مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية
مجلد 41 – عدد 2 (2025): 295-307

Damascus University Journal of arts and humanities sciences Vol 41-No.2 (2025):295-307

مفهوم السببية بين الفيزياء الكلاسيكية والفيزياء المعاصرة

سوسن عدنان العليوي[1*]، عماد فوزي شعيبي[2*]

1_ طالبة ماجستير قسم الفلسفة، كليّة الآداب والعلوم الإنسانيّة جامعة دمشق.
*-saosan.aLaLiwi@damascusuniversity.edu.sy

2_ أستاذ دكتور في قسم الفلسفة، كليّة الآداب والعلوم الإنسانية جامعة دمشق.
*-imad.shueibi@damascusuniversity.edu.sy

الملخّص:

منذ بدء التفكير، وجد الإنسان نفسه أمام ظواهرٍ لابدّ من فهمها وتفسيرها. وكان لهذا التفكير النصيب الأكبر من التطور والتقدم، وقد تعددت مناهجه وأدواته. فقد كان يستخدم في البداية المنهج الميتافيزيقي الذي يعتمد على التأمل، وما لبث أن تطور الفكر وتطلّب الأمر ترجمة أخرى للواقع تكون أدق وأعمق وتبتعد عن التعالي، خطّ هنا العلماء منهجاً جدياً، انطلق من الملاحظة الحسية وارتبط بالمنهج التكميمي، وأصبح الفكر البشري مطالباً بملازمته لحدود التجربة، لأنهم رأوا بذلك دقة افتقرها فعل التفلسف، دقة لم يقدمها المنهج الميتافيزيقي قط؛ لأن الأخير اعتمد على الحدس والتأمل، ويمده التخمين ببعض الافتراضات التي قد يعجز عنها الفكر الوضعي الإمبريقي، وبعضها تعجز عنها الرياضيات كالسببية، وبعضها الآخر قد ينكرها الواقع وتنقذها الرياضيات، وكُلّ تلك التناقضات طُرحت في سبيل فهم الكون وظواهره عندما يكون مسيطراً علينا وحينما نكون مسيطرين عليه؛ أي حينما نكتشفه كما هو وحينما نجعله كما نحن. لكن قد تتداخل هذه التفرقة في الفيزياء الكلاسيكية عندما يجدون السبيل في العلاقة السببية.

الكلمات المفتاحية: السببية، الفيزياء الكلاسيكية، النظرية النسبية، الفيزياء الكمومية، القطع الابستمولوجي.

تاريخ الإيداع: 2024/09/30
تاريخ القبول: 2024/02/16

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

The causality between classical physics and contemporary physics

Researcher: Saosan Adnan Aloliwi[1*], Imad Fawzi Shueibe[2*]
1- Master Student in the Department of Philosophy, Faculty of Arts and Human Sciences, Damascus University.
*-saosan.aloliwi@damascusuniversity.edu.sy
2- Professor in the Department of Philosophy, Faculty of Arts and Human Sciences, Damascus University.
*-imad.shueibi@damascusuniversity.edu.sy

Received: 30/09/2024
Accepted: 16/02/2024

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a
CC BY- NC-SA

Abstract:

Since the beginning of thinking, humans have found themselves faced with phenomena that must be understood and interpreted. This thinking has evolved and progressed, with various methods and tools being used. Initially, the metaphysical method, based on contemplation, was used.

As thought evolved, a different translation of reality was required, one that was more precise, deeper, and less speculative. Scientists then developed a new method that began with sensory observation and was linked to the empirical method. Human thought was now required to adhere to the limits of experience, as they saw in it a precision lacking in philosophical speculation. The metaphysical method, relying on intuition and speculation, often faltered in providing this precision, as it was unable to account for some assumptions that the empirical and mathematical methods could. All these contradictions were raised in order to understand the universe and its phenomena, when it controls us and when we control it - when we discover it as it is and when we make it as we are. However, this distinction may overlap in classical physics when they find the way in the causal relationship.

Key words: Causality, Classical Physics, Theory of Relativity, Quantum Physics, Epistemological Rapture.

1. المقدمة:

إنّ الكون وظواهره يشكلون مادة دسمة للفكر البشري، ففي البداية وعند بدء الوعي والتفكير قام الإنسان الفيلسوف بمحاولاتٍ عدة لفهم هذا الكون، وقُدّمت العديد من النظريات التي تناولت نشـــأة الكون ومكونه، وكلها كانت تعكس وعياً عميقاً لفكر الفلاســـفة في ذلك الوقت، الذين كانوا ينشـــدون البســـاطة في الفهم ويجعلونها في صُـــلب نظرياتهم، كانوا يحاولون البحث عن طبيعة واقعهم وأشـــيائهم وظواهرهم وأسبابها وغاياتها، ولم يتغيب عنهم فهم الطريق والسبيل للمعرفة وقدرتهم عليها وحدودها ومصادرها، وقد أبدعت الفلسفة في منهجها الميتافيزيقي التأملي، لكن ما لبث أن تطور الفكر البشري وأصبح ينشد الدقة، وبات يطالب بوضع منهج جديد يأخذ شكلاً آخر للمعرفة، بحيث تكون المعرفة علمية وتنطلق من الملاحظة الحسية وتنتهي بالمنهج التكميمي[1]، ويرون أنه بهذه الشروط تصبح المعرفة حقيقية، حيث تبتعد عن التعالي[2]، وعن كُلّ ما هو تأملي ميتافيزيقي، وكان في ذلك الوقت مثالٌ يحتذى به لهذا الشكل من المعرفة هو الفيزياء الكلاســيكية، التي انتهجت الأمبريقية[3] وريّضــت واقعها ولم تتعالَ عليه، وأيضــاً كانت تُنشــد البســاطة في ترجمتها للظواهر الفيزيائية، لكننا نرى أن الكون كان يســيطر على الفيزياء الكلاســيكية، حيث لا بدّ من أن تكتشــف ما يظهره هو وما تجده فيه، كانت هذه مطالبة جديّة؛ أي ينبغي إلزام الفكر فيها؛ أي ضــمن حدود التجربة، لكن وبما أنها كانت تنشــد البســاطة، شــذَّت عن شــروط هذا المنهج العلمي الاســـتقرائي، وبدأت تقترب من المنهج الفلســـفي في بعض حالاتها حيث رأت أنها مضـــطرة إلى أن تفترض بعض الافتراضــات لتنتقل منها إلى نتائج أخرى؛ أي ما يُعرف بالمنطق القياســي (التفكير الافتراضــي)، وكان من هذه الافتراضــات أن الكون يعمل وفق علاقات ســببية؛ أي هناك أســبابٌ تؤدي إلى نتائجٍ، كانت هذه انطلاقة ميتافيزيقية واضــحة في الفيزياء الكلاســيكية، لكننا رأيناها وظفته إمبريقياً بشكلٍ يبعد عنها صفة الميتافيزيقية، وأكملت الطريق البحثي كما يجب ولم تعترضها الميتافيزيقا مرة ثانية، إلا في بعض الحالات التي تطلبت التدخل لإنقاذ البراديم[4]، هذا التدخل الميتافيزيقي في علم الفيزياء بصــورته العامة ربما يرســم شــكلاً جديداً للمعرفة. ومن هذه التداخلات الفلسفية العلمية إسقاط مفهوم السببية على ظواهر العالم الفيزيقي.

1.1 مشكلة الدراسة:

ينصــب هذا البحث على دراســة مفهوم الســببية، وهو وأحد المفاهيم الأســاســية في علم الفيزياء عامة، والذي بوســاطته تفســر ظواهر العالم الفيزيائية عالم الأجســـام الكبيرة (الماكروســـكوبي)، وعندما تطور البحث العلمي، واكتشـــف عالم الجُســـيمات ما دون الذرية (الميكروسـكوبي) تراجع المفهوم عن وظيفته، حيث ظهر وجه آخر للعالم لا يُفسـر بهذا المفهوم الكلاسـيكي بل لا يخضـع له أبداً، وكان ينبغي أنّ يُبعد مفهوم الســـببية عن هذ العالم الكمومي، شـــريطة أن يقدم له المفهوم البديل، ألا وهو مفهوم الاحتمالية، الذي أحدث إشـكالية أكبر في المجتمع العلمي، حين لم يسـتطع العلم التنبؤ من خلاله، وهذا يخلق إشـكالية عميقة داخل العلم، حيث إنه يمس خصائص النظرية العلمية الكلاسيكية.

---

[1] المنهج التكميمي: البحث التجريبي المنهجي لظاهرة يمكن ملاحظتها على نحو ما وتكميمها بوساطة أدوات إحصائية أو رياضية.

[2] التعالي: هو منهج فلسفي يتبناه الفلاسفة في البحث عن المعرفة والحقيقة باستخدام المنهج العقلاني التأملي الذي يتجاوز الواقع.

[3] الأمبريقية: هي المذهب الذي يرى أن أصل معرفة هو التجربة، لذا يطلق عليه أحيانا (المذهب التجريبي). فالمقولة الأساسية لهذا المذهب هي أن الإنسان لا يمكنه أن يعرف إلا الأشياء التي هي نتيجة مباشرة للمشاهدة والملاحظة والتجربة.

[4] البراديم: هو مصطلح وضعه توماس كون ويقصد به النموذج الإرشادي الذي يعبر عن المبادئ والفرضيات والقوانين التي يلتزم بها أعضاء المجتمع العلمي.

وتتلخص مشكلة هذه الدراسة بالسؤال البحثي الرئيسِ الآتي: هل انتفت السببية بوصفها أداة أو ممارسة تفسيريّة فلسفيّة، في الفيزياء الكمومية؛ عالم ما دون الذري؟

1.2 أهداف الدراسة:

تحاول الدراسة الإجابة عن جملة من التساؤلات، منها:

1. ما شكل العلاقة بين مفهوم السببية والفيزياء الكلاسيكية؟

2. هل بقي مفهوم السببية فعّالاً في الفيزياء المعاصرة (النسبية)؟ هل تغيرت النظرة إلى مفهوم السببية عند آينشتاين؟

3. هل إبقاء آينشتاين على مفهوم السببية قد أوقعته بإشكاليات لاحقة؟

4. هل تعارض مفهوم السببية مع مفاهيم الفيزياء الكمومية؟ وأين تجلى هذا؟

5. هل يعني انتفاء السببية هدم العلم أو هدم القانون الذي يقوم عليه العلم؟ وهل استبدل المفهوم في الفيزياء الكمومية بمفهومٍ آخر؟

1.3 أهمية الدراسة:

تأتي أهمية البحث من دراسة إشكاليَّة إبستمولوجيَّة تتعلق بنوعية العلاقة القائمة بين مفهوم السببية والفيزياء الكلاسيكية والمعاصرة والفيزياء الكمومية خاصةً، حيث أردنا التركيز على مفهوم السببية بوصفه أداة وممارسة فلسفية وُجدت داخل سياج الفيزياء الكلاسيكية التجريبية، ولم توجد داخل الفيزياء الكمومية ذات الطبيعة الفلسفية نوعاً ما. حاول البحث إلقاء الضوء على بعض النقاط العلمية في الفيزياء الكلاسيكية التي تدخلت بها السببية بصراحةٍ، بالإضافة إلى النقاط التي انتفت عنها السببية أيضاً.

1.4 منهج الدراسة:

اعتمد البحث في معالجة هذه العلاقة على المنهج التحليلي والمنهج المقارن؛ حيث تم تحليل شكل العلاقة بين مفهوم السببية والفيزياء الكلاسيكية ومقارنتها مع الفيزياء المعاصرة.

أولا: مفهوم السببية في الفيزياء الكلاسيكية:

لم يبتعد كلياً شكل المعرفة الجديد عن الشكل القديم حيث بقي يبحث عن الأشياء وأسبابها وإن ابتعد عن غايتها، حيث " للتفسير بالأسباب تاريخ قديم. فلقد تعودت العقلية البدائية على الاعتماد على الأسباب لتفسير أي تغير (أو خلق أو فناء) في الطبيعة" (بن ميس، 1994، 22)، لكن من زاوية أخرى، وبسبب التقدم في الفكر، لاشك أن النظريات العلمية باتت تؤسس بشكلٍ مختلفٍ عما تأسست عليه سابقاً، وعليه لا يمكن ألا نرى بعض التأثيرات التي تأثر بها رواد هذا النموذج الجديد للمعرفة بسلفه، حيث سنجد (غاليليو) يبحث عن عللٍ وأسبابٍ كما ذهب وبحث (أرسطو) لكن بتفسيرات علمية تنطلق من التجربة وليس من تفسيرات ميتافيزيقية كما فعل (أرسطو)، وبها اكتشف (غاليليو) نقطة جوهرية في العلم ارتبطت بشكل وثيق بوجود سببٍ، ألا وهو قانون القصور الذاتي وبدأ بدراسة سقوط الأجسام وأسباب سقوطها بسرعات مختلفة.

1. السببية عند غاليليو غاليلي:

غاليليو غاليلي ذلك العالم الإيطالي الذي خط نموذجاً جديداً لشكل المعرفة، قطع فيه مع النموذج الأرسطي للمعرفة بما يخص خاصية التريّض، حيث "أسس غاليليو العالم الفيزيائي دعائم منهاجه (المنهاج التجريبي)"، (الجابري، 2002، 244)، وأصبح العلم يعتمد على الملاحظات الحسية والتجارب، وبهذه التجارب أثبت ما جاء به (كوبرنيك) عن لامركزية الأرض، وبها ذاتها ذهب (غاليليو) ليبرهن عيوب فيزياء (أرسطو)، لكن لا مناص من القول بأن البنية الأرسطية للتفسير لمّا تزل حاضرة إلى الآن. استخدم

(غاليليو) المنهج التجريبي ووجد ما وجده من عيوب لنتائج فيزياء (أرسطو) بما يخص موضوع سقوط الأجسام، لكنه كما ذكرنا لم يبتعد عن البنية الأساسية لأرسطو في التفسير، لأنه كان يطلب السببية كما طلبها أرسطو وغيره، وكما ذكرنا في المقدمة ستوظف السببية علمياً في هذا النموذج العلمي التجريبي.

" ومن صور قيام الفيزياء الكلاسيكية على مبدأ السببية الميكانيكية التي تحكم العالم، أن فيزياء غاليليو غاليلي تنطلق من فكرة أساسية مفادها أنّ الطبيعة عبارة عن آلة محكمة التنظيم بفضل القوانين التي تحكمها، وقد بُني عليها تصور غاليليو للحركة ومبدأ العطالة الذي يقوم بالدرجة الأولى على أُسس سببية بحتة " (علي، 2004، 3655) وتنطوي وجهة نظر (غاليليو) بما يخص وضع سقوط الأجسام على أنها تسقط سقوطاً حراً وفي السرعة نفسها ومهما اختلفت أوزانها، وهذا يتنافى مع التفسير الأرسطي لسقوطها، ويتناقض مع مفهوم الحركة كله، حيث إنّ أجسام (أرسطو) تطلبت قوة ملازمة لها لتنقلها من حالة لأخرى، وعلى خلاف ذلك كانت أجسام (غاليليو)، التي أثبت حركتها بالتجربة، ونادى بها منهجه، ولوحظ أن الأخيرة لا تحتاج أي قوة أو سبب لحدوث الحركة، وإنما كان ما توصل له (غاليليو) "أن الجسم لا يتوقف عندما تزول عنه القوة المسيرة، بل يتباطأ بمعدلٍ يتوقف على مقدار الاحتكاك الذي يلاقيه، وهذه النتيجة أوصلته مباشرة إلى مفهوم العطالة". (موتز، ويفر، 1999، 50)[5] وتأسيساً على ذلك نستطيع تقديم مفهوم جديد للسببية، أو وظيفة جديدة ربما تختلف عن الوظيفة الأرسطية، ولتوضيح ذلك، "وجدنا أن الأجسام عند أرسطو تحتاج قوة، أي سبباً لتحدث حركتها، وهذا ما اعترض عليه غاليليو وجعل الأجسام تسقط بطبيعتها ونفى عنها أي سبب، لكنه وظف السبب بنقطة أخرى، أي أرجع سرعة سقوطها إلى أسباب الوزن والثقل والاحتكاك، أي المقاومة. إذن الوسط هو العامل السببي الذي لم ينظر به أرسطو" (الجابري، 2002، 247، 248) وبصرف النظر عن العامل المسبب، نحن بصدد الحديث عن مفهوم السببية عموماً، رغم أن (غاليليو) باكتشافه لهذا الوسط السببي أعاد تعيين قوانين الحركة الأرسطية وأحدث تغييرًا جوهريًا في تاريخ العلم، وحرص على بقاء مفهوم السببية فعّالاً، رغم أنّه يندرج في البنية الأرسطية للتفسير، وإذ ما أردنا معرفة سبب هذا الحرص وجدنا أنّه طريق بسيط للفهم، إذ إنّ فهم الأجسام تسقط في معدل السرعة نفسه باختلاف أوزانها وإرجاع السبب الرئيس للوسط، لَهو تفسير أبسط من أن لكلّ جسم قوة وسبباً لتحركه. وكنا قد أشرنا إلى تداخل قد يحدث في هذا البراديم الجديد، الذي كان يرى في التجربة الدقة المنشودة التي افتقرها المنهج التأملي الميتافيزيقي، وتجلى هذا التداخل بالعودة أو البقاء على مفهومٍ أساسٍ من المفاهيم التي تندرج ضمن الممارسات الفلسفية الميتافيزيقية، وعدا عن ذلك توجد تجربة ذهنية استدل بها (غاليليو) على قانونه الأول، رغم أنه قد ماثلها بتجربة بسيطة، لكن وبسبب النموذج الجديد الذي خطّه قد يُطلب تأييد أدق لهذا القانون ولهذا الوسط السببي من الملاحظات والتجارب المخبرية، لكنه قد شرع لنفسه الاستعانة بخياله وبتجربته الذهنية، وربما كان هذا شذوذاً عن منهجه التجريبي، لكنها – أي التجربة الذهنية – قد قدمت له العون في الإثبات والبرهان، ولا شك أنّه فيما بعد قد أُثبتت فكرته وأُجريت تجربته. ويلاحظ من خلال ما قدمناه أن السببية بوصفها ممارسة فلسفية، بقيت ملازمة المنهج التجريبي، وهذا كلّه يصُب في مصلحة العلم وتحصيل المعرفة وفي فهم الظواهر الفيزيائية، وهذا هدف العلم.

السببية عند إسحاق نيوتن:

اعتمد (نيوتن) في بناء نظامه على الكون وفق آلية ميكانيكية، تقوم على دعائم المنهج العلمي الجديد الذي انطلق من الملاحظة والتجربة كما أشرنا ، وحاله حال الفلاسفة والعلماء في طلبهم للبساطة والدقة أخذ (نيوتن) يستفيد مما قدمه سابقوه (كغاليليو)

[5] لم يذكر سنة نشر الكتاب الأصلي.

و(كبلر)، وفهم الكون فهماً تاماً كما اعتقد بوصفه يعتمد على مفهوم السببية اعتماداً كليّاً، رغم أن (نيوتن) أراد حُكم هذا العالم وظواهره بشكلٍ علمي دقيق بعيداً عما فُسر به سابقاً أو بعيداً عن كل ما قدمته الميتافيزيقا من افتراضات تفتقر الدليل التجريبي، لكنّه استدل على السببية في طريقه للفهم بدقة، وذهب يبحث عن الظواهر الفيزيائية بحكمٍ مسبقٍ، بأنّها تحكمها علاقة سببية، لأنّه ربما رأى (غاليليو) كيف استدل على قانونه الأول بعزله الافتراضي لكل العوامل الخارجية وتوصل (غاليليو) بذلك لسبب ألا وهو الوسط، وها هو (نيوتن) يسلك طريق البحث ذاته، ويرى أنّ للأجسام مسببات تُؤثر فيها، كان ذلك إكمالاً لقانون العطالة، الذي كانت الأجسام بموجبه تستقيم وتنتظم السرعة ما لم يعترضها سببٌ أو قوة تغير من حالتها، وكان يؤمن (نيوتن) بهذه العلاقة، وقام بتمثيلها في قوانينه الثلاثة التي ترجم من خلالها حركة الأجسام التي كانت تعتمد بشكلٍ صريح على القوة (السبب) وهي من كانت تغير حالة الجسم من السكون إلى الحركة ومن السرعة إلى التسارع، ومن حركة مستقيمة لحركة معاكسة، وكُلّ هذه التغيرات في الحركة تعود إلى السبب، وهنا وجد (نيوتن) في العلاقة السببية ما يفسر فيه طبيعة حركة الأجسام، رغم أنه نادى بالمنهج الاستقرائي التجريبي، الذي كما ذكرنا، يقطع مع المنهج الميتافيزيقي، الذي يَفترض وينطلق مما افترضه، و(نيوتن) هنا قد صادر على المطلوب وبحث عن الأسباب في ظواهر الطبيعة. ونراه هنا قد عاد إلى المنهج الافتراضي (الميتافيزيقي) وليس في هذه الفقرة من كتابه فقط، وإنّما بوضعه لتصوراتٍ سابقةٍ كانت أساساً لمفهوم الحركة لديه حيث " تفهم الحركة بتصورات تسبقها هي تصورات المكان والزمان والكتلة" (زيدان، 1977، 163). وهذه نقطة أخرى للتداخل (الفلسفي العلمي) الذي أشرنا إليه، إذ لمّا يزل العلماء الكلاسيكيون (التجريبيون) يقعون في هذه النقطة، ويلجؤون إلى تلك الافتراضات ووظيفتها، بسبب ما ينشدونه من بساطة ربما، وليس بما يدركون أنه كذلك بالفعل. لأن ما ذهب إليه (نيوتن) في كتابهِ هو الابتعاد عن كل ما لا تثبته التجارب، وأقر بذلك في قواعدٍ وضعها لدراسة علم الفيزياء "وتقول القاعدة الأولى إنه ((ينبغي أن لا نقر من العلل إلا بما هو ضروري لتفسير الظواهر الطبيعية)) وتنص القاعدة الثانية على أنه ((يجب رد النتائج التي هي من نوع واحد إلى العلة نفسها))" (بشته، 1995، 102). نرى (نيوتن) يرتكب هنا مغالطة سرير بروكروست، ولم يقف هنا في فهم الحركة وسببها، وإنما قادته حدسيته للقول بأنّ القوة التي تحكم الجسم في الأرض وتغيّر حالته هي ذاتها التي تحكم الكواكب وحركتها حول كوكب الشمس؛ أي أرجع هذه المعادلة إلى السببية مرة أخرى، وجعل من كوكب الشمس سبباً يضبط الكواكب في مداراتها وبسبب كتلتها أيضاً، هذا ما سمّاه (نيوتن) قانون الجاذبية، وانطلق نيوتن من هذه العلاقة السببية بتحديد القوة المؤثرة (الأسباب) في الكواكب وحركتها ضمن تصور المكان وبحساب تصور الزمان المطلقين، فسمحت له هذه العلاقة بالقول بحتمية الحوادث وتوقعها.

استند (نيوتن) على المنهج الفرضي، وافترض ما حلّ له واستعان بحدسيته، واستعان بما توصل إليه سابقوه، وافترض أن الكون يعمل وفق نظامٍ ميكانيكي تحكمه علاقات سببية، بدءاً من الأجسام الصغيرة إلى الكبيرة، وما قدمه (نيوتن) من علاقاتٍ بين الظواهر وحركة الأجسام وكتلها وسرعتها جميعها كانت تُريّض وتكمم، وإن لم يستطع الاستدلال رياضياً على العلاقة السببية؛ لأنّ هذا متعذر في طبيعة الحال، لكّنه صادر عليها ومثلها وتوصل لنتائج انطبقت على ما انطلق منه من افتراضاتٍ. وإذ أردنا المطابقة بين (نيوتن) والمنهج الجديد للعلم الذي مثله مع (غاليليو)، نرى أن (نيوتن) كان استدلالياً ينطلق مما توصل إليه غيره، ويستنتج منهم نتائجه، ولا نراه انطلق من الملاحظة الحسية، ولم يبتعد عن السببية الميتافيزيقية، ووظفها من خلال قوانين ومعادلات علمية.

ثانياً: السببية في الفيزياء المعاصرة:

1. السببية عند أينشتاين:

إن هذه العلاقة السببية التي فهم (نيوتن) الكون بوساطتها، واجهت بعض التحديات بسبب ما تحدده القيمة الأولية، التي تحكمها الحتمية، حيث شذّ نظام توقعات (نيوتن) عما هو محدد له، "ووجد نيوتن أن القوانين التي تحكم الأرض ذاتها تحكم السماء، وبالتالي المفاهيم التي فسر بها ظواهر الأجسام الصغيرة أيضًا ذاتها للأجسام الكبيرة، وبناءً على هذا، وبناءً على فهمه لحركة الكواكب والشمس سببياً"، (زيدان، 1977، 165) حدد مسار حركة الكواكب وزمنها بشكلٍ مطلقٍ؛ أي أنّه أخذ يحسب القوة المؤثرة (السبب) في حركة الكواكب ألا وهي قوة جذب الشمس التي تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلة الجسمين وعكسياً مع مربع المسافة، وبهذا القانون وقوانينه الثلاثة تمكن (نيوتن) من وضع تقديراته وتوقعاته لحركة الكواكب، لكن كما ذكرنا قد شذَّ كوكب عن مساره المفترض وزمنه المتوقع، مما وضع التفسير السببي والحتمية بوضعٍ محرجٍ رغم جميع محاولات الإنقاذ التي بذلها (نيوتن) لإصلاح عيب نظامه السببي، لكنها لم تكن جدية بما يكفي، إلى حين ظهور النظرية النسبية التي وضعها العالم الفيزيائي ألبرت آينشتاين عام 1905، حيث كان (آينشتاين) نيوتونياً بما يخص التفسير السببي والحتمي، كان إيمانه راسخاً بأنّ الحوادث والظواهر كُلّها محكومة بعلاقة سببية بين (سببٍ ونتيجة)؛ أي حافظ (أينشتاين) على هذه العلاقة، لكنّه أعاد تنظيم الكون بأكمله، وأعطى فهماً جديداً له من خلال ما أحدثه من تغيير بمفاهيم المكان والزمان والضوء وطبيعته وسرعته، وكُلّ هذه التغيرات التي أجراها كانت تحت غطاء السببية، حيث جعل من الزمان والمكان المطلقين نتائج لأسباب الكتلة والطاقة، وأصبحت القوة المؤثرة مجالاً جذبوياً ونتيجة نسبية (المكان والزمان)؛ أي أصبحت الجاذبية نتيجة بعد أن كانت سبباً، وعند هذه الهيكلة النظرية الجديدة للكون قد كُفت يد الشمس بوصفها مركز الجذب العام، لكنّها سبباً بقيت المؤثر الأكبر "وبات الكون مع آينشتاين يتألف من نسيجٍ مطاطيٍ[6] يؤلفه أربعة أبعاد، أبعاد المكان الثلاث والبعد الذي أضافه أينشتاين وجعله ضمن هذا النسيج ألا وهو بعد الزمان، وبما أن هذا النسيج أصبح مدمجًا به مفهومي الزمان والمكان أي أصبحا يشكلان القاعدة الكونية للكواكب، وبما أن هذه القاعدة مطاطية كما ذكرنا إذن سوف تتأثر وتنحني وتعوج بسبب هذه الكواكب (الكتلة) وكلما كانت الكتلة أكبر تكون قد أحدثت اعوجاجاً أكبر بدوره يؤثر على حركة الكوكب الأقرب لهذه الكتلة، كالشمس فهي نجم له كتلة كبيرة بالتالي هذه الكتلة سوف تحدث انحناءً كبيراً على نسيج الزمكان المطاطي وهذا الانحناء سوف يتأثر به الكوكب الأقرب له ألا وهو كوكب عطارد" (Pollock,2003,16) وهذا هو الكوكب الذي شذ عن النظام النيوتوني الحتمي، الذي حاول (نيوتن) إنقاذه ببعض الافتراضات التي لم تكن مجدية، وأنقذ (آينشتاين) هنا بدوره هذا النظام السببي الذي وسعه وأعاد ترتيب الأدوار فيه.

وتماشيًا مع ما تم ذكره نلاحظ أن (آينشتاين) سببيًا في فهمه للكون ولعلاقاته، وهذا يتضح بقوله "في البدء (إن كان هناك بدء) خلق الله قوانين نيوتن للحركة، بالإضافة إلى الكتل والقوى اللازمة". (إيزاكسون، 2007،2011، 118) كان معجباً بهذه العلاقة الصارمة بين الظواهر الكونية كما كان (لابلاس) معجباً بها، لم يأت هذا الإعجاب إلا من باب أنّها استراتيجية أنيقة وممارسة بسيطة وأداة جيدة للفهم ربما، لكنها خارج نموذج العلم عموماً وخارج النموذج الذي بدأ منه (غاليليو) وانتهجه (نيوتن)، وعلى الرغم من أن (آينشتاين) في نظريتيه أعاد نمذجة العلم بإعطاء التخمين(الحدس) مكانة مهمة في النظرية إلا أنه جعل هذه الممارسة

[6] النسيج المطاطي: وهو المفهوم الذي قدمه أينشتاين عن الزمان والمكان (الزمكان) فقد شكلا الزمان والمكان نسيجاً مطاطياً أي ينحني ويعوج بوجود المادة والطاقة عليه، وهذا هو المفهوم الجديد للجاذبية عند أينشتاين.

السببية سمة من سمات النظرية الفيزيائية التي يترتب عليها سمة أخرى هي المحلية. وصحيح أن (آينشتاين) أدخل مفهوم السببية وبنى عليه نظريتيه وفسر من خلالها ما لم يستطع تفسيره تجريبياً، إلا أنّه وبحسب ما قدمه لم يكن يرى بالسببية ممارسة فلسفية تبسيطية باعتقاد أن الكون يعمل وفقها، وإنما كان واثقاً ويقينياً أن الكون يعمل بالفعل بهذه الحتمية، وهذا ما كان واضحاً بجلاء بدفاعه عنها أمام الميكانيكا الكمومية. فالسببية عنده خرجت عن كونها أداة ميتافيزيقية استطاعت أن تفسر صورة الواقع، والذي ساعدها بذلك أن هذا الواقع من الناحية النظرية يعمل بهذه الآلية، لكن هذه صورة بدائية للواقع المادي الذي وجدناه يزداد تعقيداً في الميكانيكا الكمومية، والحال في الفيزياء الكمومية يحتاج ممارسة تبسيطية لكن ليس من خلال السببية وإنّما من خلال تفسيرات فلسفية أخرى. وإن عدنا لوجهة نظر الفيزياء الكلاسيكية والنسبية نرى، بما قدموه من وصفٍ للواقع، أنهم ينادون بالموضوعية والفيزياء الكلاسيكية خاصة التي كنا قد صنفناها أنّها ممن يكون الكون مسيطرًا عليها؛ أي أنها تُكتشف ليس إلا، أما الفيزياء النسبية فقد أعطت للحدس والافتراضات الميتافيزيقية دوراً في بناء الواقع كما بنت الزمكان، لكنها لمّا تزل تنادي بالموضوعية والواقعية والسببية، وإذا عدنا لمفهوم السببية أيضاً فقد كنا رأيناها ممارسة فلسفية نسقطها على الواقع المادي، وتنتفي هنا الموضوعية عن الواقع الكلاسيكي والنسبي، لأننا نسقط عليها ما لا ليس فيها.

إذن مفهوم السببية مفهوم جدلي في الفلسفة والعلم على حدٍ سواء، وعندما يُحصر بين تحديد سببٍ ونتيجة يفقد فعاليته في الفيزياء الكمومية.

1. السببية في الفيزياء الكمومية:

قدم مفهوم السببية الكثير في الفيزياء الكلاسيكية وكان أداة فعالة للفهم والتفسير وللسيطرة على الطبيعة الكلاسيكية أي على الظواهر من وجهة نظر الفيزياء الكلاسيكية، لكن الطبيعة أظهرت وجهاً آخر لها يختلف كل الاختلاف مع طبيعة العالم الكلاسيكي، كان هذا الوجه هو العالم ما دون الذري (الميكروسكوبي)، الذي جعلنا نقدم فهماً جديداً عن الفيزياء عامة وعن الحسّ العام، حيث كان العلم يوضع ويُفهم من خلال مفهومي السببية والحتمية لكن هذا العالم (الميكروسكوبي) أجبرنا على الأخذ بجملة من المفاهيم الجديدة على الفيزياء عندما نريد النظر فيه.

بدأت النظرية الكمومية على يد العالم (ماكس بلانك) " عندما وضع مبدأ استكمام الفعل كمحاولة رياضية لفهم بعض الظواهر التي عجزت عنها الفيزياء الكلاسيكية"، (جينز، 1942، 1998،173) وهذا المبدأ الجديد الذي يعطي للضوء طبيعة مختلفة عما كانت عليه وهذه الطبيعة الجديدة تصنع قفزات داخل الذرة بوصفها جسيمات وليس موجات كما كان سائداً. كانت هذه بداية الثورة والتمرد على الفيزياء الكلاسيكية، فهذا المبدأ أنهى بشكلٍ ما الوصف الاستمراري للطبيعة وحل محله " وصف الظواهر الطبيعية وصفاً تقطعياً". (موتز، ويفر، 1999، 202)، هذا الافتراض حسب (بلانك) سوف يضرب لاحقاً بمفهوم السببية. وقد وجد (آينشتاين) في هذا الافتراض حقيقة فيزيائية لطبيعة الضوء بالإضافة إلى أنه رأى بأنه " لا يمكن إهمال المظهر الموجي في الإشعاع، ولا المظهر الجسيمي فيه (الفوتونات)، وإلا لوقع خطأ في التحليل. وهذا أول مثال عن المثنوية Duality (موجة– جسيم)". (المرجع السابق نفسه، 119، 220) فيما بعد قدّم (نيلز بور) نموذجه عن الذرة واستخدم افتراض (بلانك) لاستكمام الفعل، ورأى (بور) أن من الممكن تفسير بنية الذرة واستقرارها بالطريقة الكلاسيكية الموجية والطريقة الكمومية، لكن مع هذا التفسير المثنوي للضوء سنفقد القدرة على الفصل بين الطبيعتين بالإضافة إلى أن تفسير (بور) لاستقرار الذرة بإدخاله لمفهوم القفزة الكمومية[7] تعارض مع مفهوم السببية الكلاسيكية، حيث يقفز الإلكترون من مدار لآخر بشكل مفاجئ ودون حدوث أي سببٍ محدد. لكن التفسير المثنوي في

[7] القفزة الكمومية: هي الانتقال المفاجئ للنظام الكمومي (للجسيم الذري) من حالة كمومية إلى أخرى، من مستوى طاقة إلى آخر.

الفيزياء لم يقف عند الفوتونات، وإنما أُســقط على المادة أي على الإلكترونات وكان هذا اقتراحاً قدمه العالم الفرنســي " لويس دي برويل Louis de Broglie. ومع أنه بسـيط فإنه يضـرب في عمق المادة." (جريبين،1984، 2010، 102) كان هذا الاقتراح نقلة كبيرة في فيزياء القرن العشـرين، توجب على المجتمع العلمي التعامل معه بجديّة، لكن ما أفرزه هذا الاقتراح على الصـعيد المادي، أننا لم نعد نسـتطيع تحديد القيمة الأولية وممارسـة الفعل التنبؤي؛ أي أننا لم نعد قادرين على أن نقدم معلومات دقيقة عن موضـع الإلكترون، وإنما كما فعل عالم الفيزياء (إرفين شرودنجر) E. Schrodinger عندما قدم معادلته الموجية، وشرح الكيفية التي يتحرك فيها الإلكترون دون تقديم أية معلومة عن موقعه، إلى أن جاء العالم الفيزيائي (ماكس بورن) Max Born وقدم" تأويلاً جذرياً إلى أبعد الحدود لهذه الموجة، هو أنها تعطي احتمال العثور على الإلكترون في نقطة معينة". (موتز، ويفر، 1999، 202، 295) وأصــبحنا نقدم احتمالات لتواجد الإلكترون في نقطة معينة، وهذا يعني تحول " الظاهرة الطبيعية من كونها ظاهرة حتمية ضــمن اشـتراطاتها وظروفها في الإطار الكلاسـيكي إلى ظاهرة ذات طبيعة احتمالية" (الطائي، وملكاوي، والصـباريني، 2012، 28). وفي محاولة أخرى قدمها الفيزيائي الألماني (فيرنير هايزنبرغ) Werner Heisenberg لمعرفة موقع الإلكترون، حيث كانت هذه المحاولة عبارة عن عرضـه لتجربة ذهنية بيّن فيها كيف أننا لا يمكننا الحصـول على معلومات دقيقة عن موقع الإلكترون بالتزامن مع معرفة زخمه، فالدقة في الحصــول على معرفة زخمه سـتؤدي إلى انخفاض الدقة في معرفة موقعه، والعكس صــحيح. وهذا بالطبع يحيلنا إلى اللاحتمية في عالم الجسيمات الذرية " من المهم أن نعرف تماماً أن هذه اللاحتمية تكمن في صلب الطبيعة، وأنها ليست مجرد نتيجة لقصــور في تكنولوجيا القياس. ليس الأمر مجرد إهمال من المجرب في أن يقيس الموقع وكمية الحركة في نفس الوقت. إن الجسـيم ببسـاطة لا يمتلك قيمتين دقيقتين متزامنتين لهاتين الخصـيصـتين." (هايزنبرغ، 1958،1993، 11) وعبّر (هايزنبرغ) عن هذه الحالة بوضـعه مبدأ عدم اليقين أو الارتياب، وكان هذا عاملاً مهماً لتغيير وجهة نظرنا بشـأن السـببية الكلاسـيكية وهذا ما رآه أيضـاً (نيلز بور)، حيث لم يعد بإمكاننا الفصـل بين الموجة والجسـيم لأنّ كليهما يشـكلان الحقيقة الفيزيائية، وعبَّر (بور) عن هذا بمبدأ التتامية Complementarity " الذي استبدله بسببية الفيزياء التقليدية (لاعتماده على الاحتمالات الإحصائية)." (موتز، ويفر، 1999، 274) إن هذه القطيعة مع مفهوم السـببية، شـكلت تهديداً لأسـاسـات العلم الكلاسـيكي، حيث إنّ الفيزياء الكلاسـيكية قد اعتمدت بشكلٍ كبير على مفهوم السببية لفهم الظواهر الفيزيائية وتفسيرها من خلال وضـع قوانين ثابتة تعتمد على السببية، كقوانين نيوتن للحركة، وأصـبحت نظرتنا للكون نظرة ميكانيكية آلية نسـتطيع من خلالها التنبؤ بالحوادث المسـتقبلية، وكان هذا إسـقاطاً من العقل البشري على الطبيعة كمحاولة لتبسيطها وفهم علاقاتها بين سببٍ ونتيجة، وهذا ما يظهر بالفعل من الناحية النظرية، لكن ما أوضـحته ميكانيكا الكم يتنافى مع هذه النظرة الآلية للكون، حيث إنّ السـببية لم تعد جزء أسـاسٍ من الأنطولوجيا الفيزيائية، وإنّما ما أظهرته تجارب ميكانيكا الكم كتجربة الشــق المزدوج وتجربة هايزنبرغ هو أنّ اللاحتمية هي التي أصــبحت جزءاً من الانطولوجيا الفيزيائية، ولا بدَّ من الإشـارة إلى أن هذا لا يتعارض مع مفهوم القانون، بأنّه من الضـروري وضـع مسـلمة للانطلاق منها لوضـع القوانين العلمية، لأنه أُسـتبدل مفهوم الحتمية بالاحتمالية، ويمكننا الحديث عن قوانين احتمالية، وهذا ظهر جلياً في قوانين ميكانيكا الكم الاحتمالية الرياضـية، وتكون هنا اللااحتمالية جزءاً من الميتافيزيقا أيضـاً لأنّه يتم التعبير عنها في نظريات وتفسـيرات ميكانيكا الكم بشـكل رياضــي دون أية سـمة فيزيائية مادية، في حين أن مفهوم السـببية لم يُقدم له أية معادلة رياضـية كما الاحتمالية، وإنما كان فقط ممارسـة نظرية فلسفية بدائية لفهم الظواهر الفيزيائية وعلاقاتها. ولابد من الإشارة إلى أن الاستراتيجية السببية كانت فعالة أيضـاً، وأنها قدمت الكثير للقوانين الكلاسـيكية، لكن مع ظهور مشـكلة القياس في العالم (الميكروسـكوبي)، باتت هذه الاسـتراتيجية

غير مجدية تماماً. ف" الإحصـــاء والســـببية أو الاحتمال والحتمية، نقيضـــان يتنافى أحدهما مع الآخر تناقضـــاً مطلقاً. ولا يمكن التوفيق بينهما. وأن قوانين الميكانيك الكوانتي والإحصائية تعني اللاحتمية واللاسببية في أحداث الميكروسكوبي." (مطلب، 2004، 117، 118) هذا لأن القياس أصبح يدخل ضمن نظام الحالة الكمومية ويعينها، حسب تفسير مدرسة كوبنهاغن، فتتدخل الذات في حالة هذا النظام، وهذا الدور للذات ينفي القول بالحتمية، لأنّه قبل عملية المراقبة والتعيين لا يكون هناك أيّة معلومات وقيم عن موضع الجسيم وزخمه، إذ يكون لدينا قبل المراقبة موجة احتمالية وتكون الجُسيمات في كل مكان في هذه الدالة الموجية، وعند الرصد سوف تُحدد حالة واحدة للجُسيم عن طريق مصدر ضوئي سيطلق فوتونات خلال عملية الرصد وسوف يؤثر في موقع الجُســيم وزخمه، وعند إزالة هذا المصـــدر الضـــوئي ســـوف تعود حالة الجُســـيم مجهولة. إذن لا يمكن تقديم أي قيمة أولية لهذه الجُسيمات تسمح لنا بالتعميم والتنبؤ. فهذا السلوك الغريب للجُسيمات أحدث قطيعة مع الأفكار السابقة ومع أُسس العلم الكلاسيكي ومع الفلسفة الكلاسيكية أيضاً لأنّ السببية مفهوم فلسفي، ورغم أنه إسقاط من العقل البشري إلا أنه لم يستطع إثباته.

إن الحتمية في الفيزياء الكلاسيكية ليست مجرد مفهوم عقلي أو نشاط أو ممارسة أو أداة تستخدم للتفسير والفهم، وإنما هي سمة من سمات النظرية العلمية في ذلك الوقت، حتى في زمن (آينشتاين) لأنّه كان من أشد المدافعين عن الحتمية، فقد كان نيوتونياً في إيمانه بالســـببية، لذلك رفض مفهوم الاحتمال الذي قدمته ميكانيكا الكم، وأكد على حتمية الحوادث وأن الله لا يلعب النرد، لذلك لم يَرُق لـ (آينشـتاين) الدور الذي يؤديه الوعي في التعين، ورأى أن هذه النظرية غير مكتملة، وهذه هي السـمة الثانية لسـمات النظرية العلمية التي لم تتصف بها ميكانيكا الكم برأي (آينشتاين)، بالإضـافة إلى تحول العالم من الصـفة الواقعية الموضـوعية إلى الرياضـية الذاتية، وهذه هي السمة الثالثة للنظرية العلمية التي لم تتصف بها ميكانيكا الكم أيضاً. وعندما يتم تطبيق الجهاز المفاهيمي للفيزياء الكلاسيكية على العالم الميكروسـكوبي سـتحصـل مفارقات، لذلك كان من الضـروري اسـتبدال هذا الجهاز عندما نريد البحث في عالم الجسـيمات دون الذرية، ومفارقة EPR كانت إحدى المفارقات التي فشـلت مفاهيم الفيزياء الكلاسـيكية في تفسـيرها، حيث تجاوزت مفهوم السـببية وشـروطه ألا وهي المحلية أو التموضـع، وكانت هذه الأخيرة هي السـمة الرابعة للنظرية العلمية حسـب رأي (آينشـتاين) " فافتراضـنا للتموضـعية يلغي أي احتمال لتأثير عملية القياس التي نجريها على أي من الجسـيمين على الجسـم الآخر." (العلوي، 2005، 146) فالتموضـــعية تحصـــر العلاقة بين ســـبب ونتيجة ضـــمن مفاهيم الزمان والمكان؛ أي أنّها تتفاعل فيما بينها محلياً، وهذه المحلية أو التموضعية للحوادث تؤكد على التأثير السببي، بينما لا يمكن تفسير ظاهرة التشابك الكمي Quantum entanglement تفسيراً سببياً، لأنها تنتهك سمة المحلية أو التموضعية؛ بسبب تفاعل الجُسيمين بها بشكل فوري ولحظي وخارج نطاق المحلية.

إذن يتطلب الواقع الكوانتي منا أن نراه بعين مبادئه لعلنا نسـتطيع فهمه، فهو واقع معقد وغير مفهوم كُلّما اسـتخدمنا مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية. وهذه النظرة الجديدة للواقع، أظهرت لنا واقعاً احتمالياً ولا يقينياً، ولا يُقدم له أيّ حكم قطعي، وإنما احتمالي، نظراً لحالته المتداخلة قبل المراقبة، وعند المراقبة وكما رأت مدرســـة (كوبنهاغن) أنه يتعين لنا حالة واحدة فقط، لكن إذا أردنا الحديث عن الحقيقية، فهي تلك التي رصـــدت وتعينت بفعل الوعي، فقبل الرصـــد توجد موجة احتمالية (رياضـــية) وبها تكون احتمالات وجود الإلكترون بكل مكان، أي تتفاعل الإلكترونات بغرابة فيما بينها، مما يصـعب تحديد العلاقة بين السـبب والنتيجة، لأنهما قد يوجدان في اللحظة ذاتها أو ربما قد يتغيران أيضـاً، بالإضـافة إلى مشـكلة القياس، لذلك لا توجد إمكانية تحديد قيمة أولية ثابتة تسـمح لنا بالتنبؤ. وقد ترى ميكانيكا الكم الزمن وهمياً في حالة قبل القياس، وبناءً على هذه الفكرة لا توجد السـببية لأنها تقوم بشـكلٍ أسـاسٍ

على عامل الزمن، أي لا يمكن أن نمثل وضـــع الجُســـيم في نقطة زمنية محددة، وهذا يفرض علينا أن نقبل وجود حوادث غير متوقعة ولا تتبع قوانين ومفاهيم الفيزياء الكلاسيكية.

الخاتمة:

لا شك أن مفهوم السببية قدم الكثير للعلم من خلال وصفه للظواهر وربطها والتعبير عنها بشكلٍ ملائم ومترابط، لكن هذه الممارسة هي خارج العلم وخارج الأنطولوجية الفيزيائية والرياضـية، رغم أنه من الناحية النظرية وعلى مسـتوى الأجسـام الكبيرة؛ أي العالم الماكروسكوبي، تعمل السببية بشكل منسجم ومتناسب، لكن إذا نظرنا إلى العالم الميكروسكوبي، نرى أن السببية تفشل في فهم هذا العالم وظواهره، ولا بد هنا من النظر إلى مفاهيم أخرى تحل محل مفهوم السببية، وتستطيع تقديم فهم جديد يتناسب مع هذا العالم. وجدير بالذكر أنّ العلم يوضـع بناءً على فهم العلاقة بين أحداث الكون، أي أن السـبب والنتيجة لهما دورٌ مهمٌ في وضـع القوانين الفيزيائية والحتمية، وصـياغتها، وهي سـمة مهمة من سـمات النظرية العلمية الكلاسـيكية أيضـاً، لكن هذا لا يتنافى مع ما فعلته ميكانيكا الكم باستبعادها للسببية، لأنها استبدلتها بمفهومٍ آخر وهو الاحتمالية، الذي يعبر عنه رياضياً على عكس مفهوم السببية.

لكن ما يجب أخذه بعين الاعتبار أنّ المقارنة بين العالمين ومفهوميهما هو الذي يحدث المفارقة، وأن محاولة التقليديين في الدفاع عن السببية والحتمية في عالم ميكانيكا الكم، من خلال تقسيم المفهوم والمزايدة عليه، وهذا ليس إلا حالة من حالات إنقاذ المفهوم، ولطالما وضـح رواد ميكانيكا الكم عدم الإصـرار على طرح سـؤال كيف؟ في هذا العالم الغريب، لذلك لا داعي لهذه التسـوية بين مفاهيم الفيزياء الكلاســيكية وميكانيكا الكم. ولا داعي إلى إعادة النظر في مفهوم اللاحتمية، وأننا نســتطيع الحديث عن قوانين احتمالية في الفيزياء بعيداً عن الحتمية.

نتائج الدراسة:

لقد أفضت بنا هذا البحث إلى جملة من النتائج المرتبطة بشكل مباشر بأهداف البحث، أهمها:

1. رأى البحث أّن شكل العلاقة بين مفهوم السببية والفيزياء الكلاسيكية هو علاقة تبسيطية؛ أي أنّ الفيزياء الكلاسيكية رأت في مفهوم السببية أداة تفسيرية حاولت فهم الظواهر بناءً على وجود علاقة بين سببٍ ونتيجة.
2. رأى البحث أن أينشـــتاين لمّا يزل نيوتونياً باعتقاده في الســـببية، لكنّه جعل الزمان والمكان (الزمكان) نتيجة لأســـباب المادة والطاقة، ولا يحصل التأثير فورياً كما نيوتن.
3. إنّ بقاء أينشـتاين على بعض مفاهيم الفيزياء الكلاسـيكية في فهمه لبعض الحالات، التي تندرج ضـمن ميكانيكا الكم قد أحدث مفارقات منها مفارقة EPR.
4. وقد وجد البحث أن هناك تناقضـاً واضـحاً عندما حاول العلماء فهم ظواهر ميكانيكا الكم من خلال مفاهيم الفيزياء الكلاسـيكية، فمع مبدأ استكمام الفعل أو (مفهوم القفزة الكمومية)، الذي طور لاحقاً ليشمل الإلكترونات، لم نعد نستطيع تحديد القيمة الأولية الذي على أساسها نتنبأ بالحوادث.
5. عملت السـببية على مد العلم بمسـلمات يبدأ منها العالم بصـياغة قانونه، والسـببية يترتب عليها مفهوم الحتمية وإحدى سـمات النظرية العلمية هي التنبؤ. لكن في ميكانيكا الكم وُضـــع مفهوم آخر بدلاً من الســـببية، ألا وهو الاحتمالية، أي لم يترك مكان السببية فارغاً، وهذا لا يوقع العلم بإشكالية صياغة القوانين.

التمويل: هذا البحث ممولّ من قبل جامعة دمشق وفق رقم الممولّ:(501100020595).

المصادر والمراجع:

1. إيزاكسون، والتر. (2011). أينشتاين حياته وعالمه، ترجمة: هاشم أحمد محمد، دار كلمات عربية وكلمة للترجمة والنشر، أبوظبي: الإمارات العربية المتحدة.
2. بشته، عبد القادر. (1995). الابستمولوجيا: مثال فلسفة الفيزياء النيوتونية، دار الطليعة للطباعة والنشر، بيروت: لبنان.
3. بن ميس، عبد السلام. (1994). السببية في الفيزياء الكلاسيكية والنسبانية: دراسة ابستمولوجية، دار توبقال للنشر، الدار البيضاء: المغرب.
4. الجابري، محمد عابد. (2002). مدخل إلى فلسفة العلوم: العقلانية المعاصرة وتطور الفكر العلمي، ط4، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت: لبنات.
5. جريبين، جون. (2010). البحث عن قطة شرودنجر: الفيزياء الكمية والواقع، ترجمة: أ.د فتح الله محمد إبراهيم الشيخ، مراجعة: أ.د أحمد عبد الله السماحي، كلمة وكلمات عربية للترجمة والنشر، القاهرة: مصر.
6. جينز، جيمس. (1942). الفيزياء والفلسفة، دار المعارف للنشر.
7. زيدان، محمود فهمي. (1977). الاستقراء والمنهج العلمي، دار الجامعات المصرية، الإسكندرية: مصر.
8. علي، أحمد حسن إسماعيل. (2003). المحددات الفكرية للعلماء الإلهيين قانون السببية والحتمية "أنموذجاً"، دار توبقال للنشر، الدار البيضاء: المغرب.
9. العلوي، جاسم الحسن. (2005). العالم بين العلم والفلسفة، المركز الثقافي العربي، الدار البيضاء: المغرب.
10. الطائي، م، وملكاوي، آ، والصباريني، م. (2012). مفهوم السببيّة في الفيزياء المعاصرة وعند المتكلمين المسلمين، المجلة الأردنية في الدراسات الإسلامية، المجلد الثامن العدد 2أ.
11. موتز، ل، وهين ويفر، ج. (1999). قصة الفيزياء ترجمة: د. طاهر تربدار ووائل الأتاسي، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، دمشق: سوريا.
12. هايزنبرج، فيرنير. (1993). الفيزياء والفلسفة، ترجمة: أحمد مستجير، المكتبة الأكاديمية.
13. Pollock, Chris. (2003) Mercury's Perihelion. University of Toronto.