

الواقع الفيزيائي وعلاقته بالرياضيات في تصور جاليليو

The physical reality and its relationship with mathematics in the Galilean conception

د. بومعيزة فوزي

جامعة عبد الحميد مهري – قسنطينة 2 (الجزائر)، bfouziphil@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2020/04/19 تاريخ القبول: 2022/05/30 تاريخ النشر: 2022/06/30

ملخص:

إن ما نهدف إليه في هذا المقال هو بيان الدور المهم والحاسم لثورة جاليليو جاليلي في مجال الفيزياء وما أسفر عنها من صياغة العلم الحديث وإحداث قطيعة نهائية مع فيزياء اليونان والعصر الوسيط، كما نسعى في دراستنا لتبيان القفزة الاستمولوجية التي انبثقت عن تصور جاليليو الجديد لظواهر الطبيعة ومنهج المتبع في ترييض الطبيعة على اعتبار أنها مكتوبة بلغة رياضية في جوهرها، هذا التصور أسس لنموذج فريد يتعاطى مع الظواهر بموجب رؤية وصفية لا تبحث عن التفسيرات الجوهرية الميتافيزيقية، ومن خلال هذا التصور نخلص إلى أن جاليليو كان يقارب الوقائع الفيزيائية كما هي ولا يهتم بتعليل وجودها الغائي، وهذا ما أحدث قفزة نوعية في فهم الطبيعة والكون. كلمات مفتاحية: الترييض، الثورة العلمية، المنهج العلمي، النموذج، الواقع الفيزيائي.

Abstract:

Our objective in this article is to explain the important and decisive role of the Galilean revolution in the field of physics and what led to the formulation of modern science and we also seek, in our study, to demonstrate the epistemological leap which emerged from Galileo's new conception of the phenomena of nature and his approach that is based on the mathematization of nature on the grounds that it is written in a mathematical language in its essence.

This conception established a unique paradigm that treats phenomena according to a descriptive view that does not seek essential metaphysical explanations, and in light of this vision we conclude that Galileo approached physical facts as they are and was not interested in explaining their final

existence, which made a qualitative leap in the understanding of nature and the universe.

Keywords: Mathematization; paradigm; physical reality; scientific method; scientific revolution.

مقدمة:

لا شك في أن العلوم الفيزيائية الحديثة تتميز بخاصية هامة وهي استخدام وتطبيق الرياضيات في معرفة الطبيعة، ويمكن إرجاع هذه الخاصية إلى ديكارت أولا، لكن تحقيقها الفعلي يعود إلى جاليليو في مجال الفيزياء، وإلى لافوازييه في مجال الكيمياء لاحقا.

ولهذا كثيرا ما يرجع العلماء ومؤرخو العلوم الفضل في الثورة العلمية في حقل الفيزياء إلى العالم الإيطالي الشهير جاليليو جاليلي (1564-1642) وبدرجة ثانية إلى إسحاق نيوتن (1642-1727)، وهذا نظرا لإسهامهما في صياغة نموذج Paradigm جديد يعبر عن الوقائع العلمية بصفة تقطع مع التصورات القديمة، وقد تم هذا بعد سيادة الفيزياء الأرسطية بكل جهازها المفاهيمي لعدة قرون، حيث كانت تعتبر بأنها فيزياء قادرة على تفسير الطبيعة غائيا *la cause finale*.

لكن تطور الأفكار الفيزيائية الكبرى، خاصة ما قدمه كل من كبلر وكوبرنيك ساهم في تشكيل نظرة حديثة للكون والطبيعة والمادة ومكانة الإنسان في الوجود الطبيعي، وساهم أيضا في تبلور قوانين فيزيائية أصبحت تعد نموذجا لكل العلوم الأخرى، خصوصا مع جاليليو الذي اتخذ موقفا موضوعيا ونقديا من الإرث الأرسطي في تصور العالم والكون، وعارض بشدة الفيزياء المهيمنة لأنها لا تقوم على التجربة التي تتجاوز الظواهر، وهنا تجلت عبقرية جاليليو الذي استطاع أن يدرك بأن العوامل التي تتحكم في الظواهر الملاحظة ليست سوى تعقيدات دخيلة على الواقع، وبأن حقيقة الواقع خلف تلك الظواهر إنما تحدده علاقات ذات بنية رياضية، وحتى يتجاوز التناقضات بين تلك الظواهر والقوانين الحقيقية التي تحكمها كان لزاما على جاليليو تفسير الظواهر بطريقة عقلانية مكنته من التوصل إلى معرفة موضوعية، ومن هنا حدس بأن كتاب الطبيعة يعتمد الرياضيات لغة له، ولهذا أصبح يوصف بأنه رائد المنهج العلمي الحديث، لتمكنه من إجراء ملاحظات بشروط تمكن من التحكم فيها، بل وابتكر: "فن التبسيط وعزل العناصر الجوهرية في

مسألة ما، وإنعام النظر في أفكاره عبر الغيوم التي تخفي البساطة الكامنة في النظم الحقيقية، تماما مثلما فعل عندما نظر عبر مقرابه الحقيقي وشاهد تعقيد السماوات " (أتكينز، 2009، صفحة 11)

إشكالية البحث:

من خلال ما سبق نصل هنا إلى إشكالية الدراسة ونسأل كيف أقام جاليليو صرح منهجيته العلمية على صورية الرياضيات وواقعية ظواهر الفيزياء؟، وانطلاقا من هذه الإشكالية الرئيسية سنحاول الإجابة عن الإشكالية الجزئية التالية: كيف أسست القطيعة الجاليلية لفيزياء واقعية تجاوزت الفيزياء الأرسطية؟.

منهج البحث:

وفي هذه الدراسة ارتأينا استخدام المنهج التاريخي التحليلي محاولة منا لفهم الرؤية الاستمولوجية الجاليلية في التعامل مع مختلف ظواهر الفيزياء، لهذا كان من الضروري العودة إلى التصور الأرسطي باعتباره الرؤية التي صبغت فيزياء العصور الوسطى، هذا من جهة، واعتمدنا المنهج التحليلي لأنه الأنسب في مقارنة الفلسفة الطبيعية الجديدة التي أسسها جاليليو بكل جهازها المفاهيمي عن الميكانيكا والحركة.

2. تصور جاليليو للواقع الفيزيائي وعلاقته بالرياضيات

إن الخيط الناظم لفلسفة جاليليو يتمحور أساسا حول رغبته القوية والمتزايدة في إيجاد تصور جديد للفلسفة الطبيعية وأيضا حول الفلسفة الطبيعية التي يجب اتباعها، وقد نذر حياته لهذه المهمة الصعبة في تلك الحقبة، أين سيطر التقليد الأرسطي للفلسفة الطبيعية، حيث استبدل جاليليو مقولات أرسطو بمجموعة مفاهيم ميكانيكية لاقت قبولا في أغلب الأوساط العلمية آنذاك، بل ومن خلال المنهجية الجديدة التي أرساها جاليليو في مقارنة ظواهر الطبيعة، استكمل علماء آخرون تطوير علوم جديدة أصبحت بدورها علامة على الفلسفة الطبيعية الجديدة، ولهذا يعتبر الكثير من مؤرخي العلم أن منهج جاليليو في التفكير أصبح طريقا ومسلكا للثورة العلمية، وتتمثل أهم معالم منهجه في " تفكيك ما يصار وصفه إلى عناصر بسيطة (تحليل الظواهر)، تقديم الفرضيات، التحقق منها بواسطة التجارب (بما في ذلك التجارب العقلية)، تعليل النتائج وتقديم قوانين طبيعية تصاغ بشكل رياضي " (كونزمان، 2007، صفحة 95)

إن طريقة جاليليو في التفكير تعتبر حجرا أساسا في تدشين ما يصطلح عليه حاليا بالمنهج العلمي، إذ صاغ فلسفة طبيعية غير مسبقة في إطار جديد وبلغة جديدة وبهذا " يعتبر من أوائل من وضع أن بإمكان الانسان أن يفهم عمل هذا العالم وأيضا أننا يمكن أن نفهمه بملاحظة العالم الواقعي " (Hawking, 2007, p. 22)

إن البحث عن الحقيقة في تصور جاليليو لا يمكن أن يستقى بصفة قبلية من الميتافيزيقا ولا من المنطق الخالص ولا حتى من التجربة لوحدها، بل هي وليدة حوار دائم بين التجربة والرياضيات، أي بين عالم التجربة الفيزيائية وبين عالم الرياضيات المعقول intelligible، فكان جاليليو ينطلق من تحليل الظواهر إلى أبسط عناصرها وينتهي بترييض تلك الملاحظات la mathématisation de ses observation، أي أنه في " معالجته للمشاكل الفيزيائية، كان يربط الواقع بالواقع، أي الرياضة، وذلك بتخيل تصورات رياضية لم تستمد من الملاحظة الحسية، بل ركبت تركيبا عقليا حتى تسمح بإمكان معرفة الواقع " (يفوت، 1986، صفحة 44)، وهذا أساسا أعظم إسهامات جاليليو لأنه حول اهتمام الفكر إلى العلاقات القائمة بين مختلف الظواهر، بدل التصور الأرسطي القائم على الاهتمام بالظواهر نفسها بغية البحث عن عللها القصوى.

وقد برهن على أطروحته بما يسمى التجربة الذهنية Expérience de pensée في تجربته الشهيرة حول سقوط الأجسام، أين برهن رياضيا أن الأجسام حين تسقط تخضع فقط لنفس القانون بصرف النظر عن كتلتها la masse، وأبعادها les dimensions، وأشكالها les formes، بشرط أن تكون الجاذبية هي القوة الوحيدة المؤثرة، ومن ثم تيقن جاليليو من أن واقع الظواهر يختلف بل يتناقض مع ما تقرره الحواس في المعطى المباشر والملاحظ، وأكد على أن المنهج الرياضي يتعارض مع الخبرة الحسية، واستشهد على ذلك بنظرية كوبرنيك في علم الفلك التي تعد نصرا للرياضيات على الحواس، وأوضح جاليليو أن المنهج الرياضي أكثر قوة وصدقا وإحكاما مما نجده في الاستدلال مما لدينا من وقائع، فأصبحت الطبيعة معه كتابا لا يمكن قراءته إلا من زاوية رياضية تقوم على مبدأ سيادة العقل على التجربة، بل ذهب إلى القول أنه يستطيع من التجارب استنباط نتائج صحيحة إذا ما طبقنا المنهج الرياضي في سائر العلوم الطبيعية، و"بذلك ولد العلم بشكله الحديث، وأتى عهد الصيغ الرياضية التي تحكم تصرفات الجمل الفيزيائية" (ديفيس، 2006، صفحة 26).

و قد قرر في مقولته الشهيرة الطبيعة الرياضية لكتاب الطبيعة قائلا: "إن كتاب الكون مكتوب بلغة الرياضيات، وحروفه هي المثلثات والدوائر وباقي الأشكال الهندسية، وبدون تلك الحروف يستحيل أن نفهم كلمة واحدة". (Lefranc & Morfaux, 2005, p. 323)

إذن فالرياضيات تمثل أبلغ وأدق لغة يمكن أن تصاغ بها العلوم الطبيعية الدقيقة والصلبة، وقد صبغها جاليليو بصبغة أنطولوجية إذ اعتبرها وسيلة فهم وتفسير مختلف ظواهر الطبيعة و بعبارة أخرى أصبحت المعقولة الرياضية هي التعبير الأنسب عن الواقع المادي كما لاحظناه، وهي وحدها القادرة عمليا ونظريا على تزويدنا باليقين في براهيننا، لأن جاليليو مع كونه ينطلق في افتراضاته من الوقائع إلا أنه يعيد تفسير تلك الوقائع وفق منهجه الرياضي.

بل لعله بهذا التصور كان سباقا لفكرة مهمة جدا طرحت في القرن العشرين والتي ترى أن الواقع الموضوعي ذو طبيعة رياضية بحتة، أي أن الرياضيات ليست فقط وسيلة تعبير عن الواقع، بل هي الواقع نفسه، وأصبحت الصفة العلمية *la scientificité* لا تطلق إلا على العلوم القابلة للترييض *les sciences mathématisables*، ويمكن الإشارة إلى أن ديكرات قد ساهم في هذا الاتجاه، أي في تصوره الرياضي للمادة، وهذا لان المادة عنده ما هي إلا الامتداد *la matière est l'étendue géométrique*، وطبعا مصطلح الامتداد هو مفهوم رياضي.

إن تصور جاليليو بخصوص استبدال التجارب الساذجة بتجارب مصطنعة وفق نماذج رياضية وإيمانه بأولوية وأسبقية النظرية على الوقائع، هو أهم ما يميز الممارسة الفيزيائية الحديثة فالتجربة كما تصورها جاليليو "تتمثل في تفاعل مخطط مع الطبيعة وموجه عن طريق نظرية، والتجربة المصطنعة تبني من أجل استكشاف واختبار النظرية" (Chalmers, 1987, p. 194)

ويتجلى تصور جاليليو بوضوح في مشكلة الحركة، إذ من المعلوم سيادة التصور الأرسطي الذي قرر أن السرعة تتناسب طرديا مع الكتلة، فكلما كانت الأجسام أثقل كان سقوطها أسرع، وبأن الأجسام تكون في حالة سكون دائم ما لم تدخل عليها قوى خارجية، وكأن السكون هو الحالة الطبيعية للأجسام، هذا ما دفع جاليليو للتساؤل من جديد وبطريقة مبتكرة على النقيض من فكر أرسطو، إذ عدل جاليليو للبحث

عن كيفية سقوط الأجسام بدل البحث عن سبب سقوط الأجسام، واستعان بالخيال والتجارب الذهنية لوضع افتراضاته المختلفة ليصل إلى فهم كيفية حدوث حركة سقوط الأجسام، ولأن جاليليو كان مدركاً أنه لا يمكن في الواقع إجراء تجارب بمعزل عن أي مؤثرات خارجية، كان مجبراً على إعادة بناء الواقع بطريقة عقلية، وعلى حد تعبير الكسندر كويري: "ان التجربة في مفهوم جاليليو وليدة الخيال" (يفوت، 1986، صفحة 41)، هذا الخيال ذو الطبيعة الرياضية المعقولة يعمل على خلق شروط محيطية بالتجربة " تفصل بين عالم الحس والعالم المعقول الذي كان متداخلاً في فيزياء أرسطو" (Klein, 1991, p. 36)، وانطلاقاً من هذا الاعتبار المنهجي وضع حداً نهائياً لأسس الديناميكا القديمة التي تأسست على تفسيرات ميتافيزيقية، وتوصل جاليليو إلى عدة نتائج غاية في الأهمية " أولها أن تكون المادة في حالة لا مبالاة بين الحركة والسكون، ثانيها تأكيد عدم التناسب بين القوة والحركة، وثالثها إمكانية القول بحركة منتظمة السرعة دائماً في الزمن، متواصلة في المكان إلى ما لا نهاية له" (حمادي، 1995، صفحة 39)

لقد انتقل جاليليو بالعقل البشري من مجرد تصورات تلقائية مباشرة إلى مفاهيم علمية وصياغات نظرية، نجحت في الفصل بين مفهومي الثقل والسرعة في علم الحركة، وبينت أن الأجسام كلها تسقط بنفس السرعة بغض النظر عن كتلة كل جسم، وهذا ما لم يخطر على عقل القدماء إطلاقاً، فما تصوره " جاليليو ليس موافقاً البتة لتجاربنا في عالمنا الذي نعيش فيه، وهو يناقض وقائعية الموقف الطبيعي الذي تعودنا أن نلقى به الأشياء، وكأن جاليليو يغير طبيعة علاقة الإنسان بعالمه" (حمادي، 1995، صفحة 45)

لقد أثبت جاليليو من خلال تجاربه الذهنية من جهة وتجاربه الواقعية العملية من جهة أخرى، مدى قوة الفكر البشري وتسارعه على فك طلاسم الظواهر الطبيعية من خلال عزل تلك الظواهر، بل وإعادة صنعها لتحقيق جملة الشروط الكاشفة عن العلاقات الموضوعية القائمة في الحادث العلمي، فقد كان جاليليو يقول عن نفسه أنه " كان مقتنعاً بقدرة العقل أولاً قبل أن يثق في قدرة الحواس" (Tornay, 2003, p. 40)، هذه الأخيرة آمن بها الفكر الأرسطي والفكر الوسيط إلى أبعد حد، هذا اليقين في العقل جعل جاليليو يدرك أن أسباب الظواهر ليست معطاة في التجربة بسبب عدم قدرتنا الكلية على عزل الحادث الفيزيائي عن كل التأثيرات المحيطة به، وفي عرضه لهذا التصور يقول جاليليو: " في كل الظروف، نلجأ إلى

الاستدلال بدلا من الأمثلة، لأننا نبحث عن أسباب المسببات، وهذه الأسباب غير معطاة في التجربة، ومن ثم يجب علينا أن نفرض تصورنا الخاص، الذي في حالة ما تأكدنا من صحته أدى إلى هدم تصور أرسطو" (Feyerabend, 2014, p. 313).

ونلاحظ أن جاليليو كان يتعاطى دوما مع الوقائع إلا أنه كان يعمل على فصلها عن أي أفكار قبلية، وانطلق من أن تحديد الوقائع لا يعنى ملاحظتها بعناية فائقة فقط، بل العمل على قياس وقائع مختارة يمكن مراجعتها وتفسيرها، أي " الانتقال من الملاحظة الكيفية إلى الملاحظة الكمية، وهو الانتقال الذي يمكننا من صياغة الظاهرة صياغة رياضية، أي تحويلها إلى بنية رياضية" (الجابري، 2006، ص 251)، وهذه الحركة الانتقالية هي أحد أبرز خطوات المنهج العلمي الذي حدده جاليليو، ومن ورائه العلم الحديث الذي أصبح يتعامل كيميا مع الواقع بقياسه واستنطاقه رياضيا" في حركة ترد الواقعي إلى الهندسي" (Tornay, 2003, p. 41)

و من ثم اعتبر كويري أن كل فيزياء جاليليو مؤسسة على الافتراض الرياضي، أي أن قوانينه للحركة وقانون السقوط الحر إنما هي استنباطات مجردة " لا تستخدم مفهوم القوة ولا تلجأ إلى تجارب على أجسام واقعية،...، فموضوعات فيزياء جاليليو وأجسام الحركات عنده، ليست أجسام واقعية corps réel، فلا يمكننا إدخال "أجسام واقعية" في فضاء هندسي لاواقعي iréel" (Koyré, 1976, p. 79)، فأهم خطوة عند جاليليو هي تجاوز التناقض بين الواقعة كما يدركها الحس والواقعة الحقيقية المجردة المعزولة عن كل العوامل الدخيلة، ولهذا كان " تقبل الوقائع وبناء نظرية تتوافق معها" (Chalmers, 1987, p. 22) هو جوهر فلسفة جاليليو الطبيعية.

و أيا ما كان مصدر المفاهيم الرياضية، فإن الفضل يعود إلى جاليليو لما أدرك أهمية استخدام الرياضيات لفهم ظواهر الطبيعة لأنها مكتوبة بهذه اللغة الساحرة وهذا دليل على أنه الرائد الأول للفكر العلمي الحديث، لأنه " اهتم بالكشف عن العلاقات التي تربط بين الظواهر، الشيء الذي كان مهملًا من قبل، وترك جانبا البحث عن المبادئ والأسباب الميتافيزيقية التي استحوذت على الفكر القديم

و بذلك أحدث جاليليو قطيعة ابستمولوجية - معرفية - بين الفكر الجديد والفكر القديم، قطيعة لم يعد من الممكن بعدها العودة إلى أساليب التفكير القديمة والتصورات الأرسطية الوسطوية التي كانت تشكل أساس العلم والمعرفة". (الجابري، 2006، صفحة 245)

و قد انتهى جاليليو إلى استحالة البلوغ إلى الماهية الحقيقية للمادة وللطبيعة لأن هذا ضرب من الميتافيزيقا التي لا بد من تجاوزها، فصار العلم عنده قابلا للقياس ومكتفيا بالوقائع.

فجاليليو يرى أن التجربة: "هي عصب المنهج العلمي من حيث هي تسير بطريقة نظامية، بأن تفحص ظواهر الطبيعة، وترتفع منها تدريجيا إلى القوانين التي تحكمها . والتجربة هي في الأساس حسية، لكنها بما تؤدي إليه من فرض الفروض وتحقيق لهذه الفروض لا بد لها أن تكمل بالتفكير العقلي". (بدوي، 1996، صفحة 95)

فلا غرابة أن تكون رؤية جاليليو مدخلا وأفقا لأسئلة فلسفية ذات أهمية كبيرة، كأن نتساءل عن علاقة النظريات الفيزيائية بالواقع الفيزيائي

وأيضا كيف نفهم القوانين الفيزيائية؟ وما هو وضعها إزاء الواقع الذي تحاول وصفه؟

وعليه فهذه الأسئلة العلمية والفلسفية تحيلنا مباشرة إلى أهم مباحث الفلسفة التقليدية وهو: نظرية المعرفة، وتبرز لنا في الوقت ذاته قدرة الفلاسفة الكبار على التنبؤ بالإشكالات العميقة لطبيعة إدراكنا للطبيعة وقوانينها المفسرة والواصفة للعلاقات التي تحكم الظواهر، وقدرتهم على طرح موضوعات تتجلى قيمتها وغناها الفلسفي بعدهم بمئات السنين.

ونحن أمام مثال واضح: حين تساءل الفلاسفة عن قيمة المعرفة الإنسانية، بمعنى هل يمكن للإنسان أن يدرك حقائق الأشياء؟ وما هو مصدر المعرفة؟

ولنا أن نتصور تلك الردود والمذاهب التي حاولت أن تدلي بدلوها في هذه المسائل المعقدة جدا، وأقول معقدة، أولا لطبيعتها الميتافيزيقية، وثانيا للحاجة الملحة لعدة تخصصات علمية لمقاربة هذه المسألة.

بل إن من الفلاسفة من جهر بالقول باستحالة إدراك حقائق الأشياء في ذاتها، لأن قدرة الناس لا تتعدى فهم الظواهر، ولعل أبرز هؤلاء الألماني كانط.

لقد قدم جاليليو نمطا جديدا من التفكير في الطبيعة ومن الحجج العقلية. فالحجة الجاليلية غير الحجة الأرسطية، التي ظلت مهيمنة لألفي عام في أكثر من حضارة كبيرة. وهي تركيبة جديدة من الهندسة الرياضية والتجربة الفكرية والقياس الدقيق. فجاليليو لم يفلح في نقد أرسطو وتفكيكه بالتقانة المتطورة أو التجارب المعقدة المكلفة، وإنما بهذه التركيبة الجديدة، بهذا النمط الجديد من التفكير، بهذا التغيير الجذري في زاوية النظر. إن ثورة جاليليو تمثلت بالضبط في التغيير الجذري الذي أجراه في زاوية النظر إلى الطبيعة ومكوناتها، ذلك التغيير الذي نشأ عنه نمط جديد في التفكير والتحليل والتركيب. وما كان له أن يحقق ما حققه لولا هذا الانقلاب الفكري الداخلي. إن الثورة العلمية الكبرى لهي في جوهرها انقلاب فكري جذري، ثورة فكرية جوهرية. إنها عملية إعادة تركيب، أو إعادة تقويم، أو إعادة تحديد ما هو جوهري وما هو عرضي.

إن الثورة التي أسسها جاليليو جعلت من الرياضيات روحا تتغلغل داخل الكون بشكل سحري لدرجة أنه يمكن القول أن أصل الكون أصل رياضي. فالكون بكل تعقيداته لا يغدو أن يكون في الأخير سوى معادلات رياضية مفرطة في التجريد، فالرياضيات تتغلغل داخل البعدين الفيزيائي والكوسمولوجي، ولا قدرة للعالم على فهم هذا المسرح الرقمي-الرياضي دون إلمام عميق بهذه اللغة.

فمثلا ظاهرة سقوط الأجسام قد فسرها الفلاسفة قديما تفسيرات ميتافيزيقية، أما جاليليو فقد نهج نهجا مختلفا تماما، فقد ركز اهتمامه على الظاهرة كما هي في الطبيعة، وبحث عن العلاقات المختلفة القائمة بين أجزائها، وبينها وبين ظواهر أخرى، مع الاعتماد على محاکمات عقلية "تجارب ذهنية"، تمكن من ضبط صحة فروضه، وصاغها في شكل قوانين رياضية" (الجابري، 2006، صفحة 250)، وهذا ما جعل المعرفة الحسية تفقد عرشها لصالح المعرفة العلمية العقلية، "فمع جاليليو ومن بعده حدثت قطيعة بين العالم كما هو معطى للحواس وبين العالم الواقعي، أي عالم العلم. هذا العالم الواقعي ما هو إلا تطابق الهندسة مع" (Tornay, 2003, p. 43)

3. القطيعة الجاليلية وتأسيس العلم الحديث : La coupure galiléenne

لقد راهن جاليليو على أن عالمنا يمكن أن يكون معقولا إذا ما تمكنا من فهم لغته كما ذكرنا سابقا، وكان له ذلك لما اكتشف لغة الطبيعة واستنطقها، فالرياضيات بالنسبة له عبارة عن نظام معرفي دقيق ومثالي

يمكننا من خلاله " بلوغ جوهر الأشياء، فهذا النظام المعرفي قادر على أن يكشف لنا حقائق عقلية باستطاعتها أن تفرض نفسها على الجميع". (Klein, 2010, p. 28)

لقد أحدث جاليليو قفزة كبيرة وأدرج نموذجا جديدا تجاوز به التصور الأرسطي للطبيعة وخصائصها، الذي هيمن طوال عدة قرون، وهذا ما يعرف بالقطيعة الجاليلية، التي انطلقت كما رأينا سابقا من معالجة الواقع الفيزيائي بمنهج رياضي، التي ما زالت أساس العلم الحديث والنموذج الذي يحتذيه علماء الفيزياء، فمع الثورة الجاليلية نستطيع القول " إننا انتقلنا من إشكالية الفلسفة الطبيعية إلى إشكالية علم الطبيعة، لقد فتح جاليليو قارة الفيزياء الحديثة على نحو ما فتح الإغريق قارة الرياضيات قبل الميلاد" (أبو دية، 2009، صفحة 132)، هذه النقطة الكبيرة نحو علم الطبيعة أحدثت انقلابا ضخما في تاريخ الفكر الإنساني، وعلى حد تعبير ميشيل باتي: "التصور الجديد الذي اقترحه جاليليو، كما أنزل الرياضيات من سمائها الأثيرية وجعلها وسيلة لتمثيل عالمنا الفيزيائي السفلي sublaire، كان محملا بتضمينات فلسفية، وعلى رأسها نزع القداسة عن الطبيعة". (Paty, 1996, p. 49)

و لعل تصور جاليليو الجديد للطبيعة وللمادة هو ما عجل في ظهور ثورة علمية بمعنى الكلمة، وعلى حد تعبير شالمرز: "ليس كم الملاحظات والتجارب التي قام بها جاليليو هو ما أحدث القطيعة مع التراث بقدر موقفه attitude من ذلك التراث" (Chalmers, 1987, p. 22)، هذا الموقف جعل السلطة الدينية ترى فيه خصما لتعاليمها "المقدسة"، هذه الأخيرة تقول أن الكيفيات المحسوسة خفية occulte ولا يمكن معرفة طبيعتها المشكلة للواقع والعالم الخارجي، وهذا ما أدى إلى وصم جاليليو بالهرطقة أساسا " فما هو محل جدل ليس النموذج الفلكي الذي يسلم بواقعية الحركة، وإنما مذهب يهتم ويعنى بالمادة وتركيبها الذري، وبالاستنباط الهندسي للكيفيات المحسوسة" (Chareix, 2002, p. 168)

لقد تصور جاليليو المادة مكونة من ذرات لا تنقسم، وعمل على تفسير ما يحدث للأجسام من تحولات، وفسر الامتداد والتقلص دونما الحاجة لافتراض وجود فراغ في هذه الأجسام، وهذا ما دفعه لصياغة طبيعة الكيفيات التي تكون الأجسام، فميز بين الكيفيات الأولى، التي تتصف عنده بالموضوعية والثبات مثل

الحركة والأعداد والأشكال والمقادير *grandeur* وهذه الكيفيات يمكن التعبير عنها بلغة رياضية مكتملة، بل وتشكل موضوع المعرفة الإنسانية.

أما الكيفيات الثانوية، فهي الأشياء المعطاة بصفة مباشرة لمختلف الحواس مثل الألوان والروائح والأصوات ومختلف أنواع الطعوم ومحملها عقل الملاحظ، ويصعب قياسها بلغة الرياضيات كما يرى جاليليو، وهي موضوع الظن والشك والخداع.

والكيفيات الأولى لا تتحقق إلا بالوجود في الأجسام ذات الخاصية الرياضية "فأجسام الفيزياء الرياضية، أو الأجسام الجاليلية، ما هي إلا أجسام هندسية، إقليدية، مزودة بخاصة الجذب. وبعبارة أخرى، الجاذبية هي الخاصية الفيزيائية الوحيدة التي تمتلكها هذه الأجسام" (Koyré, 1976, p. 245)

و من هنا يتضح لنا قوة نموذج جاليليو في تغيير مفهوم الواقع والمنهج الرياضي الجديد الذي أسسه لتفسير قوانين الطبيعة، هذا المنهج جعله يلعب من كثير من العلماء بأب الفيزياء الحديثة، ولا يعود هذا حسب رأي هانز ريشنباخ لكم المعارف الجديدة التي ساهم جاليليو في تأسيسها، بل لأنه "كان أول من ربط البحث والإستدلال الإستقرائي بالصيغة الرياضية" (Reichenbach, 1999, p. 247)، هنا تكمن أهمية جاليليو في تاريخ الفكر الفلسفي، فمن جهة إقامته لمنهج علمي جديد، ومن جهة ثانية إقامة علم الميكانيكا على أساس تجريبي يعبر عنه بلغة رياضية تتضمن الأعداد والمقادير والقياس، بل وعني بالتساؤل عن كيفية حدوث الحركة لا عن أسبابها القصوى، كما كان معهودا في الفلسفة الأرسطية وحتى الديكارتية، وحاول وصفها رياضيا، فالحركة عنده هي مجرد انتقال هندسي خالص من نقطة إلى أخرى، وهذا انطلاقا من تصوره للمكان الحقيقي الذي هو مكان هندسي، ومفهوم الحركة يقودنا للحديث عن أهم مبدأ وضعه جاليليو: مبدأ العطالة "أو القصور الذاتي".

1.3 مبدأ العطالة *principe d'inertie*:

يعد هذا المبدأ جوهر فيزياء جاليليو، بل مبدأ الفيزياء الكلاسيكية برمتها، وهذا المبدأ ليس واقعا بل افتراضيا وقاد بعد ذلك أعمال نيوتن في الميكانيكا بل وكان أساسا للنظرية النسبية الخاصة بعد أكثر من قرنين من الزمان، إذ وضع "جاليليو أن حالة السكون لا تختلف، من حيث الجوهر، عن حالة الحركة بسرعة

منتظمة، وعلى هذا الأساس اكتشف جاليليو قوانين السقوط الحر، وأثبت بطلان قانون أرسطو، وأثبت أن القذائف تتحرك في قطوع مكافئة" (أبو دية، 2009، صفحة 131)، ويفترض هذا المبدأ أن أي جسم في غياب أي تأثيرات خارجية يتجه دوما نحو الحفاظ على سرعته وهذا لا يتحقق واقعيا لأنه لا يمكن إيجاد جسم معزول عن أية قوة خارجية، ومبدأ جاليليو في العطالة مؤسس على ثلاث خصائص مهمة:

أن المكان الهندسي متجانس ولا نهائي.

و السكون والحركة هما حالتان تمتلكان نفس المستوى الأنطولوجي والجسم الهندسي يحتاج للمكان ليتحدد ويتعين في الواقع.

هذا المبدأ يمتاز بالغربة ومناقض للحس المشترك ولا يمكن التحقق منه إلا في فراغ مكاني لم يكن متاحا في عصر جاليليو، وقد عبر عن هذا المبدأ كويري لما قال " أن فيزياء جاليليو تتمثل في تفسير الواقع بالمستحيل" (Tornay, 2003, p. 40)، بمعنى أننا يمكن أن نفسر الواقع الإمبريقي الملاحظ عن طريق قوانين فيزيائية تبدو لأول وهلة غريبة وغير منطقية بل وخاطئة، وهذا ما يستدعي إعادة تفسير الظواهر وفق صيغ رياضية لا تستنبط من تلك الظواهر، وكأن جاليليو يستدعي ظواهر غير ملاحظة ليفسر بها الظواهر الملاحظة، طبعاً يقوم بهذا وفق خيال رياضي.

إن قوانين السقوط الحر للأجسام جاءت مناهضة للتصور الأرسطي الذي يرى بأن الأصل في الأشياء السكون والثبات، ومن ثم فالأجسام تبقى في حالة سكون دائم ما لم تتعرض لمؤثر خارجي يحول سكونها إلى حركة.

و قد عمل جاليليو على تخصيص مبدأ العطالة وأعطاه صورة دائرية، وكان هذا ناتجا عن التأثير الذي تلقاه جاليليو في عصره " خصوصا الفكرة التي تعطي أهمية قصوى للحركات الدائرية وتعتبرها أمثل الحركات، وهي فكرة لا نثر عليها في الفيزياء الأرسطية فقط بل حتى في المفهوم الكوبرنيكي للكون، كما أنه كان يتخوف من فكرة اللاتناهي" (يفوت، 2008، صفحة 28)، إلا أن الباحث موريس كلفلان Maurice Clavelin يرى أن جاليليو كان متحفظا من هذا التصور الدائري، بل في إحدى رسائله 1611 التي أوردها كلفلان في مؤلفه توضح بجلاء شكوك جاليليو حول هذا التصور " فلا يمكن التأكيد على أولوية الشكل

الدائري بصفة مطلقة، وإنما فقط بصفة نسبية" (Seidengart, 2012, p. 15) وكان خوفه من فكرة اللاتناهي نابعا من النتائج الفلسفية والعلمية التي تؤدي إليها، خاصة وأنه على دراية بما حدث لمعاصره الفيلسوف الإيطالي جيوردانو برينو Giordano Bruno، الذي أعدم بسبب جهره بفكرة تعدد ولاهائية العوالم، وظل مفهوم اللاتناهي رهين تلك الفترة ولم ينطلق ويتحرر إلا مع نيوتن، الذي بأعماله اكتملت الفيزياء الكلاسيكية.

إن مساهمات جاليليو لم تقتصر في الحقيقة على وضعه لأسس الميكانيكا الجديدة، ولكنها تجاوزتها إلى ترسيخ معالم الرؤية الجديدة للعالم، تلك التي كانت متضمنة في نظرية كوبرنيكوس. فلقد أدرك جاليليو أن نظرية كوبرنيكوس تتناقض بشكل واضح مع الميكانيكا السائدة آنذاك، والمستمدة في جوهرها من منظومة التعاليم الأرسطو بطليموسية، بطليموس Ptolémée (100 - 170) رياضي وفلكي صاحب فكرة مركزية الأرض Géocentrisme، ومن أجل حسم الموقف، فان جاليليو قام بصنع التليسكوب ووجهه إلى السماء، لأول مرة في تاريخ البشرية، لعمل ملاحظات تجريبية فلكية، وكانت النتائج التي توصل إليها جاليليو، مؤيدة لنظرية كوبرنيكوس فيما يتعلق بنموذجه عن مركزية الشمس Héliocentrisme، حيث قرر بشكل واضح أن الشمس هي مركز العالم ومستقره تماماً، كما أن الأرض ليست مركز العالم، وليست ثابتة، ولكنها تتحرك على الدوام حركة يومية. وحينئذ ترسخت نظرية كوبرنيكوس بشكل كبير، وترسخت معها الرؤية الجديدة للعالم، وهنا تتجلى قيمة مساهمة كوبرنيكوس في التعامل مع مفهوم الحركة، إذ ميز بين ظاهر الحركة وبين واقعية الحركة، وعلى حد تعبير جون سيدنغار: "أحدث كوبرنيكوس انقلاباً عميقاً في مفهوم الواقع، فبالالتجاء إلى الجانب النظري تتجلى أمامنا حقيقة الواقع، الذي لا يدرك مباشرة بالحواس، في حين أن المظاهر الملاحظة ترد إلى مجرد أوهام سببها الجهل بالعلاقات الحقيقية بين الملاحظ l'observateur والملاحظ l'observé" (Seidengart, 2012, p. 16)

فقوانين الطبيعة وفق هذا النموذج الجاليلي ذات وجود رياضي وبالتالي لا يمكن تفسير قوانين الفيزياء إلا من خلال معادلات رياضية، وكأن الإنسان في فلسفة جاليليو الطبيعية كائن مخالف للطبيعة، بمعنى أنه لا يمكنه حدس الوجود الرياضي المتعالي على الحواس وغير المرئي، هذا الوجود الرياضي هو لغة الطبيعة في

حد ذاتها، فالإنسان والطبيعة في تصوره موجودان في حالة افتراق على حد تعبير الفيزيائي إيتيان كلاين *l'homme et la nature sont séparés*.

فتطبيق الرياضيات ومفاهيمها على ظواهر الطبيعة كان أهم جوانب الابتكار والأصالة في فيزياء جاليليو الجديدة، وإدراكه العميق والعقلي لمكانة الرياضيات في فك أسرار الطبيعة وفهم مغاليقها جعله يقول: "يجب أن يكتب على غلاف مجموعة مؤلفاتي ما يلي: سيدرك القارئ بواسطة عدد لا يحصى من الأمثلة، أهمية الرياضيات وفائدتها في الوصول إلى أحكام في العلوم الطبيعية. وسيدرك أيضا أن الفلسفة الصحيحة مستحيلة بدون الاسترشاد بالهندسة". (الجابري، 2006، صفحة 245)

ووجب التنبيه هنا إلى أصول الطرح العددي لطبيعة الوجود والعالم، فقد اعتقد فيثاغورس الفيلسوف اليوناني الذي اهتم بالرياضيات بل جعل من الكون مزيجا بين العدد والنغم، وهذا الكون الذي عني به النظام *cosmos* كله عبارة عن عدد ونغم.

هذا المبدأ الذي انطلق منه فيثاغورس، فهم من قبل مؤرخي الفلسفة على طريقتين: "فالصيغة الأولى هي أن كل الأشياء أعداد بمعنى أن الأشياء نفسها في جوهرها أعداد، أو بعبارة أخرى إن الأعداد هي التي تكون جوهر الأشياء، والصيغة الثانية هي التي تذكر أن الأشياء تحاكي الأعداد، ومعنى هذا أن الأشياء قد صيغت على نموذج أعلى هو العدد" (بدوي، 1996، صفحة 228)، ومهما كان التصور الفيثاغوري المنبثق من نظرة غنوصية، إلا أنه ذو أهمية فلسفية وعلمية لا شك فيها، فقد أسس لفكرة وجود معنى وعلاقة بين العالم الخارجي والعدد، فمن مبدأ أن كل الأشياء هي أعداد إلى العلم الحديث "الذي حاول استدعاء الفكرة الفيثاغورية وتمديدتها تحت الصيغة: كل شئ عبارة عن رياضيات، وهذا ما قاله جاليليو: كتاب الطبيعة مكتوب بلغة رياضية" (Delahaye, 2010, p. 392)

ولا يمكن استبعاد الشق والبعد الغيبي والديني عند جاليليو، فقد كان يرى في الطبيعة والكون أحما مظاهر للإبداع الإلهي، فالخالق بالنسبة له أبداع كونا وعالما ذو طبيعة رياضية، ومن ثم يعني البحث عن القوانين الرياضية للطبيعة الكشف عن اللغة التي كتب بها الخالق قوانينها، ومن خلال هذا التصور الجاليلي فالواقع مبني داخل نسق رياضي.

و منتظم بهذه اللغة وليس لغة صورية من وضع العقل البشري تفرض وتجبر الطبيعة على التحدث بها ويحاول بواسطتها فهم وضبط هذا الواقع، لأن الطبيعة كما ذكرنا في تصور جاليليو من إبداع إله أقام بنيان الواقع على النظام والقياس، فلزم من ذلك أن الواقع بالضرورة لا بد أن يصاغ بلغة الرياضيات، ومن ثم فقوانين الطبيعة سواء كانت أرضية أم سماوية تحكمها وحدة واحدة، ولهذا رفض جاليليو تقسيم أرسطو الثنائي لعالم سفلي وعالم علوي متميزان ومختلفان في طبيعتهما، بل إن القول بأن هذين العالمين غير متجانسين *hétérogènes* ما هو إلا حكم مسبق ذي منطلق فلسفي بعيد عن الملاحظة الدقيقة والقياس.

إن هذا التأسيس الجديد للفلسفة الطبيعية، أي الفيزياء، على دعامة معقولة في نموذج رياضي يستوفي الواقع من ناحيتيه الوصفية والتفسيرية، جعل بحق جاليليو يستحق "لقب العالم الأول، ذلك لأنه لم يطبق فقط في عمله ما يمثل جوهرها المنهج العلمي الحديث، وإنما أيضا فهم فهما كاملا ما كان يفعله، وأرسى قواعد القوانين الرئيسية في وضوح كامل لكي يقتدي بها الآخرون". (جريبين، 2012، صفحة 59)

فالواقع إذن عند جاليليو يشير إلى مفهوم واقع رياضي معقول يتجاوز الواقع الحسي، فهذا التصور قدم إسهاما فعليا لاستومولوجيا الفيزياء ويتمثل في "تحويل الظواهر الملاحظة إلى بنية رياضية، أو علاقة جبرية، واعتبار الحقائق الأساسية في الطبيعة توجد في الأشكال الهندسية والرموز الجبرية" (يفوت، 2008، صفحة 28) ولعل من أخطر النتائج التي قررها جاليليو هي قوله بوجود قوانين عامة تحكم الواقع الفيزيائي، وفرق بين الطبيعة كموضوع دراسة والوسائل التي تتم بها هذه الدراسة، بعبارة أخرى يمكن القول أننا ندرس قوانين الطبيعة بلغة وتقنيات غير طبيعية، وهذا معنى جملة جاليليو الشهيرة التي ذكرناها سابقا، كتاب الطبيعة مصاغ بلغة رياضية.

إذن فمنذ القطيعة الجاليلية لم يعد هناك مجال للحديث عن الفصل بين ما هو فيزيائي وما هو رياضي، فافتران وتداخل علم الطبيعة بالآلة الرياضية الصورية صار ضرورة موضوعية ومنطقية، وعلى حد تعبير جان مارك ليفي لبلون، الفيلسوف الفرنسي المختص في فلسفة الفيزياء Jean-Marc Lévy-Leblond: "منذ القطيعة الجاليلية لا توجد علاقة تخرج *rapport d'extériorité* بين الرياضيات والفيزياء، وبالنسبة لي هي

علاقة استبطان الرياضيات داخل الفيزياء ... ويمكن الحديث عن علاقة لزومية implication الرياضيات في الفيزياء". (Lévy & Jean, 2012, p. 62)

هذا التداخل بين الوجود الفيزيائي-الرياضي للأشياء والذي يشكل الظواهر كما هي في الطبيعة، ألزم جاليليو باتباع خطوات منهجية مختلفة عما سبقه ليقينه بأن "الطبيعة لا تقدم لنا الظواهر كما نريدها. ولذلك كان الحادث العلمي حادثا مخبريا، حادثا نموذجيا مصنوعا، لا يوجد في الطبيعة بكل صفائه ونقاوته". (الجابري، 2006، صفحة 250)

إن هذا الصرح المنهجي يمثل قمة خصوبة النموذج الجاليلي، فمن المهم أن نفرق بين جاليليو الشهير وجاليليو الخالد، فشهرته تعود إلى حدثين هامين، الأول سنة 1616 لما حذرت الكنيسة جاليليو بشدة كيلا يعتنق أفكار كوبرنيكوس فيما يخص حركة الأرض ومركزية الشمس، والثاني عام 1633 لما حكم عليه بالإقامة الجبرية والتراجع عن أفكاره المناهضة للكتاب المقدس.

4. خاتمة:

نخلص من ورقتنا البحثية إلى القول بأن جاليليو كان حلقة كبيرة في تاريخ الفلسفة الطبيعية، بل يمثل طرفا أساسيا في الصراع المحتدم بين القديم والجديد لما ساهم بعبقريته بكل ما ذكر سابقا، وكان له أكبر الأثر في الدفع بالعقل البشري لاجتياز مرحلة حاسمة من مراحل تطوره، كما ساهم في إزاحة عوائق إبستمولوجية كانت تعترض الفيزياء لبلوغ نضجها وقوتها فيما بعد.

كما نستنتج من كل ما ذكرنا سابقا أن ما طرحه جاليليو رسخ ذكره في تاريخ العلم، ويتجلى هذا الإرث العلمي في نقطتين مهمتين، أما الأولى فهي اكتشافاته العلمية التي جعلت الرياضيات في خدمة تمثالاتنا للعالم الفيزيائي، وأما الثانية فتختص بمساهماته الإبستمولوجية والمنهجية التي فتحت المجال لاستجلاء طبيعة الواقع الفيزيائي ومن ثم نزع القداسة عن الطبيعة الغامضة للظواهر désenchantement du monde وجعل عقول الناس تفهم كيفية حدوثها.

و ختاماً يمكننا القول أن ثورة جاليليو العلمية والمنهجية كانت حجر الأساس لبناء العلم الطبيعي وفتح آفاق للعقل البشري للتقدم، كما أنها ساهمت في تحقيق الحلم الذي تمناه الفيلسوف رينيه ديكارت وهو

أن يصبح الإنسان سيدا ومالكا للطبيعة، وهذا ما تبين بشكل أبرز مع ثورة النظرية النسبية وثورة فيزياء الكم

5. قائمة المراجع:

- أيوب أبو دية. (2009). *العلم والفلسفة الأوروبية الحديثة من كوبرنيق إلى هيوم*. لبنان: دار الفارابي.
- بن جاء الله حمادي. (1995). *تحولات العلم الفيزيائي ومولد العصر الحديث*. تونس: سراس للنشر.
- بول ديفيس. (2006). *العوالم الأخرى (الإصدار 3)*. (حاتم النجدي، المترجمون) دمشق: دار طلاس.
- بيتر أتكينز. (2009). *إصبع غاليليو*. (الأحمد خضر، المترجمون) لبنان: أكاديميا إنترناشيونال.
- بيتر كونزمان. (2007). *أطلس الفلسفة*. (جورج كتورة، المترجمون) بيروت: المكتبة الشرقية.
- جون جريين. (2012). *تاريخ العلم*. (جلال شوقي، المترجمون) الكويت: سلسلة عالم المعرفة.
- سالم يفوت. (1986). *فلسفة العلم المعاصر*. بيروت: دار الطليعة.
- سالم يفوت. (2008). *ابستمولوجيا العلم الحديث*. المغرب: دار توبقال للنشر.
- عبد الرحمان بدوي. (1996). *ملحق موسوعة الفلسفة*. بيروت: المؤسسة العربية للدراسات والنشر.
- محمد عابد الجابري. (2006). *مدخل إلى فلسفة العلوم*. بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية.
- Chalmers, A. (1987). *Qu'est ce que la science ?,édit.* Paris: La découverte.
- Chareix, F. (2002). *le mythe de Galilée*. Paris: PUF.coll "science, histoire et société".
- Delahaye, J.-P. (2010, Juin). L'Univers est-il mathématique. *Revue pour La Science*.
- Feyerabend, P. (2014). *philosophie de la nature*. (D. Matthieu, Trad.) Paris: Seuil.
- Hawking, S. (2007). *une brève histoire du temps*. Paris: Flammarion.
- Klein, E. (1991). *Conversations avec le sphinx : les paradoxes en physique*. Paris: Albin Michel.
- Klein, E. (2010). *Discours sur l'origine de l'univers*. Paris: Flammarion.
- Koyré, A. (1976). *Études galiléennes*. Paris: Hermann.

- Lefranc, J., & Morfaux, M. (2005). *Nouveau vocabulaire de la philosophie et des sciences humaines*. Paris: Armand Colin.
- Lévy, L., & Jean, M. (2012). *Les mathématiques de/dans la physique*. Consulté le Février 03, 2022, sur cairn:
<https://www.cairn.info/revue-rue-descartes-2012-2-page-62.htm>
- Paty, M. (1996, Avril-Mai). *Galilée et la mathématisation du mouvement*. Consulté le Mars 04, 2022, sur halshs.archives:
<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00004283>
- Reichenbach, H. (1999). *Atome et Cosmos*. Paris: Flammarion.
- Seidengart, J. (2012). *Bruno et Galilée face à l'infinité cosmique et à la relativité*. Consulté le Janvier 01, 2022, sur anabases.revues:
<http://anabases.revues.org/3757>
- Tornay, A. (2003). *Eléments de philosophie comparée*. Suisse: Saint augustin.