الدراسات والأبحاث | Research Papers

إشكالية ترييض الطبيعة في الإبستيمولوجيا الجاليلية ومستتبعاتها الفلسفية

The problem of THE mathematization of nature in Galilean epistemology and its philosophical implications

مراد بن الضو[1] | Mourad Ben Daou

(1) باحث مغربي، وأستاذ مادة الفلسفة في السلك الثانوي التأهيلي، حاصل على شهادة الماستر في الفلسفة والفكر المعاصر بجامعة محمد الخامس بالرباط، البريد الإلكتروني: mouradbendaou123@gmail.com

ملخص البحث:

إن ما نسعى إليه في هذه الدراسة هو بيان الدور الحاسم والرئيس للرياضيات في الإبستيمولوجيا الجاليلية، وذلك من خلال تحليل النصوص التي تحدث فيها صاحب كتاب: "محاورة حول النظامين الرئيسين للعالم" حول هذه المسألة، ثم سننتقل بعد ذلك للحديث عن التقليد العلمي الذي خلقه جاليليو، الذي تميز بالاستثمار الخلاق للرياضيات في مختلف ميادين الدراسة العلمية والفلسفية، وسنرى كيف أن كل تلك الإسهامات التي تبلورت إثر هذا التقليد ستدين بشكل كبير إلى العالِم الإيطالي، الذي مهدّ لهم الطريق للاستمرار في البحث متبعين نفس النهج الذي سلكه.

الكلمات المفتاحية: ترييض الطبيعة- الإبستيمولوجيا الجاليلية- لغة الطبيعة- المنهج العلمي- جاليليو جاليلي.

Abstract:

What we are seeking in this study is to demonstrate the crucial and key role of mathematics in the Galilean epistemology, by analysing the texts in which the author of the book "Dialogue Concerning the Two Chief World Systems" spoke about this issue. Then we will move on to talk about the scientific and philosophical tradition created by Galileo, who has been characterized by the creative investment of mathematics in various fields of scientific and philosophical study. And we will see how all of the contributions that have crystallized this tradition will be owed greatly to the Italian scientist, who paved the path for them to continue research following the same approach as he has taken.

key words: mathematization of nature- Galilean epistemology- the language of nature- scientific method- Galileo Galilei.

"لا يوجد إدراك صحيح لأعمال الإله وإنجازاته إلا من قبله وحده؛ لأنه هو خالقها. وكلما حصلت لدينا معرفة بهذه الأعمال فهي تكون متأتية عن طريق الرمز وعن طريق تلك المرآة المسماة الرياضيات. (...) وعلى ذلك فإن علمنا لا يحتوي على أي شيء يقيني باستثناء الرياضيات، فهي الرمز الذي يسمح لنا باستبصار أعمال الإله"

نيكولا الكوزي

(Nicolas de cuse)

على سبيل التقديم

ظل التمييز بين الفيزياء باعتبارها علمًا يهتم بالوقائع العيانية المحسوسة، والرياضيات باعتبارها علمًا يهتم بالكائنات العقلية المجردة، يحكم الفكر العلمي منذ أن دشنه أرسطو لأول مرة في كتابه الطبيعة[٢]، إلى غاية القرن السابع عشر؛ حيث تمكّن العالِم الإيطالي جاليليو جاليلي من رتق هذا الانفصام، من خلال المزج بين الوقائع الفيزيائية الكيفية والاستدلالات الرياضية الكمية، مُلغيًا من جهة ذلك التمييز الذي رسخه التصور الأرسطي بين هذين الموضوعين، ومدشنًا من جهة أخرى فرعًا جديدًا في مجال العلوم سيسمى فيما بعد بالفيزياء الرياضية؛ هذا العلم الذي سيجعل من الرياضيات قُطب الرحى الذي تدور حوله كل الأبحاث والدراسات المرتبطة بالظواهر الطبيعية، سيأخذ في الانتشار في كل أرجاء العالم؛ إذ ستشكل الإسهامات العلمية والفلسفية الغزيرة في هذا المجال فاتحة عصر

(٢) يشرح أرسطو التمايز الموجود بين الرياضيات والطبيعيات بالقول: "**(...) إننا لا نحتكم إلى الدقة الرياضية في كل المواضيع، وإنما فقط حين نتحدث عن المجردات؛ لذلك فالمنهج الرياضي غير قابل للتطبيق في العلم الطبيعي، لأن الطبيعة تحتوي على المادة**"، أورده:
Enrico Berti, les méthodes d'argumentation et - de démonstration dans la "PHYSIQUE" (Apories, Phénomènes, Principes); in "La physique d'Aristote et les conditions d'une science de la nature". Livre collectif édite par F.de Gandt et P.Souffrin, (Paris : Librairie philosophique J.Vrin ,١٩٩١), p.٥٦. Voir aussi : Aristote, La Métaphysique, ٣ (١٠٤٤b-١٠٩٥a), trad. De J. Tricot, (Paris : Vrin, ١٩٦١), p. ٧٢. (بتصرف طفيف).
وقد سبق لأرسطو أن حدد بدقة موضوع العلم الطبيعي وحرص على التمييز بينه وبين موضوع الرياضيات، حيث يقول في مطلع الفصل الثاني من المقالة الثانية من كتاب "الطبيعة": "**ينبغي أن ننظر كيف يختلف عالم الرياضيات عن عالم الفيزياء أو فيلسوف الطبيعة (...)، فالفيزيائيون والفلكيون والرياضيون قد عالجوا كلهم الخطوط والأشكال وما شابه ذلك؛ إلا أن عالم الرياضيات لا يهتم بهذه المفاهيم بوصفها حدودا ونهايات للأجسام الطبيعية ولا بخواصها كما تعرض في مثل هذه الأجسام. وإذن فالرياضي يجرد هذه الخواص من الشروط والعلائق المادية لأن هذه الشروط يمكن أن يفكر فيها مجردة في الذهن**"، أرسطو: الفيزياء- السماع الطبيعي، ترجمة عبد القادر قينيني، (الدار البيضاء: إفريقيا الشرق، ١٩٩٨)، ص٤٦.

علمي جديد وبداية ثورةٍ علميةٍ غير مسبوقة، ستطبع بصورة حاسمة تاريخ وفلسفة العلم منذ ذلك الحين إلى اليوم.

إن ما نسعى إليه في هذه الدراسة هو بيان الدور الحاسم والرئيس للرياضيات في الإبستيمولوجيا الجاليلية، وذلك من خلال تحليل النصوص التي تحدث فيها صاحب المحاورة حول هذه المسألة، ثم سننتقل بعد ذلك للحديث عن التقليد العلمي الذي خلقه جاليليو، الذي تميز بالاستثمار الخلاق للرياضيات في مختلف ميادين الدراسة العلمية والفلسفية، وسنرى كيف أن كل تلك الإسهامات التي تبلورت إثر هذا التقليد ستدين بشكل كبير إلى العالِم الإيطالي، الذي مهدّ لهم الطريق للاستمرار في البحث متبعين نفس النهج الذي سلكه.

١. مكانة الرياضيات في الإبستيمولوجيا الجاليلية:

١-١ جاليليو وترييض الطبيعة

تشكل الرياضيات حسب جاليليو الوسيلة الوحيدة والمفتاح الرئيس لفهم الكون، والعمود الفقري الذي ينبغي أن يقوم عليه كل بحث علمي دقيق، ويعود ذلك بالدرجة الأولى إلى كون القوانين التي تشتغل بها آلة العالم مكتوبة بلغة رياضية، وبالتالي يصبح فهم اللغة الرياضية شرطًا أساسيا لفهم لغة الطبيعة والكون، وهذا ما سيعلن عنه العالم الإيطالي في كتابه "ميزان الذهب" (١٦٢٣) من خلال استعارته الشهيرة المتعلقة بـ"كتاب الطبيعة" حيث يقول:

"أدرك جيدًا أن السيد سارسي[٣] كان مقتنعًا أنه من الضروري في **الفلسفة الاعتماد على آراء بعض المؤلفين المشهورين، كما لو كانت عقولنا ستبقى عقيمة وعاقرة إذا لم نقم بمزاوجتها مع منطق أشخاص آخرين. (...) إن السيد سارسي لم يفهم الطريقة التي تجري وفقها الأمور؛ فالطبيعة* مكتوبة في هذا الكتاب العظيم، أعني الكون، الذي هو على الدوام مفتوح أمام أعيننا [وفق لغة محددة]، ولا يمكن أبدًا فهم هذا الكتاب إذا لم يفهم المرء اللغة التي كُتب بها، والحروف التي استخدمت في كتابته. [إنني أعتبره] مكتوبًا بلغة الرياضيات وحروفه هي الدوائر والمثلثات وأشكال هندسية أخرى، وبدونها لن يستطيع الإنسان فهم كلمة واحدة من هذا الكتاب؛ بل إنه بدونها سيكون كمن**

(٣) أورازيو جراسي (Orazio Grassi) (١٥٨٣-١٦٥٤) رياضي وفلكي إيطالي ينتمي إلى طائفة اليسوعية عُرف بعدائه الشديد لجاليليو، وقد ألف كتابًا ينتقده فيه في مسألة طبيعة المذنبات، سنة ١٦١٩ عنونه بـ: "Libra astronomica et philosophica" ، نشره تحت اسم مستعار لأحد تلامذته يدعى: "Lotario Sarsi". وقد خصص جاليليو كتاب ميزان الذهب (Il Saggiatore) (1623) كاملًا للرد على هذه الانتقادات بطريقة ساخرة.

*ترد هنا كلمة الطبيعة عند جاليلي كمرادف لكلمة فلسفة Philosophy، وهو يقصد بذلك الفلسفة الطبيعية natural philosophy.

يتجول في متاهة مظلمة"[٤].

هذا التصور الجديد الذي يصوغه جاليليو يخالف التصور الأرسطي القديم الذي اعتبر الطبيعة كتابا مفتوحا وسهل القراءة والوصف[٥]؛ نظرًا لأن لغتها فيزيائية-حسية وليست رياضية-مجردة كما يقول جاليلي؛ إذ إن تصور أرسطو يقوم على تمييز واضح بين ما هو فيزيائي وما هو رياضي، فالمعرفة الرياضية حسبه لا يمكنها أن تفيدنا في مجال الطبيعة[٦]؛ لأن العالِم الرياضي حينما يدرس السطوح والأحجام والخطوط والنقط وغيرها من الخصائص المتحققة في الأجسام الطبيعية، يدرسها وهي مجردة عن حركتها وكيفياتها المحسوسة؛ من ثقل وخفة وصلابة وليونة إلى غير ذلك من الخصائص والكيفيات، أما عَالِمُ الطبيعة (الفيزيائي) فينظر إلى مادة الشيء وصورته معًا بشكل غير منفصل، الشيء الذي يجعل اليقين الرياضي في نظر أرسطو يقينًا ذاتيًا؛ إذ إن الفكر فيه لا يدرس إلا ذاته ولا يعالج سوى عمليات عقلية-تجريدية من خلقه هو. وبالتالي، يكون معيار صدقها هو صورتها الذاتية، أما اليقين الطبيعي فيقوم على واقعيته وعلى قابليته للتحقق فعليًا على أرض الواقع، الشيء الذي يجعله قادرًا على تفسير الطبيعة بشكل تجريبي ومحسوس.

وبناءً عليه، يمكننا القول إن الفيزياء الأرسطية فيزياء كيفية؛ لأنها تقوم على

(٤) بخصوص كتاب ميزان الذهب (Il Saggiatore) سنعتمد في هذا المقال على الترجمة الإنجليزية الدقيقة التي أنجزها مؤرخ العلوم الكندي ستيلمان درايك Stillman Drake (1910-1993) في كتابه الموسوم بـ: **"اكتشافات وآراء جاليليو"**، مع الإشارة في نفس الوقت إلى النص الإيطالي الذي نشره أونطونيو فافارو (١٨٤٧-١٩٢٢) ضمن الطبعة الوطنية للأعمال الكاملة لجاليليو جاليلي، حتى نترك للقارئ المتخصص الفرصة لكي يقارن بين النصين:

-Il Saggiatore in: Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VI, sotto gli auspici di Sua Maestà il Re d'Italia, a cura di Antonio Favaro, Firenze, Tipografia di G. Barbera, 1896, p. 232 ; tard. eng. The Assayer, in: Galileo Galilei, Discoveries and Opinions of Galileo, Translated With an Introduction and Notes by Stillman Drake, New York, Doubleday, 1957., pp. 237-238.

=سيعود جاليليو لتأكيد هذه الاستعارة المرتبطة بكتاب الطبيعة (le livre de la nature) في رسالة أرسلها في أواخر حياته إلى صديقه فورتينيو ليشيتي يقول له فيها: **"حتى أكون صادقًا معك، بالنسبة لي إنني أعتبر أن كتاب الطبيعة الذي هو دائمًا مفتوح أمام أعيننا، مكتوب بأحرف مختلفة عن حروف أبجديتنا، وحروف هذا الكتاب -الذي لا يمكن للجميع قراءته- ليست سوى المثلثات والمربعات والدوائر، والمخروطات، والأشكال الرياضية الأخرى".**

Lettre A Fortunio Liceti, A Bologne, Arcetri, janvier 1641, in : Galilée, Dialogues et Lettres choisies. Choix, traduction et préface de P.-H. Michel. Lettres introduites par G. di Santillana, (Paris : Editions Hermann, Collection : Histoire de la pensée, 1997), p. 430.

(٥) إن الهدف الأول للعلم الطبيعي حسب أرسطو كما يقول الأستاذ سالم يفوت: **"يتمثل في وصف الواقع بعد الاطلاع عليه ثم تصنيفه وتحليله، والانتقال من التعميم البسيط إلى التعميم المنظم، وإرجاع كثرة الحوادث إلى وحدة الفكرة، وتأليف الأنواع والأجناس وإظهار وجوه الشبه ووجوه الاختلاف بينها، ثم تعريف هذه الأنواع والأجناس وتحديد صفاتها العامة"** يُنظر: سالم يفوت، فلسفة العلم المعاصرة ومفهومها للواقع، (بيروت: دار الطليعة للطباعة والنشر، ١٩٨٦)، ص٣٨.

(٦) وهذا ما سيعبر عنه الأرسطوطالي سامبليشيو في اليوم الثاني من المحاورة صراحة، حيث يقول: **"ومع ذلك أود أن أقول مع أرسطو أن [أفلاطون] قد أغمر نفسه عميقًا في الهندسة، التي كان مفتونا بها. لكن في الحقيقة يا سيد سالفياتي، إن هذه الحيل الرياضية، تكون صحيحة فعلا من الناحية الرياضية فقط، ولكنها تفشل عند تطبيقها على الموضوعات الحسية والفيزيائية".** يُنظر بخصوص هذا الاقتباس إلى الترجمة الفرنسية الدقيقة التي قام بها رونيه فريرو بالاشتراك مع فرونسوا دو غوندت، لكتاب جاليلي المعنون بـ: **"محاورة حول النظامين الرئيسين للعالم: النظام البطليمي والنظام الكوبرنيكي"** (١٦٣٢) وسنشير إليه طيلة هذا المقال باسمه المختصر "المحاورة":

- Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VII, op-cit, p. 229 ;trad. française, Galilée Galileo, Dialogue sur les deux grands systèmes du monde, traduction par René Fréreux et François de Gandt. Paris, Seuil, Points Sciences, septembre 1992., p. 218.

وصف وقائع الحس المشترك، في حين الفيزياء الجاليلية فيزياء كمية تقوم على القياس والحساب الرياضيين، فوحدها الرياضيات حسب جاليليو مَنْ ستُمكننا من التخلص من النظرة العامية الساذجة للظواهر الفيزيائية القائمة على الحس المشترك، بل إن رِهانه الأول سيكون تخليص العلم من هذه الشائبة التي لحقت به منذ أرسطو، وسيقدم في المقابل تصورًا يزيح كيفيات وطبائع الأشياء لصالح الترييض الهندسي لها باعتبارها أشكالًا وخطوطًا ومقادير مجردة. وفي هذا الموقف يتفق جاليليو مع أفلاطون كما يقول كويري الذي أعطى هو الأخر الأولوية للرياضيات بوصفها علمًا يقوم على التجريد العقلي، على الفيزياء التي تهتم بما هو محسوس[٧].

وفق هذا المنظور تختفي الطبيعة باعتبارها مواد وصورًا وخصائص كيفية، وتبرز مكانها طبيعة جديدة منظمة ومتسقة للظواهر الكمية القابلة للقياس. ولعل هذا ما جعل عالِمنا الإيطالي يميز بين نوعين من الخصائص المميزة للأجسام: أولًا-الخصائص الجوهرية التي تتسم بكونها رياضية وميكانيكية، كالشكل والحركة، وهي جوهرية؛ لأنها لا تنفصل عن الأجسام بأي وجه كان من جهة، ولأنها أولية من جهة أخرى. ثانيًا-الخصائص الثانوية كاللون والرائحة والنكهة والحرارة ... وهذه الخصائص ينكرها جاليليو؛ لأنها لا تعبر عن الحقيقة الفعلية للأشياء؛ إذ إنها تركز فقط على المظاهر الخارجية التي لن توصلنا إلى دراسة حقيقية للطبيعة[٨].

إن ما يهمنا في هذا التمييز الذي وضعه جاليليو بين الخصائص المميزة للأجسام هو الإمكانية التي يقترحها في عزل التحديدات الرياضية والميكانيكية للمواد، وبالتالي جعل ترييض المادة أمرًا ممكنًا. هذا الأمر الذي كان مستحيلًا في الفلسفة الأرسطية التي تعطي الأولية للخصائص الثانوية فقط. وبناءً على هذه الاعتبارات، يكون صاحب المحاورة قد دشن منهجًا علميًا جديدًا يظهر ميلًا كبيرًا للنمذجة (Idéalisation) والتمثيل (représentation) الرياضيين للواقع، ويرفض في المقابل كل الأساليب المنطقية-القياسية (syllogistique) والخطابية التي تقوم عليها الفلسفة الطبيعية التقليدية[٩]، وهذا ما سيعبر عنه صراحة بالقول:

"إن المنطق كما تعلمون جيدًا هو آلة الفيلسوف، ولكن بقدر ما هو من الممكن للحرفي أن يتفوق

(7) Alexandre Koyré, Études galiléennes. (Paris : Hermann 1966), p. 78-79.
يقول جاليليو مادحا أفلاطون في هذا الصدد: **«يجب أن يوضع على الصفحة [الأولى] التي تحمل عنوان مجموع مؤلفاتي ما يلي: "سيدرك القارئ هنا من عدد لا يحصى من الأمثلة ما هي فائدة الرياضيات من أجل التوصل إلى أحكام في العلوم الطبيعية. وكيف تستحيل الفلسفة الصحيحة دون التوجيه الهندسي، كما نصت على ذلك حكمة أفلاطون الرشيدة"»** . يُنظر:
-Le opere di Galileo Galilei - Vol. VIII, (1898), op-cit, pp. 613-614.

(8) Abattouy Mohammed, Galileo Galilei (1564-1642), et la naissance de la physique moderne, in : Histoire des sciences et Épistémologie (étude), Coordonné par Salem Yafout, n° 55, (Rabat : Faculté des lettres, 1996), p. 5.

(9) ibidem.

في صنع الآلات، دون أن يكون قادرًا على أن يستخدمها (العزف عليها)، فإنه من الممكن للمرء أن يكون منطقيًا عظيمًا دون أن يكون بارعًا في استعمال المنطق. [تماما] مثلما هناك من يحفظون عن ظهر قلب جميع [أسماء] الشعراء، بينما هم غير قادرين على نظمِ أربع أبيات فقط. وآخرون يتقنون جميع مبادئ دافينتشي ولكنهم لا يستطيعون رسم مقعد واحد. إن تعلم العزف على آلة معينة لا يكون [من اختصاص] صانعها؛ بل عن طريق من يجيد العزف، فلكتابة القصائد ينبغي على المرء أن يكون قارئا نَهِماً للشعراء، والرسم يُتعلم من خلال الاشتغال المستمر على التصميم والتصوير (التخيل)، والبرهنة تُتعلم من خلال قراءة الكتب التي تحتوي على الكثير من البراهين، وهذا فقط يتأتى من خلال كتب الرياضيات وليس من كتب المنطق"[10].

تتمثل إذن الثورة الجاليلية حسب معظم مؤرخي الفكر العلمي في كونها قد اكتشفت **لغة الطبيعة** (le langage de la nature)[11]، أي اللغة التي يفصح بها العالم عن نفسه، وهذه اللغة هي الرياضيات. فعلى عكس أرسطو الذي اعتبر أن الخصائص الكيفية (qualitative) هي ما تمثل جوهر الأشياء، يقر جاليليو أن العلاقات الكمية هي السبيل الوحيد والحقيقي لفهم الواقع؛ إذ بدون النموذج الهندسي تظل بنية الأشياء مبهمة وعصية على الإدراك، فوحده الرياضي من يستطيع أن يمنح لهذه العلاقات معنى، ومن ثمة يكون وحده القادر على فكّ شِفرة العالم.

١-٢ الرياضيات باعتبارها وسيلة لتحصيل الحقيقة

يؤكد جاليليو في بداية كتابه **"ميزان الذهب"**، بشكل لا يدع مجالًا للشك، أنه يعتبر الرياضيات بصفة عامة والهندسة بصفة خاصة هي الطريق الوحيد لتحصيل المعرفة الحقة، حيث يقول منتقدًا أعداءه الذين لم يستطيعوا استيعاب المزج الذي أراد أن يقيمه بين العلم الطبيعي والعلم الرياضي: **"لقد أمرني ذات مرة الدوق الأكبر كوزيمو الثاني، طيب الرب ذكراه، أن أكتب آرائي حول أسباب طفو وغرق الأشياء في الماء، وحتى أنجز هذا الأمر**

(10) Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VII, op-cit, p. 60 ; trad. française, op-cit, p. 70.

(11) يُنظر على سبيل المثال لا الحصر ما قاله مؤرخ العلوم الكندي وليام شيا في هذا الصدد حول دور الرياضيات في الفيزياء الجاليلية:
- William R. Shea, La révolution galiléenne: de la lunette au système du monde, traduit de l'anglais par François De Gandt, (Paris : Seuil, 1992), p. 87.

وضعت كل ما جال في خاطري على الورق، وكل [ما تعلمته] من التعاليم الأرخميدية، التي ربما قد أوجزت كل ما يمكن أن يقال في هذا الموضوع، لكن ما إن خرجت مقالتي إلى الوجود حتى تصدى لها أعدائي بالهجوم معارضين أرائي دون أدنى اعتبار للحقيقة التي وصفتها أمامهم والمدعمة بالبراهين الهندسية، وقد بلغت بهم عاطفتهم مبلغا لدرجة أنهم فشلوا في إدراك أن إنكار الهندسة يعني بوضوح إنكار الحقيقة"(١٢).

إن ما كان يعيبه أعداء جاليليو عليه هو أنه يفتقد الحس الفلسفي الذي يعد حسبهم السبيل الوحيد لتحصيل المعرفة الفعلية بالكون والطبيعة، ففي إحدى الرسائل التي بعثها الفيلسوف الأرسطوطالي لودفيكو كولومبي (Lodovico delle Colombe) (١٥٦٥-١٦١٦) -الذي كان معروفًا بعدائه الشديد لجاليليو-، يقول له فيها ساخرًا من تقديره الشديد للرياضيات: **"لقد حشد بعض الرجال القدماء، عندما يئسوا من فهم أرسطو كل أنواع المفاهيم غير العلمية ضده، حالمين بفلسفة جديدة وطريقة جديدة في التفلسف، رغبة منهم في جلب المجد والشهرة، ومن هؤلاء في عصرنا أتباع برناردو توليسيو.**(١٣) **أما البعض الآخر فلأنهم لا يتمتعون بخلفية فلسفية بالمرة، فإنهم يسلمون أنفسهم للرياضيات ويدعون بأنها هي الملكة وفوق كل العلوم، [في حين] أن الرياضيات في زمن أرسطو كانت تنتمي إلى علوم صبية المدارس (schoolboys)، يتم تعلمها قبل أي شيء آخر. (...) ومع ذلك فإن هؤلاء العلماء الرياضيين الحديثين، يعلنون بكل وقار أن العقل الإلهي الذي مُنح لأرسطو قد فشل في فهم الرياضيات، ونتيجة لذلك فقد ارتكب أخطاءً فادحة"**(١٤).

سيرد جاليليو فيما بعد على هذه السخرية في "خطابه حول الأجسام التي تطفو على سطح الماء" (١٦١٢)، قائلا: "**إنني أتوقع توبيخًا فظيعًا من قبل أعدائي، وأسمعهم يصرخون في أذني [ويقولون ماذا تفعل يا هذا؟ إنك تجمع بين شيئين ليسا**

(12) Il Saggiatore, in: Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VI, (1896), p. 214 ; tard. eng. The Assayer, by Stillman Drake, in: Discoveries and Opinions of Galileo, op-cit, pp. 231-232.

ونفس هذا الموقف سيعبر عنه في اليوم الثاني من المحاورة على لسان ساجريدو حيث سيقول: **"إن من يريد معالجة القضايا العلمية بدون مساعدة الهندسة، [إنما] يُقدم على مشروع غير قابل للتنفيذ"**. يُنظر:
- Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VII, op-cit, p. 229; trad. française, op-cit, p. 218.

(١٣) (Bernardino Telesio) (1509-1588): فيلسوف إيطالي عُرف بمناهضته لأفكار أرسطو وأتباعه، ودعوته إلى تبني فلسفة جديدة تقوم على ما هو تجريبي كمعيار وحيد للحقيقة العلمية.

(14) «Di Ludovico delle Colombe contro il moto della terra; con postille di Galileo», in: Le opere di Galileo Galilei - Vol. III, (1892), p. 253-254 ; tard. eng. by Stillman Drake, in: Discoveries and Opinions of Galileo, op-cit, p. 223.

من نفس الجنس]،[١٥] وتجعلهما شيئًا واحدًا؛ "فالطريقة التي يدرس بها الفيزيائي الطبيعة ليست هي الطريقة نفسها التي يتبعها الرياضي، فعلماء الهندسة يجب أن يبقى اهتمامهم مرتكزًا عما يوجد في أذهانهم، وألا يتدخلوا في المسائل الفلسفية؛ لأن الحقيقة في هذه المسائل الأخيرة تختلف عن الحقيقة الرياضية"، كما لو أن الحقيقة ليست واحدة، وأن الهندسة في عصرنا من شأنها أن تعيق تطور الفلسفة الحقيقية، وكما لو كان من المستحيل أن يكون المرء مهندسا وفيلسوفا في نفس الآن، وهذا ما ينتج عنه بالضرورة [حسبهم] أن الذي يعرف الهندسة لا يستطيع أبدًا أن يعرف الفيزياء؛ بل ولا يستطيع مناقشة أية مسألة من المسائل الفيزيائية"[n].

لقد كان جاليليو مقتنعًا أنه لكي يكون المرء فيلسوفًا حقيقيًا كان لزامًا عليه أن يقوم بتخليص نفسه من السلطة التي تضعه فيها الكتب التي يقرَؤُها، والتي تصل حد التقديس؛ لهذا كان أول شيء ينتقده عند فلاسفة عصره هو انكبابهم الأعمى على كتب أرسطو في تفسير أمور الطبيعة؛ إذ حسبه لم يكونوا يتوجهون إلى الطبيعة -باعتبارها الموضوع الرئيس لدراستهم- بشكل مباشر، بل يتوجهون إليها بالواسطة. وهذا ما يرفضه عالِمنا بإطلاق؛ إذ إن كل معرفة بالواسطة هي حسبه معرفة زائفة ولا يمكنها أن توصلنا إلى الحقيقة الفعلية التي بموجبها نستطيع تفسير الظواهر الطبيعية، فلكي يصل الإنسان إلى تفسير صحيح لما يحدث أمامه يجب عليه ألا يجعل بينه وبين تلك الأحداث أي واسطة يمكنها أن تشوش عليه تفكيره، هذا هو الدرس الفلسفي والإبستيمولوجي الذي كان جاليليو يريد أن يوصله لنا.

كتب يقول في خطابه إلى أحد خصومه المدعو سيزاريس لاجالا (Caesaris Lagalla): **"إن الفرق بين التفلسف ودراسة الفلسفة هو نفسه الفرق القائم بين الرسم انطلاقًا من الطبيعة ونسخ**

(١٥) لقد كانت الحجة التي يستند عليها أعداء جاليليو الأرسطيين للرد على استخدامه للرياضيات في الفيزياء هو كونه يجمع بين علمين متناقضين من حيث النوع، حيث يقول أحد أعدائه الذي سمى نفسه "الأكاديمي المجهول" [الذي يُحتمل أنه Arturo Pannocchieschi (١٥٦٤-١٦١٤)]: **"إن القضايا والبراهين الرياضية تفشل في إظهار القوة والأسباب الحقيقية لتدابير الطبيعة (*les opérations de la nature*). (...) فأولئك الذين يرغبون في إثبات الحقائق الطبيعية بواسطة الاستدلالات الرياضية -وجاليليو إن لم أكن مخطئًا واحد منهم- بعيدون كل البعد عن الحقيقة. (...) إن أي شخص اعتقد أنه قادر على إثبات الخصائص الطبيعية بواسطة الحجج الرياضية هو شخص أخرق (*insensé*)؛ لأنهما علمان مختلفان تمامًا؛ فالعلوم الطبيعية تدرس الأجسام الطبيعية التي لها حركة كحالة طبيعية وملموسة، في حين الرياضيات مجردة من كل حركة".** - Le opere di Galileo Galilei - Vol. IV, op-cit, « Considerazioni Di Accademico Incognito », (Pise, 1612), p. 158; Cité dans : William R. Shea, La révolution galiléenne, op-cit, p. 61.

(16) Le opere di Galileo Galilei - Vol. IV, (1894), « Diversi frammenti, Delle cose che stanno in su l'acqua », p. 49. (بتصرف طفيف); Mohamed Abattouy, Galileo Galilei et la naissance de la physique moderne, p. 6. William shea, La révolution galiléenne, op-cit, p. 61.

الصور [المرسومة حول الطبيعة]"[١٧].

وهذا القول لا يعني أن على المرء ألا يطلع على ما أنجزه الآخرون، وإنما ما أراد جاليليو قوله هو أن المرء حين دراسته لشيء ما، يجب أن يجعل من الأبحاث السابقة حافزًا للتفكير وليست منتهى التفكير. فالفرق بينهما هو أن الأول يجعل من تلك التفسيرات القديمة أرضية ينطلق منها لبداية بحثه؛ في حين الثاني يجعل منها نهاية البحث. فمن الممكن للرسام أثناء بداية تعلمه للرسم أن يقوم بنسخ اللوحات الجيدة المرسومة من قبل أعظم الفنانين، لكن لا ينبغي أن يفني حياته في النسخ فقط، وإنما عليه أن يبتكر أسلوبًا جديدًا في الرسم إذا ما أراد أن يخلق لنفسه أسلوبًا جديدًا وأن يتميز عن سابقيه.

وبالمثل من الممكن لدارس الفلسفة من أجل تحفيز العقل وإرشاده إلى التفلسف، أن يبتدئ بدراسة النصوص الفلسفية القديمة، وأن يحاول تقليد أسلوب فلسفي معين، لكن لا ينبغي أن يبقى على هذا الحال؛ إذ من الضروري عليه إذا ما أراد أن يكون فيلسوفًا أن يبتكر لنفسه أسلوبًا جديدًا في الكتابة الفلسفية. يقول جاليليو في هذا الصدد: **"إن المرء لن يصبح فيلسوفًا، إذا ما اهتم إلى الأبد بما يكتبه الآخرون، دون أن يكلف نفسه حتى أن يرفع عينيه إلى ما تُبدعه الطبيعة. (...) إنني أقول إن هذا الأمر لن يصنع من المرء فيلسوفًا أبدًا، ولكن سيصنع منه تلميذًا لفلاسفة آخرين وخبيرا بأعمالهم. ولا أعتقد أننا سنقدر رجلًا قد درس الرسم واللوحات دراسة عظيمة ودَقّقَ في كل أعمال الرسامين، لدرجة أنه يستطيع فورًا وبحسم أن يحدد أسلوب كل واحد منهم، ونعتبره رسامًا حتى ولو كان في مقدوره مُحاكاتهم.**

"إنك تعتقد [يا سيد لاجالا] أن الفلسفة يمكن أن تصل إلى درجة عظيمة من الكمال إذا ما وُلِد الناس عُميانًا؛ لأنهم عندئذ سيتحررون من الكثير من الافتراضات الزائفة التي تأتينا مما نُبصره. (...) ولهذا فإنك تدين بشدة كل الرياضيين [والفلكيين] لكونهم حسب رأيك يجهلون أن الحواس تخدعنا، كما لو كان معروفًا ما إذا كان المرء يُخدع بواسطتها أم لا. (...) ولكن قل لي يا سيد لاجالا من الذي قدم لنا مشاهدات أفضل وأكثر دقة، ومفاهيم حول الخداع البصري أكثر من الرياضيين؟"[١٨].

بناءً على هذه الاعتبارات، نستنتج أن جاليليو لم يرغب في أن يستقل تمامًا عن الفلسفة، بل إنه أراد أن ينشئ لنفسه فلسفة جديدة،

(17) Galileo Galilei, Discoveries and Opinions of Galileo, op-cit, p. 224.

(18) «Iulii Caesaris La Galla De phoenomenis in orbe lunae novi telescopii usu nunc iterum suscitatis; con postille di Galileo», in: Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. III, (1892), op-cit, p. 395-336 ; tard. eng, by Stillman Drake, in: Discoveries and Opinions of Galileo, op-cit, pp. 225-226.

تقوم على طريقة جديدة في التفلسف، وقِوام هذه الفلسفة الجديدة هو المنهج الرياضي؛ فالعالِم الإيطالي كان مقتنعًا تمام الاقتناع، أنه لكي تصبح الفلسفة علمًا دقيقًا كان لزامًا عليها أولًا وقبل كل شيء أن تجد لنفسها منهجًا رياضيًا صارمًا، يجعل العقل يصوغ أفكارًا واضحةً وافتراضات نظرية مبنية بشكل متقن، تُدعَّم بتجارب دقيقة في النهاية.

والجدير بالذكر أن مسألة التمييز بين اليقين الافتراضي والبرهان الرياضي قد خلقت إشكالًا كبيرًا لدى المتخصصين في الفكر الجاليلي، فهو من جهة يؤكد أن الاستدلال الرياضي يُمكِّن الإنسان من الحسم بشكل نهائي في الأمور التي تخص الطبيعة، حيث يقول: **"إن التمسك بصرامة المبرهنات الهندسية يعد اختبارًا خطيرًا للغاية فقط بالنسبة لأولئك الذين لا يعرفون كيفية استخدامها. [لكن بالنسبة للذين يجيدونها فلا توجد أي صعوبة تذكر]؛ إذ مثلما لا يوجد حد وسط بين الصواب والخطأ، فإنه كذلك في المبرهنات الضرورية لا يستطيع المرء إلا أن يصل إلى تأكيدات مطلقة غير مشكوك في صحتها أو مغالطات مطلقة لا يمكن القبول بها، [ففي الرياضيات] إما أن يكون المرء قيصرا أو لا شيء (César ou rien)"**[١٩]. لكن نجده في موضع آخر يذكر القارئ بأن تفسيراته هي مجرد محاولات وافتراضات حدسية لا غير، حيث يقول في **"خطابه حول المذنبات"**:

"إنني لا أقدم [حججي] بطريقة تأكيدية ولكنني أقدمها بطريقة احتمالية وتقريبية، أي ما أشعر أنه صحيح حول موضوع غامض ومُلتبس. هذه هي الحدوس والتخمينات التي وجدت مكانها في ذهن الأكاديمي جاليليو"[٢٠].

ويقول أيضًا في موضع آخر: **"أعترف لكم صراحة كما تعودت دائمًا، أنني مبهور كثيرًا وضرير تمامًا، عندما يتعلق الأمر باختراق أسرار الطبيعة، لكنني ما زلت لا أستطيع بلوغ إلا معرفة قليلة حول هذه الأسرار"**[٢١].

ورغم ما تطرحه هذه المسألة من إشكالات إبستيمولوجية عويصة في الفكر الجاليلي، إلا أن الشيء المؤكد هو أن صاحب المحاورة كان يدرك جيدًا أن العقل البشري لا يستطيع اختراق الطبيعة ما لم يتخلّ عن الادعاءات الفلسفية السخيفة، التي تعتقد أن بإمكانها تحصيل معرفة شاملة. وفي هذا الأمر نسف للمبدأ الأرسطي القائل بالعلم الكلي؛ إذ إن رهان أرسطو منذ البداية كان هو تحصيل معرفة كونية تُلم بكل العلوم

(19) Il Saggiatore (1623) in: Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VI, (1896), p. 297 ; Cité dans : William R. Shea, La révolution galiléenne, op-cit, p. 126. (بتصرف طفيف).

(20) discorso delle comete galileo (1616), in: Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VI, p. 47 ; Cité dans : William R. Shea, La révolution galiléenne, op-cit, p. 126.

(21) Il Saggiatore, in: Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VI, (1896), p. 303 ; Cité dans : William R. Shea, La révolution galiléenne, op-cit, p. 126-127.

والمعارف، لهذا جعل من نسقه الفلسفي نسقًا كليًا وشموليًا (المنطق، العلم الطبيعي، الميتافيزيقا، الكوسمولوجيا...)؛ لكن هذا الأمر يرفضه جاليليو بإطلاق؛ إذ حسبه يستحيل أن نُحصّل معرفة شاملة بالطبيعة اللامحدودة، وبدل ذلك يقترح أن نركز اهتمامنا على أجزاء هذه الطبيعة لمحاولة معرفة وظائفها المختلفة، وذلك دون أن ننتظر أننا سنحقق خلال هذه الدراسة معرفة شاملة بها؛ إذ إن العالم في كليته لا يمكن إدراكه؛ لأنه عصي على الفهم.

وهذا ما سيعبر عنه سالفياتي في أواخر اليوم الأول من المحاورة قائلًا: **"إن الفهم الإنساني يحمل معنيين فهو إما: يكون مُكثفًا (intensive) أو مُوسعًا (extensive)؛ إذ نعتبره موسعا [في تلك اللحظة] التي يكون فيها عدد الأشياء التي يدركها لا نهائيًا، وفي هذه الحالة يكون الفهم الإنساني لا نهائيًا أيضًا، وبالتالي ليس له مثيل؛ إذ حتى وإن عرف ألف حقيقة كاملة [لن يزيد أو ينقص منه في شيء]؛ لأن العدد ألف لا يفوق الصفر بالنسبة لما هو نهائي. لكن إذا اعتبرنا هذا الفهم مكثفًا مع الأخذ بعين الاعتبار الدلالة الاصطلاحية لكلمة التكثيف التي تعني الكمال في إدراك القضايا، فإنني أقول إن الفهم الإنساني يدرك بعض الحقائق ولديه يقين تام بهذا "البعض" الذي أدركه.**

"(...) وهذا هو حال العلوم الرياضية البحتة، أي علم الهندسة والحساب؛ ففي هذه العلوم قد يعرف العقل الإلهي قضايا [رياضية] لا حصر لها بالمقارنة مع العقل الإنساني؛ ذلك لأنه يعرفها كلها، بيد أن معرفة القليل من هذه القضايا -هذا القليل الذي هو وحده الممكن بالنسبة للفهم البشري [المحدود]- يكون مساويًا من حيث اليقين الموضوعي للمعرفة الإلهية؛ لأن هذا الفهم القليل الذي مُنح لنا، يمكننا من فهم ما هو ضروري [في الطبيعة]. وبكل تأكيد إنني أقول: "لا يوجد شيء موثوق بإطلاق"[22].

وفق هذا المنحى تصبح مسألة إرشاد رغبة الإنسان اللامحدودة في المعرفة أمرًا ضروريًا حتى يحقق معرفة مُنتجة (productif)، فرغم أن رغبته في المعرفة غير محدودة، لكن معرفته هذه تبقى محدودة للغاية بالمقارنة مع ما ينطوي عليه الكون من أسرار. وهذا ما عبر عنه جاليليو باستحضاره لقصة جميلة لشخص كان يدعي أنه يمتلك معرفة مطلقة بالأصوات لكنه سيكتشف في النهاية أن معرفته تلك محدودة للغاية. ونظرًا لجمالية الحكاية ارتأينا أن ننقلها للقارئ كاملة رغم أنها طويلة نسبيًا يقول: **"لقد علمتني الخبرة الطويلة فيما يتعلق بوضع البشرية للأمور التي تتطلب**

(22) Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VII, op-cit, pp. 128-129; trad. française, par François De Gandt et René Fréreux, op-cit, p. 129.

التفكير ما يأتي: "كلما عرف الناس أقل وفهموا أقل من هذه الأمور، انخرطوا في محاولة المجادلة حول هذه الأمور أكثر؛ إذ إن معرفة وفهم الكثير من الأشياء تجعل الناس يأخذون المزيد من الحذر والتروي في إصدار أحكامهم على أي شيء جديد.

[لكي تفهموا قولي هذا أكثر سأروي لكم قصة] "في إحدى الأيام في مكان منعزل عاش رجل وهبته الطبيعة حب الاستطلاع فوق العادة، ووهبته أيضًا عقلًا راجحًا وحادًا. وقد كان هذا الرجل يربي الطيور للتسلية والتغريد ويستمتع بهذا الأمر كثيرًا، حيث يراقب بإعجاب شديد هذا الاختراع الذي كانت الطيور تستطيع به تحويل الهواء الذي تتنفسه إلى [مقطوعات] غنائية رائعة ومختلفة. وفي إحدى الليالي تصادف أن سمع هذا الرجل أغنية رقيقة بالقرب من منزله، ولما كان تفكيره لم يكن قادرًا على ربط هذه الأغنية بأي شيء آخر إلا بطائر صغير، فهرول محاولًا الإمساك به، لكنه عندما وصل إلى مصدر الصوت وجد طفلًا صغيرًا من الرعاة ينفخ في عصا مجوفة ويحرك أصابعه على الخشب، ليخرج منه نغمات متنوعة مثل تلك التي تصدرها الطيور، ولكن بطريقةٍ مختلفةٍ تمامًا. ارتبك الرجل وأعطى للطفل عجلًا مقابل ذلك الناي (Flute) مدفوعًا بطبيعته الفضولية، وعاد إلى عزلته.

"لكنه أيقن بأنه إذا لم يكن قد التقى بذلك الطفل صدفة ما كان له أن يعلم بوجود طريقة جديدة لتكوين النغمات والأغاني الحلوة، فقرر أن يسافر إلى أماكن بعيدة على أمل أن يلتقي ببعض المغامرات الجديدة. وفي اليوم التالي حدث أنه مر بجوار كوخ صغير فسمع النغمات نفسها تنبعث من داخله، وحتى يرى ما إذا كان ذلك الصوت صادر عن الناي أم عن الطائر دخل إلى الكوخ. فوجد هناك طفلًا آخر يمسك بقوس في يده اليمنى ويمرره كالمنشار فوق ألياف مشدودة فوق قطعة خشبية مجوفة، أما يده اليُسرى فقد كانت تمسك بالآلة وتتحرك أصابع الطفل لتستخلص من كل ذلك تنوعًا في النغمات الأكثر جمالًا، دون أي نفخ. والآن يمكن يا من تشارك الرجل تفكيره وتقتسم معه فضوله، أن تحكم على دهشته.

"فقد وجد نفسه أمام طريقين غير مسبوقين لإنتاج النغمات والألحان، وبدأ يدرك أنه لا يزال هناك المزيد من هذه الطرق. وقد زاد ذهوله عند دخوله أحد المعابد وسمع صوتًا، وعندما التفت خلفه ليرى مصدره اكتشف أنه جاء من المفصلات (the hinges) المثبتة على الأبواب [والتي

تصدر صوتًا] عندما يتم فتحها. ومرة أخرى قاده فضوله للدخول إلى فندق وهو يتوقع أن يرى بعض الناس تمرر القوس بلطف على أوتار الكمان، لكنه بدلًا من ذلك رأى رجلًا يحك إصبعه بحافة قدح فيستخلص منه نغمة تبعث السرور في النفس. ثم لاحظ أن الدبابير والبعوض والذباب لا تكون نغمة واحدة بالتنفس كما تفعل الطيور، لكنها تصدر صوتًا رتيبًا بضربات سريعة من أجنحتها، وكلما زادت دهشته وإعجابه قل اقتناعه بأنه يعرف كيف تُصدر الأصوات؛ بل حتى خبراته السابقة لم تكن كافية لتعلمه أو حتى تسمح له أن يعتقد بأن صرصور الليل يصدر نغماته الحلوة بحك أجنحته بعضها على بعض؛ وذلك لأنه لا يستطيع الطيران على الإطلاق.

"حسنًا، بعد أن أصبح الرجل يعتقد أنه لا توجد طرق أخرى لإصدار النغمات، وذلك بعد أن شاهد بالإضافة للأشياء المذكورة مختلف آلات الأورغ (the organs)، والأبواق والناي والآلات الوترية؛ بل حتى إنه شاهد هذه القطعة الحديدية الصغيرة على شكل اللسان التي توضع بين الأسنان والتي تستخدم تجويف الفم بطريقة غريبة كصندوق رنين والتنفس كأداة لنقل الصوت.

وعندما اعتقد هذا الرجل أنه قد رأى كل شيء، كما أقول، وجد نفسه مرة أخرى غارقًا في الجهالة والحيرة أكثر من أي وقت مضى، حيث إنه قد أمسك بحشرة زيز الحصاد (الصرناخ) (cicada)، وفشل في خفض ضجيجها الحاد عالي النغمة سواء بغلق فمها أو بمنع أجنحتها من الحركة، كما أنه لم يرى أنها تحرك القشور التي تغطي جسدها أو تحرك أي شيء آخر.

"وأخيرا رفع الرجل درع صدرها فرأى هناك بعض الأربطة الرقيقة والصلبة تحت الدروع، ولما ظن أن الصوت يأتي من اهتزازات هذه الأربطة قرر أن يقطعها ليخرس الحشرة. لكن لم يحدث أي شيء إلى أن دفع إبرته عميقا فطعن الحشرة فأخرس صوتها وأخذ حياتها، وبذلك ظل غير قادر على تحديد هل كانت هذه الأربطة بالفعل مصدر الصوت. وبهذه الخبرة اختزلت معرفته إلى عدم ثقة، ولذلك عندما يسأله أحد كيف تتكون الأصوات كان يجيب بتسامح إنه على الرغم من معرفته ببضعة طرق، فإنه متأكد أن هناك الكثير من الطرق الأخرى المعروفة والتي لا يمكنه تصورها. ويمكنني أن أصور بأمثلة كثيرة جدًا سخاء الطبيعة في إظهار تأثيرها، أثناء توظيفها لوسائل لا يمكن أن نفكر فيها بدون استخدام حواسنا وخبراتنا،

وفي بعض الأحيان تكون حتى هذه الحواس والخبرات غير كافية لعلاج العجز في فهمنا"[٢٣].

بناءً على هذا المثال، نستنتج أن المعرفة حسب جاليليو لا يمكنها أن تكون إلا نسبية؛ إذ مهما وصلت القدرة الهائلة للإنسان على البحث في القوانين التي تحكم الطبيعة والكون، فإن هذه المعرفة ستبقى قاصرة ولن تكون دقيقة بالمعنى المطلق للكلمة، وبهذا يكون جاليليو قد دشن فكرة جديدة في ميتودولوجيا البحث العلمي، تتعلق بالعمل على ما هو جزئي في الطبيعة عوض التركيز عليها في كليتها وشموليتها، التي تبقى صعبة المنال. ولا يبقى أمام الإنسان سوى البحث فيما هو جزئي، وبالتالي تكون المعرفة التي سيحصلها جزئية هي الأخرى، وقابلة للمراجعة باستمرار.

سننتقل الآن للحديث عن التأثير الذي خلفه تطبيق جاليليو للرياضيات في الفيزياء، على العلماء الذين سيأتون بعده، حيث ستشكل أبحاث هذا العالم الإيطالي بهذا الخصوص بداية تأسيسية لظهور وخلق تقليد علمي ورياضي جديد طبع وبصورة حاسمة تاريخ العلوم منذ ذلك الحين حتى اليوم. وتتمثل خصائصه في العناصر التالية:

أولًا: تكوين جماعات علمية دولية، تتقاسم نفس الاهتمامات بدراسة الظواهر الطبيعية دراسة رياضية.

ثانيًا: تكثيف التعاون فيما بين هذه الجماعات وتبادل أنباء الاكتشافات وطرق تبريرها والاستدلال عليها.

وأخيرًا: ستتشارك هذه الجماعات اقتناعًا مركزيًا واحدًا، وهو الذي سيوجه أبحاثهم من الناحية المنهجية والإجرائية، ويتمثل ذلك في الاستثمار الخلاق للرياضيات في مختلف الدراسات العلمية[٢٤].

٢. جاليليو ونشأة التقليد العلمي-الفلسفي الرياضي

لقد كان العالم الإيطالي مقتنعًا تمام الاقتناع أنه مدشن العلم الجديد الذي لم يسبقه إليه أحد، وكان يعلم كذلك أن هذا التدشين ما هو إلا بداية للبحث، متنبئا قبل الأوان بأن هذه البداية ستشكل الشرارة الأولى للثورة العلمية الحديثة من جهة، وستكون فاتحة لبروز تقليد علمي جديد ما زال صداه إلى اليوم من جهة أخرى، يقول في بداية كتابه "براهين وخطابات رياضية" (١٦٣٨): **"غايتي هي أن أضع عِلمًا بالغًا في الجدة، يعالج موضوعًا بالغًا في القدم. وقد لا يكون في الطبيعة ما هو أقدم من الحركة التي وضع الفلاسفة فيها كُتبًا**

(23) Il Saggiatore, in: Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VI, pp. 280-281 ; tard. eng. The Assayer, by Stillman Drake, in: Discoveries and Opinions of Galileo, op-cit, pp. 256-258.

(24) CF. Abattouy Mohammed, Galileo Galilei (1564-1642), et la naissance de la physique moderne, op-cit, pp. 3-11.

ليست قليلة ولا صغيرة، والحركة التي أعالجها هي حركة النقلة (moto locale) التي هي ظاهرة تظهر فيها العديد من الخصائص المدهشة، التي لم يسبق لأحد أن لاحظها أو أقام عليها الدليل.

"أما العلم الآخر الذي قمت بتطويره أيضًا من أسس العلم السابق، -الذي يتضمن هو الآخر خصائص ونظريات لم يتم ملاحظتها حتى الآن-، فيتناول المقاومة التي تتعرض لها الأجسام الصلبة (...) من قبل القوى الخارجية، وهو موضوع ذو فائدة كبيرة، وخاصة في العلوم والفنون الميكانيكية. هكذا إذن يجد المرء في مؤلفي هذا الذي عالجت فيه هذين العلمين، العديد من المبرهنات الواضحة، وأيضًا العديد من النظريات الأخرى التي لا تقل أهمية. والأهم من ذلك هو أنني فتحت أمام هذا العلم الواسع -الذي هو في اعتقادي في طور البداية- طرقًا ومجالات كثيرة سيستفيد منها علماء أقوى مني عقلا، وسيذهبون فيها إلى أبعد الحدود مع مرور الوقت"[٢٥].

إن هذا التدشين العلمي الجديد الذي سيعرف فيما بعد بالفيزياء الرياضية، الذي افتتحه جاليليو في هذا المؤلف العظيم سيشكل حسب مؤرخ العلوم الفرنسي **"بول تانيري"** نموذجًا رئيسًا لبروز تقليد علمي جديد لم يسبق له مثيل، حيث إن البراهين الرياضية المستخدمة فيه ستمكن المجتمع العلمي، من إيجاد المنهج الصحيح الذي ينبغي عليهم إتباعه في المضي قدما نحو دراسة الميكانيكا[٢٦]. وسيأخذ هذا التقليد في الانتشار في كل بقاع أوروبا ابتداءً من النصف الأول من القرن السابع عشر، ولعل أعمال العالم الهولندي كريستيان هيجنز تعد نسخة مثالية لهذا التقليد؛ إذ لم يخفِ هذا الأخير إعجابه الكبير بالفيزيائي الإيطالي، حيث يقول مادحًا فطنته:

"لقد كان جاليليو يمتلك إلى جانب معرفته الكبيرة بالرياضيات كل ما يتطلبه المرء لإحراز تقدم في الفيزياء. وينبغي الاعتراف بأنه كان أول من قام باكتشافات بديعة تتعلق بطبيعة الحركة (...) [إضافة إلى ذلك] لم تكن له أي نية أو رغبة في أن يكون قائدًا لطائفة ما (chef de secte)، بل على العكس من ذلك كان متواضعًا جدًا، وكان يحب الحقيقة كثيرًا، الشيء الذي جعله يكتسب سمعة كافية لجعله يستمر

(25) « Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze », in: Le opere di Galileo Galilei - Vol. VIII, (1898), op-cit, p. 48 ; tard. eng. Dialogues Concerning Two New Sciences, by Alfonso de Salvio, and Introduction by Antonio Favaro, (New York: Macmillan, 1914), pp. 14-15.

(26) Abattouy Mohammed, Galileo Galilei (1564-1642), et la naissance de la physique moderne, op-cit, p.3 ; Paul Tannery, Galilée et les principes de la Dynamique, "Mémoires scientifiques", (Paris: Gauthier-Villars, 1926), t. VI, p. 387.

في اكتشافاته الجديدة إلى الأبد"[٢٧].

وحتى العالم الإنجليزي إسحاق نيوتن - الذي أكد غير ذات مرة أن كل ما توصل إليه كان على أكتاف العلماء الذين سبقوه- لم يُخفِ أنه مدين كثيرًا لجاليليو؛ إذ سيسند إليه أول قوانينه الفيزيائية المتعلق بمبدأ العطالة، معتبرًا أن هذا المبدأ كان موجودًا ضمنيًا في الفيزياء الجاليلية[٢٨]. ورغم أننا في الواقع لا نعثر على إشارة حرفية واضحة وبينة لمفهوم **"العطالة"** في كل مؤلفات جاليليو، سواء في كتاب **"المحاورة"**، أو حتى في **"خطابات وبراهين رياضية"**، ولكننا نجده في المقابل يضع تصورًا يكافئ فيه بين الحركة والسكون، ويقترب من هذا المبدأ الذي أخذ لديه صيغة محددة تتمثل في التنصيص على حفظ الحركة المنتظمة.

إذ بالعودة إلى كتاب المحاورة نجد أن له إشارةً قريبةً نسبيًا حول هذه المسألة وبالضبط في اليوم الأول، يقول فيها: **"[...] إن كل الأجسام التي تتحرك بطبيعتها، إذا لم تجبر على السكون بواسطة علة ما، فإنها تستمر في هذه الحركة في حالة إطلاق سراحها. شريطة أن يكون لها ميل نحو الوصول إلى مكان معين؛ إذ لو لم يكن لديها هذا الميل لظلت ساكنة في مكانها؛ نظرًا لأنها لا تملك أية علة للحركة إلى هذا المكان أو ذاك"**[٢٩].

إن الإشكال الذي يطرح نفسه هنا هو ما إذا كان جاليليو قد نظّر حقًا لقانون العطالة أم أن الأمر لا يعدو أن يكون مجرد تشابه واختلاط في الدلالة والمعنى كما يقول كويري[٣٠]. **ثم إذا لم يكن قد تصوره حقا فما الذي منعه من ذلك؟**

الجواب على هذا الإشكال نجده عند العالم الشهير ألبيرت آينشتاين، الذي يعزو السبب

(27) ibidem; Huygens, Christiaan, Œuvres complètes, publiées par la Société hollandaise des sciences, La Haye, Martinus Nijhoff, 1888-1950, 22 Vol; Vol. X, p. 404.

(28) Isaac Newton, **Principes mathématique de la philosophie naturelle,** traduction de Mme de Chatelet, augmentée des commentaires de Clairaut, (Paris : sans édition, Librairie Scientifique et Technique Albert Blanchard, 1966), tome 1, p.27.

(29) Galileo Galilei, Le opere di Galileo Galilei - Vol. VII, op-cit, p. 44; trad. française, par François De Gandt et René Fréreux, op-cit, p. 56.

(٣٠) يستند موقف كويري في هذا الصدد على جُملة شهيرة لباسكال يقول فيها: **"[هناك فرق جوهري] بين أن نكتب كلمة جزافًا دون مزاولة تأملها بشكل معمق، وبين أن ندرك فيها منظومة رائعة من النتائج، وأن نجعل منها مبدأً ثابتا ووطيدا للفيزياء بأسرها"**. فبالنسبة لكويري لا تعد =أفكار جاليليو حول مبدأ العطالة سوى أفكار عرضية فيها الكثير من الغموض والتحفظ، ولا تمثل قانونًا أساسيًا بالنسبة للحركة؛ إذ حسبه الصياغة الأولى المتكاملة لهذا المبدأ وضعها ديكارت وليس جاليليو. ويضيف أن نيوتن تجاهل مساهمة ديكارت وأعطى الأولوية لجاليليو فقط؛ لأنه يبغض الأول ويعاديه ويبجل الثاني ويمتدحه؛ إذ **"من الصعب أن يَدينَ المرء لأعدائه، في حين أنه من الطبيعي أن يسلط الضوء إلى أنه مدين لأصدقائه"**. ينظر:

-Alexandre Koyré, **Études galiléennes**, op-cit, pp. 161-162 ; **Études newtoniennes,** (Paris : Gallimard, 1968), p. 94. Cité dans: Abattouy Mohammed, Galileo Galilei (1564-1642), et la naissance de la physique moderne, op-cit, p. 4.

يعتبر كويري أن إسحاق بيكمان هو أول من صاغ مبدأ دوام الحركة، وذلك منذ سنة ١٦١٣، حيث سيؤكد هذا الأخير: **"أن الأجسام التي بدأت تتحرك لا تسكن إلا إذا أعاقتها أشياء أخرى، وجميع الأشياء، شأنها في ذلك شأن الأجسام المتحركة، لا تسكن أبدا ما لم تتم إعاقتها من الخارج. وبقدر ما يكون العائق أضعف بقدر ما تستمر هذه الأجسام في الحركة مدة أطول."** وهذا المبدأ هو الذي سيستثمره ديكارت لصيغة قانون عام للحركة العطالية. يُنظر:

-Alexandre Koyré, **Études galiléennes**, op-cit, p. 108. (note n° 1).

الذي جعل من جاليليو لا يتوصل إلى الصيغة الكاملة لقانون العطالة كما جاءت مع نيوتن، إلى كونه ظل مُتعلقًا بالحركة الدائرية، كمبدأ وحيد لكل حركة طبيعية، يقول في هذا الصدد:

"بطبيعة الحال، لا يمكننا إلقاء اللوم على علماء الفلك اليونان، في ترسيخهم لهذه الصورة الساذجة [للكون]، الذين استخدموا في تمثيلهم لحركة الأجسام السماوية تركيبات هندسية مجردة ازداد تعقيدها مع ازدياد دقة الأرصاد الفلكية. فمع عدم توفرهم على نظرية في الميكانيكا، حاولوا إسناد الحركات المعقدة (ظاهريًا) للأجسام السماوية إلى أبسط الحركات التي يمكنهم تصورها؛ أي إلى الحركات الدائرية المنتظمة. هكذا نفهم مدى تعلق جاليليو بفكرة الحركة الدائرية واعتبارها الفكرة الوحيدة الحقيقية والصادقة والممثلة لما يقع في الطبيعة بالفعل. ولعل هذا التعلق من جانبه بهذه الحركة هو السبب الرئيس الذي حال دون وصوله إلى مبدأ العطالة والتعرف على أهميته المركزية في وصف حركة الأجسام السماوية"[٣١].

وبغض النظر عَمَّا إذا كان جاليليو قد توصل إلى مبدأ العطالة أم لا، فإن قوله بتكافؤ الحركة والسكون الذي هو نفسه الذي اعتمده نيوتن جزئيًا في صياغة قانونه الأول وأضاف إليه اعتبارات أخرى لتكون صيغته النهائية كالتالي: "**كل جسم يظل في حالة سكون أو حركة منتظمة في خط مستقيم ما لم تتدخل قوة لتؤثر عليه وتجبره على تغيير حالته**"[٣٢]، مع فارق أساسي هو أن حالة الحركة التي تتم إدامتها وفقًا لجاليليو هي الحركة الدائرية المنتظمة، وليست المستقيمة كما هي عند نيوتن. وبهذا يكون مبدأ العطالة عند الأول يأخذ طابعًا كوسمولوجيا يهدف إلى المحافظة على نظام الكون، أما عند الثاني فيأخذ طابعًا ديناميكيًا يهدف إلى وصف التغيرات الحاصلة في الحركة، وعلاقتها بالقوى المحيطة بها، محددًا بذلك الحالات التي تُحرم فيها الأجسام من الحركة، والشروط التي ينبغي توفرها لتدوم هذه الحركة.

وبالعودة إلى موضوعنا الرئيس المتعلق بالتقليد العلمي-الرياضي الذي كما قلنا يعد جاليليو رائده الأول-، ارتأينا أنه من الضروري أن نشير إلى النهضة الكبيرة التي عرفها علم الرياضيات في إيطاليا بين القرنين الخامس عشر والسادس عشر[٣٣]، التي كان جاليليو نفسه واحدًا من المتأثرين بها، فقد عرفت تلك الفترة بروز العديد من علماء الرياضيات

(31) Galileo Galilei, Dialogue Concerning the Two Chief World Systems—Ptolemaic & Copernican, translated by Stillman Drake, foreword by Albert Einstein, (Los Angeles: UCP, second edition 1967), pp. ix-xi.

(32) Isaac Newton, **Principes mathématique de la philosophie naturelle**, t. 1, p.17.

(٣٣) بخصوص هذه النهضة الرياضية يُنظر المؤلف الشهير للمؤرخ بول روز ليويرونس:
-Rose, Paul Lawrence, The Italian Renaissance of Mathematics: Studies on Humanists and Mathematicians from Petrarch to Galileo, Genève, Droz, 1976.

من قبيل كاردانو cardano وكوماندينو commandino وتارتاغليا tartaglia ومورولیکو mourolico وأيضًا كيدوبالدو ديل مونتي، الذي كان له الدور الأبرز في نبوغ جاليليو الرياضي[٣٤]. ورغم أصالة عمل هؤلاء العلماء إلا أنهم ظلوا في حدود ما هو نظري-تجريدي ولم تصل بهم الجرأة إلى تطبيقها في دراسة الظواهر الفيزيائية المرتبطة بالحركة، والمزج بين ما هو رياضي وفيزيائي كما فعل جاليليو، مدشنًا بذلك برنامجًا متكاملًا سيطر على معظم الأبحاث الفردية والجماعية التي قام بها علماء الفيزياء الحديثة. هذا البرنامج الذي سيقود العلم إلى بلورة ما يسمى اليوم بالفيزياء الرياضية، التي تعد النواة الصلبة لجميع العلوم الطبيعية.

يصف وينِفريد ويزَن (Winifred Wisan) مساهمة العالم الإيطالي حول تدشينه لأسلوب علمي جديد بالقول: **"يبدو بأن جاليليو [خلال سعيه الحثيث نحو] بلورة علم أرخميدي [جديد]، تعامل مع حركات العلم الأمبريقي مثل الفنان؛ إذ إنه سعى إلى افتتاح أسلوب جديد (new style). حيث بدأ محاولاته الأولى بتطوير صغير للدراسات السابقة لموضوع الحركة وبالخصوص حركة النقلة، وحركة الطرد (dicursive)، لكن سرعان ما سيتقدم خطوة إلى الأمام ليبدأ محاولاته الأولى للمعالجة الرياضية لهذه الحركات، حيث سينطلق [كما يفعل الجميع] من هندسة أوقليدس، واستمر في العملية حتى لم تعد نقطة الانطلاق الأولى مرئية، ليظهر لنا بذلك شيئًا جديدًا تمامًا لم يسبق لنا أن رأيناه. وفق هذا المعنى يمكننا القول بأن جاليليو قد أنتج لنا بالتأكيد أطروحة [أصيلة] في الحركة وأيضًا أسلوبًا جديدًا في دراسة هذه الحركة، وقد اتبعت هذه التطورات نمطًا مشابهًا لذلك الذي ظهر في الفن"**[٣٥].

وحتى بدون اللجوء إلى مثل هذه المماثلة مع تاريخ الفن، يمكننا وصف مساهمة جاليليو الحاسمة في تقدم الأفكار الفيزيائية الحديثة، في كونه قد وضع تقليدًا بحثيًا جديدًا تتمثل أبرز سماته في:

١. وعي العلماء بأهمية استخدام الرياضيات بوصفها منهجًا ضروريًا لوصف الظواهر الطبيعية وتكميمها، فمنذ أن كَمّمَ العالم الإيطالي جاليليو السقوط الحر للأجسام والسرعة وحركة المقذوفات،

(٣٤) يعترف جاليليو صراحة بعرفانه لأساتذته في الرياضيات قائلًا: **"إن الطريقة التي سنتبعها في هذه الرسالة [يقصد بحثه حول الحركة] ستقوم دائمًا على ربط القضايا بتلك التي سبقتها [...] وهذا المنهج استلهمته من علماء الرياضيات الذين كانوا أساتذتي"**. يُنظر:
- Le opere di Galileo Galilei - Vol. I, (1890), op-cit, p. 285 ; Cité dans: Ludovico Geymonat, Galilée, trad. de l'italien par Françoise-Marie Rosset et Sylvie Martin, (Paris: Éditions du Seuil, coll. «Sciences», 1992), p. 24.

(35) W. L. wilson, "Galileo and the Emergence of a New Scientific Style", in Jaakko Hintikka et al., eds, Theory Change, Ancient Axiomatics, and Galileo's Methodology, (Dordrecht: Reidel, 1980), p. 325; Cité dans: Abattouy Mohammed, Galileo Galilei (1564-1642), et la naissance de la physique moderne, op-cit, p. 6.

سينطلق برنامج متكامل لتكميم الظواهر، حيث سيقوم **نيوتن** في كتابه **"المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعة"**[٣٦] بتكميم الكتلة والقوة (الذي يعد مكتشفهما الأول)، ثم سيضيف **آينشتاين** إلى قائمة هذا التكميم الزمان والمكان، وأيضًا الكتلة والطاقة في مرحلة تالية. وستتوج الميكانيكا الكوانطية هذا البرنامج بتكميم الظواهر اللامتناهية في الصغر، المتعلقة بالذرات والجسيمات دون الذرية، وتبادلاتها الطاقية.

٢. ظهور ثُلة من العلماء الرياضيين وتعدد الإسهامات الفردية والجماعية، وبداية تشكل الجماعات العلمية والشبكات الدولية المتخصصة بمجال العلوم، مع تجاوز الحدود الدينية والجغرافية والسياسية. وكل هذه المساهمات ستشترك في مسألة اعتبار الرياضيات وسيلة أساسية لتطوير العلوم.

٣. لما كان كل تطور علمي يواكبه تطور فلسفي؛ فإن هذا التقليد الرياضي سينتقل إلى مجال الكتابات الفلسفية، وخاصة مع فلاسفة القرن السابع عشر؛ إذ سيحاولون تطبيق الصرامة الرياضية في بناء أنساقهم الفلسفية. ولعل أعمال توماس هوبز وديكارت وسبينوزا وليبنتز أبرز مثال على هذا التطبيق. **فهوبز** على سبيل المثال حاول أن يبني فلسفة سياسية تجعل من الرياضيات منهجا لها[٣٧]، حيث يؤكد في **رسالته حول الطبيعة البشرية** أنه من المهم تأسيس علم سياسي لا يسمح بأي اعتراض وذلك على غرار الرياضيات. فحسبه الرياضيات بصفة عامة والهندسة بصفة خاصة هما القادران على إخراج الإنسان من دهاليز اللغة المدوخة، فهذا العلم -الذي يعتبره هوبز العلم الوحيد الذي سمح به الإله؛ لأنه أعطاه له كاملًا- هو القادر على بناء قواعد عقلانية صارمة ويخلصنا من الانفعالات التي تمثل الخطر الأكبر لكل توجه سياسي[٣٨].

أما **ديكارت** فسيعتبر من الرياضيات العلم الوحيد الذي يملك جميع مبادئ العقل الإنساني من جهة، والعلم الوحيد الذي يُمكن الإنسان من التوصل إلى النتائج الصحيحة في كل موضوع، بحيث يقول: **"إنني مقتنع**

(٣٦) يقر نيوتن في مقدمة الطبعة الأولى من هذا الكتاب، بضرورة استخدام الرياضيات في العلوم الطبيعية قائلًا: **"[إن غايتي] في هذه الرسالة هي أن أضع مساهمة [جديدة] في دراسة الظواهر الطبيعية، وذلك عن طريق تنمية العلاقة الموجودة بين الرياضيات والفلسفة الطبيعية".** يُنظر:
- Isaac Newton, Principes mathématique de la philosophie naturelle, op-cit, Préface, à la première édition en 1686. xiv.

(٣٧) يُذكر في هذا المقام أن هوبز قد التقى بجاليليو في فلورنسا سنة ١٦٣٦، وتناقش معه في مسألة عزل الظواهر الفيزيائية من أجل فهمها بشكل أوضح. وبعد هذه الزيارة سيقوم هوبز بتطبيق هذا العزل المنهجي على نظريته السياسية حيث سيتخيل وضعية يكون فيها الإنسان في حالة الطبيعة ليقوم بتفسير الكيفية التي تم وفقها الانتقال من حالة الطبيعة إلى حالة التعاقد الاجتماعي.

(٣٨) راجع بهذا الخصوص الفصل الأول من كتاب الأستاذ محمد هاشمي، "جون رولز والتراث الليبرالي" (دار توبقال، ٢٠١٥، ص. ٣٢)، الذي خصصه للحديث عن النظرية السياسية الهوبزية، ورهانها على براديغم العلم بوصفه موجهًا للفعل السياسي.

تمام الاقتناع أن الرياضيات هي الأداة المعرفية الأكثر قوة من جميع الأدوات الأخرى التي ورثناها عن أية جهود إنسانية، وأنها مصدر المعارف جميعا"[٣٩]، في حين سيذهب **سبينوزا** إلى اعتبار الرياضيات معيارًا للحقيقة؛ وذلك لأنها **العلم الوحيد الذي لا يُعنى بالغايات.** لهذا سيعد حسبه وسيلة أساسية لجعل الناس يراجعون أحكامهم المسبقة، ويقبلون على المعرفة الحقيقية للأشياء.[٤٠] ولعل هذا في اعتقادنا ما جعل سبينوزا يكتب كتابه الرئيس **"الإيتيقا"**، بطريقة هندسية، وذلك لكونه قد اقتنع أن هذا المنهج الصارم الذي تتميز به هذه الأخيرة، هو الوحيد الذي سيمكنه من تأسيس الأخلاق على أساس علمي شامل، ويضمن أقل انفعال ممكن للقارئ من جهة، ويحقق شرط الموضوعية من جهة ثانية، وهذا ما أعلن عنه صراحة في تمهيد الكتاب الثالث من الإتيقا حيث قال: **"سأعالج طبيعة الانفعالات وقوتها، وما للنفس من سلطان عليها (...) كما لو كان الأمر يتعلق بخطوط وسطوح وجوامد..."**[٤١].

هكذا إذن، يكون التقليد الرياضي الذي دشنه جاليليو فاتحة لعصر علمي جديد، سيكون له وقع كبير في الساحة الإبستيمولوجية والفلسفية؛ إذ ستطرح مسألة اعتماد الرياضيات باعتبارها مبدأً لفهم بنية العالم التي قال بها عالِمنا الإيطالي، إشكالية ميتودولوجية تتعلق بالمنهج الذي اتبعه لتأكيد نظرياته العلمية، حيث سيتساءل المهتمون بالشأن العلمي، **هل جاليليو كان عالما تجريبانيا أم عقلانيا أم هما معًا؟** وهذا إشكال آخر لا يسعنا المقام للتفصيل فيه.

على سبيل الختم

إن ما يمكن استخلاصه من خلال هذه الدراسة المتواضعة، هو أن التطور العلمي مع جاليليو اقترن بمزاوجة الرياضيات مع الفيزياء، فبعد أن كانا منفصلين مع أرسطو، أصبحا الآن مع صاحب المحاورة مرتبطين ارتباطًا لا انفصام فيه؛ إذ لم يعد يمكن الحديث عن تنظير رياضي معزول عن الواقع الفيزيائي. وهذا ما جعل العالم الإيطالي أول مدشن لمنهج علمي جديد وغير مسبوق، منهج يقوم على ترييض الطبيعة، ونزع الصبغة الشيئية والواقعية الساذجة عن ظواهرها، ومن ثمة أصبحنا ننظر إلى الموضوعات الفيزيائية نظرة هندسية، أي باعتبارها أشكالًا وخطوطًا ومقادير مجردة قابلة للقياس. وبالتالي أصبح الكون عبارة عن آلة عظمى منظمة تنظيمًا محكمًا حسب قوانين رياضية صارمة، لا يفهمها إلا من كان لديه تكوين رياضي متين.

إن الالتحام العضوي بين الكائنات الرياضية

(٣٩) أورده جون هرمان راندال في، تكوين العقل الحديث، الجزء الأول، ترجمة جورج طعمة، (بيروت: دار الثقافة للنشر، ١٩٢٦)، ص. ٣٥٦.

(٤٠) باروخ سبينوزا، علم الأخلاق، ترجمة: جلال الدين سعيد، مراجعة: جورج كتورة، (بيروت: المنظمة العربية للترجمة، ٢٠٠٩)، ص. ٧٤.

(٤١) نفسه، ص. ١٤٦-١٤٧.

المجردة، من أعداد وأشكال هندسية، بالكائنات الفيزيائية المحسوسة، الذي حاول جاليلي تطبيقه ونجح في ذلك، ينم في الحقيقة عن قناعته الراسخة بإمكانية ترييض الواقع الفيزيائي ورغبته الجامحة في الرقي بالمعرفة الفيزيائية إلى مستوى يقين المعرفة الرياضية، التي تعد حسبه معرفة يقينية يستطيع العقل الإنساني أن يفهمها بشكل تام، ويمتلك حولها يقينا مطلقا؛ وهذا ما عبر عنه صراحة في كتاب المحاورة بالقول: "أقول إن العقل الإنساني يفهم بالفعل بعض القضايا بشكل تام. إنه يمتلك بصددها يقينا مطلقا [...] يتعلق الأمر بقضايا العلوم الرياضية، أي الهندسة والحساب"(٤٢).

لعل الخلاصات الإبستيمولوجية التي يمكن أن نخرج منها من خلال مساهمات جاليلي هو تعويله الكبير على التناسب الرياضي المؤسس له رياضيًا في كتاب أصول الهندسة لأوقليدس، وكذا أعمال العالم اليوناني أرخيميدس الذي كان حسب شهادة العديد من المهتمين بالإبستيمولوجيا الجاليلية المعلم الأول لجاليلي الرياضي(٤٣)، أما على المستوى الفلسفي فقد شكلت هذه المساهمة نقطة حاسمة فُصِلَ فيها بين المنطق والرياضيات، بحيث أظهرت الإبستيمولوجيا الجاليلية ميلًا واضحًا للنمذجة والتمثيل الرياضيين للواقع، ورفضت في المقابل كل الأساليب المنطقية-القياسية والخطابية التي تقوم عليها الفلسفة الطبيعية الأرسطية؛ وهذا ما شكل انتصارًا واضحًا للأفلاطونية -التي نظرت هي الأخرى للكائنات الرياضية باعتبارها صورًا ومُثلًا عقلية مجردة، وأن المحسوسات ما هي إلا تقليد لتلك الكائنات، وبالتالي فهمهما يقتضي معالجتها رياضيًا- على حساب الأرسطية التي فرضت حدودًا لتدخل هذه الكائنات في مجال الفيزياء بدعوى أننا نتحدث عن علمين متناقضين (الرياضيات والفيزياء). أما على المستوى اللاهوتي فقد مثلت الحقيقة الرياضية بالنسبة لجاليلي نقطة التقاء بين المعرفة الإلهية اللامتناهية والمعرفة الإنسانية المتناهية، فاليقين الرياضي الذي ينتجه العقل الإنساني المحدود يكون مساويًا حسب رأي العالِم الإيطالي من حيث اليقين الموضوعي للمعرفة الإلهية، الشيء الذي يجعل من الرياضيات علمًا إلهيًا ما دامت تمثل وسيلة أساسية لفهم أعمال الإله.

ولما كانت الأفكار تنتقل ولا تبقى محصورة في مكان وزمان معين؛ فإن هذه الدراسة الرياضية الجديدة للطبيعة التي فتحها جاليليو،

(42) Galilée Galileo, Dialogues Concerning Two New Sciences, op-cit, p. 103.
نقلنا هذا الاقتباس من ترجمة الأستاذ عبد النبي مخوخ الوارد في كتابه: الأسس الإبستمولوجية لفلسفة نيوتن الطبيعية، طبعة منقحة ومزيدة، منشورات دار الأمان، بدون تاريخ، ص. ٥٥.

(٤٣) ينظر على سبيل المثال ما قاله مؤرخ العلوم الفرنسي موريس كلافلان حول هذه المسألة في كتابه:
Maurice Clavelin, La Philosophie naturelle de Galilée: Essai sur les origines et la formation de la mécanique classique, Paris: Albin Michel, 1996.

سرعان ما انتقلت إلى باقي أرجاء أوروبا، حيث نشأ على إثرها تقليدٌ علميٌ وفلسفيٌ، تُوج بظهور عدة علماء وفلاسفة كلهم اعتمدوا المنهج الرياضي سواء في الكتابة كما هو حال سبينوزا وليبنتز، أو في دراسة الموضوعات الطبيعية كما هو حال هيجنز ونيوتن وغيرهم من علماء القرن السابع عشر. وقد أينع هذا التصور الرياضي لنظام الكون في القرن التاسع عشر حيث سيتم جعل الميكانيكا الرياضية التي دشنها العالِم الإيطالي، نظام كل النظريات العلمية الفيزيائية.

البيبليوغرافيا:

- **La physique d'Aristote et les conditions d'une science de la nature**. Livre collectif édite par F.de Gandt et P.Souffrin, Paris : Librairie philosophique J.Vrin, 1991.

- Galileo Galilei, **opere di Galileo Galilei**, svg, sotto gli auspici di Sua Maestà il Re d'Italia, a cura di Antonio Favaro, Firenze, Tipografia di G. Barbera, -1929 ,1909-1890 20 .1968 ,1965 ,1939t**.**

- Galilée Galileo, **Dialogue sur les deux grands systèmes du monde**, traduction par René Fréreux et François de Gandt. Paris, Seuil, Points Sciences, septembre 1992.

- Galileo Galilei, **Discoveries and Opinions of Galileo**, Translated With an Introduction and Notes by Stillman Drake, New York, Doubleday, 1957.

- Galilée, **Dialogues et Lettres choisies**. Choix, traduction et préface de P.-H. Michel. Lettres introduites par G. di Santillana, Paris : Editions Hermann, Collection : Histoire de la pensée, 1997.

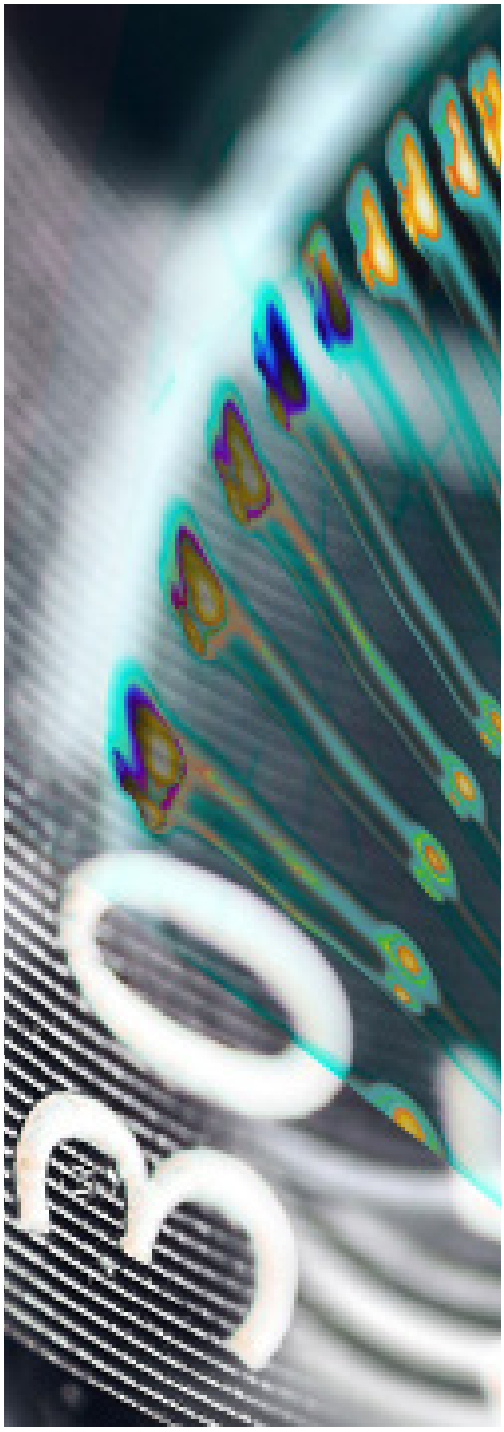
- Alexandre Koyré, **Études galiléennes**, Paris : Editions Hermann, 1966.

- Abattouy Mohammed, **Galileo Galilei (1642-1564), et la naissance de la physique moderne**, in : Histoire des sciences et Épistémologie (étude), Coordonné par Salem Yafout, n° 55, Rabat : Faculté des lettres, 1996.

- William R. Shea, **La révolution galiléenne: de la lunette au système du monde**, traduit de l'anglais par François De Gandt, Paris : Seuil, 1992.

- Galilée Galileo**,** **Dialogues Concerning Two New Sciences**, by Alfonso de Salvio, and Introduction by Antonio Favaro, New York: Macmillan, 1914.

- Isaac Newton, **Principes mathématique de la philosophie naturelle**, traduction de Mme de Chatelet,



augmentée des commentaires de Clairaut, Paris : sans édition, Librairie Scientifique et Technique Albert Blanchard, 1966.

- Ludovico Geymonat, **Galilée**, trad. de l'italien par Françoise-Marie Rosset et Sylvie Martin, Paris: Éditions du Seuil, coll. «Sciences», 1992.

- أرسطو، **الفيزياء-السماع الطبيعي**، ترجمة عبد القادر قينيني، الدار البيضاء: إفريقيا الشرق، ١٩٩٨.

- سالم يفوت، **فلسفة العلم المعاصرة ومفهومها للواقع**، بيروت: دار الطليعة للطباعة والنشر، ١٩٨٦.

- جون هرمان راندال، **في تكوين العقل الحديث، الجزء الأول**، ترجمة جورج طعمة، (بيروت: دار الثقافة للنشر، ١٩٢٦.

- باروخ سبينوزا، **علم الأخلاق**، ترجمة: جلال الدين سعيد، مراجعة: جورج كتورة، بيروت: المنظمة العربية للترجمة، ٢٠٠٩.

- عبد النبي مخوخ، **الأسس الإبستمولوجية لفلسفة نيوتن الطبيعية**، طبعة منقحة ومزيدة، منشورات دار الأمان، بدون تاريخ.