مجلة كلية الآداب بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

المُقاربات الفلسفيَّة للثورات العلميَّة وأصولها البنيويَّة

د. حسن جبريل عبدالنعيم عبيد

مدرس بقسم الفلسفة

كلية الآداب – جامعة جنوب الوادي

DOI: 10.21608/qarts.2024.295647.1973

مجلة كلية الآداب بقنا – جامعة جنوب الوادي – المجلد (٣٣) العدد (٦٣) أبريل ٢٠٢٤

الترقيم الدولي الموحد للنسخة المطبوعة ISSN: 1110-614X

الترقيم الدولي الموحد للنسخة الإلكترونية ISSN: 1110-709X

موقع المجلة الإلكتروني: https://qarts.journals.ekb.eg

المُقاربات الفلسفيَّة للثورات العلميَّة وأصولها البنيويَّة

المُلخص:

يُناقش هذا البحث مفهوم الثورة العلميَّة وأصـــولها البنيويَّة، وهو يهدف في المقام الأول إلى إيضـــاح مفهوم الثورة العلميَّة ومفهومها من خلال التتبع التاريخي لها، ولا ســـيَّما تلك الفترات التي أســـهمت بقوة في دفع عجلة التقدم العلمي في حقول الفيزياء، وعلم الأحياء، والكيمياء، وصـــولًا لأهم الحقول التي نراها اليوم وهو علم الإدراك، والمتمثل بقوة في عدة مجالات، أهمها: الذكاء الاصطناعي "**AI**" وعلم الأعصاب. فقد كان للأجهزة والمقاييس والأدوات العلميَّة الحديثة الواحدة تلو الأخرى دور كبير في وصول تلك الحقول من خلال نظرياتها التي نراها اليوم وما سنراها غدًا وفي المستقبل القريب. وعليه، يهدف هذا البحث إلى معرفة الطريقة التي يمكن من خلالها بناء أية نظرية علميَّة، وذلك تتبعًا للإسهامات التي تركتها سابقتها. كما يهدف أيضًا إلى الوقوف على إسهامات الفيلسوف والمُفكر الأمريكي المعروف "**توماس كون**"، في فهم الطريقة التي يُمارس من خلالها العلماء بناء أية ثورة علميَّة، وهو يطرح من خلال كتابه "**بنية الثورات العلمية**" عدة مراحل ينبغي لأي عِلم أو نظرية أن تمر بها لإحداث ثورة.

الكلمات المفتاحية: الثورة العلميَّة، العلم القياسي، البارادايم، الأزمة، الثورة، عدم القابلية للقياس.

مُقدمة

إنَّ الاهتمام بالعلم لا ينشأ عن حبٍّ رومانتيكي، أو منفعة ذاتيَّة، أو مُحاولة لافتعال معارك دون كيشوتيَّة؛ بل نما هذا الاهتمام عن يقين وتجذّر خلال العمر، الذي تعدّى الشيخوخة بمراحل، بأن أهم مُحرك لِما حدث وما يحدث حولنا في العالم خلال القرن العشرين[١]. وهكذا، لا يتعيَّن علينا أن نكون فلاسفة لشرح تأثير العلم على حياتنا. تأمل حياتك اليوميَّة، **هل استيقظت على منبه الراديو المزود بساعة لاسلكيَّة؟** نحن نعرف أنه تم التنبؤ بموجات الراديو لأول مرة في عام 1861، واكتشفت في عام 1888، واستُخدمت لنقل الإشارات اللاسلكيَّة في عام 1894. **هل تقود سيارتك لتذهب إلى العمل؟ هل تبدأ بتشغيل سيارتك للذهاب إلى العمل؟** إذن، أنت تبدأ في تشغيل سيارتك عن طريق بطارية. ونحن نعرف أن أول بطارية تم تصنيعها كانت في عام 1800. وفي عام ١٨٤٢ أيضًا، تم وضع قوانين الديناميكا الحرارية لتشغيل مُحرك السيارة، وفي عام ١٨٧٦، تم طرح أول مُحرك احتراق داخلي. **هل قمت بإعادة تشغيل جهاز الكمبيوتر الخاص بك حال وصولك إلى العمل؟** فقد تم تطوير القوانين الأساسيَّة التي تعمل بها مكونات الكمبيوتر في الثلاثينيات من القرن العشرين، وأول كمبيوتر بدائي صُنع في الأربعينيات من القرن العشرين[٢]. ومن ثمَّ، فمن تابع حركة التغيير والتقدم العلمي خلال القرن الماضي، سيُلاحظ أن التقدم بدأ يتسارع، ففي 150 عامًا، تضاعفت علوم البشر مرة أخرى، ثم تضاعفت الخبرة البشرية مرة أخرى خلال خمسين عامًا، ثم تضاعفت في الفترة من 1960 إلى 1980؛ مما يُعني أن ما استغرق آلاف السنين من التطور سيتحقّق في عقدٌ واحد أو ربما أقل في المستقبل، كما لو كنا ركاب في قطار زمني اخترقه التطور اختراقًا، وكلما ازداد توغُّلًا في المستقبل ازدادت سرعة اختراقه[٣].

من الواضـــح أن حركة التقدم العلمي تســير بعجلة ووتيرة ســريعة للغاية، فلا أحد يتوقع، مثلًا، ماذا سيحدث في الغد، أو بعد الغد، أو حتى بعد عدة أعوام. وهذا لا يعني سِــوى أن البشــر يواكبون الحركة التي نحن والكون نخضــع لها بالضــرورة؛ فما كان بالأمس عاديًا ومهمّشًــا، صــار اليوم ذا قيمة وأســاس ترتكز عليه التطورات العلميَّة اللاحقة، فما توصّــل إليه العلماء بالأمس ما هو إلا جزءٌ ضــئيل لا يُذكر أمام تلك التطورات التي سيصل إليها علماء الغد والمستقبل.

وهكذا، يُعَدُّ العلم بهذه الكيفية هو أحد أعظم إنجازات الحضــارة الإنســانيَّة على الإطلاق، والتي ســاهمت بقوة في عملية المعرفة والازدهار من خلال التقدم التكنولوجي في مجالات تتراوح من الطب إلى الإلكترونيَّات (الذكاء الاصــطناعي). أمَّا في غياب العلم، فنحن بحاجة إلى فهم حركة الكواكب والتفاعلات الكيميائيَّة، وتطور عمليات نمو الحيوان، وكذلك فهم أســباب الأمراض المُعدية، والاضــطرابات النفســيَّة، والتغيرات الاجتماعيَّة، وغيرها كثيرٌ من الظواهر الأخرى التي لا تُعد ولا تُحصــى ذات الأهميَّة النظرية والعملية الهائلة. أيضًــا في غياب العلم، نحن بحاجة إلى كثير من التطبيقات ذات القيمة للمعرفة العلميَّة من المُضــادات الحيوية، والطائرات، وأجهزة الكمبيوتر[٤]. فالعلم، إذن، هو الذي يُســاهم في تقنيات مثل الثورة الرقميَّة التي تقود عملية الاقتصــاد المُعاصــر، تمامًا مثل مجالات الكيمياء والفيزياء، التي غيَّرت طبيعة الحرب في القرن العشــرين؛ حيث يمكن مُعالجة القضــايا القانونيَّة والمدنيَّة والجنائيَّة معًا، أو يمكن أن تطغي عليها شــهادة العلماء كخبراء. حتى الأشــخاص الذين يُعانون من الأمراض المُزمنة، فهم ينتظرون العلماء لتطوير العلاج؛ ولذلك، فإن العلم يهيمن على المجتمعات الغربيَّة المُعاصرة اليوم، ومن خلال عملية العولمة، سيؤدي أيضًا الدور نفسه داخل تلك المجتمعات غير الغربيَّة[5].

كل ما سبق لا يُعني سِوى أن العلم أدى ولا زال يؤدي دورًا فريدًا ومهمًا في حياتنا اليومية. يرجع ذلك الأمر برمته إلى الطفرات الهائلة التي تُحدثها الثورات العلميَّة الواحدة منها تلو الأخرى، والتي لا نُلاحظها بشكل مباشر، إلا بالرجوع إلى الوراء، وبالتحديد إلى تلك القرون التي بدأت فيها شرارة الثورات، سواء أكانت فيزيائيَّة، أو بيولوجيَّة، أو كيميائيَّة، أو حتى رقميَّة، بشكل كامن وغير ملحوظ. ومن ثمَّ، ثمَّة تساؤلات رئيسة تطرحها الدراسة الراهنة، تتمثَّل في الآتي: **أولًا**، ما مفهوم الثورة العلميَّة؟، وهل تختلف الثورة العلميَّة سواء أكانت فيزيائيَّة أو بيولوجيَّة، أو كيميائيَّة، أو حتى رقمية؟، ومتى وكيف بدأت الثورة العلميَّة بالتحديد؟ **ثانيًا**، ماذا يقصد «**توماس كون**» بمرحلة أو علم ما قبل النموذج الإرشادي؟، وما هو البارادايم أو النموذج الإرشادي؟، ومتى يصل العلم إلى مرحلة الأزمة؟ **ثالثًا**، ما الذي يدفع المجتمع العلمي إلى التخلي عن التقليد القديم من أجل التجديد؟، وكيف تأثر «**مبدأ عدم القابلية للقياس**» بمعرفة «**كون**» بعلم النفس الجشطالت؟، وهل أسهم الفيلسوف النمساوي «**لودفيغ فيتغنشتاين**» في بلورة فكر «**كون**» بهذه الفكرة – **علم النفس الجشطالت** – بالتحديد؟ **رابعًا**، هل تعرضت فكرة «**كون**» عن «**عدم القابلية للقياس**» للانتقادات من قبل الفلاسفة، ولماذا؟

أما عن منهج الدراسة، فقد اقتضت دراسة هذا الموضوع استخدام المنهج التاريخي؛ لعرض المسار الذي انطلقت منه شرارة الثورة العلمية الواحدة منها تلو الأخرى، وكذلك المنهج التحليلي؛ لفهم وتفسير المراحل التي عرضها توماس كون للطريقة التي تحدث بها الثورات العلميَّة. بالإضافة إلى المنهج النقدي كلما دعت الحاجة إلى ذلك.

في ضوء تلك التساؤلات، ووفق منهج البحث، سيتم تقسيم عناصر الدراسة كالآتي:

- **مقدمة.**
- **أولًا:** الثورة العلميَّة: المفهوم والتتبع التاريخي.
- **ثانيًا:** بنية الثورات العلمية.
- **خاتمة.**

أولًا: الثورة العلميَّة: المفهوم والتتبع التاريخي

أ. ماهيَّة الثورة العلميَّة Scientific Revolution

قبل البدء في التعرُّف على مفهوم «**الثورة العلميَّة**»، توجَّب أولًا تعريف المصطلح نفسه، والذي يتألف بطبيعته من جزأين أساسيين: الجزء الأول، هو كلمة «**ثورة**»، والثاني، هو كلمة «**علم**».

لنبدأ بالجزء الأول: «**ثورة**» Revolution، فالثورة يُراد بها الطفرة والانبعاث[٦]؛ وهي كلمة تُشير إلى تغيُّر أو تحوُّل جذري داخل أوضاع المُجتمع[٧]، وهو ما يُمثل نقطة تحوُّل نحو إسقاط النظام البائد واستبداله بنظام تقدمي جديد يحل محله[8]. كما أن لفظة ثورة مُقابلة لكلمة تطور أو نمو Evolution؛ فالثورة تتسم بالسرعة، أما التطور فهو بطيء. فالثورة – إذن – هي تحول مفاجيء وتبدُّل تدريجي[9]. أمَّا في الإنجليزية، يُشير مصطلح ثوري Revolutionary إلى محاولة فرديَّة لإحداث تغيير اجتماعي أو سياسي من خلال استخدام تدابير مُتطرفة[10]. ونجد أيضًا المصطلح يُشير إلى الدوار؛ لأنه مُشتق من اللفظة Revolution التي تُعني ثورة، والتي تُعني أيضًا إتمام دورة كاملة (مثلًا دوران جرم سماوي في مداره). وهكذا، يمكن مُلاحظة صلات القربى الفيلولوجية (اللُغويَّة) بين ثورة، ونمو، أو تطور. ولهذا السبب، نجد المصطلح الإنجليزي، لا يجعل الرفض هياجًا مُفاجئًا، بل هو تقدم مُكثف ومؤثر جدًا، وانتقال جذري إلى مرحلة أعلى آن أوانها؛ لانتهاء المرحلة السابقة أو استنفاد متطلباتها[١١].

يُلاحظ من التعريفات السابقة أن لفظة «**ثورة**» تُعني بالشيء المُفاجيء، الذي يتم على نحو سريع دون أي ترتيب، أو تنبؤ زمني؛ وهذا على النقيض من الحدث البطيء الذي يُشار إلى التطور أو النمو. كقولنا مثلًا: يحدث تطور أو نمو الكائن الحي ببطء منذ الولادة وحتى الموت.

أما الجزء الثاني: «**علم**» Science، فهو بوجه عام يُعني المعرفة وإدراك الشـــيء على ما هو عليه. وبوجه خاص، هو دراسـة ذات موضـوع مُحدد وطريقة ثابتة توصـل إلى مجموعة من المبادئ والقوانين، مع التركيز على القضـــايا الكليَّة والحقائق العامة المُسـتمدة من الوقائع والجزئيات. وهنا نجد أن العلم ضـربان؛ إما نظري يُحاول تفسـير الظواهر وبيان القوانين التي تحكمها، كالطبيعة والرياضـــة، أو عملي، يرمي إلى تطبيق القوانين النظريَّة على الوقائع والحالات الجزئيَّة[١٢]. إذن، فالعلم هو المعرفة، وهو يرتبط ارتباطًا وثيقًا بـــ «**الإبستمولوجيا أو نظرية المعرفة**» Epistemology، وهي دراسة المعرفة التي نبحث فيها عن المعنى والمصـدر والحقيقة[١٣]. أي أن المصـطلح يُشـير إلى «**منظومة اكتســاب المعرفة القائمة على الفرضــيات والتجارب والنظريات، حيث يُشـير المصـطلح إلى كم المعرفة الإنسـانيَّة المكتسـبة من خلال طريقة البحث**»[١٤]. كما يُشـــير المصـــطلح إلى «**أنســـاق تُفيد مضـــمونًا إخباريًّا، ومحتوى معرفيًّا، وتوصـيفات دقيقة، وقوة شـارحة، وقدرة تفسـيريَّة، وطاقة تنبؤيَّة، مُنصـبة على ظواهر العالم التجريبي والواقعي الواحد والوحيد الذي نحيا فيه**»[١٥].

وبناءً عليه، يمكن تعريف لفظة «**علم**» على أنه مُجتمع مُنظم متكامل يهدف إلى عملية اكتساب المعرفة من خلال سلسلة من الفرضيات والتجارب. ولكن السؤال الرئيس هنا: **ماذا يُقصـــد بالثورة العلميَّة؟** فإذا كانت لفظة "**ثورة**" لا تُعني سِـــوى تحوُّلًا مُفاجئًا دون ترتيب مُســبق، ولفظة "**علم**" التي تُشـير إلى المعرفة وإدراك الشـــيء على ما هو عليه.

يُشـــير مُصـــطلح «**الثورة العلميّـَة**» إلى عمليَّة حقيقيَّة أســـهمت بقوة في إحداث تحوُّل أو تغيير جذري. فإذا أردنا أن نفهم طبيعة هذا التحوُّل وأســبابه، علينا أولًا تحديد المســائل الأســاســيَّة التي أثارها المفكرون الأوائل وتقاليدهم الفكريَّة الرئيســيَّة؛ حيث

أســـهمت التغييرات في تنظيماتهم الاجتماعيَّة وممارســـاتهم العلميَّة في العديد من الاكتشافات والاختراعات. ومن ثمَّ، كانت النقاشات حول التاريخ الأصيل الذي بدأ منه مُصـــطلح الثورة العلميَّة، أو أي نوع آخر من الثورات، أفضـــل الطرق لتحديد عملية التحوُّل الثوري داخل كافة العلوم(١٦). لذا، يُشـــير «**توماس كون**» في كتابه «**بنية الثورات العلميَّة**» *The structure of scientific revolutions* إلى مفهوم الثورة العلميَّة بقوله: «**يُقصد بالثورة العلميَّة سلسلة الأحداث التطوريَّة غير التراكُميَّة، التي يُبدّل فيها نموذج إرشـــادي** Paradigm **قديم، كليًا أو جزئيًا، بنموذج إرشـــادي جديد مُتعارض معه**»(١٧).

وهكذا، يمكن تعريف "**الثورة العلميَّة**" – وفقًا لتعريف «**كون**» السابق – بأنها عملية تطورية ساهمت في إحداث تحوُّلات قد حدثت بصورة مُعاكسة لتراكميَّة العلم، وفيها يتم تغيير نموذج قديم بآخر جديد. ولكن قبل التعرف على الطريقة التي يتم من خلالها بناء الثورات العلميَّة التي تحدث الواحدة تلو الأخرى في عملية تطورية غير تراكمية؛ كان لزامًا الرجوع إلى التاريخ الذي بدأت منه شـــرارة تلك الثورات. فمن خلال تتبع الســـياق والمسار الذي بدأت منه الثورة؛ عندئذٍ يمكننا فهم الصورة التي تنبني عليها الثورات فيما بعد.

ب. تاريخ الثورة العلميَّة

في الواقع، لم يكن مُصطلح «**الثورة العلميَّة**» شائع الاستخدام قبل أن يُقدمه المؤرخ والفيلسوف الروسي – الفرنسي «**ألكسندر كويري**» A. Koyré (١٨٩٢–١٩٦٤)(١٨) في عمله المُفصـــل عام ١٩٣٩. لكن المُصـــطلح لم يُســـتخدم بشـــكل دارج حتى عام ١٩٥٤، في كتابين مهمين، هما: «**الثورات العلميَّة**» *The Scientific Revolutions* للمؤرخ البريطاني «**ألفريد روبرت هول**» A. R. Hall (١٩٢٠–٢٠٠٩)، من خلال

تأثره بـــ «**كويري**». أما الكتاب الثاني، فكان عبارة عن مُجلد من كتاب العلم في التاريخ الماركســـي للعالِم البريطاني «**جون ديزموند برنال**» J. D. Bernal (١٩٠١-١٩٧١) بعنوان «**الثورات العلميَّة والصناعيَّة**» *Scientific and Industrial Revolutions*. وعلى الرغم من أن العديد من العلماء في القرن الســـابع عشـــر أعربوا عن رغبتهم في التغيير الفكري الجذري؛ إلا أنهم لم يســتخدموا مُصــطلح الثورة العلميَّة للإشــارة إلى ما كانوا يفعلونه[١٩]. ومن هنا يمكن أن نطرح ســؤالًا عند بداية الحديث عن تاريخ الثورة العلميَّة: **كيف بُني العلم؟ وكيف أحدث تلك الثورات التي حدثت واحدة تلو الأخرى عبر التاريخ؟**

بُني العلم الجديد على العلم القديم؛ وذلك على خُطى علماء الفلك والرياضـــيَّات العرب، والمدرسة الأرسطيَّة لجامعات العصور الوسطى، والثقافة الواسعة لعلماء عصر النهضـــة. فقد أدى الإحياء الإنســـاني للمدارس الفلســـفيَّة القديمة الأخرى (**الأفلاطونيَّة، والأبيقوريَّة، والشكيَّة، والرواقيَّة**) إلى تحفيز تفكير جديد حول العالم الطبيعي؛ مما أدى إلى مُشـــاركة الأطباء، وعلماء الرياضـــيَّات، والمُنجمين، والكيميائيين في عملية التغيير العلمي. وفي الأخير، كانت الفلسـفة الطبيعيَّة الأرسـطيَّة واحدة من أكبر الخاسـرين من تلك الثورة. وعلى الرغم من عبقريـة الثوار العلميون الفذة إبـان تلك الفترة؛ إلا أنهم لم يكونوا "**عقولًا عظيمـة**" مجردة خارج المجتمع والثقافة الأوروبيَّة في عصـــــرهم. لقد تم تخصيص العديد من الابتكارات العلميَّة للمسائل العمليَّة، مثل اكتشاف «**خطوط الطول**» longitude، وتشكيل العلوم الحديثة المُبكرة من خلال الظروف السياسيَّة والدينيَّة. فقد سار مؤسّسو الثورة العلميَّة على خُطى الثوريين الآخرين وانخرطوا في مُناقشات ساخنة فيما بينهم حول كل شـــيء بدءًا من الافتراضـــات الأوليَّة المختلفة وحتى دور الكتاب المُقدس في المسائل العلميَّة[٢٠].

يُمكن النظر إلى معرفة العالم الطبيعي في القرن السابع عشر بالطريقة نفسها التي كانت عليها في القرن الخامس عشـــر. لقد شـــهدت هذه الفترة تغييرات كثيرة من كافة جوانب الثقافة الأوروبيَّة المتعلقة بطبيعة العالم الفيزيائي (المادي)، وكيف أدى البحث والتحليل والتمثيل دورًا مهمًا في تطور العلوم الحديثة. ومن الواضح أيضًا أن العديد من كبار المبتكرين في تلك الفترة أدركوا أنهم كانوا يفعلون شـــيئًا غير عادي. وفي الواقع، تظهر كلمة "**حديث**" عدة مرات في عناوين العديد من أعمال الشـــخصـــيات الرائدة في الثورة العلميَّة[٢١]. لذا، تعود أصـــول التحوُّلات في العلوم إلى ســـلســـلة متنوعة من المصـــادر، ســـواء داخل أو خارج التقاليد الأوروبيَّة. فعلى ســـبيل المثال، ســـار علماء العصـر الحديث مثل الفيلسـوف الفرنسـي «**بيير غاسـندي**» P. Gassendi (1655–1592م)[٢٢] على خُطى العديد من قدَّم النظرية الذريَّة Atomism، باعتبارها إحياءً لفلسفة «**أبيقور**» Epicurus[٢٣]. وعلى الرغم من أن «**غاسندي**» لم يجد قبولًا لاهوتيًا للأبيقوريَّة على الأرســطيَّة، كما فعل في إحياءه للرواقيَّة «**جوســتوس ليبســيوس**» J. Lipsius (١٥٤٧–١٦٠٦م)[٢٤]، و«**مارســـيليو فيســـينو**» M. Ficino (١٤٣٣–١٤٩٩م)[٢٥] في إحياءه للأفلاطونيَّة؛ إلا أنه أظهر أســبقية تاريخيَّة من خلال محاولته إحداث تغيير جذري على الفلسـفات القديمة[٢٦]. وهكذا من الواضـح أنه بالنسـبة لعلماء أوروبا الغربية والعالم الإســلامي في العصــور الوســطى، كانت التغييرات الجذرية في مفاهيم وممارســات الفلســفة الطبيعيَّة تمثل في الوقت نفســه قطيعة هائلة وحاســمة مع الثقافات القديمة التي ظهرت في بلاد اليونان القديمة وما شـــابهها. ولعدة قرون، درس الطلاب في الجامعات الأوروبيَّة أعمال العصور القديمة من خلال أعمال «**أرسطو**» في الفلســفة، وبنية الكون، والطبيعة، وأعمال «**بطليموس**» C. Ptolemy (١٠٠–١٧٠م) في علم الفلك والتنجيم، وأعمال «**جالينوس**» Galen (١٣٠–٢٠٠م) في علم التشـريح وعلم وظائف الأعضـــاء، والطب[٢٧]. لذا، يبدو أن العلماء في تلك الفترة لم يهملوا ذلك

الإرث الذي تركه السابقين من الفلاسفة – بما أن الفلسفة كانت تضم كل العلوم بلا استثناء – ليؤسسوا علومًا جديدة، وإنما كانت مجرد أصل وارتكاز وأرضية يحاول الفلاسفة اللاحقين في تلك الفترة تعديله وترميمه في صورة تتناسب مع العصر الذي بدا وكأن شيئًا جديدًا يحدث تحت مُسمى "**ثورة**".

لقد أدت محاولات إعادة تقييم مُصطلح "**ثورة**" إلى ظهور العديد من المناقشات التاريخيَّة المهمة. واحدة منها لا يزال قيد المناقشة؛ فقد جادل العديد من المؤرخين بأن مفهوم الثورة غير دقيق في العلم الحديث المُبكر. ويبدو أن الإجماع الحالي هو أن النظرة «**المتواصلة**» لتطور العلوم في الماضي كانت مُبالغًا فيها، ولكنها كانت مفيدة؛ لأنها سلطت الضوء على العديد من العوامل المختلفة التي سبقت التطورات اللاحقة في العصور الوسطى. وعلى الرغم من أن العديد من الدراسات الحديثة لعلوم العصور الوسطى أظهرت أن الفلسفة الطبيعيَّة في العصور الوسطى هي التي أرست المبادئ التي قامت عليها الثورة العلميَّة؛ إلا أنه لم يتم إدراج هذه الأعمال بدقة في تاريخهم؛ لأنهم اعترفوا بأن شيئًا مختلفًا قد حدث خلال الثورة العلميَّة[٢٨]. ولكن إذا رجعنا إلى الوراء قليلًا، وبالتحديد إلى القرن العاشر الميلادي، سنجد أن آباء الكنيسة حاربوا كل معرفة دنيوية، مُعتقدين أن العلم يتعارض مع النصوص الدينيَّة؛ وموقف القديس «**أوغسطين**» Augustinus (٣٥٤–٤٣٠م) كان نموذجًا لذلك. أما بعد القرن العاشر، أصبح الكون الأرسطي والبطليموسي[٢٩] بمثابة عقيدةٍ شبه رسمية للكنيسة إلى حد أن القديس «**توما الأكويني**» T. Aquinas (١٢٢٥–١٢٧٤م) تحدَّث عن التصور المسيحي بألفاظ أرسطيَّة. لكن آباء الكنيسة تعاملوا مع ذلك، تعاملًا انتقائيًّا مع أرسطو، فقد كانوا مثلًا مُضطرين إلى التخلي عن الدليل الأرسطي على الاستحالة المُطلقة لوجود الفراغ؛ لأن ذلك حدٌ لقدرة الله الواسعة واللامتناهيَّة، والتخلي عن فكرته حول قُدم

العالم، حيث جاء في الكتاب المُقدس «**سفر التكوين**»: «**في البدء خلق الله السماوات والأرض**»، دون أن يتخلوا كليةً عن أرسطو، إذ بقي المُنطلق الثابت للبحث السكولائي(٣٠).

تُجدر الإشارة هنا إلى أن النقد المدرسي للعلم القديم – **الأرسطي والبطليموسي** – لم يقتصر على مجرد اختبار البراهين الأرسطيَّة وإبراز بقاياها، واستبدالها ببراهين ونظريات أخرى، بل تعدى ذلك، فالمدرسيون، ولا سيَّما التابعون للمدرسة الاسميَّة بباريس، أدخلوا تعديلات جديدة، خاصة في التقليد العلمي الأرسطي وفي دراسة الحركة وظاهرة الأجسام المتساقطة، وهذا ما يُعرف باسم «**نظرية الاندفاع**»(٣١) (٣٢)؛ تلك النظرية التي أسهمت بشكل أصيل في تطوير الديناميكا النيوتونية نفسها، وتقديمها لأجوبة عن مسائل لم يجب عنها «**نيكولاس كوبرنيكوس**» N. Copernicus (١٤٥٣–١٤٧٣م)، أو لم يلتفت إليها، فهذا الأخير في القرن السادس عشر، لم يعمل سوى أن قدم وصفًا رياضيًّا جديدًا لحركة الأفلاك، دون أن ينجح في تفسير عِلة حركتها، مما طرح مشاكل عديدة على تابعيه، وهي مشاكل لم تُحل إلا من طرف «**إسحاق نيوتن**» I. Newton (١٦٤٣–١٧٢٧) فيما بعد، والذي تمكَّن من ملء ثغرات الخطاب الكوبرنيكي. لذلك يمكن القول إن القرون التي ساد فيها الفكر المدرسي في الغرب هي القرون التي أُعيد فيها بناء التقليد العلمي والفلسفي وترميمه، وتم فيها اختباره مما مكن من الوقوف على نقطة ضعفه ومواطن زلله. وإذا كان المدرسيون ظلوا لأسباب معينة عاجزين عن رفض العلم الأرسطي جملًا وتفصيلًا؛ إلا أنهم على الأقل نبهوا إلى مساوئه وثغراته، مما سيتحول إلى نقط بحث ناجحة بعد العصر الوسيط. وأكبر النظريات العلميَّة الجديدة في القرنين السادس عشر والسابع عشر، تجد أصلها في الإحراجات المُترتبة على نقد السكولائيين للفكر الأرسطي. بالتالي، يتعذر القول بأن

«**كوبرنيكوس**» هو من شكَّل نقطة اللاعودة إلى الفكر السابق عليه، وخصوصًا الفكر المدرسي، بل هو تتويج له؛ لقد كان خلاصة أو تتويجًا لطموح تاريخي متراكم، وتعبيرًا عنه(٣٣).

من ناحية أخرى، فإن جيل العلماء الذين قدّموا تاريخ العلم إلى جامعات أوروبا وأمريكا الشمالية في عقود الحرب العالمية الثانية أنتج وصفًا متماسكًا ومقنعًا للثورة العلميَّة. وقبل كل شيء، أكد هؤلاء على التقدم الهائل في معرفة الظواهر الطبيعيَّة، ولا سيَّما النظريات. لقد بدأت الرواية في المقام الأول مع تطور علم الفلك والميكانيكا، بدءًا بنشر «**كوسمولوجيا مركزية الشمس**» لـ «**كوبرنيكوس**» عام ١٥٤٣ في كتاب: «**حول دوران الكواكب السماوية**» *De Revolutionibus Orbium Coelestium*، والذي ذكر فيه «**كوبرنيكوس**» أن الأرض تدور حول محورها وحول الشمس. وبالتالي، لم يرغب «**كوبرنيكوس**» في الإطاحة بعلم الفلك القديم، بل أراد إحياء الحركة الدائرية المثاليَّة للسماوات(٣٤). لذلك يمكن أن نَعد «**كوبرنيكوس**» بأنه البادئ الحقيقي للثورة العلميَّة، فهو أفلاطوني يرى أن غاية علم الفلك تكمن في الكشف عن الواقع الخفي، وحماية الظواهر؛ ليعلن اكتشافه أيضًا لمبدأ اليقين Certainty، والذي وفقًا لنظريته حول نظام الكواكب يُعدُّ صحيحًا تمامًا(35). وهكذا، يُنظر عادةً إلى عام ١٥٤٣ على أنه العام الذي نشأ فيه العلم الحديث وولادة الثورة العلميَّة، ذلك بعد أن جاء «**كوبرنيكوس**» بنظام فلكي جديد(٣٦). وتستمر الرواية بعد ذلك حتى نهاية القرن السادس عشر، عندما قام الدانماركي «**تايكو براهي**» T. Brahe (1546–1601م) بمُلاحظات فلكيَّة دقيقة وشاملة على جزيرة هفن، وأظهر أن المُذنبات والنوفا هي ظواهر سماويَّة وليست ميتورولوجية (جويَّة)، مما يقوّض تعاليم أرسطو حول كمال السماوات

وثباتها[37]؛ حيث كانت أدواته من أبسط الأنواع ولم تكن التلسكوبات قد اخترعت بعد. ولم يكن لديه إلا عيونه ليراقب بها[38].

وحتى القرن السابع عشر، لم يكن قبول نظرية «**كوبرنيكوس**» مرتبطًا بالضرورة بقبول الحلول الفيزيائيَّة الجديدة، وينطبق هذا أيضًا على أحد أكثر أتباع «**كوبرنيكوس**» حماسًا، وهو «**جيوردانو برونو**» G. Bruno (١٥٤٨-١٦٠٠) الذي كتب عمله: «**عشاء أربعاء الرماد**» *La cena de le ceneri* عام ١٥٨٤، والذي استخدم فيه «**برونو**» كل الحُجج الممكنة للدفاع عن مركزية الشمس، مشيرًا أيضًا، ولو بشكل غير مباشر، إلى مفهوم الاندفاع[39]. كما أنه رأى أن الله هو الحقيقة الجامعة التي تسيطر على الكون بأكمله بما في ذلك عالمنا. أما بخصوص ذلك الجزء من الكون الذي يتكون من الأرض والكواكب والشمس، فإن «**برونو**» من أتباع «**كوبرنيكوس**»، متحديًا بذلك عقائد الكنيسة الرسمية[40]. ثم جاء «**يوهان كِبلر**» J. Kepler (١٥٧١-١٦٣٠) ليضع أصول المرحلة الأولى للعلم، أو إطارها النسقي حينما وضع قوانين حركة الأجرام السماوية في مداراته الإهليجيَّة – وليست الدائرية حول الشمس[41]. كما أدت محاولة «**جاليليو جاليلي**» Galileo (١٥٦٤-١٦٤٢م) للجمع بين علم الحركة المُجردة والفلسفة الطبيعية إلى خلق ما أسماه «**علم الحركة الجديد**» *New Science of Motion*، الذي لا يزال المؤرخون يعدونه أهم الخطوات المؤثرة نحو النظريات اللاحقة[٤٢]. ولعلَّ العامل الأكثر أهميَّة في إلغاء النظرة ما قبل العلميَّة هو القانون الأول للحركة، الذي نُدين به لـ «**جاليليو**»، على الرغم من أنه سبقه إلى حد ما «**ليوناردو دا فنشي**» L. Da Vinci (١٤٥٢-١٥١٩)[٤٣].

واستمرارًا لمآثر «**جاليليو**» العظيم، ففي عام ١٩٧٨، واستنادًا إلى مُلاحظات «**كويري**»، أوضح «**مايكل وولف**» M. Wolff الفرق بين المراحل الثلاث للتطور

المُبكر للفيزياء (وثلاثة أنماط من التفكير) في كتابه «**دراســـات جاليليو**» *Études Galiléennes*، باستخدام «**فيزياء الاندفاع**» كوسيط بين الفيزياء الأرسطيَّة، والفيزياء الرياضيَّة والتجريبيَّة لـ «**أرخميدس**» Archimedes (٢٨٨-٢١٢ق.م)، و «**جاليليو**»، فقد كتب «**وولف**» عن تاريخ مفهوم الاندفاع بوصفه تاريخًا لنمط معين من التفكير، أو بـالأحرى نموذجًـا جـديـدًا للفلســـفـة الطبيعيَّـة، بـدءًا من «**جون فيلوبونوس**» J. Philoponus (٤٩٠-٥٧٠م)، ودوره الاســـتثنـائي في تفســـير حركـة المقذوفـات Projectile. لذلك رفض «**وولف**» أي تفسير تجريبي للتحول من الأرسطيَّة إلى فيزياء الانـدفـاع، فكـانـت الثورة العلميَّـة عنـده مرتبطـة ارتبـاطًـا وثيقًـا بـالثورة الاقتصـــاديَّـة والتكنولوجيَّة[٤٤]. علاوة على ذلك، أصـبح العلم أيضًـا مُبررًا أيديولوجيًا للتغيير والحفاظ على مبادئ النظام الاجتماعي. فقد حاول «**توماس هوبز**» T. Hobbes (١٥٨٨-١٦٧٩م) ترسيخ مبدأ السيادة السياسيَّة في الفلسفة الميكانيكيَّة. كما جادل الخبراء في الحســـاب الســـياســـي بأن المجتمع يمكن تحليله كميًا، وأن الرجال اســـتخداموا أحدث الاستكشافات العلميَّة لفرض قوتهم على النساء، وأن الأوروبيين فرضوا سيطرتهم على دول العالم من خلال المبادئ العلميَّة. وفي الواقع، تطورت هذه الإمكانات العلميَّة في ســـياق الثورة العلميَّة، حيث كانت الجماعات الدينيَّة هي الفئات الفكرية المهيمنة في التحليل الاجتماعي في نهاية القرن السـابع عشـر[٤٥]. كما ظهرت الفلسـفة الميكانيكيَّة ذات التأثير الكبير للفيلسوف «**رينيه ديكارت**» R. Descartes (١٥٩٦-١٦٥٠م) من خلال محاولاته لتأسيس الفلسفة الطبيعيَّة على يقين التفكير الهندسي. كما واجهت فلسفة «**نيوتن**» الطبيعيَّة الجديدة مقاومة، كما يوحي عنوان كتابه: «**المبادئ الرياضـــيَّة للفلسـفة الطبيعيَّة**» *Mathematica Principia Philosophiæ Naturalis*[٤٦]، ودليله على أن جميع حركات الكواكب، والمواد غير الحية على الأرض، تتبع قوانين الفيزياء، وأنه بمجرد أن تبدأ الحركة ستستمر إلى أجل غير رسمي، ولا يوجد سبب لهذه

العملية. وأصر «**ديكارت**» على أن أجسام الحيوانات تخضع أيضًا لهذه القوانين؛ أي إنها لا تقتصر على الجمادات فحسب. وربما كان اللاهوت هو السبب الوحيد الذي منعه من التأكيد على إن هذه – قوانين الفيزياء – تشمل أيضًا حركة الأجسام البشرية(٤٧).

كما أن تطور النظريات الذريَّة للمادة حدث أيضًا جزئيًا بفضل جهود الفلاسفة الطبيعيين؛ وذلك لتوسيع آفاق فلسفة أرسطو الطبيعيَّة لشرح المعرفة التجريبيَّة للكيميائيين. حيث تهدف الفلسفة التجريبيَّة التي طورها «**روبرت بويل**» R. Boyle (١٦٢٧-١٦٩١م)، وزملاؤه في إنجلترا في أواخر القرن السابع عشر إلى رسم حدود تخصصيَّة جديدة للفلسفة الطبيعيَّة، واستبعاد كافة ما كان يُطلق عليه سالفًا الممارسة الموائمة(٤٨). فكتب «**بويل**» – المعروف بعمله في الكيمياء (لا يزال طلبة الكيمياء يتعلمون «**قانون بويل**» الذي يقول بأن حجم الغاز يتناسب عكسيًا مع الضغط الواقع عليه) – أن العالم «**يشبه رواية رومانسية جيدة الحبكة**». ويرى أن الخالق هو كاتب الروايات الأعظم، وأن الباحثين هم القارئون العلميون الذين يحاولون كشف جميع العلاقات والقصص المتشابكة في العالم الذي أبدعه الخالق(٤٩). لذلك، يمكن القول أن الثورة العلميَّة في القرن السابع عشر، من خلال إدخال الممارسة العلميَّة واستخدام أدوات القياس التي تنقل العلاقة بين موضوع الدراسة والموضوع قيد الدراسة، لم تُغيّر فقط نطاق الظواهر الطبيعيَّة التي كانت ورغم أنها لا يمكن أن تصبح موضوع بحث علمي، إلا أنها في الوقت نفسه غيرت مفهوم التجربة أيضًا. ومنذ ذلك الحين، لم تتمكن أي نظرية معرفيَّة من الاستغناء عن مفهوم التجربة غير المباشرة والتغلب على كل الإشكاليات المرتبطة بها. ويبدو أن هذا التغيير وعواقبه، وليس الانتقال المزعوم من

التفكير التأملي إلى التفكير التجريبي مع إدخال التحليل الرياضـــي للبيانات التجريبية، هو الذي يصوغ الثورة الفكرية الأصيلة لهذا القرن(٥٠).

أمَّا في القرن الثامن عشـــر، ذهب المُفكرون الفرنســـيون إلى أبعد من ذلك، ففي منظورهم كانت العلاقة بين العقل والمادة نقيضًـــا لما افترضـــه أرســـطو والمدرســـيون. بالنسبة لـــ « **أرسطو**» كانت الأسباب الأولى عقلية دائمًا، كما هو الحال عندما يبدأ قطار شـحن بتحريكه، وتتواصـل قوة السـحب من عربة لأخرى. أما ماديو القرن الثامن عشـــر فكانوا على عكس ذلك واعتبروا كل المُســـببات ماديَّة، وفكروا بالوقائع العقليَّة كنواتج ثانوية غير فعالة(٥١). فعلى ســـبيل المثال، نرى «**بيير لابلاس**» P. Laplace (١٧٤٩-١٨٢٧) أحد المفكرين الأوائل الذين فهموا الميكانيكا النيوتونيَّة بعمقٍ شـــديد؛ بل أفضـــل من نيوتن ذاته. تناول «**لابلاس**» مشـــاكل تراوحت بين اســـتقرار النظام الشمسي وأسس نظرية الاحتمالات Probability، وكثيرًا ما وضع المعادلات الرياضيَّة الجديدة اللازمة لها أثناء عمله. وكما أشـــار إلى أن الجاذبية النيوتونية يمكن اعتبارها "**نظرية مجال**" مفترضًـا وجود "**مجال كامن للجاذبية**" يملأ الفضـاء بأكمله، وبذلك أجاب «**لابلاس**» عن حيرة «**نيوتن**» حول النشـــاط الحاصـــل في المســـافات بين الأجســـام البعيدة(٥٢). كما عمل «**لابلاس**» على توسيع عمل «**نيوتن**» بشأن الحركة داخل النظام الشمسي، فكان أعظم أعماله «**ميكانيكا الأجرام السماوية**» *Mécanique Céleste*، الذي نُشـر في خمس مُجلدات بين عامي (١٧٩٩، ١٨٢٥). وفيه أثبت «**لابلاس**» أن النظام الشمسي مُستقر ديناميكيًا، وهو ما عجز نيوتن على فعله. كما جادل «**لابلاس**» أيضًا لصالح ما يُسمى بـــ «**فرضية السديم**» Nebular Hypothesis لأصل النظام الشمسي، والتي وفقًا لها تشكلت الكواكب من نفس الكتلة الدوارة للغاز مثل الشمس(٥٣). ولعلَّ أعظم إسـهامات «**لابلاس**» في فهمنا للميكانيكا، لم يكن تقنيًا أو رياضـيًا بقدر ما

كان فلسفيًا. لقد أدرك لابلاس أن هناك إجابة بسيطة عن سؤال: **ما الذي يحدد ما سيحدث بعد ذلك؟**، وتلك الإجابة هي: «**حالة الكون الآن**»(٥٤).

في القرن التاسع عشر، كان عمل «**تشارلز داروين**» C. Darwin (١٨٠٩-١٨٨٢) حاسمًا إلى حدٍ ما في هذا الصدد، فما قام به بالنسبة لعلوم الحياة يُقارن بما قام به «**جاليليو**» و«**نيوتن**» بالنسبة لعلم الفلك، فإن تكيُّف الحيوانات والنباتات مع البيئة كانت الفكرة المفصّلة لدى علماء القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر، وهذا التكيُّف كان يعزي إلى العناية الإلهيَّة. وكان من الصعب قبل «**داروين**» إظهار السبب العلمي لتكيُّف الكائنات الحية مع بيئتها، لذا اكتفى العلماء بالقول أن تلك مشيئة أو غاية الخالق. ولقد كانت الميكانيكية الداروينية حول «**التنازع على البقاء**» و «**البقاء للأصلح**» هي التي مكنت من جلاء سبب التكيُّف بدون إدخال (الغاية)، ولم يكن لفكرة تطور الأنواع دخل في ذلك، فالاختلافات العشوائيَّة والانتقاء الطبيعي تستخدم الأسباب (الفاعلة). وهذا هو السبب في تقبل عديدٍ من الناس لفكرة تطور الأنواع بصورة عامة من دون تقبُّل وجهة نظر «**داروين**» حول كيفية حدوثها(٥٥). ومع ذلك، فإن إرجاع تعقيد الحياة إلى عمل القوانين الطبيعية لا يستبعد بالضرورة دور الخلق الإلهي. يكفي أن نفترض أن الله (العليم) خلق «**الطبيعة**» في الأصل بطريقة تجعل الغاية الإلهيَّة تنكشف وفقًا لمنطق القوانين التي وضعها. ومن ثمَّ، يبدو أن رؤية «**نيوتن**» هي التي كان لها تأثير مهم على «**داروين**». فبالنسبة لنيوتن، تتحرك الأجرام السماوية على طول مداراتها السماوية؛ ليس لأن الخالق يوجه هذه المسارات، يجب عليهم اتباعها في جميع الأوقات؛ ولكن لأنه يخضع لقوانين فيزيائيَّة تضمن السلوك الموائم لكل جرم سماوي(٥٦).

وفي نهاية القرن التاسع عشر، كانت الفيزياء تتكون من الميكانيكا الكلاسيكيَّة، والنظرية الكهرومغناطيسيَّة Electromagnetism[٥٧]، والديناميكا الحراريَّة Thermodynamics[٥٨]. تم استخدام الميكانيكا الكلاسيكيَّة من أجل التنبؤ بديناميات الأجسام الماديَّة، وقدمت كهرومغناطيسيَّة «**جيمس ماكسويل**» J. Maxwell (١٨٣١-١٨٧٩) الإطار الملائم لدراسة الإشعاع Radiation، حيث تم وصف المادة والإشعاع من حيث الجسيمات والموجات. أما بالنسبة للتفاعُلات ما بين المادة والإشعاع، فقد تم شرحها بعناية من خلال قوة «**هندريك لورنتز**» H. Lorentz (١٨٥٣-١٩٢٨) أو الديناميكا الحرارية. وبالتالي، فإن النجاح الساحق للفيزياء الكلاسيكيَّة – الميكانيكا الكلاسيكيَّة والنظرية الكلاسيكيَّة للكهرومغناطيسيَّة والديناميكا الحراريَّة – جعل الناس يعتقدون أن الوصف الحاسم للطبيعة قد تحقق. ويبدو أنه يمكن تفسير جميع الظواهر الفيزيقية المعروفة من حيث النظريات العامة للمادة والإشعاع[٥٩]. لذلك، كان القرن التاسع عشر عصرًا سريع التطور في مجال الفيزياء، ولكن بحلول نهاية القرن كان هناك عدد من القوانين مثل قوانين الحركة، والجاذبية، والديناميكا الحرارية، والقانون العالمي لحفظ الطاقة، وقوانين الكهرباء والمغناطيسية التي بلغت ذروتها في نظرية ماكسويل المغناطيسيَّة. لقد أثبتت قوانين الفيزياء الكلاسيكية المذكورة سابقًا أنها تكاد تكون مثالية في فهم وتحليل ظواهر العالم المرئي Observable World[٦٠].

لكن في بداية القرن العشرين، واجهت الفيزياء الكلاسيكيَّة تحديًا صعبًا على جبهتين:

- **الحقل النسبي** Relativistic: أظهرت النظرية النسبية لأينشتاين عام ١٩٠٥ أن صلاحيَّة الميكانيكا النيوتونية تصبح غير صالحة عند السرعات العالية جدًا (أي السرعات القريبة من سرعة الضوء).
- **الحقل الميكروسكوبي** Microscopic: أي أنه بمجرد تطوير تقنيات تجريبيَّة جديدة للتحقق من التراكيب الذرية ودون الذرية؛ يظهر فشل الفيزياء الكلاسيكيَّة الذريع في تقديم تفسيرات مناسبة للعديد من الظواهر المكتشفة حديثًا. وهكذا يصبح من الواضح أن صلاحية الفيزياء الكلاسيكية تتعطل عند المستوى الميكروسكوبي، فكان من الضروري استدعاء مفاهيم جديدة لوصف تركيب الذرات والجزيئات وكيفية تفاعل الضوء معها(٦١).

لذا، فإن واحدة من أجرأ وأهم عمليات إعادة بناء ديناميكيات نيوتن من خلال "**الحقل النسبي**" موجودة في كتاب «**ألبرت آينشتاين**» A. Einstein (١٨٧٩-١٩٥٥)، الصادر عام ١٩٢١ بعنوان: «**معنى النسبيَّة**» *The Meaning of Relativity*، والذي يحتوي على أبسط المعادلات التفاضليَّة الثابتة للتحولات الجاليلية. وبما أن نيوتن لم يكن لديه أي فكرة عن الثبات، فإن «**آينشتاين**» لم يشوه أفكاره: لقد قدم نسخته المنقحة باستخدام الفكرة القديمة (٦٢)، يقول«**آينشتاين**»: «**كانت ميكانيكا نيوتن نسبية فيما يتعلّق بالفضاء المرجعي، بحيث لا يكون لحدثين غير متزامنين في نفس الموقع أي مغزى موضوعي (مستقلان عن الفضاء الخارجي). لكن هذه النسبية ليس لها دور في بناء النظرية...**» (٦٣). ومن ثم، كانت نظريتا «**نيوتن**» و«**آينشتاين**» مختلفتين، تسلك كل منهما طريق مغاير، ومن خلال أُسس منطقية. «**نظرية آينشتاين للجاذبية تختلف عن قانون الجذب العام لنيوتن، فبديهي أن أحد هذين القانونين غير صحيح مهما كان الخطأ طفيفًا**». ولكن براهين الملاحظة التي تدعي أنها تؤيد نظرية

نيوتن، يمكن أن يستخدمها في تأييد نظرية آينشتاين. وهذا يحسم القول في أننا نخطئ حين نظن أن نظرية نيوتن مُرسخة على براهين الملاحظة(٦٤).

أمَّا «**الحقل الميكروسكوبي**»، فنُلاحظ أن التحوُّل الثوري في فهمنا للظواهر المجهرية الذي حدث في السنوات الـ ٢٧ الأولى من القرن العشرين، لم يسبق له مثيل في تاريخ العلوم الطبيعيَّة على الإطلاق. فلم نجد قيودًا صارمة على صلاحيَّة الفيزياء الكلاسيكيَّة فحسب، بل وجدنا أيضًا نظرية بديلة حلت محل النظريات الفيزيائية الكلاسيكيَّة، وهي نظرية لها نطاق أكبر وتطبيق أكثر ثراءً(٦٥). وعلى عكس الميكانيكا النيوتونية، والديناميكا الكهربائية لـ ماكسويل، أو النظرية النسبية لآينشتاين، لم يتم طرح نظرية الكوانتم Quantum Theory – أو تطويرها في نهاية المطاف – من قِبل شخص واحد. لذلك، حتى اليوم، تحتفظ هذه النظرية ببعض الآثار التي أعقبت ظهورها الهائل. حيث لا يوجد إجماع عام حول المبادئ الأساسيَّة التي تقوم عليها هذه النظرية، أو كيف ينبغي تدريسها، أو ما تهدف إلى تحقيقه، ولكن يمكن لأي فيزيائي مُتخصّص أن «**يفهم**» ميكانيكا الكم؛ يقول «**نيلز بور**» N. Bohr (١٨٨٥–١٩٦٢): «**إذا قرأت ميكانيكا الكم ولم تشعر بشيء غريب، فإنك حتمًا لا تفهمها!**»؛ وملاحظة «**ريتشارد فاينمان**» R. Feynman (١٩١٨–١٩٨٨): «**أعتقد أنه بإمكاني القول بثقة أنه لا أحد يفهم ميكانيكا الكم**»(٦٦).

لكن بحلول منتصف الستينيات من القرن العشرين، كان أحد المُحفزات العديدة للتحوُّل النموذجي أصبح ما يُسمى بـ "**الثورة الإدراكيَّة**"؛ وهو ما تجلى في مُعارضة «**السلوكيَّة**» Behaviourism(٦٧)؛ والذي أدى إلى تطور «**علم الإدراك**» Cognitive Science. ومع ذلك، عندما نقارن التحليلات المتزامنة والتطورات الهائلة في مجالات تتراوح بين علوم الكمبيوتر والذكاء الاصطناعي "**AI**" إلى علم الأعصاب، وعلم الوارثة،

وتطبيقات نظرية التطور، سنجد أن الدراسة العلميَّة للعقل والنشاط العقلي سرعان ما أصبحت أساسًا لكثير من العلوم السيكولوجية الجديدة التي تطورت في القرن الحادي والعشرين(٦٨). لذلك، نستنتج من ذلك الأمر أن النظريات العلميَّة صارت صعبة الفهم بشكل مُتزايد. على سبيل المثال، يستطيع معظم الناس فهم مبادئ المُحرك البخاري، كما يعرف عدد محدود من الناس كيفية عمل الليزر أو الكمبيوتر، إلا أن ميكانيكا الكوانتم هي بالتأكيد أكثر صعوبة من ميكانيكا نيوتن. لذلك يمكننا أن نفترض أن حكماء عصرهم لم يكونوا قط جاهلين بالعلوم كما هم اليوم، وهذا ينطبق أيضًا على العلماء أنفسهم، بالإضافة إلى الآليَّة التي تؤكد على أن المرء يعرف شيئًا في كل مرة؛ وكلما زاد تشككه في النظريات والأفكار المختلفة في مجال معين، قلت معرفته(٦٩).

إذا كانت الثورات العلميَّة تحدث بطرق أقرب للتعديل والترميم والتنقيح، وفقًا للتتبع التاريخي الذي رأيناه سابقًا؛ السؤال هنا: **هل يمكن لطريقة توماس كون أن تساعدنا على فهم ما كان يحدث خلال تلك الثورات الواحدة منها تلو الأخرى؟** هذا ما سنتطرق إليه في النقطة الثانية من الدراسة، والمرتبطة بكيفية بناء وتشكيل الثورات العلميَّة.

ثانيًا: بنية الثورة العلميَّة

مُنذ ما يقرب من ٦٢ عامًا، أصبح كتاب «**كون**» «**بنية الثورات العلميَّة**» (١٩٦٢) العمل الأكثر تأثيرًا حول طبيعة العلم، والذي نُشر بعد الحرب العالمية الثانية. ويبدو أن مدى نجاح هذا العمل قد فاجأ الجميع، بما في ذلك «**كون**» نفسه(70). فقد كان لهذه البنية تأثير كبير على الفلسفة والتاريخ والعلم. كما كان لها تأثير مهم على سيسيولوجيا العلم Science Sociology (والنظرية الاجتماعيَّة بشكل عام). ربما يكون من المُفاجئ أنه على الرغم من استخدام أفكار «**كون**» وتطويرها بشكل كبير في علم الاجتماع؛ إلا أن إشاراته إلى أعمال علم الاجتماع كانت ضئيلة من حيث البنية مقارنة

بأعمال علم النفس. ولقد تم إهمال اهتمام «**كون**» بعلم النفس في العقود التي تلت نشر الكتاب. أما الاستثناء الوحيد، فكانت ملاحظاته المبنية على «**علم النفس الجشطالت**» Gestalt Psychology[71]، والتي هاجمها الفلاسفة دون أي محاولة حقيقية لفهم ما أراد «**كون**» أن يفعله بهذه الأفكار[72]. كما ساهم «**كون**» في تطوير ما يُعرف بـ «**نظرية المرحلة**» داخل العلم؛ حيث يتم الكشف عن مراحل حياة العلم فصلًا بعد الآخر في جميع المؤلفات العلميَّة. وفي الواقع، تُشكّل هذه المراحل – **علم ما قبل النموذج الإرشادي، والعلم القياسي، ونشوء الأزمات، والثورة، والعلوم الطبيعية الجديدة** – الموضوع الرئيس لهذا العمل، حيث يصف «**كون**» الأنشطة المختلفة في كل مرحلة[73].

سنتناول كل مرحلة من المراحل التي ذكرها «**كون**» في مؤلفه، والتي تُعدُّ بمثابة الأساس الذي تتبني عليه أي ثورة من ثورات العلم واحدة تلو الأخرى.

أ. علم ما قبل النموذج الإرشادي Pre-paradigm Science

لقد حاول «**كون**» أن ينهي مرحلة الوضعيَّة Positivism[74] إلى الأبد. وهو يرى أن العلم الذي يتم من خلاله تجميع الوقائع دون أي رابطة بينها، أو حتى ارتباطها بنظرية محددة، ولا سيَّما إبان المرحلة التي عُرفت بسيادة المدارس الفكرية المُتعارضة، وهو ما يُعرف بما قبل النموذج الإرشادي. حيث تكون الوقائع في هذه الفترة جُزافيَّة، ولا توجد خُطة أو بنية لأي نظرية مقبولة. بيد أن واحدة من هذه المدارس تلقي قبولًا عامًا من قِبل العلماء[٧٥]. وتشمل الأمثلة على علم ما قبل النموذج الإرشادي: البصريات قبل نيوتن والكهرباء قبل فرانكلين. خلال هذه الفترات كان هناك موضوع محدد تقريبًا ومدرستان فكريتان أو أكثر لوضع تصور لهذا الموضوع. وبشكل عام، كانت هذه المدارس عبارة عن كيانات اجتماعيَّة وفكريَّة ذات تخصصات مُحددة وطلاب يتبعون

توجيهات مُعلم واحد. كان بإمكان هذه المدارس المختلفة أن تتعايش لفترات طويلة من الزمن، مع القليل من التواصـــل الحقيقي بينها وبين المدارس المُقابلة التي كانت تُحقق تقدمًا بطيئًا(٧٦).

وعلى حد تعبير «**كون**»، فإن أفضـــل وصـــف لمُصـــطلح علم «**ما قبل النموذج الإرشـــادي**» هو أنه علم مُتعدد النماذج Multi-paradigm؛ أي أن لكل مدرســـة مُتعارضة نموذجها المُستقل عن غيره. لكن ما يُفتقد في هذه المرحلة ليس نماذج يُحتذى بها، بل نموذجًا مهيمنًا يمكن توجيه طاقات الغالبية العُظمى من المُمارســـين المهتمين بنفس الموضـــوع المشـــترك. ففي غياب النموذج المهيمن؛ فإن طاقة الغالبية تُهدر في نقاش عقيم حول الأصول التي تقوم عليها النماذج. ولكن بمجرد انتهاء النقاش، يستطيع هؤلاء المُمارسـون تركيز طاقتهم على موضـوع جديد، غالبًا ما يكون مقصـورًا على فئة معينة، واثقين من أنهم على الأقل على المســـار الصـــحيح. لذا، فإن النظر في هذه المرحلة الأولى بوصفها فترة مُتعددة النماذج، يُعزز في الواقع حالة الرؤية الدورية للعلم، ويجعل هذه المرحلة أكثر شـــبهًا بالمرحلة الثورية التي ســـنراها لاحقًا، والتي تتميز بالمنافســـة بين أكثر من منهج بشـــكل جوهري(٧٧). ومن ثمَّ، فإن مفهوم فترة ما قبل النموذج الإرشـــادي ومفهوم وجود نماذج إرشـــادية متوازية – على عكس بعض أوجه التشـابه المُصـطنعة، مثل انعدام الوحدة والتنوع الذي لا يمكن إنكاره في وجهات النظر – مختلفان نوعيًا: فالطابع التأسيسي للمجتمع والخلفية المؤسسيَّة المفقودة من سمات فترة ما قبل النموذج الإرشادي(٧٨).

إذا كان علم ما قبل النموذج الإرشـــادي هو مرحلة أو علم مُتعدد النماذج؛ أي أن لكل نموذج موضوعه المهيمن على أعضائه، فما المقصود بالنموذج الإرشادي إذَن؟

ب. العلم القياسي: معنى «البارادايم أو النموذج الإرشادي»

يُقصد بـ «**العلم القياسي**» Normal Science، اطراد في تطبيق تقنيات ناجحة، أو هو نشاط حل ألغاز، ويتسم بأنه مُحافظ، وظهور الشذوذ من شأنه أن يفضي إلى أزمة هي السبيل إلى الثورة(٧٩). علاوة على ذلك، فإن العلم القياسي لا يهدف إلى الابتكارات التي تتعلق بالواقع أو النظرية، وإنما يُسهم في الاكتشاف المُتكرر لظواهر جديدة وغير متوقعة عن طريق البحث العلمي، والذي بفضله يقترح العلماء في كل مرة نظريات جديدة جذريًا. ومع ذلك، يظهر التاريخ أن المؤسسة العلميَّة قامت بتطوير تقنية عضلية فريدة لخلق هذا النوع من المفاجآت. ولِما كان لا بد من التوفيق بين سمات العلم وما سبق؛ توجّب أن يكون البحث ضمن النماذج الإرشادية وسيلة فعّالة لإحداث التغيير أو التحوّل داخل النموذج الإرشادي، وهذا ما يُسهم في الابتكارات العظيمة في الواقع والنظرية التي نشأت عن غير قصد من اللعب بمجموعة من القواعد التي تتطلب استيعابها تطوير مجموعة أخرى(٨٠). لكن تحديد النماذج الإرشادية المُشتركة لا يعني تحديد القواعد المشتركة. وهذا يتطلب خطوة ثانية وواحدة من نوع مختلف قليلًا. إذ يتعيّن على المؤرخ أن يُقارن نماذج المجتمع الإرشادية مع بعضها البعض مع تقارير أبحاثه الأخيرة. الهدف هو اكتشاف العناصر القابلة للعزل، الصريحة أو الضمنية، التي ربما استخلصها أعضاء هذا المجتمع من نماذجهم الأكثر عالمية وتطبيقها كقواعد في أبحاثهم. وكل من حاول وصف أو تحليل تطور تقليد علمي معين، كان عليه أن يبحث عن مبادئ وقواعد مقبولة من هذا النوع. ومن المؤكد تقريبًا، أن هذا المشروع سيكون ناجحًا جزئيًا على الأقل(٨١).

من الواضح أن هذه المرحلة – البارادايم – تتسم بنمط واحد مهيمن على الموضوع. وبالأحرى، يتم تكريس النشاط لدراسة آثار هذا النموذج وتوسيع نطاق تطبيقه ليشمل

ظواهر جديدة أخرى. وهذا يؤدي إلى ظاهرة تبدو متناقضة مع النموذج السائد، دون أن تؤخذ كدليل على أن هذا النموذج قد يكون خاطئًا؛ وهذه الظاهرة تُمثل (**لُغز**) Puzzle يحتاج إلى حل. ولهذا السبب، فإن الثورات العلميَّة معروفة باللغز في مفهومها التحليلي الجوهري المتمثل في «**النموذج الإرشادي**»(٨٢). يقول «**كون**»:

> «**يُقصد بالألغاز وفقًا للمعنى القياسي السائد، تلك الفئة من المشاكل المحددة التي تهيئ لكل باحث فرصة لإثبات قدرته الإبداعيَّة وبراعته في وضع الحلول مثل (لغز إعادة ترتيب المكعبات أو الصور) أو (لغز الكلمات المتقاطعة)، وهذه هي الخصائص التي تمثل قاسمًا مشتركًا بينها وبين مشاكل العلم القياسي التي نريد أن نفردها هنا للتو**»(٨٣).

وفي كتابات «**لاتكر**» Latcr (١٩٧٧)، يُميّز «**كون**» بين معنيين مختلفين للنموذج الإرشادي. النموذج الإرشادي هو «**رؤية عالميَّة**» عامة للغاية تتضمن نظريات، وأدوات، وافتراضات ميتافيزيقيَّة مُحددة. وهذا هو المعنى العام جدًا للنموذج الإرشادي بوصفه «**نظرية تكميليَّة**»، نظر إليها المُعلّقون الفلاسفة في البداية على أنها مفهوم جوهري. وهذا ما جعل من الممكن استيعاب إشكاليَّة «**كون**» في تمثيل الثورات من حيث المسألة الفلسفيَّة القياسيَّة حول سبب تفضيل نظرية على أخرى. وعلى الرغم من تعليقات «**كون**» الخاصة؛ لم يكن هذا هو الهدف من «**النموذج الإرشادي**» الذي كان في الواقع في صميم نظريته العلميَّة. لقد تم إظهار مركزية النموذج الإرشادي في الصفحات الأولى من كتاب بنية الثورات العلميَّة، عندما أكد «**كون**» على أهميَّة «**الإنجازات العلميَّة الملموسة**» التي توفر «**نماذج تنبثق منها تقاليد مُتماسكة داخل**

البحث العلمي». لذلك، نراه كيف يقدم تفسيرًا نيوتونيًا لحركة الكواكب، أو تفسيرًا فرانكلينيًا لوعاء ليدن بوصفهما «**نماذج إرشادية**» داخل الممارسة الميكانيكيَّة والكهربائيَّة، على التوالي. وفي كتاباته اللاحقة، أطلق «**كون**» على هذه «**النماذج الملموسة**» اسم «**النماذج الأُم**» Exemplars[٨٤]، يقول «**كون**»:

> **«إن اكتشاف وعاء ليدن يفصح عن كل هذه القسمات وكذا عن غيرها مما عرضنا له قبل ذلك. وعندما بدأ الاكتشاف لم يكن ثمَّة نموذج إرشادي وحيد للبحوث الكهربائيَّة، بل كان هناك عدد من النظريات مُستقلة كلها من ظواهر يمكن الوصول إليها بسهولة نسبيًا، وكانت هذه النظريات في تنافس بعضها مع بعض، ولم تنجح أي منها في التحكم في جملة الظواهر الكهربائيَّة المتباينة تحكمًا جيدًا»**[٨٥].

يُشارك «**ألكسندر بيرد**» أيضًا «**كون**» في أن فكرة «**النموذج الإرشادي**» هي واحدة من أكثر الجوانب جذبًا لبنية الثورات العلميَّة، وادعاؤه أن فكرة «**كون**» تُمثل على الأقل فهمًا جديدًا[٨٦]. ومن ثمَّ، تتألف بنية «**النموذج الإرشادي**» لـ «**كون**» من العناصر التالية: **أولًا**، «**التعميمات الرمزيَّة**» Symbolical Generalizations (**الصياغة الرياضيَّة للقوانين**)، ونماذج لحل المشكلات، و«**الأجزاء الميتافيزيقيَّة من النموذج الإرشادي**»، و «**القيم**» Values (توجيه القيمة للعلم). لذا، كان هذا بمثابة خطوة إلى الأمام بالمقارنة مع البديل الأول من الفكرة. بيد أنه في هذه المرحلة، ظلت بنية أُسس العلم غير واضحة. لم يظهر هذا في البداية في العلاقات المحددة مكونًا تلو الآخر في النموذج الإرشادي. وهذا يعني بالمعنى الدقيق للكلمة، أنه لم يتم الكشف عنها. **ثانيًا**،

وفقًا لـــ «**كون**»، يتضمن النموذج الإرشادي عناصر تتعلق بالأسس العميقة للبحث العلمي وأشكال المعرفة المبنية على تلك الأسس. على سبيل المثال، يتم تضمين صيغ رياضيَّة للقوانين العلميَّة المحلية (مثل تلك التي تُعبر عن قانون «**جول– لينز**» Joule-Lenz، و قانون «**التذبذبات الميكانيكيَّة**» Mechanical Oscillations، إلخ) في تكوين «**التعميمات الرمزيَّة**»(٨٧). يقول «**كون**»:

> **«يمكن للنموذج الإرشـــادي أن يهدف إلى تحديد قوانين كميَّة. وتدخل ضـــمن هذه الفئة قوانين مثل قوانين بويل الخاصة بعلاقة ضغط الغاز بحجمه، وقانون كولوم بشأن التجاذب الكهربي، وقانون جول الخاص بالعلاقة بين الحرارة المتوالدة وبين المقاومة الكهربيَّة والتيار الكهربي؛ فكل هذا يدخل ضمن هذه الفئة. إذ ربما لا يكون واضحًا أن النموذج الإرشادي شرط مسبق لاكتشاف قوانين من هذا النوع»**(٨٨).

وهكذا، تبيَّن أن اكتشـــاف أي قانون محلي جديد لا بدَّ أن يُمثل تغييرًا في النموذج الإرشادي: ثورة علميَّة. لذلك، فإن التمييز بين "**العلم القياسي**" (المرحلة التطورية لنمو المعرفة) والثورة العلميَّة غير واضـــح. **ثالثًا**، من خلال إســـناد عناصـــر علميَّة مثل «**الأجزاء الميتافيزيقيَّة من النموذج الارشـــادي**» و«**القيم**»، يدعي «**كون**» أنه يدعمها من خلال وصـــف الأمثلة ذات الصـــلة. وهكذا تثبت أمثلة «**كون**» فهمه «**للأجزاء الميتافيزيقيَّة للنموذج الإرشادي**»، سواء كأفكار فلسفيَّة أو كمبادئ ذات طبيعة علميَّة ملموسة (مثل مبدأ العمل قصير المدى في الفيزياء، أو مبدأ التطور في علم الأحياء).

وفيما يتعلق بالقيم، يبدو أن خاصية «**كون**» تتمثل في المصفوفة الأولية والمصفوفة التقريبيَّة Approximate[٨٩].

لكن خلافًا للاعتقاد السائد في النشاط العلمي؛ فإن العلم القياسي بالنسبة لـ «**كون**» ليس عملية "**تطبيق**" قوانين عامة على حالات جديدة. وبدلًا من ذلك، يتم تطوير حلول للمشكلات الجديدة من خلال نمذجة الحلول النموذجية التي يقوم عليها نموذج عام. فعندما تحدَّث «**كون**» لاحقًا عن «**أولوية النماذج الإرشادية**» Priority of Paradigms، كان يعني أن مُمارسة العلم القياسي تُسترشد وتُدعم ليس من خلال نظرية أو طريقة عامة، ولكن من خلال حلول نموذجيَّة للمشكلات السابقة[٩٠]. والسؤال هنا: **ما الذي يحد العالِم من تقليد علمي قياسي معين إذا لم تكن ثمة مجموعة مختصة من القواعد؟ ماذا يمكن أن تُعني عبارة "التحقيق المباشر في النماذج الارشادية"؟** قدَّم الفيلسوف النمساوي «**لودفيغ فيتغنشتاين**» L. Wittgenstein (١٨٨٩-١٩٥١) إجابات جزئية عن هذا النوع من التساؤلات، وإن كان ذلك في سياق مُغاير تمامًا. وبما أن هذا السياق أكثر بدائية، فمن المناسب أن ننظر أولًا في شكل حُجته. يتساءل «**فيتغنشتاين**»، ما الذي نحتاج إلى معرفته حتى نتمكن من استخدام مُصطلحات مثل "**كرسي**" أو "**ورقة**" أو "**لعبة**" بشكل لا لبس فيه، وغير مثير للجدل؟

يُعدُّ هذا السؤال قديمًا للغاية، وعادةً ما تتم الإجابة عنه بالقول إنه يجب علينا أن نعرف، بوعي أو بشكل بديهي، ما هو الكرسي، أو الورقة، أو اللعبة. لذلك يجب أن نتعرَّف على عدد من الخصائص المُشتركة بين جميع الألعاب ولا شيء سوى الألعاب. ومع ذلك، خلص «**فيتغنشتاين**» إلى أنه، نظرًا للطريقة التي نستخدم بها اللغة ونوع العالم الذي نطبقها عليه، فإن مثل هذه المجموعة من الخصائص لا يلزم وجودها. وعلى الرغم من أن مناقشة بعض الخصائص المُشتركة بين العديد من الألعاب أو

الكراسي أو الأوراق غالبًا ما تساعدنا على تعلم استخدام المصطلح ذي الصلة، إلا أنه لا توجد مجموعة من الخصائص التي يمكن تطبيقها في آنٍ واحد على جميع أعضاء الفصل الدراسي فقط. وبدلًا من ذلك، عندما نواجه نشاطًا لم يلاحظه أحد سابقًا، فإننا نستخدم مصطلح "**لعبة**"؛ لأن ما نراه يحمل "**تشابهًا عائليًا**" لمجموعة من الأنشطة التي تعلمنا سابقًا أن نطلق عليها هذا الاسم. وباختصار، وفقًا لـ «**فيتغنشتاين**»، فإن الألعاب والكراسي والأوراق هي عائلات طبيعية، يتكون كل منها من شبكة من التشابهات المتداخلة والمتقاطعة. وهكذا، فإن وجود مثل هذه الشبكة يفسر بشكل كافٍ نجاحنا في تحديد الكائن، أو النشاط ذي الصلة. وفقط عندما تتداخل العائلات التي نسميها وتندمج مع بعضها البعض تدريجيًا، فإن نجاحنا في التحديد والتسمية سيتشارك في مجموعة من الخصائص المشتركة المقابلة لكل فئة من فئات الأسماء التي نستخدمها(٩١).

يمكن تطبيق موقف مماثل على مجموعة متنوعة من المشكلات والتقنيات البحثية ضمن تقليد علمي موحَّد. فما تشترك فيه هذه الأشياء هو أنها تتوافق مع مبادئ وافتراضات معينة واضحة، وحتى يمكن التعرف عليها، والتي تعطي التقليد طابعه وتأثيره على العقل العلمي. وبدلًا من ذلك، قد ترتبط الأشياء بالتشابه والنمط إلى جزء أو آخر من العلوم التي يعترف بها مجتمع معين بالفعل كأحد إنجازاته الراسخة. وبالتالي، يعمل العلماء على النماذج المكتسبة من خلال التعليم والتعرض اللاحق للأدبيات، غالبًا دون معرفة أو الحاجة إلى معرفة الخصائص التي أعطتها هذه النماذج حالة النماذج المُجتمعيَّة. ولأنهم يفعلون ذلك، فإنهم لا يحتاجون إلى قواعد كاملة. وهكذا، فإن التماسك الذي يظهره تقليد البحث المُشترك لا يُشير بالضرورة إلى وجود مجموعة جوهرية من القواعد والافتراضات التي قد تكشف عنها الأبحاث التاريخيَّة أو الفلسفيَّة اللاحقة. هؤلاء العلماء عمومًا لا يسألون أو يناقشون ما الذي يجعل مشكلة أو

حلًا مشروعًا، مما يقودنا إلى الاعتقاد بأنهم يعرفون الإجابة، على الأقل بشكل بديهي. ومع ذلك، قد يكون هذا مجرد إشارة فقط إلى أنهم يعتقدون أن السؤال أو الإجابة لا علاقة لها بأبحاثهم. يمكن أن تكون النماذج الإرشادية أقدم وأكثر إقناعًا، وأكثر اكتمالًا من أي قواعد بحث يمكن استخلاصها بوضوح(٩٢).

تأسيسًا على ذلك، لا يمكن للعلم القياسي أن يعمل بدون قواعد إلا إذا قبل المجتمع العلمي ذو الصلة الحلول للمشكلات المحددة التي وصل إليها بالفعل. لذلك، يجب أن تصبح القواعد مهمة، ويجب أن يزول إهمالها عند الشعور بأن النماذج الإرشادية غير آمنة. علاوة على ذلك، هذا بالضبط ما يحدث؛ حيث تتميز فترة ما قبل النموذج الإرشادي، على وجه الخصوص، بمناقشات متكررة وعميقة حول الأساليب المشروعة والمشكلات، ومعايير الحلول، حتى لو كانت هذه تخدم تعريف المدارس أكثر من إيجاد توافق في الآراء. لقد لاحظنا بالفعل العديد من المناقشات المماثلة في مجال البصريات والكهرباء، وقد أدت هذه المناقشات دورًا أكثر أهمية في تطور الكيمياء في القرن السابع عشر والجيولوجيا في أوائل القرن التاسع عشر. علاوة على ذلك، فإن هذه المناقشات لا تختفي إلى الأبد مع ظهور النموذج الإرشادي. فعلى الرغم من أنها تكاد تكون معدومة في زمن العلم القياسي، إلا أنها تظهر بانتظام قبل وأثناء الثورات العلمية، أي في الأوقات التي تتعرض فيها النماذج الإرشادية للهجوم أول مرة ثم تعديلها. ولذلك، فإن لآثار الانتقال من ميكانيكا نيوتن إلى ميكانيكا الكم العديد من المناقشات حول طبيعة ومعايير الفيزياء، والتي لا يزال بعضها مستمرًا. ثمَّة أشخاص على قيد الحياة اليوم يتذكرون حُججًا مماثلة ولَّدتها نظريَّة ماكسويل الكهرومغناطيسيَّة والميكانيكا الإحصائية. وفي وقت سابق، أدى استيعاب ميكانيكا جاليليو وميكانيكا نيوتن إلى ظهور سلسلة من المناقشات الشهيرة بشكل خاص مع أتباع أرسطو، وديكارت، وليبنتز حول المعايير

الشرعية للعلم. عندما يختلف العلماء حول ما إذا كانت المشكلات الأساسية في مجالهم قد تم حلها، فإن البحث عن القواعد يأخذ دورًا لا يؤديه عادةً. فعلى الرغم من أن النماذج الإرشادية تظل آمنة، إلا أنها يمكن أن تعمل دون الإجماع على التبرير أو أي محاولة للتبرير[٩٣]. لكن إذا كان العلم القياسي جامدًا والمجتمعات العلمية مُتماسكة كما تُشير المناقشة السابقة، **فكيف يمكن للتغيير في النموذج الإرشادي أن يؤثر فقط على مجموعة فرعية صغيرة؟**

يبدو أن ما قيل حتى الآن يشير إلى أن العلم القياسي عبارة عن مشروع مُتجانس وموحَّد يجب أن يبقى أو يفشل مع كل نموذج، ومع كل هذه النماذج مجتمعة. لكن من الواضح أن العلم نادرًا ما يكون على هذه الشاكلة، هذا إن حدث على الإطلاق. فعندما يتم النظر إلى جميع المجالات معًا، غالبًا ما يبدو أنها بنية متهالكة مع القليل من التماسك بين أجزائها المختلفة. ومع ذلك، لا يوجد ما يُقال في هذا الموضوع يتعارض مع هذه الملاحظة الشهيرة. بل إن المقصود من الاستعاضة عن القواعد بالنماذج هو تسهيل فهم تنوع المجالات والتخصصات العلمية. وهكذا، فإن القواعد الصريحة، إن وجدت، يتقاسمها عادةً عدد كبير جدًا من العلماء، ولكن ليس من الضروري أن تكون النماذج كذلك. ولذلك، يتم تدريب المتخصصين في مجالات مختلفة تمامًا مثل علم الفلك وعلم النبات التصنيفي من خلال التعرض لتطورات مختلفة موصوفة في كتب مختلفة تمامًا. حتى الأشخاص الذين يعملون في المجالات نفسها أو المجالات ذات الصلة الوثيقة يبدأون بدراسة العديد من الكتب نفسها، وقد تتخذ نتائجهم نماذج مختلفة قليلًا مع تقدم التخصص المهني[٩٤].

لنتأمل، على سبيل المثال، المجتمع الكبير والمتنوع الذي يتألف من جميع علماء الفيزياء. اليوم، على سبيل المثال، يتعلم كل عضو في هذه المجموعة قوانين ميكانيكا

الكم، وأغلبهم يستخدم هذه القوانين في مرحلة ما في أبحاثهم أو تدريسهم. ومع ذلك، لا يتعلم الجميع نفس التطبيقات لهذه القوانين، لذلك لا يتأثر الجميع بالتساوي بالتغيرات في ممارسات ميكانيكا الكم. وفي الطريق إلى التخصص المهني، فإن عدد قليل فقط من علماء الفيزياء هم الذين يتواصلون مع المبادئ الأساسية لميكانيكا الكم. كما يتعمّق آخرون في التطبيقات النموذجية لهذه المبادئ في الكيمياء، والبعض الآخر في فيزياء الحالة الصلبة،... إلخ. إن ما تُعنيه ميكانيكا الكم بالنسبة لكل منهم يعتمد على الدورات التي حصل عليها، فضلًا عن النصوص التي قرأها والمجلات التي درسها. ويترتب على ذلك أنه على الرغم من أن التغيير في قانون ميكانيكا الكم سيكون ثوريًا لجميع هذه المجموعات، فإن التغيير الذي يعكس واحدًا فقط من التطبيقات النموذجية لميكانيكا الكم يجب أن يكون ثوريًا فقط لأعضاء مجموعة فرعية واحدة: تخصص مهني معين. أما بالنسبة لبقية المهنة وأولئك الذين يمارسون العلوم الفيزيائية الأخرى، فإن هذا التغيير ليس من الضروري أن يكون ثوريًا. وباختصار، على الرغم من أن ميكانيكا الكم (أو ديناميكيات نيوتن، أو النظرية الكهرومغناطيسية) توفر نموذجًا للعديد من المجموعات العلمية، إلا أنها ليست النموذج الإرشادي نفسه لدى الجميع. ولذلك، يمكن تحديد العديد من تقاليد العلم القياسي المتداخلة ولكن غير المتداخلة في آن واحد. وهكذا، فإن الثورة التي تحدث داخل أحد هذه التقاليد لن تؤثر بالضرورة على التقاليد الأخرى(٩٥).

أحد الأمثلة الموجزة لتأثير التخصُّص يمكن أن يُضيف قوة إضافية إلى مجموعة كاملة من النقاط. أحد الباحثين، يريد التعرف على ما تعلمه العلماء عن النظرية الذرية، يسأل فيزيائيًا بارزًا وآخر كيميائيًا عمَّا إذا كانت ذرة الهيليوم الواحدة عبارة عن جزيء. أجاب كلاهما دون تردد، لكن إجاباتهما لم تكن واحدة. بالنسبة للكيميائي، كانت ذرة الهيليوم عبارة عن جزيء، لأنها تتصرف مثل الجزيء فيما يتعلق بالنظرية الحركية

للغازات. وفي المقابل، بالنسبة للفيزيائي، فإن ذرة الهيليوم ليست جزيئًا، لأنها لا تحتوي على طيف جزيئي. ربما كان الرجلان يتحدثان عن الجسيم نفسه، لكنهما كانا يراقبانه بناءً على ممارساتهم البحثية والتدريبيَّة. لقد علمتهم تجاربهم في استكشاف الأخطاء وإصلاحها كيف يجب أن يبدو الجزيء. فمن المؤكد أن تجاربهم كان لديها كثيرًا من القواسم المشتركة، ولكن في هذه الحالة لم يخبروا المتخصصين بنفس الشيء. ومع استمرارنا، سوف نكتشف كيف يمكن أن تكون الاختلافات النموذجية لهذا النوع في بعض الأحيان(٩٦). لذا، تُجدر الإشارة إلى أنه في فترة العلم القياسي، ستظهر العديد من النتائج غير المقبولة ويدخل العلم في مرحلة تُعرف بـ "**الأزمة**"(٩٧).

ج. **الأزمة** Crisis

ترجع الأزمة في العلم إلى فُقدان الثقة في قدرة النموذج الإرشادي على حل الألغاز المُحيرة بشكل خاص، والتي تُعرف بـ «**الشذوذ**» Anomalies. يعقب هذه الأزمة ثورة علميَّة إذا حل أحد النماذج المُتعارضة محل النموذج الإرشادي الراهن(٩٨). كما أن الشذوذ ليست بالحالات المعكوسة بشكل صارم أو هي تفنيدات، وإنما هي ظواهر يبدو أنها لا تتناسب مع فئات النموذج الإرشادي أو أنها تظل استثناءات؛ حيث لا يتم رفض النموذج الإرشادي إلا بعد ظهور نموذج إرشادي جديد، ويحدث تحوُّل في ولاء العلماء(٩٩). يقول «**كون**»: «**إذا كان إدراك الشذوذ له دور في انبثاق أنواع جديدة من الظواهر، فلن يكون من دواعي الدهشة لأي أحد القول إن مثل هذا الإدراك، ولكن على نحو أكثر عمقًا، يُعدُّ شرطًا أوليًا لجميع التغيُّرات المقبولة التي تطرأ على النظرية**»(١٠٠). ومن ثمَّ، يحدث شذوذ في كل مرحلة من مراحل العلم القياسي؛ أي ظواهر لم يتمكن أحد من تفسيرها بالنماذج القياسيَّة. على سبيل المثال، ظلت ظاهرة

المد والجزر شـــذوذًا في الميكانيكا النيوتونيَّة لمدة نصـــف قرن من الزمان[١٠١]. يقول «**كون**»:

«لقد كانت حالة فلك بطليموس بمثابة فضيحة قبل إعلان نتائج أعمال كوبرنيكوس. كما اعتمدت إسـهامات جاليليو في دراسة الحركة اعتمادًا وثيقًا على المشاكل التي كشف عنها النُقاد المدرسـيون لنظرية أرسـطو. ونشـأت نظرية نيوتن عن الضوء واللون عند اكتشاف أن جميع النظريات القائمة على قبل النموذج الإرشـادي لم تنجح في تفسـير طول ألوان الطيف، كمـا ظهرت النظريـة الموجيـة التي حلت محل نظرية نيوتن وسـط القلق المتزايد حول مظاهر الشـذوذ في علاقة آثار الحيود والاسـتقطاب على نظرية نيوتن. ونشـأت الديناميكا الحرارية من خلال الصـدام بين نظريتين في الفيزياء كانتا موجودتين في القرن التاســع عشـــر، مثلمـا ولـدت ميكـانيكـا الكم من خلال مجموعة مختلفة من المشاكل التي أحاطت بإشعاع الجسم الأسود، والتأثير الكهروضوئي وضروب الحرارة النوعية»[١٠٢].

وعلى الرغم من وجود بعض الشـــذوذ في أي تقليد بحث علمي قياســـي؛ إلا أن وجودها لا يوفر أي أســاس لعدم الرضـــا حول التقاليد الراهنة. ومن ثمَّ، يأتي وقت يبدأ فيه الممارسـون بفقدان الثقة في قدرتهم على حل تلك الشـذوذ بموارد تقاليدهم، والنتيجة النهائية هي ظهور مرحلة أزمة[١٠٣].

د. الثـورة Revolution

مَهما كانت الأسـباب؛ سـتؤدي الأزمة حتمًا إلى انتشـار مُقاربات جديدة وحالة أشـبه بالبحث أو العلم «**ما قبل النموذج الإرشادي**» كما سبق وأن ذكرنا سابقًا، لأنه في هذه المرحلة – **الثورة** – يكثر النقاش حول الأسس والمبادئ المنهجيَّة والفلسفيَّة العامة. وفي الأخير، يتم إنشـاء مجموعة جديدة من النماذج التي تؤدي إلى ظهور تقليد علم قياسـي جديد. ولكن السـؤال هنا: **ما الذي يدفع المجتمع العلمي إلى التخلي عن التقليد القديم من أجل التجديد، والتخلي عن مجموعة من النماذج وتبني أخرى؟** يعتمد «**كون**» في الإجابة عن هذا السـؤال على عوامل سـيكولوجيَّة واجتماعيَّة وأخرى مؤسـسـيَّة، ويؤكد على أن الأشـخاص يقومون باختبار شـيء أشـبه باختبار «**التحوّل الجشـطالتي**» Gestalt Switch[١٠٤]، لرؤية الأشياء بشكل مُغاير، وأحيانًا بطرق مُفاجئة. وهكذا، لا يمر الجميع "**بتحوُّل**" مماثل[١٠٥]. يقول «**كون**»:

> **«إن هذه التحوُّلات في عالم الباحث العلمي أشبه بتحوُّلات النمـاذج الأوليَّـة في البراهين المعروفـة عنـد علمـاء الجشطالت الخاصة بتحول الصور الكليَّة البصريَّة لإثبات أنها غنية بإيحاءاتها – فإن ما كان يبدو لرجل العلم قبل الثورة في صـورة بط أصـبح يبدو له في صـورة أرنب بعد ذلك. وإن ما كان يراه على أنه السطح الخارجي للصندوق حين ينظر إليه من أعلى بدا له وكأنه سـطحه الداخلي حين نظر إليه من أسفل»**[١٠٦].

وهكذا، ففي اسـتقصـائه حول قانون مدارات كوكب المريخ، توصَّـل «**كبلر**» إلى فرضيتين مهمتين هما: **(الميسان** Libration[١٠٧]**، والإهليلج** Ellipsis[١٠٨]**)**، واللذين

شـكلا من وجهة نظره انطباع الجشـطالت. فعلى مدار زمن طويل، كان «**كبلر**» يعتقد أن هذين الافتراضـين غير متوافقين تمامًا، حتى أدرك فُجأةً أن الافتراضـين متوافقان أيضًـا. بالتالي، فإن نجاح «**كبلر**»، الذي يكشف تخمينه المقابل للوقائع **(مدارات المريخ "كما لو كانت" بيضـاوية الشـكل)** عن نفسـه على ما يحدث في العالم الفيزيائي، وهو يحث العلوم الدقيقة على تصـور الحالات المعكوسـة والتحولات الجشـطالتيَّة بوصـفها طريقًا ذا اتجاه واحد مطلوب من أجل الكشـف عن الحقيقة[١٠٩]. وبما أن الجميع لا يمرون بتحوُّلات مُماثلة أو مُشابهة، كما ذكرنا آنفًا، فإن الأشخاص الذين لم يتغيروا، هم أعضـاء في الجيل القديم تعلموا بناءً على تقاليد قديمة. وفي نهاية المطاف، سـيختفي الجيل القديم وسـوف يفسـح المجال لجيل جديد نشـأ على أُسـس تقاليد جديدة. وفي الأخير، يتم كتابة كتب مدرسـيَّة جديدة بناءً على وجهة نظر التقاليد الجديدة. ولهذا السبب، سيُقال على أعضاء الجيل القديم أنهم (حرفيًا) غير مواكبين للمجال وما استجد فيه[١١٠]. يقول «**كون**»:

> **«إن الكتب المدرسـيَّة، ولأسـباب جليَّة وعملية أسـاسًـا (وكذلك حالـة كثير من كتب تـاريخ العلوم القـديمـة) لا تشـير إلا إلى ذلك الجزء من جهود علماء الماضـي الذي يمكن النظر إليـه على أنـه إسـهامٌ لعرض وبيان وحل مشـاكل النموذج الإرشـادي الذي تقوم عليه هذه الكتب الدراسـيَّة. تعرض الكتب علماء العصـور السـابقة في صـورة يغلب عليها الطابع الانتقائي حينًا والتشـويه حينًا آخر، حيث يبدون وكأنهم عكفوا على دراسـة وبحث المجموعة نفسها من المشاكل الثابتة وانطلاقًا من الالتزام**

بمجموعة واحدة ثابتة من القوانين التي توصف "بالعلميَّة"
في نظر آخر ثورة في مجال النظرية»[١١١].

كما يؤكد «**نوروود ر. هانسون**» N. R. Hanson (١٩٢٤-١٩٦٧) أن النظريات الفيزيائيَّة Physical Theories توفر نماذج تظهر فيها المُعطيات بوضـــوح، والتي تمثل بدورها «**الجشـطالت المفاهيمي**» Conceptual Gestalt؛ فقد لا تعتمد النظرية ككل على ظواهر يمكن مُلاحظتها، بل على إمكانية مُلاحظة الظواهر كنوع معين متصـــل بظواهر أخرى. فالنظريات تضـــع الظواهر داخل الأنظمة التي يتم بناؤها «**عكسـيًا**»، بالتالي، فالنظريَّة هي تراكم من الاستنتاجات التي تبحث عن الفرضيات. وعن طريق سمات المُلاحظة المتعلقة بالظواهر؛ يقوم الفيزيائي بتفسير طريقة إزاء فكرة أسـاسـيَّة يمكن من خلالها تفسـير السـمات بشـكل طبيعي. فالفيزيائي لا يبحث عن مجموعة من الأشياء الممكنة بقدر ما يبحث عن مجموعة من التفسيرات المُحتملة[١١٢]. ومن ناحية أخرى، أكد «**مايكل بولاني**» M. Polanyi (١٨٩١-١٩٧٦) عام (١٩٥٨) على كيفيَّة تطوير مهارات التفسير عن طريق التدريب Apprenticeship والممارسة. على سـبيل المثال، فإنَّ الرغبة في تفسـير الأشـعة الطبيَّة أو التعرُّف على عضـيات الخليَّة تحت المجهر لن تكون واضـحة بدون التدريب المُلائم (**يروي جيمس ثوربر J. Thurber كيف أدرك بعد** إجرائه **العديد من التجارب باسـتخدام المجهر المدرسـي، أنه لم يكن يفحص مخلوقًا مجهريًا، بل كان يفحص انعكاس رموشه**)[١١٣].

هـ. عدم القابلية للقياس Incommensurability

تأثر عرض مبدأ «**عدم القابلية للقياس**» في «**بنية الثورات العلميَّة**» بشدة بمعرفة «**كون**» بعلم نفس الجشطالت، على الرغم من ارتباط «**فيتغنشتاين**» بهذا المجال. ففي كتاب «**تحقيقات فلسـفيَّة**» *Philosophical Investigations*؛ وهو كتاب جديد في

الوقت الذي كان فيه «**كون**» يكتب كتابه «**بنية الثورات العلميَّة**»، الذي استخدم فيه «**فيتغنشتاين**» أشكال (البطة والأرنب) في مناقشته لمسألة «**تبدو مثل**» Seeing as. فقد أظهر «**كون**» بالفعل اهتمامًا شديدًا بعلم النفس، وهو ما أصبح جليًا عندما اكتشف أعمال «**فيتغنشتاين**». حيث تناول «**كون**» في كتابه نماذج «**فيتغنشتاين**»، وقام باستخدام المفهوم السيكولوجي للتحول الجشطالتي بهدف شرح التحولات التي تحدث عندما يتخلى العلماء عن بنية مفاهيميَّة لصالح أخرى(١١٤). يقول «**فيتغنشتاين**»:

> **«يُريني أحدهم رسم أرنب ويسألني عمّا هو؛ فأقول: "هذا أرنب"، وليس "هذا الآن أرنب"، فإني هنا أخبرُ عن إدراكي. – ويريني أحدهم رأس أ ، ب ويسألني عمّا هو، وهنا يمكنني أن أقول: "هذا رأس– أ – ب". ولكن بإمكاني كذلك أن أردّ الفعل على السؤال ولكن بطريقة مختلفة تمامًا. – فالجواب بأنه رأس – أ – ب هو أيضًا إخبار عن الإدراك؛ ولا يكون الجواب "الآن، هذا رأس أرنب" كذلك. ولو قلت "هذا أرنب" لضاعت مني إمكانية التفسير المزدوجة ولكنت أخبرت عن إدراكي»(١١٥).**

السؤال هنا: **لماذا يعزو «كون» تفكُّك الثورات العلميَّة إلى عوامل سيكولوجيَّة واجتماعيَّة وأخرى مؤسسيَّة؟، لماذا لا يستطيع العلماء مقارنة اثنين من النماذج، وتحديد أن أحدهما أفضل من الآخر بشكل موضوعي؟**

يكمن الجواب في اعتقاد «**كون**» بأن التقاليد المُتعارضة «**غير قابلة للقياس**»، **فماذا يعني ذلك؟** بدايةً، استهل «**كون**» مرحلة «**عدم القابلية للقياس**» بتفسيرها في

عدة أقسام باستخدام الفئات اللُّغويَّة Linguistic Categories. وهو يؤكد على أن أتباع التقاليد المختلفة يتحدثون مع بعضهم البعض، ويستخدمون الكلمات نفسها، ولكن بمعانٍ مختلفة. بالإضافة إلى ذلك، كان لدى «**كون**» أساس نظري لهذه الطريقة في وصف التقاليد المُتعارضة. وكما تنبأ «**فيتغنشتاين**»، فإن معنى الكلمات يعتمد على استخدامها في سياق الحياة اليوميَّة؛ ومن ثمَّ، طبَّق «**كون**» هذه الفكرة على الحياة العلميَّة، وهي فكرة تتفق مع تأكيده على أهمية النماذج الملموسة للإنجاز العلمي في تحديد التقاليد القياسيَّة للبحث العلمي. لقد اجتذب تركيز «**كون**» على عدم قابلية تقاليد البحث للقياس اهتمامًا كبيرًا بين الفلاسفة. فقد ابتكر فلاسفة بارزون مثل «**شاول كريبك**» S. Kripke (١٩٤٠-٢٠٢٢) عام (١٩٧٢) و«**هيلاري بوتنام**» H. Putnam (١٩٢٦-٢٠١٦) عام (١٩٧٥) نظريات جديدة في المعنى Meaning، والإشارة Reference بشكل جزئي، وذلك ردًا على تحدي «**كون**» لموضوعيَّة العلم. ومع ذلك، على الرغم من أدلة «**كون**» والإجماع العام بين الآخرين، فإن التفسير اللغوي لفكرة «**عدم القابلية للقياس**» يبدو غير صحيح. ومن ثمَّ، فإن فكرة «**عدم القابلية للقياس**» ليست دليلًا على المعنى، بل هي سلسلة من القواعد والإرشادات التي تتضمنها(١١٦).

تعرضت فكرة «**كون**» عن «**عدم القابلية للقياس**» لانتقادات شديدة من قِبل الفلاسفة الذين رفضوا تفسيره المُبكر وتغاضيهم عن المحاولات اللاحقة لإزالة الالتباسات وصُقل الفكرة أو إثباتها من خلال دراسات واسعة النطاق للتغييرات المفاهيمية داخل العلوم. كانت هناك أسباب عديدة لذلك، أهمها التعارض بين الفلسفة الإنجليزيَّة التقليدية والنظريات المفاهيميَّة التي وضعها «**كون**» وغيره من فلاسفة العلوم الإدراكيَّة، كأساس لعملهم على التغيير العلمي(١١٧). ولذلك، فإن السؤال حول مدى وطبيعة فكرة «**عدم**

القابلية للقياس» يمكن الإجابة عنه عن طريق القياس على الأســـئلة المتعلقة بمدى وطبيعة الترجمة بين اللغات الطبيعيَّة، حيث أظهرت فكرة **(عدم القابلية للقياس)** فشـلًا زريعًا في عملية الترجمة. مع الأخذ في الاعتبار أن اللغات البشـــرية كنموذج، لم تعد في إمكانها الإيحاء بفشـل الترجمة في مرحلة ما أو فشـل مرتبط بنشـاط فردي يقتضـي عدم القابلية المطلقة للترجمة من لغة إلى أخرى. ولكن أصبح من السهل تحديد مصدر عدم القابلية للترجمة لموضـــوع أو لنشـــاط غامض محدد مع إمكانية إحداث تأويلات مناســبة لاثنين من اللغات فيما يتعلق بالعديد من الأنشــطة الأخرى(١١٨). وهكذا أظهر «**كون**» بشـــكلٍ مُرضٍ أنه في حين أن النماذج اللاحقة قد تكون «**غير قابلة للقياس**» في بعض النواحي، إلا أن هناك أوجه تشابه مقنعة تكمن وراء التواصل بين المجتمعات التي تدعمها، وربما تؤثر على شـكل من أشـكال التقييم Appraisal. وعلى أية حال، فإن اسـتبعاد التماثل الجشـطالتي قد أزال تفسـيرًا واضـحًا – **وإن كان مضـللًا** – لأصـل فكرة «**عدم القابلية للقياس**». ثمَّة مشـــكلة أخرى تتمثل في أن اللغات البشـــرية غير القابلة للترجمة جزئيًا تطورت في سـياق العمليات التاريخيَّة في الوقت نفسـه، ولكن في مجتمعات معزولة. وفي المقابل، فإن تطوير نموذجًا جديدًا ذات بني مفاهيميَّة غير قابلة للترجمة أحيانًا لم يحدث في الفترة نفسها، بل تطور بشكل تسلسلي، وفي مجتمعات كانت على اتصال وثيق منذ البداية(١١٩).

وفقًا لتفسـير «**كون**»، فإن أنصـار التقاليد البحثية المُتعارضـة يلجؤون إلى نماذج مختلفة لتوجيه حلولهم للمشكلات الجديدة. علاوة على ذلك، لا توجد معايير أعلى يمكن للأشـــخاص أن يلجأوا إليها؛ نظرًا لأن القوانين والنظريات والمبادئ المنهجيَّة لتقاليد البحث ذاتها ترتكز على النماذج، وبالتالي فإن النماذج تعمل كمعايير أسـاسـيَّة. لذلك، من أجل التوصـل إلى اسـتنتاج مفاده أن الحل الموضـوعي للصـراع بين التقاليد البحثية

المتنافسة أمرٌ مستحيل، وأن مفهوم «**عدم القابلية للقياس**» هو مفهوم كافٍ، ليست ثمة حاجة إلى اللجوء إلى نظرية المعنى اللغوي المشكوكٌ فيها. وعليه، يتفق هذا الفهم المتعلق بمفهوم «**عدم القابلية للقياس**» مع الاستعارة السياسيَّة الأساسيَّة التي يقوم عليها الحديث عن "**الثورات**" العلميَّة. لذا، فإن انهيار الثورة السياسيَّة ليس انهيارًا لُغويًا في المقام الأول. فقد لا يستطيع الأفراد سماع بعضهم البعض؛ ليس لأنهم لا يفهمون ما يُقال لهم، ولكن لأن السلطة قد تراجعت أو انهارت(١٢٠). يقول «**كون**»:

> **«تهدف الثورات السياسيَّة إلى تغيير المؤسسات السياسيَّة بأساليب تحظرها هذه المؤسسات ذاتها. لذا، فإن نجاح الثورة يستلزم التخلي جزئيًا عن مجموعة من تلك المؤسسات السياسيَّة لصالح أخرى، وفي هذه الأثناء لا يكون المجتمع محكومًا تمامًا وبالكامل بأي مجموعة من المؤسسات على الإطلاق. ونلاحظ في البداية أن الأزمة وحدها هي التي توهن دور المؤسسات السياسيَّة كما رأينا كيف وأنها توهن دور النماذج الإرشادية»**(١٢١).

بناءً على ما سبق، يمكن القول أن الثورات العلميَّة ما هي إلا تغييرات تحدث من نموذج علمي إلى آخر، حيث يوفر النموذج الإرشادي إطارًا للبحث الذي يوفر بدوره أساليب ونظريات وتفسيرات مُشتركة. ولهذا السبب، تحدث الثورات؛ لأن المشاكل تنشأ من مقاومة الحل من خلال أساليب النموذج القائم. وهكذا، عندما يُنظر إلى الفشل على أنه مشكلة كبرى، تنشأ الأزمة، وسوف يتم بناء نموذج إرشادي بديل، وقد يحدث تحول شامل إلى نموذج جديد. ونرى أمثلة كثيرة على ذلك: الانتقال من الميكانيكا الكلاسيكيَّة إلى الميكانيكا النسبيَّة، والانتقال من الذكاء الاصطناعي "**AI**" القائم على القواعد

Rule-based إلى الشبكات العصبيَّة Neural Nets. لذلك يعتقد «**كون**» أن الثورات العلمية تمثل انقطاعًا في العلوم؛ وهذا يعني أن النماذج الإرشادية «**غير قابلة للقياس**»، وبالتالي فإن الانتقال أو التحوُّل لا يعتمد على استنتاجات عقلانيَّة بواسطة المُعطيات، ولا ينفي التقدم التراكمي تجاه الحقيقة[١٢٢]. ومن ثمَّ، فإن الثورة العلميَّة ليست إلا تعديلًا أو ترميمًا لبعض الفرضيات النموذجيَّة ضمن إطار بحثي مُحدد بدقة. على سبيل المثال، علم الخلايا النباتيَّة Plant Cytology هو تعديل يمكن أن يكون له تأثير ضئيل أو معدوم على الطريقة التي تتم بها مُمارسة علم الأحياء، ناهيك عن العلم ككل. وهنا يظهر السؤال: **هل علم الخلايا النباتيَّة هو علم تخصصي محض، أم إنه تعديل لبعض الفرضيات النموذجيَّة المقبولة في مختلف المجالات البحثية إبان فترة معينة من فترات التحول؟**

وفقًا لـ «**كون**»، فإن وراء هذا الغموض المصطلحي تكمن أكذوبة أعمق وأكثر جوهرية. وفي الواقع، يبدو أن ما يكمن وراء هذا اللغز اعتقاد بأن العامل الذي يفصل العلم عن سائر أشكال النشاط الفكري البشري يجب البحث عنه في دراسة النشاط «**الطبيعي**» للعلماء، أي العلم القياسي. وكما ذكرنا أعلاه، فإن هذا العلم – **العلم القياسي** – ليس سوى عنصر واحد لحل هذا النوع من الغموض؛ وبالتالي يمكن اعتبار هذا التقليد معيارًا للتمييز. ولتوضيح هذه النقطة، قام «**كون**» بإدراج نموذج علم التنجيم في افتراضاته. وقد أكد «**كارل بوبر**» K. Popper (١٩٠٢–١٩٩٤) على ذلك عدة مرات عن طريق معيار التمييز؛ والذي من خلاله سوف يتجاوز علم التنجيم حدود العِلم. ومن ثمَّ، يتفق «**كون**» مع «**بوبر**» على أن علم التنجيم لم يكن علمًا على الإطلاق، ولكن ليس للأسباب نفسها التي دفعها «**بوبر**». حيث يزعم الأخير أن التنبؤات الفلكيَّة كانت مُضللة، لكن من الصعب دحض فرضيات المُنجمين[١٢٣]. لذلك

اختلف «**بوبر**» عن الوضعيين المناطقة؛ لأنه لم يساوِ بين مفهوم ما هو غير علمي أو غير قابل للتحقّق Nontestable وبين ما لا معنى له Meaningless. ومن ثمَّ، يمكن لميتافيزيقا «**بوبر**» أن تكون ذات مغزى، وتؤدي دورًا فعّالًا في توجيه صياغة النظريات العلميَّة. لذلك كانت آراء «**بوبر**» غير متوقعة منذ البداية، لكن عواقبها تتناسب بشكلٍ مرض مع دور الاختبار والنقد في العلم، ومع مفهوم مركزية القوانين العالميَّة في العلم(١٢٤).

من جانبه، اقترح «**كون**» مُقارنة نشاط عالِم الفلك بنشاط المُنجم أو العراف، وعندما لا تتحقق تنبؤات الأول، كان يأمل دائمًا أن يتمكن من تصحيحها عن طريق تقديم فرضيات مكمّلة – دورات أفلاك جديدة، مراحل جديدة، وما إلى ذلك – أو مُتابعة مُلاحظات أكثر دقة. لذلك، قدَّم هذا التقليد الفلكي الحل لهذه الألغاز؛ وفي المقابل، لم يكن لدى المُنجم مثل هذه المشكلات لحلها، ولم يُشارك في هذا النوع من النشاط على الإطلاق. وهكذا، عندما يتعلق الأمر بتمييز المُنجم أو العرَّاف عن عالِم الفلك؛ لم يؤدِ فشل المُنجم إلى طرح أي تساؤلات أو صياغة فرضيات جديدة، وبالتالي يمكنه تبرير فشله بالقول إنه لا يعرف الموقع الدقيق للأجرام السماوية، ولا وقت ميلاد الشخص بناءً على برجه النجمي. وعلى الرغم من أن هؤلاء المُنجمين صاغوا فرضيات قابلة للاختبار، واعترفوا بأنها قد تثبت كذبها لسبب أو لآخر؛ ومع ذلك، لم يُشاركوا في الأنشطة التي شكّلت تقليد حل هذا النوع من المشاكل. وفي هذه الحالة، حتى لو كان هناك ارتباط بين حركات الأجرام السماوية ومصير الإنسان؛ فإن علم التنجيم سيتجاوز نطاق العلم (خارج حدود العلم)(125). ومن ثمَّ، يختلف تفسير «**كون**» فيما يتعلق بتطوير النماذج الإرشاديَّة العلميَّة عن تفسير نظريات الوضعيين المناطقة و «**بوبر**». وهو يُنكر أن مبدأ «**بوبر**» في الاستقراء أو التكذيب يُفسر صعود وهبوط النماذج

الإرشادية. وبشكل عام، يظهر النموذج الإرشادي الجديد بدون أُسس استقرائيَّة متينة، وبالتالي يمكن تجنُّب أي تفنيد عن طريق تعديل واحدة أو أكثر من فرضيات النظرية المُدحضة. يُمكن أن يكون نطاق النظرية الأصلية محدودًا أو يمكن إضافة فرضيات أخرى، بحيث لا يكون «**التفنيد**» حاسمًا أو ضروريًا. ولذلك، يمكن أن تبقى نسخة مُعدلة من النظرية «**المُدحضة**» داخل النموذج الإرشادي، ويُسمى منطق هذا الموقف بـ «**أطروحة أو حُجة دوهيم**» Duhemian Argument[١٢٦][١٢٧].

وعلى الرغم من أن نظرية «**كون**» تُمثل نظرية المرحلة؛ إلا أن هناك مؤشرات تبدو فيها المراحل غير جوهرية. أحد الدلائل التي سبق وأن تم ذكرها هو جاذبيَّة «**كون**» لكل من الآليَّات الإدراكيَّة، والسيكولوجيَّة، والاجتماعيَّة على السواء؛ لشرح ديناميكيات التطور العلمي. على سبيل المثال، يرى «**كون**» أن العلماء لا يتعلمون أو يفهمون موضوعاتهم باستخدام القوانين أو النظريات العامة، وأن هذه المواضيع لا تتطور وفقًا لمبادئ منهجيَّة عامة. فالعلماء يتعلمون من الأمثلة ويستخدمونها لاختبار حلول المشكلات الجديدة. وعلى نحو مُماثل، لا تحدث الأزمة بسبب استبعاد نظرية عامة، بل بسبب عدم وجود حلول مُرضية للمشكلات الجديدة. ولا تنتهي الأزمة عندما يُدرك العلماء صحة بعض النظريات الجديدة. ولكن بمجرد أن يكتسب العديد من الممارسين الثقة الكافية في هذا المجال؛ ستوفر بعض التطورات الجديدة النماذج الأكثر فائدة للبحث في المستقبل. وهكذا، من خلال هذا المنظور الإدراكي، يبدو أن هذه التحولات هي نتيجة حشو لحقيقة بسيطة وهي أن أعضاء المجتمع العلمي ينتقلون من نظرية مختلفة إلى حد كبير إلى أخرى، على سبيل المثال، من نظرية الجسيمات إلى نظرية موجات الضوء. لذلك، فإن التوجه الرئيس لنظرية المرحلة هو إنكار أن المجالات العلميَّة تظهر نموًا تراكميًا، والتركيز المُعاكس على التحول «**الجذري**»[١٢٨].

لقد أدرك معظم المُعلقين على عمل «**كون**» حقيقة أن نظرية المرحلة مبنية على النظرية الإدراكيَّة. وما لا يتم مُلاحظته مرارًا هو أن هناك أيضًا نظرية للتطور Evolutionary Theory، كما يوضح «**كون**» في الصفحات الأخيرة من كتابه «**بنية الثورات العلميَّة**»، محاولًا إظهار أن التقدم العلمي يمكن أن يحدث بدون معلومات حول الاتجاه الذي يتحرك فيه العلم؛ وبالتالي تتطلب إجابة «**كون**» تشبيهًا بالتطور العضوي Organic Evolution(١٢٩). فوفقًا لنظرية التطور؛ تتكيَّف الأنواع Species بشكل أفضل مع بيئتها، لكن لا يوجد شكل نهائي تتطور نحوه. ولذلك، يتم قياس التقدم من حيث الحالة السابقة، وليس التحرك نحو الهدف النهائي، ويرى أنه ينبغي النظر إلى التقدم العلمي بهذه الطريقة(١٣٠). يقول «**كون**»:

> **«إن أعضاء تطورت وبلغت حد الإعجاز في تكيُّفها، مثل عيني الإنسان ويديه – وهي أعضاء كانت دقة تصميمها وأدائها سببًا في ظهور تفسيرات ميتافيزيقيَّة – إنها في رأي الكُتاب نتاج لعملية سارت في ثبات واطراد منذ البدايات الأوليَّة، ولكن لم تكن مسيرتها صوب هدف ما مرسومة مقدمًا»**(١٣١).

بناءًا عليه، يُحذر «**كون**» قُراءه من أن «**التماثل الذي يربط تطور الكائنات الحيَّة بتطور الأفكار العلميَّة يمكن أن يذهب إلى أبعد من ذلك بكل سهولة**». ربما يحدث ذلك لأن تطور التماثل التطوري من شأنه أن يقوض نظرية المرحلة التي تعرف كل ما يحدث بالفعل. ومن ثمَّ، فإن فكرة المراحل نفسها لها أصولها في التماثل البيولوجي لتطور الكائنات الحية الفردية: مراحل الولادة، والنمو، والنضج، والضعف، ثم الموت. ولكن عند تطبيقها على أنواع أخرى من التطور الفردي؛ فإن هذا التشبيه سيكون هشًا،

كما في حالة مراحل التطور أو النمو الإدراكي Cognitive لـــــ «**بياجيه**» Piaget (١٩٥٤)، أو مراحل التطور الأخلاقي لـــــ «**كولبرج**» Kohlberg (١٩٧٣). أما في حالة تطبيقها على الظواهر الجماعيَّة والاجتماعيَّة؛ فإن الأمور ستزدادُ سوءًا، كما في حالة مراحل التطور الاقتصادي والسياسي التي سبق أن اقترحها «**ماركس**» والمفكرون الرأســـماليون. وعندما يتعلق الأمر بالظواهر الاجتماعيَّة، يمكن أن تكون النماذج التطورية أفضل بكثير، ولكن بعد ذلك سيتم فقدان أي تقدم أو دورة من "**المراحل**"[١٣٢].

خاتمة

توصّـــل الباحث من خلال دراســـة مفهوم الثورة العلمية وأصـــولها البنيوية إلى مجموعة من النتائج، يمكن إيجاز أهمها في النقاط الآتية:

- **أولًا:** يُعدُّ مفهوم الثورة العلميَّة من أهم المفاهيم التي بُنيت عليها كثير من النظريات العلمية، ســـواء أكانت نظريات فيزيائية، أو بيولوجية، أو كيميائية، أو حتى رقمية. والثورة العلميَّة هي عملية حقيقيَّة أسهمت بقوة في إحداث وخلق تحول جذري بالنسبة لأي علم أو نظرية. وبالتالي، إذا أردنا فهم طبيعة هذا التحول الجذري، كان لزامًا تحديد تلك المســائل الأســاســيَّة التي أثارها المُفكرون القُدامى وأهم تقاليدهم الفكرية الأصيلة.
- **ثانيًا:** يُنظر إلى العام ١٥٤٣ على أنه العام الذي نشأ فيه العلم الحديث وولادة الثورة العلمية؛ ذلك بعد أن جاء «**كوبرنيكوس**» بنظام فلكي جديد بواســـطة كتابه "**حول دوران الكواكب الســـماويَّة**"، والذي ذكر فيها أن الأرض تدور حول محورها وحول الشمس؛ فهو لم يرغب في الإطاحة بعلم الفلك القديم، بل كان إحياءً للحركة الدائرية المثاليَّة للسماوات.

- **ثالثًا:** يُقصد بعلم ما قبل النموذج الإرشادي بأنه علم مُتعدد النماذج، حيث يكون لكل مدرسة متعارضة نموذجها المُستقل عن غيرها. ولكن ما يُفتقد في هذا العلم أو هذه المرحلة ليس نماذج يُحتذى بها، وإنما نموذجًا مهيمنًا يُمكن توجيه طاقات الغالبية العُظمى من المُمارسين المهتمين بنفس الموضوع المُشترك.
- **رابعًا:** تتسم مرحلة "**البارادايم**" أو "**النموذج الإرشادي**" بنمط واحد مهمين على الموضوع. وبالأحرى، يتم تكريس النشاط لدراسة آثار النموذج الإرشادي وتوسيع نطاق تطبيقه ليشمل ظواهر جديدة أخرى؛ مما يؤدي إلى نشوء ظاهرة تبدو متناقضة مع النموذج السائد، دون أن تؤخذ كدليل على أن النموذج خاطئ، وهذه الظاهرة تمثل لغزًا يحتاج بالضرورة إلى حل.
- **خامسًا:** يصل العلم إلى مرحلة الأزمة نتيجة فقدان الثقة في قدرة النموذج الإرشادي على حل الألغاز المُحيّرة، والتي تُعرف بالشذوذ. ويعقب هذه الأزمة ثورة علميَّة إذا حل أحد النماذج المُتعارضة مُحل النماذج الإرشادية الراهنة.
- **سادسًا:** ثمَّة عوامل سيكولوجيَّة واجتماعيَّة وأخرى مؤسّسيَّة تدفع المجتمع العلمي إلى التخلي عن التقليد القديم لصالح الجديد؛ فالأشخاص يقومون باختبار شيء أشبه باختبار التحول الجشطالتي، لرؤية الأشياء بشكلٍ مُغاير، وأحيانًا بطرائق مفاجئة، ومن ثمَّ لا يمر الجميع بتحول مُماثل.
- **سابعًا:** تأثر عرض "**مبدأ عدم القابلية للقياس**" بشدة بمعرفة «**كون**» بعلم نفس الجشطالت، رغم ارتباط الفيلسوف النمساوي «**فيتغنشتاين**» بهذا المجال. فقد أظهر «**كون**» اهتمامًا شديدًا بعلم النفس، وهو ما أصبح جليًا عندما اكتشف أعمال «**فيتغنشتاين**». حيث قام «**كون**» باستخدام المفهوم السيكولوجي للتحول الجشطالتي بهدف شرح التحولات التي تحدث عندما يتخلى العلماء عن بنية مفاهيميَّة لصالح أخرى.

- **ثامنًا:** تعرّضـــت فكرة «**كون**» عن عدم القابلية للقياس لانتقاداتٍ شـــديدة من قِبل الفلاســفة الذين رفضــوا تفســيره. فقد تمثلت أســباب هذا الانتقاد في التعارض بين الفلســـفة الإنجليزية التقليدية والنظريات التقليدية التي وضـــعها «**كون**» وغيره من فلاسفة العلوم الإدراكية.

هوامش

(١) سـمير حنّا صـادق: **العلوم الطبيعية** "خواصـها وملامح من تاريخها وبعض أعلامها"، الهيئة المصرية العامة للكتاب، 2002م، ص5.

(٢) جيمس تريفيل: **لماذا العلم؟**، ترجمة: شوقي جلال، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، العدد 372، الكويت، 2010م، ص18.

(٣) محمد صـلاح سـالم: **العصـر الرقمي وثورة المعلومات** "*دراسـة في نظم المعلومات وتحديث المجتمع*"، عين للدراسـات والبحوث الإنسـانية والاجتماعية، الطبعة الأولى، القاهرة، 2002م، ص12.

(4) Paul Thagard: **The Cognitive Science of Science**, "*Explanation, Discovery and Conceptual Change*", The MIT Press, Cambridge, 2012, p.3.

(٥) Marcus Hellyer: **Editor's Introduction: What was the Scientific Revolution?** In: **The Scientific Revolution**, edited by: Marcus Hellyer, Blackwell Publishing, 2003, p.2.

(٦) مراد وهبة: **المعجم الفلسـفي**، دار قباء الحديثة للطباعة والنشـر والتوزيع، القاهرة، 2007م، مادة "**ثورة**"، ص231.

(٧) جميل صـليبا: **المعجم الفلسـفي**، الجزء الأول، دار الكتاب اللبناني، بيروت، 1982م، مادة "**ثورة**"، ص 381.

(٨) إبراهيم مدكور (تصـدير): **المعجم الفلسـفي**، الصـادر عن مجمع اللغة العربية، الهيئة العامة لشؤن المطابع الأميرية، القاهرة، 1983م، مادة "**ثورة**"، ص58.

(9) جميل صليبا: **المعجم الفلسفي**، الجزء الأول، مادة "**ثورة**"، مرجع سابق، ص381.

(10) William E. Gortney: **Dictionary of Military and Associated Terms**, 2012, p.378.

(11) يُمنى طريف الخولي: **مُشكلة العلوم الإنسانية:** تقنينها وإمكانيّة حلها، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، القاهرة، 2014م، ص ص19، 20.

(12) إبراهيم مدكور (تصدير): **المعجم الفلسفي**، مرجع سابق، مادة "**علم**"، ص ص123، 124.

(١٣) Alexander Moseley: **A t Z of Philosophy**, Continuum publishing, 2008, p.199.

(14) فتح الله الشيخ: **قضايا علميّة معاصرة**، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 2015م، ص7.

(15) يُمنى طريف الخولي: **مُشكلة العلوم الإنسانية**، مرجع سابق، ص12.

(١٦) John Henry: **The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science**, Bloomsbury Publishing, 3d, 2008, p.2.

(١٧) توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الأعلى للثقافة والفنون والآداب، العدد 168، الكويت، 1992م، ص131.

(١٨)ولد "**ألكسندر كويري**" في ٢٩ أغسطس عام ١٨٩٢م في مدينة تاجونروج بروسيا. تلقى تعليمه في تيفليس و روستوف نا دون، وجامعة غوتنغن، حيث درس الرياضيات بين عامي ١٩٠٨، ١٩١١، مع ديفيد هيلبرت، والفينومينولوجيا مع إدموند هوسرل. كما درس في جامعة باريس والسوربون من عام ١٩١١ إلى ١٩١٤، حيث درس الفلسفة مع هنري بيرجسون، وفلسفة الرياضيات مع ليون برونشفيتش.

Look: John R. Shook (Ed.): **The Dictionary of Modern American Philosophers**, Volume 1, Thoemmes, 2005, p. 1352.

(١٩) Steven Shapin: **The Scientific Revolution**, The University of Chicago Press, 1996, p.2.

(٢٠) William E. Burns: **The Scientific Revolution** "*An Encyclopedia*", ABC-CLIO, Oxford, 2001, p p. xv, xvi.

(٢١) John Henry: **The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science**, Op.cit, p.1.

(٢٢) فيلسوف وعالِم ورياضي فرنسي. ولد "**غاسندي**" من عائلة بسيطة، وتلقى تعليمه المُبكر في ديجني، ريز. درس "**غاسندي**" في جامعات ديجني، وآكس أون بروفانس **Aix-en-Provence**. حصل على الدكتوراه في اللاهوت في جامعة أفينون عام ١٦١٤، حيث اشتملت أبحاثه في هذه الفترة جزء كبير من ملاحظاته الفلكيَّة، بما فيها اكتشافه لـ **(حضيض عطارد)** perihelion of Mercury (النقطة الأقرب للكواكب من الشمس) عام ١٦٣١

Look: Richard H. Popkin: "**Pierre Gassendi**" French Mathematician, Philosopher, and Scientist, *Encyclopedia Britannica*, URL: https://www.britannica.com/biography/Pierre-Gassendi.

(٢٣) William E. Burns: **The Scientific Revolution**, Op.cit, p p. xv, xvi.

(٢٤) ولد الكاثوليكي "**ليبسيوس**" في ١٨ أكتوبر ١٥٤٧ في أوفيريجس، وهي بلدة صغيرة تقع بين بروكسل ولوفان. درس "**ليبسيوس**" لأول مرة في مدينة بروكسل (المدرسة الابتدائيَّة، مدرسة كابيليس في الفترة بين ١٥٥٣ –١٥٥٧)، ومدينة آث (المدرسة اللاتينية بين ١٥٥٧–١٥٥٩). ثم تابع دراسته مع اليسوعيين في كولونيا، وعاد إلى لوفان حيث التحق بالجامعة في ١٤ أغسطس ١٥٦٤، وهناك درس القانون. كان ليبسيوس منخرطًا في تحرير النصوص اللاتينية وفحصها

النقدي، ولا سيَّما نصوص شيشرون وسوبيرتيوس وفارو؛ وفي وقت مبكر من عام ١٥٦٦، قام بجمع ثلاثة كتب من قراءات متنوعة *Variae lectiones*، والتي نُشرت عام ١٥٦٩ في أنتويرب.

Look: Jan Papy: " **Justus Lipsius**", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL**:** https://plato.stanford.edu/entries/justus-lipsius/.

(٢٥) مُترجم فلورنسي وفيلسوف مُحدث، وهو نجل الطبيب لكوزيمو دي ميديسي، الذي تلقى تعليمًا طبيًا وليس إنسانيًا (أي خاصًا بالعلوم الإنسانيَّة). وعلى الرغم من التأثير الفلسفي الكبير على تطوره الفكري المتمثل في أعمال أفلاطون والأفلاطونيين المحدثين؛ إلا أنه كان لديه أساس راسخ في فلسفة أرسطو. لقد أثارت دراسات "**فيسينو**" عن الأفلاطونيين الكلاسيكيين المتأخرين والأفلاطونيين المسيحيين اهتمامه بأعمال أفلاطون نفسه، والتي تمت ترجمة بعضها إلى اللاتينيَّة.

Look: Charles G. Nauert: **Historical Dictionary of the Renaissance**, The Scarecrow Press, Inc., Lanham, 2004, p.139.

(٢٦) Antonia Lolordo: **Pierre Gassendi and the Birth of Early Modern Philosophy**, Cambridge University Press, 2007, p.22.

(٢٧) Wilbur Applebaum: **The Scientific Revolution and the Foundations of Modern Science**, Op.cit, p.2.

(٢٨) John Henry: **The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science**, Op.cit, p.3.

(٢٩) تبعًا للنظام البطليموسي؛ كانت هناك طريقتان؛ أولًا: وضعت مراكز مدارات الكواكب على مسافة ما من مركز الأرض وسميت هذه المدارات باللامركزية. ثانيًا: أُعطيت معظم الكواكب مدارات دائرية صغيرة حول مراكز متحركة في دوائر كبيرة حول الأرض، وهذه الدوائر الصغيرة سُميت أفلاك التدوير. وكان التصور الأخير ذا أهمية خاصة في وصف الحقيقة المتعلقة بأن الكواكب من وقت لآخر تبطئ وتتوقف، وأحيانًا تعكس حركتها بالنسبة للنجوم الثابت **أنظر:** جاليليو جاليلي: **اكتشافات وآراء جاليليو**، ترجمة: كمال محمد & فتح الله الشيخ، كلمات عربية للترجمة والنشر، الطبعة الأولى، القاهرة، ٢٠١٠م، ص ص١٩، ٢٠.

(٣٠) سالم يفوت: **إبستمولوجيا العلم الحديث**، دار توبقال للنشر، الدار البيضاء، الطبعة الثانية، 2008م، ص ص ١٦، ١٧.

(٣١) ساهمت نظرية الاندفاع بتحرير الفيزياء من القيود التي كانت تشدها عند أرسطو، إلى الجوانب العيانية الكيفية من الحركة. كما مهدت الطريق لطرح أكثر تجريدًا للمسائل المتعلقة بحركة تلك الأجسام، حيث إنها تُسلِّم بانتقالها في الفراغ، أي عندما تكون مقاومة الوسط لتصوير الحركة المكانية في قالب حسي وعلى نحوٍ وصفي، فقد كان من شأن النموذج الذهني أن يبدو له شيئًا عبثيًا

أنظر: سـائر بصـمه جي: **تاريخ علم الميكانيك** "*مراحل تطور (الكينماتيك والديناميك والسـتاتيك) وإسهامات العلماء العرب والمسلمين فيها*" ، دار الكتب العلمية، بيروت، ٢٠١٦م، ص٣٥٦.

(٣٢) **المرجع السابق،** ص ص١٧، ١٨.

(٣٣) **المرجع السابق،** ص ص١٩، ٢٠.

(٣٤) Marcus Hellyer: **Editor's Introduction: What was the Scientific Revolution?,** Op. cit, p.2.

(٣٥) Zef Bechler: **Newton's Physics and the Conceptual Structure of the Scientific Revolution**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1991, p.72.

(36) سالم يفوت: **إبستمولوجيا العلم الحديث،** مرجع سابق، ص9.

(٣٧) Marcus Hellyer: **Editor's Introduction**: **What was the Scientific Revolution**, Op.cit, p.2.

(38) د. م. تيرنر: **الكشـف العلمي،** ترجمة: أحمد محمود سـليمان، مراجعة: محمد جمال الدين الفندي، العدد (٥) دار الكاتب العربي للطباعة والنشر، القاهرة، د.ت، ص٣٤

(٣٩) Jurgen Sarnowsky: **Concepts of Impetus and The History of Mechanics**, In: **Mechanics and Natural Philosophy Before the Scientific Revolution**, Edited by: Walter R. Laird & Sophie Rox, Springer, 2008, p.1٣٨.

(٤٠) د. م. تيرنر: **الكشف العلمي،** ترجمة: أحمد محمود سليمان، مرجع سابق، ص٣٣.

(٤١) يُمنى طريف الخولي: **مشكلة العلوم الإنسانية،** مرجع سابق، ص٢٦.

(٤٢) John Henry: **The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science**, Op.cit, p.5.

(٤٣) برتراند راسِـل: **أثرُ العلم في المجتمع،** ترجمة: صـباح صـديق الدملوجي، مراجعة: حيدر حاج إسماعيل، المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى، بيروت، ٢٠٠٨م، ص٣٠.

(٤٤) Jurgen Sarnowsky: **Concepts of Impetus and The History of Mechanics**, Op.cit, 2008, p.121.

(٤٥) William E. Burns: **The Scientific Revolution**, Op.cit, p. xvi.

(٤٦) John Henry: **The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science**, Op.cit, p.5.

(٤٧) برتراند راسِل: **أثرُ العلم في المجتمع،** ترجمة: صباح صديق الدملوجي، مرجع سابق، ص٣١.

(٤٨) John Henry: **The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science**, Op.cit, p.5.

(٤٩) لورنس إم برينسيبيه: **الثورة العلمية** "*مقدمة قصيرة جدًا*"، ترجمة: محمد عبد الرحمن، مراجعة: شيماء عبد الحكيم، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، الطبعة الأولى، القاهرة، ٢٠١٤م، ص٣٢.

(٥٠) Stefan Amsterdamski: **Between Experience and Metaphysics** "*Philosophical Problems of the Evolution of Science*", D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holland, 1975, p.70.

(٥١) برتراند راسِل: **أثرُ العلم في المجتمع**، مرجع سابق، ترجمة: صباح صديق الدملوجي، ص ص٣١، ٣٢.

(٥٢) شون كارول: **الصورة الكبرى** "*عن أصل الحياة والمعنى والكون ذاته*"، ترجمة: محمد إبراهيم الجندي، دار التنوير للنشر والتوزيع، القاهرة، ٢٠١٨م، ص٤٢.

(٥٣) Jacqueline Mitton**: Cambridge Illustrated Dictionary of Astronomy**, Cambridge University Press, 2007, p.194.

(٥٤) شون كارول: **الصورة الكبرى** "*عن أصل الحياة والمعنى والكون ذاته*"، ترجمة: محمد إبراهيم الجندي، مرجع سابق، ص٤٢.

(٥٥) برتراند راسِل: **أثرُ العلم في المجتمع**، مرجع سابق، ترجمة: صباح صديق الدملوجي، ص ص٣٣، ٣٤.

(٥٦) Curtis Johnson: **Darwin's Dice** "*The Idea of Chance in the Thought of Charles Darwin*", Oxford University Press, 2015, p.75.

(٥٧) تهتم النظرية الكهرومغناطيسية بدراسة الظواهر الكهربائية والمغناطيسية، حيث نجد أفضل وصف لها يتم بدلالة المجالين الكهربي $\mathbf{E}(x)$ والمغناطيسي $\mathbf{B}(x)$. ويرتبط هذان المجالان بكثافة الشحنة وكثافة التيار من خلال معادلات ماكسويل.

أنظر: بي. تي. ماثيوز: **مقدمة في ميكانيكا الكم**، ترجمة: أسامة زيد، الدار الدولية للنشر والتوزيع، القاهرة، د.ت، ص١٦.

(٥٨) تهتم الديناميكا الحرارية بدراسة القوانين التي تحكم تحول الطاقة من شكل إلى آخر، والاتجاه الذي ستتدفق فيه الحرارة، وتوافر الطاقة من أجل العمل. تعتمد الديناميكا الحرارية على مفهوم مفاده أنه في أي نظام معزول يتواجد في الكون توجد كمية من الطاقة قابلة للقياس تُسمى الطاقة الداخلية (U) للنظام، وهي إجمالي الطاقة الحركيَّة والمُحتملة لذرات وجزيئات النظام لجميع الأنواع التي يمكن تحويلها مباشرة كالحرارة، وبالتالي فهي تستبعد أشكال الطاقة الكيميائية والنووية.

Look: John Daintith: **A Dictionary of Science**, Oxford University Press, 5ed, 2005, p.812.

(٥٩) Nouredine Zettili: **Quantum Mechanics Concepts and Applications**, WILEY A John Wiley and Sons, Ltd, Publication, 2ed, 2009, p.1.

(٦٠) Nikhil Ranjan Roy: **Introduction to Quantum Mechanics**, VIKAS publishing House Pvt Ltd, 2015, p.1.

(٦١) Nouredine Zettili: **Quantum Mechanics Concepts and Applications**, Op.cit, p.1.

(٦٢) Joseph Agassi: **Science and its History**, Springer, 2008, p.292.

(٦٣) Albert Einstein: **The Meaning of Relativity**, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1956, p.16.

(٦٤) كامل محمد محمد عويضـــة: **كارل بوبر** *"فيلســـوف العقلانية النقدية"*، مراجعة: محمد رجب البيومي، دار الكتب العلمية، الطبعة الأولى، بيروت، ١٩٩٥م، ص٧٦.

(٦٥) J. J. Sakurai & Jim Napolitano: **Modern Quantum Mechanics**, Cambridge University Press, 2ed, 2017, p.1.

(٦٦) David J. Griffiths & Darrell F. Schroeter: **Introduction to Quantum Mechanics**, Cambridge University Press, 3ed, 2018, p.11.

(٦٧) اتجاه في علم النفس المُعاصر، قائم – فلسفيًا – على الذرائعيَّة (البراجماتية). وقد نشأت السلوكيَّة في الأصـل في عام ١٩١٣م على يد "**واطسـون**"، على أن المعلومات التجريبيَّة قد توفرت بفضـل البحث في سلوك الحيوانات الذي قام به "**ثورندايك**".

أنظر: روزنتال & يودين: **الموسـوعة الفلسـفية**، الجزء الأول، ترجمة: سـمير كرم، دار الطليعة للطباعة والنشر، الطبعة الثانية، بيروت، ٢٠٠٦م، ص٢٥٠.

(٦٨) Walter Mischel: "**Psychology**", *Encyclopaedia Britannica*, URL: https://www.britannica.com/science/psychology.

(٦٩) Lars Bergstrom: **Notes on the Value of Science**, In: **Logic, Methodology and Philosophy of Science IX**, Edited by: Dag Prawitz, et al., Elsevier, Amsterdam, 1994, pp.506:507.

(٧٠) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, In: **Issues and Images in the Philosophy of Science** "*Scientific and Philosophical Essays in Honour of Azarya Polikarov*", Edited by: Dimitri Ginev & Robert S. Cohen, Springer Science + Business Media, B.V., 1997, p.٦٦.

(71) اتجاه مثالي في علم النفس الحديث، نشـأ في ألمانيا عام ١٩١٢. وكان أول من قدم اصـطلاح علم النفس الجشطالتي «**كريستيان ف. اهرنفلز**» (١٨٥٩–١٩٣٢). ويقوم علم النفس الجشطالتي – فلسـفيًا – على أسـاس أفكار **هوسـيرل و ماخ**. وهو – على العكس من علم النفس الترابطي – يعتبر أن ما يصـفه بالبناءات النفسـية "**كليات منظمة**" أو "**جشـطلت**" وليسـت الأحاسـيس أولية

وأساسية في وظائف العقل. ويخضع تكوينها –طبقًا لعلم النفس الجشطالتي– للملكات الغريزية للأفراد، التي تمكنها من خلق أشكال بسيطة ومتعامدة ومتكاملة.

أنظر: م. روزنتال، ب. يودين: **الموسوعة الفلسفية**، الجزء الأول، ترجمة/ سمير كرم، مرجع سابق، ص ص٣١٣، ٣١٤.

(٧٢) Alexander Bird: **What Can Cognitive Science tell us about Scientific Revolution?**, *THEORIA. Revista de Teoria Historia y Fundamentos de la Ciencia*, 2012, p.294.

(٧٣) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, p.6٦.

(74) ترى الوضعية أن الفكر البشري لا يستطيع أن يكشف عن طبائع الأشياء، ولا عن أسبابها القصوى، وغاياتها النهائية، وإن كان يستطيع أن يدرك ظواهرها، ويكشف عن علاقاتها وقوانينها.

أنظر: جميل صليبا: **المعجم الفلسفي**، الجزء الثاني، دار الكتاب اللبناني، بيروت، ١٩٨٢م، ص٥٧٨.

(٧٥) طاهر حسو الزيباري: **النظرية السوسيولوجية المعاصرة**، دار البيروني للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، ٢٠١٦م، ص ص٨٠، ٨١.

(٧٦) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, p.66.

(٧٧) Ibid, pp. 66:67.

(٧٨) Balazs Fekete: **Paradigms in Modern European Comparative Law**, A *History*, Hart, Oxford, 2021, p. 25.

(٧٩) شوقي جلال: **على طريقة توماس كون** *"رؤية نقدية لفلسفة تاريخ العلم في ضوء نظرية توماس كون"*، المكتبة الأكاديمية، الطبعة الأولى، القاهرة، ١٩٩٧م، ص٥٧.

(٨٠) Thomas Kuhn: **Paradigms and Anomalies in Science**, In: **Philosophy of Technology** "*The Technological Condition: An Anthology*", Edited by: Robert C. Scharff & Val Dusek, WILEY Blackwell, 2ed, 2014, p.114.

(٨١) Ibid, p.111.

(٨٢) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, p.67.

(٨٣) توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، مصدر سابق، ص٦٩.

(٨٤) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, p.6٧.

(٨٥) توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، مصدر سابق، ص٩٧.

(86) Alexander Bird: **What can cognitive science tell us about scientific revolutions?**, Op.cit, p.295.

(٨٧) Vyacheslav Stepin: **Theoretical Knowledge**, Springer, Dordrecht, 2005, p.92.

(٨٨) توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، مصدر سابق، ص٥٨.

(٨٩) Vyacheslav Stepin: **Theoretical Knowledge**, Op.cit, p.92.

(٩٠) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, pp.٦٧:68.

(٩١) Thomas Kuhn: **Paradigms and Anomalies in Science**, Op. cit, p.112.

(٩٢) Ibid, p.112.

(٩٣) Ibid, p.113.

(٩٤) Ibid, pp.113:114

(٩٥) Ibid, p.114.

(٩٦) Ibid, p.114.

(٩٧) طاهر حسو الزيباري: **النظرية السوسيولوجية المعاصرة**، مرجع سابق، ص٨١.

(٩٨) Alexander Bird: **Thomas Khun**, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL: https://plato.stanford.edu/entries/thomas-kuhn/#ConcPara.

(٩٩) Val Dusek: **Philosophy of Technology** "*An Introduction*", Blackwell Publishing, 2006, p.14.

(١٠٠) توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، مصدر سابق، ص١٠٤.

(١٠١) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, p.٦٨.

(١٠٢) توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، مصدر سابق، ص ص١٠٤:١٠٥.

(١٠٣) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, p.٦٨.

(١٠٤)كلمة من أصل ألماني تعني الشكل أو الصورة أو التركيب. يحدث تحول الجشطالت عندما يتم تجربة صورة أو كيان أولًا بطريقةٍ ما ثم بطريقة مختلفة تمامًا. ومن الأمثلة الشهيرة على هذا التحوُّل هو تحويل شكل **(البطة) و (الأرنب)**.

Look: Michael J. Crowe: **The Gestalt Shift in Conan Doyle's Sherlock Holmes Stories,** Palgrave macmillan, 2018, p.1

(١٠٥) Ibid, p.٦٨.

(١٠٦) توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، مرجع سابق، ص١٥٢.

(١٠٧) تأثير يغير أي جزء من سطح القمر كما يُرى من الأرض. وعلى الرغم من أن القمر يبقى على نفس الجانب المواجه للأرض، إلا إن الميسان يسمح لنا برؤية ٥٩٪ من سطحه من الأرض في أي وقت. يحدث هذا لأسباب عديدة؛ منها الميسان الفيزيائي، وهو عدم انتظام دوران القمر الفعلي، والميسان الهندسي، وهو تأثير مهم يؤثر على كل من خطوط الطول والعرض

Look: Jacqueline Mitton: **Cambridge Illustrated Dictionary of Astronomy**, Op. cit, p. 199.

(١٠٨) الإهليلج هو منحنى خاص. مسار مغلق من قطع ناقص مكون من نقطة تتحرك بطريقة بحيث يكون مجموع بعديها من نقطتين ثابتتين (البؤرتين) مقدارًا ثابتًا. فإن إحدى هاتين البؤرتين تكون في مركز الكوكب. أما البؤرة الأخرى فتكون داخل الكوكب أو خارجه.

أنظر: بول ج. هويت، وآخرون: **مفاهيم العلوم الفيزيائية**، مكتبة العبيكان، الرياض، ٢٠١٤م، ص١٠٤.

(١٠٩) Giuseppe A. Micheli: **Gestalt Switches in the Idea of Context** "*A Macro Dimension of the World for Every Theory of Action*", *Sociologica*, 2012, p.2.

(١١٠) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, p.6٨.

(١١١) توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، مصدر سابق، ص ص١٧٩، ١٨٠.

(١١٢) Norwood Russell Hanson: **Patterns of Discovery** "*An Inquiry Into the Conceptual Foundations of Science*", Cambridge University Press, Cambridge, 1958, p.90.

(١١٣) Val Dusek: **Philosophy of Technology** "*An Introduction*", Op.cit, p.١٦.

(١١٤) Hanne Andersen, et al.,: **The Cognitive Structure of Scientific Revolutions**, Cambridge University Press, 2006, p.105.

(١١٥) لودفيك فتغنشتاين: **تحقيقات فلسفيّة**، ترجمة وتقديم وتعليق: عبد الرزّاق بنّور، المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى، بيروت، ٢٠٠٧م، ص٤٢٣.

(١١٦) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, p.69.

(١١٧) Hanne Andersen, et al.,: **The Cognitive Structure of Scientific Revolutions**, Op.cit, p.2.

(١١٨) Ibid, p.106.

(١١٩) Ibid, p.106:107.

(١٢٠) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, p.69.

(١٢١) توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، مصدر سابق، ص ص١٣٢، ١٣٣.

(١٢٢) Ted Honderich (ed):**The Oxford companion to philosophy**, Oxford University Press, 2005, p.817.

(١٢٣) Stefan Amsterdamski: **Between Experience and Metaphysics** "*Philosophical Problems of the Evolution of Science*", Op. cit, pp.124:125.

(١٢٤) Val Dusek: **Philosophy of Technology** "*An Introduction*", Op.cit, p.1١.

(١٢٥) Stefan Amsterdamski: **Between Experience and Metaphysics** "*Philosophical Problems of the Evolution of Science*", Op.cit, p.125.

(١٢٦) تنُص هذه الحُجة أو الأطروحة على أن التجارب الفيزيائية هي ملاحظة للظواهر مصحوبة بتأويل لها في ضوء النسق المعمول به. لذلك فإن الفيزيائي لا يخضع فرضًا منفردًا لمحكمة التجريب، بل مجموعة فروض معًا. وبالتالي، لا يمكن أن يعد الدليل التجريبي في حد ذاته تكذيبًا حاســـمًا للفرض.

أنظر: يُمنى طريف الخولي: **فلسفة العلم في القرن العشرين**، مرجع سابق، ص٤١٠.

(١٢٧) Val Dusek: **Philosophy of Technology** "*An Introduction*", Op.cit, p.14.

(١٢٨) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, pp.69:70.

(١٢٩) عملية طبيعيَّة للتغير العنصـري Racial تحدث في اتجاه محدد، وتنشـأ خلالها أشـكال جديدة من الحياة، تثبت نفسها، ثم تزدهر إلى جانب الأشكال القديمة للحياة أو تحل محل هذه الأشكال التي كانت في معظم الأحيان أبسط تكوينًا وسلوكًا.

أنظر: ج. أرثر تومســون: **مشــكلات تحيّر العلم**، ترجمة: زكريا فهمي، مراجعة: أنور عبد العليم، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، د.ت، ص١٨٤

(١٣٠) Ibid, p.70.

(131) توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، مصدر سابق، ص ص٢١٨، ٢١٩.

(١٣٢) Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, Op.cit, p.70.

قائمة المراجع

أولًا: المراجع العربية

١. إبراهيم مدكور (تصدير): **المعجم الفلسفي**، الصادر عن مجمع اللغة العربية، الهيئة العامة لشؤن المطابع الأميرية، القاهرة، 1983.

٢. برتراند راسِل: **أثرُ العلم في المجتمع**، ترجمة: صباح صديق الدملوجي، مراجعة: حيدر حاج إسماعيل، المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى، بيروت، ٢٠٠٨م.

٣. بول ج. هويت، وآخرون: **مفاهيم العلوم الفيزيائية**، مكتبة العبيكان، الرياض، ٢٠١٤م.

٤. بي. تي. ماثيوز: **مقدمة في ميكانيكا الكم**، ترجمة: أسامة زيد، الدار الدولية للنشر والتوزيع، القاهرة، د.ت.

٥. توماس كون: **بنية الثورات العلميّة**، ترجمة: شوقي جلال، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الأعلى للثقافة والفنون والآداب، العدد 168، الكويت، 1992م.

٦. ج. أرثر تومسون: **مشكلات تحيّر العلم**، ترجمة: زكريا فهمي، مراجعة: أنور عبد العليم، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، د.ت.

٧. جاليليو جاليلي: **اكتشافات وآراء جاليليو**، ترجمة: كمال محمد & فتح الله الشيخ، كلمات عربية للترجمة والنشر، الطبعة الأولى، القاهرة، ٢٠١٠م.

٨. جميل صليبا: **المعجم الفلسفي**، الجزء الأول، دار الكتاب اللبناني، بيروت، 1982م.

٩. _____: **المعجم الفلسفي**، الجزء الثاني، دار الكتاب اللبناني، بيروت، ١٩٨٢م.

١٠. جيمس تريفيل: **لماذا العلم؟**، ترجمة: شوقي جلال، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، العدد 372، الكويت، 2010م.

١١. د. م. تيرنر: **الكشف العلمي**، ترجمة: أحمد محمود سليمان، مراجعة: محمد جمال الدين الفندي، العدد (٥) دار الكاتب العربي للطباعة والنشر، القاهرة، د.ت.

١٢. روزنتال & يودين: **الموسوعة الفلسفية**، الجزء الأول، ترجمة: سمير كرم، دار الطليعة للطباعة والنشر، الطبعة الثانية، بيروت، ٢٠٠٦م.

١٣. سالم يفوت: **إبستمولوجيا العلم الحديث**، دار توبقال للنشر، الدار البيضاء، الطبعة الثانية، 2008م.

١٤. سائر بصمه جي: **تاريخ علم الميكانيك** "*مراحل تطور (الكينماتيك والديناميك والستاتيك) وإسهامات العلماء العرب والمسلمين فيها*"، دار الكتب العلمية، بيروت، ٢٠١٦م.

١٥. سمير حنّا صادق: **العلوم الطبيعية** "*خواصها وملامح من تاريخها وبعض أعلامها*"، الهيئة المصرية العامة للكتاب، 2002م.

١٦. شوقي جلال: **على طريقة توماس كون** "*رؤية نقدية لفلسفة تاريخ العلم في ضوء نظرية توماس كون*"، المكتبة الأكاديمية، الطبعة الأولى، القاهرة، ١٩٩٧م.

١٧. شون كارول: **الصورة الكبرى** "*عن أصل الحياة والمعنى والكون ذاته*"، ترجمة: محمد إبراهيم الجندي، دار التنوير للنشر والتوزيع، القاهرة، ٢٠١٨م.

١٨. طاهر حسو الزيباري: **النظرية السوسيولوجية المعاصرة**، دار البيروني للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، ٢٠١٦م.

١٩. فتح الله الشيخ: **قضايا علميّة معاصرة**، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 2015م.

٢٠. كامل محمد محمد عويضة: **كارل بوبر** "*فيلسوف العقلانية النقدية*"، مراجعة: محمد رجب البيومي، دار الكتب العلمية، الطبعة الأولى، بيروت، ١٩٩٥م.

٢١. لودفيك فتغنشتاين: **تحقيقات فلسفيّة**، ترجمة وتقديم وتعليق: عبد الرزّاق بنّور، المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى، بيروت، ٢٠٠٧م.

٢٢. لورنس إم برينسيبيه: **الثورة العلمية** *"مقدمة قصيرة جدًا"*، ترجمة: محمد عبد الرحمن، مراجعة: شيماء عبد الحكيم، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، الطبعة الأولى، القاهرة، ٢٠١٤م.

٢٣. محمد صلاح سالم: **العصر الرقمي وثورة المعلومات** *"دراسة في نظم المعلومات وتحديث المجتمع"*، عين للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية، الطبعة الأولى، القاهرة، 2002م.

٢٤. مراد وهبة: **المعجم الفلسفي**، دار قباء الحديثة للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 2007م.

٢٥. يُمنى طريف الخولي: **مُشكلة العلوم الإنسانية:** تقنينها وإمكانيّة حلها، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، القاهرة، 2014م.

ثانيًا: المراجع الأجنبية

26. Albert Einstein: **The Meaning of Relativity**, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1956.

27. Alexander Bird: "**Thomas Khun**", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL: https://plato.stanford.edu/entries/thomas-kuhn/#ConcPara.

28. _____: **What Can Cognitive Science tell us about Scientific Revolution?**, *THEORIA. Revista de Teoria Historia y Fundamentos de la Ciencia*, 2012.

29. Alexander Moseley: **A t Z of Philosophy**, Continuum publishing, 2008.

30. Antonia Lolordo: **Pierre Gassendi and the Birth of Early Modern Philosophy**, Cambridge University Press, 2007.

31. Balazs Fekete: **Paradigms in Modern European Comparative Law**, *A History*, Hart, Oxford, 2021.

32. Charles G. Nauert: **Historical Dictionary of the Renaissance**, The Scarecrow Press, Inc., Lanham, 2004.

33. Curtis Johnson: **Darwin's Dice** "*The Idea of Chance in the Thought of Charles Darwin*", Oxford University Press, 2015.
34. David J. Griffiths & Darrell F. Schroeter: **Introduction to Quantum Mechanics**, Cambridge University Press, 3ed, 2018.
35. Giuseppe A. Micheli: **Gestalt Switches in the Idea of Context** "*A Macro Dimension of the World for Every Theory of Action*", *Sociologica*, 2012.
36. Hanne Andersen, et al.,: **The Cognitive Structure of Scientific Revolutions**, Cambridge University Press, 2006.
37. J. J. Sakurai & Jim Napolitano: **Modern Quantum Mechanics**, Cambridge University Press, 2ed, 2017.
38. Jacqueline Mitton**: Cambridge Illustrated Dictionary of Astronomy**, Cambridge University Press, 2007.
39. Jan Papy: " Justus Lipsius", Stanford Encyclopedia of Philosophy, URL: https://plato.stanford.edu/entries/justus-lipsius/.
40. John Daintith: **A Dictionary of Science**, Oxford University Press, 5ed, 2005.
41. John Henry: **The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science**, Bloomsbury Publishing, 3d, 2008.
42. John R. Shook (Ed.): **The Dictionary of Modern American Philosophers**, Volume 1, Thoemmes, 2005.
43. Joseph Agassi: **Science and its History**, Springer, 2008.
44. Jurgen Sarnowsky: **Concepts of Impetus and The History of Mechanics**, Op.cit, 2008.
45. Jurgen Sarnowsky: **Concepts of Impetus and The History of Mechanics**, In: **Mechanics and Natural Philosophy Before the Scientific Revolution**, Edited by: Walter R. Laird & Sophie Rox, Springer, 2008.

46. Lars Bergstrom: **Notes on the Value of Science**, In: **Logic, Methodology and Philosophy of Science IX**, Edited by: Dag Prawitz, et al., Elsevier, Amsterdam, 1994.

47. Marcus Hellyer: **Editor's Introduction: What was the Scientific Revolution?** In: **The Scientific Revolution**, edited by: Marcus Hellyer, Blackwell Publishing, 2003.

48. Michael J. Crowe: **The Gestalt Shift in Conan Doyle's Sherlock Holmes Stories,** Palgrave macmillan, 2018.

49. Nikhil Ranjan Roy: **Introduction to Quantum Mechanics**, VIKAS publishing House Pvt Ltd, 2015.

50. Norwood Russell Hanson: **Patterns of Discovery** "*An Inquiry Into the Conceptual Foundations of Science*", Cambridge University Press, Cambridge, 1958.

51. Nouredine Zettili: **Quantum Mechanics Concepts and Applications**, WILEY A John Wiley and Sons, Ltd, Publication, 2ed, 2009.

52. Paul Thagard: **The Cognitive Science of Science**, "*Explanation, Discovery and Conceptual Change*", The MIT Press, Cambridge, 2012.

53. Richard H. Popkin: "**Pierre Gassendi**" French Mathematician, Philosopher, and Scientist, *Encyclopedia Britannica*, URL: https://www.britannica.com/biography/Pierre-Gassendi

54. Ronald N. Giere: **Explaining Scientific Revolution**, In: **Issues and Images in the Philosophy of Science** "*Scientific and Philosophical Essays in Honour of Azarya Polikarov*", Edited by: Dimitri Ginev & Robert S. Cohen, Springer Science + Business Media, B.V., 1997.

55. Stefan Amsterdamski: **Between Experience and Metaphysics** "*Philosophical Problems of the Evolution of Science*", D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holland, 1975.

56. Steven Shapin: **The Scientific Revolution**, The University of Chicago Press, 1996.
57. Ted Honderich (ed):**The Oxford companion to philosophy**, Oxford University Press, 2005.
58. Thomas Kuhn: **Paradigms and Anomalies in Science**, In: **Philosophy of Technology** "*The Technological Condition: An Anthology*", Edited by: Robert C. Scharff & Val Dusek, WILEY Blackwell, 2ed, 2014.
59. Val Dusek: **Philosophy of Technology** "*An Introduction*", Blackwell Publishing, 2006.
60. Vyacheslav Stepin: **Theoretical Knowledge**, Springer, Dordrecht, 2005.
61. Walter Mischel: "**Psychology**", *Encyclopaedia Britannica*, URL: https://www.britannica.com/science/psychology.
62. William E. Burns: **The Scientific Revolution** "*An Encyclopedia*", ABC-CLIO, Oxford, 2001.
63. William E. Gortney: **Dictionary of Military and Associated Terms**, 2012.
64. Zef Bechler: **Newton's Physics and the Conceptual Structure of the Scientific Revolution**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1991.

Philosophical Approaches to Scientific Revolutions and their Structural Origins

Abstract:

This research tackles the concept of the scientific revolution and its structural origins. It aims primarily at clarifying the concept and meaning of the scientific revolution through historically tracing it, specifically those periods that contributed strongly to advancing scientific progress in the fields of physics, biology, and chemistry, reaching the most important fields today which is the science of cognition, which is strongly represented in several fields, the most important of which are: Artificial Intelligence (**AI**) and Neuroscience. Modern scientific devices, standards, and tools, one after another, played a major role in the advancement of these fields through their theories that we witness today and what we will see tomorrow and in the near future. Accordingly, this research aims at determining and knowing the method through which any scientific theory can be built, following the contributions left by its predecessors. The research also aims at identifying the contributions of the well-known American philosopher and thinker, Thomas Kuhn, in understanding the method through which scientists practice building any scientific revolution. Through his book "**The Structure of Scientific Revolutions**", he proposes several stages that any science or theory must pass through to bring about a revolution.

Keywords: Scientific Revolution, Normal Science, Paradigm, Crisis, Incommensurability.