان دوماً بفكرة السببية، فمن ملاحظة ظاهرة ما تتكون لدينا فكرة عن عِلّتها، ثم تدخل هذه الفكرة– الفرضية – في عملية استدلالية تنتهي بتجربة نراقب بها تلك الفرضية"**.

ومن مجمل تلك الأساسيات، تُصبغ القوانين بتلك الخاصية الصورية، فقد أشار (**لوروا Le.Roi**) إلى كيفية فكرة الاستحالة قائلاً: "**إن القوانين العلمية تغير بالتدريج المعطيات الواقعية، فهي تُعيد صياغتها وتشكيلها مما يبعدنا أكثر فأكثر من الاتصال المباشر مع الطبيعة**"،[74] موضحاً بأن هذه القوانين في المرحلة الأولى لها مجرد رموز تُشير لحوادث، ولكن بمجرد صياغتها في صورة قانون – مجرد رموز– تُصبح أساساً تقوم عليه الأشياء، أي: بناء رمزي يُشيد عليه الحوادث، وقد انتقد (**بوانكاريه**) هذا الرأي حيث عَدَّلَ العلاقات بين القوانين والواقع، موضحاً أن القوانين الطبيعية هي قوانين الإمكان لا قوانين الضرورة، بمعنى أنها حقائق الواقع لا حقائق العقل. بينما أكد (**ميرسون Mearsone**) على أن هذه القوانين وحدها لا تكفي الفكر البشري لتفسير الظواهر ومعرفة كيفية حدوثها وأسبابها، في حين عارض (**برانشفيك**) كل الاتجاهات بشدة، ورأى أن عالم التجربة عالم فقير وسطحي، وبناءً على ذلك فإن للعقل دوراً مهماً وأساسياً في نمو المعرفة ونشوء عوالم جديدة للتواصل مع الطبيعة، وأن النظرية الفيزيائية الرياضية لا يمكن أن تنمو بواسطة المبادئ وحدها، لكونها بذلك تصبح

نظاماً نظرياً صورياً محضاً لا علاقة له بالواقع،[75] لذلك وجد إلزام الربط بين إبداعات الفكر الرياضي وعمليات التحقق التجريبي من الشروط الأساسية لصياغة القانون العلمي.

هذه العلاقة بين الرياضيات والنظريات الفيزيائية جعلت من تطورها شيئاً حتمياً، فهذه الفروض المستنتجة عقلياً التي بنت عليها المعادلات: فإن صدقها لا يتعلق بالواقع بل يرجع للارتباط بين المقدم والتالي في نسق معادلة صدقها ضروري وغير ذلك تكون القضية الرياضية متناقضة ذاتياً، لذا فكذبها يستحيل إطلاقاً في أي ظرف وشرط، فالقضية (**4 = 2+2**) لا ترتبط بأي شروط زمانية أو مكانية بل تصدق دائماً، وهذا ما يجعلها صحيحة ومجردة؛ لأن العدد لا يدل على شيء في الواقع، بينما في حال ارتباط القيمة العددية بالواقع وتحولها من صورة عددية لدالة، فإن العدد يتبع الرمزية مثل القانون الرياضي في الجبر(**$A \times A = A^2$**) وهذا الافتراض لا يمكن إنكار صدقه أو إثباته، بينما القانون الفيزيائي (**$E = M C^2$**) فكل رمز لابد أن يشير لمفهوم علمي مُسلم بوجوده أو مُدرك وتم إثباته من خلال ما يُعرف بالروابط المنطقية، وبذلك يتشابه القانون الفيزيائي والرياضي في صورية القوانين والروابط المنطقية التي تربط الأجزاء، ويختلفا في طبيعة النظام الكمي، بالرغم من طبيعتهما الصورية.

د –الكـمـوم والـرمـوز:

تختلف الدالة الرمزية من علم إلى آخر، في القانون الفيزيائي **$F= M C^2$** ؛ ترمز**(F)** للكتلة، كما يرمز **(M)** للطاقة، بينما **(C^2)** لمربع الزمن: أما العدد (**2**) هو عبارة عن رمز دال على كم معياري لإثبات يقينية القانون، وهو ما أكده (**كارناب Carnape**) بقوله: " إنه تأكيد كمي لتأكيد الفرضيات بنسبة مئوية"، [76] في حين باقي الرموز هي رموز ذات دلالة كيفية (نوعية)، والدلالة الكيفية تنقسم إلى نوعين من حيث الإثبات: النوع الأول: هو ما تم إثباته من خلال التجربة مثل (الكتلة)، أما النوع الثاني: ما يُثبت عن طريق الاستنتاج المنطقي العقلي مثل (الطاقة). ومجمل هذه الدلالات في القانون الفيزيائي تقع على ماصدقات.

بينما الكم العددي في القانون الرياضي (**$3 \times 3 = 9$**) هو عبارة عن كم مجرد لا يُشير إلى أشياء واقعية، وفي حالة صياغة القوانين الرياضية في صورة جبرية مثل (**$A3 \times A = 3A^2$**)، فإن الكم العددي (**3**) هو كم مجرد أيضاً، وكذلك الرمز (**A**) ذات دلالة مجردة. وبذلك تكون الرموز ذات الدلالة (**المعيارية أو الكيفية**) في القانون الفيزيائي هي رموز صورية دالة على جميع ما صدق، مقابل الدلالة المجردة للكم والرمز في القانون الرياضي، وباستخدام الدوال الرياضية كأداة من أدوات إثبات الفرضية الطبيعية تستحيل القوانين الفيزيائية إلى صورة رياضية ويمكن أن يُسمى ذلك الانتقال " بالاستحالة الصورية".

الـخـاتـمـة

مما سبق يمكن استخلاص النتائج الآتية:

1-إن القوانين الفيزيائية قديماً كانت تُشتق استقرائياً من عالم الواقع بتفسيرات تأملية لفظية، ولكن ما لبث أن تطور العلم وأصبح أكثر تجريداً، فاهتم بالمفاهيم النظرية والرياضيات واتخذها سبيلاً لبناء مفاهيم أكثر عمومية وتجريدية.

2 -هناك نوعان من الرموز: رموزا دالة، ورموزا مجردة، تختص الأولى بالقانون الفيزيائي وتنقسم إلى نوعين: (**كمية وكيفية**)؛ أما الثانية فهي مجردة وتختص بالرياضيات، وعن طريقها تستحيل القوانين الفيزيائية إلى أنساق صورية.

3-تمثل العلاقة بين الرموز الدالة في القانون الفيزيائي والرموز المجردة في الرياضيات تلازماً منطقياً متبادلاً؛ فإذا كانت الدلالة الرمزية تُشير إلى الواقع؛ فإن الرياضيات التي يستعين بها القانون الفيزيائي أكثر بساطة وأقل تجريداً، وكلما ابتعدت الدلالة الرمزية عن الواقع، كانت الرموز الرياضية المستخدمة ذات درجة عالية من التجريد، ومثال ذلك فيزياء (**كبلر**) ذات الرياضيات الأقل تجريداً من رياضيات (**نيوتن**) التفاضلية.

3-إن القانون الفيزيائي ليس صورة مطابقة للانطباعات الحسية، ولا يمكن أن يكون مشتقاً كلياً من التجربة عن طريق الاستقراء، كما أنه لا يمكن أن يكون مقطوع الصلة بالتجربة، ولكنه يتخذ من التجربة دليلاً؛ لأن التجربة المعيار الوحيد للتثبت من صلاحية البناء الرياضي في الفيزياء.

4 -يحتوي القانون الفيزيائي في بنائه على أقل عدد ممكن من المفاهيم الأساسية والعلاقات مع أعلى معيار من التجريد.

5 -إن التفكير الرياضي الصوري في الفيزياء المعاصرة – النسبية والكمية-قائم على الاعتقاد القائل "**إن الطبيعة تُظهر نفسها للباحث على هيئة رياضية، وهي الجانب الواقعي للمبادئ الرياضية، وعلى عالم الفيزياء معرفة البناء الرياضي للطبيعة**".

6- إن صورية القانون الفيزيائي هي صورة مشابهه لمفهوم الصورية في الرياضيات؛ فإذا كانت الرياضيات – والهندسة خاصة – ذات أبعاد صورية وأُخرى تجريبية، أي أنها تتألف من بدهيات وقواعد استنتاجية ومبرهنات ذاتية بجانب كونها مستوفاة الشروط المنطقية، بعد تفسير تلك المفاهيم الأساسية عن طريق اقترانها بالواقع؛ فإنها تتحول من قضايا صورية إلى تجريبية، ويُحكم على صدقها أو كذبها بالتجربة وليس بالبرهان، وكذلك القوانين الفيزيائية صورية بالمعنى الذي نجده في الرياضيات، أي أنها تتحول لقضايا تجريبية إذا ما تم إثبات تفسير مفاهيمها الأساسية تجريبياً.

7 -في حالة تناقض القانون الفيزيائي تجريبياً مع المعادلة الرياضية، على الباحث أن يُعيد النظر في استدلالاته، أي مراجعة المعادلة الرياضية والأسس التي بُنى عليها الاستدلال، وهذا ما قام به (**رايليغ Ralieghe**) عندما قام بمراجعة الأساس التي تقوم عليها المعادلة التي كذبتها التجربة لإثبات العلاقة بين كمية الأشعة في الجسم الأسود وتوتر موجاتها.

* * * * * * * * * * * * * * *

الـهـوامـش

1. عقيل عزيز داخل: " **الفيزياء العامة الكهربية والمغنطيسية والضوء**"، ط1، ليبيا، منشورات جامعة قاريونس بنغازي، 1992م. ص (20).
2. المرجع السابق، ص (182).
3. المرجع السابق، ص (183).
4. كافنديش: "**كافنديش وقيمة ثابت G** " ترجمة. ابراهيم صيام، تدقيق. جعفر الجزيري، مجلة العلم، مصر، القاهرة، أغسطس 2017م، ص (2).
5. المرجع السابق، ص(2).
6. المرجع السابق، ص (3).
7. البرت أينشتاين: "**النظرية النسبية الخاصة والعامة** "، ترجمة: رمسيس شحاته، مراجعة. محمد مرسى أحمد، القاهرة، دار نهضة مصر، 2000م.ص (129).
8. المرجع السابق، ص(118).
9. المرجع السابق، ص(128).
10. بول موي: "**منطق فلسفة العلوم** "، ترجمة. فؤاد حسن زكريا، القاهرة، دار نهضة مصر، 1962م. ص (294).
11. إليكس روزنبرج: " **فلسفة العلم مقدمة معاصرة** "، ترجمة. أحمد عبد الله السماحى، فتح الله الشيخ، مراجعة. نصار عبد الله، ط 1، القاهرة، المركز القومي للترجمة، 2011م. ص(164).
12. المرجع السابق، ص (165).
13. المرجع السابق، ص (167).
14. رودلف كارناب: "**الأسس الفلسفية للفيزياء**"، ترجمة. السيد نفادي، ط1، لبنان، بيروت، دار التنوير للطباعة والنشر، 1993م، ص (240).
15. أليكس روزنبرج: " **فلسفة العلم مقدمة معاصرة** "، مرجع سبق ذكره، ص (169).
16. ماهر عبد القادر محمد: " **مشكلات فلسفية**"، ط1، لبنان، بيروت، دار النهضة العربية، 1985م، ص (92).
17. المرجع السابق، ص (136).
18. دالي شايبر: "**إشكاليات فلسفية في العلم الطبيعي**"، ترجمة. نجيب الحصادي، ط 1، بنغازي، دار الكتب الوطنية، 2004م. ص (212).
19. المرجع السابق، ص (213).
20. المرجع السابق، ص (215).

21. Duhem (Pierre) : " The Aim and Structure of physical Theory " , Princeton Unwoven press, 1954 , P. 20.

22. السيد على حسن، محمد محسن بدر الصباح: " **مبادئ الكيمياء العامة**"، ط1، القاهرة، دار الكتاب الجامعي، 1997م، ص(11).

23. المرجع السابق، ص (14: 15).

24. عبد الفتاح مصطفى غنيمة: " **فلسفة العلوم الطبيعية**" النظريات الذرية والكوانتم والنسبية"، مصر، دار المعارف، 2000م. ص (28).

25. أليكس روزنبرج: " **فلسفة العلم مقدمة معاصرة** "، مرجع سبق ذكره، ص (155).

26. المرجع السابق، ص (156).

27. محمد ثابت الفندي: " **فلسفة الرياضة** "، ط 1، بيروت، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، 1969م، ص (42).

28. المرجع السابق، ص (43).

29. Carton (George): "The **Study of the History of Science**", with an Introductory, Cambridge, Harvard Press, 1936.P. 10.

30. موريس شربل: "**التطور المعرفي عند جان بياجيه**"، ط 1، بيروت، الحمراء، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، 1986م، ص (96: 98).

31. يورى إيفانون: "**الفيزياء المعاصرة**"، ترجمة. رمسيس شحاته، ط 1، مصر، دار المعارف، 1962م. ص (24).

32. محمد احمد مصطفى السرياقوسي: " **التعريف بالمنطق الرياضي**"، سلسلة التعريف بالمنطق ومناهج العلوم (2)، ط 1، القاهرة، دار الفكر العربي ،1978م. ص (13).

33. معن عبد المجيد إبراهيم: "**مبادئ الفيزياء الرياضية**"، ط 1، مصر، مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع، 2009م. ص (8).

34. المرجع السابق، ص (9).

35. علي المالكي: " **الأسس العلمية والفلسفية لنظرية النسبية المحدودة** "، مراجعة عبد القادر بشته، ط 1، تونس، الدار التونسية للكتاب، 2013. ص (93).

36. The science checklist applied:" **Mathematics**", Understanding Science, March 11, 2017.

37. جلال شمس الدين: " **فلسفات العلوم** "، ط 1، الاسكندرية، مؤسسة الثقافة الجامعية، 2009م. ص (71).

38. المرجع السابق، ص (72).

39. Wong (Chen WA) : " **Introduction to Mathematical Physics**" , Methods & Concepts , 2nd edition , USA , Oxford University Press , 2013 .P,2.

40. Milhorn (H. Thomas): "The **History of Physics**", 1nd, Cambridge, Virtualbookworm.com Publishing, 2008. P. 22.

41. Ibid. 170.

42.محمد عابد الجابري: " **مدخل إلى فلسفة العلوم**" العقلانية المعاصرة وتطور الفكر العلمي، ط 6، بيروت، مركز دراسات الوحدة العربية، 2006م، ص (295).

43.محمد ثابت الفندي: " **فلسفة الرياضة** "، مرجع سبق ذكره، ص (54).

44. المرجع السابق، ص (55).

45.عطيات أبو السعود: " **الحصاد الفلسفي للقرن العشرين**" وبحوث فلسفية أخرى، ط 1، الإسكندرية، منشأة المعارف، 2003م. ص (204).

46.يُمني طريف الخولي: " **فلسفة العلم في القرن العشرين** "، سلسلة عالم المعرفة العدد 264، الكويت، يصدرها المجلس الوطني الثقافي، 2000م. ص (26: 25).

47. محمد عابد الجابري: " **مدخل إلى فلسفة العلوم**"، مرجع سبق ذكره، ص (341:342).

48. المرجع السابق، ص (343).

49. المرجع السابق، ص(338).

50. Whittaker (Edmund Taylor): "**A History of the Theories of A ether and Electricity**", From the Age of Descartes to the Close of the Nineteenth Century, Copyright, Forgotten Books, 2012. P, 319.

51.علي المالكي: " **الأسس العلمية والفلسفية لنظرية النسبية المحدودة** "، مرجع سبق ذكره. ص (104).

52. المرجع السابق، ص (97).

53. المرجع السابق، ص(125).

54. هنري بونكاريه:" **العلم والفرضية**"، ترجمة: حمادي بن جاء بالله، ط1، لبنان، بيروت، المنظمة العربية للترجمة، 2002م [، ص (247).

55.علي المالكي: " **الأسس العلمية والفلسفية لنظرية النسبية المحدودة** "، مرجع سبق ذكره، ص (52).

56. Arianrhod (Robyn): "**Einstein's Heroes**" Imagining the World through the Language of Mathematics", USA, Oxford University Press, 2006, P, 135.

57. Ibid, P, 133.

58.علي المالكي: " **الأسس العلمية والفلسفية لنظرية النسبية المحدودة** "، مرجع سبق ذكره، ص (97).

59. المرجع السابق، ص(98).

60. المرجع السابق، ص(98).

61. المرجع السابق، ص(99).

62. محمد عابد الجابري: " **مدخل إلى فلسفة العلوم**"، مرجع سبق ذكره، ص (349).

63. المرجع السابق، ص(355).

64.فيرنر هيزنبرج: " **فيزياء وفلسفة** ثورة في الفيزياء الحديثة"، ترجمة. أدهم السمان، ط 2، بيروت، مؤسسة الرسالة، 1988م. ص (21).

65.محمد وقيدي:" **فلسفة المعرفة عند غاستون باشلار**"، ط 1، دار الطليعة للنشر والطباعة، 1980م. ص (37).

66. السيد على حسن، محمد محسن بدر الصباح: " **مبادئ الكيمياء العامة**"، مرجع سبق ذكره، ص (534).

67.المرجع السابق، ص (519).

68. ماهر عبد القادر محمد: " **مشكلات فلسفية**" مرجع سبق ذكره، ص (109).

69. زكي نجيب محمود: " **نحو فلسفلة علمية**"، ط 2، مصر، القاهرة، مكتبة الانجلو المصرية، 1980م، ص (291:292).

70. المرجع السابق، ص (290).

71.محمد احمد مصطفى السرياقوسي: " **التعريف بالمنطق الرياضي**"، سلسلة التعريف بالمنطق ومناهج العلوم (2)، ط 1، القاهرة، دار الفكر العربي ،1978م. ص (93).

72.محمد عابد الجابري: " **مدخل إلى فلسفة العلوم**"، مرجع سبق ذكره، ص(285).

73. المرجع السابق، ص(298).

74. المرجع السابق، ص(302).

75. المرجع السابق، ص(308).

المصادر والمراجع

1- **أليكس روزنبرج:** " فلسفة العلم مقدمة معاصرة "، ترجمة. أحمد عبد الله السماحي، فتح الله الشيخ، مراجعة. نصار عبد الله، ط 1، القاهرة، **المركز القومي للترجمة، 2011م**.

2- **البرت أينشتاين:** "النظرية النسبية الخاصة والعامة "، ترجمة: رمسيس شحاته، مراجعة. محمد مرسى أحمد، القاهرة، **دار نهضة مصر، 2000م**.

3- **بول موي:** "منطق فلسفة العلوم "، ترجمة. فؤاد حسن زكريا، القاهرة، **دار نهضة مصر، 1962م**.

4- **جلال شمس الدين:** " فلسفات العلوم "، ط 1، الاسكندرية، **مؤسسة الثقافة الجامعية، 2009م**.

5- **ددلي شايبر:** "إشكاليات فلسفية في العلم الطبيعي"، ترجمة. نجيب الحصادي، ط 1، بنغازي، **دار الكتب الوطنية، 2004م**.

6- **رودلف كارناب:** "الأسس الفلسفية للفيزياء"، ترجمة. السيد نفادي، ط1، لبنان، بيروت، **دار التنوير للطباعة والنشر، 1993م**.

7- **زكي نجيب محمود:** " نحو فلسفلة علمية"، ط 2، مصر، القاهرة، **مكتبة الانجلو المصرية، 1980م**.

8- **السيد على حسن، محمد محسن بدر الصباح:** " مبادئ الكيمياء العامة"، ط1، القاهرة، **دار الكتاب الجامعي، 1997م**.

9- **عبد الفتاح مصطفى غنيمة:** " فلسفة العلوم الطبيعية بالنظريات الذرية والكوانتم والنسبية"، مصر، **دار المعارف، 2000م.**

10-**عطيات أبو السعود:** " الحصاد الفلسفي للقرن العشرين" وبحوث فلسفية أخرى، ط 1، الإسكندرية، **منشأة المعارف، 2003م.**

11-**عقيل عزيز داخل:** " الفيزياء العامة الكهربية والمغنطيسية والضوء"، ط1، ليبيا، **منشورات جامعة قاريونس بنغازي، 1992م.**

12-**علي المالكي:** " الأسس العلمية والفلسفية لنظرية النسبية المحدودة "، مراجعة عبد القادر بشته، ط 1، تونس، **الدار التونسية للكتاب، 2013م.**

13-**فيرنر هيزنبرج:** " فيزياء وفلسفة ثورة في الفيزياء الحديثة"، ترجمة. أدهم السمان، ط 2، بيروت، **مؤسسة الرسالة، 1988م.**

14-**كافنديش:** "كافنديش وقيمة ثابت G " ترجمة. ابراهيم صيام، تدقيق. جعفر الجزيري، **مجلة العلم**، مصر، القاهرة، أغسطس **2017م.**

15-**ماهر عبد القادر محمد:** " مشكلات فلسفية"، ط1، لبنان، بيروت، **دار النهضة العربية، 1985م.**

16- **محمد احمد مصطفى السرياقوسي:** " التعريف بالمنطق الرياضي"، سلسلة التعريف بالمنطق ومناهج العلوم (2)، ط 1، القاهرة، **دار الفكر العربي ،1978م.**

17-**محمد ثابت الفندي:** " فلسفة الرياضة "، ط 1، بيروت، **دار النهضة العربية للطباعة والنشر، 1969م.**

18- **محمد عابد الجابري:** "مدخل إلى فلسفة العلوم" العقلانية المعاصرة وتطور الفكر العلمي، ط 6، بيروت، **مركز دراسات الوحدة العربية، 2006م.**

19-**محمد وقيدي:**" فلسفة المعرفة عند غاستون باشلار"، ط 1، **دار الطليعة للنشر والطباعة، 1980م.**

20-**معن عبد المجيد إبراهيم:** "مبادئ الفيزياء الرياضية"، ط 1، مصر، **مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع، 2009م.**

21-**موريس شربل:** "التطور المعرفي عند جان بياجيه"، ط 1، بيروت، الحمراء، **المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، 1986م.**

22- يُمنى طريف الخولي: " فلسفة العلم في القرن العشرين "، سلسلة عالم المعرفة العدد 264، الكويت، **يصدرها المجلس الوطني الثقافي،2000م.**

23- **يورى إيفانون:** "الفيزياء المعاصرة"، ترجمة. رمسيس شحاته، ط 1، مصر، **دار المعارف، 1962م.**

24- Arianrhod (Robyn): "Einstein's Heroes" Imagining the World through the Language of Mathematics", **USA, Oxford University Press, 2006.**

25- **Carton (George):** "The Study of the History of Science", with an Introductory, **Cambridge, Harvard Press, 1936.**

26- Duhem (Pierre): "The Aim and Structure of physical Theory", **Princeton Unwoven press, 1954.**

27- Milhorn (H. Thomas): "The History of Physics", 1nd, **Cambridge**, **Virtualbookworm.com Publishing, 2008.**

28- **The science checklist applied**:" Mathematics", Understanding Science, March 11, 2017.

29- Whittaker (Edmund Taylor) : "A History of the Theories of A ether and Electricity" ,From the Age of Descartes to the Close of the Nineteenth Century ,Copyright , **Forgotten Books, 2012 .**

30- **Wong (Chen WA)** : " Introduction to Mathematical Physics" , Methods & Concepts , 2nd edition **, USA , Oxford University Press , 2013.**

* * * * * * * * * * * * * * * *